

*Maatalouden
tutkimuskeskuksen
julkaisuja*

S A R J A A

12

Pirkko Laitinen

Ritva Raisio

Katri Siimes

**Torjunta-ainepäästöt
maataloudessa
(MATYVA-Projekti)**

Pirkko Laitinen

Ritva Raisio

Katri Siimes

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvinsuojelun tutkimuslaitos
31600 Jokioinen, puh. (03) 41 881*

Torjunta-ainepäästöt maataloudessa (MATYVA-Projekti)

Pesticide load in agriculture, (MATYVA-project)

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-475-1

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) 1996

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT), 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puh. (03) 41 881, telekopio (03) 418 8339

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Tiivistelmä

Avainsanat: torjunta-aineiden käyttö, päästöt, maaseutukeskukset, arviointi vuodelta 1994.

Tämä selvitys on osa vuonna 1993 käynnistynyttä 'Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristötaloudelliset vaikutukset' (MATYVA) -projektia (Osa 4.2: 'Tavanomaisen viljelyn torjunta-ainepäästöt'). Sen tarkoituksena on kuvata torjunta-aineiden käyttäytymistä ja huuhtoutumista viljelymaassa ja arvioida huuhtoutumisen suuruusluokkaa ja käytön alueellista ja tuotantoalakohtaista jakautumista.

Torjunta-ainepäästöt vesistöihin vaihtelevat aineesta ja olosuhteista riippuen ja lienevät meillä 0,1–1,0 % aineiden käytöstä. Ajoittain pintavesien torjunta-ainepitoisuudet ylittävät talousvedelle asetetut raja-arvot. Mikäli torjunta-aineita joudutaan poistamaan raakavedestä, siitä aiheutuu yhteiskunnalle suuria kustannuksia.

Torjunta-aineiden kulkeutuminen ja hajoaminen maassa riippuu monista aineen ja maaperän fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, säätilasta ja viljelymenetelmistä. Torjunta-ainepäästöjen arvioimiseksi on tunnettava paikalliset maaperä- ja ilmasto-olosuhteet ainakin pääpiirteissään. Koska aineet liikkuvat veden mukana, päästöjen aluetasoinen ennustaminen on mahdollista matemaattisten mallien avulla, mikäli maalajit pystytään luokittelemaan ja paikantamaan hydrologisten omi-

naisuksiensa mukaan. Valuma-alueitasoinen tietojärjestelmä on erityisen tärkeä silloin, kun pintavettä käytetään talousveden raakavetenä tai pohjavesien saastumisvaara on olemassa.

Torjunta-aineiden myyntiä on meillä tilastoitu ja julkaistu vuodesta 1953 lähtien. Suurimmillaan myynti oli 1980. Maataloudessa käytettävien torjunta-aineiden myynti oli silloin tehoaineina n. 2400 tonnia. Sen jälkeen myynti on vähentynyt ja oli vuonna 1994 1272 tonnia. Teoreettinen, myyntimäärästä laskettu keskimääräinen käyttö viljeltyä peltohehtaaria kohti vuonna 1994 oli 0,71 kg/ha, 0,2 kg/ha). Kainuun ja Lapin aluelta ei torjunta-aineiden käyttöä arvioitu.

Suurin osa torjunta-aineista käytettiin kevätviljojen viljelyssä (62 %). Seuraavina olivat peruna (13 %), sokerijuurikas (12 %) ja kesanto (7 %). Syysviljoilla, nurmi-heinä- ja öljykasveilla käyttö oli n. 2,5 % kokonaiskäytöstä.

Alueellisen torjunta-aineiden käytön arvioimiseksi on meillä eri tahoilta saatavilla tarvittavia tietoja pitkältikin aikaväliltä. Kohtalaisen luotettavien arvioiden laatiminen on mahdollista. Takautuvalla arvioinnilla on merkitystä, koska torjunta-aineita voi ilmaantua pohjavesiin vuosien kuluttua käsittelystä. Tärkeää olisi luoda jatkuva seurantajärjestelmä mahdollisten riskien arvioimiseksi.

Summary

Key words: pesticide use and sale, Rural Centre, estimation in 1994.

This publication is a part of the project "The economical effects of the environmental impacts of agricultural production alternatives" launched in 1993. The aim is to examine the fate of pesticides in arable soils and to estimate the use of pesticides by region and the production sector.

Pesticide run-off depends on the pesticide used and the environmental conditions. In Finland run-off is thought to vary from 0.1% to 1.0% calculated from the total pesticide used. Pesticide contents in surface water occasionally exceed the limits set for drinking water. The removal of pesticides from raw water would be very expensive for society.

Pesticide transport and degradation in the soil depend on many physical and chemical properties of the pesticide and the soil environment. The climate and soil management systems also influence the migration and degradation of pesticides. Local soil and climate conditions need to be known (at least approximately) if we are to be able to evaluate pesticide run-offs into the environment. If the soil type can be classified and its hydrological properties evaluated, pesticide run-offs can be estimated at local level with mathematical models. A data base on the local run-off area is important when surface water is used as a source of raw water for drinking water or if there is a danger of the groundwater being polluted.

Pesticide sales have been recorded and published in Finland since 1953. Sales were highest in 1980, when approximately 2400 tonnes (calculated as active ingredients) of pesticides were used in agriculture. Since then sales have declined; in 1994 the figure was 1272 tonnes. In theory this makes for 0.71 kg of pesticides per cultivated hectare.

Regionally (based on an evaluation made by Rural Centres 1994) total use of pesticides was greatest in the coastal area of Finland, where the percentage of fields is also highest. Pesticide use was greatest (10.92 kg/ha) in Turku region and smallest in North Karelia (0.2 kg/ha). Pesticide use was not evaluated in Kainuu or Lapland.

The highest proportion of pesticides was used for the cultivation of spring crops (62%). Next came potatoes (13%), sugar beet (12%) and fallow (7%). Total pesticide use for autumn crops, grasses, hay and rape for oilseed was approximately 2.5%.

Regional pesticide use can be evaluated with information available over long period in Finland. With this information it is then possible to make predictions. It is important to estimate the previous use of pesticide because pesticides may appear in the groundwater even years after they have been used. It would be important to create a procedure for evaluate possible risks.

Alkusanat

Vuonna 1994 käynnistettiin maa- ja metsätalousministeriön rahoittama projekti Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristötaloudelliset vaikutukset (MATYVA). Projektin tarkoituksena on arvioida tavanomaisesta luomuviljelyyn ulottuvien maatalouden tuotantovaihtoehtojen taloudellista kannattavuutta tila- ja yhteiskuntatalouden tasolla ottaen huomioon maatalouden ympäristövaikutukset. Tämä kirjallisuuskatsaus liittyy osaprojektiin 4: Tuotantovaihtoehtojen ravinne- ja kasvin-suojeluainepäästöt: Tavanomaisen viljelyn kasvin-suojelupäästöt. Tutkimus perustuu kirjallisuus-

teen, kotimaisiin huuhtoutumistutkimuksiin ja maaseutukeskuksittain tehtyyn torjunta-aineiden käytön arviointiin vuodelta 1994. Tavoitteena on kuvata torjunta-aineiden käyttäytymistä ja huuhtoutumista viljelymaassa, arvioida huuhtoutumisen suuruusluokkaa ja käytön alueellista ja tuotantoalakohtaista jakautumista.

Parhaimmat kiitoksemme maaseutukeskusten neuvojille ja Torjunta-ainetuottajien yhdistykselle (TATY) torjunta-aineiden käytön arviointiin osallistumisesta.

Jokioisilla elokuun 18. päivänä 1996
Pirkko Laitinen, Ritva Raisio ja Katri Siimes

Sisällys

Tiivistelmä	3
Summary	4
Alkusanat	5
1 Johdanto	9
2 Torjunta-aineiden käyttäytyminen viljelymaassa	10
2.1 Torjunta-aineiden kulkeutuminen ja hajoaminen	10
2.2 Viljelykäytännöt	11
2.3 Suojavyöhykkeet	11
3 Matemaattiset huuhtoutumismallit torjunta-ainepäästöjen ennustamisessa	12
3.1 GREAMS/GLEAMS (Ground water Loading Effects of Agricultural Management Systems)	12
3.1.1 GLEAMS-mallin soveltaminen Suomen oloihin	12
3.1.2 Kaltevuuden, maalajin ja sään vaikutus torjunta-ainepäästöihin, 25 vuoden simulointi GLEAMS-mallilla	13
3.1.2.1 Lähtötiedot	13
3.1.2.2 Tulokset	13
3.2 Torjunta-ainepäästöjen alueellinen mallintaminen ja riskin arviointi	16
4 Torjunta-aineiden esiintyminen ympäristössä	17
4.1 Valuma-alueetutkimukset	17
4.2 Huuhtoutumiskenttätutkimukset	17
4.2.1 Jokioisten ja Maaningan tutkimustulokset	18
4.2.2 Toholammin huuhtoutumiskenttätutkimukset	18
5 Torjunta-ainepäästöjen merkitys	20
5.1 Talousveden laatuvaatimukset	21
5.2 Pintavaluntavedelle tarvittava sekoittumissuhde laskuojassa tai muussa vesilähteessä	21
6 Elintarvikkeiden torjunta-ainejäämät	22
7 Torjunta-aineiden myynti ja käyttö Suomessa	23
7.1 Kokonaismyynti ja käyttö	23
7.2 Käyttö sokerijuurikkaan ja rypsin viljelyssä	23
8 Arvio torjunta-aineiden käytöstä vuonna 1994 maaseutukeskuksittain	27
8.1 Arvioinnin lähtökohdat	27
8.2 Arvioinnissa käytetyt torjunta-ainemäärät	28
8.3 Arvioinnin tulokset	29
8.3.1 Kokonaiskäyttö aluetta ja hehtaaria kohti	29
8.3.2 Alueellinen käyttö torjunta-aineryhmittäin	29

8.3.3 Kokonaiskäyttö kasviryhmittäin	29
8.3.4 Käsitellyn pinta-alan prosenttiosuus viljelyalasta kasviryhmittäin	32
8.4 Tulosten arviointi	33
Kirjallisuus	40

LIITTEET

- Liite 1 Torjunta-aineiden arvioitu käyttö aineryhmittäin 1994
- Liite 2 Torjunta-aineiden arvioitu käyttö kasviryhmittäin 1994
- Liite 3 Kasvitautilien torjunta-aineilla käsitelty ala kasviryhmittäin (% viljelyalasta)
- Liite 4 Tuhoeläinten torjunta-aineilla käsitelty ala kasviryhmittäin (% viljelyalasta)
- Liite 5 Rikkakasvien torjunta-aineilla käsitelty ala kasviryhmittäin (% viljelyalasta)
- Liite 6 Kasvunsääteillä käsitelty ala (% viljelyalasta)

1 Johdanto

MATYVA-projektin eräiksi tavoitteiksi asetettiin tavanomaisen viljelyn torjunta-ainepäästöjen ja niiden ympäristötaloudellisen merkityksen arviointi. Laajamittaista ja seikka-peräistä selvitystä torjunta-ainepäästöjen laadusta ja määrästä ei ole tehty ja niiden merkitys erilaisissa ekologisissa ympäristöissä tunnetaan huonosti, joskin se on nykyisin kasvavan mielenkiinnon kohteena.

Yksi tapa lähestyä asiaa on arvioida torjunta-aineiden käyttöä aluekohtaisesti ja luokitella alueet kuormituksen mukaan sekä määrittellä alueen sisällä olevat riskialttiit ja erityistoimenpiteitä vaativat kohteet. Tällaisenaankin tehtävä on vaikea, sillä pelkkä kokonaiskuormituksen tunteminen ei riitä riskien arvioimiseen, vaan siihen tarvitaan monipuolista tietoa maaperän laadusta, sen hydrologisista ominaisuuksista, viljelykäytännöistä ja käytettyjen torjunta-aineiden ominaisuuksista.

Alueelliset erot torjunta-aineiden käytössä johtuvat tuotannon laajuudesta ja kasvivalikoimasta, mutta myös erilaisten sääolosuhteiden aiheuttamasta torjuntatarpeen vaihtelusta. Tällaisia tietoja on eri tietolähteissä saatavilla pitkältikin ajalta, mikäli niiden työstäminen katsotaan tarpeelliseksi. Koska torjunta-aineiden kulkeutuminen maaperästä vesilähteisiin saattaa kestää kymmeniä vuosia, on taustatiedoilla merkitystä tulevaisuudessa riskejä arvioitaessa ja päätöksiä tehtäessä. Tämän selvityksen tavoitteena on kuvata torjunta-aineiden käyttäytymistä ja huuhtoutumista viljelymaasta ja arvioida torjunta-aineiden käyttöä alueellisesti ja tuotantoalakohtaisesti. Selvitys jakautuu kahteen osaan, joista ensimmäisessä käsitellään torjunta-aineiden käyttäytymistä viljelymaassa kirjallisuuden ja Suomessa tehtyjen huuhtoutumiskenttätutkimusten perusteella ja toinen osa sisältää maaseutukeskuskohtaiset arviot torjunta-aineiden käytöstä vuodelta 1994 sekä suppean, myynti- ja viljelytilastoihin perustuvan tarkastelun torjunta-aineiden kokonaiskäytöstä Suomessa pitemmältä aikaväliltä.

Kasvit

- haihtuminen
- kiinnittyminen
- kulkeutuminen
- hajoaminen
- kemiallinen
- fotokemiallinen
- (mikrobiologinen)
- huuhtoutuminen

Ilma

- (5–80 % käsittelyluoksesta)
- hajoaminen
- kemiallinen
- fotokemiallinen
- laskeumat
- reuna-alueet
- kaukokulkeumat

Maa

- haihtuminen
- kulkeutuminen
- sitoutuminen
- hajoaminen
- kemiallinen
- fotokemiallinen
- mikrobiologinen
- huuhtoutuminen pintavesissä
- suodattuminen pohjavesiin

Kuva 1. Torjunta-aineiden jakaantuminen käsittelytilanteessa ilman, kasvien ja maan välillä ja aineen myöhemmät vaiheet.

2 Torjunta-aineiden käyttäytyminen viljelymaassa

Käsittelytilanteessa torjunta-ainetta joutuu kohteen lisäksi myös muuhun ympäristöön. Miten se jakautuu kasvin, maan ja ilman välillä, riippuu käsittelyolosuhteista ja -menetelmistä. Käsiteltävän alueen ulkopuolelle ilmavirtojen

kantamina on arvioitu joutuvan pahimmillaan yli 90 % ruiskutettavasta aineesta. Optimaalisissa olosuhteissa hyvällä ruiskutustekniikalla päästö voi jäädä alle 6 %.

2.1 Torjunta-aineiden kulkeutuminen ja hajoaminen

Torjunta-aineiden kulkeutumiseen ja hajoamiseen kasveissa ja pellossa vaikuttavat aineen kemialliset ominaisuudet ja monet maaperästä ja säästä johtuvat tekijät. Vesistöihin torjunta-aineet joutuvat huuhtoutumalla tai maapartikkeleihin sitoutuneina eroosiossa ja jossain määrin myös kaukokulkeumina tuulen ja sadevesien mukana.

Aineiden kulkeutumista maassa arvioidaan yleisimmin niiden vesiliukoisuuden ja orgaaniseen ainekseen sitoutuvuuden perusteella. Näiden ominaisuuksien mukaan aineet luokitellaan kuuteen ryhmään, joiden ääripäinä ovat erittäin kulkeutuva ja kulkeutumaton (Ylä-Mononen 1993). Veteen hyvin liukeneva aine on usein myös hyvin kulkeutuva, mutta myös heikosti liukeneva aine voi kulkeutua veden mukana ja joutua pohjavesiin.

Kulkeutumiseen ja sitoutumiseen vaikuttavat myös muut tekijät, kuten saviaineksen ominaisuudet ja maan pH-arvo. Maaperän koostumuksella on siten ratkaiseva merkitys torjunta-aineiden kulkeutumiselle. Torjunta-aineiden sitoutuminen eri maalajeihin vaihtelee sen mukaan, millaisia kemiallisia sidoksia aine voi maahiukkasten kanssa muodostaa. Sidoksen lujuus, orgaanisen aineksen hajoaminen sekä veden virtausnopeus maan huokosissa tai sen pinnalla vaikuttavat siihen, miten nopeasti sitoutunutta ainetta vapautuu.

Hajoamisnopeutta ilmaistaan puoliintumisajalla. Sillä tarkoitetaan aikaa, jona alkuperäisestä ainemäärästä puolet on hajonnut. Puoliintumisaika riippuu mm. aineen koostumuksesta, lämpötilasta ja valon ja mikrobiston kyvystä hajottaa yhdistettä, joten aika voi vaihdella samallakin aineella olosuhteiden mukaan ja olla esim. pitempi maan syvemmissä kerroksissa kuin pellon pinnassa. Mikrobit eivät pysty hajottamaan maahan tiukasti sitoutunut-

ta yhdistettä, joten maalaji vaikuttaa etenkin mikrobiologisesti hajovien yhdisteiden hajoamisnopeuksiin. Esimerkiksi propikonatsolin puoliintumisaika on eri kirjallisuuslähteiden mukaan 38–162 vuorokautta.

Torjunta-aineet ryhmitellään puoliintumisaikojen perusteella viiteen ryhmään. Nopeasti hajoavana pidetään ainetta, jonka puoliintumisaika on alle 1 viikko, kohtalaisen hitaasti hajoavana, jos aine puoliintuu 1–3 kuukaudessa ja erittäin hitaasti hajoavana, jos puoliintumisaika on yli 8 kuukautta (Ylä-Mononen 1993).

Kasvustossa puoliintumisaika on yleensä lyhyempi kuin maassa. Dimetooatin (Roxion) puoliintumisaika lehdillä on 3 vrk ja maassa 7 vrk. Propikonatsolilla (Tilt) vastaavat ajat ovat 30 vrk lehdillä ja 110 vrk maassa, klor-sulfuronilla (Glean) 30 vrk lehdillä ja 160 vrk maassa ja MCPA:lla 8 vrk lehdillä ja 25 vrk maassa (Knisel 1993). Ilmasto-olosuhteista johtuen puoliintumisaikat maassa ovat meillä todennäköisesti pitempiä, kuin edellä mainitut ajat ovat.

