



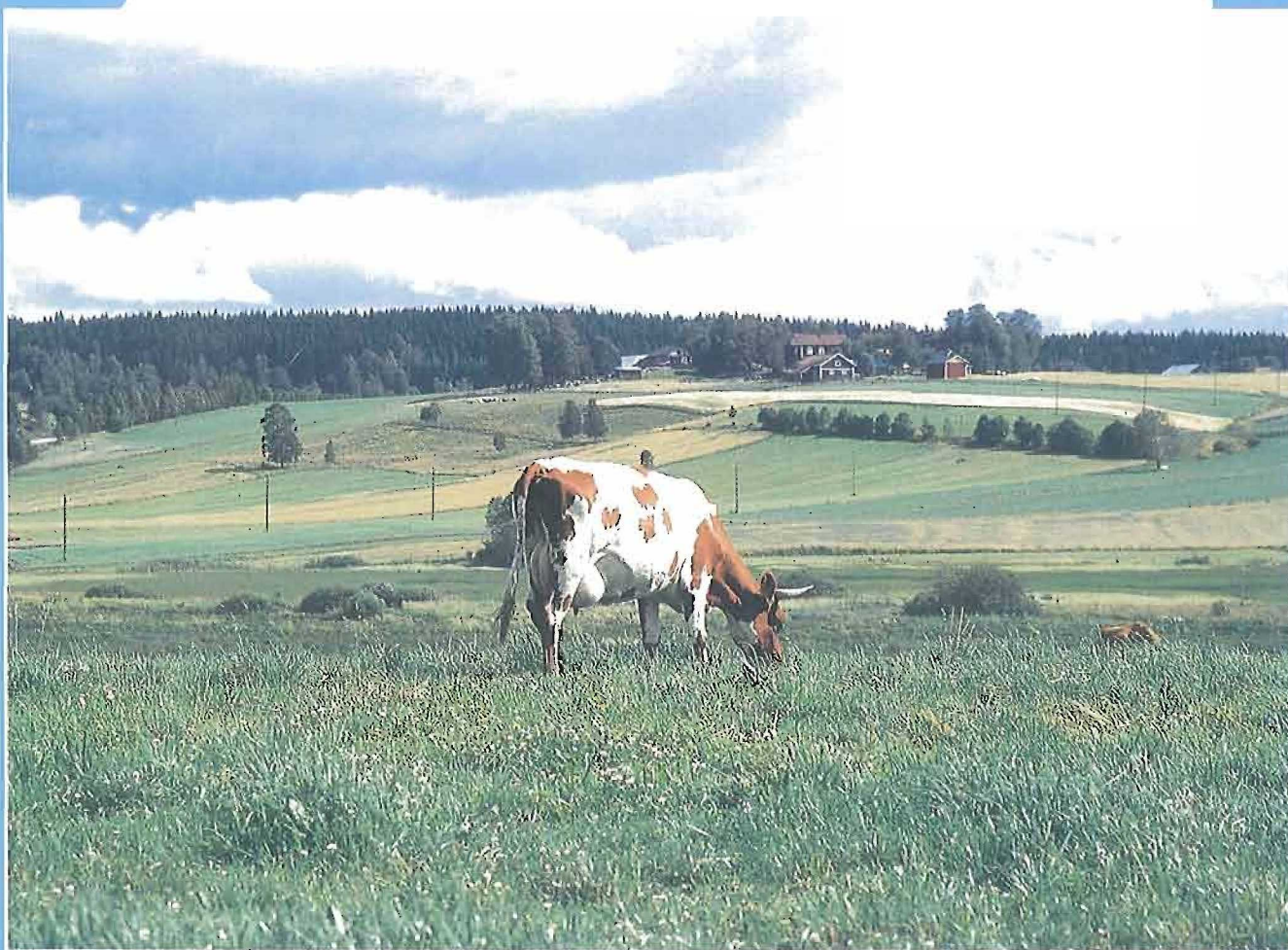
YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Juha Grönroos, Antero Nikander, Sanna Syri,
Seppo Rekolainen ja Marko Ekqvist

Maatalouden ammoniakkipäästöt

Osa 1: Päästöt ja niiden kehittyminen

Osa 2: Päästöjen vähentäminen ja
vähentämiskustannukset



Juha Grönroos, Antero Nikander, Sanna Syri,
Seppo Rekolainen ja Marko Ekqvist

Maatalouden ammoniakkipäästöt

Osa 1: Päästöt ja niiden kehittyminen

Osa 2: Päästöjen vähentäminen ja
vähentämiskustannukset

HELSINKI 1998

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

ISBN 952-11-0283-7
ISSN 1238-7312

Kansikuva: Ilkka Toivonen
Painopaikka Oy Edita Ab
Helsinki 1998

Sisällys

OSA 1: PÄÄSTÖT JA NIIDEN KEHITTYMINEN

Johdanto	7
Kirjallisuustarkastelu	8
2.1 Yleistä ammoniakkin haihtumisesta	8
2.2 Aiemmat päästöjen arviointimenetelmät	9
2.3 Ammoniakin haihtuminen ja haihtumisen vähentäminen kotieläintaloudessa	14
2.4 Muut päästölähteet ja päästöjen arvioiminen	15
2.4.1 Väkilannoitteet	15
2.5.2 Turkiseläimet	16
Aineisto ja menetelmät	17
3.1 Päästömallin rakenne ja toimintaperiaate	17
3.2 Mallissa käytettävien lähtötietojen alkuperä	19
Eläinten määrät ja lannan typpisisältö	19
Lannankäsittelytavat valtakunnallisesti	19
Ammoniakin haihtumiseen liittyvät lähtötiedot	19
3.3 Laskennan suorittamisessa käytetyt perusparametrit	19
3.3.1 Perusparametrit ammoniakkin haihtumisen laskemiseksi	19
3.3.1.1 Sisällä erittyvä typpi	19
3.3.1.2 Laitumella erittyvä typpi	21
3.3.2 Lämpötilakorjaus	22
3.4 Muut kuin kotieläintaloudesta peräisin olevat päästöt	23
3.4.1 Väkilannoitteet	23
3.4.2 Turkiseläimet	24
3.5. Päästöt menneinä vuosina ja päästöskenaariot	24
Tulokset	25
4.1 Vuoden 1995 päästöarvio	25
4.2 Muutokset päästöissä ja laskeumassa	28
Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	33

OSA 2: PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN JA VÄHENTÄMISKUSTANNUKSET

Johdanto	37
Aineisto ja menetelmät	38
2.1 Kustannusten laskentaperusteet ja -menetelmät	38
2.2 Laskentaperusteet	39
2.2.1 Kustannuslaskenta karjasuojien ja varastojen osalta	39
2.2.2 Kustannuslaskenta levityksen ja multauksen osalta	40
Tulokset	41
Ammoniakkipäästöjen vähentämispotentiaali	41
Toimenpiteiden vähentämistehoja ja -kustannuksia	41

Tulosten tarkastelu	43
Kirjallisuus	44

LIITTEET

LIITE 1. Ruotsalaisen Jordbruksverket'in päästötutkimuksessaan käyttämät haihtumistiedot ja tiedot päästöjen vähentämismenetelmistä	48
LIITE 2. MARACCAS mallissa käytetyt päästöjen vähentämismenetelmien vähentämistehokkuudet.....	50
LIITE 3. Eri lähteistä koottua tietoa ammoniakkin haihtumisesta eri lannankäsittelyvaiheissa ja päästöjä vähentävien menetelmien tehoista.....	51
LIITE 4. Muutokset eläinmäärissä ja väkilannoitetypen käytössä v. 1950-2005	56
LIITE 5. Kotieläinten ruokinnassa, tuotostasoissa ja lannankäsittelyssä tapahtuneita muutoksia vuodesta 1950	57
LIITE 6. Kustannuslaskelmissa käytetyt kustannukset, tilojen lukumäärät päätuotantosunnan ja lannankäsittelyjärjestelmän mukaan jaoteltuna ja lantavarastojen keskimääräiset koot eläinryhmittäin ja lantalajeittain	61

OSA I

PÄÄSTÖT JA NIIDEN KEHITTYMINEN



Johdanto



Suomessa ilmaan kohdistuvista kokonaistyyppipäästöistä noin 30 % aiheutuu maatalouden toiminnoista. Maataloudesta ilmaan kohdistuvat typpipäästöt koostuvat kotieläintaloudesta ja väkilannoitteista peräisin olevasta ammoniakista, pelloilta vapautuvasta typpioksiduulista ja energian käytöstä (lämmitys, koneet) peräisin olevista typen oksideista. Maatalouden typpipäästöistä noin 70 % muodostuu haihtuvan ammoniakkin sisältämästä tpeestä.

Varsinkin rikkipäästöjen vähenemisen seurauksena ammoniakkipäästöjen suhteellinen merkitys happamoitumisessa on kasvanut. Ilmaan haihtuvalla ammoniakilla on muitakin ympäristövaikutuksia kuin vaikutus happamoitumiseen. Näitä on selostettu tarkemmin muualla (mm. Grönroos 1993).

Arviot Suomen ammoniakkipäästöjen suuruudesta ovat tähän asti perustuneet lähinnä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) tutkimuksiin. Aikaisempien Suomessa tehtyjen ammoniakkipäästöarvioiden pohjalta on todettavissa, että maatalous (kotieläintalous ja väkilannoitteet) aiheuttaa maamme kokonaisammoniakkipäästöistä lähes 90 % turkistalouden ja teollisuuden muodostaessa loput (Savolainen ym. 1996). Entistä tarkempaa tietoa päästöjen suuruudesta kuitenkin tarvitaan mm. kansainvälisiä päästöinventaareja varten (mm. CORINAIR), sekä selvitettäessä päästöjen vähentämismahdollisuuksia. Myös päästöjen vähentämisen kustannuksia koskevalle tiedolle on tarvetta, kun selvitetään typpipäästöjen vähentämismenetelmien kustannustehokkuuksia ja etsitään kustannustehokkaimmat tavat vähentää typpipäästöjä. Paitsi tämän hetken päästöt myös päästöt tulevaisuudessa sekä menneinä vuosina kiinnostavat.

Tutkimuksen tarkoituksena oli tehdä entistä luotettavimmat päästöarviot ensisijaisesti kotieläintalouden ammoniakkipäästöille ja luoda eläinکوhtaist päästökertoimet, jotka perustuvat parhaaseen tämänhetkiseen tietoon päästöjen suuruuteen vaikuttavista tekijöistä. Myös turkistarhauksesta ja väkilannoitteista peräisin oleville ammoniakkipäästöille tehtiin päästöarviot. Nykyhetkeä kuvaavia päästöarvioita varten tarkennettiin tietoja eri eläintyyppien lannassaan vuoden aikana erittämän typen määrästä, kerättiin tietoja lannankäsittelymenetelmistä, ammoniakkin haihtumisesta lannankäsittelyn eri vaiheissa sekä päästöjä vähentävien toimenpiteiden tehoista. Viimeksi mainittua tietoa on kerätty kattavasti aiemminkin (Grönroos 1993), mutta uutta tietoa on sen jälkeen tullut esille. Valtakunnallisten päästöarvioiden lisäksi tehtiin alueellisia (kuntakohtaisiin tietoihin perustuvia) päästöarvioita.

Tutkimuksessa on ollut tarkoituksena myös arvioida päästöjen vähentämispotentiaalia sekä vähentämisestä aiheutuvia kustannuksia. Tätä varten kerättiin tietoa lannankäsittelymenetelmien kustannuksista sekä laskettiin niitä myös itse. Alueellisia päästöarvioita varten kerättiin tietoa kunnittaisista eläinmääristä, historiallisia katsauksia varten kerättiin tietoa ruokinnan ja lannankäsittelyn muutoksista 1950-luvulta tähän päivään asti. Tulevaisuuden (v. 2005) päästöskenariota varten arvioitiin muutoksia eläinmäärissä lähinnä tukipolitiikassa ennustettavien muutosten avulla, sekä arvioitiin muutoksia ruokinnassa ja lannankäsittelyssä.

2

Kirjallisuustarkastelu

2.1 Yleistä ammoniakin haihtumisesta

Ammoniakkia (NH_3) alkaa haihtua kotieläinten sonnasta ja virtsasta välittömästi sen jälkeen, kun ne ovat tulleet kosketuksiin ulkoilman kanssa. Yksi olennaisimmista tekijöistä haihtumisen määrän suhteen on ulosteiden typpisisältö. Lannan typpisisältöön vaikuttavat voimakkaasti mm. eläinlaji ja -rotu, eläimen fysiologinen tila ja eläimen ruokinta (rehun typpisisältö ja eläimen kyky käyttää rehun typpi hyväkseen, eli kasvuunsa ja tuotoksiinsa) (Pipatti 1990). Lannan typpisisältö voidaan laskea esim. ruokinnan typpitaselaskelman avulla tai se voidaan määrittää mittaamalla.

Kotieläinsuojassa haihtuvan ammoniakin määrään vaikuttavat mm. kotieläinsuojan tyyppi ja sen seurauksena ilmastointi ja olosuhteet sisällä (mm. lämpötila, ilmavirtaukset) sekä lannankäsittelytavat (mm. lannankäsittelymenetelmä, lannan siirtonopeus varastoon, pintojen puhtaus, virtsan erotus/virtsan sitominen kuivikkeisiin, kokorakolattia/osarakolattia). Virtsasta haihtuva typpi muodostaa pääosan karjasuojassa haihtuvasta ammoniakista, sillä virtsan typpi on urea-muodossa, joka ureaasientsyymien vaikutuksesta hydrolysoituu nopeasti ammoniumiksi, joka puolestaan haihtuu hyvin herkästi ammoniakina ilmaan. Sonnan typpiyhdisteet ovat hitaasti hajoavassa muodossa orgaanisessa aineksessa, joten ne vapautuvat pitkän ajan kuluessa mikrobitoiminnan seurauksena. Siipikarjan lannan typpi on 60-70 %:sesti virtsahappona, joka urean tavoin hydrolysoituu ammoniumiksi, tosin hitaammin kuin urea. Hydrolysoitumista vähentää tehokkaasti lannan/virtsan kuiva-ainepitoisuuden suureneminen (virtsan imeyttäminen kuivikkeeseen ja siipikarjanlannan nopea kuivattaminen). Edellä lueteltuja ja muita ammoniakin haihtumiseen liittyviä yksityiskohtia on tarkemmin käsitelty muissa julkaisuissa (Keränen ja Niskanen 1987, Ammoniakförkluster från jordbruket 1991, Grönroos 1993).

Kotieläinsuojasta lanta siirretään normaalisti erilliseen lantavarastoon. Jos käytössä on kuivikepohja, toimii pohja samalla lantavarastona eikä erillistä varastoa välttämättä tarvita. Lietelanta varastoidaan suuressa säiliössä ja kuivalanta kuivalantalassa joko sonta ja virtsa erotettuna, jolloin virtsa on johdettu omaan säiliöönsä, tai sonta ja virtsa yhdessä, jolloin virtsa on sidottu kuivikkeisiin. Yleensä kuivalanta kompostoituu varastoinnin aikana, jolloin lannan lämpötila nousee lannassa tapahtuvan aerobisen mikrobiologisen toiminnan kiihtymisen seurauksena. Yleensä kompostoituminen pääsee tapahtumaan kunnolla vain kasan päällälimmäisissä kerroksissa, sillä kasan tiivistymisen takia hapen kulku syvemmälle estyy ja siellä vallitsee vähähappiset olosuhteet (Kirchmann 1988). Jos kuivikkeita käytetään runsaasti on mahdollista, että kompostoituminen tapahtuu täydellisenkin kuivikkeiden kuohkeuttavan ominaisuuden takia (Kempainen 1992). Kuivikkeidenkin kesken on suuria eroja: olki kuohkeuttaa hyvin, mutta esim. sahanpuru taas tiivistyy helposti. Varsinkin luomutuotannossa on tärkeää, että lanta kompostoituu kunnolla. Kompostoituneessa lannassa mikrobiston suorittamat hajotusprosessit ovat ohi ja typpi on sitoutunut pääasiassa orgaaniseen muo-

toon eikä typpeä enää kulu mikrobien rakennusaineiksi. Jos lanta levitetään pel-
lolle kompostoitumattomana, lannan hajottamiseen erikoistuneet mikrobit otta-
vat tarvitsemansa typen tarvittaessa maasta, ennen kuin lannasta vapautuvat typ-
piyhdisteet ovat niiden käytettävissä. Näin lannan lannoitusvaikutus voi olla jopa
negatiivinen (Kemppainen 1992). Kompostoituessaan lannan pH yleensä myös
nousee - joskaan muutos happamuudessa ei ole pysyvä - ja lämpötila pysyy hy-
vin korkeana rajuimman kompostoitumisvaiheen aikana. Kohonnut pH ja läm-
pötila aiheuttavat sen, että lannassa oleva liukoinen typpi haihtuu hyvin herkästi
ammoniakkina ilmaan. (Kirchmann 1988). Säiliöön erotetun virtsan typpi haihtu-
tuu erityisen herkästi, jos säiliö ei ole katettu (Iversen 1924).

Ammoniakin haihtumiseen vaikuttaa ratkaisevasti haihtumiselle alttiina ole-
van lanta- tai virtsapinta-alan suuruus. Lietelannan varastoinnin aikana ammo-
niakkia haihtuuakin pääasiassa vain päällimmäisimmästä lantakerroksesta. Jos lan-
taa ei sekoiteta tai ilmasteta, haihtuminen jää vähäiseksi. Lietelannan sekoittami-
nen lisää ammoniakin haihtumista merkittävästi, koska tällöin pintaan pääsee
syvemmillä ollutta "tuoretta" lantaa, jonka ammoniumtyppipitoisuus on korke-
ampi kuin edellisen päällimmäisen kerroksen. (Ammoniäkförluster från jordbru-
ket 1991.)

Jos kotieläinsuojassa lanta varastoidaan kuivikepohjassa, ja varsinkin jos
kyseessä on kompostoitava purupohja, haihtuu lannasta ammoniakkia suunnil-
leen samojen periaatteiden mukaan kuin kuivalantaa varastoitaessa. Ammonia-
kin haihtumista vähentää kuivikepohjan tiiviys. Typpeä voi kuitenkin tiivistymi-
sen ja vettymisen seurauksena haihtua anaerobisen hajoamisen takia typpioksi-
duulina (N_2O) ja typpikaasuna (N_2) huomattavia määriä (Groenestein ym. 1993).

Kirjallisuuden mukaan lannan levityksen aikana ja sen jälkeen tapahtuu
yleensä suurin osa ammoniakin haihtumisesta. Levityksen yhteydessä tapahtu-
va ammoniakin haihtuminen riippuu hyvin monesta seikasta. Haihtuvan am-
moniakin määrään vaikuttavat mm. lantalaji, levitystapa ja -määrä, sääolosuh-
teet, maaperän ominaisuudet (mm. tiiviys, kosteus, maalaji, pH, kationinvaihto-
kapasiteetti, puskurikyky) ja toimenpiteet levityksen jälkeen (multaaminen esim.
kyntämällä) (Döhler 1990, Klasink ym. 1990, Kemppainen 1989). Itse levityksen
aikana ammoniakkia haihtuu levitystavasta ja lantalajista riippuen vain muuta-
mia prosentteja levityksen jälkeen haihtuvaan ammoniakin määrään verrattuna
(esim. Sommer ja Christensen 1990).

2.2 Aiemmat päästöjen arviointimenetelmät

Keränen ja Niskanen (1987)

Kirjallisuusselvityksessään Keränen ja Niskanen ovat arvioineet Suomen ammo-
niakkipäästöjä laskemalla typen hävikin kussakin lannankäsittelyvaiheessa, sekä
selvittäneet haihtuvan ammoniakin vaikutusta happamoitumiseen Suomessa. Ke-
ränen ja Niskanen ovat selvittäneet ammoniakin haihtumista lannasta lannan
varastoinnin ja levityksen aikana, mutta eivät ole huomioineet karjasuojassa haihtu-
vaa ammoniakkia. Lannasta haihtuvan typen määrää he ovat arvioineet kirjal-
lisuuden ja vallinneiden lannankäsittelytapojen perusteella.

Laskelmissa on oletettu, että kuivikelannan varastoinnin aikana lannan ko-
konaistypestä haihtuu 25 %. Tiiviisti katetussa virtsakaivossa varastoidun virtsan
kokonaistypestä haihtuu 10 %. Lietelannan osalta varastoinnin aikainen typpi-
hävikki on noin 15 % kokonaistypestä. Levityksen yhteydessä kuivikelannan ko-
konaistypestä on arvioitu haihtuvan 20 % ja virtsan kokonaistypestä 30 %. Liete-
lannan osalta typpitappioksi on laskettu 40 % lannan liukoisesta typestä. Laidun-

kaudella tapahtuvan typpihävikin suuruudeksi on valittu Buijsman ym:n (1984) menetelmä, jossa sonnan tyypestä oletetaan haihtuvan 5 % ja virtsan tyypestä 40 %. Laskelmissa on käytetty samoja haihtumisprosentteja kaikille eläintyypeille.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT)

Pipatti (1990) on lähinnä Keräsen ja Niskasen (1987) työhön perustuen laatitut päästökertoimet eri eläintyypeille (taulukko 1). Näitä päästökertoimia on käytetty suomalaisessa happamoitumisen kokonaismallissa (HAKOMA). Mallissa on arvioitu Suomen ja muun Euroopan päästöt ja niiden aiheuttama laskeuma Suomessa.

Taulukko 1. Happamoitumisen kokonaismallissa (HAKOMA) käytetyt päästökertoimet kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen laskemiseksi (Pipatti 1990, Pipatti 1992).

Eläintyyppi	Kg NH ₃ /vuosi/eläin(paikka)			
	Karjas. + varast.	Levitys	Laidun	Yhteensä
Lypsylehmät	13,8	11,5	7,9	33,2
Muut naudat	4,8	3,9	2,7	11,4
Siat				3,5
Siipikarja				0,25

Pipatti on laskenut tarkennetut päästökertoimet kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen laskemiseksi vuonna 1995 (taulukko 2). Näissä laskelmissa on otettu huomioon lannankäsittelymenetelmät ja ammoniakkin haihtumista vähentävät menetelmät, sekä suomalaisten ilmasto-olojen vaikutukset ammoniakkin haihtumiseen (Riitta Pipatti, VTT Energia).

Taulukko 2. Tarkennetut päästökertoimet kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen laskemiseksi (Riitta Pipatti, VTT Energia).

Eläintyyppi	Kg NH ₃ /eläin(paikka)/vuosi	Eläintyyppi	Kg NH ₃ /eläin(paikka)/vuosi
Lypsylehmä	33,2	Munivat kanat	0,33
Muut naudat	11,3	Broilerit	0,17/eläinpaikka
Vasikat, < 12 kk	5,7	Kanapoikaset	0,17
Karjut, yli 50 kg	13,2	Lampaat	2,1
Emakot, yli 50 kg	13,2	Hevoset	16,7
Nuoret siat, 20-50 kg	4,2/eläinpaikka		
Porsaajat, alle 20 kg	0 (emakon luvuissa)		

Ilmatieteen laitos

Ilmatieteen laitoksella (Kivivasara 1993) on laskettu Eestin ammoniakkipäästöjä. Tutkimuksessa on soveltuvin osin käytetty Klaassenin (1990) esittämiä laskentamenetelmiä sekä päästökertoimia. Kivivasara on laskenut sioille ja naudoille päästökertoimet käyttämällä taulukossa 3 esitettyjä tyyppien haihtumista lannankäsittelyn eri vaiheissa kuvaavia lukuja. Muille eläimille on yleensä käytetty Klaassenin (1990) esittämiä päästökertoimia. Päästölaskelmissa käytetyt päästökertoimet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 3. Lannan tyypestä haihtuva osuus lannankäsittelyn eri vaiheissa Kivivasaran (1993) tutkimuksessa. Prosenttia kokonaistyypestä.

	Karjasuojat ja varastointi	Levitys	Laidunnus
Naudanlanta	18 %	30 %	12 %
Sianlanta	20 %	35 %	-

Taulukko 4. Kivivasaran (1993) Eestin päästölaskelmissa käyttämät päästökertoimet eri eläimille. Kg NH₃/eläin/vuosi.

Naudat	Kerroin	Siat, siipikarja	Kerroin
Lypsylehmät	34,8	Kasvatussiat	7,88
Siitossonnit	29,9	Emakot	10,51
Vasikat alle 6 kk	5,4	Porsaasat yli 4 kk	2,90
Vasikat 6-12 kk	10,4		
Vasikat 12-18 kk	19,9		
Syöttövasikat 6-12 kk	19,0	Kanat	0,35
Syöttövasikat yli 12 kk	28,8	Broilerit	0,105

Buijsman ym. (1987)

Buijsman ym. (1987) ovat koko Eurooppaa koskevissa päästölaskelmissaan tarkastelleet ammoniakkin haihtumista lannasta varastoinnin ja levityksen sekä laidunnuksen yhteydessä. Kotieläinsuojassa haihtuvaa ammoniakkia ei ole huomioitu. Naudan ja sian lietelannasta oletetaan laskelmissa haihtuvan 10 % lannan kokonaistyypestä, levityksen yhteydessä naudat lietelannan osalta 40 % liukoisesta tyypestä ja sian lietelannan osalta 20 % liukoisesta tyypestä. Kuivalantaa ei ole käsitelty. Hevosen lannasta oletetaan haihtuvan varastoinnin aikana 15 % kokonaistyypestä ja siipikarjan (kuiva)lannan kokonaistyypestä 20 %. Levityksen yhteydessä hevosen lannasta haihtuu 15 % kokonaistyypestä ja siipikarjan (kuiva)lannan kokonaistyypestä 20 %. Lampaiden oletetaan olevan laitumella ympäri vuoden. Laidunnuksen yhteydessä kaikkien laidunnettavien eläinten sonnan kokonaistyypeistä haihtuu 5 % ja virtsan kokonaistyypeistä 40 %.

Laskelmiensa perusteella Buijsman ym. ovat saaneet taulukon 5 mukaiset päästökertoimet eri eläinlajeille.

Taulukko 5. Buijsman ym:n (1987) mukaiset päästökertoimet (kg NH₃ a-l) eri eläinlajeille.

Eläinlaji	Varastointi	Levitys	Laidunnus	Yhteensä
Naudat	4,9	6,3	7,2	18,4
Siat	1,5	1,3	-	2,8
Lampaat	-	-	3,1	3,1
Hevoset	3,8	3,0	2,6	9,4
Siipikarja	0,11	0,15	-	0,26

Jordbruksverket (Ruotsi)

Ruotsalainen Jordbruksverket on selvittänyt erilaisten lannankäsittelytapojen ja päästöjä vähentävien menetelmien vaikutusta ammoniakkipäästöihin. Selvityksen pohjalta on laadittu Ruotsin eteläisimmille lääneille toimenpidesuositukset, joiden avulla päästöjä voitaisiin alkuvaiheessa vähentää n. 25 % ja jatkossa noin puoleen vuoden 1990 tasosta (Ammoniakförluster från jordbruket 1991 ja 1994). Liitteessä 1 on lueteltu selvityksessä käytettyjä haihtumisprosentteja (kuinka paljon ammoniakkia haihtuu mistäkin lannankäsittelyketjun vaiheesta ilman erityistoimenpiteitä) ja päästöjä vähentävien menetelmien tehoja lannankäsittelyn eri vaiheissa.

