



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 5/91

TOIVO YLÄRANTA
Ympäristöntutkimuslaitos

**Maataloustuotannon vaikutus
kasvihuoneilmiöön Suomessa**
Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen

JOKIOINEN 1991
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 5/91

TOIVO YLÄRANTA
Ympäristöntutkimuslaitos

Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön
Suomessa

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen

JOKIOINEN 1991

ISSN 0359-7652

KIRJOITUKSEN TAUSTA

Maa- ja metsätalousministeriö on tilannut tämän selvityksen.

Maa- ja metsätalousministeriössä valmistellaan kantaa voimistuvaan kasvihuoneilmiöön varautumiseen, sen vaikutuksiin sopeutumiseen ja mahdollisiin vastatoimiin vaikutusten lieventämiseksi.

Maa- ja metsätalousministeriö tarvitsee käyttöönsä asiaan liittyvää tietoa ja arvioita erityisesti Suomen maatalouteen kohdistuvien vaikutusten osalta sekä siitä, miten maataloudesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin vähentää.

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismenetelmiä pohtivaa kirjallisuutta on niukasti.

Tämän kirjoituksen laadintaan on käytetty pääasiassa kirjallisuuskatsauksia ja työryhmäraportteja. Siten ei ole voitu välttyä niiltä virheiltä, joita alkuperäistöiden käyttäjät ovat julkaisuissaan mahdollisesti tehneet.

Jokioisissa 8. maaliskuuta 1991

Toivo Yläranta

SISÄLLYSLUETTELO

Yhteenveto.....	1
Kasvihuoneilmiö.....	2
Kasvihuonekaasut.....	2
Kaasupäästöjen kasvihuonevaikutus.....	4
Ihmisen toimintojen vaikutus kasvihuoneilmiöön.....	5
Maatalouden hiilidioksidipäästöt.....	6
Energian tuotanto ja käyttö.....	6
Suopellot hiilen lähteinä.....	8
Typpioksiduuli.....	8
Typen haihtuminen viljelymaasta.....	8
Typpioksiduulipäästöjä ei tunneta.....	9
Metaani.....	10
Otsoni.....	11
Maatalouden osuus kasvihuonekaasupäästöistä.....	12
Kasvihuonekaasujen torjunta.....	12
Torjuntatoimien jako.....	12
Maatalous ei avainasemassa.....	12
Maatalouden metaani- ja typpioksiduulipäästöt suuria...13	13
Hiilidioksidi metsään.....	13
Biomassa vähenee.....	14
Päästöistä eroon ylituotantoa leikkaamalla.....	14
Päästöt vähenevät 20 %:lla.....	15
Hiilidioksidi lannoitteena.....	16
Metaanipäästöjen vähentäminen vaikeaa.....	16
Viljelytekniikoita kehitettävä.....	16
Lannoituksen taloudellisuuslaskelmia tarkistettava....17	17
Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä aiheutuvat kustannukset.....	17
Kirjallisuusluettelo.....	18

Yhteenveto

Maatalouden osuus ihmistoiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöistä Suomessa on seuraava:

Hiilidioksidi (energiantuotanto ja -kulutus)	3 %
Metaani	55 %
Typpioksiduuli	kymmeniä
Otsoni	ei arvioitavissa
CFC	vähäinen

Hiilidioksidia lukuunottamatta osuusarviot ovat erittäin karkeita.

Maatalouden metaani- ja typpioksiduulipäästöjen osuus ihmistoiminnasta peräisin olevista kasvihuonekaasupäästöistä on erittäin merkittävä.

Maataloustuotantomme volyyymi on lähi vuosina selvästi pienenevässä. Tämän vuoksi on otaksuttavissa, että maataloustuotantomme aiheutuvat kasvihuonekaasujen päästöt vähenevät 1990-luvulla noin 20 % ilman erityisiä päästöjä rajoittavia toimenpiteitä ja niistä seuraavia kustannuksia.

Maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen yli 20 %:lla edellyttää suunniteltua voimakkaampaa tuotantovolyymin supistamista. Ei ole olemassa teknisiä keinoja, joilla voitaisiin tehokkaasti vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän vuoksi ei voida esittää myöskään käypiä laskelmia päästövähennysten kustannuksista.

Maataloustuotannosta aiheutuvia kasvihuonekaasujen päästöjä voidaan silti jossain määrin vähentää myös parantamalla viljelymenetelmiä ja -tekniikoita.

Kasvihuoneilmiö

Ilmastokaasutyöryhmä (ANON.a 1990) määrittelee kasvihuoneilmiön seuraavasti:

"Ilmakehän kaasut imevät itseensä, kukin omalla erityisellä aaltopituudellaan sekä auringosta tulevaa lyhytaaltoista että maanpinnasta tulevaa pitkäaaltoista säteilyä. Ilmakehään on aikojen kuluessa syntynyt näiden kasvihuonekaasujen ansiosta säteilyenergian tasapaino, jonka seurauksena alailmakehän keskilämpötila, noin 15 °C ennen teollisen aikakauden alkua, on 35 °C lämpimämpi kuin ilman kyseisiä kaasuja. Vain kasvihuonekaasujen turvin on siis elämä maapallolla yleensä mahdollista.

Ihminen on toiminnallaan lisännyt ilmiön aiheuttavien kaasujen määrää ilmakehässä ja voimistanut kasvihuoneilmiötä. Tätä kasvihuoneilmiön voimistumista kutsutaan yleisesti myös kasvihuoneilmiöksi."

Kasvihuonekaasut

Tärkeimmät kasvihuonekaasut ovat vesihöyry (H₂O), hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), typpioksiduuli (dityppioksidi, N₂O), otsoni (O₃) ja halogeeneja (klooria, fluoria ja bromia) sisältävät hiilivedyt eli CFC-yhdisteet (englanniksi halocarbon compounds, toisinaan englanniksi myös fluorocarbons tai chlorofluorocarbons), kuten CFCl₃ ja CF₂Cl₂ (Silloin tällöin mukana myös CF₄, C₂F₆, CCl₄, CClF₃, CHClF₂, CHCl₂F, C₃H₃Cl₃, C₂Cl₃F₃, C₂Cl₄F₄, C₂ClF₅, CBrF₃ ja CBrClF₄) (WELLBURN 1988).

CFC:t jaetaan täysin halogenoituihin ja osittain halogenoituihin yhdisteisiin. Täysin halogenoidussa CFC:ssä vetyatomit ovat vaihtuneet klooriin, bromiin tai fluoriin. Sen johdosta CFC on pysyvämpi ja hajoaa vasta stratosfäärissä (ANON.b 1989).

Täysin halogenoituja CFC-yhdisteitä ovat CFC-11, 12, 113, 114 ja 115. Yleisimpiä ovat CFC-11 ja CFC-12, joiden pitoisuus kasvaa ilmakehässä vuosittain noin 5 %. Osittain halogenoiduissa CFC-yhdisteissä on tallella vetyatomeja ja ne hajoavat tavallisesti jo alimmissa ilmakerroksissa (esimerkiksi HCFC-22).