Torjunta-aineiden käyttäytymisestä maaperässä on tehty useita yhteenvetoja. Pohjoismaisista katsauksista mainittakoon Junnilan (1984), Heinonen-Tanskin (1986), Torstenssonin (1987) ja Siltsen (1989) katsaukset sekä Braunschweilerin kenttäkokeisiin perustuva selvitys (1992). Yhteisenä havaintona kaikissa on että maalajilla ja sääolosuhteilla on suuri merkitys aineiden kulkeutumiselle ja hajoamiselle.

2.2 Viljelykäytännöt

Torjunta-aineita kulkeutuu pellon ulkopuolelle paitsi veden myös maa-aineksen mukana joko veden tai tuulen kuljettamina. Siten toimenpiteet, jotka vaikuttavat veden määrään ja liikkeisiin maassa vaikuttavat myös torjunta-aineiden hajoamiseen ja kulkeutumiseen. Näitä ovat mm. muokkaus, sadetus (määrä ja ajoittuminen ruiskutukseen nähden) ja maan pinnan peitteisyys.

Muokkauksella vaikutetaan maan huokoisuuteen ja siten sen vedenpidätyskykyyn. Kasvusto ja kasvijäte suojaavat maan pintaa ja

vähentävät maa-aineksen eroosiota veden ja tuulen mukana ja vaikuttavat myös veden imeytymiseen maahan. Tällä perusteella voitaneen olettaa, että perinteiset ja ns. kevyet muokkaustekniikat vaikuttavat eri lailla aineiden kulkeutumiseen ja hajoamiseen pellossa.

2.3 Suojavyöhykkeet

Suojavyöhykkeillä tarkoitetaan pellon sisällä tai sen reunassa olevaa aluetta, jota ei käsitellä torjunta-aineilla ja jonka tarkoituksena on vähentää pelloilta muuhun ympäristöön tulevaa kuormitusta. Suojavyöhykkeet toimivat sekä torjunta-aineiden leviämisen esteinä (lähilaskema- ja suodattumisalueena) että niiden hajottajina. Yleensä oletetaan, että ne antavat aikaa aineiden hajoamiselle ja siten vähentävät aineiden pääsyä pinta- ja pohjavesiin. Suojavyöhykkeiden tehokkuuteen vaikuttavat samat tekijät kuin pellossa ja niiden tehon ratkaisevat kulloisessakin tilanteessa vyöhykkeen leveys ja sillä oleva kasvusto. Torjunta-ainetutkimuksia on suojavyöhykekentillä tehty vähän ja niiden tehokkuudesta on siten vain vähän tietoja. Vyöhykkeiden vaikutusta pintavaluntaan ja sen mukana kulkeutuvaan kiintoainekseen ja ravinteisiin on tutkittu enemmän. Koska vyöhykkeet näyttävät useimmissa tapauksissa vähentävän sekä valuntaa että kiintoainesta, ne vähentävät ainakin kiintoainekseen sitoutuneiden torjunta-aineiden päästöjä.

Ranskassa 5,7 m leveä suojavyöhyke vähensi hiesumaalla toisena koevuotena 88 % pintavaluntaa, 93 % kiintoainespäästöjä ja 90–97 % eräiden torjunta-aineiden kokonaismääriä pintavalunnassa (Patty & Grill 1995). Ensimmäisenä vuotena teho oli heikompi.

Suomessa on aloitettu torjunta-ainekokeet Maatalouden tutkimuskeskuksen suojavyöhykekentällä 1995. Tutkimuksessa verrataan kahdenkasvustoltaan erityyppisen, 10 m leveän vyöhykkeen vaikutusta suojavyöhykkeettömään vaihtoehtoon. Alustavien tulosten mukaan niitetty nurmikaista vähentää pintaveden mukana kulkeutuvien torjunta-aineiden kokonaismääriä enemmän kuin luonnonkasvivyöhyke. Kentällä ei ole salaajavesien keräysjärjestelmää, joten valunnan ja torjunta-ainekuor-

mituksen jakautumista pinta- ja pohjavälunnan kesken ei tunneta (Laitinen ja Siimes 1996)

3 Matemaattiset huuhtoutumismallit torjunta-ainepäästöjen ennustamisessa

Matemaattisia huuhtoutumismalleja käytetään ravinne-, kiintoaines- ja torjunta-ainepäästöjen ennustamiseen. Ensimmäiset, jokseenkin yksinkertaiset mallit kehiteltiin 1960-luvulla.

1980-luvulle tultaessa kasvanut huolestuminen ympäristön tilasta ja maatalouden vaikutuksista siihen lisäsi tarvetta mallien kehittämiseen. Malleilla ei ole merkitystä pelkästään mahdollisten päästöjen ennustamisessa, vaan ne ovat myös apuvälineitä pyrittäessä ymmärtämään ja kuvaamaan aineiden kulkeutumiseen ja hajoamiseen vaikuttavia tekijöitä ja niiden välisiä yhteyksiä. On kuitenkin korostettava, että mallilla saatu tulos on yhtä hyvä tai huono kuin mallintamisessa käytettävien lähtötietojen pätevyys. Nykyisin torjunta-ainemalleja lienee parikymmentä. Seraavassa esitellään esimerkiksi erilaisiin käyttöihin soveltuvia malleja.

3.1 GREAMS/GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems).

GREAMS/GLEAMS-mallin kehittäminen aloitettiin USA:ssa 1978 (Leonard et al. 1987). Nykyisin käytettävissä olevilla versioilla voidaan ennustaa ravinteiden, kiintoaineksen ja torjunta-aineiden kulkeutumista pellossa.

GLEAMS-malli on kehitetty kuvaamaan ravinteiden ja torjunta-aineiden kulkeutumista pellossa pintavalunnan, erodoituvan aineksen

ja syvemmälle maahan suotautuvan veden mukana. Malli ennustaa pelloilta pintavalunnan mukana poistuvan ja juuristokerroksen alapuolelle kulkeutuvan torjunta-ainemäärän, mutta se ei ennusta niiden pitoisuuksia laskeutumisessa, vesistöissä tai pohjaväessä. Malli ei myöskään kuvaa aineiden mahdollisia ympäristövaikutuksia. Mikäli ojaiston tai vesistön koko torjunta-ainekuormitus ja virtaama sekoittumishetkellä tunnetaan, on mahdollista arvioida myös torjunta-ainepitoisuuksia vesistöissä, mutta GLEAMS-malli ei siihen sovellu. Tällöin mallin ennustamia peltokohtaisia valun- ja torjunta-ainepitoisuuksia voidaan käyttää syöttötietoina toiselle mallille, tai muulle laskennalle.

Mallilla voidaan vertailla eri viljelymenetelmien vaikutusta ravinne- ja torjunta-ainepäästöihin ja torjunta-aineiden käyttäytymistä erilaisissa maalajeissa ja sääolosuhteissa. Sitä voidaan käyttää myös eri torjunta-aineiden huuhtoutumisriskien vertailussa.

3.1.1 GLEAMS-mallin soveltaminen Suomen oloihin

Mallista on Vesi- ja ympäristöhallituksessa (nyk. Suomen ympäristökeskus) tehty kaksi versiota: pintavaluntaa ja sen mukana kulkeutuvia aineita ennustava ICEGREAM (Salo 1992) ja lähinnä torjunta-aineiden huuhtoutumisherkkyyksien vertailuun soveltuva PESTYM (Salo et al. 1993). Sovellutuksia voidaan käyttää ympäristöriskien arvioinnissa.

GLEAMS-malli on käytössä Maatalouden tutkimuskeskuksessa, jossa sen soveltuvuutta Suomen oloihin on testattu huuhtoutumiskentäkokeiden tuloksilla. Torjunta-aineista on käytettävissä kolmen vuoden aineisto Toholammin kentältä ja yhden kesän aineisto Jokioisten suojavyöhykentalta. Tähän mennessä saadut tulokset ovat tyydyttäviä. Toholammin aineistosta malli ennustaa sekä valun- ja torjunta-ainepäästöt kahtena vuotena hyvin, mutta ylläarvioi ne kolmantena vuotena.

3.1.2 Kaltevuuden, maalajin ja sään vaikutus torjunta-ainepäästöihin, 25 vuoden simulointi GLEAMS-mallilla

GLEAMS-mallilla vertailtiin hieta- ja savi-maan, lähes tasaisen ja kaltevan pellon eroja ominaisuuksiltaan erilaisten torjunta-aineiden päästöihin erilaisissa sääolosuhteissa. Mallilla haluttiin vertailla ainoastaan ympäristöolosuhteiden vaikutusta päästöihin, joten viljelytoimenpiteet ja niiden ajoittuminen pidettiin samoina kaikissa vaihtoehdoissa. Mallintamisessa käytettiin siten osittain kuvitteellisia olosuhteita, mikä on otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Käytännössä viljelytoimenpiteiden ajoitus vaihtelee vuosittain paikallisten sääolosuhteiden mukaan.

3.1.2.1 Lähtötiedot

Säätilatietoina käytettiin Nivalan ja Jokioisten sääasemien päivittäisiä lämpötila- ja sadantatietoja vuosilta 1970–1994. Lisäksi parametritiedoissa käytettiin maksimi- ja minimilämpötilojen ja globaalisäteilyn kuukausikeskiarvoja.

Kaikissa vaihtoehdoissa oli samanlainen viljelykäytäntö. Viljelykasvina oli ohra. Vuosittaiset toimenpidepäivämäärät olivat samat. Simuloinnissa oli mukana viisi torjunta-ainetta: MCPA, diklorproppi, dimetoaatti, propikonatsoli ja iprodioni. Torjunta-aineiden levityspäivämäärät olivat 26.6 ja 10.7. Kesäkuussa levitettiin vuosittain tehoaineina MCPA:ta 620 g/ha, diklorproppia 1240 g/ha ja dimetoaattia 300 g/ha. Heinäkuussa levitettiin propikonatsolia 125 g/ha ja iprodionia 750 g/ha.

Torjunta-aineiden ominaisuuksista vesiliukoisuus, puoliintumisajat kasvustossa ja maan pintakerroksessa ja huuhtoutuvuus kasvustosta olivat GLEAMS-mallin oletusarvoja ja sitoutumiskertoimet maahan Maatalouden tutkimuskeskuksessa määritettyjä arvoja. Näistä huuhtoutumisen kannalta oleellimmat ovat

puoliintumisaika maassa ja sitoutumiskerroin. Mallinnetuilla aineilla puoliintumisajat olivat muokkauskerroksessa: MCPA 10 vrk ja syvemmillä 25–40 vrk, diklorproppi 10 vrk ja 20–30 vrk, dimetoaatti 7 vrk ja 15–20 vrk, propikonatsoli 110 vrk ja 120 vrk ja iprodioni 14 vrk ja 15–20 vrk. Sitoutumiskertoimet (KOC ml/g) olivat: MCPA 63, diklorproppi 90, dimetoaatti 20, propikonatsoli 1600 ja iprodioni 140.

Maalajitiedot olivat Jokioisten Lintupajun huuhtoutumiskentältä (savimaa) ja Toholamin huuhtoutumiskentältä (hieta). Maalajitiedot annettiin neljään maakerrokseen. Kokonaisyyvyys oli 100 cm ja kasvien juuristosyyvyys 60 cm.

Peltojen kaltevuudet olivat 0,0045 m/m ja 0,047 m/m ja peltojen jyrkkyysprofiilit olivat tasaiset.

3.1.2.2 Tulokset

Sekä valunnan että torjunta-ainepäästöjen vuotuiset vaihtelut olivat suuria. Vuosittaisissa vertailuissa torjunta-ainepäästöjen erot olivat enimmillään viisinkertaisia. Tuloksia tarkasteltaessa keskitytään 25 vuoden keskiarvoihin ja kokonaispäästöihin.

Sään vaikutus pinta- ja salaojavaluntaan.

Vuosittain Pohjanmaan Nivalan ja Lounais-Hämeen Jokioisten säät poikkesivat suurestikin toisistaan, mutta pitkällä ajanjaksolla erot olivat pieniä. Vuotuinen sadanta oli vuosina 1970–1994 Nivalassa keskimäärin 55,8 cm ja Jokioisissa 59,6 cm. Keskimääräisissä lämpötiloissa on muutaman asteen ero. Vertailtaessa maalajiltaan ja kaltevuudeltaan samanlaisia peltoja Pohjanmaalla ja Hämeessä, kun viljelytoimenpiteet olivat samanlaiset ja samoina päivinä, olivat pintavalunnat lähes samat (Taulukko 1). Sadannan pieni ero tuli näkyviin salaojavalunnassa: se oli suurempi Jokioisten sääolosuhteissa.

Taulukko 1. Sään, maaperän ja kaltevuuden vaikutus haihduntaan, pinta- ja salaojavaluntaan ja erodoituvan kiintoaineksen määrään 25 vuoden simuloinnissa. Sadantatiedot ovat mitattuja, haihdunta- valunta- ja kiintoainesmäärät mallinnettuja.

	Nivalan sää				Jokioisten sää			
	Hieta	Hieta	Savi	Savi	Hieta	Hieta	Savi	Savi
	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva
Sadanta (cm/v)	55,8	55,8	55,8	55,8	59,6	59,6	59,6	59,6
Haihdunta (cm/v)	41,0	41,0	36,8	36,8	39,7	39,7	36,2	36,2
Pintavalunta (cm/v)	14,1	14,1	6,7	6,7	14,8	14,8	6,1	6,1
Salaojavalunta (cm/v)	1,0	1,0	12,3	12,3	5,1	5,1	17,3	17,3
Pintavalunta (cm/25 v)	352,1	352,1	168,0	168,0	370,7	370,0	152,5	152,5
Salaojavalunta (cm/25)	24,3	24,3	307,1	307,1	127,7	127,7	432,3	432,3
Kiintoaines (t/ha/25)	2,0	626,7	1,4	242,4	3,4	580,7	1,8	188,4

Torjunta-ainepäästöt

Suurimmat torjunta-ainepäästöt tulivat kaltevalta hietamaalla Hämeen säällä. Lähes yhtäsuuria päästöt olivat kaltevalta hietarinteellä Pohjanmaan säätiedoilla. Seuraavaksi suurimmat kokonaispäästöt tulivat tasaisella hietamaalla. Vähiten päästöjä tuli tasaisella savimaalla (Kuva 2).

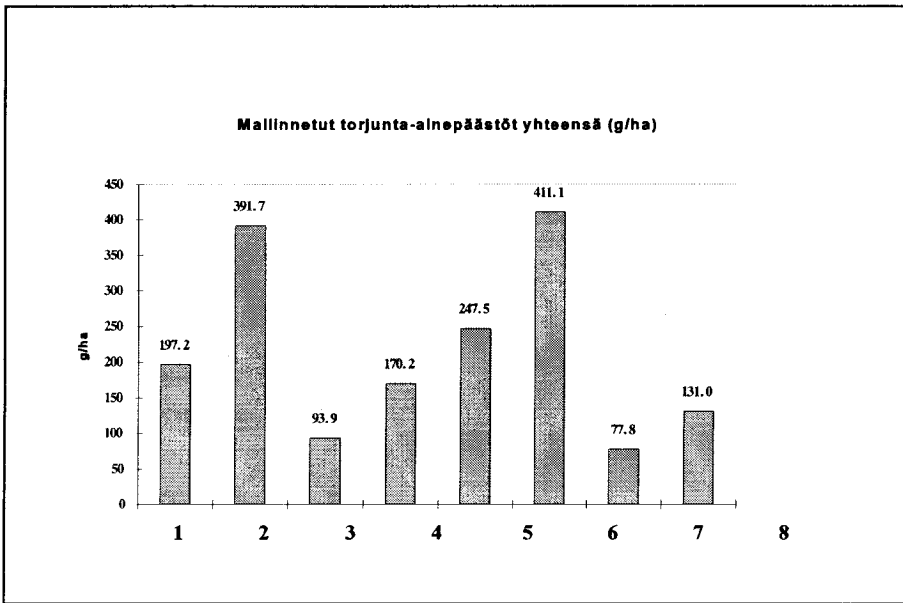
Suurin vaikutus torjunta-aineiden kokonaispäästöihin näytti olevan pintavalunnan ja erodoituneen kiintoaineksen määrällä. Salaojavalunnan mukana ei näissä simuloinneissa huuhtoutunut juuri lainkaan torjunta-aineita. Pintavaluntaan vaikuttivat sadanta ja maaperä. Erodituvan kiintoaineksen määrään vaikutti näiden lisäksi merkittävästi myös pellon kaltevuus.

Kun pintavalunnan mukana huuhtoutu- neet torjunta-aineiden kokonaismäärät suhteutettiin valuntaan, eli laskettiin torjunta-ainepäästö pinta-alaa kohti (g/ha), eivät eri ympäristötekijöiden aiheuttamat erot huuhtoutumisessa olleet enää merkittäviä. Vastaavasti kun sedimentin mukana huuhtoutu- neet torjunta-aineiden kokonaismäärät suhteutettiin erodoituneeseen maa-ainekseen, eri ympäris- tötekijöillä tehtyjen simulointien tulokset lähenivät toisiaan. Tästä voisi päätellä, että tor-

junta-aineiden huuhtoutuminen olisi lineaari- sesti riippuvainen pintavalunnan ja sen mu- kana kulkeutuvan kiintoaineksen määrästä. Yleisesti ottaen päätelmä on liian yksioikoinen kuvaamaan torjunta-aineiden käyttäytymistä maassa. Parhaiten se pitänee paikkansa voi- makkaasti maahan sitoutuvien, hitaasti hajoa- vien aineiden kohdalla. Nopeasti hajoavien ai- neiden kohdalla valunnan määrä ja sen ajoit- tuminen on aineiden huuhtoutumiseen voi- makkaasti vaikuttava tekijä.

Propikonatsolia huuhtoutui eniten. Muita aineita huuhtoutui yhteensäkin huomattavasti vähemmän kuin sitä (Taulukko 2). MCPA-, diklorproppi- ja dimetoaattipäästöt olivat huomattavasti suurempia Hämeessä kuin vastaa- villa pelloilla Pohjanmaalla, vaikka valun- noissa ei ollut kovin suuria eroja. Iprodionin huuhtoutumiseen olosuhteet vaikuttivat vä- hemmän, mutta sama suuntaus oli nähtävissä senkin kohdalla. Sateiden ja valunnan ajoit- tuminen olikin todennäköisesti merkittävämpi tekijä kuin valunnan kokonaismäärä torjun- ta-ainepäästöjen kannalta.