Ruotsin ohjelmassa tavoitteena on kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen puolittaminen vuoteen 2000 mennessä vuoden 1990 tasosta. Ohjelmassa kuitenkin todetaan, että lantavarastojen kattamisen, lannan nopean multaamisen ja lannan typpipitoisuuden alenemisen kautta voidaan saavuttaa vain noin 36 %:n vähenemä. Vuosittainen kustannus on laskettu olevan tällöin noin 42 milj. kruunua (n. 30 milj. mk, mukana ei ole ruokinnan kustannuksia) ja säästyneen typen määrä olisi noin 4132 tonnia.

Jos vähentämismenetelminä huomioidaan pelkästään varastojen kattaminen ja lannan nopea multaaminen levityksen jälkeen, tyypeä säästyy vuosittain noin 3840 tonnia (n. 4680 tonnia ammoniakkina laskettuna). Jos kustannus vuodessa olisi noin 42 miljoonaa kruunua, tulisi kustannukseksi haihtumiselta säästettyä ammoniakkitonnia kohti noin 9000 kruunua (n. 6500 mk) vuodessa.

International Institute for Applied System Analysis (IIASA)

IIASA:n RAINS-mallissa on kotieläintalouden ammoniakkipäästöt Suomen osalta laskettu käyttämällä lähinnä Pipatin (1990) ja Keräsen ja Niskasén (1987) laatimia päästökertoimia (Klaassen 1991). Taulukossa 6 esitetään kertoimet eläintyypeittäin.

Taulukko 6. RAINS-mallissa Suomen osalta käytetyt eläinokohtaiset päästökertoimet.

Eläintyyppi	Kg NH ₃ /vuosi/eläin(paikka)
Lypsylehmät (Pipatti 1990)	33,2
Muut naudat (Pipatti 1990)	11,4
Siat (Niskanen ym. 1987)	5,1
Lampaat ja vuohet (RAINS)	3,0
Munituskanat (RAINS)	0,32
Broilerit (RAINS)	0,18
Hevoset (RAINS)	12,5

National Institute of Public Health and Environmental Protection

Päästömallissa on laskettu Euroopan päästöt maittain käyttämällä samoja Hollantilaisia päästökertoimia kaikille maille (taulukko 7).

Taulukko 7. Päästölaskelmissa käytetyt päästökertoimet kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen laskemista varten (Asman 1992).

Eläintyyppi	Kg NH ₃ /vuosi/eläin(paikka)		laidunnus	yhteensä
	karjasuoja + varast	levitys		
Naudat	7,396	12,244	3,403	23,043
Siat	2,521	2,836	0,000	5,357
Siiptarja	0,095	0,154	0,000	0,248
Hevoset	3,900	3,600	4,700	12,200
Lampaat	0,381	0,693	0,623	1,697

European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC)

ECETOC:in tutkimuksessa (Ammonia emissions to air in Western Europe 1994) on arvioitu Euroopan päästöjä maakohtaisten laskelmien avulla. Suomen päästöt, kuten muidenkin maiden päästöt, on arvioitu pitkälti Hollannin päästökerointen mukaan eikä maakohtaisia erityisominaisuuksia ole huomioitu. Eteläisten Euroopan maiden kohdalla päästömääriä on korjattu lämpötilakorjauksella.

Imperial College: MARACCAS -malli (Model for the Assessment of Regional Ammonia Cost Curves for Abatement Strategies)

Maraccas-päästömalli (Cowell ja ApSimon 1996) on kehitetty ammoniakkipäästöjen potentiaalisen vähentämisen arvioimiseksi ja vähentämismenetelmien kustannusten määrittämiseksi Euroopassa. Mallin antamia tuloksia käytetään vertailukohtana IIASA:n RAINS-mallin antamiin tietoihin.

Mallissa on oletettu, että lannan liukoisesta tyypestä haihtuu tyypeä ammoniakkinä taulukon 8 osoittamia määriä lannankäsittelyn eri vaiheissa eri eläinryhmillä.

Taulukko 8. Typen haihtumisprosentteja (prosenttia lannan liukoisesta tyypestä)

Paikka	Naudat	Siat	Lampaat, vuohet	Siiptarja
Karjasuoja	17 %	20 %	17 %	ks. taulukko 9
Varastointi				
Lietelanta	7,5 % + 1,25 %/varastointikuukausi			
Kuivalanta	20 % + 2,5 %/varastointikuukausi			
Kuivikepohja	3 % + 2,5 %/varastointikuukausi			
Levitys				
Lietelanta	40 %	25 %	40 %	40 %
Kuivalanta	40 %	40 %	40 %	40 %
Laidunnus	ks. jäljempänä oleva kaava			

Taulukko 9. Siipikarjan lannan liukoisesta typestä haihtuva typen määrä (%) eri lannankäsittelyvaiheissa MARACCAS -mallissa.

Systeemi	Karjasuoja	Varasto	Levitys
Kuivikepohja	20 %	vaihteleva	40 %
Häkkikanala, lanta poistetaan säännöllisesti	6,5 %	47 %	40 %

Mallissa laidunnuksen aikainen lannan typpitappio ammoniakn haihtumisen seurauksena on laskettu käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$V = 6 + (0,025 N)$$

missä

V = haihtumisaste (% lannan liukoisesta typestä)

N = typpilannoitustaso (kg N/ha/vuosi)

Siipikarjan osalta typen haihtuminen on esitetty taulukossa 9 kahden Suomessa käytetyimmän menetelmän osalta (haihtumisprosentti liukoisesta typestä laskettuna).

Mallissa on otettu huomioon Etelä-Euroopan korkeampi vuotuinen keskilämpötila korjaamalla mallin antamaa päästöarviota kertoimella 1,2. Pohjoisten alueiden kylmempää olosuhteita ei ole vastaavalla tavalla huomioitu. Vähentämismenetelmien tehokkuuksista on yhteenveto liitteessä 2.

2.3 Ammoniakin haihtuminen ja haihtumisen vähentäminen kotieläintaloudessa

Suomessa on tehty muutamia ammoniakin haihtumiseen ja haihtumisen estämiseen liittyviä kirjallisuustarkasteluja (Keränen & Niskanen 1987, Pipatti 1990, Ilmaan tulevien... 1991, Grönroos 1993). Näissä on lähinnä ulkomaiseen kirjallisuuteen perustuen selvitetty ammoniakin haihtumista lannankäsittelymenetelmien eri vaiheissa, sekä tarkasteltu erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia päästöjen suuruuteen. Keränen & Niskanen (1987) ovat tarkastelussaan pyrkineet selvittämään myös ammoniakin kokonaispäästöt Suomessa maatalouden osalta sekä Pipatti (1990) maatalouden lisäksi myös muista päästölähteistä. Grönroos (1993) on keskittynyt lähinnä päästöjä vähentävään teknologiaan ja lannankäsittelytapoihin sekä laskenut päästöjä vähentävien toimenpiteiden kustannuksia. Savolainen ym. (1996) ovat laskeneet ammoniakin osalta Suomen ja lähialueiden päästöjä laatimiensa tarkempien päästökertoimien avulla. Samassa tutkimuksessa on laskettu myös päästöjen vähentämiskustannuksia.

Liitteessä 3 on tarkasteltu yhteenvetomaisesti kirjallisuuden pohjalta ammoniakin haihtumista lannankäsittelyn eri vaiheissa sekä erilaisten lannankäsittelymenetelmien vaikutusta ammoniakin haihtumiseen. Tarkastelua on käytetty pohjana laadittaessa päästömallille ammoniakin haihtumiseen (kuinka paljon haihtuu jos ei tehdä mitään ja paljonko erilaiset menetelmät vaikuttavat päästöjä vähentävästi) liittyvät perusparametrit, jotka esitetään luvussa 3.

Ruokinnan muuttamisella voidaan typen hyväksikäyttöä parantaa ja sitä kautta vähentää haihtumiselle alttiin typen kokonaisuutena. Lannassa erittyvän typen vähentämisen keskeisinä keinoina ovat rehussa annettavien typpimäärien alentaminen (alentamalla rehun raakavalkuaispitoisuutta) ja puhtaitten aminohappojen lisääminen (tydyttämään välttämättömimpien aminohappojen saanti). Viime vuosina siipikarjanrehun valkuaispitoisuutta on alennettu, mutta alen-

tamismahdollisuuksia on edelleen (Eija Helander, Suomen Rehu. Suullinen tiedonanto 11.4.97; Marja Hongisto, Rehuraisio. Suullinen tiedonanto 14.4.97). Nautojen osalta pelkästään tuotostasoa kehittämällä, ts. tasaamalla nurmien lannoitustasoja (estämällä liian suuret lannoitustasot), tarkentamalla nautojen energia-ruokintaa ja tehostamalla tuotantoa (parempi tuotos), voidaan typen hyväksikäytöstä parantaa ja edelleen vähentää typen erittymistä lannassa ilman erityisiä ruokinnan muutoksia (Kari Hissa, Suomen Rehu Oy. Suull. tiedonanto 11.4.97). Sikojen osalta emakoilla voidaan vaiheruokintaan siirtymällä vähentää typen erittymistä n. 20 %. Lihasioilla saavutetaan myös vaiheruokinnalla tuloksia, mutta parempiin tuloksiin päästään alentamalla rehun raakavalkuaispitoisuutta ja lisäämällä rehuun puhtaita aminohappoja. Näin voidaan saavuttaa noin 5-30 %:n raakavalkuaispitoisuuden alenema. Ruokintatavasta riippuu, paljonko raakavalkuaispitoisuutta voidaan rehussa alentaa: täysrehuruokinnassa rehun raakavalkuaispitoisuuden alentamismahdollisuudet ovat vähäisimmät, n. 5-10 %, tiivisteviljaruokinnassa n. 10-15 % ja liemiruokinnassa n. 20-30 % (Juhani Vuorenmaa, Suomen Rehu Oy. Henk. koht. tiedonanto huhtikuu 1997).

2.4 Muut päästölähteet ja päästöjen arvioiminen

2.4.1 Väkilannoitteet

Keränen ja Niskanen (1987) ovat tutkimuksessaan arvioineet väkilannoitteiden käytöstä aiheutuvaa ammoniakkiemissiota käyttämällä taulukon 10 mukaisia kertoimia.

Taulukko 10. Typen haihtuminen ammoniakkinä väkilannoitetyypistä, prosenttia kokonaistypistä (moniravinteiset lannoitteet: prosenttia ammoniumtyypistä) Keräsen ja Niskasen (1987) mukaan.

Lannoitetyyppi	Haihtuu (prosenttia typpisisällöstä)
Oulunsalpietari	5 %
Ammoniumsulfaatti	5 %
Urea	20 %
Moniravinteiset lannoitteet	5 % (ammoniumtyypistä)

Pipatti (1990) on aiemmassa päästöarviossaan käyttänyt väkilannoitteista haihtuvan typen määränä kahta prosenttia lannoitteiden sisältämästä kokonaistypistä laskettuna.

Viimeisimmässä tutkimuksessaan vuodelta 1996 Pipatti on käyttänyt haihtumisprosenttina 1 % pintaan levitetyle typelle ja 0,5 % sijoituslevitetyle typelle (jaottelematta lannoitetyypeittain) (Riitta Pipatti, VTT, suullinen tiedonanto 16.4.1997).

Imperial Collegen MARACCAS-päästömallissa (Cowell ja ApSimon 1996) käytetään samoja kertoimia kuin ECETOC:in laskelmissa. Kertoimet on jaettu kolmeen ryhmään, millä on pyritty huomioimaan eri Euroopan alueiden erot pelto- maan happamuudessa ja siten erot päästöjen suuruudessa (taulukko 11).

Taulukko 11. Typen haihtuminen ammoniakkinä väkilannoitetyypistä, prosenttia (MARACCAS-mallin mukaan). Ryhmä 1: Etelä- ja Keski-Eurooppa, Ryhmä 2: Skandinavia, Ryhmä 3: muut alueet.

Lannoitetyyppi	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Urea	20	15	15
Ammoniumsulfaatti	15	5	10
Ammoniumnitraatti	3	1	2
Ammoniumfosfaatti	5	5	5
NK, NPK -lannoitteet	3	1	2

IIASA:n RAINS-mallissa on käytetty eri lannoitetyypeille erilaisia päästökertoimia (taulukko 12). Lähteenä on käytetty Buijsman ym:n (1987) ja Asmanin (1990) tutkimuksia. Mallissa on Suomelle keskimääräiseksi päästökertoimeksi laskettu 1,3 % lannoitteiden sisältämästä typestä.

Taulukko 12. Typen haihtuminen ammoniakkinä väkilannoitetyypistä, prosenttia (RAINS-mallin mukaan).

Lannoitetyyppi	Haihtuu (prosenttia typpisisällöstä)
Ammoniumsulfaatti	15
Ammoniumnitraatti	10
Ammoniumsulfaattinitraatti	12,5
Kalsiumammoniumnitraatti	2
Urea	10
Ammoniumfosfaatti	5
Muut typpilannoitteet, seokset	1

2.5.2 Turkiseläimet

Vuonna 1990 maailman minkin- ja ketunnahoista noin 11 % tuotettiin Suomessa (Impiö 1993). Vuonna 1995 tuotettiin Suomessa yhteensä lähes 2 miljoonaa minkin ja hillerin nahkaa (yhteensä laskettuna) ja noin 1,8 miljoonaa ketun ja supin nahkaa (yhteensä laskettuna) (Tarhaajan kalenteri 1997).

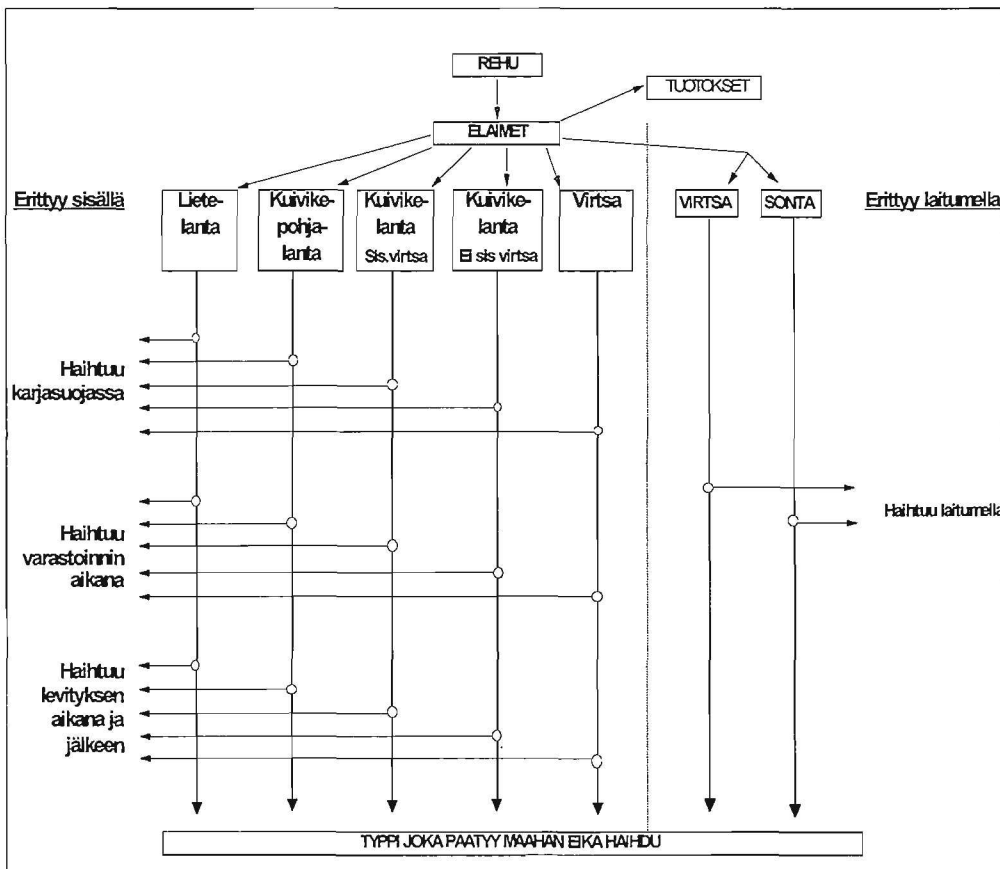
Pipatti (1990) on käyttänyt turkiseläinten päästöjä laskiessaan päästökeroita 0,65 kg NH₃ tuotettua nahkaa kohti. Kerroin perustuu nahkaa kohti lannassa vuoden aikana eritettyn tyypen määrään (Helin 1982) ja arvioon turkiseläinten lannasta haihtuvan tyypen määrästä (40-50 %) (Ferm ym. 1988).

Uudemmassa tutkimuksessaan vuodelta 1996 Pipatti on käyttänyt turkiseläimille samoja perusteita kuin aiemminkin. (Riitta Pipatti, VTT, suullinen tiedonanto 16.4.1997.)

Aineisto ja menetelmät

3.1 Päästömallin rakenne ja toimintaperiaate

Päästömallissa lasketaan lannankäsittelyvaiheittain typen määrän muutokset lannassa lannankäsittelyketjun aikana. Ensimmäisinä lähtötietoina tarvitaan eläinten lukumäärät sekä eläinten vuodessa lannassa erittämän typen määrät. Näin saadaan laskettua vuoden aikana erittyvän typen määrä yhteensä eläintyyppi-kohtaisesti. Laidunnustiedon pohjalta lasketaan, kuinka suuri osa lannan tyypestä päätyy sisälle karjasuojaan ja kuinka suuri osa vastaavasti laitumelle. Sisällä erittyvä tyyppi jaetaan (eläintyypeittäin) vallitsevan lannankäsittelytavan mukaan eri lantalajeihin. Laitumelle päätyvän typen ja eri lantalajeissa olevan typen vaiheita seurataan erillään toisistaan aina siihen saakka kun tyyppi päätyy maahan välittömästi haihtumattomaan muotoon (kuva 1). Mallissa käytetyt eläin- ja lantalajit esitetään taulukossa 13.

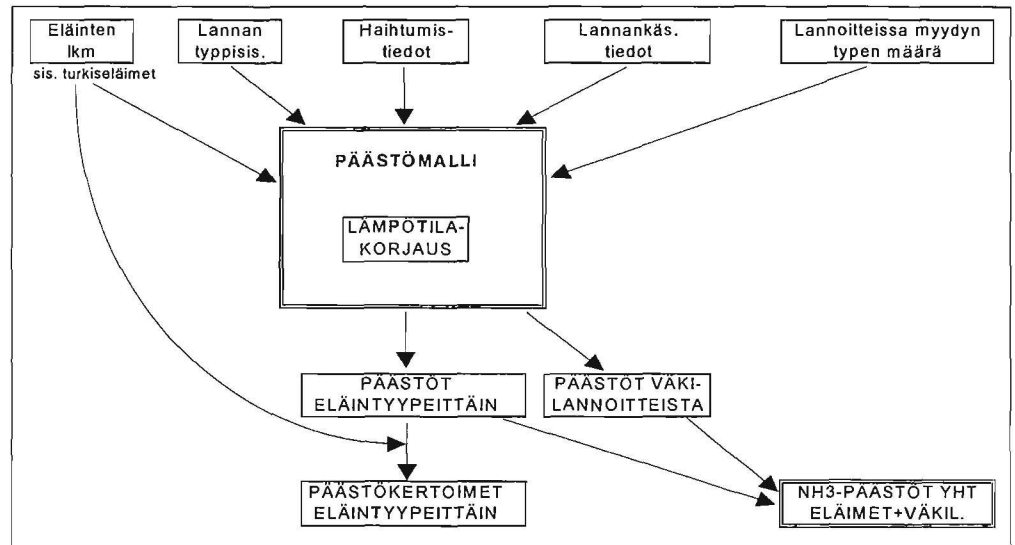


Kuva 1. Typen vaiheet kotieläintalouden lannankäsittelyketjussa.

Päästömalli perustuu seuraaviin peruskomponentteihin (kuva 2):

1. Eläinten lukumäärä tarkasteluvuonna,
2. Eläinten lannassa erittämä typpimäärä vuodessa,
3. Lannankäsittelymenetelmät ja -tavat (missä muodossa lanta käsitellään, millä menetelmin jne),
4. Ammoniakin haihtumiseen liittyvään tietoon:
 - a) ammoniakin haihtumiseen lannankäsittelyketjun eri vaiheissa
 - b) eri lannankäsittelymenetelmien/päästöjen vähentämismenetelmien vaikutus päästöjä vähentävästi.

Lisäksi mallissa on mukana lämpötilakorjaus ja mahdollisuus laskea karkeahkosti myös turkistarhauksesta ja väkilannoitteista peräisin olevat päästöt. Päästömalliin on kytkettävissä myös kustannusosa, jolla voidaan laskea päästöjen vähentämiskustannuksia (ks. osa 2).



Kuva 2. Päästömallin rakenne.

Taulukko 13. Päästömallissa käytetyt eläin- ja lantalajit.

Eläintyyppi	Lantalajit
Lypsylehmät	Lietelanta
Hiehot	Kuivikepohjalanta
Emolehmät	Kuivikelanta (virtsa sidottu kuivikkeisiin)
Sonnit	Kuivalanta (Virtsa erotettu)
Vasikat < 1 v.	Virtsa
Emakot (porsaineen)	
Karjut	
Lhasiat	
Munituskanat	
Kananpojat	
Broilerit	
Lampaat, vuohet	
Hevoset	

3.2 Mallissa käytettävien lähtötietojen alkuperä

Eläinten määrät ja lannan typpisisältö

Mallissa käytettävät eläinmäärätiedot saadaan maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen maatilarekistereistä. Rekistereissä on eläinmäärät myös kuntakohtaisesti. Lannan typpisisällön osalta tiedot perustuvat nautojen osalta Maaseutukeskusten Liiton ruokinnan ravinnetaselaskelmiin, joita on tehty karjantarkkailutilojen ruokinta- ja tuotostietojen pohjalta (Maitotilaneuvonta 1995). Siipikarjan osalta tietoja on saatu Siipikarjaliitosta, sikojen osalta Maaseutukeskusten Liiton (Juha Helander) laskelmien pohjalta. Eläinmäärien muutokset vuodesta 1950 vuoteen 2005 (arvio) esitetään liitteessä 4.

Lannankäsittelytavat valtakunnallisesti

Lannankäsittelymenetelmätietoja on kerätty seuraavista lähteistä:

- MMM:n tietopalvelukeskuksen otantatiedustelu vuodelta 1991 (Maa- ja metsätalousministeriön...1991)
- Viljelijät ja ympäristö -seurantatutkimus (Tauriala 1993)
- Kotieläinrakennusten perusparantamisen tarve vesiensuojelun kannalta (1991)
- Eräiden Ympäristötoimenpiteiden suorittaminen maataloilla (Tauriala 1994)
- Lantalatutkimus 1994: Taloudellisia lantalaratkaisuja (1994)
- Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa (Kemppainen 1986)
- Maatilojen ympäristöhoito-ohjelmat 1995-1996 (1997)
- asiantuntijahaastattelut
- historiallisen aineiston ja skenaarioiden (lannankäsittely ja ruokinta) osalta asiantuntijahaastattelujen ja kirjallisuuden kautta.

Ammoniakin haihtumiseen liittyvät lähtötiedot

Ammoniakin haihtumiseen ja eri menetelmien päästöjä vähentämiskykyyn liittyvää tietoa on saatu lähinnä ulkomaisista tutkimustuloksista sekä muissa päästömalleissa käytetyistä parametreista (ks. luku 2.2 ja liite 3).

3.3 Laskennan suorittamisessa käytetyt perusparametrit

3.3.1 Perusparametrit ammoniakin haihtumisen laskemiseksi

3.3.1.1 Sisällä erittyvä typpi

Vuodessa syntyvien eläintyyppikohtaisten typpimäärien laskemisessa on käytetty tämänhetkisiä päästöjä arvioitaessa taulukossa 14 esitettyjä typpikertoimia. Taulukossa 15 esitetään laskemisessa käytettyjä ammoniakin haihtumista kuvaavat prosenttiluvut (prosenttia lannan kokonaistypestä, levityksen ja laidunnuksen osalta prosenttia lannan ammoniumtypestä) lannankäsittelyketjun eri vaiheissa eri eläintyyppien ja lannankäsittelymenetelmien osalta, kun haihtumisen estä-

miseksi ei ole tehty erityistoimenpiteitä. Taulukossa 16 s. 22 esitetään ammoniakkipäästöjä vähentävien menetelmien vähentämistehot, jotka ovat saman suuruiset kaikilla eläintyypeillä.

Taulukko 14. Eläinten lannassa erittämä kokonaistyyppimäärä vuodessa niiden eläintyyppien osalta, joita mallissa on tarkasteltu (kg N/eläin(paikka)). Lähde: Ohje kotieläintalouden ympäristönsuojelusta (1997), ruokinnan tyypitasetarkastelut (Maaseutukeskusten Liitto).

Eläintyyppi	Typpeä (kg) vuodessa/eläin(paikka)	
Lypsylehmä	100	
Emolehmä	55	
Hieho	45	
Lihanauta, siitossoppi	55	
Nuorkarja	25	
Emakko porsaineen	40	
Lihasika, siitossika, joutilas emakko	11	(eläinpaikkaa kohti)
Karju	9	
Vieroitettu porsas	3,3	
Munituskana, broileremo (häkkikana)	0,8	
Broileri, kananuorikko	0,2	(eläinpaikkaa kohti)
Lammas, uuhi karitsoineen	17	
Vuohi, kuttu kileineen	17	
Hevonen	65	
Poni	45	

Taulukko 15. Ammoniakin haihtuminen (% lannan kokonaistypestä, levityksen ja laidunnuksen osalta % lannan ammoniumtypestä) lannankäsittelyketjun eri vaiheissa eri eläintyyppien ja lannankäsittelymenetelmien osalta, kun haihtumisen estämiseksi ei ole tehty erityistoimenpiteitä. Mallissa käytetyt parametrit. Lähde: ks. s. 19.