Kirjallisuudesta löytyy hyvin paljon epätarkkuuksia ja erilaisia ilmaisutapoja kasvihuonekaasujen pitoisuuksille ja erikoisesti niiden viipymäajoille ilmakehässä (Taulukko 1).

Taulukko 1. Eri kasvihuonekaasujen viipymääjat ilmakehässä (WELLBURN 1988).

Yhdiste	Viipymäaika, (a)
Vesi (H ₂ O)	0,03
Hiilidioksidi (CO ₂)	10
Metaani (CH ₄)	3
Otsoni (O ₃)	0,3
Typpioksiduuli (N ₂ O)	7

JANTUNEN ja NEVANLINNA (1990) arvioivat raportissa "Kasvihuoneilmiö, ilmastonmuutos ja Suomi" kasvihuonekaasujen (muiden kuin vesihöyryn) pitoisuuksiksi ilmakehässä hiukan erilaiset luvut. Tämä raportti ilmaisee myös eri kasvihuonekaasujen vaikutukset kasvihuoneilmiön voimistumiseen seuraavasti:

Kasvihuonekaasu	Pitoisuus ilmakehässä (ppm)	Vaikutus ilmaston muutokseen (%)	Viipymisaika ilmakehässä (a)
Hiilidioksidi (CO ₂)	350	45...55	pysyvä*
Freonit (CFC-kaasut)	0,0005	20...30	8...400
Metaani (CH ₄)	1,65	10...20	10
Typpioksiduuli (N ₂ O)	0,3	5...10	170
Troposfäärin otsoni (O ₃)	0,02**	5...10	n. 1 vrk
Muut		2...5	

* Ilmakehän luonnolliseen kokoomukseen kuuluva, kuten vesihöyrykin.

** Saastuneessa ilmassa paikallisesti 0,2...0,4 ppm

JANTUNEN JA NEVANLINNA (1990) pitävät hiilidioksidia ilmakehän luonnollisena osana, eivätkä sen vuoksi anna sille viipymäaikaa ilmakehässä. Tosiasiassa kuitenkin muutkin mainituista kaasuista CFC-kaasuja (freoneja) lukuunottamatta ovat osana ilmakehän luonnollista koostumusta ja niillä kaikilla on myös omat viipymäaikansa ilmakehässä.

Kasvihuoneilmiön ongelman ydin on siinä, että ihmistoiminta on varsin lyhyessä ajassa muuttamassa näiden kaasujen pitoisuuksia ilmakehässä. Kohonneet kaasupitoisuudet juuri voimistavat kasvihuoneilmiötä tavalla, jota yritetään torjua tai ainakin muutosta pyritään hidastamaan.

Ilmaistaessa kaasun pitoisuutta ilmassa ppm:nä (parts per million, miljoonasosa) tarkoitetaan kaasutilavuuksien suhdetta eli tarkastelutapauksessa tietyn kasvihuonekaasun tilavuuden suhdetta tiettyyn ilmatilavuuteen. Selvyyden vuoksi tämä merkitään toisinaan ppmv.

Kaasupäästöjen kasvihuonevaikutus

Kun kasvihuonekaasujen päästöjä verrataan keskenään, on vertailuperusteena käytettävä päästöjen suhteellista kasvihuonevaikutusta. Päästöjen kasvihuonevaikutus riippuu, paitsi kaasun kasvihuonetehosta, myös kaasun eliniästä ja kemiallisista reaktioista ilmakehässä (BOSTRÖM ym. 1990).

Eri kasvihuonekaasujen elinikä ilmakehässä on hyvin erilainen. Kaasujen hajoamisnopeudet riippuvat monesta ulkoisesta tekijästä. Hajoamisnopeus määräytyy ilmakehässä vallitsevasta kemiallisesta reaktiosysteemistä, johon muun muassa typpioksiduuli-, otsoni-, ja hiilimonoksidipitoisuudet sekä auringosta tuleva UV-säteily ottavat osaa. Hiilidioksidin kohdalla vuorovaikutus viherkasvien ja valtamerien kanssa on ratkaiseva (BOSTRÖM ym. 1990).

CFC-kaasujen, metaanin, typpioksiduulin ja troposfäärin otsonin pitoisuudet ovat pieniä verrattuna ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen. Kasvihuonekaasuina ne ovat kuitenkin hiilidioksidia monin verroin tehokkaampia (Taulukko 2, BOSTRÖM ym. 1990)

Taulukko 2. Eri kaasujen suhteellinen kasvihuoneteho hiilidioksidiin verrattuna (BOSTRÖM ym. 1990).

Kaasu	Suhteellinen kasvihuoneteho	
	per kg	per mooli
Hiilidioksidi	1	1
Metaani	70	25
Typpioksiduuli	200	200
CFC-11 (CFCl ₃)	5000	16000
CFC-12 (CF ₂ Cl ₂)	7500	20000
HCFC-22	3000	6000

Kasvihuonekaasujen yhteispitoisuutta ilmakehässä kuvataan ekvivalenttisella hiilidioksidipitoisuudella (CO₂-ekv.). Sitä laskettaessa on kaasujen pitoisuuksien lisäksi otettu huomioon niiden erilainen kyky pidättää lämpösäteilyä.

Suhteellisia kasvihuonetehoja käytetään vertailtaessa eri kaasujen osuutta kasvihuoneilmistöön, kun kaasujen määrät tai pitoisuudet ilmakehässä ovat lähtötietoina.

Eri kaasut poistuvat ilmakehästä varsin erilaisella nopeudella. Kun otetaan huomioon eri kaasujen lämmönpidätyskyky ja kaasujen viipymäaika ilmakehässä, voidaan arvioida eri kaasujen samansuuruisten päästöjen suhteellista vaikutusta kasvihuoneilmistön voimistumiseen (Taulukko 3, BOSTRÖM ym. 1990).

Koska kasvihuonekaasujen päästöt yleensä esitetään tonneina, ovat BOSTRÖM ym. (1990) valinneet taulukkoon 3 ainoastaan massaa kohti lasketut suhteelliset kasvihuonevaikutukset.

Taulukko 3. Eri kaasujen samansuuruisten päästöjen suhteellinen kasvihuonevaikutus hiilidioksidiin verrattuna lyhyellä (50 a) ja pitkällä (yli 400 a) aikavälillä (BOSTRÖM ym. 1990).

Kaasu	Päästön suhteellinen vaikutus	
	50 vuotta	yli 400 vuotta
Hiilidioksidi	1	1
Metaani	60	15
Typpioksiduuli	350	300
CFC-11	7300	3200
CFC-12	12000	9000
HCFC-22	2600	600

Taulukosta havaitaan, että eri kasvihuonekaasuilla on erilainen kasvihuonevaikutus lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi metaani lyhyen viipymääjan vuoksi on lyhyellä tarkastelujaksolla merkityksellisempi verrattuna hiilidioksidiin kuin pitkällä tarkastelujaksolla.