Suurimmat torjunta-ainepäästöt tulivat kal- tevalta hietapelloilta Hämeen säällä. Lähes yh- täsuuret päästöt tulivat kaltevalta hietapelloilta Pohjanmaan säätiedoilla. Seuraavaksi suurim- mat kokonaispäästöt tulivat loivalta hietamaal- ta, vähiten niitä tuli loivalta savimaal- ta.



1 = Hieta, tasainen, Nivalan sää
 2 = Hieta, kalteva, Nivalan sää
 3 = Savi, tasainen, Nivalan sää
 4 = Savi, kalteva, Nivalan sää

5 = Hieta, tasainen, Jokioisten sää
 6 = Hieta, kalteva, Jokioisten sää
 7 = Savi, tasainen, Jokioisten sää
 8 = Savi, kalteva, Jokioisten sää

Kuva 2. Torjunta-aineiden kokonaispäästöt 25 vuoden simuloinneissa loivalta ja kaltevalta hietta- ja savimaalta Nivalan ja Jokioisten sääolosuhteita käyttäen.

Pellon kaltevuuden vaikutus

Mallissa pellon kaltevuus ei vaikuta valunnan jakautumiseen pinta- ja pohjavalunnoiksi lainkaan. Siksi sillä ei ole merkitystä myöskään veden mukana huuhtoutuviin torjunta-aineesiin. Kaltevuus vaikuttaa sen sijaan merkittävästi erodoituvan maa-aineksen määrään (Taulukko 1) ja näin ollen maa-aineksen mukana kulkeutuvaan torjunta-ainekuormaan. Suurimmat torjunta-ainepäästöt kiintoaineksen mukana saatiin kaltevalla hietamaalla Pohjanmaan ilmastossa. Tällöin myös erodoitui eniten maa-ainesta. Lähes yhtä suuri torjunta-aineiden kokonaispäästö saatiin vastaavalla pellolla Hämeen ilmastossa. Pohjanmaalla kiintoaineksen mukana kulki lähinnä propikonatsolia ja hiukan iprodionia, mutta Hämeessä myös MCPA:ta ja dikloropropia. Propikonatsolia kulkeutui kaikissa simuloinneissa kiinto-

aineksen mukana, muita aineita vain suurien maa-ainemäärien erodoituessa.

Maalajin vaikutus

Maalaji vaikuttaa valunnan jakautumiseen pinta- ja salaojavalunnaksi ja vedenpidätyskyvyn johdosta myös jonkin verran kokonaisvaluntaan. Eri maalajit myös erodoituvat eri tavoin. Myös torjunta-aineet sitoutuvat erilaisiin maalajeihin eri tavoin ja niiden puoliintumisajat saattavat riippua maalajista. Torjunta-aineiden sitoutuminen eri maalajeihin vaihtelee. Malli olettaa torjunta-aineiden sitoutuvan ainoastaan maan orgaaniseen ainekseen. Osa aineista sitoutuu kuitenkin helpommin savimaahan ja toiset taas hietamaahan. Tästä johtuva virhe vältettiin käyttämällä Maatalouden tutkimuskeskuksessa määritettyjä todellisia sitoutumiskertoimia kyseisiin maihin. Muut ainekohtai-

Taulukko 2. Sään, maalajin ja pellon kaltevuuden vaikutus torjunta-aineiden kokonaispäästöihin.

I. Mallinnetut torjunta-ainekohtaiset päästöt 25 vuodessa (% käytöstä).

Torjunta-aine	Nivalan sää				Jokioisten sää			
	Hieta	Hieta	Savi	Savi	Hieta	Hieta	Savi	Savi
	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva
	%	%	%	%	%	%	%	%
MCPA	0,02	0,02	0	0	0,12	0,13	0,04	0,04
Dikloropropi	0,03	0,03	0	0	0,14	0,16	0,01	0,01
Dimetooatti	0,01	0,01	0	0	0,11	0,11	0,01	0,01
Propikonatsoli	5,31	11,8	2,84	5	4,85	9,52	2	3,59
Iprodioni	0,07	0,08	0,01	0,04	0,12	0,14	0,02	0,03

II. Mallinnetut torjunta-ainekohtaiset päästöt 25 vuodessa (g/ha).

Torjunta-aine	Nivalan sää				Jokioisten sää			
	Hieta	Hieta	Savi	Savi	Hieta	Hieta	Savi	Savi
	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva	Tasainen	Kalteva
	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha
MCPA	3,2	3,6	0,1	0,2	18,2	20,0	5,9	6,6
Dikloropropi	7,8	9,2	0,3	0,8	42,9	48,9	2,3	2,4
Dimetooatti	1,0	1,0	0,0	0,0	7,9	8,2	0,5	0,5
Propikonatsoli	172,7	363,4	92,2	162,3	157,6	309,5	65,0	116,7
Iprodioni	12,6	14,6	1,3	6,9	20,9	24,5	4,1	4,8
Yhteensä	197,2	391,7	93,8	170,3	247,4	411,1	77,9	131,1

set ominaisuudet olivat samat molemmilla maalajeilla. Mallinnetut torjunta-ainepäästöt olivat hietamailla suuremmat kuin savimailla (Kuva 2 ja Taulukko 2).

Torjunta-aineiden erot

Mallintamisessa tuli selkeästi esille se, että torjunta-aineet käyttäytyvät maassa eri tavoin. Propikonatsolia huuhtoutui paljon ja dimetooattia taas varsin vähän. Edellinen on sitoutumiskertoimensa perusteella heikommin huuhtoutuva kuin dimetooatti, mutta propikonatsolin puoliintumisaika maassa oli mallinnettaessa 110–150 vuorokautta ja dimetooatin 7–20 vuorokautta, joten propikonatsolia huuhtoutui pitemmän ajan kuluessa. Dimetooatti hajosi maassa suhteellisen nopeasti, joten ruisku-

tusten jälkeen sateiden ajoittuminen vaikutti sen huuhtoutumiseen voimakkaasti. Propikonatsolia, jolla sitoutumiskerroin maahan oli suurin, huuhtoutui myös kiintoaineksen mukana eniten.

3.2 Torjunta-ainepäästöjen alueellinen mallintaminen ja riskin arviointi

Alueellinen mallintaminen vaatii monipuolisen paikallisen aineiston, jonka perusteella ennustetaan pinta- ja pohjavaluntaa ja veden mukana kulkeutuvan kiintoaineksen määrää.

Brown & Hollins (1994) testasivat PRZM-2 -mallia Englannissa. Malli on pääpiirteissään seuraava:

Tarvittavat tiedot:

- * Paikalliset olosuhteet
- maalajit ja niiden suhteelliset osuudet pinta-alasta
- maan pinnanmuodostus
- säätila: pitkän aikavälin keskiarvo ja vaihteluväli
- * Torjunta-aineen ominaisuudet
- * Torjunta-aineen paikannetut käyttötiedot

Olosuhteiden perusteella ennustetaan keskimääräinen ja suurin (worst-case) pintavalunta ja poistuvan kiintoaineksen määrä alueen eri osissa. Liittämällä mukaan torjunta-aineen ominaisuudet ja paikannetut tiedot viljelypinta-aloista ja torjunta-aineiden käytöstä voidaan ennustaa kyseisen torjunta-aineen huuhtoutumista ja sen vaihtelua alueella.

Alueellinen arviointi edellyttää, että käytössä on riittävän kattava paikkatietojärjestelmä (Geographical Information Systems, GIS). Mikäli kyseisellä torjunta-aineella on tai sillä oletetaan olevan haittavaikutuksia, voidaan paikallista riskiä arvioida ennustetun kuormituksen avulla. Alueen sisällä kuormitus voi vaihdella huomattavasti, riippuen pintavalunnan ja suodattuvan veden suhteellisista osuuksista ja torjunta-aineen sitoutumiskyvystä ko. maalajiin.

Englannissa, jossa suurin osa raakavedestä on jokivettä, pyritään luomaan järjestelmää torjunta-aineiden käytön ennakoilmoittamisesta. Paikkatietojärjestelmän, säätietojen ja torjunta-aineiden käyttötietojen perusteella pyritään ennustamaan pitoisuuksia ja puhdistusmenetelmien tarvetta.

Tätä varten on kehitetty CatchIS-malli (Valuma-alue informaatiosteemi). Järjestelmään liittyy viljelijöiden koulutus ja neuvonta torjunta-aineiden valintaan, ruiskutustekniikkaan ja viljelymenetelmien valintaan liittyvissä asioissa (Court 1995). Myös meillä on vastaavaa, hyvin viljelytapoihin liittyvää koulutusta järjestetty.

4 Torjunta-aineiden esiintyminen ympäristössä

4.1 Valuma-alue tutkimukset

Ruotsissa kolme vuotta jatkuneessa valuma-alueen vesien tarkkailussa suurimmat pitoisuudet alueelta poistuvassa vedessä olivat heti käsittelyn jälkeen ja syysateiden aikana. Useita aineita löytyi kuukausia käsittelyn jälkeen ja joitakin seuraavana vuonna ennen uutta käsittelyä. Pieniä pitoisuuksia havaittiin myös talvikautena. Kokonaispäästöt aineittain vaihtelivat 0,01–0,9 % käsittelymäärästä. Suurin osa päästöistä oli fenoksihappoja, joiden maksimipitoisuudet olivat 20–40 µg/l, joskin pitoisuudet yleensä vaihtelivat suuresti (Kreuger 1995).

Suomessa mitatut pintavesien torjunta-ainepitoisuudet olivat 1980-luvulla yleensä alhaisempia kuin tai samaa luokkaa kuin muissa Pohjoimaissa (Kreuger 1992). Vesi- ja ympäristöhallitus on tutkinut joidenkin pohjavesilähteiden ja eräiden tärkeimpien jokien torjunta-ainepitoisuuksia. Maksimipitoisuudet 1985–1987 olivat yleensä suhteellisen pieniä; Aurajoessa ne olivat 0,02–4,5 µg/l. Löytäneenojalla pitoisuudet olivat sateisena kesänä 1987 korkeampia, vaihdellen kesä-elokuussa 0–3,96 µg/l. Huuhtoutumisosuudet vaihtelivat 0,2–6,2 % käsitellystä määrästä (Rekolainen *et al.* 1988).

1990-luvulla on tutkittu 10 joen torjunta-ainepitoisuuksia. 1991 aineita havaittiin vain pienessä osassa näytteitä. Fenoksihappojen todetut pitoisuudet olivat 0,2–0,7 µg/l. (Hirvi 1992)

4.2 Huuhtoutumiskenttätutkimukset

Huuhtoutumiskenttäkokeita on tehty Jokioissa (savimaa) vuosina 1985–1987, Pohjois-Savossa Maaningalla (hiekkamaa) vuonna 1991

ja Keski-Pohjanmaalla Toholammin kentällä (hietamaa) vuodesta 1993 alkaen.

4.2.1 Jokioisten ja Maaningan tutkimustulokset

Jokioisissa ja Maaningalla näytteenotto ei ollut jatkuvaa ja havaintoja on vähän. Todetut pitoisuudet pintavaluntavesissä olivat Jokioisissa suhteellisen pieniä 0,02–0,22 µg/l (Rekolainen *et al.* 1988). Maaningalla jäämiä salaovesistä ei löytynyt. Maanäytteissä jäämiä esiintyi ja koetta seuraavana keväänä MCPA:a löytyi 50 cm syvyydestä (Matinvesi *et al.* 1994).

4.2.2 Toholammin huuhtoutumiskentätutkimukset

Torjunta-aineiden huuhtoutuminen ja kulkeutuminen viljelymaassa (1993–1996)

Tutkimus on Suomen osuus kansainvälisestä COST66-projektista ”Pesticides - soil -environment”. Huuhtoutumistutkimukset aloitettiin Toholammin huuhtoutumiskentällä Keski-Pohjanmaalla 1993.

Toholammin kenttän kaltevuus on ruutujen pituussuunnassa 0,30 %–0,74 % ja leveysuunnassa 1,1 %. Maalaji on kyntökerroksessa karkeaa hietaa. Sen alapuolella on noin 10 cm paksuinen, alueelle tyypillinen rautasaostumakerros, joka on maalajiltaan lähempänä hienoa hietaa. Pohjamaa on siltiä. Kerroksien humuspitoisuudet ovat 8,6 %, 4,5 % ja 0,5 %.

Torjunta-ainetutkimus toteutetaan viidellä ruudulla, joilla on sekä pinta- että salaojavesien automaattiset keräysjärjestelmät. Tutkimuksessa on mukana 12 torjunta-ainetta. Torjunta-ainekäsittelyt on tehty normaaleina ajankohdina ja suositusten mukaisilla käyttömäärillä.

Vesinäytteiden torjunta-ainejäämäanalyytit on tehty Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen laboratorioissa (1993) ja Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen laboratorioissa (1994–1995).

Tutkimusjakson sää ja valunnat (1.6.1994–30.7.1995)

Vuoden 1993 kesä oli Toholammilla kuiva ja syysateet vähäisiä. Pintavaluntaa ei saatu kesäkuussa ollenkaan, sitä saatiin heinä- ja elokuussa kaksi kertaa, syyskuussa kerran ja lokakuussa kolme kertaa. Salaojavettä saatiin loka-kuun lopussa. Maa jäättyi 25.10 eikä minkäänlaista valuntaa esiintynyt ennen kevättä.

Vuonna 1994 kevät ja kesä olivat kuivia. Vuoden aikana saatiin vain pintavaluntaa 14 kertaa: huhtikuussa ja kesäkuussa kaksi kertaa, heinä-, elo-, syys- ja lokakuussa kerran, marraskuussa kaksi kertaa ja joulukuussa neljä kertaa. Salaojavaluntaa saatiin vain kerran yhdeltä ruudulta (ruudulta 17).

Vuonna 1995 poikkeuksellisen leudosta talvesta johtuen esiintyi kevättalvella runsasta pintavaluntaa ja näytteitä saatiin toukokuun alkuun mennessä 13 kertaa. Kesän aikana esiintyi sekä pinta- että salaojavaluntaa.

Torjunta-ainepäästöt pintavaluntavedessä

Koevuosien päästöt erosivat huomattavasti toisistaan (koevuotena käsitetään tässä ajanjaksoa ensimmäisestä käsittelystä seuraavan kesän ensimmäiseen käsittelyyn).

Päästöt tehoaineina ja prosentteina käytöstä

Ensimmäisenä koevuotena kentältä todettiin huuhtoutuneen pintavesien mukana yhteensä 1,75 g/ha torjunta-aineita, mikä vastaa 0,07 % käytöstä. Prosentuaalisesti eniten huuhtoutui propikonatsolia (0,11 % käytöstä) ja vähiten MCPA:ta (0,02 %). Toisena koevuotena, jolloin tutkittavien aineita oli enemmän, kokonaishuuhtouma oli 40,1 g/ha, vastaten 0,46 % käytöstä. Prosentuaalisesti eniten huuhtoutui simatsiinia (1,13 %) ja vähiten klorsufuronia (0,004 %). Jo edellisinä vuotena mukana olleista aineista huuhtoutui eniten iprodionia (1,08 %) ja vähiten MCPA:ta (0,02 %). Propikonatsolia huuhtoutui myös toisen koevuoden aikana suhteellisen paljon (0,46 %). Taulukossa 3 on päästöt tehoainemäärinä ja prosentteina käytöstä koko tutkimuskaudelta. Suurimmat kertapäästöt esiintyivät yleensä

Taulukko 3. Toholammin huuhtoutumiskenttä. Torjunta-ainepäästöt pintavaluntavedessä 26.6.93–3.5.95.

Tehoaine	Torjunta-aine		Päästö 1993–1995	
	Kauppavalmiste	mg/ha	% -käytöstä	
MCPA	(K-Diklo)	289	0,02	
Diklorproppi	(K-Diklo)	781	0,02	
Dimetooatti	(Roxion)	178	0,02	
Pirimikarbi	(Pirimor)	289	0,08	
Propikonatsoli	(Tilt 250 EC)	1045	0,28	
Iprodioni	(Roval 50 WP)	13 778	0,77	
Atsinfossi-metyyli	(Gusation M 25 WP)	512,4	0,06	
Fenvaleraatti	(Sumicidin)	0,28	0,003	
Klorsulfuroni	(Clean 20 DF)	0,02	0,008	
Endosulfaani	(Thiodan)	3356	0,93	
Simatsiini	(Simatsin-neste)	24056	1,20	
		44284,7		
	Yhteensä g/ha	44,28		
	Kokonaispäästö: % käytöstä*		0,36	

*Käyttö oli vuosina 1993–1995 yhteensä 12472 g/ha.

Taulukko 4. Toholammin huuhtoutumiskentän torjunta-ainepäästöt pinta- ja salaojavedessä. Todetut tehoaineiden huippupitoisuudet (mg/l) 30.12.1995 mennessä. Aika on ilmoitettu sekä näytteenottopäivänä että vuorokausina viimeisestä torjunta-ainekäsittelystä. (Ruudut 12, 14 ja 17).

Tehoaine	Pintavaluntavesi			Salaojavesi		
	Aika		Pitoisuus µg/l	Aika		Pitoisuus ug/l
	päivä	vrk		Päivä	vrk	
MCPA	6.7.1993	10	30,0	7.6.1995	359	0,2
Diklorproppi	6.7.1993	10	70,0			
Dimetooatti	6.7.1993	10	10,0			
Pirimikarbi	15.4.1994	293	1,6			
Propikonatsoli	10.6.1994	349	7,9	24.7.1995	14	1,77
Iprodioni	28.8.1994	57	84,7	25.7.1995	14	0,85
Atsinfossi-metyyli	28.8.1994	76	1,0	10.7.1995	33	3,57
Fenvaleraatti	28.8.1994	76	0,01			
Klorsulfuroni	8.7.1994	7	0,7			
Endosulfaani	24.11.1994	87	3,2	26.5.1995	280	0,33
Simatsiini	26.11.1994	77	120,0	14.10.1994	108	14,7

syksyllä tai keväällä, jolloin valunta oli suurinta. Mankotsebi ei ole mukana laskelmissa, koska sen analysoinnissa esiintyi vaikeuksia.