Lannankäsittelyketjun vaihe ja eläinlaji	Lietelanta	Kuivikepohjalanta	Kuivikelanta	Virtsat	Sonta
Karjasuoja					
Munituskanat	15	20	10		
Broilerit		20			
Muut eläimet	10	20	10	15	5
Lannan siirtäminen varastoon					
Yläkautta (kaikki eläimet)	10				
Alakautta (kaikki eläimet)	2				
Varastointi (sis lietel. sekoitus) (kaikki eläimet)	15	25	30	50	25
Ilmastus (kaikki eläimet)	20				
Hajalevitys mullokselle					
Siat	40	30	30	20	15
Muut eläimet	50	30	30	20	15
Hajalevitys kasvustoon/sänkeen					
Siat	50	30	30	30	15
Muut eläimet	60	30	30	30	15
Laidunnus (kaikki eläimet)				20	10

3.3.1.2 Laitumella erittyvä typpi

Päästömallissa on laidunnuksen aikaisen typpitappion oletettu mukailevan suunnilleen sitä typpitappiota, joka syntyy kuivalannan ja virtsan kasvustoon levityksen yhteydessä. Näitä tietoja ei voida kuitenkaan suoraan soveltaa laitumelle, koska sonnan ja virtsan levittyminen laidunnuksen aikana laitumelle tapahtuu kuivalannan ja virtsan levityksestä poikkeavasti, ts. enemmän pistemäisesti, jolloin haihtuminen on vähäisempää (pienemmän haihtumispinta-alan takia). Mallissa on virtsan kasvustoon levityksen yhteydessä arvioitu haihtuvan virtsan ammoniumtypestä 30 %. Sonnan ammoniumtypestä arvioidaan haihtuvan n. 15 %, kun levitys suoritetaan hajalevityksenä. Kun otetaan huomioon, mitä edellä on todettu ammoniakkin haihtumisesta laitumella, mallissa on päädytty käyttämään virtsalla haihtumisprosenttia 20 % ja sonnalla 10 % ammoniumtypestä lasketuina.

Taulukko 16. Ammoniakkipäästöjä vähentävien menetelmien vähentämistehot (%), teho sama kaikilla eläintyypeillä). Mallissa käytetyt parametrit. Lähde: ks. s. 19.

Vähentämismenetelmä	Teho (%)
Karjasuoja	
nopea virtsan erotus/sitominen kuivikkeisiin	
kuivalanta	15
virtsa	20
huuhtelu	60
parannettu puhtaanapito	10
lannanpoisto useammin	10
suodatus	85
kuivatus hihnalla (häkkikanalat)	60
kuivatus alakautta (siipikarjan kuivikepohjat)	80
ilman kierrätys (siipikarjan kuivikepohjat)	60
nippajuomakupit (siipikarjan kuivikepohjat)	40
Varastointi (sis lietel. sekoitus)	
tiivis kattaminen	85
puolitiivis kattaminen	70
luonnollinen kuorettuma	40
kuivalannan peittäminen	20
kuivalannan johtaminen varastoon alakautta	30
Ilmastus	
varovainen ilmastus	50
Levitys mullokselle/sänkeen	
nopea multaus kyntämällä (4 h sis.)	70
multaus 12 tunnin sis. kyntämällä (4-12 h sis.)	40
multaus 12 h jälkeen kyntämällä	15
nopea multaus äestämällä (4 h sis.)	60
multaus 12 h sis äestämällä (4-12 h sis.)	25
multaus 12 h jälkeen äestämällä	10
sijoituslevitys	85
letkulevitys	30
lannan laimennus 1:1	35
Levitys kasvustoon	
letkulevitys kasvustoon	40
sijoitus kasvustoon	85
lannan laimennus 1:1	35

3.3.2 Lämpötilakorjaus

Päästömallissa ammoniakkin haihtumista kuvaavat luvut (haihtumisprosentit) ovat peräisin keskieuropalaisista tutkimuksista, eikä niiden soveltamisessa mallin käyttöön ole otettu huomioon olosuhde-eroja Keski-Euroopan ja Pohjois-Euroopan välillä. Olosuhde-eroista tärkein on ero keskilämpötiloissa. MARACCAS-päästömallissa (Cowell ja ApSimon 1996) Euroopan eteläisimpien maiden päästöt on korjattu lämpötilakertoimella, joka perustuu siihen, että kolmen asteen nousu

keskilämpötilassa lisää ammoniakkin haihtumista 10 %. Tästä johtuu, että esim. Italian päästöt on kerrottu kertoimella 1,2. MARACCAS -mallissa ei ole kuitenkaan otettu huomioon pohjoisten alueiden viileämpiä olosuhteita verrattuna Keski-Eurooppaan. Tosin MARACCAS-malliakin täydennetään ja siihen tultaneen ottamaan mukaan samantyyppinen lämpötilakorjaus (D. Cowell, Imperial College, henk. koht. tiedonanto).

MARACCAS -mallissa käytetty kerroin perustuu Oldenburgin (1989) tutkimuksiin, joissa on selvitetty lämpötilan vaikutusta ammoniakkin haihtumiseen karjasuojissa. Oldenburgin tutkimusta on käytetty apuna myös ECETOC:n päästölaskelmissa. Oldenburg esittää ammoniakkin haihtumisen lämpötilariippuvuutta kaavalla $226 + (9,7t)$, jossa t on lämpötila. Tuloksena on ammoniakkiemission määrä karjasuojassa tunnin aikana ($\text{mg NH}_3/\text{h}$). ECETOC:in raportissa on Hollannin vuotuinen keskilämpötila 9°C , mikä toimii peruslähtökohtana. Suomen vuotuinen pitkän aikavälin keskilämpötila on noin 3°C (Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1990 (1991)). Em. kaavalla lasketut emissiomäärät toisiinsa suhteutettuna havaitaan, että Suomen olosuhteissa emissio on noin 20 % pienempi kuin Hollannissa.

Vuotuisten keskilämpötilojen eron avulla laskettu suhteellinen ero ammoniakkin haihtumisessa ei anna kuitenkaan oikeaa tulosta karjasuojassa, koska lämpötila pyritään yleensä pitämään karjasuojissa vakiona ympäri vuoden. Karjasuojien sisälämpötiloissa ei ole niin suuria eroja kuin maiden välisissä pitkän aikavälin vuotuisissa ulkoilman keskilämpötiloissa. Lämpimimmillä alueilla tosin ilmanvaihdon tarve on viileämpiä alueita suurempi, mikä lisää ammoniakkin haihtumista. Luonnollisesti eristämättömissä eläinsuojissa lämpötila mukailee pitkälti ulkoilman lämpötilaa. Levityksen osalta voidaan todeta, että Suomessa pääosa lannasta levitetään keväällä ennen kylvöjä sekä syksyllä. Keski-Euroopassa levitysaika jakaantunee tasaisemmin koko kasvukaudelle, jolloin lantaa levitetään paljon myös kesällä. Vaikka levityksen aikaisissa keskilämpötiloissa ei olekaan suurta eroa, käytetään levityksen osalta lämpötilakerrointa 0,8, koska Suomessa muut olosuhteet (kuten peltomaan suurempi happamuus verrattuna muiden Euroopan maiden peltomaihin) voivat vaikuttaa päästöjä vähentävästi.

Näiden tietojen pohjalta on päästömallissa päädytty käyttämään karjasuojissa (paitsi nautojen kuivikepohjat) lämpötilakerrointa 0,9 ja muissa lannankäsittelyvaiheissa 0,8.

3.4 Muut kuin kotieläintaloudesta peräisin olevat päästöt

3.4.1 Väkilannoitteet

Väkilannoitteiden osalta päästötiedot perustuvat tarkasteluajalla myytyjen typipiravinteiden määriin, jotka saadaan Kemiran vuosittain julkaisemista myyntitilastoista (Lannoitteiden myynnin jakautuminen maatalouskeskusalueittain). Haihtumiseen liittyvää tietoa saadaan ulkomaisista tutkimuksista. Haihtuvan typen määräksi lannoitteissa levitetystä kokonaistypestä on arvioitu pintaan levitettävien lannoitteiden osalta 1 % ja sijoittamalla levitettävien osalta 0,5 %. Laskelmissa on pellonkäyttötietojen avulla arvioitu, että noin puolet myydyistä lannoitteista levitetään pintalevityksenä ja noin puolet sijoittamalla.

3.4.2 Turkiseläimet

Turkiseläinten osalta päästötiedot perustuvat tarkasteluajan eläinmääriin, lannassa vuoden aikana erittyvään typen määrään ja arvioon lannasta haihtuvasta typen määrästä. Eläinmäärät saadaan vuosittain julkaistavasta tarhaajan kalenterista ja lannan typpimäärät perustuvat Impiön (1993) tutkimuksiin. Laskelmissa on haihtuvan typen määräksi arvioitu 40 % lannan kokonaistyppimäärästä. Tuloksena saadaan tuotettua nahkaa kohti lasketut päästökertoimet ketuille/supeille erikseen ja minkeille/hillereille erikseen.

3.5. Päästöt menneinä vuosina ja päästöskenaariot

Mallin avulla lasketaan päästöarviot myös vuosille 1950, 1959, 1974, 1980, 1986 ja 1990 sekä tehdään päästöskenaarioita vuodelle 2005. Kotieläintalouden päästöjä arvioidaan eläinmäärien muutosten (ks. liite 4), lannankäsittelyssä tapahtuneiden muutosten sekä ruokinnan ja sitä kautta lannan typpipitoisuuden muutosten (taulukko 17) avulla. Lannankäsittelyssä ja ruokinnassa tapahtuneita muutoksia vuodesta 1950 vuoteen 2005 tarkastellaan yksityiskohtaisemmin liitteessä 5.

Taulukko 17. Lannan typpipitoisuudessa tapahtuneet muutokset 1950 - 1995 sekä arvio vuodelle 2005 (kg N/eläin(paikka)/vuosi).

	1950	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2005
Lypsylehmä	50,0	57,0	65,0	72,0	80,0	85,0	92,0	100,0	90,0
Emolehmä	35,0	38,0	40,0	41,0	44,0	47,0	50,0	55,0	50,0
Hieho	33,0	36,0	38,0	39,0	40,0	41,0	43,0	45,0	40,0
Lihanauta, siitossoppi	35,0	38,0	40,0	41,0	44,0	47,0	50,0	55,0	49,0
Nuorkarja (< 1 v.)	15,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	23,0	25,0	23,0
Emakko porsaineen	30,0	30,0	35,0	35,0	38,0	40,0	42,0	40,0	34,0
Lihasiika (> 20 kg), siitossika, joutilas emakko	8,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	12,0	11,0	9,0
Karju	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0	9,0	10,0	9,0	8,0
Vieroitettu porsas (20-50 kg)	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2
Munituskana, broileremo	1,0	1,2	1,5	1,4	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7
Broileri, kananuorikko	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Lammas, uuhi karitsoineen	15,0	16,0	16,0	17,0	17,0	18,0	18,0	17,0	15,0
Vuohi, kuttu kileineen	15,0	16,0	16,0	17,0	17,0	18,0	18,0	17,0	15,0
Hevonen	55,0	55,0	60,0	60,0	60,0	65,0	65,0	65,0	60,0
Poni	35,0	35,0	40,0	40,0	40,0	45,0	45,0	45,0	40,0

Väkilannoitteista ja turkiseläimistä peräisin olevia päästöjä on arvioitu käytettyjen väkilannoitetyppimäärien ja eläinten määrien pohjalta (ks. liite 4). Teollisuuden (väkilannoiteteollisuuden) ammoniakkipäästöjä on arvioitu karkeasti väkilannoitetyypin myyntimäärien pohjalta.

Tulokset

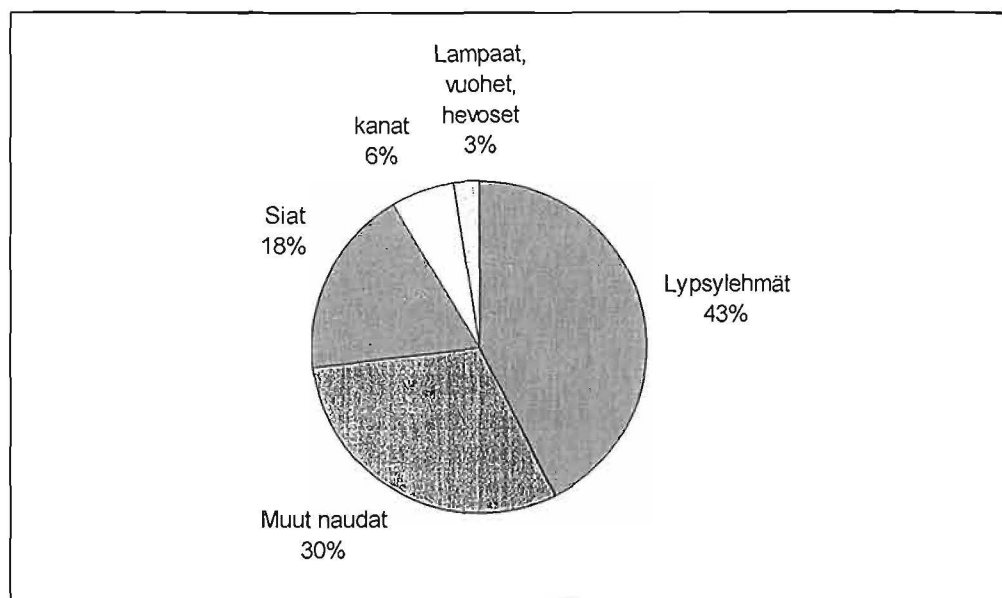
4.1 Vuoden 1995 päästöarvio

Mallilaskelmien perusteella Suomen kotieläintaloudesta aiheutuvat ammoniakkipäästöt olivat vuonna 1995 noin 29,4 kilotonnia. Mallilaskelman tuottamat eläintyyppikohtaiset päästökertoimet on esitetty taulukossa 18.

Vuoden 1995 ammoniakkipäästöt väkilannoitteista olivat noin 1,8 tuhatta tonnia ja turkiseläimistä yhteensä noin 2,8 kilotonnia. Teollisuuden päästöjen on arvioitu olevan noin 1,2 kilotonnia. Päästöt on laskettu myös kunnittain. Ammoniakkipäästöjen jakautuminen alueellisesti on esitetty kuvissa 4a-4f s. 30.

Taulukko 18. Mallin tuottamat päästökertoimet eri eläintyypeille.

Eläintyyppi	kg NH ₃ /eläin(paikka)
Lypsylehmä	31,5
Hieho	13,2
Emolehmä	14,3
Sonni	20,7
Vasikat < 1 v.	9,1
Emakko porsaineen	14,9
Karju	3,4
Lihasika*	4,2
Munituskana	0,34
Kananpoika	0,085
Broileri*	0,055
Lammas, uuhi karitsoineen, vuohi, kuttu kileineen	4,2
Hevonen	17,6
Turkiseläimet:	kg NH ₃ /tuotettu nahka
Supit ja ketut	0,97
Minkit ja hillarit	0,51



Kuva 3. Kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen jakautuminen eri eläinryhmien kesken vuonna 1995.

Kotieläintalous muodosti vuonna 1995 Suomen kokonaisammoniakkipäästöistä noin 84 %, maatalouden ammoniakkipäästöistä noin 94 %. Maatalouden (kotieläintalous+väkilannoitteet) osuus Suomen kokonaisammoniakkipäästöistä oli lähes 90 % (taulukko 19). Kokonaisammoniakkipäästöt eivät pidä sisällään mm. kaatopaikkojen ja jätevesipuhdistamojen ammoniakkipäästöjä). Lypsylehmistä peräisin olevat päästöt aiheuttivat lähes 45 % kotieläintalouden päästöistä (kuva 3). Taulukoissa 20 ja 21 esitetään kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen jakautuminen lannankäsittelyvaiheittain ja lantalajeittain.

Haihtuvan typen määrän osuus lannan kokonaistyyppimäärästä eri lannankäsittelyvaiheissa esitetään kaikkien lantatyyppejen osalta yhteensä taulukossa 22 ja kahteen lantalajiin jaettuna taulukoissa 23a ja 23b.

Taulukko 19. Kaikkien päästölähteiden osuudet maan kokonaispäästöistä v. 1995.

Eläintyyppi	kt NH ₃	Osuus kokonaispäästöistä
Lypsylehmät	12,5	
Muut naudat	9,0	
Siat	5,4	
Kanat	1,8	
Lampaat, vuohet	0,3	
Hevoset	0,4	
Kotieläimet yhteensä	29,4	84 %
Turkiseläimet	2,8	8 %
Väkilannoitteet	1,8	5 %
Teollisuus	1,2	3 %
Yhteensä	35,2	

Taulukko 20. Kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen jakautuminen eri lannankäsittelyvaiheiden kesken v. 1995 (prosenttia).

	Kaikki eläimet	Lypsy-lehmät	Muut naudat	Siat	Kanat	Lampaat ja vuohet	Hevoset
Karjasuojassa	29	26	29	30	33	57	36
Varastoinnin aikana	39	39	39	40	50	17	38
Levityksen yhteydessä	25	24	26	30	17	9	8
Laidunnuksen aikana	7	11	6	0	0	17	18

Taulukko 21. Kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen jakautuminen eri lantalajien (lannankäsittelymenetelmien) kesken v. 1995 (prosenttia).

	Kaikki eläimet	Lypsy-lehmät	Muut naudat	Siat	Lampaat ja vuohet	Kanat	Hevoset
Lietelannasta	35	32	36	55	2	0	0
Kuivikepohjalannasta	4	1	4	4	16	72	27
Kuivikelannasta	32	30	29	22	82	11	55
Virtsasta	14	16	16	12	0	0	0
Sonnasta	8	10	9	7	0	0	0
Laitumella	7	11	6	0	0	17	18

Taulukko 22. Typpitappio (kt ja %) sisälle ja laitumelle päätyneen lannan osalta v. 1995. Erittelyssä typpitappio kunkin lannankäsittelyvaiheen aikana, prosenttiosuus kuvastaa kuhunkin lannankäsittelyvaiheeseen tulevasta typpimäärästä haihtuvan typen määrän. Sarakkeessa osuus esitetään eri lannankäsittelyvaiheiden osuudet kaikesta lannankäsittelyn aikana haihtuvasta tyypestä. Kaikki lantalajit.

	1000 t N	Typestä haihtunut (%) (lannankäsittelyvaiheessa)	Lannankäsittelyvaiheen osuus (%) haihtuneesta tyypestä
Typeä päätynyt sisälle	72,4		
Typeä haihtunut lannankäsittelyssä yhteensä	22,4	31,0	
Erittely:			
Karjasuojassa haihtunut typeä	6,9	9,5	31
Varastoinnin aikana haihtunut typeä	9,5	14,6	42
Levityksen yhteydessä haihtunut typeä	6,0	10,7	27
Typeä päätynyt laitumelle	15,8		
Laidunnuksen aikana haihtunut typeä	1,7	10,7	

Taulukko 23a. Typpitappio v. 1995 eri lannankäsittelyvaiheissa. Lietelantajärjestelmä.

	1000 t N	Typestä haihtunut (%) (lannankäsittelyvaiheessa)	Lannankäsittelyvaiheen osuus (%) haihtuneesta tyypestä
Typeä päätyntä sisälle	26,0		
Karjasuojassa haihtunut typeä	2,3	9	27
Varastoinnin aikana haihtunut typeä	2,0	9	24
Levityksen yhteydessä haihtunut typeä	4,1	19	49
Typeä haihtunut yhteensä	8,4	33	

Taulukko 23b. Typpitappio v. 1995 eri lannankäsittelyvaiheissa. Muu kuin lietelantajärjestelmä (sis. kuivikepohjalannan, kuivikelannan jossa virtsa sidottu kuivikkeisiin, kuivikelannan jossa virtsa erotettu virtsakaivoon ja virtsan).

	1000 t N	Typestä haihtunut (%) (lannankäsittelyvaiheessa)	Lannankäsittelyvaiheen osuus (%) haihtuneesta tyypestä
Typeä päätyntä sisälle	46,8		
Karjasuojassa haihtunut typeä	4,6	10	33
Varastoinnin aikana haihtunut typeä	7,5	18	53
Levityksen yhteydessä haihtunut typeä	1,9	5	14
Typeä haihtunut yhteensä	14,0	30	

Lietelannasta haihtuu eniten typeä levityksen yhteydessä ja vähiten varastoinnin aikana. Kuivalannalla suhteet ovat päinvastaiset. Laskelmien mukaan lietelannan tyypestä haihtuu suhteellisesti enemmän kuin kuivalannan tyypestä (taulukot 23a ja 23b).

Noin 25 % (n. 24,1 kt N) kaikesta lannan tyypestä haihtuu lannankäsittelyn aikana vuodessa. Jos haihtuvan typpikilon hintana käytetään väkilannoitetyppikilon hintaa, saadaan haihtuvan typen arvoksi yli 90 miljoonaa markkaa. Tutkimuksessa on käytetty väkilannoitetyppikilon hintana neljää markkaa, joka on saatu Suomensalpietarikilon myyntihinnan ja typpisisällön mukaan (Maaseudun Tulevaisuus 19.4.: Suomensalpietarissa typeä 26 % (ei muita ravinteita), hinta n. 1 mk/kg => n. 3,8 mk/kg N).

4.2 Muutokset päästöissä ja laskeumassa

Vuodelle 2005 on tehty kolme erityyppistä skenaariotarkastelua päästöjen kehittymisestä. Ensimmäisessä skenaariossa (nollaskenaario 1) lasketut päästöt ovat yhteensä lähes samansuuruiset kuin vuonna 1995 (taulukot 19 ja 24). Tässä skenaariotarkastelussa on huomioitu pelkästään kotieläinten ja turkiseläinten määrän arvioitu muuttuminen ja väkilannoitetyypen käyttömäärissä arvioidut muutokset. Teollisuuden päästöjen oletetaan pysyvän suunnilleen ennallaan. Aktiiviteittimuutosten takia kotieläintaloudesta ja väkilannoitteista peräisin olevat päästöt alenevat, mutta turkistarhauksesta peräisin olevat päästöt kasvavat.

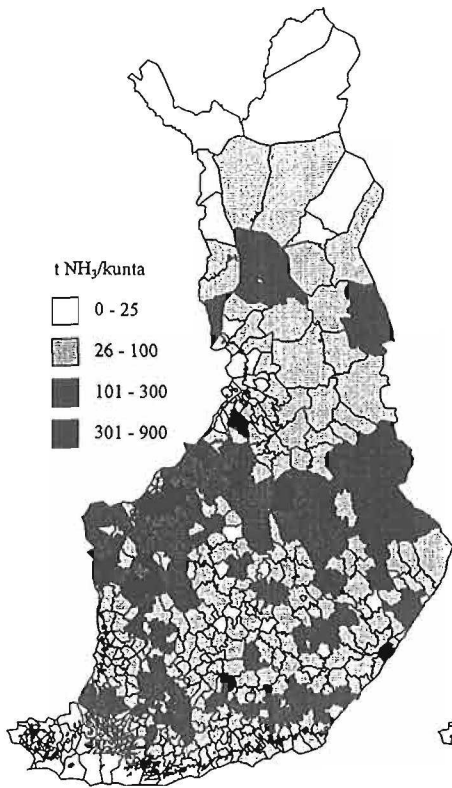
Kotieläintaloudessa on odotettavissa typen hyväksikäytön paranemista. Jos typen hyväksikäytön paranemisen lisäksi huomioidaan lannankäsittelyssä mahdollisesti tapahtuvat muutokset (mm. lannan syyslevityskielto), saadaan kotieläintalouden päästöarvioksi vuodelle 2005 n. 20 kt (nollaskenaario 2. Ks. taulukko 24).

Vuodelle 2005 on kotieläintalouden osalta tehty myös maksimireduktiota tarkastelu, jossa päästöt on arvioitu arvioitujen eläinmäärien sekä maksimivähennyksen mukaisten lannankäsittelymenetelmien mukaan. Arvion mukaan kotieläintalouden päästöjä olisi mahdollista vähentää enintään noin puoleen pelkästään lannankäsittelyä muuttamalla vuodelle 2005 tehtyyn nollaskenaario 1:een verrattuna. Jos mukaan otettaisiin nollaskenaario 2:n mukaiset oletetut muutokset ruokinnassa, vähenisivät kotieläintalouden päästöt vielä noin 2 kt. Karttakuvat päästöistä ja laskeumasta vuoden 2005 maksimireduktioskenaariolla (kuvat 4e ja 5e, 5f) perustuvat pelkästään kotieläintalouden päästöjen vähentämiseen. Päästöt muista lähteistä ovat samoja kuin nollaskenaarioissa (taulukko 24).

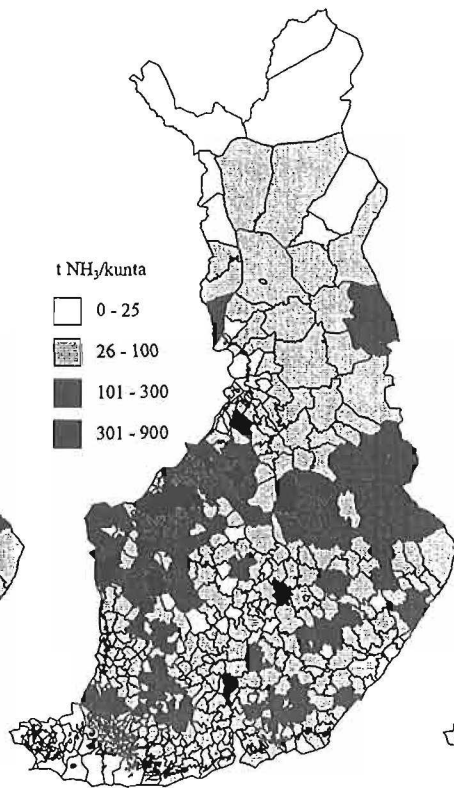
Taulukko 24. Ammoniakkipäästöarviot vuodelle 2005: vain eläinmäärät muuttuvat (ns 1), eläinmäärät, typen hyväksikäyttöaste ja lannankäsittelymenetelmät muuttuvat (ns 2). Taulukossa on esitetty myös maksimireduktion mukaiset päästöarviot (max).

