

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

# **KASVINSUOJELUMENETELMIEN KÄYTTÖ JA VAIKUTUKSET SUOMESSA**

## **Plant protection practices and impacts in Finland**

Työn tarkastaja: professori, KTT DI Lassi Linnanen

Työn ohjaaja: nuorempi tutkija, DI Maija Leino

Lappeenrannassa 2.11.2015

Noora Oikarinen

# SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO .....	2
1 JOHDANTO .....	3
1.1 Maanviljelyn kestävyysaasteet .....	4
1.2 Kasvinsuojelun merkitys viljelyssä .....	5
1.3 Tavoite ja rajaukset .....	7
2 KEMIALLINEN KASVINSUOJELU .....	7
2.1 Integroitu kasvinsuojelu .....	9
2.2 Kasvinsuojeluaineiden käyttö .....	10
2.3 Glyfosaattivalmisteet .....	11
2.4 Kasvinsuojeluaineiden vaikutukset .....	12
2.5 Havainnot tutkimuksissa .....	14
3 MUUT KUIN KEMIALLISET KASVINSUOJELUMENETELMÄT .....	16
3.1 Viljelykierto .....	16
3.2 Maan muokkaus .....	20
3.3 Lajikevalinta .....	21
3.4 Tasapainoinen lannoitus .....	22
3.5 Agroekologinen viljely .....	22
3.5.1. CA-viljely .....	23
3.5.2. Luomutuotanto Suomessa .....	24
4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	24
4.1 Viljelytapa .....	25
4.2 Viljelyn tulevaisuus .....	27
5 YHTEENVETO .....	29
LÄHTEET .....	31

## **LYHENNELUETTELO**

Fungisidit	Kasvitautilien torjunta-aineet
Herbisidit	Rikkakasvien torjunta-aineet
Insektisidit	Tuhoeläinten torjunta-aineet
IPM	Integroitu kasvinsuojelu, englanniksi integrated pest management
Luke	Luonnonvarakeskus
MTT	Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
Tike	Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus

# 1 JOHDANTO

Maatalous ja ruoantuotanto kohtaavat yhä suurempia haasteita tulevaisuudessa. Maailman väestömäärä ylitti 7 miljardia vuonna 2011 ja sen on odotettu kasvavan 8,4 miljardiin jo vuoteen 2030 mennessä (UN 2015). Lisääntyvän väestömäärän ravitsemiseksi ruokaa tulee tuottaa entistä enemmän. Verrattuna vuonna 2005 tuotettuun ruokamäärään on arvioitu, että kehittyvien maiden ruoantuotannon tulee lähes kaksinkertaistua vuoteen 2050 mennessä (FAO 2009). Lisäksi viljelytarvetta lisää yleinen elintason nousu niin Aasiassa kuin Afrikassa, sillä elintason nousun on todettu johtavan kasvavaan lihankulutukseen: eläinproteiinin tuotanto vaatii kasviproteiinin tuotantoon verrattuna huomattavasti suuremmat tuotantopanoset. Toisekseen, ruoantuotanto liittyy keskeisesti ilmastonmuutokseen. Maatalouden on arvioitu aiheuttavan noin kymmenyksen maapallon vuotuisista kasvihuonekaasupäästöistä (Smith et al. 2007). Ilmastonmuutoksen on ennustettu vaikeuttavan ruoantuotantoa monin tavoin, ja myös Suomessa vaikutusten odotetaan olevan negatiivisia (Tommila et al. 2013, 25–26). Ruokahuollon varmistamiseksi pitkällä aikavälillä tulisi ruoantuotannon kestävyys kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Vihreä vallankumous 1960-luvulta alkaen uudisti maatalouden tuomalla viljelijöiden käyttöön uudenlaisia siemeniä, fossiilisia ravinteita ja lannoitteita sekä moderneja kastelumeneelmiä. Viljelykasveja jalostettiin entistä satoisemmiksi: hyötymään fossiilisin polttoainein tuotetuista lannoitteista ja kasvinsuojeluaineista. Näiden kasvutekijöiden avulla viljantuotanto lähes kolminkertaistui ja kokonaistuotanto pysyi väestönkasvun rytmissä. Myöhemmin vihreän vallankumouksen on ymmärretty olevan kestämaton toimintatapa erityisesti veden kulutuksen osalta, ja sen seurauksena osa maasta on suolaantunut viljelykelvottomaksi. Tuotantomenetelmät eivät toimineet kaikkialla, eikä nälkäongelmaa siten ole voitettu. (Postel 2011, 70–71; Pimentel 1996.) Nykyisen maatalouden myötä moninkertaistuneet fosforin ja typen ravinnevirrat uhkaavat kestävyysplaneettarajoja: erityisen kriittistä on makean veden ekosysteemien kyky sietää fosforivaluntoja. Toisekseen typpilannoitteen valmistus on energiaintensiivistä ja syntyvät typenoksidit kiihdyttävät ilmastonmuutosta. Muuttamalla ruokailutottumuksia kasvispainotteisiksi ja muokkaamalla maatalouskäytäntöjä on mahdollista vaikuttaa merkittävästi ruoantuotannon kestävyys. (Kahiluoto et al. 2014.) Maailman väestön ruokkimisen suurin ongelma ei ole satojen koko vaan kestämatomät viljelytavat. On todettu, että nälän vähentämiseksi ei ole tehokasta keskittyä tuotan-