Torjunta-ainepitoisuudet pintavaluntavedessä

Yleensä suurimmat pitoisuudet esiintyivät käsittelyjen jälkeen sattuneen voimakkaan sateen jälkeen tai syysateiden alussa (Taulukko 4). Poikkeuksena oli propikonatsoli, jolla huippupitoisuudet esiintyivät lähes vuoden kuluttua käsittelystä. Suhteellisen korkeita jäämiä havaittiin talvella ja keväällä myös pirimikarbista, endosulfaanista ja simatsiinista. Kevätvalunnassa esiintyi myös pieniä määriä molempia fenoksihappoja. Dimetoaattia, fenvaleraattia ja atsinfossi-metyyliä ei havaittu talvi- ja kevävalunnassa. Taulukossa 4 on esitetty huippupitoisuudet ja niiden ajoittuminen ruuduilta 12, 14 ja 17 heinäkuun 1995 loppuun mennessä. Korkein pitoisuus mitattiin simatsiinilla (120 ug/l).

Kolmantena koevuotena (heinäkuun 1995 loppuun mennessä) on fenvaleraattia ja pirimikarbia lukuunottamatta kaikissa pintavesinäytteissä esiintynyt kaikkia muita tutkittuja torjunta-aineita. Pirimikarbia on havaittu keran, fenvaleraattia ei kertaakaan. Tulosten alustava tarkastelu osoittaa, että pitoisuudet ovat olleet yleensä samaa luokkaa tai pienempiä kuin edellisinä vuosina. Poikkeuksen tekee atsinfossi-metyyli, jonka pitoisuudet ovat korkeammat kuin edellisenä koevuotena.

Torjunta-ainepäästöt salaojavedessä

Vuoden 1993 syksyllä kentältä saatiin salaojanäytteitä kolme kertaa. Yhdessä näytteessä havaittiin iprodionijäämä. Muita torjunta-aineita ei havaittu. Seuraavat näytteet saatiin toukokuun lopussa 1995 (ennen vuoden 1995 käsittelyjä). Heinäkuun loppuun mennessä näytteitä oli saatu neljä kertaa/ruutu. Niissä todettiin säännöllisesti iprodioni-atsinfossi-metyyli- ja endosulfaanijäämiä. MCPA:a ja propikonatsolia löytyi kerran). Muita torjunta-ainejäämiä ei havaittu. Verrattuna vastaavan ajankohdan pintavesinäytteisiin pitoisuudet olivat yleensä suhteellisen pieniä; 1/100–1/10

viime mainitusta. Poikkeuksena tästä olivat atsinfossi-metyyli heinäkuun alussa ja propikonatsoli heinäkuun lopussa. Niiden pitoisuudet olivat samaa luokkaa molemmissa keräyskeroksissa.

Johtopäätöksiä

Kahden koevuoden tulokset osoittavat, että torjunta-ainepäästöt tämäntyyppisillä hieta- mailla ovat todennäköisiä ja niitä voi aineesta ja sääoloista riippuen esiintyä sekä käsittelyä seuraavana talvikautena että keväänä. Syksyllä levitettävien aineiden päästöt pintavesiin voivat olla huomattavan suuria. Ainekohtaisissa huuhtoutumismääriässä erot ovat suuret, jopa 10 000 kertaiset. Kokonaispäästö on samaa suuruusluokkaa kuin valuma-aluemittauksissa. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että torjunta-ainepäästöt pellolta ovat yleisemminkin 0,01–1,0 % käsittelymääristä.

5 Torjunta-ainepäästöjen merkitys

Torjunta-aineiden ympäristövaikutuksia on tutkittu suhteellisen vähän.

Vesi- ja ympäristöhallitus on julkaissut katsauksen torjunta-aineiden käytön vaikutusten arvioinnista ja käyttöön vaikuttavista ohjauskeinoista (Tanskanen 1994). Siinä todetaan, että torjunta-aineet muuttuvat ympäristömyrkyiksi silloin, kun ne aiheuttavat haittaa luonnolle tai ympäristölle. Ympäristöhaittojen todennäköisyys kasvaa aineen kerääntyessä eliöihin ja sen ollessa hyvin pysyvä. Myös Lyly (1992) esittelee kirjallisuustutkimuksessaan torjunta-aineiden ekologiaa haittavaikutuksia ja vähentämiskeinoja, joten niihin ei tässä yhteydessä paneuduta. Todettakoon vain, että ympäristötaloudellisten vaikutusten arviointi erityisesti ekosysteemien kannalta tarkasteltuna on monitahoinen tehtävä ja riippuvainen siitä, mikä arvo eri tekijöille ja ilmiöille kulloinkin annetaan.

Yhteiskunnalle koituvista kustannuksista on ehkä helpointa arvioida torjunta-ainejää-

mien vaikutusta veden laatuun ja vesihuollon kustannuksiin.

5.1 Talusveden laatuvaatimukset

Sosiaali- ja terveysministeriön asettamien laatuvaatimusten mukaan (STM päätös 74/94) yksittäisen torjunta-aineen sallittu enimmäispitoisuus talusvedessä on 0,0001 mg/l (=0,1 ug/l) ja torjunta-aineiden kokonaismäärä 0,0005 mg/l (= 0,5 µg/l). Käytännössä laatuvaatimukset merkitsevät sitä, että raakavesi on puhdistettava erikoismenetelmillä, mikäli sen torjunta-ainepitoisuudet ylittävät sallitut rajat, sillä perinteiset puhdistusmenetelmät eivät niitä poista. Siihen tarvitaan aktiivihiilisuodatusta tai otsonointia. Molemmat menetelmät ovat nykyisin vielä harvinaisia ja kalliita. Englannissa Thames-jokialueen puhdistamojen pääomakustannukset torjunta-aineiden poistamiseksi ovat arviolta 400 miljoonaa puntaa. Sekä pääoma- että käyttökustannukset riippuvat paljolti torjunta-aineiden pitoisuuksista raakavedessä (White & Pinkstone 1995).

Sallittujen pitoisuuksien suhdetta torjunta-ainepäästöihin ja toisaalta mitattujen päästöjen merkitystä on vaikea hahmottaa. Molemmat kun ovat lukuarvoiltaan pieniä ja arkipäivän mitta-asteikon ulkopuolella olevia. Seuraavassa esitetään muutama laskennallinen esimerkki suhteiden havainnollistamiseksi.

5.2 Pintavaluntavedelle tarvittava sekoittumissuhde laskuojassa tai muussa vesilähteessä

Mikäli tunnetaan torjunta-ainepitoisuus, valunnan määrä ja valunta-alueen pinta-ala, voidaan laskennallisesti arvioida vesimäärä, joka laimennukseen tarvitaan sallitun enimmäispitoisuuden saavuttamiseksi. Seuraava Toholammin huuhtoutumiskentän mittausten avulla tehty laskelma perustuu oletukseen, että torjunta-aineet eivät hajoa laskuojassa tai vesistöissä ennen sekoittumistaan eivätkä sitoudu maahan tai sedimenttiin, mikä ei todellisuudessa pitäne paikkaansa.

Mittaukset on tehty Toholammin valumakentällä. MCPA, diklorproppi ja dimetooatti ruiskutettiin 26.6.93 ja propikonatsoli 10.7.93. Ensimmäinen sade (18 mm) sattui 5.7.93.

ESIM. 1 Sateen aiheuttama pintavalunta (6.7.93) oli 2260 l/ha

Torjunta-ainepitoisuudet vedessä:	
MCPA	30 µg/l
Diklorproppi	70 µg/l
Dimetooatti	10 µg/l
Tarvittava vesimäärä sallitun rajan (0,1 µg/l) saavuttamiseksi	
MCPA	300 l
Diklorproppi	700 l
Dimetooatti	100 l

Kokonaispitoisuus oli 110 µg/l, joten 0,5 µg/l saavuttamiseksi yhtä valuntalitraa kohti tarvitaan 220 l vettä. Valunta hehtaarialta oli 2260 l, joten sitä kohti tarvittiin 497 000 l vettä (497 m³) enimmäisrajan saavuttamiseksi. 497 m³ vastaa noin metrin syvyisen ja 20 m x 25 m mittaisen altaan vesimassaa.

ESIM. 2 Syksyllä (13.10.93) kentältä tullut pintavalunta oli 60 000 l/ha.

Torjunta-ainepitoisuudet vedessä olivat MCPA 0,2 µg/l, diklorproppi 0,4 µg/l, dimetooatti 0,3 µg/l ja propikonatsoli 0,6 µg/l. Kokonaispitoisuus oli 1,5 µg/l, joten 0,5 µg/l saavuttamiseksi tarvittiin yhtä valuntalitraa kohti 3 litraa vettä ja hehtaarialta tullutta vesimäärää kohti 180 m³ vettä.

Torjunta-aineita poistui pelloilta pintavalunnassa ensimmäisessä esimerkissä 249 mg, mikä vastaa 0,012 % pelloille levitetystä määrästä ja toisessa esimerkissä 90 mg, eli 0,004 %.

Valuma-alueina ajatellen ensimmäisen esimerkin vaatima, laimentamiseen tarvittavan, torjunta-aineita sisältämättömän vesimäärän tuottaminen vaatisi 220 ha ja toisen esimerkin

3 ha (mikäli valunnat ovat samansuuruiset koko alueella). Pienillä ja peltovaltaisilla valuma-alueilla tämä saattaa vähäsateisina kausina olla mahdotonta. Mikäli tällaisilla alueilla joki- tai järvesiä käytetään talousvesinä, vedenottamoilla tulisi olla ennakkotiedot torjunta-aineiden käytöstä.

ESIM 3. Vahingossa vesiympäristöön joutuneen ruiskutusliuoksen laimentuminen.

Oletetaan, että torjunta-ainetta käytetään 0,4 kg/ha ja vesimäärä on 400 l/ha. Tällöin torjunta-ainepitoisuus vesiliuoksessa on $0,001 \text{ g/l} = 1 \text{ mg/l}$. Tämä tarkoittaa sitä, että olakseen aiheuttamatta terveysriskiä yhden litran ruiskutusliuosta pitää sekoittaa 1000 litraan vettä.

6 Elintarvikkeiden torjunta-ainejäämät

Elintarvikeviraston tutkimusten mukaan torjunta-ainejäämätilannetta kotimaisten vihannesten, marjojen ja hedelmien kohdalla voidaan pitää melko hyvänä. Laajassa, vuonna 1993 toteutetussa tutkimuksessa kaikki havaitut torjunta-ainejäämät olivat alle sallittujen enimmäisrajojen (Elintarvikevirasto 1994). Turun Sanomien haastattelussa 7.4.1994 Pirjo-Liisa Anttila Elintarvikevirastosta toteaa, että elintarvikkeet ovat syöjilleen turvallisia ja suomalaisten vieras-ainealtistus on vähentynyt jatkuvasti. Tosin tiedot puuttuvat esim. viljojen sisältämistä jäämistä, mutta Anttila korostaa, että terveydellistä haittaa mahdollisista jäämistä ei silti ole.

7 Torjunta-aineiden myynti ja käyttö Suomessa

7.1 Kokonaisymyynti ja käyttö

Torjunta-aineiden myyntiä on tilastoitu vuodesta 1953 lähtien. Markkula *et al.* (1990) ovat julkaisseet yhteenvedon vuosien 1953–1987 myynnistä. Myöhemmät myyntitiedot on julkaistu vuosittain *Kemia-Kemi* -lehdessä (Hynninen & Blomqvist 1988–1994).

Tilastojen mukaan torjunta-aineiden myynti lisääntyi vuoteen 1980 asti. Sitten se väheni lievästi 1988 saakka ja nousi vuosina -89 ja -94. Sen jälkeen se on vähentynyt suhteellisen nopeasti. Viime vuoden tilastot näyttävät lievää nousua myynnissä (Kuva 3 ja Taulukko 5a).

Tilastojen yhteydessä on arvioitu peltopinta-alaa, joka olisi mahdollista käsitellä myydyillä ainemäärillä. Ala on ilmoitettu prosentteina joko viljelystä peltoalasta tai viljanviljelyalasta (Taulukko 5b). Prosenttiosuudet ovat muuttuneet hitaammin kuin myyntimäärät, mikä johtunee 1980-luvulla markkinoille tulleiden pienannosherbisidien (ns. gramma-aineet) yleistymisestä.

Pinta-alatietojen avulla voidaan myyntimääristä laskea mahdollinen käyttö hehtaaria kohti. Tällainen arvio on tietysti varsin karkea, sillä saadaan samansuuruinen käyttö jokaiselle peltohehtaarille, eikä siinä huomioida pellon käytöstä ja todellisesta torjuntatarpeesta johtuvia alueellisia tai tuotekohtaisia eroja. Se ku-

vaa kuitenkin käytön yleistä tasoa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Taulukossa 6 on laskettu myynnin mahdollistama käyttö viljeltyä peltohehtaaria kohti. Kesantoa ei ole sisällytetty viljelypinta-alaan, mikä rikkakasvien torjuntaa ajatellen on virheellinen lähtökohta, sillä osa kesannosta lopetetaan kemiallisesti ja sen huomioiminen pienentäisi arvioitua käyttömäärää. Näinkin laskien saadaan keskimääräiselle käytölle kansainvälisesti verraten pienet arvot. Vuosina 1985–1994 teoreettinen arvo on vaihdellut 0.68–1.08 kg/ha, ollen 1994 0,71 kg/ha.

7.2 Käyttö sokerijuurikkaan ja rypsin viljelyssä

Erikoiskasvien viljelyssä torjunnan tarve on suurempi kuin viljanviljelyssä. Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus on tilastoinut ja julkaisut tietoja viljelyssä käytetyistä torjunta-ainemääristä (Eronen 1995). Käyttö sokerijuurikkaalla on noudatellut samaa linjaa kuin myyntitilastot: se nousi 1980-luvulla tasaisesti, ollen suurimmillaan 6,0 kg/ha vuonna 1989. Viime vuonna käyttö oli keskimäärin 4,2 kg/ha. (Kuva 4) Väheneminen johtuu tarkennetusta käytöstä ja uusista, pienemmän käyttömäärän omaavista aineista (ns. gramma-aineet).

Rypsin viljelyn torjunta-ainekäytöstä ei ole vastaavia tilastotietoja saatavilla. Käyttöä arvioitiin laskennallisesti MTT:n kasvinsuojelun tutkimuslaitoksella torjuntaohjeiden, myynti- ja viljelyalatilastojen ja kasvitautien ja tuholäinten esiintymisen perusteella. Arvion mukaan torjunta-aineiden käyttö on pysynyt suunnilleen samana 1985 lähtien ja on noin 0,3 kg/ha (Taulukko 7). Kokonaiskäytön kasvu johtuu viljelyalan kasvusta.

Taulukko 5. Torjunta-aineiden myynti ja arvioitu käsittelyala Suomessa 1985–1993. Myynti on ilmoitettu tehoainetonneina (Taulukko 5a). Torjunta-aineilla käsitelty ala (Taulukko 5b) on kasvitautien ja rikkakasvien torjunnan osalta laskettu viljanviljelyasta (paitsi 1991, jolloin se on laskettu koko viljelyalasta). Tuhoeläinten torjunta on laskettu koko peltoalaa kohti.

5a. Torjunta-aineiden myynti

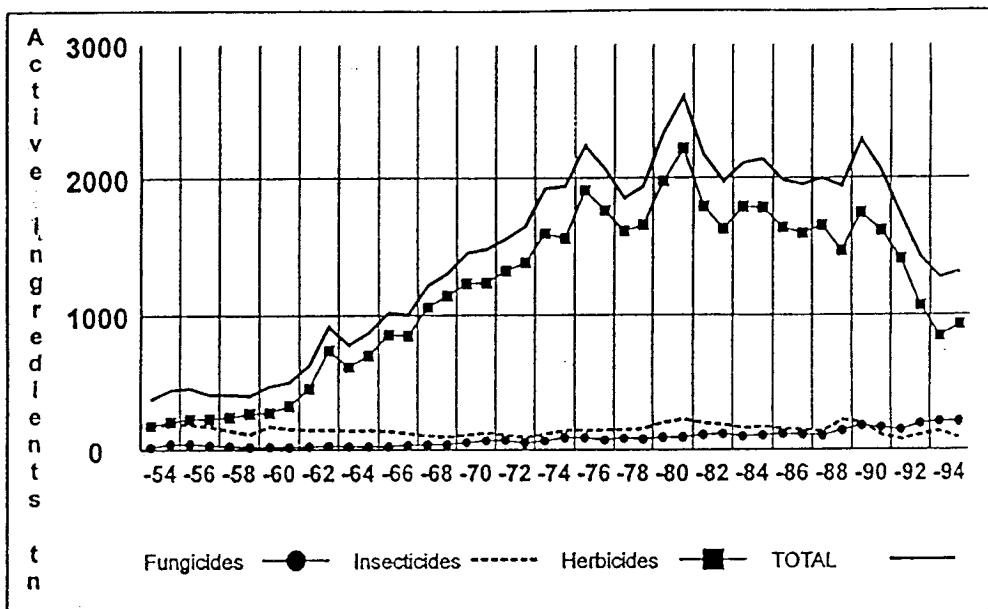
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn
Kasvitautien torjunta-aineet	110	111	101	144	178	163	145	194	210	209
Tuhoeläinten torjunta-aineet	144	140	128	213	197	96	64	92	124	74
Rikkakasvien torjunta-aineet	1566	1532	1599	1429	1700	1580	1375	1007	843	929
Kasvunsäätet	65	81	92	88	130	155	103	78	31	60
YHTEENSÄ	1885	1864	1920	1874	2205	1994	1687	1371	1208	1272

5b. Peltoala (% viljelyalasta), jolla voitiin suorittaa yksi käsittely samana vuonna myydyillä torjunta-aineilla

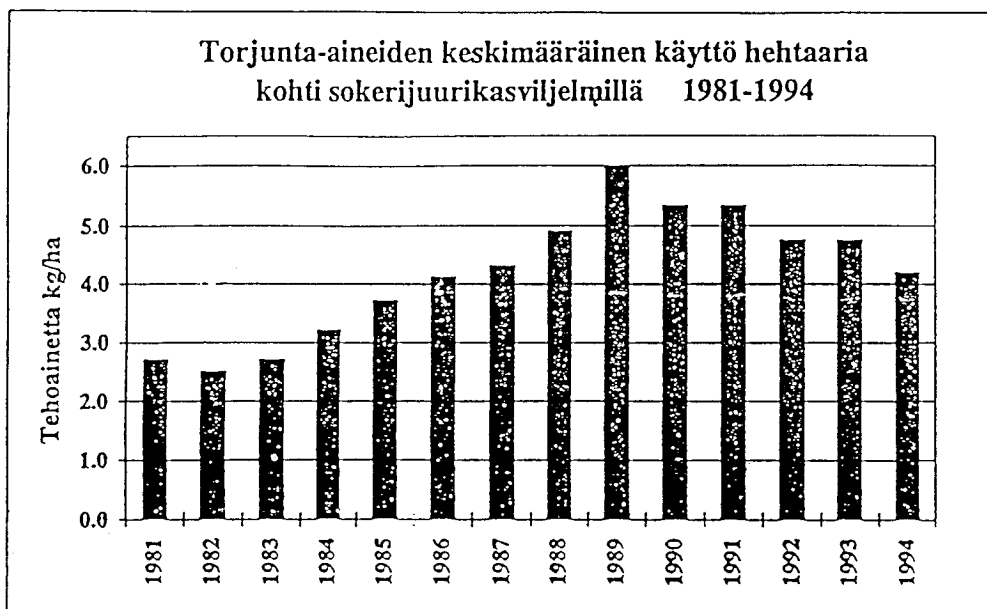
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991*	1992	1993	1994
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Kasvitautien torjunta	42	53	53	52	47	42	67	ei arv.	ei arv.	ei arv.
Tuhoeläinten torjunta	12	12	12	30	26	12	10	16	22	14
Rikkakasvien torjunta	82	87	87	79	87	75	55	69	61	74
Kasvunsäätet	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.	ei arv.