Eläintyyppi	kt NH ₃ (ns 1)	Osuus kokonais- päästöistä (ns 1)	kt NH ₃ (ns 2)	Osuus kokonais- päästöistä (ns 2)	kt NH ₃ (max)	Osuus kokonais- päästöistä (max)
Lypsylehmät	10,7		8,0		5,7	
Muut naudat	10,5		7,8		5,6	
Siat	4,3		2,7		1,8	
Kanat	1,3		1,0		0,5	
Lampaat, vuohet	0,3		0,3		0,3	
Hevoset	0,5		0,4		0,4	
Kotieläimet yhteensä	27,6	81 %	20,2	75 %	14,3	68 %
Turkiseläimet	3,6	11 %	3,6	14 %	3,6	17 %
Väkilannoitteet	1,8	5 %	1,8	7 %	1,8	9 %
Teollisuus	1,2	3 %	1,2	4 %	1,2	6 %
Yhteensä	34,3		26,8		20,9	

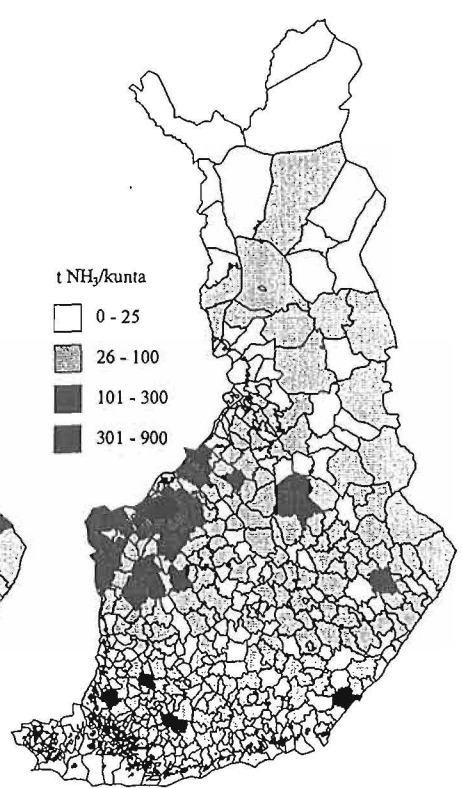
Ammoniakkipäästöjen aiheuttamaa typpilaskeumaa on tarkasteltu vuoden 1995 osalta sekä tehty nollaskenaario 1:n ja maksimireduktioskenaarion mukaisia tarkasteluja vuodelle 2005 (kuvat 5a - 5f). Vasemmanpuoleisissa kuvissa on tarkasteltu pelkästään Suomen omista ammoniakkipäästöistä aiheutuvaa typpilaskeumaa. Oikeanpuoleisissa kuvissa on esitetty typpilaskeuma, kun mukaan otetaan myös ulkomaiset ammoniakkipäästöt (maksimireduktioskenaarion mukaisessa kuvassa (5f) ovat päästöarviot myös ulkomaisten päästöjen osalta maksimireduktion mukaiset). Laskeumakartoista havaitaan merkittävien kotieläin- ja turkistaloustuotantoalueiden Lounais- ja Länsi-Suomessa aiheuttamien ammoniakkipäästöjen suuri vaikutus kyseisten alueiden typpilaskeumaan. Lisäksi varsinkin Etelä-Suomen laskeumaan vaikuttaa hyvin voimakkaasti myös muut kuin Suomen omat ammoniakkipäästöt.



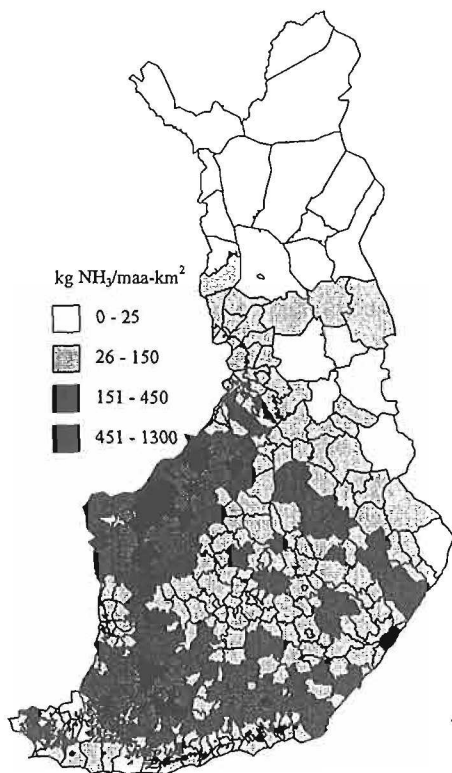
4a



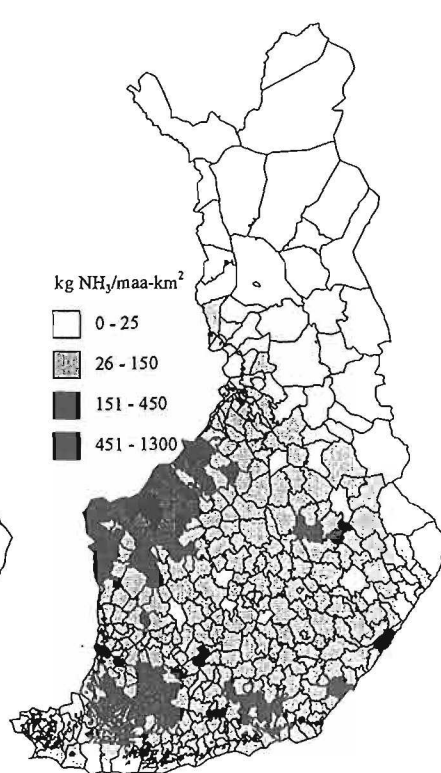
4b



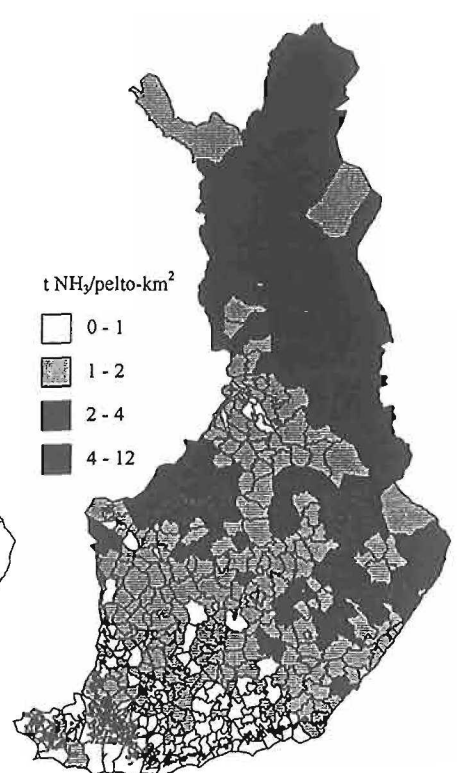
4c



4d

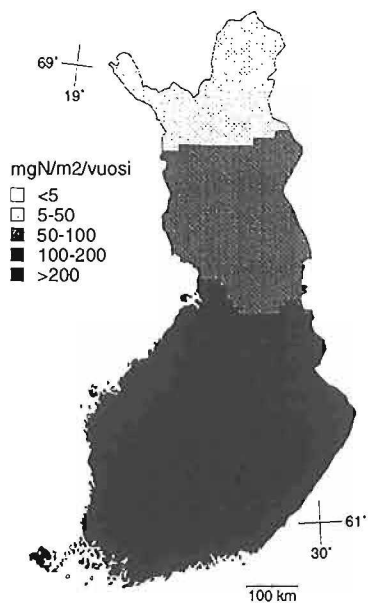
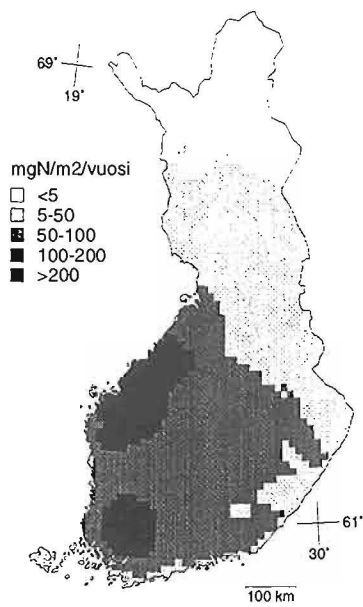


4e

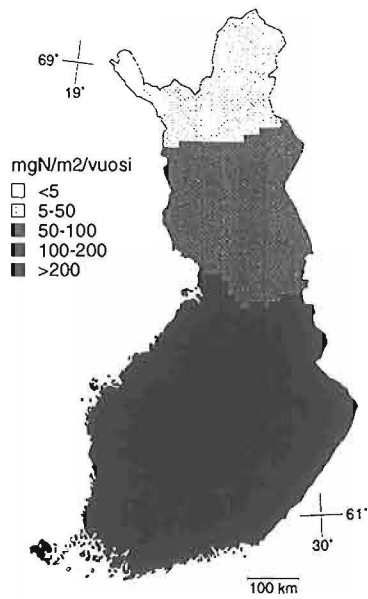
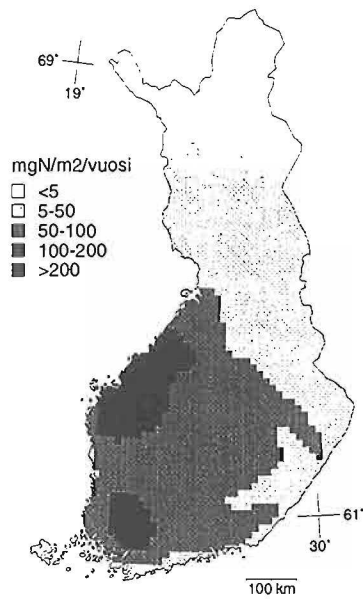


4f

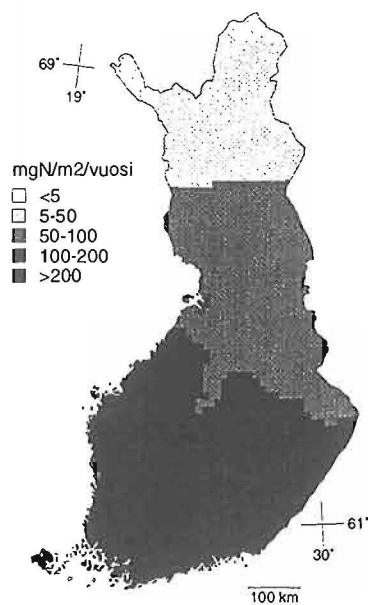
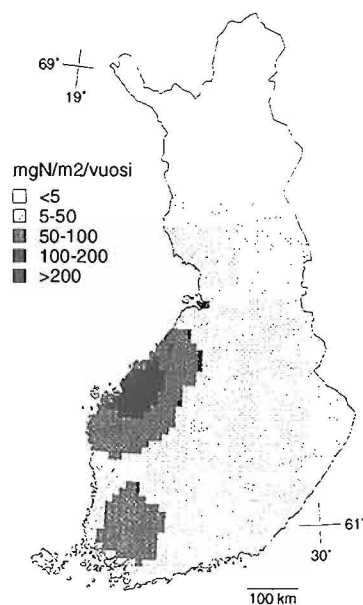
Kuvat 4a - 4f. Kokonaisammoniakkipäästöt kunnittain vuonna 1995 (4a) ja vuonna 2005 nollaskenaariolla (4b) ja maksimireduktioskenaariolla (4c). Alhaalla vasemmalla (4d) on esitetty vuoden 1995 kuntakohtaiset päästöt kunnan maa-neliökilometriä kohti laskettuna, keskellä (4e) oleva kartta kuvaa vuoden 2005 maksimireduktion mukaista tilannetta. Alhaalla oikealla (4f) on esitetty päästö peltoneliökilometriä kohden v. 1995.



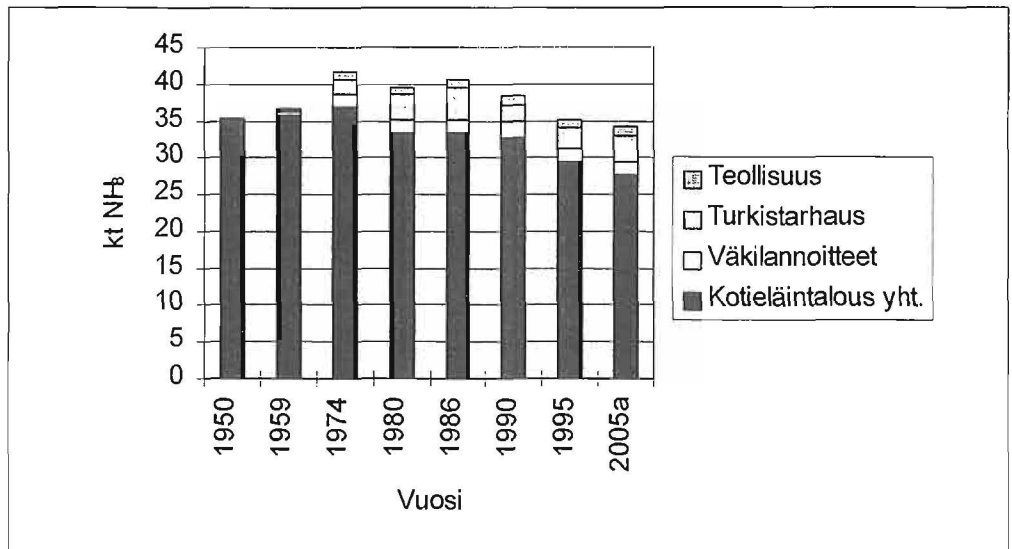
Kuvat 5a ja 5b. Suomen omista ammoniakkipäästöistä (vas.) sekä Suomen ja muiden maiden ammoniakkipäästöistä yhteensä (oik.) aiheutuva typpilaskeuma Suomessa vuoden 1995 mukaisen päästöarvioiden mukaan. (Daiquiri-laskeumamalli: SYKE, IL, EMEP/MSC-W.)



Kuvat 5c ja 5d. Suomen omista ammoniakkipäästöistä (vas.) sekä Suomen ja muiden maiden ammoniakkipäästöistä yhteensä (oik.) johtuva typpilaskeuma Suomessa vuoden 2005 nollaskenaario I:n mukaisen päästöarvion mukaan (Daiquiri-laskeumamalli: SYKE, IL, EMEP/MSC-W.)



Kuvat 5e ja 5f. Suomen omista ammoniakkipäästöistä (vas.) sekä Suomen ja muiden maiden ammoniakkipäästöistä yhteensä (oik.) johtuva typpilaskeuma Suomessa vuoden 2005 maksimireduktioskenaario mukaisen päästöarvion mukaan (Daiquiri-laskeumamalli: SYKE, IL, EMEP/MSC-W.)



Kuva 6. Kotieläintaloudesta, väkilannoitteista ja turkiseläimistä peräisin olevien päästöjen kehittyminen vuodesta 1950 vuoteen 1995 sekä ennuste vuodelle 2005 (nollaskenaario).

Kuvassa 6 on esitetty ammoniakkipäästöjen kehitys vuodesta 1950 vuoteen 2005 (arvio). Kotieläintalouden päästöjen arvioinnissa on huomioitu eläinmäärissä, ruokinnassa ja lannankäsittelyssä tapahtuneet muutokset. Vuoden 1995 kokonaisammoniakkipäästöt olivat suunnilleen yhtä suuret kuin päästöt vuonna 1950. Vuonna 1950 päästöt muodostuivat lähes yksinomaan kotieläintalouden päästöistä.

Kotieläintalouden päästöjen aleneminen 1970-luvun puolivälistä eteenpäin on pääasiassa johtunut nautojen määrän vähenemisestä. Vuosien 1950 ja 1959 päästömäärät ovat olleet vuoden 1974 määrää alhaisemmat, vaikka nautojen määrä on ollut huomattavasti suurempi. Kuitenkin sikojen ja kanojen määrät ovat olleet paljon pienemmät verrattuna 1970-luvun puoliväliin, lisäksi lannankäsittelytavat ovat olleet toisenlaiset (mm. lietelantamenetelmää ei ole ollut) ja lannan typpipitoisuudet ovat olleet alhaisemmat 1950-luvulla kuin myöhemmin.

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tuloksena saatuja kertoimia on verrattu Pipatin vuonna 1995 laatimiin päästökertoimiin. Molempien kerrointen mukaiset eläintyyppikohtaiset päästöt on myös laskettu. Eri päästökertoimilla lasketut päästöarviot kotieläintaloudelle yhteensä vuodelle 1995 ovat suuruudeltaan lähellä toisiaan, vaikka joidenkin eläintyyppien osalta päästökertoimet poikkeavat toisistaan hyvinkin paljon (taulukko 25).

Taulukko 25. Päästökerroin- ja päästövertailu (vuoden 1995 päästöt kotieläintaloudesta).

	Tämä tutkimus		Pipatti 1995 (VTT Energia)	
	Päästökerroin (kg NH ₃)	Päästö (kt NH ₃)	Päästökerroin (kg NH ₃)	Päästö (kt NH ₃)
Lypsylehmä	31,5	12,5	33,2	13,2
Hieho	13,2	2,5	11,3	2,1
Emolehmä	14,3	0,42	11,3	0,33
Sonni	20,7	2,3	11,3	1,2
Vasikka, <12 kk	9,1	3,8	5,7	2,4
Karjut	3,4	0,02	13,2	0,09
Emakot	14,9	2,1	13,2	1,9
Lihasiat	4,2 (eläinpaikkaa kohti)	3,3	4,2 (eläinpaikka kohti)	3,3
Munivat kanat	0,34	1,4	0,33	1,4
Kanapoikaset	0,085	0,12	0,17	0,25
Broilerit	0,055 (eläinpaikkaa kohti)	0,23	0,17 (eläinpaikkaa kohti)	0,7
Lampaat, vuohet	4,2 (uuhet, kutut)	0,33	2,1 (kaikki eläimet)	0,33
Hevoset	17,6 (yli 1 v.)	0,42	16,7 (kaikki eläimet)	0,8
Päästöt yhteensä		29,4		27,6

Taulukossa havaittaviin eroihin päästökerrointen osalta vaikuttavat erot käytetyissä perusparametreissa, kuten lannan typpisisältöä, lannankäsittelymenetelmiä ja ammoniakkin haihtumista kuvaavissa luvuissa.

Ammoniakkipäästöjen muuttuminen vuodesta 1950 tähän päivään asti ja edelleen vuoteen 2005 asti liittyy suurelta osin eläinmäärien muutoksiin, mutta 1950- ja 1960-luvuilla ruokinnan ja eläinaineksen sekä lannankäsittelyn erilaisuus verrattuna tähänhetkiseen tilanteeseen vaikuttavat myös huomattavasti eroihin päästömäärissä.

Päästölaskennassa ei ole tehty varsinaisia herkkyystarkasteluja päästöarvioiden epävarmuuden arvioimiseksi. On kuitenkin selvää, että saatuihin lukuihin sisältyy huomattavankin suurta epävarmuutta, mikä johtuu siitä, että mallissa käytetyt lähtötiedot ovat hyvin yleisluontoisia ja edustavat vain keskimääräisiä tietoja. Varsinkin ammoniakkin haihtumiseen eri lannankäsittelyvaiheissa liittyvät lähtötiedot, jotka suurimmaksi osaksi ovat ulkomaisten tutkimustulosten ja muissa malleissa käytettyjen lukujen pohjalta johdettuja, ovat hyvin karkeita yleistyksiä. Päästöarvioihin voidaan katsoa sisältyvän jopa usean kymmenen prosentin virhemahdollisuus, mikä on luonnollistakin hajapäästöjen luonteen takia.

Nyt käsillä oleva päästömalli antaa kuitenkin aikaisempaa paremmat mahdollisuudet tarkastella Suomen päästöjä. Mallilla voidaan jatkossa mennä vielä tarkempiin arvioihin sen jälkeen, kun kunta- tai aluekohtaista tietoa lannankäsittelystä on käytettävissä. Tämän jälkeen suurimpana ongelmana on ammoniakkin haihtumista koskevan yleisinformaation saaminen ja sen luotettavuuden parantaminen, mitkä tekijät tälläkin hetkellä aiheuttaa suurimman epävarmuuden päästöarvioihin. Jatkossa tulisi pyrkiä siihen, että aiempaa paremmin pystyttäisiin myös teoreettisesti arvioimaan erilaisissa olosuhteissa haihtuvan ammoniakkin määrä kulloisessakin lannankäsittelyketjun vaiheessa. Tässä arvioinnissa (haihtumismallissa) perusparametreina olisivat ainakin seuraavat tekijät:

Lannan ominaisuudet:

- kokonaistyyppipitoisuus
- ammoniumtyypipitoisuus
- kuiva-ainepitoisuus
- konsistenssi (juoksevuus)
- pH

Lannan käsitteleminen:

- käsittelymenetelmät
- kuinka kauan ja kuinka suuri osa lannasta ilman kanssa tekemisissä
- lannanlevitysmäärät

Ulkoiset olosuhteet:

Ilmasto:

- lämpötila
- auringon säteily
- ilmankosteus
- sade
- tuuli

Maaperä:

- kosteus
- lämpötila
- huokoisuus
- ravinnepitoisuus
- kasvillisuus
- pH

Luonnollisesti kaikkia haihtumiseen liittyviä tekijöitä ei voida mallintaa. Ammoniakkin haihtumisen arviointimalli olisi kalibroitava tai testattava sen toiminta käytännön haihtumismittausten avulla. Koska haihtumisen arviointimallia varten ei voida kuitenkaan kerätä kaikkea lantaan ja lannankäsittelyyn liittyvää tietoa, on mallilla ajettava tietyt perusolosuhteita vastaavat haihtumistiedot, joiden antamia tuloksia käytetään varsinaisessa päästömallissa.

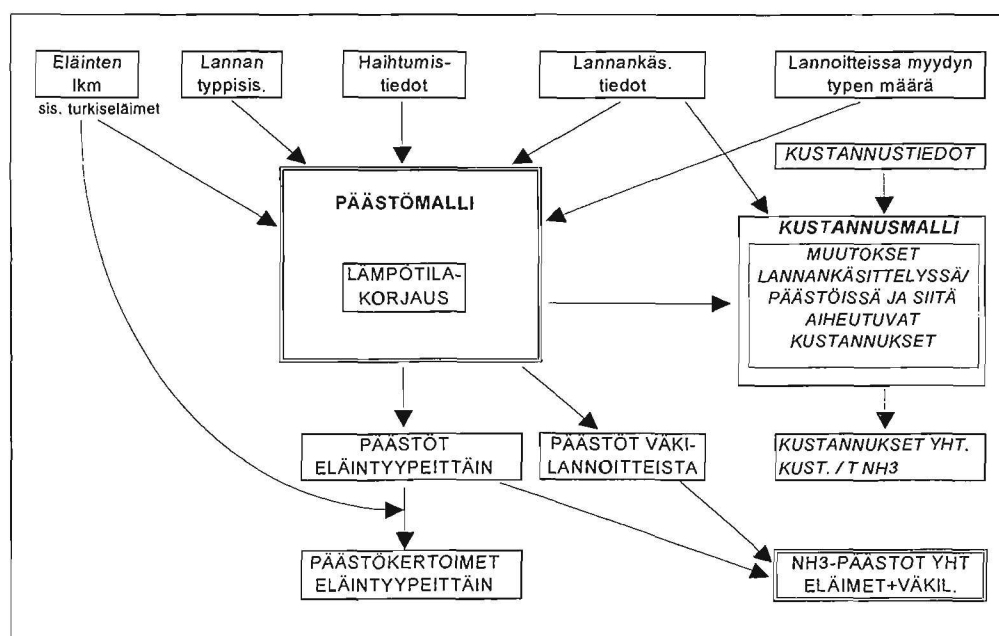
OSA 2

PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN JA VÄHENTÄMISKUSTANNUKSET

Johdanto

Osassa I kuvatun päästömallin yhteyteen on rakennettu kustannusmalli, jolla voidaan laskea päästöjen vähentämisen aiheuttamia kustannuksia (kuva 1). Kustannus-päästömallilla voidaan optimoida päästöjen vähentämiseksi käyttöön otettavat menetelmät siten, että niiden aiheuttama kustannus muodostuu mahdollisimman pieneksi. Tässä muodossaan malli ei ota huomioon muita lannankäsittelyn muutoksen aiheuttamia vaikutuksia, kuten esimerkiksi ajallisuuskustannuksia, tiivistymisen aiheuttamia vaikutuksia, työmenekin ja sitä kautta viljelijän ajankäyttöön ja ajan riittävytyteen liittyviä tekijöitä tai mahdollisia muita vaikutuksia esim. ympäristöön (esim. energian kulumisen lisääntymisen aiheuttamat kuormituksen lisääntyminen jne). On selvää, että annetut kustannusarviot ovat vain suuntaa-antavia, koska pelkästään itse päästöjen arviointiin liittyy huomattavan suuri epävarmuus. Lisäksi kustannusmallissa joudutaan toimimaan keskimääräisten kustannusten ja keskimääräisten lannankäsittelymenetelmien ja -laitteiden pohjalta, mikä ei anna oikeaa kuvaa kustannusten todellisesta muodostumisesta. Lisäksi joidenkin menetelmien osalta ei ole ollut saatavilla riittävästi tietoa kustannuksista (mm. biosuodattimet ja huuhtelulaitteet). Kustannuslaskelmien yhteydessä esitetään myös päästöjen vähentämisen seurauksena saadun säästetytyn typen arvo. Tämä on kuitenkin vain teoreettinen arvo, eikä sitä sellaisenaan liitetä kustannuksia kompensoivaksi tekijäksi.

Päästöihin olisi mahdollista vaikuttaa myös muuttamalla lannankäsittelyn perusmenetelmiä, ts. siirtymällä kuivalantamenetelmästä lietelantamenetelmään (tai päinvastoin) tai siirtymällä virtsan imetyksestä kuivikkeisiin virtsan erotukseen (tai päinvastoin) jne. Näitä vaihtoehtoja ei kuitenkaan ole otettu huomioon vähentämispotentiaalia laskettaessa.



Kuva 1. Päästö-kustannusmallin rakenne.

2

Aineisto ja menetelmät

2.1 Kustannusten laskentaperusteet ja -menetelmät

Kustannusten muodostumisen lähtökohta on lannankäsittelymenetelmien ja -tapojen muutoksissa. Kun halutaan tietty päästövähennys, on lannankäsittelyä muutettava tietyillä tavoilla, jotka optimitapauksessa ovat myös kustannustehokkaimmat. Malli pystyy ottamaan huomioon lannankäsittelyketjun muissa vaiheissa tapahtuvat muutokset ja niiden vaikutukset niitä seuraaviin lannankäsittelyketjun vaiheisiin ja päästöihin. Tämän vuoksi erilaisten yhdistelmämenetelmien aiheuttamat kustannukset ja päästöjen vähenemä on laskettavissa helposti ja luotettavalla tavalla. Kustannustehokkaimmat päästöjen vähentämismenetelmät on haettu muuttamalla päästö-kustannusmallissa käytettyjä lannankäsittelytapoja ja -menetelmiä ja tarkastelemalla muutosten aiheuttamia päästövähennystasoja ja vähentämiskustannuksia.