Hiilidioksidi on ollut ja tulee tulevaisuudessakin olemaan merkittävin kasvihuonekaasu. Sen osuus kasvihuoneilmiön voimistumisesta esiteollisesta ajasta 1980-luvun alkuun on ollut noin 56 % (ANON.a 1990).

CFC-yhdisteiden ja metaanin pitoisuuksien voimakas kasvu on 1980-luvulla pudottanut hiilidioksidin osuuden noin 50 %:iin. Merkittävää on, että CFC-yhdisteet huomattavan pienistä pitoisuuksistaan huolimatta vaikuttavat kasvihuoneilmiöön jo noin 17 %:n osuudella. Seuraavaksi suurin vaikutus on metaanilla ja typpioksiduulilla (JANTUNEN ja NEVANLINNA 1990).

10-vuotiskaudella 1980-90 eri kasvihuonekaasujen vaikutukset ilmastoon muutoksiin olivat (JANTUNEN ja NEVANLINNA 1990):

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC	YHT.
Vaikutus (%)	55	15	10	20	100
ekv. CO ₂ (ppm)	18	5	3	7	33

Ihmisen toimintojen vaikutus kasvihuoneilmiöön

On arvioitu ihmisen eri toimintojen suhteelliset vaikutukset kasvihuoneilmiöön (BOSTRÖM ym. 1990):

Energian tuotanto ja käyttö	57 %
CFC-yhdisteiden käyttö	17 %
Karjatalous	14 %
Maankäytön muutokset	9 %
Muu teollinen toiminta	3 %
Yhteensä	100 %

Energian tuotanto ja käyttö ovat ihmisen toiminnoista tärkeimmät kasvihuoneilmiöön vaikuttavat tekijät. Suurimmat ihmistoiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään syntyvät fossiilisten polttoaineiden käytöstä.

Tärkeitä ovat CFC-yhdisteiden käyttö, maatalous sekä maankäytön muutokset, lähinnä metsäpinta-alan väheneminen.

Maanviljely ja karjatalous ovat merkittäviä metaanin ja typpioksiduulin tuottajia.

Maatalouden hiilidioksidipäästöt

Kasvit käyttävät yhteyttäessään ilmakehän hiilidioksidia. Ilmakehän hiiltä sitoutuu siten biomassaan, jonka hajotessa sitoutunut hiili jälleen vapautuu ilmakehään.

Hiili on normaalissa kasvintuotannossa jatkuvassa kierrossa, eikä maanviljely periaatteessa lisää tai vähennä ilmakehän hiilidioksiditasetta.

Yksipuolisen tehomaaatalouden katsotaan nykyisin toisinaan vähentävän maan humuspitoisuutta.

Samoin on käynyt aikoinaan, kun soita on raivattu viljelykäyttöön. Muokkaustoimenpiteet ovat tehostaneet maan orgaanisen aineksen hajoamista ja hiilen vapautumista ilmakehään.

Maatalous syyllistyy ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvuun käyttämällä fossiilisia polttoaineita, kuten öljyä. Fossiilisetkin polttoaineet ovat syntyneet kasvien biomassasta, jotka ovat muinoin pitkien ajanjaksojen kuluessa sitoneet ilmakehän hiilivarastoja. Tuolloin olosuhteet ilmakehässä ovat kuitenkin olleet erilaiset kuin nyt. Nyt ollaan hyvin lyhyessä ajassa vapauttamassa suuret määrät fossiilisten polttoaineiden hiilestä.

Fossiilisten polttoaineiden lisäksi syntyy hiilidioksidipäästöjä myös biomassan, esimerkiksi oljen poltosta. Mikäli poltettu biomassaa korvataan kasvattamalla vastaava määrä uutta biomassaa, ei nettopäästöjä lasketa syntyvän.

Energian tuotanto ja käyttö

Maataloudessa energiaa kuluu maatalouden tuotantorakennusten lämmittämiseen, viljan kuivaamiseen sekä traktoreiden ja muiden liikkuvien työkoneneiden polttoaineisiin.

Polttoaineiden poltosta syntyy hiilidioksidipäästöjen ohella muitakin kasvihuonekaasupäästöjä, nimittäin metaanin ja typpioksiduulin päästöjä.

BOSTRÖM ym. (1990) ovat selvityksessään Suomen energiantuotannon ja -käytön kasvihuonekaasupäästöistä päätyneet seuraavaan tulok-

seen: Kun biomassan ja turpeen luonnolliset hiilikierron huo-
mioidaan, saadaan Suomen energiantuotannon ja -kulutuksen vuoden
1988 kasvihuoneilmiöön vaikuttavaksi nettopäästökseksi 67,2 milj. t
CO₂-ekvivalenttia, josta maatalouden osuus on vain 2,1 milj. t
CO₂-ekv. (50 a, taulukko 4).

Taulukko 4. Maatalouden osuus kasvihuonekaasujen päästöistä
energian loppukulutussektorin mukaan vuonna 1988 (BOSTRÖM ym.
1990). Polttoaineiden polton ja niiden tuotantoketjujen päästöt
sekä niiden tuotannon vaikutukset luonnon hiilikiertoon, lasket-
tuna hiilidioksidiekvivalentteina 50 vuoden tarkasteluvälillä
(milj. t CO₂-ekvivalenttia, 50 a).

	Milj. t CO ₂ -ekv.	Päästöt prosentteina loppukulutussektorin kokonaispäästöistä
Polton päästöt		
CO ₂	1,9	2,7
CH ₄	0,7	14,9
N ₂ O	0,1	3,9
Polttoaineen tuotannon, jalos- tuksen ja siirron päästöt		
CO ₂	0,1	2,6
CH ₄	0,1	2,1
Vaikutus luonnolli- seen hiilikiertoon		
CO ₂	-0,8 (yht. -18,0)	-4,4
CH ₄	- (yht. -0,2)	-
Kaikki päästöt yhteensä	2,1	3,1

Polttoöljyjen osuus energiantuotantomme ja -käyttömme kasvihuo-
nekaasupäästöistä olivat vuonna 1988 noin 30 %, hiilen noin 25
%, bensiinin ja dieselöljyn yhteensä vajaat 20 %, maakaasun,
turpeen ja muiden polttoaineiden osuudet olivat kukin 6-8 %.
Puuperäisten polttoaineiden osuus oli käytännöllisesti katsoen
olematon, lukuunottamatta polttopuuta, jonka metaanipäästöt oli-
vat noin 5 % nettopäästöistä CO₂-ekvivalentteina (50 a) lasket-
tuna.