Taulukko 6. Torjunta-aineiden arvioitu käyttö koko viljelyalaa kohti (kg/ha). Kesanto ei sisälly viljelyalaan. Viljelyalatiiedot: Maataloustilastolliset vuosikirjat 1987–1988 ja kuukausikatsaukset 1990–1993). Torjunta-ainemäärät on laskettu jakamalla myyntimäärä viljelyalalla.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991*	1992	1993	1994
Viljelyala (1000 ha)	2207	2158	2163	2094	2051	2089	1808	1758	1784	1797
Torjunta-aine	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Kasvitautien torjunta-aineet	0,05	0,05	0,05	0,07	0,09	0,08	0,08	0,11	0,12	0,12
Tuhoeläinten torjunta-aineet	0,07	0,06	0,06	0,10	0,10	0,05	0,04	0,05	0,07	0,04
Rikka-kasvien torjunta-aineet	0,71	0,71	0,74	0,68	0,83	0,76	0,76	0,57	0,47	0,52
Kasvunsäätet	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,07	0,06	0,04	0,02	0,03
YHTEENSÄ	0,85	0,86	0,89	0,89	1,08	0,95	0,93	0,78	0,68	0,71



Kuva 3. Torjunta-aineiden myynti tehoaineina 1953–1994. Fig. 1. Sales of pesticides as ingredients 1953–1994. (Kemia-Kemi 22 (1995) 6:529–531).



Kuva 4. Torjunta-aineiden keskimääräinen käyttö hehtaaria kohti sokerijuurikasviljelmillä 1981–1994. Siltanen, Koetoiminta ja Käytäntö, 17.10.1995, 52:46.

Taulukko 7. Torjunta-aineiden arvioitu käyttö rypsinviljelyssä 1985-1994

7a. Rypsin viljelyalat (1000 ha) ja arvioitu käsittelyala (% viljelyalasta)										
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Viljelyala (1000 ha)	57,7	71,1	82,6	86,4	73,8	65,3	61	72,5	69,4	67,2
Käsittely ala	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Kasvitautien torjunta:										
ruiskutettu	1,25	0,53	0,79	1,46	1,80	0,94	1,33	1,13	1,63	0,00
peitattu	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tuhoeläinten torjunta:										
ruiskutettu	80	75	45	80	70	80	90	90	70	65
peitattu	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rikkakasvien torjunta	14,63	15,45	17,87	14,47	17,04	20,6	19,44	16,47	24,05	23,5
Kasvunsäättö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7b. Torjunta-aineiden arvioitu käyttö rypsilä (tonneja tehoaineita)										
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn
Kasvitautien torjunta:										
ruiskutteet	0,27	0,16	0,25	0,47	0,31	0,23	0,31	0,32	0,43	0,39
peittausaineet	1,50	1,85	2,15	2,25	1,92	1,70	1,59	1,89	1,80	1,75
yhteensä	1,77	2,01	2,40	2,72	2,23	1,93	1,90	2,21	2,24	2,14
Tuhoeläinten torjunta										
ruiskutteet	1,52	1,86	0,82	1,52	1,71	1,72	0,74	0,88	0,44	0,39
peittausaineet	6,49	8,45	9,29	9,72	8,30	7,35	6,86	8,16	7,81	7,56
yhteensä	8,01	10,31	10,11	11,24	10,01	9,07	7,60	9,04	8,25	7,95
Rikkakasvien torjunta-aineet	8,44	10,99	14,76	12,50	12,57	13,45	11,86	16,69	19,44	19,16
Kasvunsäätteet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Torjunta-aineet yhteensä	18,23	23,30	27,27	26,46	24,81	24,45	21,36	27,94	29,92	29,25
7c. Torjunta-aineiden keskimääräinen käyttö rypsilä (kg tehoaineita/ha)										
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Kasvitautien torjunta										
ruiskutteet	0,005	0,002	0,003	0,005	0,004	0,004	0,005	0,004	0,006	0,006
peittausaineet	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
yhteensä	0,031	0,028	0,029	0,031	0,030	0,030	0,031	0,030	0,032	0,032
Tuhoeläinten torjunta:										
ruiskutteet	0,026	0,026	0,01	0,018	0,023	0,026	0,012	0,012	0,006	0,006

8 Arvio torjunta-aineiden käytöstä vuonna 1994 maaseutukeskuksittain

Arvio on tehty Maatalouden tutkimuskeskuksen Kasvinsuojelun tutkimuslaitoksella ja se perustuu maaseutukeskusten arvioihin torjunta-aineiden käytöstä, maataloustilastoihin, Torjunta-ainetuottajayhdistykseltä saatuihin lausuntoihin ja joihinkin elinterviketeollisuuden antamiin tietoihin.

Arvio ei perustu tilastolliseen otantaan.

8.1 Arvioinnin lähtökohdat

Aluejako

Arvio on tehty maaseutukeskuksittain, koska katsottin, että neuvojakunnalla on parhaat edellytykset ja asiantuntemus alueen viljelykäytäntöjen ja siten myös torjunta-aineiden käytön arviointiin. Maaseutukeskuksia pyydettiin arvioimaan torjunta-aineilla käsitellyn pinta-alan osuutta (%) viljelypinta-alasta. Arviot saatiin kahdeltatoista maaseutukeskukselta. Muiden osalta käyttöä on arvioitu tilastojen, asiantuntijalausuntojen ja lähialueilta saatujen arvioiden perusteella. Lapin ja Kainuun alueelle ei arviota ole tehty. Tilaston peruskartta, maaseutukeskukset, on kuvassa 5.

Viljelypinta-alat

Tuotantokohtaiset kokonaispinta-alat maaseutukeskuksittain on saatu Maatilahallituksen

julkaisemasta Maataloustilastollisesta kuukausikatsauksesta (6/1994).

Kasvit

Arvio sisältää vilja- öljy- ja nurmikasvit, perunan, sokerijuurikkaan ja kesannon lopettamisen. Torjunta-aineiden käyttöä marjan-, hedelmän-, vihannes- ja taimistoviljelyssä ei ole arvioitu.

Torjunta-aineet

Torjunta-aineet on ryhmitelty käyttökohteittain kasvitautien, tuhoeläinten, ja rikkakasvien torjuntaan ja kasvunsäätöön käytettäviin aineisiin.

Torjunta-aineiden käyttömäärät (tehoainetta kg/ha) on laskettu seuraavilla perusteilla:

Käyttömäärät on laskettu yleisimmin käytettyjen aineiden suositeltujen käyttömäärien keskiarvojen mukaan. Eri aineiden osuutta on painotettu käytön yleisyyden suhteen. Mikäli suositelluissa käyttömäärissä on viljalajikohtaisia eroja, on ne huomioitu keskiarvoa laskettaessa.

Nurmella ja heinällä on torjunnan tarvetta arvioitu olevan vain siemenviljelyksillä.

Suojavilja on laskettu kevätiljoihin ja kesannon lopetus glyfosaatilla **kesantoon**.

Sokerijuurikkaalla on käytetty Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen antamia tietoja.

Öljykasvien kylvösiemenen peittaukseen on oletettu käytettävän insektisidejä ja fungisidejä.

Kasvunsääteissä on kauran osuutta painotettu sekä käyttömäärän että viljelypinta-alan mukaan.

8.2 Arvioinnissa käytetyt torjunta-ainemäärät

Kasvitaudit

Peittausainheet on laskettu hehtaarille tarvittavia kylvösiemenmäärää kohti seuraavasti:

Peittaus	Siementä	Peittausainetta
	kg/ha	Tehoainetta kg/ha
Ruis	160	0,22 (tiofanaatti-metyyli, guatsatiini / triadimenoli + imatsaliili)
Syysvehnä	230	0,26 (tiofanaatti-metyyli, guatsatiini / triadimenoli + imatsal
Kevätvehnä	230	0,35 (guatsatiini / karboksüini / triadimenoli + imatsaliili)
Ohra	220	0,35 (guatsatiini / karboksüini / triadimenoli + imatsaliili)
Kaura	200	0,35 (guatsatiini / karboksüini / triadimenoli + imatsaliili)
Öljykasvit	8	0,02 (tiraami)
Peruna	2000	0,50 (benomyyli, iprodioni ja tiofanaatti-metyyli 64-84 g/ha, mankotsibi 1,8 kg/ha)
Sokerijuurikas	1,4 yksikköä	0,026 kg/ha

Kasvitaudit (ruiskutus). Tehoainetta kg/ha

Syysviljat	0,200	(propikonatsoli 0,125 kg/ha, tiofanaatti-metyyli 0,28 kg/ha)
Kevätviljat	0,125	(prokloratsi 0,45 kg/ha, propokonatsoli ja triadimefoni 0,125 kg/ha)
Nurmi ja heinä	ei torjuntaa	
Öljykasvit	0,75	(vinklotsoliini)
Peruna		(kuparioksidikloridi tai mankotsibi 2,0 kg/ha/käsittelykertaa)
- siemenperuna	6,0	(3 käsittelyä)
- teollisuusruokaperuna	4,0	(2 käsittelyä)
- ruokaperuna	3,5	(1-2 käsittelyä)
- tärkkelysperuna	2,0	(1 käsittely)
Sokerijuurikas	ei torjuntaa	

Tuhoeläimet Tehoainetta kg/ha

Syysviljat	0,3	(dimetoaatti)
Kevätviljat	0,3	(dimetoaatti)
Nurmi ja heinä	0,3	(dimetoaatti) (vain siemenviljelyksillä)
Öljykasvit	0,05	(pyretroidi)
Peruna	ei torjuntaa	
Sokerijuurikas	0,407	(dimetoaatti, karbosulfani, karbofuraani, imidaklopridi)

Rikkakasvit Tehoainetta kg/ha

Syysviljat	2,0	(fenoksihapot keskimäärin)
	0,006	(pienannosherbisidit)
Kevätviljat	1,5	(fenoksihapot keskimäärin)
	0,004	(pienannosherbisidit)
Nurmi ja heinä	1,75	(fenoksihapot)(vain siemenviljelyksillä)
Öljykasvit	1,0	(fluatsifloppi-P-butyli 0,38 kg/ha, kvitsalofoppi-etyyli 0,13, metatsaklori 1,25 kg/ha, setoksidiini ja trifluraniini 0,8 kg/ha) (juolavehnan + siemenrikkakasvien torjunta yhteensä)

jatkuu edelliseltä sivulta

Sokerijuurikas	3,5	(Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen mukaan)
Kesanto	2,0	(glyfosaatti) (kesannon lopetus)

Kasvunsäätö	Tehoainetta kg/ha
Syysviljat	1,0 (käsitellystä pinta-alasta 40% klormekvattikloridi 1,5 kg/ha ja 60% tefoni 0,6 kg/ha)
Kevätviljat	0,3 (ohra: käsitellystä pinta-alasta 20% klormekvattikloridi 0,25 kg/ha ja 80 % etefonipohjaisia 0,3 kg/ha) (klormekvattikloridi: kevätheinä 0,3 kg/ha, kaura 1,0 kg/ha)

8.3 Arvioinnin tulokset

Maatalouskeskusten alueellinen sijoittuminen on esitetty kuvassa 5.

Arvioinnin pohjana käytetty viljojen, nurmi- heinä- ja öljykasvien, perunan, sokerijuurikkaan ja kesannon viljelyala oli Maatilahlituksen (1994) tilastojen mukaan 2,27 milj. hehtaaria. Ala sisältää myös Lapin ja Kainuun maaseutukeskusten alueet, joilla arviota ei ole tehty. Arviossa mukana olevilla alueilla torjunta-aineita arvioitiin käytetyn yhteensä 1,18 milj. kg (Taulukko 8). Käyttö oli keskimäärin 0,54 kg/ha. (Taulukko 8 ja Kuva 6)

8.3.1 Kokonaiskäyttö aluetta ja hehtaaria kohti

Aluekohtainen torjunta-aineiden kokonaiskäyttö on suurinta rannikkoseudulla, jossa myös peltoala on suhteellisen suuri alueen kokonaispinta-alaan verrattuna. Eniten torjunta-aineita käytettiin Turun seudulla (198 tn), Satakunnassa (133 tn) ja Etelä-Pohjanmaalla (155 tn). Pienintä käyttöä oli Pohjois-Karjalassa (19 tn). Myös hehtaaria kohti laskettuna käyttö oli pienintä Pohjois-Karjalassa (0,20 kg/ha) ja Pohjois-Savossa (0,23 kg/ha), suurinta se oli Turun seudulla (0,92 kg/ha)

8.3.2 Alueellinen käyttö torjunta-aineryhmittäin

Kasvitautilien torjunta-aineita käytettiin yhteensä 237 tonnia, noin 20 % torjunta-ai-

neiden kokonaiskäytöstä. Eniten niitä käytettiin Etelä-Pohjanmaalla (38,4 tonnia) ja Satakunnassa (31,4 tonnia) ja vähiten Päijät-Hämeessä (2,5 tonnia) (Kuva 7 ja Liite 1).

Tuhoeläinten torjunta-aineita käytettiin yhteensä noin 52 tonnia, noin 4,4 % torjunta-aineiden kokonaiskäytöstä. Käyttö vaihteli Pohjois-Karjalan 0,1 tonnista Farman 13,9 tonniin (Kuva 7 ja Liite 1).

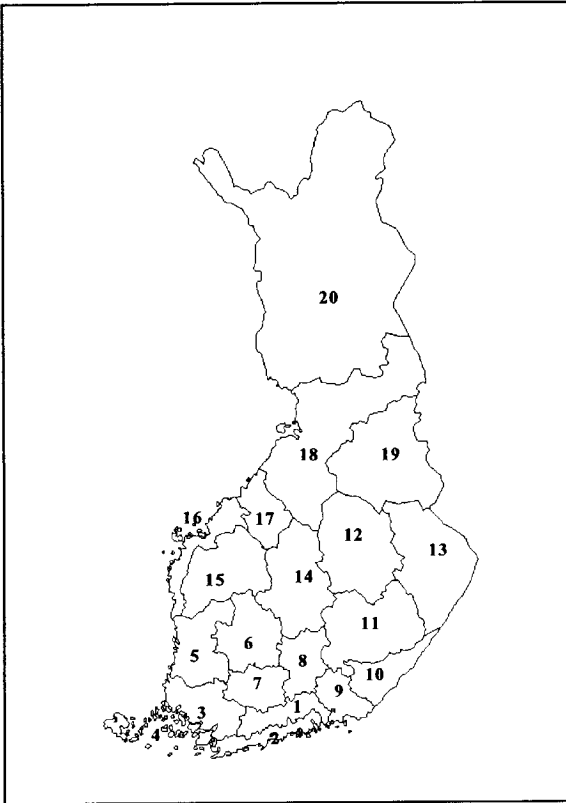
Rikkakasvien torjunta-aineita käytettiin yhteensä 824 tonnia, noin 70% torjunta-aineiden kokonaiskäytöstä. Niiden käyttö suhteessa muihin aineisiin oli suunnilleen sama koko maassa. Käyttö vaihteli 14,3–138,3 tonniin /alue. Pienintä käyttöä Pohjois-Karjalassa, Pohjois-Savossa ja Keski-Suomessa ja suurinta Farman alueella ja Etelä-Pohjanmaalla. (Kuva 7 ja Liite 1).

Kasvunsäätteitä käytettiin yhteensä 65 tonnia, noin 2,8 % kokonaiskäytöstä. Käyttö vaihteli Pohjois-Karjalan 1,1 tonnista Farman 14,5 tonniin (Kuva 7 ja Liite 1).

8.3.3 Kokonaiskäyttö kasviryhmittäin

Suurin osa torjunta-aineista käytettiin kevätiljojen viljelyssä (61,6 %). Seuraavina olivat peruna (12,5%), sokerijuurikas (11,5 %) ja kesanto (6,5 %). Syysviljoilla, nurmi- ja heinäkasveilla ja öljykasveilla käyttö oli kaikilla samalla suuruusluokkaa (noin 2,5 %) (Taulukko 9).