Päästömallissa lannan eri käsittelytavat on ilmoitettu osuuksina (esim. levityksen osalta on ilmoitettu, kuinka suuri osuus (%) lannasta on levitetty milläkin tavalla). Muuttamalla näitä osuuksia siten, että painopiste siirtyy kohti päästöjä enemmän vähentäviä tekniikoita tai menetelmiä, voidaan saavuttaa haluttu vähennystaso. Kustannuslaskelmia varten osuudet on muutettava lukumääriksi. Esimerkiksi, kun tiedetään, montako nautakarjatilaa on yhteensä, voidaan em. suhteen avulla laskea tiettyä lannan käsittelymenetelmää karjasuojassa tai lantavarastossa käyttävien tilojen määrä. Yhtä karjasuojaa tai lantalaakohti tulevan muutoksen hinta lasketaan keskimääräisten karjasuojakokojen ja keskimääräisten varastokokojen pohjalta. Levityksen ja multauksen kustannukset lasketaan yhtä keskikokoista peltolohkoa kohti, jonka koko on n. 2,2 hehtaaria (Puustinen ym. 1994). Tarvittava peltolohkojen lukumäärä (kutakin lantalajia kohti) saadaan jakamalla vuodessa syntyvä lantamäärä (esim. sian lietelantaa) suositusten mukaisella levitysmäärällä hehtaaria kohti ja jakamalla tämä edelleen 2,2:lla hehtaarilla. Vuodessa tuotetut lantamäärät lantalajeittain saadaan eläinten lukumäärien (Maatilatilastollinen vuosikirja, Maatilaräkisterit), eläinten vuodessa tuottamien lantamäärien (Ohje kotieläintalouden ympäristönsuojelusta 1997) ja eri lantalajien osuuksien perusteella.

Investointikustannuksia (vuotuisia poisto- ja korkokustannuksia) laskettaessa on käytetty annuiteettimenetelmään perustuvaa laskentatapaa. Laskelmissa on käytetty 6 % korkovaatimusta pääomalle, poistoaika on koneilla 10-15 v., rakennuksilla 20-25 v. Koneiden ja rakennusten jäännösarvoa ei ole huomioitu. Vuosittainen huoltoon ja vakuutuksiin kuluva kustannus on koneilla laskettu neljän prosentin mukaan hankintahinnasta, rakennuksilla kahden prosentin mukaan. Laskelmissa on käytetty apuna myös Työtehoseuran julkaisemia maatalouskoneiden vuokrasuosituksia (Järvenpää ym. 1992), joita on päivitetty vastaamaan laskentahetken tietoja (hankintakustannus, korko), sekä muita Työtehoseuran julkaisuja (Järvenpää ja Peltonen, 1995). Apuna on käytetty myös Turkin (1995) maatalouden kustannuslaskentaa käsittelevää julkaisua.

Kustannuslaskelmien hintatiedot perustuvat lannankäsittelylaitteita valmistavien yritysten julkaisemiin tietoihin, maa- ja metsätalousministeriön ohjekustannuksia rakentamisen osalta (Maaseutuelinkeinolaik mukaiset... 1997) ja mui-

hin lannankäsittelyn kustannuksia koskeviin tutkimuksiin (Grönroos 1993, Haataja 1996).

Levityksen osalta kustannuslaskelmat perustuvat kunkin työvaiheen/työpahtuman vaatimaan aikaan (esim. lietekuution levitykseen kuluva aika, hehtaarin kyntämiseen kuluva aika jne), jotka on saatu Työtehoseuran julkaisemien työnormien pohjalta (Peltonen ja Vanhala 1992). Peltohehtaaria ja edelleen peltolohkoa (2,2 ha) kohti kustannus saadaan kertomalla työhön kulunut aika (tuntia) tuntikustannuksella (mk/tunti), joka pitää sisällä edellämainitut kustannustekijät. Laskelmissa käytetyt keskimääräiset kustannukset on esitetty liitteessä 6.

Mallissa on ollut tarkoituksena huomioida myös ruokinnan kautta tulevia mahdollisuuksia vähentää päästöjä ja ruokinnan muutosten aiheuttamia kustannusvaikutuksia. Mallin ruokintaosan kehittäminen on kuitenkin vielä kesken ja tässä julkaisussa jäljempänä esitetyt kustannustiedot koskevat vain lannankäsittelyssä tapahtuvia muutoksia ja niiden kustannuksia.

Ruokinnan muuttamisen mahdollisuuksia ja kustannusvaikutuksia on kuitenkin jonkin verran jo selvitetty. Siipikarjanrehujen rehuraaka-aineiden sekä puhtaiden aminohappojen hinnat vaihtelevat hyvinkin paljon ja usein, mikä vaikeuttaa ruokinnan muutoksen aiheuttamien kustannusten määrittämistä. (Marja Hongisto, Rehuraisio. Suull. tiedonanto 14.4.97). Sama pätee todennäköisesti myös sikojen rehuihin. Tämänhetkisten hintojen mukaan laskettuna lihasioilla aminohappolisäysten seurauksena täysrehuruokinnassa olevien sikojen osalta kustannusvaikutus olisi joitakin pennejä/rehukilo (raakavalkuaisen vähentämispotentiaali 5-10 %), tiiviste-viljaruokinnassa olevilla sioilla 5-10 p/rehukilo (vähentämispotentiaali n. 10-15 %) ja liemiruokinnassa 15-30 p/rehukilo (vähentämispotentiaali n. 20-30 %) (Juhani Vuorenmaa, Suomen Rehu Oy. Henk. koht. tiedonanto huhtikuu 1997).

2.2 Laskentaperusteet

2.2.1 Kustannuslaskenta karjasuojien ja varastojen osalta

Kustannuslaskelmissa on karjasuojien osalta ongelmia aiheuttanut se, että täsmällistä tietoa erilaisista päästöjen vähentämismenetelmistä ja niiden kustannustiedoista ei ole saatavilla, mikä johtuu siitä, että kaikkia mahdollisia menetelmiä ei varsinkaan Suomessa ole otettu käyttöön. Tällaisia ovat mm. huuhtelu- ja suodatusmenetelmät. Erityisen hankalia ovat myös muutostoimenpiteet siipikarjasuojissa (erilaiset lannan kuivatusjärjestelmät). Karjasuojissa toteutettavien menetelmien kustannustietojen laskemiseksi on käytetty brittiläisessä MARACCAS-mallissa (Cowell ja ApSimon 1996) käytettyjä tietoja. Lisäongelman tuo se, että karjasuojissa toteutettavat vähentämismenetelmät ovat varsin suuria muutoksia ja investointeja vaativia, joten niiden todennäköisimpiä kohteita olisivat suurimmat karjasuojat. Mallissa ei kuitenkaan ole tehty jakoa kokoluokittain, joten menetelmät on jouduttu kohdistamaan kokoluokiltaan keskikokoisiin yksiköihin. Mallissa on päästöjen vähentämismenetelminä käytetty myös parannettua puhtaanapitoa ja lannanpoistotiheyden lisäämistä. Näiden aiheuttamaa kustannusta on vain karkeasti arvioitu.

2.2.2 Kustannuslaskenta levityksen ja multauksen osalta

Levityksen osalta oletetaan, että tiloilla on lannan levityksen perusvälineistö (levitysvaunut) sekä traktorit ja äkeet ja kyntöaurat valmiina, eikä niitä tarvitse erikseen hankkia. Tästä syystä niiden osalta ei lasketa kustannuksiin mukaan investointikustannuksia, vaan pelkästään työn hinta (45 mk/h), koneiden kulumisesta aiheutuvat kustannukset sekä vakuutuskustannukset (vuodessa yht. 4 % hankinta-arvosta) ja traktorityötuntiin lisäksi polttoainekustannus.

Usein levitys keväällä ajoittuu ennen kylvöä. Tällöin lannan multaaminen toimii samalla kylvömuokkauksena eikä multauksesta näin ollen aiheudu lisäkustannusta. Samanlainen tilanne on syksyllä, kun lantaa levitetään sängelle ja muokataan maahan kyntämällä: kyntö levityksen jälkeen merkitsee myös syyskynnön suorittamista (joka tehdään usein joka tapauksessa syksyllä), jolloin erityistä multauskustannusta ei synny. Tutkimuksessa on arvioitu, että 20 % levitystä lannasta mullataan pelkästään multaustarkoituksessa ja aiheuttavat näin ylimääräisen kustannuksen.

Lietelannan ja virtsa sijoituslevityksen ja letkulevityksen osalta otetaan lohkokohdaksiin kustannuksiin mukaan myös k.o. laitteiden investointikustannukset, koska nämä laitteet tilojen on yleensä hankittava siirtyessään sijoitus- tai letkulevitykseen.

Jos lanta halutaan mullata mahdollisimman nopeasti levityksen jälkeen (neljän tunnin sisällä), on työssä käytettävä vähintään kahta ihmistä, mikä tarkoittaa siis yhtä lisähenkilöä. Jos oletetaan, että välittömän muokkauksen suorittamiseksi ei tarvita lainakoneita, tulee tämän työn lisähinnaksi - verrattuna tilanteeseen jossa multaus suoritetaan myöhemmin levittäjän toimesta - pelkästään lisätyöntekijän tuntikustannus. Jos lisäksi työhön tarvittaisiin lisää konekapasiteettia, tulisi mukaan otettavaksi myös esim. traktorin vuokratustannus/tunti. Työvaiheet, joissa lisätyövoimaa tarvitaan, ovat ainakin kyntö ja äestys 4 tunnin sisällä sekä myös kyntö 12 tunnin sisällä. Lisätyövoiman tarve luonnollisesti riippuu levitetävän lannan määrästä ja sitä kautta levityksen vaatimasta ajasta.

Tulokset

Ammoniakkipäästöjen vähentämispotentiaali

Lannankäsittelyä muuttamalla olisi mahdollista vähentää kotieläintalouden päästöjä enintään noin 50 %. Maksimivähennyksen kustannukset vuodessa olisivat reilusti toista miljardia markkaa (n. 1,5 mrd mk). Haihtumiselta säästettyä ammoniakkitonnia kohti kustannus olisi yli 100 000 mk, typpikiloa kohti kustannus olisi yli 120 mk. Arviossa on etsitty toteuttamiskelpoisin vaihtoehto, ts. menetelmät, jotka käytännössä vielä olisi mahdollista toteuttaa.

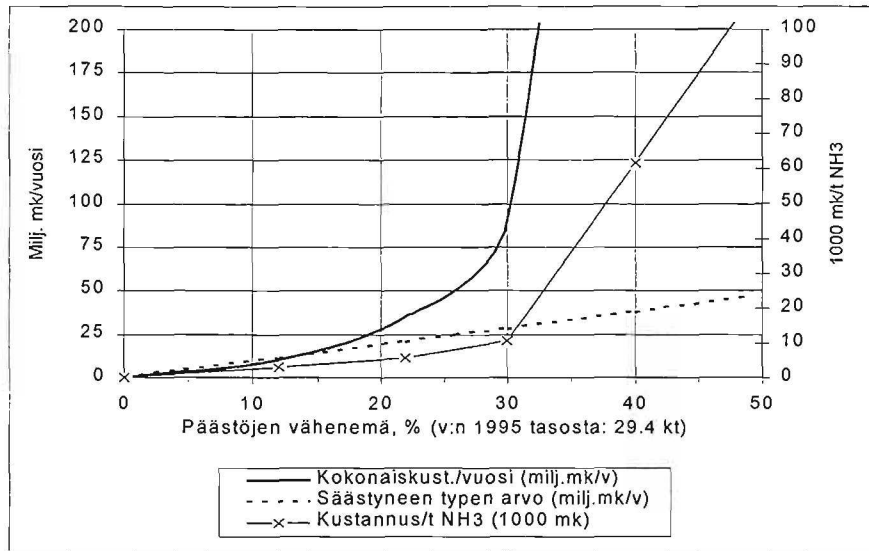
Jos mukaan otetaan lisäksi ruokinnan muuttaminen siten, että kaikkien eläinten lannan typpisisältöä alenee 10 %, olisi mahdollista saavuttaa muutamaa prosenttiyksikköä suurempi vähenemä.

Toimenpiteiden vähentämistehoja ja -kustannuksia

Kotieläintalouden päästöjen vähentämisen kustannuskäyrä on esitetty kuvassa 2. Lannan käsittelyyn liittyviä päästöjen vähentämistoimia, joilla tietty vähenystaso on saavutettu, ovat seuraavat yksittäiset toimet ja niiden yhdistelmät. Menetelmät ovat kustannustehokkuusjärjestyksessä:

- 10 %: kaikki lanta mullataan nopeasti/levitetään sijoittamalla tai letkulevittimellä
- 20 %: ed. lisäksi katetaan lantavarastot: virtsakaivot mahd. tiiviisti, lietesäiliöt tiiviisti (kaikki jotka voidaan) tai puolitiiviisti (joita ei voida kattaa tiiviisti),
- 30 %: ed. lisäksi otetaan käyttöön lantojen johtaminen varastoon alakautta ja kuivalannan peittäminen varastoinnin ajaksi,
- 40 %: ed. lisäksi otetaan käyttöön suodatuslaitteet karjasuojissa,
- 45-50 %: ed. lisäksi otetaan käyttöön huuhtelujärjestelmät karjasuojissa, siipi-karjanlannan kuivaus karjasuojissa.

Mallin mukaan kotieläintalouden päästöjä voitaisiin vähentää 30 % kustannusten ollessa ammoniakkitonnia kohti vielä alle 15 000 mk. Tämän jälkeen kustannukset kasvaisivat jyrkästi: 40 %:n vähenemä maksaisi ammoniakkitonnia kohti jo noin 60 000 mk.



Kuva 2. Kotieläintalouden päästöjen vähentämisen kustannuskäyrä, rajakustannuskäyrä sekä säästyneen typen teoreettinen arvo.

Ammoniakkipäästöjen vähentämisen kustannuksia voidaan ajatella kompensoitavan haihtumiselta säästyneen typen arvolla (kuva 2). Periaatteessa lannan lannoitusarvo on typen osalta sitä parempi mitä enemmän on ammoniakin haihtumista voitu vähentää. Säästyneen typen arvo voidaan laskea käyttämällä lannoitetyppikilon hintaa. Käytännössä säästyneen typen huomioiminen lannoituksessa - mikä tarkoittaa väkilannoitetyypen käytön vähentämistä - on vaikea toteuttaa.

Ammoniakkipäästöt kotieläintaloudesta vuonna 1995 olivat siis noin 29,4 kt. Tulos perustuu vallitseviin lannankäsittelymenetelmiin, jotka pitävät sisällään ammoniakkipäästöjä vähentäviä menetelmiä ja tekniikoita. Kun malliin syötetään sellaiset lannankäsittelytiedot, jotka eivät sisällä päästöjä vähentäviä menetelmiä, on päästön suuruus noin 38 kt, eli noin 30 % suurempi kuin vallitsevien lannankäsittelytapojen mukaan laskettuna. Mallin mukaan tämänhetkiset vähentämistoimenpiteet maksavat noin 90 miljoonaa markkaa vuodessa ja kustannus haihtumasta estettyä ammoniakkitonnia kohti on noin 10 000 mk. Typpikiloa kohti kustannus on noin 14 mk.

Edellä esitetty maksimivähennyspotentiaali edustaa keskimääräistä koko maata koskevaa arviota. Tilatasolla päästöjen vähentämispotentiaali saattaa olla huomattavasti suurempi (tai vastaavasti pienempi) mikä johtuu tilalla tällä hetkellä käytössä olevien lannankäsittelymenetelmien ominaisuuksista.

Väkilannoitteiden osalta päästöjen vähentämistoimenpiteitä on vähän eikä niillä päästä merkittäviin päästöjen pienenemiseen. Esimerkiksi lannoitteiden sijoituslevitystä ei voida juurikaan enää lisätä. Turkistarhauksesta vapautuvien ammoniakkipäästöjen vähentäminen pohjautuu lannan varastointi- ja levitysmenetelmien ja -käytäntöjen parantamiseen käyttämällä samoja perusperiaatteita kuin kotieläinten lannan käsittelyn kohdalla Väkilannoitteiden ja turkistarhauksen päästöjen vähentämiskustannuksia ei ole tässä tutkimuksessa tarkasteltu.

Tulosten tarkastelu

Mallin antamat tulokset varsinkin enimmäisvähennystason osalta poikkeavat muista vastaavista Suomea koskevista tutkimuksista. Tosin eri malleissa on käytetty erilaisia päästöjen vähentämismenetelmiä. Savolaisen ym:n (1996) tutkimuksen mukaan Suomen ammoniakkipäästöjä olisi mahdollista vähentää vuoden 1994 tasosta enintään noin 30 % ja maksavan noin 150 milj. mk vuosittain. Näissä laskelmissa ei ole otettu mukaan mm. huuhtelujärjestelmiä lainkaan. MARACCAS-päästömallissa (Cowell ja ApSimon 1996) maksimivähennyspotentiaali on Suomen kotieläintalouden osalta laskettu olevan vajaat 30 % vuoden 1990 päästötasosta (35,2 kt NH₃). Tällöin kokonaiskustannus olisi noin 180 MECUa (yli miljardi markkaa) vuodessa. IIASA:n Rains-mallissa (Klaassen 1991) maksimivähennyspotentiaali on Suomen osalta laskettu olevan runsaat 60 % käyttämällä päästöjä vähentävää tekniikkaa ja eläinmäärien vähenemisen kautta tapahtuvaa päästöjen vähenemistä. Lähtötasona on vuoden 1980 päästöt, tavoitetaso on laskettu vuodelle 2000. Rains-mallin mukaan Suomen päästöt vähenisivät vuoden 1980 tasosta vuoteen 2000 mennessä noin 30 % ilman erityisiä vähentämismenetelmiä. Päästöjen vähentäminen aina 60 %:iin saakka maksaisi n. 300 milj. DM (n. 700-800 milj. mk) vuosittain.

Eroa edellä esitettyjen mallien tuloksiin selittää mm. se, että päästöjä vähentävien menetelmien tehot ovat varsinkin MARACCAS-mallin osalta arvioitu hieman tässä mallissa käytettyjä heikommiksi. Se ei kuitenkaan selitä läheskään kokonaan eroa, joka on tämän mallin ja MARACCAS-mallin maksimivähennyspotentiaaleissa. Eri malleissa käytetyt lannankäsittelytiedot poikkeavat myös toisistaan.

Edellä luetelluilla ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi tarkoitetuilla menetelmillä on todennäköisesti myös muita vaikutuksia kuin yksinomaan päästöjen väheneminen ja sitä kautta ympäristövaikutusten väheneminen, sekä vähentämismenetelmien rahallisesti arvioidut kustannukset. Haitallisia vaikutuksia ovat mm. työmäärän (ja kiireen) lisääntyminen, jolla on vaikutuksia muihin maataloustoihin, energian kulutuksen lisääntyminen, maan tiivistyminen ja muiden kaasumaisten yhdisteiden syntyminen ja vapautuminen. Mahdollisia hyödyllisiä vaikutuksia ovat mm. hajuhaittojen väheneminen, joissakin tapauksissa myös vesistökuormituksen väheneminen, eläinten ja niiden hoitajien terveyteen vaikuttavien tekijöiden väheneminen (ammoniakkipitoisuuden aleneminen karjasuojassa). Teoriassa olisi mahdollista myös vähentää väkilannoiteteollisuuden päästöjä, jos haihtumiselta säästettyä typpeä vastaava määrä väkilannoitetyyppeä voitaisiin jättää valmistamatta.

Kustannustietoa olisi todennäköisesti mahdollista tarkentaa edelleen. Kovin tarkkoihin markkamääriin ei kuitenkaan ole syytä eikä ole mahdollistakaan pyrkiä, koska itse haihtumiseen liittyvä tieto on hyvin epätarkkaa, mikä vaikuttaa päästöjen vähentämiskustannusten muodostumiseen. Esitettyjen kustannuslaskelmien tulokset ovat käytännössä vain suuntaa antavia, mutta osoittavat vähentämisen aiheuttamien kustannusten suuruusluokan.

Valtakunnan tasolla tapahtuva tarkastelu antaa hyvin yksioikoisen kuvan päästöjen muodostumisesta ja vähentämismenetelmien vaikutuksista ja kohdentamistarpeesta. Päästöjen vähentämisen ja kustannusten optimoimiseksi olisi tarkastelut päästöjen muodostumisesta tehtävä tilatasolla (vastaavanlaisella päästömallilla) ja etsittävä tilakohtaisesti (tai yhteistyössä muiden tilojen kanssa) sopivimmat ja kustannustehokkaimmat toimenpiteet. Esimerkiksi lannan levitykseen ja multaamiseen liittyvissä ongelmissa olisi naapurien välisellä yhteistyöllä mahdollista etsiä sopivaa ratkaisua paitsi ilmaan pääsevien yhdisteiden vähentämisessä, myös vesiensuojelumielessä.

Ammoniakkipäästömallin kehittäminen edelleen tila- tai aluekohtaiseksi kokonaispäästömalliksi on myös suunnitteilla. Tällainen kokonaispäästömalli olisi työkalu, jolla pystyttäisiin tarkastelemaan yhden tai useamman tilan kaikkia päästöjä samanaikaisesti ja etsimään kustannustehokkaimmat toimenpiteet tilan tai tilojen kokonaispäästöjen vähentämiseksi.

Kirjallisuus

- Amberger, A. 1990. Ammonia emissions during and after land spreading of slurry. Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 126-131.
- Ammonia emissions to air in Western Europe 1994. ECETOC technical report No 62. 195 p.
- Ammoniäkförluster från jordbruket. Förslag till åtgärdsprogram. Jordbruksverket. Rapport 1991:11. Jönköping. 103 s., 4 bilagor.
- Ammoniäkförluster från jordbruket. Möjligheter till och konsekvenser av en minskning av ammoniakutsläppen i södra och västra Götaland med 50 % till år 2000. Jordbruksverket. Rapport 1994:8. Jönköping. 61 s., 6 bilagor.
- Asman, W.A.H. 1992. Ammonia emission in Europe: updated emission and emission variations. National Institute of Public Health and Environmental Protection. 54 p. + 5 app.
- Beauchamp, E.G., Kidd, G.E. & Thurtell, G. 1982. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. Canadian journal of soil sciences. 62: 11-19.
- Bless, H-G. 1991. Ammonia emission after the application of manure in the field. Teoksessa: Nitrogen and environment. International workshop, 9-12 april 1991. Schleswig. Baltic sea environment proceedings. No. 44. Copenhagen. Pp. 28-37.
- Buijsman, E., Maas, H. & Asman, W. 1984. Een gedetailleerde ammoniakemissiekaart van Nederland. Rapport v-84-20. Instituut voor Meteorologie en Oceanografie, Rijksuniversiteit Utrecht. 124 s.
- Buijsman, E., Maas, H. & Asman, W. 1987. Anthropogenic NH₃ emissions in Europe. Atmospheric Environment 21: 1009-1022.
- Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring: hushållning - miljö. Sveriges lantbruksuniversitet, speciella skrifter 41. Uppsala. 69 s. + beräkningsunderlag (23 s.)
- Cowell, D. & ApSimon, H. 1996. The MARACCAS Project. Assessing the potential and cost of ammonia emission abatement in Europe. Imperial College, Centre for Environmental Technology. 43 p.
- De Bode, M.J.C. 1990. Odour and ammonia emissions from manure storage. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 59-66.
- Döhler, H. 1990. Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 132-140.
- Ferm, A., Hytönen, J., Kolari, K.K. & Veijalainen, H. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 320. 77 s.
- Frost, J.P. 1994. Effect of spreading method, application rate and dilution on ammonia volatilization from cattle slurry. Grass and Forage Science 49(4): 391-400.

- Gracey, H.I. 1979. Nutrient content of cattle slurry and losses of nitrogen during storage. *Experimental husbandry* 35:47-51.
- Groenestein, C.M., Oosthoek, J. & van Faassen, H.G. 1993. Microbial processes in deep-litter systems for fattening pigs and emission of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide. Teoksessa: Verstegen, M.W.A., den Hartog, L.A., van Kempen, G.J.M. & Metz, J.H.M. (eds). Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. EAAP Publication No. 69, 1993. Wageningen. Pp. 307-312.
- Grönroos, J. 1993. Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Vähentämismenetelmien arviointitutkimus. Vesi- ja ympäristöhallitus. Sarja A nro 163. Helsinki. 135 s. + 1 liite.
- Haataja, K. 1996. Osahanke 4: Skenaariovaihtoehtojen feasibility-tutkimus. Karjanlannan taloudellinen käyttö. Väli­raportti vuoden 1996 tuloksista. Teoksessa: Karjanlantatutkimuksen tutkimusohjelma. Väli­raportti vuodelta 1996. Helsinki. Ss. 75-91.
- Heimig, D. 1991. Ammoniakemissionen aus Gülle reduzieren. *Umweltmagazin* (10): 30-31.
- Helin, J. 1982. Turkistarhojen aiheuttama ainekuormitus pinta- ja pohjavesiin. Vesihallituksen monistesarja 140. Helsinki. 176 s.
- Ilmaan tulevien ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Ammoniakkityöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö 1991. Työryhmän mietintö 58. Helsinki. 49 s.
- Impiö, P. 1993. Minkin ja siniketun ulosteiden ja virtsan määrä ja niiden ravinnepitoisuus. Vesi- ja ympäristöhallitus. Monistesarja nro 420, osa II. Helsinki.
- Işermann, K. 1991. Ammonia emissions from agriculture as a component of its nitrogen balance and some proposals for their adequate reduction. Teoksessa: Nitrogen and environment. International workshop, 9-12 april 1991. Schleswig. Baltic sea environment proceedings. No. 44. Copenhagen. Pp. 48-97.
- Iversen, K. 1924. Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. *Tidskrift for Planteavl.* 30: 149-168.
- Järvenpää, M., Vanhala, A. & Peltola, A. 1992. Maatalouskoneiden vuokrasuosituksat. Työte­hoseuran maataloustiedote 8/1992 (415). 8 s.
- Järvenpää, M. & Peltonen, M. 1995. Maatalouskoneiden kustannuslaskenta ja konetöiden hinnoittelu. Työte­hoseuran maataloustiedote 6 1995 (458). 6 s.
- Kemppainen, E. 1986. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2/1986. Jokioinen. 102 s. + 1 liite.
- 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163-284.
- 1992. Karjanlanta ja muut eloperäiset lannoitteet. Teoksessa: Heinonen, R. (toim.), Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Porvoo. Ss. 255-294.
- Keränen, S. & Niskanen, R. 1987. Typpilannoituksen vaikutus happamoitumiseen Suomessa. Ympäristöministeriö. Sarja D 30/1987. Helsinki. 64 s.
- Kirchmann, H. 1988. Några principiella skillnader mellan aerob och anaerob nedbrydning av stallgödsel under lagring. Sveriges lantbruksuniversitet. Fakta mark-växter nr 3, 1988.
- Kivivasara, J. 1993. Eestin ammoniakkipäästöt. Ilmatieteen laitos. Ilmanlaatuosasto. Helsinki. 31 s.
- Klaassen, G. 1990. Emissions of ammonia in Europe. IIASA. Working Paper 90-68.
- 1991. Past and future emissions of ammonia in Europe. IIASA. Status Report 91-01. 32 p. + 7 app.
- 1994. Options and costs of controlling ammonia emissions in Europe. *European Review of Agricultural Economics* 21(1994). Pp 219-240.
- Klarenbeek, J.V. & Bruins, M.A. 1990. Ammonia emission after land spreading of animal slurries. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 107-115.
- Klasink, A., Steffens, G. & Kowalewsky, H-H. 1990. Odour and ammonia emissions from grassland and arable land. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 170-176.
- Kotieläinrakennusten perusparantamisen tarve vesiensuojelun kannalta. Maatilahallitus. Helsinki 1991. 28 s. + 5 liit.