Polttoaineena vuonna 1988 käytetty puu, jätelipeät mukaan lu-
kien, oli kasvunsa aikana sitonut ilmakehästä noin 18 milj. ton-
nia hiilidioksidia, mikä on noin viidennes polttoaineiden pol-
tosta ja tuotantoketjujen muista osista syntyneistä päästöistä
(CO₂-ekvivalentteina). Käytetyn polttoturpeen tuotanto taas oli
arviolta vaikuttanut soiden hiilikiertoon noin puolen miljoonan
tonnin CO₂-päästöä vastaavalla tavalla (BOSTRÖM ym. 1990).

Maatalouden osuus Suomen energiantuotannon ja -käytön aiheutta-
mista kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä oli vuonna 1988 vain
3,1 %.

Suopellot hiilen lähteinä

AHLHOLM ja SILVOLA (1990) toteavat kirjallisuuskatsauksessaan "Turvetuotannon ja turpeen käytön osuus maapallon ja Suomen hiilitaseessa" seuraavaa: Suomessa on vuosisatojen ajan raivattu soita viljelyyn. Kaikkiaan raivattu ala on noin miljoona hehtaaria, mistä osa on vuosisatojen kuluessa muuttunut turpeen hajoamisen seurauksena kivennäismaiksi. Nykyisin suopeltojen määräksi on arvioitu 0,4-0,7 milj. hehtaaria. Suomi kuuluu ilmastoalueelle, jossa turvepeltojen pinta laskee noin 1 cm:n vuodessa turpeen biologisen hajoamisen seurauksena. Pelloiksi raivatut suot ovat olleet pääasiassa pitkälle maatuneita saravaltaisia soita, joissa turpeen tiheys on ollut noin 0,1 t/m³. Pinta-alasta olevien arvioiden keskiarvon mukaan suopelloista hiilen poistuma on noin 2,75 milj. t vuodessa.

Typpioksiduuli

Typpioksiduulin tärkeimmät antropogeeniset päästölähteet ovat fossiiliset polttoaineet, biomassan poltto ja maatalous.

On arveltu, että maailman typpioksiduulipäästöt olivat ennen ihmistoiminnan voimakasta vaikutusta niihin 8-9 Tg N/a (ANON.c 1989).

Typpioksiduulipitoisuudet ovat ilmakehässä suuremmat kuin muiden typen oksidien pitoisuudet. Tähän ovat syynä suuret päästöt ja typpioksiduulin pitkä elinikä ilmakehässä.

Ennen vuotta 1800 ilmakehän N₂O-pitoisuus oli 0,29 ppm (JANTUNEN ja NEVANLINNA 1990). Nykyinen taustapitoisuus on 0,31 ppm, ja se kohoaa 0,0005...0,0018 ppm vuodessa.

Ihmistoiminnan aiheuttamat maapallon typpioksiduulipäästöt ovat eri päästölähteittäin keskimäärin seuraavat (ANON.c 1989):

Päästölähde	Päästö Tg N/a
Fossiilisten polttoaineiden poltto	4
Biomassan poltto	0,7
Viljelymaat	2,3

Typen haihtuminen viljelymaasta

Denitrifikaation seurauksena voi tapahtua typen haihtumista maasta. Denitrifikaatiota tapahtuu nimenomaan silloin, kun happea on maassa niukasti. Tämä johtuu siitä, että vähähappisessa maassa tietyt fakultatiivisesti anaerobiset bakteerit pelkistävät nitraattia typpioksiduuliksi N₂O ja ennen kaikkea typpikaasuksi N₂, jotka molemmat häviävät ilmaan.

Maan mikro-organismit tuottavat typpioksiduulia sekä denitrifikaatio- että nitrifikaatioprosesseissa. Molemmista prosesseista N_2O on välituote, joka osittain vapautuu ilmakehään, ennen kuin se on pelkistynyt typpikaasuksi N_2 .

Pääosa denitrifikaatiosta tapahtuu viljelymaassa maan pintakerroksessa. Tämä on luonnollista, koska mineraaliryhmän konsentraatio on suuri viljelymaan muokkauskerroksessa, hajotettavaa orgaanista ainesta on usein runsaasti, lämpötila korkea ja siten myös mikrobitoiminta vilkasta. Laboratoriotutkimusten mukaan 10-20 % lannoitteen typestä voidaan menettää denitrifikaatiossa typpikaasuna. On arvioitu, että yli 90 % denitrifikaation seurauksena ilmakehään häviävästä typestä on N_2 -muodossa (YLÄRANTA ja JAAKKOLA 1985).

Maan kosteudella on ratkaiseva merkitys lannoitetyn denitrifikaatiolle maassa. Denitrifikaatiota edistävät maan huono ilmanvaihto, märkyys ja korkeahko lämpötila. Denitrifikaatiota voi tapahtua maassa myös silloin, kun maa on näennäisesti kaikin puolin fysikaalisesti oikeassa kunnossa. Paikallisesti, esimerkiksi kasviaineksen hajotessa maamurun sisällä, esiintyy helposti anaerobisia oloja.

Kasvin hyvän kasvun on todettu pienentävän denitrifikaatiota vähentämällä maan nitraattikonsentraatiota ja kosteutta.

Typpioksiduulipäästöjä ei tunneta

Maataloutta syytetään Suomessakin suurista typpioksiduulipäästöistä. Kuitenkin denitrifikaatiota on tutkittu Suomessa kovin vähän ehkä tämän tutkimuskohteen vaativuuden vuoksi. Siten todelliset tiedot kaasumaisista typpien tappioista Suomessa ovat vähäiset. Ulkomaalaisten tulosten suora soveltaminen Suomeen ei ole mahdollista, koska niin lämpötila- kuin maaperäolotkin ovat Suomessa toisenlaiset kuin monissa varsinaisissa maatalousmaissa. Matala maan lämpötila ja pitkä maan routakausi hidastavat ja jopa pysäyttävät denitrifikaation pitkäksi aikaa vuoden kuluessa.

Suomen typpioksiduulipäästöt tunnetaan varsin huonosti. Arvioidaan, että energiantuotannosta (poltto) ja maataloudesta aiheutuvat samansuuruiset päästöt (Taulukko 5).

Taulukko 5. N_2O -päästöt Suomessa vuonna 1988 (ANON.a 1990).

Päästölähde	1000 t N_2O
Energiantuotanto (poltto)	noin 10
Lannoitteet (maatalous)	10
Maankäyttö	ei tietoa

Metaani

Ilmakehän metaanipitoisuus pysyi stabiilina, 0,6-0,8 ppm:nä, koko jääkauden jälkeisen ajan. 200 vuotta sitten se kääntyi jyrkkään nousuun ja on nyt 1,65 ppm kohoten kiihtyvällä nopeudella 0,017 ppm vuodessa (JANTUNEN ja NEVANLINNA 1990).