Syysviljoilla ei käytetty tuhoeläinten torjunta-aineita. Kesannoilla käytettiin ainoastaan rikkakasvien torjunta-aineita ja heinäkasveilla tuhoeläinten torjunta-aineita (siemenviljely) ja rikkakasvien torjunta-aineita. Muista kasveista kasvitautilien torjunta-aineita käytettiin eniten



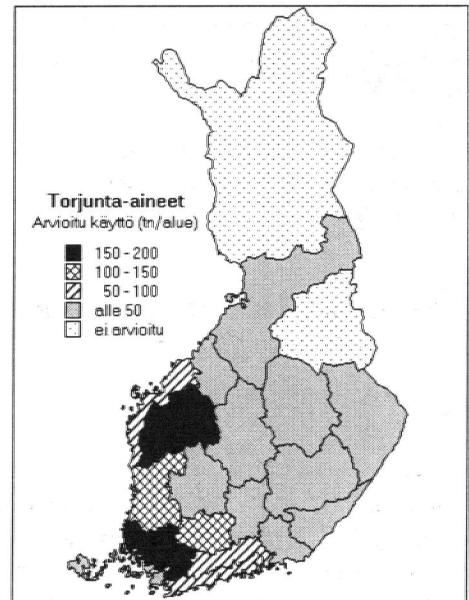
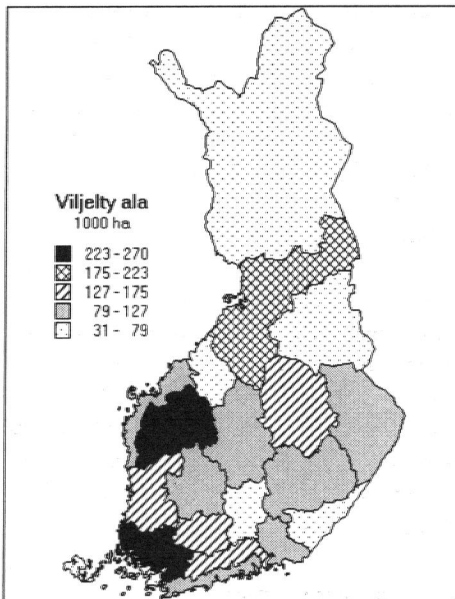
Maaseutukeskukset

- 1 Uudenmaan
- 2 Nylands Svenska
- 3 Farma
- 4 Finska Hushållningss.
- 5 Satakunnan
- 6 Pirkanmaan
- 7 Hämeen
- 8 Päijät-Hämeen
- 9 Kymenlaakson
- 10 Etelä-Karjalan
- 11 Mikkelin
- 12 Pohjois-Savon
- 13 Pohjois-Karjalan
- 14 Keski-Suomen
- 15 Etelä-Pohjanmaan
- 16 Österbottens Svenska
- 17 Keski-Pohjanmaan
- 18 Oulun
- 19 Kainuun
- 20 Lapin

Kuva 5. Maaseutukeskukset.

Taulukko 8. Viljelty ala ja torjunta-aineiden arvioitu käyttö aluetta (tn/alue) ja peltohehtaaria kohti (kg/ha) 1994.

Maaseutukeskus	Viljelty ala		Käyttö	
	1000 ha	tn/alue	tn/alue	kg/ha
Uudenmaan	150.3	85.8		0,57
Nylands Svenska	98.2	58.4		0,59
Farma	248.1	197.5		0.80
Finska Hushållingss.	30.6	28.1		0,92
Satakunnan	146.0	133.3		0,91
Pirkanmaan	106.5	45.9		0,43
Hämeen	156.7	103.5		0,66
Päijät-Hämeen	68.8	42.1		0,61
Kymenlaakson	85.4	34.8		0,41
Etelä-Karjalan	44,8	30,9		0,69
Mikkelin	89.5	36.0		0,40
Pohjois-Savon	146.3	32.4		0,22
Pohjois-Karjalan	94.6	18.6		0,20
Keski-Suomen	91.9	31,5		0,34
Etelä-Pohjanmaan	269.9	154.5		0,57
Österbottens Svenska	113.6	67.1		0,59
Keski-Pohjanmaan	73.7	32.9		0,45
Oulun	175.6	42.8		0,24
Kainuun (ei arvioitu)	32.5			
Lapin (ei arvioitu)	44.3			
Yhteensä	2267,3	1176,2		



Kuva 6. Viljelty ala ja torjunta-aineiden kokonaiskäyttö aluetta kohti (tehoainetonnia/alue).

Taulukko 9. Torjunta-aineiden käyttö kasviryhmittäin, tonneja ja prosentteja kokonaiskäytöstä ja myynti (tonnia) 1994.

Torjunta- aineryhmä	Syys- viljat	Kevät- viljat	Nurmi	Öljykasvit	Peruna	Sokerij.	Kesanto	Yht.	Myynti
	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn
Kasvitautien torjunta	5,6	107,8	0,0	1,9	120,1	1,0	0,0	236,4	209,0
Tuhoeläinten torjunta	0,0	24,6	1,7	10,6	0,1	14,0	0,0	50,9	74,0
Rikkakasvien torjunta	13,3	541,1	31,1	15,8	26,6	120,7	76,0	824,6	929,0
Kasvunsääto	13,7	50,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,4	60,0
Yhteensä (tonnia)	32,5	724,1	32,8	28,3	146,7	135,8	76,0	1176,2	1272,0
% kokonais- käytöstä	2,8	61,6	2,8	2,4	12,5	11,5	6,5		

Huom! Arvio ei sisällä torjunta-aineiden käyttöä Lapissa ja Kainuussa.

perunanviljelyssä ja vähiten sokerijuurikkaan tuotannossa. Tuhoeläinten ja rikkakasvien torjunta-aineita ja kasvunsäätteitä käytettiin eniten kevätiljojen viljelyssä (Taulukko 9).

Viljelypinta-alaa kohti laskettuna kasvitautien torjunta-aineita käytettiin eniten perunalla (3,3 kg/ha), tuhoeläinten torjunta-aineita sokerijuurikkaalla (0,2 kg/ha) ja rikkakasvien torjunta-aineita sokerijuurikkaalla (3,5 kg/ha) ja kasvunsäätteitä syysviljoilla.

Aluekohtainen torjunta-aineiden kokonaiskäyttö eri kasvien tuotannossa on esitetty kuvassa 8 ja liitteessä 2.

8.3.4 Käsittelyn pinta-alan prosenttiosuus viljelyalasta kasviryhmittäin

Kasvitautien torjunta

Ruiskutus

Ruiskutustarve oli syysviljoilla pienin Pirkanmaalla (5 %) ja suurin Etelä-Pohjanmaalla (20 %). Kevätviljoista käsiteltiin 2–20 %; vähiten Mikkelin alueella ja eniten Päijät-Hämeessä. Öljykasvien ruiskutustarve oli pieni koko maassa vaihdellen 0–3 %:iin. Perunaa ruiskutettiin vähiten Kymenlaaksossa (35 %) ja eni-

ten Päijät-Hämeessä (100 %) (Kuva 9 ja Liite 3).

Peittaus

Sokerijuurikkaan ja öljykasvien kylvöissä käytettiin peitattua siementä. Rannikkoalueella, Keski-Pohjanmaata lukuun ottamatta, syysviljat kylvettiin peitattulla siemenellä, sisämaassa peittauksen osuus oli 50–90 %. Siemenperunasta peitattiin yleensä 20–30 %. Poikkeuksena tästä olivat Österbotten svenska (5 %) ja Mikkeli (15 %) (Kuva 10 ja Liite 3).

Tuhoeläinten torjunta

Torjuntatarve oli yleisesti vähäistä viljakasveilla. Syysviljoja ei käsitelty lainkaan. Myös kevätiljoilla tuhoeläinten torjunta oli vähäistä; Hämeessä, Pohjois-Karjalassa ja Pohjoissa-Savossa ei torjuntaa tarvittu, Lounais-Suomessa käsiteltiin 15 % viljelyalasta. Öljykasveista käsiteltiin 75–100 % ja sokerijuurikkaasta 100 % (Kuva 11 ja Liite 4).

Rikkakasvien torjunta

Syysviljoilla rikkakasvien torjunnan tarve vaihteli 20 %:sta (Pohjois-Savo ja Pohjois-Karja-

la) 100 %:iin (Päijät-Häme ja Etelä-Pohjanmaa). Kevätviljoista ruiskutettiin 70–100 %, nurmista 1–10 %, öljykasveista 1–50 %, perunasta 40–95 %, sokerijuurikkaasta 100 % ja kesannosta 5–30 % (Kuva 12 ja Liite 5).

Kasvunsäätö

Syysviljojen kasvunsäätö vaihteli 5 %:sta (Päijät-Häme ja Pirkanmaa) 80 %:iin (Lounais-Suomi). Kevätviljoista käsiteltiin yleensä 10–20 %. Poikkeuksena oli Pohjois-Karjala (5 %) (Liite 6).

8.4 Tulosten arviointi

Koska arvio ei perustu tilastolliseen otantaan, on sen luotettavuutta vaikea mitata. Tulosta voidaan verrata torjunta-aineiden myyntitilastoihin. Myynti ja käyttö eivät nekään ole lyhyellä aikavälillä yhtäläisiä, sillä viljelijöillä saattaa olla varastoja edelliseltä vuodelta tai torjunnan tarve on ollut ennakoitua pienempi, kuten tautien ja tuhohyönteisten kohdalla joskus tapahtuu. Taulukkoon 9 on liitetty vuoden 1994 myyntitiedot. Suurin ero myynnin ja arvioidun käytön välillä on tuhoeläinten torjunta-aineilla, joilla arvio on lähes 31 % pienempi kuin myynti. Rikkakasvien torjunta-aineilla arvio on 11 % ja kasvitautien torjunta-aineilla noin 5 % myyntiä pienempi. Kasvunsääteillä se on 1 % myyntiä suurempi.

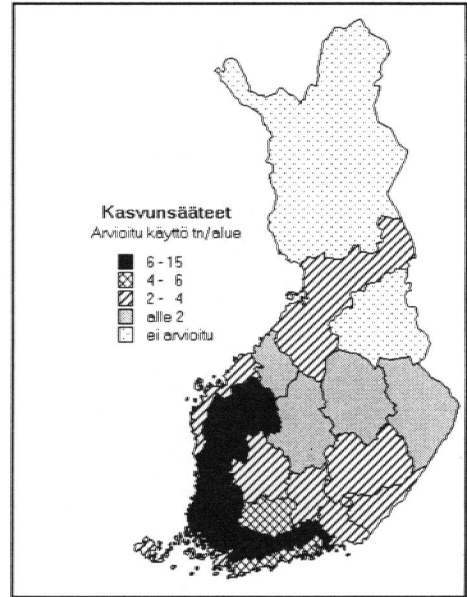
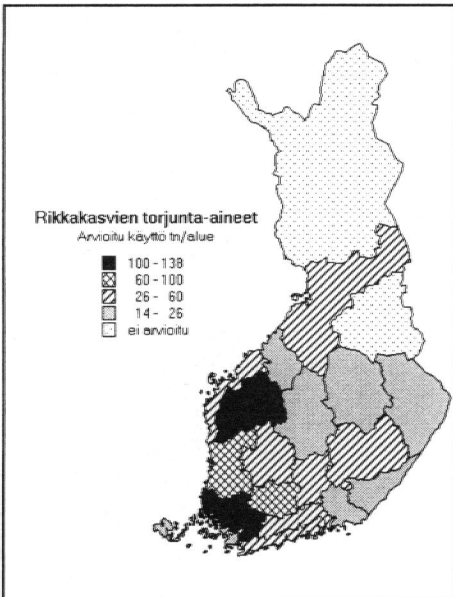
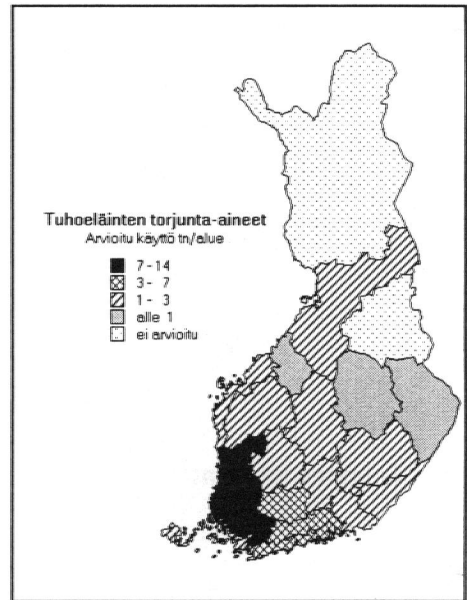
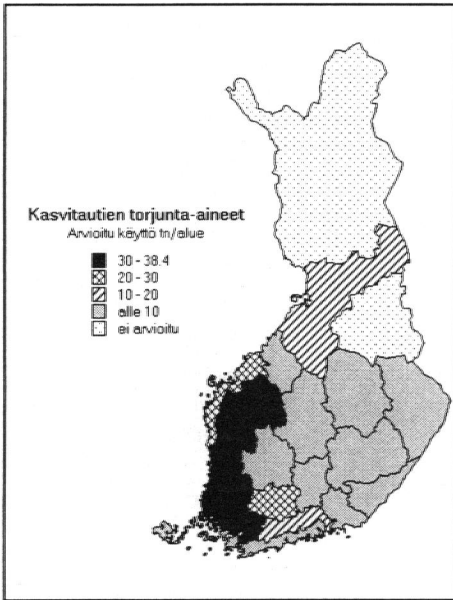
Torjunta-ainetuottajain yhdistyksen (TATY) lausunnossa puututtiin viljan ja heinän rikkakasvien torjunnan arviointiperusteisiin. Se olisi tullut jakaa viljakasvustojen käsittelyyn, kesannon ja nurmen lopettamiseen ja sänki-käsittelyyn. Nyt pyydettiin arvioimaan vain suojaviljan käsittely ja kesannon lopetus glyfosaatilla. Tämä on aiheuttanut vaikeuksia ja puutteita arvioinnissa.

Viljakasvien jako syys- ja kevätiljoihin on myös liian suuripiirteinen. Vaikeuksia esiintyi erityisesti kasvunsääteiden käyttömäärän määrittämisessä. Virheen pienentämiseksi jouduttiin sitä suhteuttamaan viljelyaloihin. Kevätviljoista pitäisi erottaa ainakin kaura omaksi ryhmäkseen.

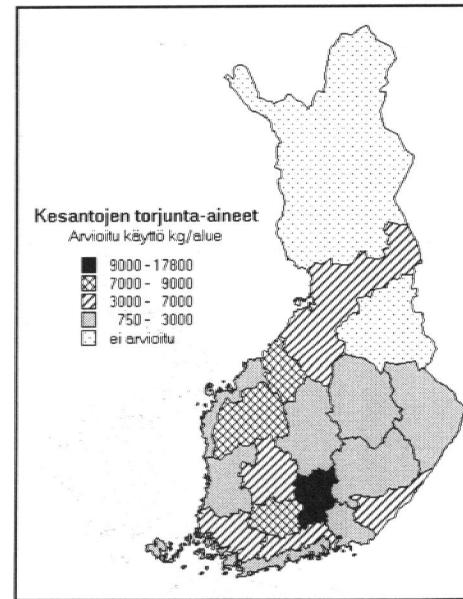
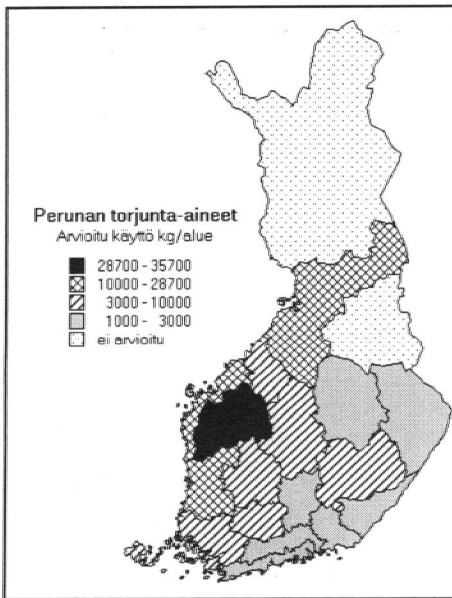
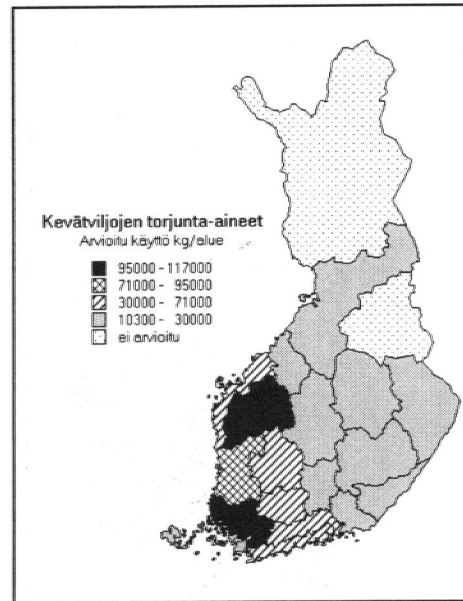
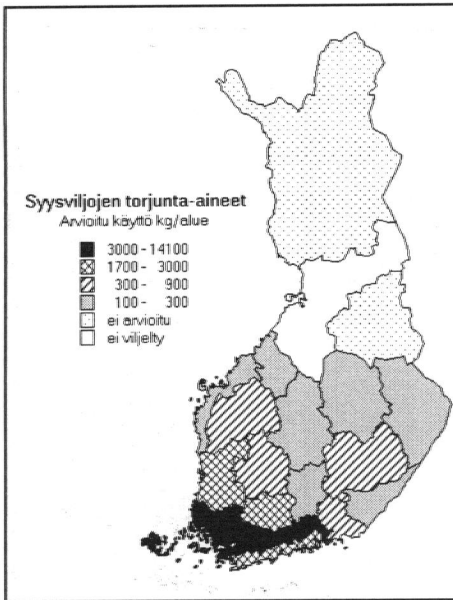
Perunanviljely jaettiin neljään luokkaan sadon käyttötarkoituksen mukaan. Jako sinänsä on asianmukainen, mutta tuotantosuintien määrän arvioiminen alueiden sisällä jäi osittain arvailun varaan, sillä perunateollisuuden hankintarajat eivät noudata maaseutukeskusrajoja.

Maaseutukeskusjako antaa joillakin alueilla virheellisen kuvan torjunta-aineiden käytön jakautumisesta. Alueen sisällä saattaa esiintyä suuria eroja kasvituotannossa. Esimerkiksi perunan viljely Oulun alueella keskittyy pääosin suhteellisen kapealle rannikkoalueelle, mutta maaseutukeskuksen alue ulottuu itärajalle saakka. Oikeamman kuvan saamiseksi olisi kuntakohtainen aluejako parempi.