- Lannoitteiden myynnin jakautuminen maatalouskeskusalueittain. Kemira Agro Oy. Vuositaitain ilmestyvä lannoitteiden myyntitilasto. Helsinki.
- Lantalatutkimus 1994. Taloudellisia lantalaratkaisuja. Maaseutukeskusten Liitto. Helsinki 1994. 30 s. + 9 liit.
- Lauer, D.A., Bouldin, D.R. & Klausner, S.D. 1976. Ammonia volatilization from dairy manure spread on the soil surface. *Journal of environmental quality* 5(2):134-141.
- Lockyer, D.R., Pain, B.F. & Klarenbeek, J.V. 1989. Ammonia emissions from cattle, pig and poultry wastes applied to pasture. *Environmental pollution* 56: 19-30.
- Lundin, B. 1988. Ammoniakavgång från stallgödsel. Jordbrukstekniska institutet. JTI-rapport 94. Uppsala. 46 s + 1 bilaga.
- Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen otantatiedustelu vuodelta 1991. Julkaisematon.
- Maaseutuelinkeinolain mukaiset rakentamisen ohjekustannukset, MRO E 2. Maa- ja metsätalousministeriön yleiskirje nro 33/97. Annettu 26.2. 1997.
- Maatilaräkisteri. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Maatilatilastollinen vuosikirja. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Maatilojen ympäristönhoito-ohjelmat 1995-1996. Maaseutukeskusten liitto. Helsinki 1997. 15 s.
- Maitotilaneuvonta 1995. Tulostarkkailun tulokset. Maaseutukeskusten liitto. Helsinki. 42 s.
- Mannebeck, H. & Oldenburg, J. 1990. Comparison of the effects of different systems on ammonia emissions. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). *Odour and ammonia emissions from livestock farming*. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 42-49.
- Muck, R.E., Guest, R.W. & Richards, B.K. 1984. Effects of manure storage design on nitrogen conservation. *Agricultural wastes* (10): 205-220.
- Ohje kotieläintalouden ympäristönsuojelusta. Ympäristöministeriö. Luonnos. 1997.
- Oldenburg, J. 1989. Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. KTLB, Darmstadt.
- Oosthoek, J., Kroodsma, W. & Hoeksma, P. 1990. Ammonia emission from dairy and pig housing systems. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). *Odour and ammonia emissions from livestock farming*. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 31-41.
- Pain, B.F., Phillips, V.R., Clarkson, C.R., Klarenbeek, J.V. 1989. Loss of nitrogen through ammonia volatilisation during and following the application of pig or cattle slurry to grassland. *Journal of science of food and agriculture* 47: 1-12.
- Pain, B.F. 1990. Ammonia and odour emissions from slurry applications to land and from grazed pastures. Teoksessa: L'Hermite, P. (edit.) *Treatment and use of sewage sludge and liquid agricultural wastes*. London and New York. Pp. 113-121
- Patni, N.K. & Jui, P.Y. 1991. Nitrogen concentration variability in dairy-cattle slurry stored in farm tanks. *Transactions of the ASAE* 34(2): 609-615.
- Peltonen, M. & Vanhala, A. 1992. Maatalouden työnormit. Kasvintuotannon yleiset työt. Työtehosteuran maataloustiedote 14 1992 (421). 8 s.
- Pipatti, R. 1990. Ammoniakkipäästöt ja -laskeuma Suomessa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia 711. Espoo. 41 s. + 1 liite (3 s.).
- Pipatti, R. 1992. Ammonia emissions in Finland. Teoksessa: Klaassen, G. (ed.) 1992: *Ammonia emissions in Europe: emission coefficients and abatement costs*. Proceedings of a workshop held 4-6 February 1991, IIASA, A-2361 Laxenburg, Austria. Pp. 55-64.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallitus. Sarja A nro 198. Helsinki. 319 s.
- Ryden, J.C., Whitehead, D.C., Lockyer, D.R., Thompson, R.B., Skinner, J.H. & Garwood, E.A. 1987. Ammonia emission from grassland and livestock production systems in the U.K. *Environmental pollution* 48: 173-184.
- Savolainen, I., Tähtinen, M., Wistbacka, M., Pipatti, R. & Lehtilä A. 1996. Happamoittavan laskeuman taloudellinen rajoittaminen vähentämällä päästöjä Suomessa, Virossa ja Venäjällä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita nro 1744. Espoo. 60 s + 2 liit.

- Scholtens, R. & Demmers, T.G.M. 1990. Biofilters and air scrubbers in the Netherlands. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 92-96.
- Sipilä, I. 1992. Karjanlannan käyttötöknäkan kehittäminen. Teoksessa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallitus. Monistasarja, nro 359. Helsinki. Ss. 173-182.
- Skjelhaugen, O.J. 1988. Liquid composting in main and additional storages. Teoksessa: Storing, handling and spreading of manure and municipal waste. Jordbrukstekniska institutet. Rapport 96:1. Uppsala. Theme 2, paper 13.
- Sommer, S.G. 1991. Ammonia volatilization from slurry during storage and in the field. Teoksessa: Nitrogen and environment. International workshop, 9-12 april 1991. Schleswig, Baltic sea environment proceedings. No. 44. Copenhagen. Pp. 17-27.
- Sommer, S.G. & Christensen, B.T. 1990. NH₃-fordampning fra handels- og husdyrgødning. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen. Nr. A7. 48 s.
- Sommer, S.G., Olesen, J.E. & Christensen, B.T. 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. Journal of agricultural science 117: 91-100.
- Svensson, L. 1991. Ammoniakavgång vid lagring av nöt- och svingödsel. Jordbrukstekniska institutet. Meddelande nr 433. Uppsala. 30 s.
- Tarhaajan kalenteri. Ajasto kalenterit. Vuosittain ilmestyvä ammattialan kalenteri. Helsinki.
- Tauriala, J. 1993. Viljelijät ja ympäristö -seurantatutkimus 1992. Elintarviketieto. Helsinki. 58 s. + 2 liit.
- 1994. Eräiden ympäristötoimenpiteiden suorittaminen maataloilla. Elintarviketieto. Helsinki. 36 s.
- Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1990. Suomen meteorologinen vuosikirja, nide 90, osa 1-1990. Ilmatieteen laitos 1991. Helsinki. 125 s.
- Turkki, A. 1995. Maatalouden liiketaloustieteen perusteet. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Monistasarja nro 2. Maatalouden liiketaloustiede. Helsinki. 124 s.
- Vertregt and Rutgers 1990. Ammonia emission from grazing. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 177-183.
- Whitehead, D.C. & Raistrick, N. 1992. Effects of plant material on ammonia volatilization from simulated livestock urine applied to soil. Biology and fertility of soils. 13(2): 92-95.
- Whitehead, D.C., Lockyer, D.R. & Raistrick, N. 1989. Volatilization of ammonia from urea applied to soil: influence of hippuric acid and other constituents of livestock urine. Soil biology and biochemistry 21(6): 803-808.
- Vlassak, K., Bomans, H., Van der Abbel, R. & Leuven, K.U. 1990. Ammonia emission and control after land spreading livestock waste. Teoksessa: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds). Odour and ammonia emissions from livestock farming. Commission of the European Communities. Brussels. Pp. 116-125.

LIITE I. Ruotsalaisen Jordbruksverket'in (Ammoniakförluster från jordbruket 1991) päästötutkimuksessaan käyttämät haihtumistiedot ja tiedot päästöjen vähentämismenetelmistä.

Haihtumispotentiaaleja

Vaihe	Teho
Karjasuoja	
Naudat, kaikki lanta ja virtsa	6 % kokonaistypestä
Siat, kanat, kaikki lanta ja virtsa	10 %
Varastojen täyttäminen	
Naudat, siat: lietelanta	10 %
Varastointi (6 kk)	
Naudat: lietelanta	4 %
Siat: lietelanta	6 %
Naudat, siat, kanat: kuivalanta	20 %
Naudat, siat: virtsa, ei katettu	50 %
katettu	10 %
Levitys (prosenttia ammoniumtyypestä)	
Naudat, siat: lietelanta, ei multausta	50 %
multaus 24 h sis	40 %
multaus 4 h sis.	10 %
Naudat, siat, kanat: kuivalanta, ei mult.	50 %
multaus 24 h sis	40 %
multaus 4 h sis.	10 %
Naudat: virtsa, ei multausta	30 %

Vähentämismenetelmiä ja niiden tehoja (Ammoniakförluster från jordbruket 1991)

Lueteltujen menetelmien tehot perustuvat Ruotsissa ja muissa maissa tehtyihin tutkimuksiin.

Karjasuojassa

Ilmanvaihto ja sen muuttaminen
 Lämpötilan alentaminen (sisäilman, lannan)
 Lannan kuiva-ainepitoisuuden nostaminen
 Lannanpoiston tihentäminen
 Virtsan erotus (tehokkaasti)
 Lantakourujen ja -kanavien huuhtelevaaminen
 Biosuodatus, pesurit

Varastossa

Lietelanta ja virtsa:
 Pinta-alan pienentäminen
 Lantalan täyttäminen alapuolelta (n. 80 %)
 Varovainen sekoittaminen
 Luonnollinen kuorettuma (80 %)
 Tuulisuoja
 Kattaminen kelluvilla katemateriaaleilla: olki (70 %), rypsiöljy (60-70 %), turve (80-99 %), leca-sora (80-99 %), muovikalvo (70-98 %)
 Kattaminen kiinteällä katteella (85-99 %)

Kuivalanta:

Varaston täyttäminen (päältäpäin/altapäin)
 Tuulisuoja
 Peittäminen (ei mainittavaa merkitystä kuin lyhyellä varastointiajalla)

Levityksen yhteydessä ja jälkeen

Levitysajankohta (lämpötila, kosteus, tuuli)
 Maan ominaisuudet (pH, kationinvaihtokapasiteetti, läpäisevyys, lämpötila)
 Lannan ominaisuudet (juoksevuus, kuiva-ainepitoisuus, ammoniumtyppipitoisuus ja kokonaistyppipitoisuus, pH, levitysmäärä)

Lietelanta ja virtsa:

Multaus äestämällä ja kyntämällä, sijoituslevitys
 Laimentaminen ja levitys sadettamalla

Kuivalanta:

Multaus äestämällä tai kyntämällä

Päästöjen vähentäminen lisäaineita käyttämällä
 Hapot, kalsium- ja magnesiumyhdisteet
 Ureaasi-entsyymin toimintaa inhiboivat yhdisteet
 Typen adsorptio esim. turpeeseen, zeoliittiin
 Typen biologinen immobilisointi (orgaanisen aineksen lisääminen)

LIITE 2. MARACCAS mallissa (Cowell ja ApSimon 1997) käytetyt päästöjen vähentämismenetelmien vähentämistehokkuudet.

MARACCAS -mallissa käytetyt tehokkuudet ammoniakkipäästöjen vähentämismenetelmille.

Menetelmä	Tehohaarukka	Käytetty teho
Levitys		
Lietelanta, virtsa		
Korkeatehoinen	20-95 %	70 %
Keskitehoinen	20-80 %	50 %
Matalatehoinen	0-50 %	30 %
Kuivalanta		
Välitön multaus (4 h sis.)	20-90 %	60 %
Varastointi		
Säiliöiden kattaminen tiiviisti	70-90 %	80 %
Keskitehokkaat menet.	50-80 %	60 %
Luonnollinen kuorettuma	0-50 %	30 %
Eläinsuojat		
Naudat		
Kaavinta + huuhtelu	0-50 %	30 %
Siat		
Rakolattiamateriaalin vaihtaminen (betoni -> teräs)	0-20 %	10 %
Virtsakourut lietekanavaan	0-30 %	20 %
Huuhtelu (Lietteellä)	0-60 %	30 %
Biosuodatus	60-90 %	80 %
Siipikarja		
Brolerit (kuivikepohja)		
Pohjan kuivattaminen alakautta		80 %
Pohjan kuivattaminen yläkautta (ilman kierrätys)	60 %	
Nippajuomasysteemit		40 %
Biosuodatus	60-90 %	80 %
Häkkikanat		
Lannan kuivatus hihnalla		60 %
Ruokinnan muutos		
Lihasiat	0-30 %	15 %

LIIITE 3. Eri lähteistä koottua tietoa ammoniakkin haihtumisesta lannankäsittelyvaiheissa ja päästöjä vähentävien menetelmien tehoista.

Kohde/tapa/laji	Lähdeviite	Haihtuu	Estää haihtumista (%)
Karjasuojat (tappio kokonaistypestä laskettuna)			
Siat	Lundin 1988	10 %	
Siat, kaikki lannankäs. muodot	Claesson ja Steineck 1990	12 %	
Naudat	Lundin 1988	5 %	
Naudat, kaikki lannankäs. muodot	Claesson ja Steineck 1990	7 %	
Naudat	Ryden ym. 1987	2-20 %	
Siipikarja	Lundin 1988	5-10 %	
Siipikarja	Claesson ja Steineck 1990	kuivalanta 10 %, lietelanta 3 %	
Tehostettu virtsan erotus tai imeytys	Grönroos 1993		5-30 % (arvio)
Tehostettu pintojen puhdistus, ei huuhtelua	Grönroos 1993		5-15 % (arvio)
Huuhtelu	Heimig 1991		jopa 70 %
Huuhtelu, sikala	Oosthoek ym. 1990		60-70 %
Nautasuojissa haihtuu vähemmän kuin sikasuojissa	Mannebeck ja Oldenburg 1990		
Lypsylehmät, ruokinnan mukauttaminen	Klaassen, 1994		20-25 %
Siat, ruokinnan mukauttaminen	Klaassen, 1994		15 %
Munituskanat, ruokinnan mukauttaminen	Klaassen, 1994		10 %
Muu siipikarja, ruokinnan mukauttaminen	Klaassen, 1994		20 %
Lypsylehmät, muutokset eläinsuojassa	Klaassen, 1994		50 %
Siat, muutokset eläinsuojassa	Klaassen, 1994		65 %
Munituskanat, muutokset eläinsuojassa	Klaassen, 1994		60 %
Muu siipikarja, muutokset eläinsuojassa	Klaassen, 1994		90 %
Sikalat, biosuodatus	Klaassen, 1994		90 %
Siipikarja, biosuodatus	Klaassen, 1994		80 %
Biosuodatus	Scholtens ja Demmers, 1990		>85 %
Pesurit	Scholtens ja Demmers, 1990		>95 %

Kohde/tapa/laji	Lähdeviite	Haihtuu	Estää haihtumista (%)
Varastot (tappio kokonaistypestä laskettuna)			
Sian ja naudän kuivalanta	Lundin 1988	20 %	
Kanan kuivalanta	Lundin 1988	10 %	
Kuivalanta, 4-7 kk	Kirchmann 1988	10-50 %	
Virtsa, avosäiliö	Ammoniäkförluster från... 1991	50 %	
Varastoinnin aikana, naudän liete, 2 kk	Patni ja Jui 1991	4-9 %	
Varastoinnin aikana, naudän liete, 3-6 kk	Gracey 1979	6 %	
Varastoinnin 5 kk aikana, sika- ja nautaliete	De Bode 1990	5-15 %, kesällä päästö 2-3 x talveen verrattuna, sian lietteestä n.2x	
Kuivalanta, normaalitiivis	Claesson ja Steineck 1990	15-30 %	
Kuivalanta, kuohkea	Claesson ja Steineck 1990	50 %	
Virtsa, ei kantta	Claesson ja Steineck 1990	50-75 %	
Virtsa, peitetty säiliö	Claesson ja Steineck 1990	25 %	
Virtsa, tiivis kansi	Claesson ja Steineck 1990	7-8 %	
Lietelanta	Claesson ja Steineck 1990	10 %	
Naudän lietelanta, varaston täyttö pohjalta	Muck ym. 1984	3-8 %	
Naudän lietelanta, varaston täyttö päältä	Muck ym. 1984	29-39 %	
Lietelannan sekoitus	Svensson 1991	Sama kuin koko varast.aik.	
Lietelannan ilmastus	Skjelhaugen 1988	11 %	
Tiivis kansi, kelluva kate	Claesson ja Steineck 1990		70-80 %
Täyttö säiliön alakautta	Muck ym. 1984		85 %
Naudänlietteen luonnoll. kuori	De Bode 1990		40 %, 60-70 % oljella vahvistettuna
Olki	de Bode 1990, Sommer 1990		40-90 %
Rypsiöljy	Sommer 1991		60-70 %
Sian liete, telttamainen kate	De Bode 1990	84-94 % (pienempi luku talvella)	
Sian liete, aaltolevykate	De Bode 1990	54-84 % (pienempi luku talvella)	
Sian liete, kelluva tiivis kate	De Bode 1990	73-94 % (pienempi luku talvella)	
Telttamainen kate	De Bode 1990	71-84 % (pienempi luku talvella)	
Naudän liete, aaltolevykate	De Bode 1990	46-50 % (pienempi luku talvella)	
Naudän liete, kelluva tiivis kate	De Bode 1990		78-86 % (pienempi luku talvella)
Turve	Sommer 1991		85 % (talvi)-99% (kesä)
Leca-sora	Sommer 1991		80 %
Muovikalvo	Sommer 1991		70-98 %
Naudat, suljettu varasto	Klaassen 1994		10 %
Siipikarja, suljettu varasto	Klaassen 1994		80 %

Kohde/tapa/laji	Lähdeviite	Haihtuu	Estää haihtumista (%)
Levitys (tappio ammoniumtyypipitoisuudesta laskettuna jos ei erikseen muuta mainita)			
Kuivalanta, sika ja nauta,	Lundin 1988	2-20 % kokonaistypestä	
Kuivalanta, kana	Lundin 1988	20 % ja yli	
Naudan kuivikelanta	Lauer 1976	60-100 %	
Naudan kuivalanta	Sommer ja Christensen 1990	37-45 %	
Sian- ja kanan kuivikelanta	Sommer ja Christensen 1990	16-28 %	
Kanan kuivikepohjalanta	Lockyer ym. 1989	37 %	
Naudan virtsa, heinänuurmelle	Ryden ym 1987	9-25 % kok. N:stä	
Naudan sonta, heinänuurmelle	Ryden ym. 1987	1-2 % kok. N:stä	
Naudan lietelanta, heinänuurmelle pintalevitys	Ryden 1987	42-84 %	
Hajalevitys, sian ja naudan lietelanta	Vlassak ym. 1990, Amberger 1990, Döhler 1990	30-80 %	
Hajalevitys, naudan lietel.	Sipilä 1992	yli 30 %	
Hajalevitys, naudan lietel.	Sommer 1991	30-50 %	
Hajalev. + multaus äestämällä 8 h sis., naudan lietel.	Sommer 1991	15 %	
Hajalev. + multaus äest. välitt. naudan lietel.	Sommer 1991	5 %.	
Hajalevitys, naudan lietel.	Sommer ym 1991	40-60 %	
Hajalevitys nurmelle sian ja naudan lietelanta	Lockyer ym. 1989	väh. 40 % (40-80 %)	
Hajalevitys	Lundin 1988	3-30 (kok.N:stä)	
Hajalevitys naudan liete	Klarenbeek ja Bruins 1990	42-45 %	
Hajalevitys sian liete	Klarenbeek ja Bruins 1990	53-57 %	
Hajalevitys	Bless 1991	Naudanlannasta suht. enemmän kuin sian	
Naudan lietel mullokselle hajalev.	Beauchamp ym. 1982	24-33 %	
Hajalevitys, naudan lietelanta	Sommer ym. 1991	23 % (kylmä)-35% (lämmin) (12 tunnin sis.)	
Hajalevitys naudan lietelanta	Sommer ja Christensen 1990	30-100 %	
Hajalevitys	Döhler 1990	50 % sianlanta 65 % naudanl.	
Hajalevitys + kyntö välitt. naudanliete	Sommer ja Christensen 1990	17 %	
Hajalevitys naudan ja sianliete keskim.	Bless 1991	66 % 5 pv sis.	
Hajalevitys	Pain ym. 1989	40 % naudanl., 7-62 % sianl.	
Hajalevitys, naudan lietel.	Döhler 1990	40-60 %	
Sijoitus, naudan .lietel.	Döhler 1990	1-2 %	
Lietelanta, sijoitus	Sommer ja Christensen 1990	<17 %	
Virtsan levitys nurmelle	Whitehead ja Raistrick 1992	39 %	

Kohde/tapa/laji	Lähdeviite	Haihtuu	Estää haihtumista (%)
Levitys (tappio ammoniumtyypipitoisuudesta laskettuna jos ei erikseen muuta mainita), jatkoa.			
Virtsan levitys paljaalle maalle (mullokselle)	Whitehead ja Raistrick 1992	23 %	
Naudan kuivalanta, välitön multaus äestämällä	Sommer ja Christensen 1990		70 %
Letskulevitys, naudan lietel.	Döhler 1990		n. 30 %
Multaus äestämällä välitt	Bless 1991		70-80 %
Multaus äestämällä 8 h jälk	Bless 1991		n. 30 %
Levitys sijoittamalla	Klarenbeek ja Bruins 1990		väh. 90 %
Sadetus tai luonnoll. sade (10 mm) levit. jälkeen	Klarenbeek ja Bruins 1990		sianlanta 70 %, naudanl. 80 %
Lannan laimentaminen (lanta 1 vesi 3)	Klarenbeek ja Bruins 1990		sianlanta 50 %, naudanl. 70 %
Lannan laimentaminen (puoleen tai enemmän)	Döhler 1990		25-50 %
Lannan hajalevitys+kyntö 6 h sis. tai äestys 3 h sis.	Klarenbeek ja Bruins 1990		50 %
Letskulevitys kasvustoon hajalev. verrattuna	Bless 1991		Väh. 50 %
Hajalev. jälkeen välitön multaus äestämällä	Sommer ja Christensen 1990		70 % naudan kuivalanta
Hajalev. naudan lietel + välitön äestys	Sipilä 1992		väh. 20 %
Naudan lietelanta, nurmisänkeen, letkulevitys	Frost 1994		60 %
Naudan lietelanta, nurmisänkeen, matalasijoitus	Frost 1994		Väh. 90 %
Naudat, siipikarja: vähäpäästöiset levitysmenetelmät (sijoitus, nopea multaus kyntämällä jne)	Klaassen 1994		90 %
Lietelantamenetelmä vs. laidunnus	Pain 1990		Tavanomaisesta lietelantaketjusta karjasuoja-varasto-levitys päästöt saattavat olla jopa kymmenkertaiset laidunpäästöihin verrattuna.
Virtsan levitys nurmelle	Ryden ym. 1987	6-21 % tot N:stä	
Naudan lietelanta, levitys nurmelle	Ryden ym. 1987	42-84 % NH ₄ -N:stä	
Virtsa, levitys nurmelle	Whitehead ym. 1989	n. 25 % tot N:stä	
Virtsa, levitys nurmelle	Ryden ym. 1987	9-25 % tot N:stä	
Sonta, levitys nurmelle	Ryden ym. 1987	1-2 % tot N:stä	
Hiekkapohjainen laidun	Vertregt ja Rutgers 1990	virtsasta max 10 % NH ₄ -N:stä	

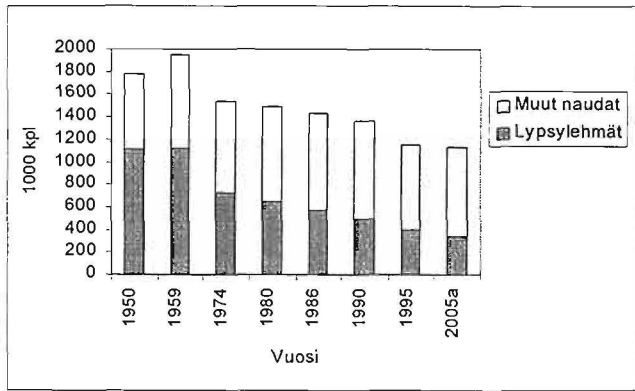
Isermann (1991) on listannut lisää. Jos lietelantaa levitetään sängelle, tyypeä haihtuu hyvin paljon. Jos sängellä on lisäksi olkea, haihtuu vielä enemmän.

Naudanlannasta haihtuu sianlantaa enemmän (lietelanta). Saman toteaa selvästi myös Döhler (1990). Tämä otettu mallissa huomioon siten, että lietelannan ja virtsan ammoniumtyyppistä haihtuu sängelle levityksen jälkeen jos mitään ei tehdä yhtä paljon kuin jos olisi levitetty kasvustoon (syy: haihtumispinta-alan suureneminen ja maahanimeytymisen hidastuminen verrattuna mullokseseen).

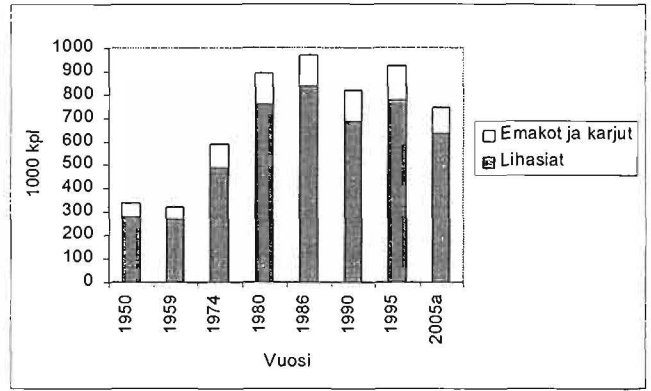
Ammoniakin haihtuminen eri lantajien levityksen yhteydessä ja käytettäessä eri levitysmenetelmiä. Prosenttia lannan ammoniumtypestä. Pienempi luku keväällä ja loppusyksyllä, suurempi luku kesällä. (Claesson & Steineck 1990.)