non lisäämisen, vaan sen sijaan tulisi keskittyä, mitä ruokaa tuotetaan ja parantaa sen jakelua. (Halweil & Nierenberg 2011, 34–35.) Globaalisti tarkasteltuna kuluttajat ovat hyvin eriarvoisissa asemissa: toisaalla kamppaillaan nälkää vastaan ja toisaalla taas ylipäätös ja sen aiheuttamat ongelmat ovat arkipäivää.

## 1.1 Maanviljelyn kestävyysaasteet

Maataloustuotanto perustuu ekosysteemin kolmeen peruspilariin: auringon valoenergiaan, aineiden kiertokulkuun ja luonnon monimuotoisuuteen (Seuri 1999, 5; Postel 2011, 70). Monimuotoisuus ylläpitää peltoekosysteemin vakautta (Rajala 2012, 103). Monimuotoisuuden tärkeys korostuu ympäristön muuttuessa, koska eroavaisuudet yksilöiden, lajien ja elinympäristöjen sisällä parantavat niiden mahdollisuuksia mukautua olosuhteiden muuttuessa ja säilyä elinvoimaisina. Maata viljellessä pyritään maksimoimaan viljelykasvin menestyminen vähentämällä kilpailua kasveja, tauteja ja tuholaisia vastaan sekä huolehtimalla riittävästä ja oikea-aikaisesta ravinteiden, valon ja veden saannista. Näin ollen nykyiseen maatalouteen liittyvät keskeisesti lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet.

Kokonaisviljelyalan määrä vähenee jatkuvasti, sillä eroosio, suolaantuminen ja aavikoituminen tapahtuvat nopeammalla vauhdilla kuin uuden viljelymaan käyttöönotto. Myös niukkeneva makean veden saatavuus rajoittaa viljelyn mahdollisuuksia, sillä nykyisellään noin 70 % maailman sadosta on kastellulta viljelyalalta. Toisaalta viljelymaan käyttöönottoa rajoittaa kilpailu maankäytöstä: väestönkasvun myötä kaupungit laajenevat, infrastruktuuria laajennetaan ja biopolttoaineet valtaavat viljelyalaa. (Helenius et al. 2012, 13.) Samalla uusien viljelymaiden käyttöönotto uhkaa metsiä, joilla on merkittävä vaikutus niin ilmastoon, biodiversiteettiin kuin biologiseen kiertokulkuun (Granstedt 1999, 18–19). Herää kysymys olisiko uuden viljelymaan raivaamisen sijaan kannattavampaa keskittyä parantamaan nykyisten viljelyalueiden kestävä käyttöä ja toisaalta lisäämään viljelyn mahdollisuuksia urbaanissa ympäristössä.