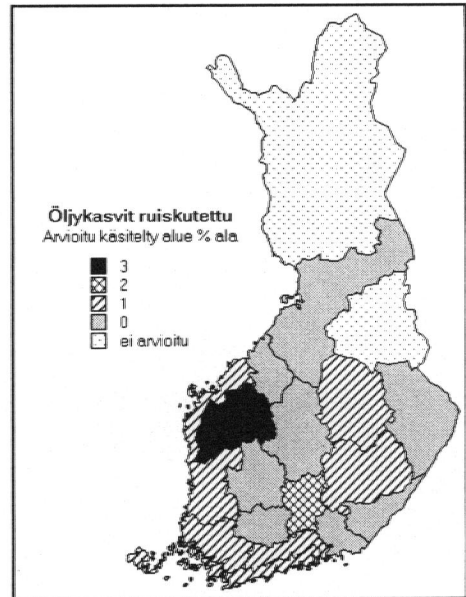
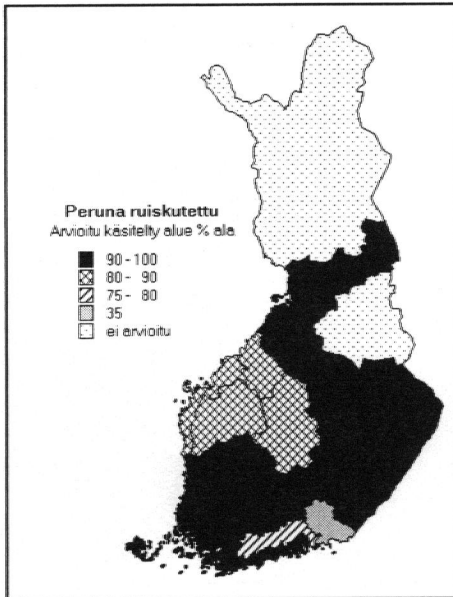
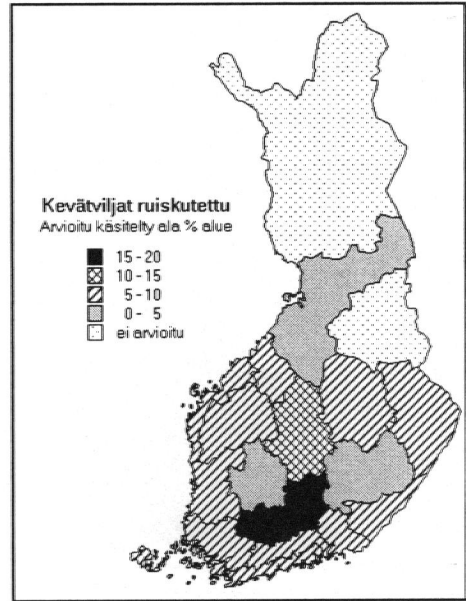
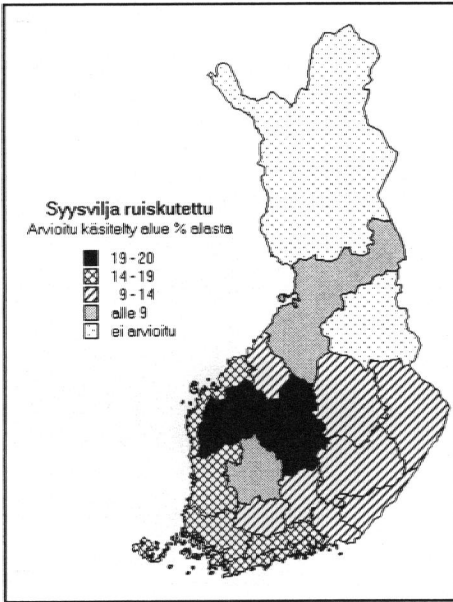
Marja- ja vihanneskasvit eivät sisälly arviointiin. Niiden huomioiminen lisäisi merkittävästi käyttömääriä joillakin alueilla.



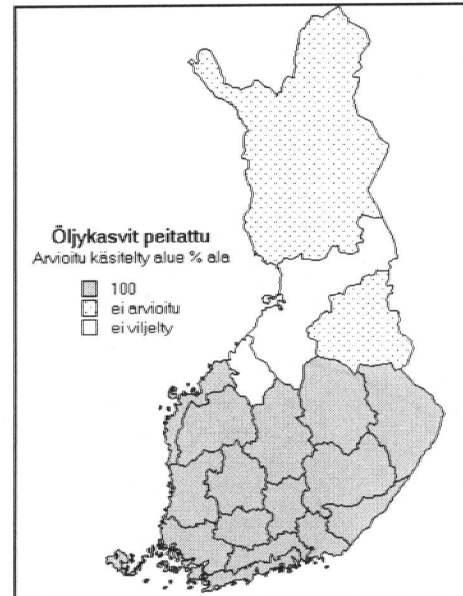
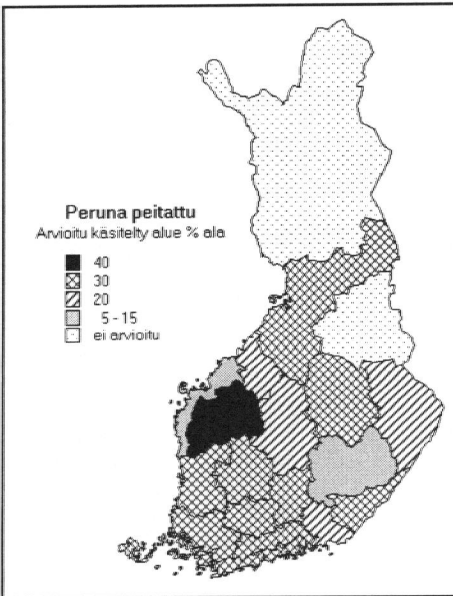
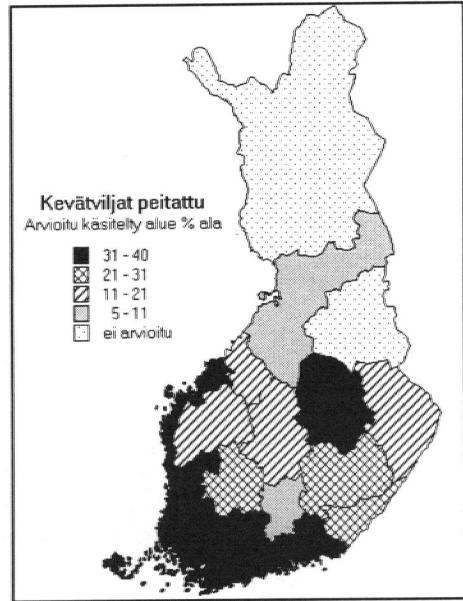
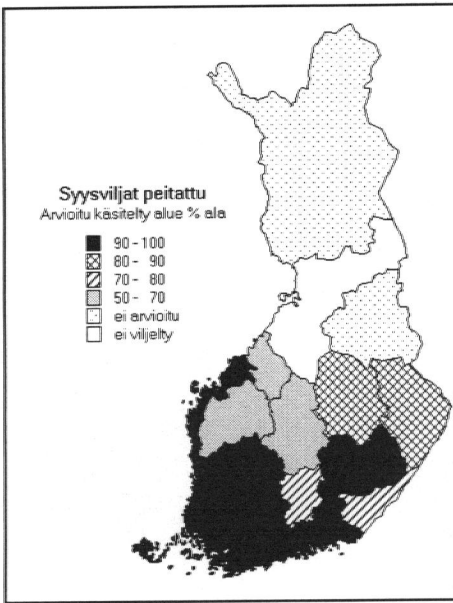
Kuva 7. Torjunta-aineiden arvioitu käyttö aineryhmittäin. Käyttö on laskettu tehoainetonneina aluetta kohti (tn/alue).



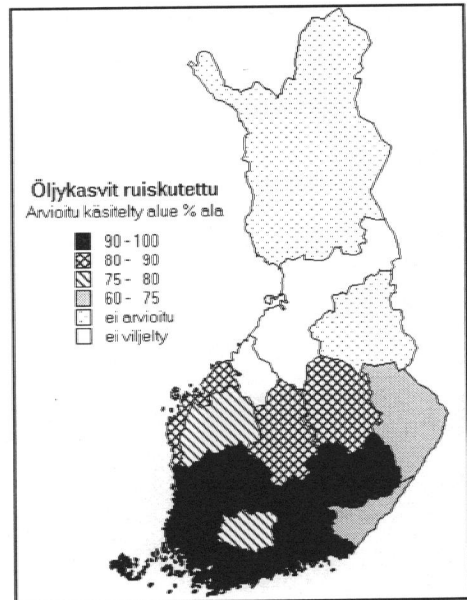
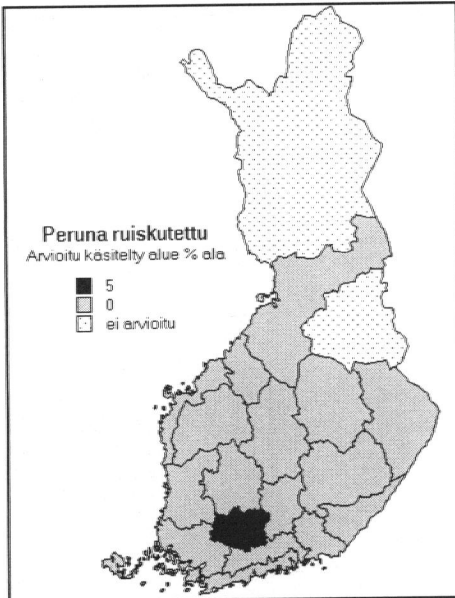
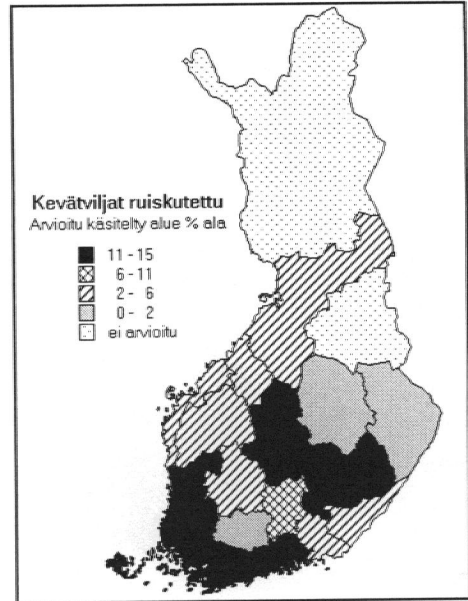
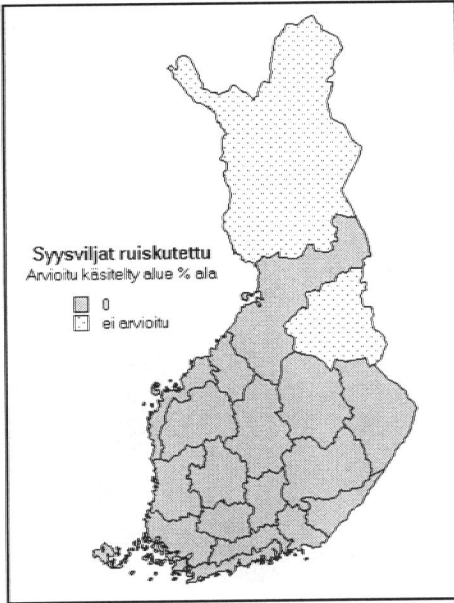
Kuva 8. Torjunta-aineiden arvioitu käyttö syys- ja kevätiljojen, perunan ja kesannon viljeltyssä. Käyttö on laskettu tehoaineina aluetta kohti (kg/alue).



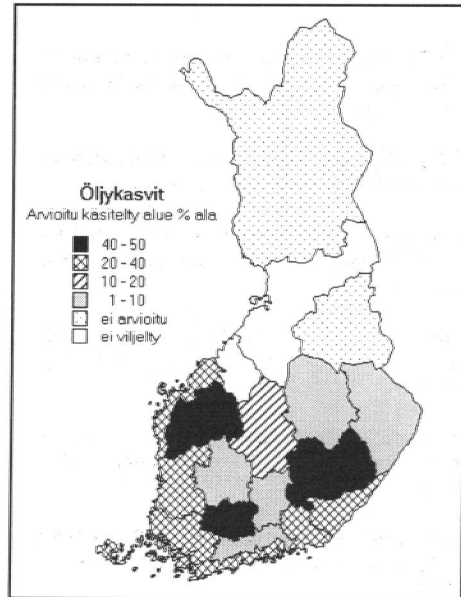
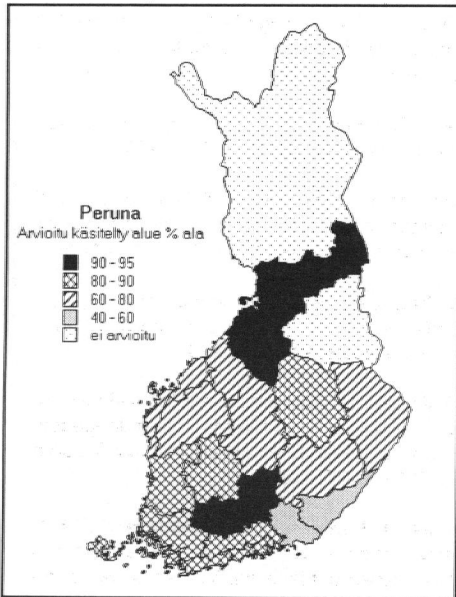
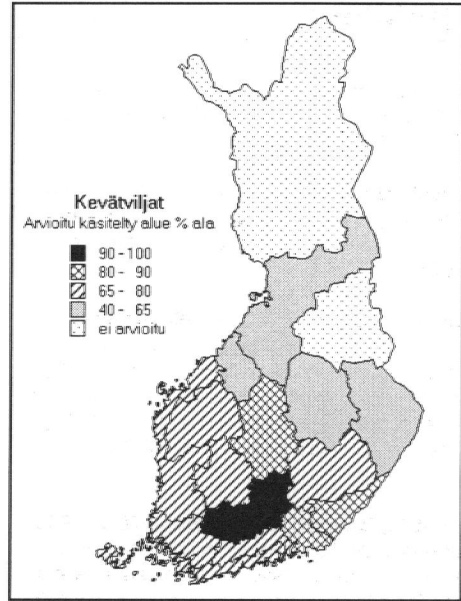
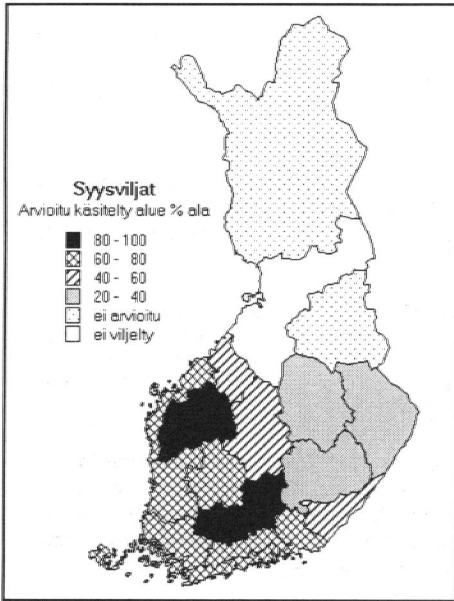
Kuva 9. Kasvitautien torjunta-aineilla käsitelty ala kasviryhmittäin. Ruiskutettu pinta-ala prosentteina (%) syys- ja kevätviljojen, perunan ja öljykasvien viljelyalasta 1994.



Kuva 10. Kasvitautien torjunta-aineilla käsitelty alue kasviryhmittäin. Peitattulla siemenellä kylvetty ala prosentteina (%) syys- ja kevätviljojen, perunan ja öljykasvien viljelyalasta 1994.



Kuva 11. Tuhoeläinten torjunta-aineilla ruiskutettu ala kasviryhmittäin. Käsitelty pinta-ala prosentteina (%) syys- ja kevätviljojen, perunan ja öljykasvien viljelyalasta 1994.



Kuva 12. Rikkakasvien torjunta-aineilla käsitelty pinta-ala prosentteina (%) syys- ja kevätviljojen, perunan ja öljykasvien viljelyalasta 1994.

Kirjallisuus

Elintarvikevirasto 1994. Torjunta-ainejäämien valvonta vuonna 1993. Helsinki: Elintarvikeviraston julkaisu 2. 32 p. + 11 liitettä.

Braunschweiler, H. 1992. Eräiden torjunta-aineiden käyttäytyminen suomalaisessa viljelymaassa. Helsinki: Vesi- ympäristöhallitus. Monistesarja nr 389. 57 p.

Brown, C. D. & Hollins, J. M. 1994. Assessment the environmental impact of pesticides -sequential modelling technique to interpret and extrapolate laboratory. Proceeding of Brighton Crop Protection Conference. Pest and Diseases - 1994. Nottingham: Major Print Ltd. p. 643-652. ISBN 0-948404-80-9

Court, A.C., Breach, R. A. & Porter, M. J. 1995. Pesticides in drinking water -catchment protection on water treatment. Pesticide movement to water. Proceeding of a symposium held at The University of Warwick, Coventry on 3-5 April 1995 p. 381-388.

Eronen, L. 1995. Sokerijuurikkaan torjunta-aineiden käyttöhuiput kuriin. Koetoiminta ja käytäntö 52 (17.10.1995) 36.

Heinonen-Tanski, H. 1986. Torjunta-aineiden hajoaminen maassa. Emissio. 1/86:11-15.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1989. Pesticide Sales in Finland in 1988. Kemia-Kemi 16:6 p. 614-617.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1990. Pesticide Sales in Finland in 1989. Kemia-Kemi 17:6 p. 530-533.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1991. Pesticide Sales in Finland in 1990. Kemia-Kemi 18:6 p. 506-509.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1992. Pesticide Sales in Finland in 1991. Kemia-Kemi 19:6 p. 563-565.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1993. Pesticide Sales in Finland in 1992. Kemia-Kemi 20:6 p. 535-537.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1994. Pesticide Sales in Finland in 1993. Kemia-Kemi 21:6 p. 529-531.

Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1995. Pesticide Sales in Finland in 1994. Kemia-Kemi 22:6 p. 529-531.

Junnila, S. 1984. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 16. 19 p.

Knisel, W. 1993. GLEAMS - Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems. Version 2.10. Tifton: (Publication of UGA-CPES-BAED No 5) University of Georgia, Tifton, GA, USA. 259 p.

Kreuger, J. 1992. Occurrence of pesticides in Nordic surface waters. In: Pesticides in the aquatic environment. Appearance and effect. Ed. A. Helweg. Plantevarncentret, Flakkeberjerg, Slagelse, Denmark. p 60-74.