	Ei multausta	Multaus 1-2h sis	Multaus 12 h sis	Levitys kasvustoon
Virtsan hajalevitys	80 %	30-40 %	60-80 %	50 %
Lietelannan hajalev.	20 %	10-15 %	10-30 %	50 %
Kuivalannan hajalev.	20 %	10-15 %	10-30 %	50 %
Virtsan letkulevitys	80 %	25-35 %	55-70 %	30 %
Lietelannan letkulev.	-	5-10 %	10-20 %	35 %
Virtsan sijoituslevitys	syvään 5-10 %, matalaan 15-20 %			
Lietelannan sijoituslev.	syvään 1-3 %, matalaan 3-5 %			

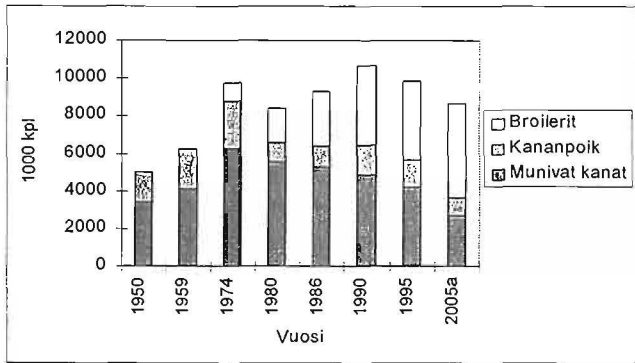
LIITE 4. Muutokset eläinmäärissä ja väkilannoitetyypen käytössä v. 1950-2005 .



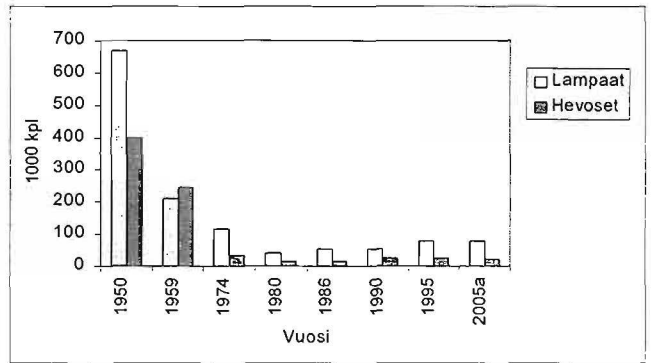
Naudat



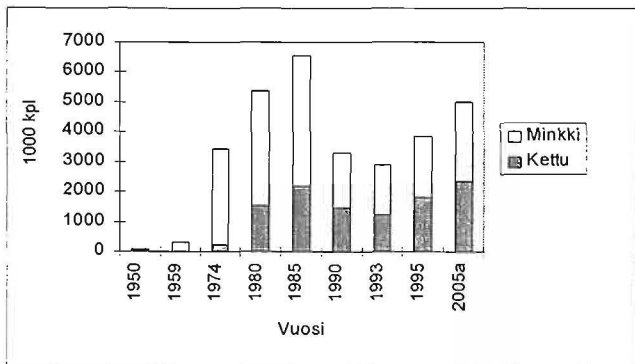
Siat



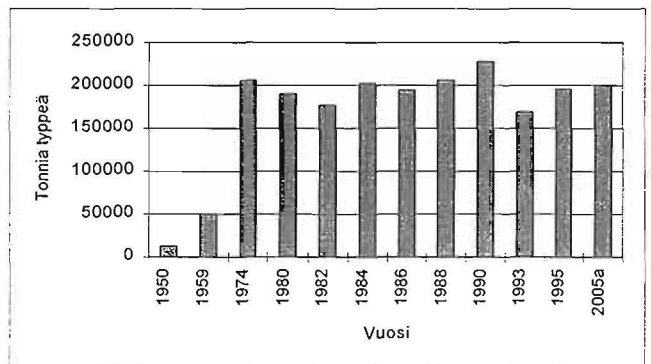
Siipikarja



Lampaat ja hevoset



Turkiseläimet



Väkilannoitetyypen käyttö

LIITE 5. KOTIELÄINTEN RUOKINNASSA, TUOTOSTASOISSA JA LANNANKÄSITTELYSSÄ TAPAHTUNEITA MUUTOKSIA VUODESTA 1950

Karjantarkkailutilojen nautojen ruokinnasta, rehunkulutuksesta ja tuotoksista on tietoa kerätty jo vuosisadan alkupuolelta lähtien. Sen sijaan lannan ravinteista eri eläimillä ja eri aikakausina on niukasti tietoja ja pääosin vain yksittäisistä ruokintakokeista. Karjatilat ovat alkaneet vasta ympäristötuen ehtojen pakottamana laajemmassa mitassa analysoida lantoja. Ns. lannan ravinteiden taulukkoarvoja on ollut käytössä jo pitkään, mutta arvot perustuvat hyvin suppeisiin aineistoihin.

Ruokinnassa tapahtuneet muutokset ja sen vaikutukset lannan ravinteisiin on seuraavassa tarkasteltu käyttäen pohjana sovellettuna ja yhteensovitettuna karjantarkkailuaineistoja, virallisia maataloustilastoja, Maaseutukeskusten Liiton RUSU-laskelmia, joilla on voitu laskea eri aikakausina niiden aikojen rehumäärillä ruokinnan typpi- ja fosforiylijäämät, sekä kotieläinneuvonnan ja -tutkimuksen sekä rehuteollisuuden asiantuntijoiden suullisia ja kirjallisia lausuntoja aiheesta. Vuosi 1995 on valittu perusvuodeksi. Eri eläinten lannan ravinteet ko. vuonna on otettu ympäristöministeriön kotieläintalouden ympäristönsuojeluohjeluonnoksesta. Lannan ravinnetaulukon sisällön ovat kotieläinasiantuntijat hyväksyneet.

Lannan käsittelyjärjestelmien muutoksista on paljon vähemmän tietoa kuin ruokinnan historiasta. Lannankäsittelyjärjestelmistä ja lantavarastojen koosta on kerätty tietoa suppeilla otannoilla tai vesistökohtaisten selvitysten yhteydessä. Ensimmäinen tarkempi ja kattava kuva Suomen lantaloista saadaan, kun ympäristöhoito-ohjelmien yhteenveto valmistuu vuonna 1998. Lantavarastojen laajentamista ja kunnostamista valtio on tukenut vuodesta 1989. Vuoden 1997 kesäkuuhun mennessä yli 12 000 lantalaa oli saatu kunnostettua yhteiskunnan avustuksella.

Lypsylehmät

Vuodesta 1950 lähtien lypsylehmien vuotuinen maitotuotos ja rehunkulutus on lisääntynyt seuraavasti:

Vuosi	Maitotuotos kg/lehmä/v			
	Kaikki lehmät	Tarkkailu lehmät	Rehun kulutus ry/lehmä (Tark.)	Elo-paino, kg (Tark.)
1950	2429	3275	2441	393
1955		3403	2558	
56-60	2773			
1960	3116	3792	2867	405
61-65	3116			
1965		4224		414
66-70	3421			
1970	3406	4660	3361	429
71-75	3877			
1975	3997	5041	3462	453
76-80	4295			
1980	4478	5580	3870	473
1985	4812	5680	4092	491
1990	5547	6445	4434	503
1995	6308	6923	4737	527

Rehunkulutusluvut on ilmoitettu vanhan rehuarvojärjestelmän mukaisesti. Uuden, vuonna 1995 käyttöön otetun järjestelmän mukainen rehunkulutusluku vuonna 1995 oli 5357 ry.

Karjantarkkailuun kuului v. 1950 noin neljännes lypsylehmistä ja v. 95 noin 70 %. Tarkkailutiloilla keskituotokset ovat olleet selvästi korkeammat kuin tarkkailuun kuulumattomilla. Rehun kulutustietoja on vain tarkkailutiloilta, joilla ruokinta on todennäköisesti ollut runsaampaa ja eläinaines parempi kuin muilla tiloilla. 45 vuodessa lehmien keskituotos on yli kaksinkertaistunut ja rehun kulutus lähes kaksinkertaistunut.

Maidonlähettäjiä oli vuonna 1950 lähes 176000. 1960-luvulla maitoa tuotettiin enimmillään yli 240 000 tilalla. Tämän jälkeen maidontuottajien määrä on supistunut nopeasti: vuonna 1975 n. 127 000, vuonna 1980 n. 91 000, vuonna 1985 n. 65 000, vuonna 1990 n. 45 000 ja vuonna 1995 n. 32 000. Tiloista, joilla 1960-luvulla oli lehmiä, vain n. 13 % lähetti vuonna 1995 yhä maitoa meijeriin.

Rehusuhteissa tapahtuneet muutokset

1950- ja 1960-luvuilla perusrehuina olivat rehuvilja, kuivaheinä ja laidun. 1950-luvulla lannoitteita käytettiin pelloilla hyvin vähän. Viljan hehtaarisadot olivat reilusti alle 2000 kg/ha. 1960-luvulla tuo raja ylitettiin niukasti. Säilörehun valmistus yleistyi 1970-luvulla ja vuosikymmenen lopulla säilörehu ohitti kuivan heinän käytön rehuyksiköissä mitattuna. Lannoituksen ja varhaisen korjuun myötä myös säilörehun valkuaispitoisuus on noussut. Rehuviljan hehtaarisadot ylittivät v. 1983 ensimmäisen kerran 3000 kg. 1980-luvulla säilörehun merkitys edelleen kasvoi ja kuivan heinän käyttö väheni. Väkirehun ja laitumen suhteelliset osuudet ruokinnassa pysyivät suunnilleen ennallaan. Väkirehussa lisääntyi kaupallisten täysrehujen käyttö mutta myös valkuaisiivisteiden käyttö rehuviljan kanssa. 1990-luvulla väkirehujen ja säilörehun määrällinen ja suhteellinen osuus lypsykarjojen rehuissa on noussut. Jos tiloilla tehdään esikuivattua säilörehua, kuivaa heinää ei ole tarvetta käyttää lainkaan. Muillakin säilörehutiloilla kuivan heinän osuus ruokinnassa alkaa olla nimellinen. Laitumelta lypsylehmä saa keskimäärin viidenneksen ravinnontarpeestaan rehuyksikköinä mitattuna. 1970-luvun alussa lehmät saivat laitumelta noin kolmanneksen vuotuisesta ravinnostaan.

Tulevaisuudessa viljan ja valkuaisrehujen markkinahinnat ja säilörehun valmistuksen kustannukset ratkaisevat, miten lypsylehmien rehuannos kannattaa rakentaa. Tukipolitiikalla voidaan jonkin verran vaikuttaa hintasuhteisiin. Väkirehua ja karkearehua lehmä tarvitsee säilyäkseen tuotantokykyisenä, mutta nämä rehusuhteet voivat vaihdella 20-80 %-yksikön välillä.

Typpilannoituksen kehitys

Typpilannoituksen lisääntyessä lisääntyy myös rehujen valkuaispitoisuus, millä on vaikutus eläinten lannassa erittyvän typen määrään.

Väkilannoitteissa on tyypeä tullut peltoon vuodesta 1950 keskimäärin seuraavasti:

1950	5.5 kg/ha,	1955	12.4 kg/ha
1960	23.1 ”	1965	32.7 ”
1970	58.3 ”	1975	85.8 ”
1980	83.3 ”	1985	88.9 ”
1990	111 ”	1995	92.3 ”

Lannan typen määrissä tapahtuneet muutokset

Lypsylehmän lannassa erittämä typpimäärä oli vuonna 1995 noin kaksi kertaa niin suuri kuin vuonna 1950. Lannan typpimäärä on laskusuunnassa, koska valkuaisruokintaa on kehitetty ja myös otettu tiloilla käyttöön. Tuotosten kärsimättä ja ilman huomattavia rehusuhteen muutoksia lannan typpimäärä voi pudota vielä noin 10-20 %. Rehuannoksen voimakas väkirehuvältaistuminen on uhka tälle tavoitteelle. Valkuaisen hyväksikäyttö huononisi ja lannan typpipitoisuus nousi.

Lannan käsittelyn muutokset

Lietelantalat yleistyivät navetoissa 1970-luvulla. 1970-luvulle asti navetoissa käytettiin paljon kuivikkeita, jolloin virtsa saatiin pääosin imeytettyä kuivikkeisiin. Erilliset virtsasäiliöt olivat pieniä ja niitä jouduttiin tyhjentämään usein myöskin talvella. Kuivikelantaa ajettiin talven aikana pellolle kasoihin, joista lanta levitettiin talikolla. Lantaa ajettiin myös kesantopelloille ja syksyllä kynnon alle.

Nurmien osuus pellon käytöstä oli 1950- ja 1960-luvuilla yli 50 %. Koska tilat olivat pieniä, kynnettävää ja muokattavaa alaa tilaa kohti oli vähän. Nurmiseokissa oli nykyistä enemmän apilaa, jolloin savimaillakin maan typpitaso oli jonkinlainen vaikka lannassa ei kasvien tarvitsemana aikana enää typpeä sanottavammin ollutkaan. Maan rakenne oli tuolloin hyvä. Laitumella naudat hoitivat itse lannoituksen. Runsas kuivikkeiden käyttö mahdollisti kompostoitumisen, jolloin typpeä menetettiin ilmaan.

Lannan ravinteiden säilyttämiseen kiinnitettiin kuitenkin huomiota niin kauan kuin väkilannoitteita ei ollut saatavilla. Lannoitteiden käytön yleistyessä lannan ravinteet jäivät vähemmälle huomiolle tai unohdettiin kokonaan. Lannan varastoinnin ja levityksen aikaisiin hävikkeihin vesiensuojelumielessä ruvettiin kiinnittämään enemmän huomiota vasta 1980-luvulla. Lannankäsittelyn ilmapäästöt ovat nousseet esille vasta viime vuosina.

Lannankäsittelytapojen muutoksen tarkkoja vaikutuksia päästöihin voidaan vain arvioida. 1950- ja 1960-luvuilla oli nykyiseen verrattuna moninkertainen määrä lypsykarjatilajoja. Päästölähteitä oli siten paljon ja samalla paljon haihtumiselle altista lantapintaa. Lannan multauksessa oli nykyistä pidempi viive. Todennäköisesti yli 50 % lannan typestä haihtui ilmaan sen jälkeen kun se oli erittynyt lehmästä. Lietelantatiloilla oli 1970- ja 1980-luvuilla lannan talvilevitys hyvin tavallista, mikä vauhditti karjatilojen lähivesien rehevöitymistä.

Lihanaudat

Lihanautojen teuraspainot ovat nousseet huomattavasti 1970-luvulta lähtien. Samalla ruokinta on tehostunut. Säilörehu on tullut rehuannokseen mukaan ja väkirehujen määrällinen ja suhteellinen osuus on kasvanut. Eri ikäisille naudoille on omia täysrehuja.

Hiehojen laidunkausi on ollut lypsylehmiä pidempi. Yli puolivuotisia sonneja ei yleensä pidetä laitumilla. Aiemmin tilalla syntyvät naudat pidettiin tilalla teurastukseen asti. Lypsykarjatilat pitivät itsellään yhä useammin vain uudistukseen tarvittavat lehmävasikat. Sonnivasikat ja huonompient lehmien lehmävasikat menevät erikoistuneille lihakarjatilaille. Lannankäsittelyratkaisuuina ovat olleet viime vuosina tavallisesti joko lietelanta tai kuivikepohja. Naudanlihan tuotannon heikko kannattavuus ajaa säästöihin rakentamiskustannuksissa. Uudet nautakasvattomat ovat pääosin kylmäkasvattamoita.

Lihanaudoilla ja hiehoilla lannan tyypessä tapahtuneet muutokset ovat olleet samansuuntaisia mutta ei niin suuria kuin lypsylehmillä.

Siat

Lihaskojen rehuhyötysuhde ja kasvunopeudet ovat kehittyneet seuraavasti:

	1960	1996
rehuhyötysuhde, ry/kg	3,23	2.56
kasvunopeus, g/pv	700	969

1950-luvulla kantakoesikojen tulokset olivat lähes vuoden 1960 tasoa. Lihaskaa kohden kuluu nyt yli 50 ry vähemmän rehua ja kasvatusaika on lyhentynyt kuukaudella. Sikapaikkaa kohden kierto on nopeutunut, mutta sikapaikkaa kohden rehua kuluu suunnilleen saman verran. Samoin lantamäärissä sikapaikkaa kohden ei suuria muutoksia ole tapahtunut.

Siat kasvoivat 1950- ja 1960-luvuilla viljalla ja kotitaloudesta ja muusta kotieläintaloudesta saaduilla jätteillä. Valkuaistivisteet ja täysrehut alkoivat yleistyä 1970-luvulta lähtien. 1980-luvulta lähtien on ollut saatavilla alkukasvatus- ja loppukasvatusrehuja, joissa on erilainen valkuaispitoisuus.

Lannan typpipitoisuus oli 1980-luvulla noin 20 % korkeampi kuin mitä se oli 1995. Vaiheruokinnan yleistyminen ja puhtaiden aminohappojen käyttö rehussa ovat alentaneet lannan typpipitoisuuksia. Tuotannon kärsimättä voidaan täsmäruokinnalla vähentää ammoniakkipäästöjä lähivuosina vielä 20 %:lla.

Ensimmäiset lietalantalat rakennettiin 1960-luvulla. Lietalantalat yleistyivät nopeasti 1970-luvulla ja niistä tuli vähitellen uusien lihasikaloiden yleisin lannan käsittelymuoto. Lannan talvilevitys oli varsin yleistä 1990-luvun alkuun asti. Levitysmääriinkin ei noina aikoina kiinnitetty sellaista huomiota kuin EU-aikana. Oikein suunniteltuna ja käytettynä lietalantajärjestelmän päästöt ovat pienempiä kuin kuivalantajärjestelmässä. 1970- ja 1980-luvuilla tilanne oli päinvastoin.

Emakoilla rehuhyötysuhteen muutokset ovat olleet pienempiä kuin lihasioilla. Pahnuekoossa ei ole tapahtunut suuria muutoksia. Lannankäsittelyratkaisuihin muutokset ovat myös olleet pienempiä. Emakkosikaloihin lietalantajärjestelmää ei ole suositeltu eikä se ole päässyt yleistymään niin kuin lihasikaloihin ja nautatiloilla. Emakoiden lannan typpipitoisuus on laskenut jonkin verran 1980-luvun huippuvuosista ja suunta on edelleen laskeva.

Siipikarja

Kanoilla rehuhyötysuhde ja munintatulokset ovat parantuneet tasaisesti 1960-luvulta lähtien. Häkkikanalat syrjäyttivät lattiakanalat 1970-luvulla. Iän mukainen vaiheruokinta on ollut jo pitkään käytössä. Kanan lantaan tuleva typpimäärä on lähes puolittunut siitä, mitä se oli 1960-luvulla.

Häkkikanalan lannassa ei ole kuivikkeita, jos niitä ei erikseen siihen sekoiteta. Kun paljas kananlanta on hyvin typpipitoista, mahdollisuus ammoniakkin haihtumiseen on erityisen suuri, jos lantaa ei peitetä varastossa. Lattiakanaloissa typpi voidaan sitoa runsaastiin kuivikkeisiin, jossa huomattavana osana on hyvin ammoniakkia sitovaa turvetta. Turvepehkukautena kanalassa, varastoinnissa ja levityksessä päästöt olivat oletettavasti selvästi pienemmät kuin häkkikautena.

Broilieren kasvatus alkoi 1960-luvulla. Broilereiden teuraspaino on kasvanut, rehuhyötysuhde on parantunut ja kasvatusaika lyhentynyt. Kehitys on ollut lihasikojakin nopeampaa. Broileripaikkaa kohden lannan tyyppiä muodostuu nykypäivänä noin kolmanneksen vähemmän kuin tuotannon ensi vuosikymmenenä.

Broilereita on kasvatettu koko ajan turvepohjalla, joten lannan käsittelyta-voissa ei ole tapahtunut muutoksia

LIITE 6. Kustannuslaskelmissa käytetyt kustannukset (taulukko A), tilojen lukumäärät päätuotantosuunnan ja lannankäsittelyjärjestelmän mukaan jaoteltuna (taulukko B) ja lantavarastojen keskimääräiset koot eläinryhmittäin ja lantalajeittain (taulukko C).

Taulukko A. Kustannuslaskelmissa käytetyt kustannukset.

MENETELMÄ	YKSIKKÖKUSTANNUS (mk/karjasuoja tai mk/lantavarasto tai mk/peltolohko)			
	Naudat	Siat	Kanat	Lampaat, hevoset
KARJASUOJA				
Parannettu				
puhtaanapito	5000	5000		5000
Huuhtelu	15000	30000		
Tihennetty lannapoisto	5000	5000		5000
Suodatus	20000	20000	20000	20000
Kuivikepohjan kuivatus alakautta				30000
Lannan hihnakuivaus				13200
Nippajuomakupit				1600
Ilman kierrätys karjasuojaissa (kuivikepohjan kuivattaminen)				5000
VARASTOINTI				
Lanta varastoon alakautta				
-kuivalanta	2600	2600	2600	2600
-lietelanta	1300	1300	1300	
Tiivis kate, lietelanta	1900	2600	1200	
Puolitiivis kate, lietelanta	1000	1400	630	
Kuivalannan peittäminen	690	1100	370	300, 500
Varovainen ilmastus	0	0	0	
LEVITYS MULLOKSELLE				
Kyntö < 4 h	119	119	119	119
Kyntö 4-12	98	98	98	98
Kyntö > 12 h	77	77	77	77
Äestys < 4 h	31	31	31	31
Äestys 4-12 h	25	25	25	25
Äestys > 12 h	20	20	20	20
Hajalevitys, lietel.	330	165	124	
Hajalev. kuival.	987	493	247	370, 740
Hajalev. virtsa	248	330		
Sijoituslevitys, virtsa	625	833		
Letkulevitys, virtsa	816	1088		
Sijoituslevitys, lietel.	833	416		312
Letkulevitys, lietel.	1088	544		408
LEVITYS KASVUSTOON				
Hajalevitys, lietel.	330	165	124	
Hajalev. kuival.	987	493	247	370, 740
Hajalev. virtsa	248	330		
Sijoituslevitys, lietel.	874	437	328	
Letkulevitys, lietel.	1088	544	408	
Sijoituslevitys, virtsa	655	874		
Letkulevitys, virtsa	816	1088		
jatkuu...				

MENETELMÄ	YKSIKÖKUSTANNUS (mk/karjasuoja tai mk/lantavarasto tai mk/peltolohko)			
	Naudat	Siat	Kanat	Lampaat, hevoset
jatkoa ed. sivulta				
LEVITYS SÄNKEEN				
Hajalevitys, lietel.	330	165	124	
Hajalev. kuival.	987	493	247	370,740
Hajalev. virtsa	248	330		
Kyntö < 4 h	119	119	119	119
Kyntö 4-12 h	98	98	98	98
Kyntö > 12 h	77	77	77	77
Äestys < 4 h	31	31	31	31
Äestys 4-12 h	25	25	25	25
Äestys > 12 h	20	20	20	20
Sijoituslevitys, lietel.	874	437	328	
Letkulevitys, lietel.	1088	544	408	
Sijoituslevitys, virtsa	655	874		
Letkulevitys, virtsa	816	1088		

Taulukko B. Tilojen määrä päätuotantosuunnan ja lannankäsittelyjärjestelmän mukaan jaoteltuna. Tilojen määrä yhteensä: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus: tilaluku tuotantosuunnan mukaan 15.5.1995.

Eläinryhmä	Tiloja yhteensä	Lietel.	Kuivikep.	Kuivikel.	Kuival.
Nautatilat	41874	17103	2477	11147	11147
Sikatilat	6249	3556	135	1279	1279
Siipikarjatilat	2239	29	1105	1105	
Lammastilat	1358		1222	136	
Hevostilat	2025		810	1215	

Taulukko C. Keskimääräiset lantavarastokoot eläinryhmittäin ja lantatyypeittäin (m³).