JANTUSEN ja NEVANLINNAN (1990) mukaan metaanin tärkeimmät lähteet luonnossa ovat suot ja kosteikot (100-150 Mt/a), märehitjät ja termiitit. Metaanin kokonaispäästöksi maapallolla on arvioitu 500 Mt/a. Metaanipäästöjen arvioidaan kärjistävän hiilidioksidipäästöjen aiheuttamaa ilmastonmuutosta, koska ilmakehän metaanipitoisuus kasvaa nopeammin kuin hiilidioksidipitoisuus.

JANTUSEN ja NEVANLINNAN (1990) luettelossa ihmistoiminnan metaanilähteitä ovat riisinviljelys (150 Mt/a), karjanhoito (80 Mt/a), vuodot kaatopaikoilta, öljy- ja maakaasukentiltä sekä kaasuputkiverkostosta (yhteensä 100 Mt/a), polttoaineiden epätäydellinen palaminen (70 Mt/a) ja asfaltin hajoaminen auringon UV-säteilyn vaikutuksesta (ehkä 10 Mt/a).

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkija Tuomo Salmikangas on tehnyt selvityksen "Maatalouden, jätevesien ja kaatopaikkojen metaanipäästöt". SALMIKANGAS (1989) toteaa selvityksessään, että kasvissyöjien ja märehitjoiden suolistossa kehittyy metaanikaasua ruuan hajotessa anaerobisissa olosuhteissa. Kotieläimistä varsinkin nauta tuottaa runsaasti metaania (Taulukko 6).

Taulukko 6. Kotieläinten ruuansulatuksessa tuottamat metaanimäärät (SALMIKANGAS 1989).

Eläin	Metaanin tuotto, g/d
Nauta	200,0
Hevonen	106,0
Lammas	15,1
Vuohi	14,7

Kotieläinten ruuansulatuksessa vapautuvan metaanin määrä on noin 125 000 t vuodessa (SALMIKANGAS 1989, taulukko 7).

Taulukko 7. Arvio kotieläinten tuottamista metaanipäästöistä (SALMIKANGAS 1989).

Eläin	Metaanipäästö, t/a
Nauta	114 000
Hevonen	2 000
Lammas	1 000
Sika	8 000

Ruansulatuksen lisäksi vapautuu metaania kotieläinten ulosteista niiden hajotessa. Suomen kotieläinten vuosittain ulosteissaan tuottamaksi orgaanisen hiilen kokonaismääräksi on arvioitu 800 000 t (SALMIKANGAS 1989).

Anaerobisesti hajotessaan 1 kg hiiltä tuottaa 0,5 kg metaania. Jos arvioidaan, että 10 % eläinten ulosteissa olevasta orgaanisesta hiilestä hajoaa anaerobisissa olosuhteissa muodostaen metaania, saadaan vuosittain vapautuvaksi metaanimääräksi 40 000 t. Täten Suomen kotieläintalouden (karjatalouden) vuosittaiset metaanipäästöt olisivat yhteensä 165 000 t (SALMIKANGAS 1989).

Myös viljelymaista haihtuu metaania. Suomessa ei kuitenkaan ole määritetty metaanin päästökertoimia viljelymaille. Niinpä Suomen viljelymaiden metaanipäästöjen arvioinnissa on käytetty sveitsiläisiä päästökertoimia.

Metaanin arvioidut päästöt Suomessa olivat vuonna 1988 yhteensä 330 milj. kg CH₄ (Taulukko 8, ANON.a 1990).

Karjatalouden ja maanviljelyn metaanipäästöt, noin 180 milj. kg, olivat vuonna 1988 55 % ihmistoiminnasta aiheutuneista metaanipäästöistä Suomessa.

Taulukko 8. Metaanin päästöt Suomessa vuonna 1988 (ANON.a 1990).

Päästölähde	1000 t CH ₄
Energiantuotanto (poltto)	noin 80
Karjatalous	165
Maanviljely	15
Kaatopaikat	30
Jätevedet	37
<u>Yhteensä</u>	<u>noin 330</u>

Otsoni

Otsonilla ei ole maan pinnalla luonnollisia lähteitä. Ihmistoiminnan aiheuttamat suorat otsonipäästöt ilmakehään ovat pieniä. Otsonia syntyy ilmakehässä auringon valon vaikutuksesta muun muassa typen oksidien ja hiilivetyjen keskinäisissä reaktioissa. Esimerkiksi metaani edistää otsonin muodostumista troposfäärisä.

Otsoni on reaktiivinen hapetin. Sen pitoisuus vaihtelee troposfäärissä voimakkaasti eri päivinä ja eri vuorokauden aikoina. Maa ja kasvusto toimivat otsonin tehokkaina nieluina.

Jonkinlaisen troposfäärin ilman otsonin taustapitoisuutena voidaan pitää pitoisuutta 0,01-0,02 ppm.

Samalla kun stratosfäärin otsonipitoisuudet ovat alentuneet maa-

pallon napa-alueilla CFC-kaasujen vaikutuksesta, troposfäärin otsonipitoisuudet ovat kohoamassa tiheimmin asutuilla alueilla Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa liikenteen, voiman- ja lämmön- tuotannon päästöjen seurauksena (JANTUNEN ja NEVANLINNA 1990).

Maatalouden osuus kasvihuonekaasupäästöistä

Maatalouden osuus ihmistoiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöistä Suomessa on seuraava:

Hiilidioksidi (energiantuotanto ja -kulutus)	3 %
Metaani	55 %
Typpioksiduuli	kymmeniä %
Otsoni	ei arvioitavissa
CFC	vähäinen

Hiilidioksidia lukuunottamatta osuusarviot ovat erittäin karkeita.

Maatalouden metaani- ja typpioksiduulipäästöjen osuus ihmistoiminnasta peräisin olevista kasvihuonekaasupäästöistä lienee erittäin merkittävä.

Kasvihuonekaasujen torjunta

Ilmastonmuutosta aiheuttavien kasvihuonekaasujen torjuntaan on käytössä periaatteessa hyvin vähän keinoja (ANON.a 1990):

1. Kasvihuonekaasujen muodostumisen estäminen tai vähentäminen
2. Hiilidioksidin sitominen biomassaan
3. Hiilidioksidin absorbointi tai varastointi

Tällä hetkellä vain kaksi ensimmäistä torjuntakeinoja ovat varteenotettavia.

Torjuntatoimien jako

Torjuntatoimet jaetaan yleensä seuraaviin osa-alueisiin (ANON.a 1990):

1. Tekniset toimet
2. Taloudelliset toimet
3. Rajoitukset
4. Tiedotus

Maatalous ei avainasemassa

JANTUNEN JA NEVANLINNA (1990) toteavat raportissa "Kasvihuoneilmiö, ilmastonmuutos ja Suomi" sivulla 115: "Vaikka tämä raportti

ei painotukaan maatalouteen eikä metsänhoitoon, on kuitenkin todettava, että niiden täytyy olla Suomen hiilidioksidipäästöjen rajoittamisessa keskeisessä asemassa."