Ilmastonmuutos on globaali ja monimutkainen ihmiskunnan tulevaisuutta uhkaava ongelma, johon maataloudella on huomattavan suuri vaikutus. Maatalouden arvioidaan tuottavan 10–12 % maapallon vuotuisista kasvihuonekaasupäästöistä ja sen myös odotetaan kärsivän ilmastonmuutoksen seurauksista. Maatalouden päästöt aiheutuvat maatalousmaasta vapau-

tuvista kasvihuonekaasuista, karjan ruoansulatuksen metaanipäästöistä, riisinviljelystä ja lannasta. (IPCC 2014, 822.) Lisäksi päästöjä aiheutuu fossiilisten polttoaineiden käytöstä, typpilannoitteen käytössä vapautuvasta dityppioksidista sekä tuotantopanosten valmistuksesta. Maaperään myös sitoutuu ja varastoituu hiiltä, mutta esimerkiksi Suomen peltojen hiilipitoisuuden on havaittu laskeneen viime vuosikymmeninä (Palojärvi et al. 2015, 17), mikä osaltaan lisää hiilidioksidikonsentraatiota ilmakehässä. Toisaalta kestävästi toteutetun maatalouden mahdollisuudet hillitä ilmastonmuutosta sitomalla hiiltä maahan ovat huomattavat. (Nierenberg & Halweil 2011, 119.)

Nykyisen maatalouden kestävyysaasteina nähdään uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö sekä maankäytön epätasapainoinen jakautuminen ruoantuotannon ja luonnon biodiversiteetin välillä. Kasvien suojeleminen kemikaalien avulla nähdään houkuttelevana menetelmän helppouden ja toiminnan ennustettavuuden takia, sillä silloin ei ole tarpeen ymmärtää tarkemmin tuotannon biologisia tai fysiologisia prosesseja. Sen sijaan vaihtoehtoisten kasvinsuojelumenetelmien käyttäminen vaatii tuntemusta eri lajien välisistä suhteista, kuten esimerkiksi saalistajan ja saalistettavan suhteesta, sekä maaperän kunnon ja kasvuston jatkuvaa seurantaa, mikä korostuu entisestään viljelykiertoa toteuttaessa. (Atkinson & McKinlay 1997; Haapala & Mäkelä 2005, 16–17.) Viljelytapa tulisi kuitenkin valita niin, että saataisiin tuotettua sekä määrällisesti että laadullisesti riittävä sato pitkällä aikavälillä. Samanaikaisesti fossiilisen energian käytöstä tulisi päästä eroon ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Kokonaisuudessaan yhä enemmän huomiota ja resursseja tulisi suunnata sekä ilmastonmuutoksen aiheuttamien haasteiden ratkaisemiseen että kestäviin maanviljelytapoihin siirtymiseen.

## **1.2 Kasvinsuojelun merkitys viljelyssä**

Viljelyn kannattavuus riippuu tuotetun sadon määrästä ja laadusta sekä markkinatilanteesta. Hehtaarikohtaista satoa pyritään parantamaan muokkaamalla viljelykasvin olosuhteita mahdollisimman optimaaliseksi. Mahdollisia uhkia sadon heikkenemiselle ovat liiallinen kuivuus tai sade, ravinteiden niukkuus, tuhoeläimet, kasvitaudit ja rikkakasvit. Kasvinsuojeluaineet ovat viljelyssä keskeisessä asemassa, koska ne ehkäisevät sadon menetyksiä ja parantavat sadon laatua (Evara 2012, 3). Kasvinsuojeluaineet esimerkiksi suojelevat kasvia kasvitaudeilta ja tuholaisilta sekä estävät haitallisten kasvien kasvua (Tukes 2014a). Hy-

vinvoiva kasvi kykenee hyödyntämään kasvualustan ravinteita tehokkaasti, jolloin myös yhteyttäminen ja hiilen sitominen maaperään on tehokasta. Tämä on tärkeää rehevöitymisen estämiseksi ja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. (Alanko et al. 2013, 30.) Tällä hetkellä kasvinsuojeluaineiden käyttö on Suomessa Keski-Euroopan tasoa vähäisempää viileämmän ilmaston ansiosta, mutta ilmaston lämpenemisen myötä käytön ennustetaan lisääntyvän (Tukes 2014a).