Eläinryhmä	Lietelantalat	Kuivalantalat	Virtsasäiliöt
Naudat	325	225	80
Siat	345	275	170
Munituskanat	60	130	
Lampaat		60	
Hevoset		130	

Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika Huhtikuu 1998
Tekijä(t)	Juha Grönroos, Antero Nikander, Sanna Syri, Seppo Rekolainen ja Marko Ekqvist	
Julkaisun nimi	Maatalouden ammoniakkipäästöt	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Osa 1: Päästöt ja niiden kehittyminen Osa 2: Päästöjen vähentäminen ja vähentämiskustannukset	
Tiivistelmä	<p>Raportissa selostetaan Suomen ympäristökeskuksessa kehitetyn maatalouden ammoniakkipäästöjen arviointimallin toimintaperiaatteita ja mallin antamia tuloksia. Päästötarkasteluissa on tarkasteltu vuoden 1995 ja aikaisempien vuosien päästöjä sekä tehty päästöskenaarioita vuodelle 2005. Maatalouden ammoniakkipäästöjen on arvioitu olleen vuonna 1995 noin 31,2 kt, mikä oli noin 90 % maan kokonaisammoniakkipäästöistä.</p> <p>Päästötarkastelut voidaan tehdä paitsi valtakunnan tasolla, myös kuntatasolla. Mallia varten on kerätty kunnittaisten kotieläinmäärien lisäksi tietoa lannankäsittelymenetelmistä valtakunnan tasolla sekä kirjallisuudesta ammoniakkin haihtumiseen liittyvää tietoa eri lannankäsittelyvaiheissa ja lantaa eri tavalla käsiteltäessä. Tulosten mukaan maatalouden aiheuttamat ammoniakkipäästöt tulevat hieman alenemaan vuoteen 2005 vuoden 1995 tasosta, mikä pääosin johtuu kotieläinten määrien vähenemisestä.</p> <p>Päästöarvioiden lisäksi on laskettu päästöjen vähentämisestä aiheutuvia kustannuksia. Tätä varten päästömalliin on kytketty kustannusosa, jota varten on laskettu erilaisten päästöjä vähentävien menetelmien ja laitteiden vuotuisia investointi- ja käyttökustannuksia. Kustannuslaskelmien mukaan päästöjen vähentäminen valtakunnan tasolla n. 20-30% maksaisi vielä alle 15 000 mk haihtumiselta estettyä ammoniakkitonnia kohti, mutta tämän jälkeen kustannukset kasvaisivat hyvin nopeasti vähentämistehon kasvaessa. Maksimivähennystason arvioidaan olevan kotieläintaloudessa noin 50% vuoden 1995 tilanteesta laskettuna.</p>	
Asiasanat	Ammoniakki, maatalous, kotieläintalous, karjanlanta, typpi, päästöt, vähentäminen, vähentämiskustannukset, ilmansuojelu	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 206	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Lannan käsittelymenetelmät ja maatalouden ilmapäästöt (XC 924)	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Suomen ympäristökeskus	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0283-7
	Sivuja 65	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta 66 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Suomen ympäristökeskuksen asiakaspalvelu puh. (09) 4030 0100 fax. (09) 4030 0190 sähköposti: neuvonta.syke@vyh.fi	Oy Edita Ab Asiakaspalvelu puh. (09) 566 0266 fax. (09) 566 0380
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus	
Painopaikka ja -aika	Oy Edita Ab, Helsinki 1998	

Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum April 1998
Författare	Juha Grönroos, Antero Nikander, Sanna Syri, Seppo Rekolainen och Marko Ekqvist	
Publikationens titel	Maatalouden ammoniakkipäästö (Ammoniakutsläpp från lantbruk i Finland)	
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Del 1: Utsläpps beräkning Del 2: Reducering av utsläpp och reduceringskostnader	
Sammandrag	<p>Rapporten beskriver principen och resultat av en värderingsmodell över ammoniakutsläpp från lantbruk som utvecklats vid Finlands miljöcentral. I rapporten har utsläpp från år 1995 och tidigare betraktats och det har beräknats utsläppsscenario för år 2005. Utsläppet av ammoniak från lantbruk beräknades år 1995 vara 31,2 kt, vilket utgjorde ca. 90 % av landets totalutsläpp.</p> <p>Utsläppsbetraktelserna kan förutom på riksnivå göras även på kommunnivå. För modellen har data samlats över antal husdjur på kommunal nivå och över gödselbehandlingsmetoder på riksnivå. Dessutom har uppgifter om avdunstning av ammoniak för olika gödselbehandlingsskeden och -metoder sökts från litteraturen. Enligt resultaten kommer ammoniakutsläppen från lantbruk att något minska från år 1995 till år 2005, vilket främst beror på reducerat antal husdjur.</p> <p>Förutom utsläppsberäkningar har även kalkyleringar över kostnader för minskning av utsläpp gjorts. För detta ändamål har till utsläppsmodellen kopplats en kostnadsdel, för vilken årliga investerings- och brukskostnader på olika utsläppsreduceringsmetoder och -utrustning kalkylerats. Enligt kostnadskalkylerna skulle en reducering av utsläppen med 20-30 % på riksnivå kosta under 15 000 mk per ton ammoniak, men en ytterligare reducering ökar kostnaderna brant. Maximireduceringsnivån beräknas vara ca. 50 % för djurhållning från utsläppsnivån år 1995, men det skulle kosta ca. 100 000 mk per ton ammoniak.</p>	
Nyckelord	Ammoniak, lantbruk, djurhållning, gödsel, kväve, utsläpp, reducering, reduceringskostnader, luftvård	
Publikationsserie och nummer	Suomen ympäristö 206 (Miljön i Finland 206)	
Publikationens tema	Miljövärd	
Projektets namn och nummer	Gödselhanteringsmetoder och luftutsläpp från lantbruk (XC 924)	
Finansiär/ uppdragsgivare	Finlands miljöministeriet, Finlands miljöcentral	
Organisationer i projektgruppen	Finlands miljöcentral	
	ISSN	ISBN
	1238-7312	952-11-0283-7
	Sidantal	Språk
	65	finska
	Offentlighet	Pris
	offentlig	66 mk
Beställningar/ distribution	Finlands miljöcentral kundservice e-mail: neuvonta.syke@vyh.fi telefax (09) 4030 0100, tel. (09) 4030 0190	Oy Edita Ab tel. (09) 566 0226 telefax (09) 566 0380
Förläggare	Finlands miljöcentral	
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Oy Edita Ab, Helsinki 1998	

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date April 1998
Author(s)	Juha Grönroos, Antero Nikander, Sanna Syri, Seppo Rekolainen and Marko Ekqvist	
Title of publication	Maatalouden ammoniakkipäästöt (Agricultural ammonia emissions in Finland)	
Parts of publication/ other project publications	Part 1: Emission assessment Part 2: Emission reduction and reduction costs	
Abstract	<p>This paper presents ammonia emissions from agriculture in Finland assessed by an ammonia emission model developed in the Finnish Environment Institute. Emission estimates have been made for the period 1950 - 1995. Emission scenarios for the year 2005 has been made as well. Ammonia emissions from agriculture in 1995 were assessed to have been about 31.2kt, which were about 90 % of total ammonia emissions in Finland.</p> <p>Using the model, emission estimates can be done at national and/or at municipality level. Data about animal numbers and manure management practices have been collected as input for the emission model. Information about emissions from different stages of manure handling chain and reduction measures of ammonia emissions has been collected, too.</p> <p>Emission abatement costs have been calculated using data on investment and operating costs of various management options. The cost module has linked to the emission model. According to the cost calculations - at a national level - emission reduction by 20-30 % would cost about 15 000 FIM per one tonne ammonia reduced. Maximum technically feasible abatement rate would be about 50 %, but it would cost about 1.5 billion FIM annually, about 100 000 FIM per one tonne ammonia reduced.</p>	
Keywords	Ammonia, agriculture, livestock farming, manure, nitrogen, air emission, emission reduction, air protection	
Publication series and number	Suomen ympäristö 206 (The Finnish Environment 206)	
Theme of publication	Environmental Protection	
Project name and number, if any	Manure handling methods and air emissions in agriculture (XC 924)	
Financier/ commissioner	Finnish Ministry of Environment, Finnish Environment Institute	
Project organization	Finnish Environment Institute	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0283-7
	No. of page 65	Language finnish
	Restrictions public	Price 66 FIM
For sale at/ distributor	Finnish Environment Institute tel. + 358 9 4030 0100, telefax + 358 9 4030 0190 P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland customer cervice e-mail: neuvonta.syke@vyh.fi	Edita Ltd, tel. + 358 9 566 022 telefax + 358 9 566 0380
Financier of publication	Finnish Environment Institute	
Printing place and year	Edita Ltd, Helsinki 1998	

SUOMEN YMPÄRISTÖ

76. Pykälä, Juha & Vuorinen Soili: Suomen uhanalaiset lajit. Punavalkku (*Cephalanthera rubra*). Suomen ympäristökeskus.
77. Pykälä, Juha & Vuorinen Soili: Suomen uhanalaisia lajeja: Vuorikuisma (*Hypericum montanum*). Suomen ympäristökeskus.
78. Kaipainen, Heidi; Kemppainen, Eija & Bonn; Thomas: Suomen uhanalaisia lajeja: Tähtähelmikkä (*Melica ciliata*). Hotade arter i Finland: Grusslok (*Melica ciliata*). Suomen ympäristökeskus.
79. Joensuu, Ilona; Vuori, Kari-Matti & Nieminen, Mari: Vesistöarakentamisen ja lyhytaikaisäänöstelyn vaikutus Perhonjoen koskien eliöyhteisöihin. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus.
80. Hassi, Laura: Ihanteita ja ohjausvälineitä - asumisen tuen kohdentuminen vuonna 1993. Ympäristöministeriö.
81. Grönroos, Juha; Rekolainen, Seppo & Nikander, Antero: Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen v. 1995. Suomen ympäristökeskus.
82. Leskelä, Ari & Hudd, Richard: Kyrönjoen lohi- ja meritaimenistutusten tuloksellisuus Carlin-merkin-
töjen perusteella. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
83. Hudd, Richard; Kjellman, Jakob & Leskelä, Ari: Kyröjoen suiston poikastuotanto ja kalakannat. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
84. Markat ja maankäyttö. Kaavatalouden näkökohtia päättäjille. Ympäristöministeriö.
85. Uuskallio, Irma: National overview on distressed urban areas in Finland. Ympäristöministeriö.
86. Peltola, Taru: Yritysten muuttuva toimintaympäristö hallinnon haasteena. Hämeen ympäristökeskuk-
sen pk-yritysprojektin loppuraportti. Hämeen ympäristökeskus.
87. Luostarinen, Matti; Yli-Viikari, Anja (toim.): Maaseudun kulttuurimaisemat. Suomen ympäristökes-
kus, Maatalouden tutkimuskeskus.
88. Airamo, Raimo & Permanto, Timo: Yleiskaavoitus ja vaikutusten arviointi. Esimerkkinä Lahden yleis-
kaavoitus 1946 - 1996. Ympäristöministeriö.
89. Seppälä, Jyri & Jouttijärvi, Timo (toim.): Metsäteollisuus ja ympäristö. Suomen ympäristökeskus.
90. Jokioisten kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
91. Kilpailuttaminen valtion tukemassa asuntotuotannossa. Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
92. Malaska, Pentti; Luukkanen, Jyrki; Vehmas, Jarmo & Kaivo-oja, Jari: Environment - Based Energy
Taxation in the Nordic Countries. Comparisons by Energy Source and a Review of the Finnish
Discussion. Ympäristöministeriö.
93. Muuttuva ihminen - muuttuva asunto. Ympäristöministeriö.
94. Jauhiainen, Tapani; Vuorinen, Heikki; Heinonen-Guzejev, Marja & Paikkala, Sirkka-Liisa: Ympäristö-
melun vaikutukset. Ympäristöministeriö.
95. Lind, Tuula & Pietala, Jorma: Kotipalveluja käyttävien vanhusten kauppamatkat Lahdessa. Ympäris-
töministeriö.
96. The Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and
Paper Industry. Ympäristöministeriö.
97. Alanen, Tommi & Ratia, Pasi: Asuntorakentamisen työllisyysvaikutukset. Ympäristöministeriö.
98. Pitkäjärvi, Jyrki: Geenitekniikalla muunnettujen mikro-organismien ympäristövaikutukset. Suomen
ympäristökeskus.
99. Viinikainen, Tytti: Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus Suomessa. Katsaus tutkimusaloihin ja
kirjallisuuteen. Suomen ympäristökeskus.
100. Pietiläinen, Olli-Pekka & Pirinen, Marja: Typpi- ja fosforikuormituksen vaikutus perifytonon kas-
vuun Kymijoella. Suomen ympäristökeskus.
101. Maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamista koskeva valtioneuvoston pää-
tösehdotus. - Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
102. Suurmyymälätyöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
103. Kilpi, Mikael & Asanti, Timo (toim.): Saaristolinnuston suojelun nykytila Suomen rannikoilla. Suo-
men ympäristökeskus.
104. Björklöf, Katarina: Merkkigeenien käyttö geeniteknesesti muunnettujen mikro-organismien seuran-
taan ympäristössä. Suomen ympäristökeskus.
105. Filatov & Heinonen: Results of the Finnish-Russian Joint Study of the Lakes Onega, Ladoga and
Saimaa Conducted in the Summer of 1990. Suomen ympäristökeskus.
106. Hukkanen, Tiina: Puutalo- ja leirintäprojekti. Ympäristöministeriö
107. Paldanius, Jari: Vuorovaikutteisen suunnittelun kokemuksia Suomessa. Ympäristöministeriö.
108. Biodiversiteetti-työryhmä: Ympäristöministeriön toimintaohjelma luonnon monimuotoisuuden säi-
lyttämiseksi. Ympäristöministeriö.
109. Lahti, Pekka; Heinonen, Sirkka; Koski, Kimmo & Tolsa, Heimo: Kestävä kehitys alueraken teessa. Kan-
sainvälisiä näkemyksiä, suomalainen sovellus. Ympäristöministeriö.
110. Water and Wastewater Management in Finland and Fifteen Other European Countries. Ympäristömi-
nisteriö.
111. Luontokoulutyöryhmä: Luontokoulutoiminta. Palvelut. Kehittämisideat. Verkostot. Ympäristömi-
nisteriö.
112. Sipilä, Kaija: Luonto- ja leirintätoiminta osana maaseudun kehittämistä. Ympäristöministeriö.
113. Itämeren tila. Ympäristöministeriö.
114. Siikanen, Antti: Kotitalous ja asumismenot. Selvitys lama-ajan asumismenoista. Ympäristöministeriö.
115. Äystö, Virpi: Rehevien järvien kunnostusten arviointi. Suomen ympäristökeskus.
116. Kleemola, Sirpa & Forsius, Martin: 6th Annual Report 1997. UN ECE Convention on Long-Range
Transboundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air
Pollution Effects on Ecosystems. Suomen ympäristökeskus.

117. Marttunen, Mika & Kylmälä, Petri: Kalakantojen hoitomalli Inarjärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa. Suomen ympäristökeskus.
118. Viirikorpi, Paavo: Eteneekö lähiöuudistus? Paikallisten lähiöprojektien käynnistämisen vaiheen arviointi. Ympäristöministeriö.
119. Mäkinen, Risto: Remonttiohjelma 1992 - 1996. – Korjausrakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektien tulokset. Ympäristöministeriö.
120. Mähönen, Outi & Joki-Heiskala, Päivi: (toim.) AMAP-Arktisen ympäristön tila ja Suomen Lappi. Suomen ympäristökeskus.
121. Lehtoranta, Jouni: Ravinteet Itäisen Suomenlahden pintasedimentissä. Suomen ympäristökeskus.
122. Åkerblom, Satu: Erityisasuminen. Katsaus Ruotsin vanhusten asumiseen 1980- ja 1990-luvuilla. Ympäristöministeriö.
123. Seppälä, Jyri: Decision analysis as a tool for life cycle impact assessment. Suomen ympäristökeskus.
124. Lindholm, Tapio; Heikkilä, Raimo & Heikkilä, Marjo (eds.): Ecosystems, fauna and flora of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship. Suomen ympäristökeskus.
125. Malkki, Sirkka; Heinonen-Tanski, Helvi & Jantunen, Paula: Ympärikuivattujen kompostikäymälöiden toimintavarmuus ja häiriöiden kartoitus. Ympäristöministeriö.
126. Peuhkuri, Timo: Ympäristövaikutusten arviointi energia-alan ohjelmavalmistelussa. Tapaustutkimus hallituksen energiansäästöohjelman valmisteluprosessista. Suomen ympäristökeskus.
127. Kankaanpään kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
128. Kananaja, Tapio: Turun ja Porin läänin kallioperän suojele- ja opetuskohteita. Ympäristöministeriö.
129. Kaavoitustoimen seuranta 1996. Ympäristöministeriö.
130. Asumistuesta itselliseen asumiseen vai toimeentulotukeen? I osaraportti. Ympäristöministeriö.
131. Melanen, Matti & Ekqvist, Marko (toim.): Suomen ilmanpäästöt ja niiden skenaariot (SIPS-projekti) Tietojärjestelmän tietopohja ja alustavia tuloksia. Suomen ympäristökeskus.
132. Nikulainen, Virpi & Pyy, Outi: Huoltoasemien maaperän kunnostus. Suomen ympäristökeskus.
133. Isaksson, Kaj: Korjausrakentaminen asunto-osakeyhtiöissä ja aravavuokrataloissa. Ympäristöministeriö.
134. Larjavaara, Ilmari: Asuntojen yksityistäminen Pietarissa. Ympäristöministeriö.
135. Liukkonen, Matti: Asukkaat asumisoikeusasuntojen suunnittelussa. Ympäristöministeriö.
136. Koski, Kimmo & Lahti, Pekka: Kaupan suuryksiköt ja kunnallisuus – Herkkyysanalyysi. Ympäristöministeriö.
137. Suomen biologista monimuotoisuutta koskeva kansallinen toimintaohjelma 1997 - 2005. Ympäristöministeriö.
138. Karvinen, Päivi: Kansalaisten kokemuksia YVA-menettelyyn osallistumisesta. Ympäristöministeriö.
139. Kiviniemi, Markku & Sulankivi, Kristiina: Talonrakentamisen ja kiinteistönhoidon laatujärjestelmien tilanneseuranta. Ympäristöministeriö.
140. Seppälä, Timo: Torjunta-aineiden käyttäytyminen Suomen ympäristöoloissa. Suomen ympäristökeskus.
141. Mujunen, Satu-Pia; Teppola, Pekka & Minkkinen, Pentti: Metsäteollisuuden aktiivieläimistöjen toiminnan monimuuttujainen seuranta ja mallintaminen. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.
142. Teollisuuslaitoksen ympäristömelu. Ympäristöministeriö.
143. Ilmansuojelun neuvottelukunta: Ilmansuojelututkimuksen kehittämissuunnitelma 2001. Ympäristöministeriö.
144. Hudd, Richard & Kälax, Pia: 0+ kalanpoikasten esiintyminen ja 0+ kalanpoikasten esiintymisbiotoopit Kyrönjoen alaosalla. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
Rautio, Mika: Ympäristönsuojelun hallinnollis-oikeudellinen ohjaus kemiallisen metsäteollisuuden vesiensuojelussa. Suomen ympäristökeskus.
146. Kulttuuriympäristön hoito-ohjelma 1997-98. Etelä-Savo ja Häme. Etelä-Savon ympäristökeskus.
147. Koskiahho, Kristiina (toim.): Eheyttävän suunnittelun haasteet. Neuvottelupäivät ympäristöministeriössä 1997. Ympäristöministeriö.
148. Vehmas, Jarmo; Malaska, Pentti; Luukkanen, Jyrki & Kaivo-oja, Jari: Ympäristöpoliittiset ohjauskeinot uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi. Ympäristöministeriö.
149. OECD arvioi maamme ympäristöpolitiikkaa. Yhteenveto arvioinnin päätelmistä ja suosituksista. Ympäristöministeriö.
150. Environmental Policies in Finland. Background papers for the OECD Environmental Performance Review of Finland 1997. Ympäristöministeriö.
151. Tanskanen, Juha-Heikki: Valtakunnallisten yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavutettavuus Päijät-Hämeessä. Suomen ympäristökeskus.
152. Vanhojen metsien suojeluyöryhmä: Vanhojen metsien suojele Pohjois-Suomessa. Vanhojen metsien suojeluyöryhmän osamietintö III, osa II karttalitteet. Ympäristöministeriö.
153. Riihimäki, Juha & Hellsten, Seppo: Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn vaikutukset rantavyöhykkeessä. Suomen ympäristökeskus.
154. Natura 2000 -ehdotuksesta annetut lausunnot. Yhteenvetot ministeriöille, asiantuntijatahojen sekä järjestöjen ja edunvalvontatahojen lausunnoista. Ympäristöministeriö.
155. Kokko, Kai: Ympäristövaikutusten selvittäminen seutu- ja yleiskaavoituksessa – oikeudellisesta näkökulmasta. Ympäristöministeriö.
156. Räihä, Ulla: Alavuden kulttuuriympäristön hoito. Ympäristöministeriö.
157. Rönkä, Kimmo; Halomo, Jyrki; Huhdanmäki, Aimo; Teerimo, Seppo; Terho, Juha & Tolsa, Heimo: Hissi vanhaan kerrostaloon. Taloudellinen kannattavuus, sosiaalinen tarpeellisuus sekä hallinnolliset ja taloudelliset edellytykset. Ympäristöministeriö.
158. Leskelä, Ari; Hudd, Richard; Kälax, Pia & Kjellman, Jakob: Kevätkutuisten kalalajien lisääntyminen Lappsundinjoella 1990-96. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
159. Hyvärinen, Marketta: Ympäristövaikutusten arvioinnin kehittäminen metsätalouteen liittyvässä suunnittelussa – esimerkisuunnittelujen tarkastelu. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.

160. Marttunen, Mika: Vaihtoehtoisten kuormitustavoitteiden vaikutukset sisävesissä. Suomen ympäristökeskus.
161. Melanen, Matti (toim.): Jätealan tutkimuksen puiteohjelma 1998 –2002. Suomen ympäristökeskus.
162. Ympäristön seurannan strategia. Ympäristöministeriö.
163. Tamminen, Pertti; Pakarinen, Kimmo; Lintilä, Janne & Salmela, Arto: Kunnan nettotulot kerrostalo-, rivitalo- ja omakotialueilla. Tutkimuskohteena Tampere. Ympäristöministeriö.
164. Saarikoski, Heli: Ympäristövaikutusten arviointi jätehuollon strategisessa suunnittelussa. Suomen ympäristökeskus.
165. Andersson, Harri: Lounais-Suomen saaristo - valtakunnallisen alueidenkäyttötavoitteiden näkökulmasta. Ympäristöministeriö.
166. Andersson, Harri: Sydvästra Finlands skärgård - med tanke på de riksomfattande målen för markanvändning. Ympäristöministeriö.
167. Nippala, Eero; Nuutila, Harri & Rintanen, Risto: Asuinrakennusten perusparannustarpeen vaihtoehtoja 1996–2005. Ympäristöministeriö.
168. Wahlberg, Niklas & Aalto, Jari (toim.) Suomen uhanalaisia lajeja: tummaverkkoperhonen (*Melitaea diamina*). Suomen ympäristökeskus.
169. Kuussaari, Mikko; Pöyry, Juha; Savolainen, Markku & Paukkunen, Juho: Suomen uhanalaisia lajeja: lehtohopeatäplä (*Clossiana titania*). Suomen ympäristökeskus.
170. Lindström, Marianne (ed.): Water Legislation in Selected Countries - a Comparative Study for South African Water Law Review. Suomen ympäristökeskus.
171. Mäkinen, Risto: Rakentamisen vastuut ja laatu. Selvitysmiehen raportti. Ympäristöministeriö.
172. Nurmi, Paula: Eräiden Suomen järvien pohjaeläimistö. Valtakunnallisen seurannan tulokset 1989 - 1992. Suomen ympäristökeskus.
173. Haverinen, Kalervo & Lempinen, Petri: Omin avuin, valtion varoin. Opiskelija-asuntojärjestelmä Suomessa. Ympäristöministeriö.
174. Vaitomaa, Jaana: Sinilevien ja niiden tuottamien maksatoksiinien käyttäytyminen imeytyksessä. Koikeita harju- ja sedimenttipatsailla. Suomen ympäristökeskus.
175. Porvari, Petri & Verta, Matti: Elohopea ja metyylielohopea tekoaltaissa ja Kemijoen vesistössä. Suomen ympäristökeskus.
176. Hyvärinen, Veli (toim.) Hydrologinen vuosikirja 1994. Hydrological Yearbook 1994. Suomen ympäristökeskus.
177. Suomen tekemät kansainväliset ympäristösopimukset. Ympäristöministeriö.
178. Helin, Juha: Turvetuotantovelvoitteita koskevat vesituomioistuinten lupapäätökset. Suomen ympäristökeskus.
179. Soveri, Jouko; Peltonen, Kimmo & Järvinen, Olli: Laskeuma Helsingin seudulla lumesta määritettyä talvikaudella 1995 - 1996. Suomen ympäristökeskus.
180. Vesala, Riitta: Näkökulmia asemakaavaselostuksen uudistamiseen. Ympäristöministeriö.
181. Kujala-Räty, Katariina; Hiisvirta, Leena; Kaukonen, Marke; Liponkoski, Markku & Sipilä, Annika: Talusveden laatu Suomessa vuonna 1996. Suomen ympäristökeskus.
182. Rusanen, Pekka; Mikkola-Roos, Markku & Asanti, Timo: Merimetso *Phalacrocorax carbo* - Musta viikinki. Merimetson kannan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät Itämeren piirissä ja Euroopassa. Suomen ympäristökeskus.
183. Haukkasalo, Hannu: Kuntarakenne - yleiskaava Nurmijärvi. Ympäristöministeriö.
184. Ostamo, Eira & Hilden, Mikael: YVA-yhteysviranomaisten lausuntojen laatu - ympäristövaikutusten arviointimenettelyt 1994 - 1997. Ympäristöministeriö.
185. Lehtonen, Elina & Kangasjärvi, Jaakko: Biotekniikan riskit? Siirtogeenisten kasvien ympäristöriskit Suomen oloissa. Suomen ympäristökeskus.
186. Heikkilä, Mikko, Karppinen, Seppo & Santasalo, Tuomas: Parempi kaupunkikeskusta - seitsemän kaupunkikeskustan kehittäminen. Ympäristöministeriö.
187. Lankinen, Markku: Lähiöt muuttuvat ja erilaistuvat - 36 lähiön tilastollinen seuranta 1980 - 95. Ympäristöministeriö.
188. Räike, Antti & Pietiläinen, Olli-Pekka: Typpikuormituksen vaikutus Lohjanjärven ja sen alapuolisen vesialueen tilaan. Suomen ympäristökeskus.
189. Pietiläinen, Olli-Pekka & Niinioja, Riitta: Typpi ja fosfori Pyhäselän rehevöitymisen säätelijöinä. Suomen ympäristökeskus.
190. Jauho, Mikko & Allt, Anu: Kokemuksia laitosten muuttamisesta asuinkäyttöön. Ympäristöministeriö.
191. Mustonen, Tuija: Mäntyharjun kulttuuriympäristön hoito-ohjelma. Etelä-Savon ympäristökeskus.
192. Kylä-Setälä Annamaija: Maaperänsuojelun toteutuminen alueellisella tasolla - esimerkinä Satakunta. Suomen ympäristökeskus.
193. Lonka Harriet: Öljy- ja kemikaalivahinkojen torjuntavalmiuden tilan selvitys ympäristövahinkojen torjunnan näkökulmasta. Suomen ympäristökeskus.
194. Niemi, M.; Kulmala, A.; Vanhala, P.; Kulokoski, V. & Esala, M.: Orgaanisten jäteaineiden vaikutukset maaperän mikrobistoon ja kasvien typensaantiin. Suomen ympäristökeskus.
195. Lehtinen; Tana; Mattsson; Engström; Nakari; Ahtiainen & Lagus: Happikemikaalien käyttöön perustuvan massanvalkaisun ympäristövaikutukset. Suomen ympäristökeskus.
196. Liikanen, Anu: Torjunta-aineiden käyttäytyminen ilmakehässä - lähteet, kulkeutuminen ja poistumis-mekanismit. Suomen ympäristökeskus.



YMPÄRISTÖN- SUOJELU

Maatalouden ammoniakkipäästöt Osa 1: Päästöt ja niiden kehittyminen Osa 2: Päästöjen vähentäminen ja vähentämiskustannukset

Maatalous aiheuttaa Suomen ammoniakkipäästöistä yli 80 %, joka muodostaa noin 20 % maan kokonaistyyppipäästöistä. Ammoniakkia haihtuu ilmaan mm. karjanlannasta ja väkilannoitteista ja laskeuman kautta se lisää ekosysteemien typpikuormitusta, millä on vaikutusta mm. happamoitumiseen.

Tässä raportissa esitellään Suomen ympäristökeskuksessa kehitettyä päästömallia, jolla voidaan arvioida aikaisempaa tarkemmin maatalouden ammoniakkipäästöjä ja tehdä erilaisia päästöskenaarioita. Mallilla voidaan myös suunnitella päästöjen vähentämisstrategioita ja laskea päästöjä vähentävien toimenpiteiden kustannuksia.

Tulosten mukaan kotieläintalouden - joka aiheuttaa maatalouden ammoniakkipäästöistä yli 90 % -päästöjä olisi lannan käsittelyyn liittyvillä toimenpiteillä mahdollista vähentää enintään noin puoleen tämänhetkisestä tasosta, mutta kustannukset nousisivat hyvin korkeiksi. Noin 20-30%:n vähenemä olisi vielä kohtuullisin kustannuksin saavutettavissa.

ISBN 952-11-0283-7

ISSN 1238-7312

Myynti: Suomen ympäristökeskuksen asiakaspalvelu
sähköpostiosoite: neuvonta.syke@vyh.fi
faksi (09) 4030 0190, puh. (09) 4030 0100
postiosoite: PL 140, 00251 Helsinki ja
Oy Edita Ab

Oy EDITA Ab
PL 800, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01
ASIAKASPALVELU
puh.(09) 566 0266, telefax (09) 566 0380
EDITA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566
Eteläesplanadi 4, puh. (09) 662 801



9 789521 102837