Jantunen ja Nevanlinna ovat yliarvioineet maatalouden mahdollisuudet kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisessä. On helposti pääteltävissä, ettei maataloudesta ole Suomen kasvihuonekaasupäästöjen rajoittajaksi.

Hiilidioksidipäästöt ovat peräisin lähinnä energian tuotannosta ja käytöstä, joilla sektoreilla kasvihuonekaasupäästöjä ensi sijassa on myös pyrittävä vähentämään. Maatalouden osuus Suomen energiantuotannon ja -kulutuksen hiilidioksidipäästöistä on vain 3 %. Biomassan kasvatuksen ja hajottamisen (sisältäen polton) hiilidioksidivirrat ovat maataloudessa suurin piirtein tasapainossa.

Maatalouden metaani- ja typpioksiduulipäästöt suuria

Ihmistoiminnan aiheuttamista metaani- ja typpioksiduulipäästöistä maatalouden osuus lienee Suomessa suuri, mahdollisesti jopa kymmeniä prosentteja.

On kuitenkin huomattava, että maatalouden typpioksiduuli- ja metaanipäästöt ovat tasapainotilassa tai jopa vähenemässä, koska niin maanviljelyn kuin karjanhoidonkin sekä intensiteetti että laajuus ovat supistumassa maataloustuotannon volyymin pienentyessä lähivuosina.

Metaanipäästöt ovat pääosin peräisin karjanhoidosta, eikä metaanipäästöjen vähentämiseen teknisen keinoin näytä olevan paljon mahdollisuuksia lähitulevaisuudessa. Sen sijaan typpioksiduulipäästöjä voitaneen jonkin verran vähentää kehittämällä viljelytekniikoita ja -menetelmiä. Typpioksiduulipäästöjä ja metaanipäästöjä tapahtuu luonnossa kuitenkin toimenpiteistämme riippumatta.

Hiilidioksidi metsään

Metsätaloudessa päästään sitomaan hiilidioksidia pois ilmakehästä vain lisäämällä pysyvästi metsänkasvua esimerkiksi metsäpinta-alaa kasvattamalla. JANTUNEN ja NEVANLINNA (1990) toteavatkin, että puun poltto voi hyvinkin olla yksi osaratkaisu hiilidioksidiongelmaan, mutta vain sillä edellytyksellä, että se perustuu metsän tai energiaviljelmän jatkuvalle uudistamiselle.

JANTUNEN ja NEVANLINNA (1990) arvelevat, että melko harvaan asutussa ja metsäisessä maassa, kuten Suomessa, viljelyn biomassan osuus koko energiataseessa on mahdollista nostaa varsin suureksi. Tämä edellyttäisi kuitenkin laajuudeltaan nykyisiin peltoaloihin verrattavien metsäalojen raivaamista istutetuksi, lannoitetuksi, tarvittaessa pestisideillä suojatuksi ja muutaman vuoden välein koneellisesti korjatuksi energiaviljelmäksi.

Maanviljelyn mahdollisuudet korjata esimerkiksi turpeenpoltosta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ovat mitättömät. AHLHOLM ja SILVOLA (1990) ovat esittäneet dramaattisia lukuja turpeenpoltosta: "Jos Suomessa poltetaan kaksi metriä paksu turvekerros 1 ha:n alueelta, vapautuu hiilidioksidia ilmakehään noin 3700 tonnia. Tuotannosta vapautuvan alueen jälkikäsitteilyvaihtoehtoista metsittäminen sitoisi maksimipuustovaiheessa (noin 70 a) arviolta 10 % ja energiapuun viljely 5-10 vuoden kiertoajalla maksimissaan 2-5 % polton seurauksena vapautuvasta hiilidioksidista. Uudelleen soistuttamalla polttoa vastaavan hiilimäärän sitoutuminen kestäisi yli 4000 vuotta. Viljelykäytössä ei hiilen nettositoutumista tapahdu käytännöllisesti katsoen lainkaan."

Toisaalta Luonnonvarainneuvoston selvitys "Ilmastomuutoksen vastatoimista pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsissä" (ANON.d 1990) antaa varsin optimistisen kuvan fossiilisista polttoaineista saatavan energian korvaamisesta puuntuotantoon ja -käyttöön perustuvalla energialla. Voisi tämän perusteella kuvitella liikatuotannosta poistettavan viljelymaan sopivan erinomaisesti puuntuotantoon.

Biomassa vähenee

JANTUSEN ja NEVANLINNAN (1990) mukaan Suomessakin biomassa vähenee ja biomassan hiilidioksiditase on voimakkaasti negatiivinen. Tämän mukaan biomassan hajoaminen vapauttaa Suomessa ilmakehään paljon enemmän hiilidioksidia kuin mitä fotosynteesi sitoo.

Negatiiviseen hiilidioksiditaseeseen on syynä metsien, soiden ja peltojen ojitus, joka kuivattaa maata ja nopeuttaa kuolleen biomassan hajoamista.

Selvää on, että viime vuosikymmenien aikana toimeenpannut peltonparannustoimenpiteet ovat muuttaneet pellon oloja siten, että orgaanisen aineksen hajoaminen on kiihtynyt. Nyt kuitenkin suurisuuntaiset pellonraivaus- ja ojitustoimenpiteet sekä muut peltonperusparannustoimenpiteet ovat suoritettut, eikä vartenotettavia uusia päästölähteitä tai entisten päästölähteiden huomattavaa tehostumista ole näköpiirissä.

Päästöistä eroon ylituotantoa leikkaamalla

Pinta-alaltaan yli 1 ha:n tiloja Suomessa oli viime vuoden puolivälissä 197 630 kpl, joista maataloudellista tuotantotoimintaa harjoitti lähes 130 000 tilaa (ANON.e 1991). Suomen maataloudessa on siten suunnaton joukko kasvihuonekaasujen päästölähteitä. Päästölähteiden suuresta lukumäärästä ja alueellisesta laajuudesta käy ilmi, ettei yksinkertaista teknistä keinoa päästöjen pienentämiseksi ole olemassa.

Suomessa on tällä hetkellä maataloudessa huomattavaakin liikatuotantoa. Ylituotannon markkinoinnista aiheutuneet korkeat kus-

tannukset ovat lisänneet pyrkimyksiä vähentää viljelyalaamme ja kotieläinten lukumäärää.

Maataloustuotantomme volyymin pienentyessä lähivuosina vähenevät maatalouden kasvihuonekaasupäästöt automaattisesti. Myös tilojen lukumäärän vähetessä pienevät kasvihuonekaasujen päästöt, koska tuotannon tehokkuus paranee.

Vuonna 1987 laadittu maatalouspoliittinen ohjelma on tarkistettavana ja uudistusehdotukset valmistuvat kesään 1991 mennessä. Liikatuotannon rajoittaminen ja vähentäminen merkitsevät karjataloudessa lypsylehmien, sikojen ja kanojen lukumäärän vähentämistä. Toisaalta jossain määrin maatalousyritysten kokoa suurentamalla pyritään turvaamaan viljelijöiden tulotasoa. Käytännössä näiden tavoitteiden yhteensovittaminen johtaa tuotannossa olevien maatilojen lukumäärän vähenemiseen.