Kreuger, J. 1995. Monitoring of pesticides in subsurface and surface water within an agricultural catchment in Southern Sweden. Pesticide movement to water. Proceeding of a symposium held at The University of Warwick, Coventry on 3-5 April 1995. Nottingham: Major Print Ltd. p. 81-86.

Laitinen, P. & Siimes, K. 1996. Torjunta-aineiden käyttäytyminen maassa. Puutarha 8:415-417.

Leonard, R.A., Knisel, W.G. & Still, D.A. 1987. Groudwater Loading Effects of Agricultural Management Systems. Trans. ASAE 30:1403-1418.

Maatilahallitus 1994. Maataloustilastollinen kausikatsaus. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. p. 1-29.

Markkula, M., Tiittanen, K. & Vasarainen, A. 1990. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2. 58 p. ISSN 0359-7652.

Matinvesi, J., Lehtomäki, M. & Hammar, T. 1994. Maataloudessa käytettävien torjunta-aineiden huuhtoutuminen pohjavesiin. Ympäristö ja Terveys-Lehti 3:52-58.

Patty, I. & Grill, J.J. 1995. Grassed Buffer Strips to Reduce Herbicide Concentration in Runoff -Preliminary Study in Western France. Proceedings of a Symposium held at Warwick, Coventry 3-5 April 1995. Nottingham: Major Print Ltd. p. 397-406.

Puustinen, M. 1994. Effect of soil tillage on erosion and nutrient transport in plough layer runoff. Publication of the Water and Environmental Research Institute 17. Helsinki. p. 71-90. ISBN 951-47-9749-3.

Rekolainen, S., Erkoma, K., Korhonen, K. & Huovinen, J. 1988. Eräiden maataloudessa yleisesti käytettyjen torjunta-aineiden esiintyminen vesistöissä ja huuhtoutuminen maatalousalueilta. Vesitalous 6:11–17.

Salo, S. 1992. ICEGREAM torjunta-ainemallin käyttöohjeita. Käsikirjoitus. Helsinki: Vesi- ja Ympäristöhallitus, 20 p.

Salo, S., Posch, M. & Rekolainen, S. 1993. PESTYM torjunta-ainemallin käyttäjäopas. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. Monistesarja nro 504. 29 p.

Siltanen, H. 1989. Torjunta-aineiden vaikutus maaperään. Ympäristöalan ammattijärjestö YAJ ry. Kemikalisoitumisen ympäristövaikutukset. Koulutuspäivät 2–3.11.1988 Turussa. Helsinki: VALTI-MO. p. 177–125.

Taskanen, A-L. 1994. Torjunta-aineiden käytön vaikutusten arviointi ja ohjauskeinot. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 596 41 p.

Torstensson, L. 1987. Kemiska bekämpningsmedel -transport, binding och nedbrytning i marken. Aktuellt från landsbruksuniversitetet. Uppsala: Landsbruksuniversitetet. N:o 357. 36 p.

Uusi-Kämppe, J. Suullinen tiedonanto 12.10.1995. MTT, Ympäristöntutkimuslaitos, Joki-oinen.

White, S. L. & Pinkstone, D. C. 1995. The occurrence of pesticides in drinking water. Proceeding of a symposium held at The University of Warwick, Coventry 3-5 April 1995. Nottingham: Major Print Ltd. p. 263–268.

Ylä-Mononen, L. 1993. Kemikaalien ominaisuustietojen tulkinta. Kemikaalien ympäristövaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallituksen koulutuspäivät Helsingissä 21 -22.10.1992. Ed. Jukka Malm. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. Monistesarja nro 471:32–39.

Torjunta-aineiden arvioitu käyttö aineryhmittäin 1994. Käyttö on arvioitu tehoainetonneina aluetta kohti (tn/alue). Fungisidit ovat kasvitautien torjunta-aineita, insektisidit tuhoeläinten torjunta-aineita ja herbisidit rikkakasvien torjunta-aineita.

	Fungisidit	Insektisidit	Herbisidit	Kasvunsäätet	Yhteensä
Uudenmaan	13,6	5,7	59,4	7,0	85,7
Nylands Svenska	9,1	4,2	41,5	3,7	58,4
Farma	30,9	13,9	138,3	14,5	197,6
Finska Hushålligss.	6,6	1,6	17,5	2,4	28,1
Satakunnan	31,4	8,1	85,9	7,9	133,3
Pirkanmaan	6,5	1,2	35,1	3,1	45,9
Hämeen	20,1	5,2	74,6	3,6	103,5
Päijät-Hämeen	2,5	1,7	35,8	2,1	42,1
Kymenlaakson	6,8	0,9	25,3	1,7	34,7
Etelä-Karjalan	4,2	0,7	24,2	1,9	30,9
Mikkelin	6,3	1,7	25,8	2,3	36,1
Pohjois-Savon	6,2	0,1	24,8	1,3	32,4
Pohjois-Karjalan	3,2	0,1	14,3	1,1	18,7
Keski-Suomen	4,5	1,9	23,8	1,3	31,5
Etelä-Pohjanmaan	38,4	1,8	108,1	6,1	154,4
Österbotten Svenska	26,7	1,7	36,4	2,3	67,1
Keski-Pohjanmaan	8,0	0,3	24,1	0,6	33,0
Oulun	11,6	0,8	28,8	1,6	42,8
Kainuun	arviota ei ole tehty				0,0
Lapin	arviota ei ole tehty				0,0
Yhteensä tn	236,6	51,5	823,7	64,5	1176,4

Torjunta-aineiden arvioitu käyttö kasviryhmittäin 1994. Käyttö on laskettu tehoainekiloina aluetta kohti (kg/alue).

Maaseutukeskus	Syysviljat kg	Kevätviljat kg	Öljykasvit kg	Nurmi + heinä kg	Peruna kg	Sokerijuur. kg	Kesanto kg	Yhteensä kg	Yhteensä tn
Uudenmaan *	4607	69901	3164	1255	1000	2360	3490	85777	85,8
Nylands svenska *	1980	39724	2610	833	2320	9046	1900	58413	58,4
Farma *	14079	116018	7035	1721	9600	43263	5820	197536	197,5
Finnska Hushållingss. *	3931	10400	629	110	4800	7473	760	28103	28,1
Satakunnan	1782	77474	2531	1427	21600	26744	1700	133258	133,3
Pirkanmaan	621	35635	816	1012	4095	394	3370	45941	45,9
Hämeen	1956	52009	4604	1694	9348	26744	7140	103495	103,5
Päijät-Hämeen	170	17458	633	350	1830	3925	17760	42125	42,1
Kymmenlaakson	841	28474	1280	371	1043	787	1960	34757	34,8
Etelä-Karjalan	279	23286	299	89	1715	1967	3280	30915	30,9
Mikkelin	603	20431	417	3413	4230	5256	1700	36049	36,0
Pohjois-Savon	292	22332	902	3539	2800	0	2510	32376	32,4
Pohjois-Karjalan **	199	14403	87	873	1210	0	1800	18572	18,6
Keski-Suomen	258	22299	300	3456	3105	0	2120	31539	31,5
Etelä-Pohjanmaan	665	99673	2527	4356	35690	3540	8004	154455	154,5
Österbotten svenska ***	200	36254	732	1973	21150	4326	2450	67086	67,1
Keski-Pohjanmaan	100	10804	0	7140	7520	0	7380	32944	32,9
Oulun	0	23723	0	1414	13968	0	3710	42815	42,8
Kainuun (ei arvioitu)								0	0,0
Lapin (ei arvioitu)								0	0,0
Yhteensä kg	32563	720298	28566	35025	147024	135824	76854	1176154	
Yhteensä tn	32,6	720,3	28,6	35,0	147,0	135,8	76,9	1176,2	1176,2
%kokonaiskäytöstä	2,8	61,2	2,4	3,0	12,5	11,5	6,5	100,0	

* = Arvio tehty pääosin Satakunnan arvion mukaan.

** = Arvio tehty pääosin Pohjois-Savon arvion mukaan.

*** = Arvio tehty pääosin Keski-Pohjanmaan arvion mukaan.

Kasvitautilien torjunta-aineilla käsitelty ala kasviryhmittäin (% viijelyalasta).

Maaseutukeskus	Syysviljat		Kevätviljat		Öljykasvit		Peruna		Sokerijuurikas	
	Ruiskutus Peittaus %	%	Ruiskutus Peittaus %	%	Ruiskutus Peittaus %	%	Ruiskutus Peittaus %	%	Ruiskutus Peittaus %	%
Uudenmaan *	15	100	5	40	1	100	75	30	0	100
Nylands svenska *	15	100	5	40	1	100	95	30	0	100
Farma*	15	100	5	40	1	100	95	30	0	100
Finska Hushållingss.*	15	100	5	40	1	100	95	30	0	100
Satakunnan	15	100	5	40	1	100	95	30	0	100
Pirkanmaan	5	90	0	30	0	100	90	30	0	100
Hämeen	9	100	15	40	0	100	95	30	0	100
Päijät-Hämeen	10	70	20	10	2	100	100	30	0	70
Kymenlaakson	10	100	5	40	0	100	35	20	0	100
Etelä-Karjalan	10	70	5	30	0	100	90	30	0	100
Mikkelin	10	95	2	30	1	100	90	15	0	100
Pohjois-Savon	10	80	5	40	1	100	95	30		
Pohjois-Karjalan**	10	80	5	20	0	100	90	20		
Keski-Suomen	20	50	10	20	0	100	80	20		
Etelä-Pohjanmaan	20	50	8	18	3	100	85	40	0	100
Österbotten svenska***	15	90	5	40	1	100	80	5	0	100
Keski-Pohjanmaan	10	50	5	20			80	20		
Oulun			2	5			90	30		
Kainuun (ei arvioitu)										
Lapin (ei arvioitu)										

* = Arvio tehty pääosin Satakunnan arvon mukaan.

** = Arvio tehty pääosin Pohjois-Savon arvon mukaan.

*** = Arvio tehty pääosin Keski-Pohjanmaan arvon mukaan.

LIITE 4.

Tuhoeläinten torjunta-ainoilla käsitely ala kasviryhmittäin (% viljelyalasta).

Maaseutukeskus	Syysviljat		Kevätviljat		Nurmi ja heinä		Öljykasvit		Peruna		Sokerij.	
	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Peittaus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %	Ruiskutus %
Uudenmaan *	0	15	2	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Nylands svenska *	0	15	0,5	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Farma*	0	15	1	95	0	100	0	100	0	100	0	100
Finska Hushållingss.*	0	15	1	95	0	100	0	100	0	100	0	100
Satakunnan	0	15	1	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Pirkanmaan	0	5	0	90	0	100	0	100	0	100	0	100
Hämeen	0	0	0	75	0	100	5	100	0	100	0	100
Päijät-Hämeen	0	10	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Kymenlaakson	0	2	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Etelä-Karjalan	0	5	0	70	0	100	0	100	0	100	0	100
Mikkelin	0	15	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Pohjois-Savon	0	0	0	80	0	100	0	100	0	100	0	100
Pohjois-Karjalan**	0	0	0	60	0	100	0	100	0	100	0	100
Keski-Suomen	0	15	0	80	0	100	0	100	0	100	0	100
Etelä-Pohjanmaan	0	1,5	1	75	1	100	0	100	0	100	0	100
Österbotten svenska***	0	5	1	80	1	100	0	100	0	100	0	100
Keski-Pohjanmaan	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oulun	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kainuun (ei arvioitu)												
Lapin (ei arvioitu)												

* = Arvio tehty pääosin Satakunnan arvion mukaan.

** = Arvio tehty pääosin Pohjois-Savon arvion mukaan.

*** = Arvio tehty pääosin Keski-Pohjanmaan arvion mukaan.

Rikkakasvien torjunta-aineilla käsitelty ala kasviryhmittäin (% viljelyalasta).

Maaseutukeskus	Syysviljat %	Kevätviljat %	Nurmi ja heinä 1) %	Öljykasvit %	Peruna %	Sokerij. %	Kesanto %
Uudenmaan *	70	70	2	5	85	100	5
Nylands svenska *	70	70	2	20	85	100	5
Farma *	70	70	5	20	85	100	5
Finska Hushållings.*	70	70	1	20	85	100	5
Satakunnan	70	70	2	20	85	100	5
Pirkanmaan	60	70	2	5	80	100	5
Hämeen	90	95	4,5	40	95	100	10
Päijät-Hämeen	100	100	1	5	90	100	20
Kymenlaakson	60	80	1	20	40	100	5
Etelä-Karjalan	50	80	3	20	50	100	10
Mikkelin	35	75	5	50	75	100	5
Pohjois-Savon	20	50	2,5	1	80		5
Pohjois-Karjalan **	20	50	1	5	70		15
Keski-Suomen	40	80	2	10	60		5
Etelä-Pohjanmaan	100	75	3	45	70	100	6
Österbotten svenska ***	70	70	4	20	60	100	5
Keski-Pohjanmaan	40	40	10		60		30
Oulun		50	1		92		5
Kainuun (ei arvioitu)							
Lapin (ei arvioitu)							

* = Arvio tehty pääosin Satakunnan arvion mukaan.

** = Arvio tehty pääosin Pohjois-Savon arvion mukaan.

*** = Arvio tehty pääosin Keski-Pohjanmaan arvion mukaan.

1) Sisältää vain kesannon lopetuksen.

LIITE 6.

Kasvunsäateillä käsitelty ala (% viljelyalasta).

Maaseutukeskus	Syysviljat	Kevätviljat
	%	%
Uudenmaan *	80	20
Nylands svenska *	80	20
Farma*	80	20
Finska Hushållings.*	80	20
Satakunnan	80	20
Pirkanmaan	5	20
Hämeen	80	10
Päijät-Hämeen	5	20
Kymenlaakson	20	10
Etelä-Karjalan	50	10
Mikkelin	75	20
Pohjois-Savon		
Pohjois-Karjalan**	60	5
Keski-Suomen	25	10
Etelä-Pohjanmaan	50	13
Österbotten svenska***	25	10
Keski-Pohjanmaan	25	10
Oulun		10
Kainuun (ei arvioitu)		
Lapin (ei arvioitu)		

* = Arvio tehty pääosin Satakunnan arvion mukaan.

** = Arvio tehty pääosin Pohjois-Savon arvion mukaan.

*** = Arvio tehty pääosin Keski-Pohjanmaan arvion mukaan.

Julkaisun sarja ja numero
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.
Sarja A 12

Julkaisuaika (kk ja vuosi)
Marraskuu 1996

Tekijä(t)

Pirkko Laitinen
Ritva Raisio
Katri Siimes

Tutkimushankkeen nimi

Toimeksiantaja(t)
Maatalouden tutkimuskeskus

Nimike
Torjunta-ainepäästöt maataloudessa (MATYVA-Projekti)

Tiivistelmä

Tämä selvitys on osa vuonna 1993 käynnistynyt 'Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristöaloudelliset vaikutukset'(MATYVA) -projektiä (Osa 4.2: 'Tavanomaisen viljelyn torjunta-ainepäästöt'). Sen tarkoituksena on kuvata torjunta-aineiden käyttäytymistä ja huuhtoutumista viljelymaassa ja arvioida huuhtoutumisen suuruusluokkaa ja käytön alueellista ja tuotantoalakohtaista jakautumista.

Torjunta-ainepäästöt vesistöihin vaihtelevat aineesta ja olosuhteista riippuen ja lienevät meillä 0,1 - 1,0 % aineiden käytöstä. Ajoittain pintavesien torjunta-ainepitoisuudet ylittävät talousvedelle asetetut raja-arvot. Mikäli torjunta-aineita joudutaan poistamaan raakavedestä, siitä aiheutuu yhteiskunnalle suuria kustannuksia.

Torjunta-aineiden kulkeutuminen ja hajoaminen maassa riippuu monista aineen ja maaperän fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, säätilasta ja viljelymenetelmistä. Torjunta-ainepäästöjen arvioimiseksi on tunnettava paikalliset maaperä- ja ilmasto-olosuhteet ainakin pääpiirteissään. Koska aineet liikkuvat veden mukana, päästöjen aluetasoinen ennustaminen on mahdollista matemaattisten mallien avulla, mikäli maalajit pystytään luokittelemaan ja paikantamaan hydrologisten ominaisuuksiensa mukaan. Valuma-alueitasoinen tietojärjestelmä on erityisen tärkeä silloin, kun pintavettä käytetään talousveden raakavetenä tai pohjavesien saastumisvaara on olemassa.

Torjunta-aineiden myyntiä on meillä tilastoitu ja julkaistu vuodesta 1953 lähtien. Suurimmillaan myynti oli 1980. Maataloudessa käytettävien torjunta-aineiden myynti oli silloin tehoainena n. 2400 tonnia. Sen jälkeen myynti on vähentynyt ja oli vuonna 1994 1272 tonnia. Teoreettinen, myyntimäärästä laskettu keskimääräinen käyttö viljeltyä peltohehtaaria kohti vuonna 1994 oli 0,71 kg/ha. 0,2 kg/ha). Kainuun ja Lapin alueelta ei torjunta-aineiden käyttöä arvioitu.

Suurin osa torjunta-aineista käytettiin kevätiljojen viljelyssä (62 %). Seuraavina olivat peruna (13 %), sokerijuurikas (12 %) ja kesanto (7 %). Syysviljoilla, nurmi- heinä - ja öljykasveilla käyttö oli n. 2,5 % kokonaiskäytöstä. Alueellisen torjunta-aineiden käytön arvioimiseksi on meillä eri tahoilta saatavilla tarvittavia tietoja pitkältikin aikaväliltä. Kohtalaisen luotettavien arvioiden laatiminen on mahdollista. Takautuvalla arvioinnilla on merkitystä, koska torjunta-aineita voi ilmaantua pohjavesiin vuosien kuluttua käsittelystä. Tärkeää olisi luoda jatkuva seurantajärjestelmä mahdollisten riskien arvioimiseksi.

Avainsanat
torjunta-aineiden käyttö, päästöt, maaseutukeskukset, arviointi vuodelta 1994

Toimintayksikkö
Kasvinsuojelun tutkimuslaitos, 31600 JOKIOINEN

ISSN 1238-9935
ISBN 951-729-475-1

Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN
Puh. (03) 41 881
Telekopio (03) 4188 339

Sivuja
41 s. + 6 liitettä

Hinta
40 mk + alv



Jokioinen 1996
ISBN 951-729-475-1
ISSN 1238-9935