Päästöt vähenevät 20 %:lla

Tämänhetkisten näkymien mukaan lypsylehmien lukumäärä tulee tuotannon vähentämisen vuoksi supistumaan nykyisestä 500 000 yksilöstä alle 400 000:n 1990-luvulla. Tämän perusteella tulevat karjatalouden metaanipäästöt pienenevät samassa suhteessa eli 20 %:lla.

Suomessa on peltoa tällä hetkellä 2 517 000 hehtaaria, joista viljelyssä 2 milj. ha. Hoidettua kesantoa oli vuonna 1990 vajaat 200 000 ha (ANON.e 1991). Noin 400 000 peltohehtaaria pyritään poistamaan viljelystä lähivuosina. Jos lähdetään siitä oletuksesta, että kaikkien viljelyssä olevien peltohehtaarien käytöstä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat yhtäsuuret, tulevat ne vähenemään lähes 20 % energian kulutuksen pienentyessä. Typpioksiduulipäästötkin todennäköisesti vähenevät, mutta tuskin samassa suhteessa kuin peltoa poistuu viljelystä.

Jos viljelystä poistettua peltoa pidetään avokesantona, on mahdollista, että typpioksiduulipäästöt pysyvät "korkeina", sillä joissakin kokeissa pääosa kasvuston peittämästä maasta denitriфикаatioprosesseissa ilmaan häviävästä tpeestä on ollut typpi-kaasua, kun taas ilman kasvustoa maasta on vapautunut enemmän typpioksiduulia N₂O.

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen viljelypinta-alan pienentyessä saattaa ainakin CO₂-päästöjen osalta olla runsaampaakin, kuin viljelypinta-alan vähenemisestä voisi päätellä. Tähän on syynä se, että viljelystä poistettaneen ensi sijassa tehottomimpia tiloja, joiden ominaispäästöt esimerkiksi energian kulutuksessa ovat todennäköisesti suuret. Toisaalta tilakoon kasvattamisesta seuraa, että maatalouden tuotokseen nähden päästöt tulevat edelleen pieneneväksi. Tämä johtuu muun muassa maatalouskoneiden, kuten traktorien ja kuivurien entistä tehokkaammasta käytöstä. Myös karjasuojien suureudessa niiden lämmityskustannukset tuotantoyksikköä kohti todennäköisesti pienenevät.

Hiilidioksidi lannoitteena

Hiilidioksidi toimii myös kasvien lannoitusaineena. On mielenkiintoinen asia, miten ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen tulee muuttamaan biomassan tuotantoa. Periaatteessa lisähiilidioksidi tehostaa monien viljelykasvien kasvua (ANON.c 1989).

Jos nykyisen satotason saavuttaminen on mahdollista tulevaisuudessa nykyistä pienemmin panoksin, maanviljelyssä säästyy energiaa ja ainakin hiilidioksidipäästöt vähenevät. Samalla viljelypinta-alaa on mahdollista edelleen pienentää metsittämällä viljelystä poistettavaa peltoa.

Kasvihuoneilmiön tehostumisesta odotettuja maataloustuotannolle myönteisiä vaikutuksia heikentävät kuitenkin muun muassa epäilyt kasvintuhoojien esiintymisen lisääntymisestä ja sateisuuden virheellisestä ajoittumisesta kasvien veden tarpeeseen nähden. Esillä on ollut uhkakuvia sääolojen muuttumisesta epäsuotuisiksi viljelykasvien kylvömuokkauksen, itse kasvien kylvön ja toisaalta sadon korjuun kannalta.

Metaanipäästöjen vähentäminen vaikeaa

Kotieläintuotannosta peräisin olevien metaanipäästöjen pienentäminen muuten kuin karjamäärää pienentämällä ei näytä realistiselta. Ei ole olemassa, eikä ilmeisesti myöskään kehitteillä, mitään sellaista laitetta (konverttertia) tai menetelmää, jolla eläinten ruoansulatuksesta peräisin olevat metaanipäästöt saataisiin vähenemään.

Ehkä olisi mahdollista kehittää karjasuojiin jonkinlainen metaanin poistojärjestelmä. Se edellyttäisi tietenkin kotieläinten pitämistä sisätiloissa mahdollisimman suuren osan vuotta. Kotieläimet ovatkin Suomessa jo luonnostaan pitkän ajan vuodesta sisäruokinnassa. Tätä aikaa voitaisiin tarvittaessa mahdollisesti lisätä. Karjasuojien metaanin poistojärjestelmää ei tiettävästi kuitenkaan ole käytössä, enkä ole kuullut sellaisten suunnittelustakaan mitään missään maapallon maassa.

Eräs mahdollisuus vähentää karjatalouden metaanipäästöjä on sellaisten lannankäsittelymenetelmien kehittäminen, joilla voidaan estää lannan hajoamisessa vaputuvaa metaania karkaamasta ilmakehään.

Viljelytekniikoita kehitettävä

Maanviljelyn typpioksiduulipäästöjen vähentämiseksi tulee huolehtia siitä, että viljelymaan rakenne pysyy mahdollisimman hyvänä kasvintuotannon kannalta. Se tarkoittaa sitä, että peltojen ojitus on kunnossa, maan haitallinen tiivistyminen estetään ja viljelytekniikka on asiallista. Tässä suhteessa on nykyisestä

tilanteesta parantamisen varaa.

Maan rakenne- ja ojitustutkimusta olisi tehostettava. Tutkimuksessa olisi päästävä sekä tieteellisessä mielessä että käytännön ratkaisuihin eteenpäin. Tämä tutkimusala kaipaisi kiireesti lisäresursseja, myös sen vuoksi, että maanviljelyn aiheuttamien ympäristöhaittojen minimoiminen vaatii maataloudelta tulevaisuudessa yhä pehmeämpiä viljelytekniikoita.

Lannoituksen taloudellisuuslaskelmia tarkistettava

Lannoitus on järkiperaistymässä parin viime vuosikymmenen viljeleistä vuosista, jolloin lannoitteiden halpuus ja lannoitevalmistajan tavoitteet liiaksi ohjasivat lannoitteiden käyttöä. Lannoitteita pyritään yhä useammin käyttämään siten, että lannoitus ottaa huomioon maan kulloisenkin viljavuustilan ja vastaa mahdollisimman tarkoin kasvin tarpeita.

Lannoituskäytännön järkiperaistymisen pääsyy on ollut ympäristöviranomaisilta, nimenomaan vesiviranomaisilta, tullut selvä vaatimus lannoituksen vähentämisestä ja sen virheiden korjaamisesta. Silti viljavuusanalyysin nykyistä laajempi käyttö lannoituksen perustana olisi tarpeen. Lannoitussuunnitelmat ja niiden perustana oleva viljavuusanalyysi pitäisi määrätä pakollisiksi. Ilmeisesti myös lannoituksen taloudellisuuslaskelmat perustuvat liiaksi jonkin "optimaalisen huippusadon" tavoittelemiseen ottamatta riittävästi huomioon eri toimenpiteiden vaikutusta ympäristöön.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä aiheutuvat kustannukset

Maataloustuotantomme on juuri nyt suurten myllerryksen kourissa. Maataloustuotantomme volyyymi on lähi vuosina selvästi pienenevässä. Tähän ovat syynä liikatuotannon markkinoinnin kalleus, Euroopan yhdyntymisen mukaan tuomat paineet maatalouskaupan ainakin osittaisesta vapautumisesta sekä ympäristön saastuminen. On otaksuttavissa, että maataloustuotannostamme aiheutuvat kasvihuonekaasujen päästöt vähenevät 1990-luvulla noin 20 % ilman erityisiä päästöjä rajoittavia toimenpiteitä ja niistä seuraavia kustannuksia.

Maataloustuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen yli 20 %:lla edellyttää suunniteltua voimakkaampaa tuotantovolyymin supistamista. Ei ole olemassa teknisiä keinoja, joilla voitaisiin tehokkaasti vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän vuoksi ei voida esittää myöskään käyviä laskelmia päästövähennysten kustannuksista.

Maataloustuotannosta aiheutuvia kasvihuonekaasujen päästöjä voidaan silti jossain määrin vähentää myös parantamalla viljelymenetelmiä ja -tekniikoita.

Esimerkiksi maan fysikaaliset ominaisuudet säätelevät maassa tapahtuvia prosesseja. Maan rakenteen hoito on tärkeää sekä sen toimivuuden että kasvukunnan kannalta. Tiivistyminen on yksi haitallisimmin maan rakenteeseen vaikuttava tekijä. Se aiheuttaa ojitusongelmia ja lisää myös pintavalunnan riskiä.

Nykyaikainen viljelytekniikka, johon kuuluvat maan runsas muokkaaminen ja yksipuolinen viljanviljely, kuluttaa maata. Se myös vähentää maan orgaanisen aineksen pitoisuutta sekä heikentää maan mururakenteen stabiilisuutta. "Sairaassa" maassa esiintyy helposti anaerobisia oloja ja siten myös typpioksiduulin päästöt voivat helposti lisääntyä denitrifikaation vuoksi.

KIRJALLISUUS

- AHLHOLM, U. & SILVOLA, J. 1990. Turvetuotannon ja turpeen käytön osuus maapallon ja Suomen hiilitaseessa. Kirjallisuuskatsaus. KTM Sarja D:183. 49 s.
- ANON.a 1990. Ympäristöministeriön Ilmastokaasutyöryhmän väliraportti. 50 s. ja 6 liitesivua.
- ANON.b 1989. Otsoni ja ilmastomuutokset. Ympäristöministeriö E/16. 16 s.
- ANON.c 1989. The full range of responses to anticipated climatic change. UNEP and The Beijer Institute. 182 p.
- ANON.d 1990. Ilmastomuutoksen vastatoimet pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsissä. Luonnonvarajulkaisuja 13. 46 s.
- ANON.e 1991. Suullinen tiedonanto. 20.2.1991 julkistettut ennakkotiedot uusitusta ja tarkennetuista menetelmin kootusta Maatilarakisteristä. Maatilahallitus. Tilastotoimisto.
- BOSTRÖM, S., BACKMAN, R. & HUPA, M. 1990. Energiantuotannon ja -kulutuksen kasvihuonekaasujen päästöt Suomessa. KTM Sarja D:186. 49 s.
- JANTUNEN, M. & NEVANLINNA, L. (kirj.) 1990. Kasvihuoneilmiö, ilmastomuutos ja Suomi. Teknillisten tieteiden akatemia. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 166 s.
- SALMIKANGAS, T. 1989. Maatalouden, jätevesien ja kaatopaikkojen metaanipäästöt. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Kemian laboratorio. Moniste. 13 s.
- WELLBURN, A. 1988. Air pollution and acid rain: The biological impact. Longman Scientific & Technical with John Wiley & Sons, Inc., New York, Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd., Singapore. 274 p.
- YLÄRANTA, T. & JAAKKOLA, A. 1985. Lannoitetypen häviö märässä ja tiiviissä maassa. SITRA:n Julkaisussa 22: Typen hyväksikäyttö ja häviö lysimetri- ja astiakokeissa, ss. 39-53.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

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

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.
4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-1983. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaatilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranhéinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekéiden tuloksia 1978-1983. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalojeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristökéijóiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.

22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.
23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteen kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina. III Kompostin arvo lannoitteena. 52 p.

1985

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

15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.
16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.
17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet. Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-1984.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmista. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urea, urea-fosforihappo-viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakaval-kuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.
2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteenä. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheiniä ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Hernekaurasta saatava typpilannoitusohje. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kulumisen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pihlajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyvalvonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984. 29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turvemaiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astiakokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p. 63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahinkojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ymppeäys Rhizobium-bakteerilla. Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa. P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasviperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljosten siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TAL-
VITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vai-
kutukset kevätiljosten satoon ja laatuun: kuuden koevuoden
tulokset. p. 1-61 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality
of cereals: results after six years.

PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin
ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62-167 sisältäen 3
liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemi-
cal properties of soil.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONT-
TURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988.
147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetaimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPI, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumiltilta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pakkala. 95 p.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.
 JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. p. 7-22.
 JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.
 PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p.35-38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakoikeissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrad avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink. p. 1-17.
 ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents. p. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. p. 54.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. p. 1-24.
 Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. p. 26-48.
 Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. p. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.

21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.

1990

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 40 p.
2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätviljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y & PIETILÄ, E. Laari-kevätheinä. 32 p. + 2 liitettä.
6. RIEPPONEN, L. & RINNE, S-L & HIIVOLA, S-L & SIMOJOKI, P. & SIPPOLA, J. ja TALVITIE, H. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuusvertailu. 38 p. + 8 liitettä.
7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.
8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena p. 1-11
Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina p. 12-18
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59p. 9 liitettä.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93p.
11. UOSUKAINEN, M. Tervetaimiasemalla tuotannossa olevat ja lajikekokeita varten lisätyt luumulajikkeet. p. 1-29.
UUSITALO, M. Luumujen ja kirsikan virustaudit. p. 31-42.
12. JUHANOJA, S. Kesäkukkien leikkoviljely kasvihuoneessa.
JUHANOJA, S. Morsiusharson kaksivuotinen lasinalaisviljely.
JUHANOJA, S. Pikkusipulikukkien leikkoviljely kasvihuoneessa.

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983-1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.

5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.