Kasvinsuojeluaineiden käyttö ei ole kuitenkaan ongelmaton, sillä ne ovat usein myrkyllisiä myös muille kuin torjuttavalle eliölle (Tukes 2014a). Kasvinsuojeluaineita käytettäessä on aina mahdollista, että elintarvikkeesta tai rehusta löytyy niiden jäämiä (Evira 2012, 4). Kasvinsuojeluaineiden ympäristövaikutuksista ei toistaiseksi olla kovin tietoisia. Erityisesti vaikutuksia pitkällä aikavälillä, ekosysteemitasolla tai usean tehoaineen yhteiskäytöstä on tutkittu vain vähän. Kasvinsuojeluaineiden on kuitenkin epäilty olevan osasyllisiä lajien vähenemiseen, esimerkiksi kasveja pölyttävien mehiläisten ja lantakuoriaisten määrän vähenemiseen (Martinez et al. 2001).

Nykyisin kuluttajat ovat entistä kiinnostuneempia ja tietoisempia ruoasta ja sen vaikutuksista niin ihmisten kuin ympäristön terveyteen ja turvallisuuteen. Trendin myötä luomutuotannon suosio ja määrä ovat kasvaneet merkittävästi viime vuosina. Suhteessa kasvavaan ruoantuotantotarpeeseen yhtälö on nähty haastavana. Tyypillisesti luomutuotannon sato on vain 60 % tavanomaisen viljan hehtaarisadosta, ja myös luomuviljan laatu on keskimäärin tavanomaisen viljan laatua heikompaa (Tike 2014a). Luomutuotannossa kasvinsuojeluaineiden käytölle on asetettu tavanomaista viljelyä tiukemmat rajat, mikä on yksi syy pienemmille sadoille. Luomutuotannossa sallitut kasvinsuojeluaineet on listattu erikseen (esimerkiksi kasvien tuottama pyretriini ja eräät biologiset valmisteet), ja Evira pitää niistä kirjaa. Ensisijaisesti tuholaisia, kasvitauteja ja rikkakasveja torjutaan muilla keinoin, kuten laji- ja lajikevalinnalla, viljelykierrolla, viljelytekniikoilla ja tuhoajien luonnollisilla vihollisilla sekä haraamalla, kitkemällä ja liekittämällä. (Evira 2015a.) Ottaen huomioon nykyisen maatalouden aiheuttamat ympäristöongelmat, pelkkään tuotannon tehostamiseen tähtäävää toimintatapaa ei voi pitää ratkaisuna tulevaisuuden ruokahuollon turvaamiseksi. Tästä näkökulmasta katsottuna vaihtoehtoihin tuotantotapoihin panostaminen ja niiden edelleen kehittäminen vaikuttaa tarpeelliselta. Kokonaisuudessaan ruoantuotanto on laaja liiketoiminnan ala, johon liittyy kiinteästi ympäristöhaasteet, elinkeinoelämä, köyhyys ja

omavaraisuus. Kehittämistoimien tulee pyrkiä tasapuolisesti parantamaan osa-alueita kestävän kehityksen lähtökohtien mukaisesti.

### **1.3 Tavoite ja rajaukset**

Tämän kandidaatintyön tavoite on tehdä selvitys eri kasvinsuojelumenetelmien käytöstä ja vaikutuksista Suomessa. Työssä selvitetään mitä kasvinsuojelumenetelmiä Suomessa käytetään ja mihin tarkoituksiin. Lisäksi perehdytään kasvinsuojelumenetelmien aiheuttamiin ympäristö- ja muihin vaikutuksiin. Tässä työssä konventionaalisella viljelyllä tarkoitetaan viljelytapaa, jossa käytetään kemiallisia kasvinsuojeluvalmisteita, ja joka on yleisesti käytetty viljelytapa Suomessa. Agroekologisella viljelyllä taas viitataan viljelytapojen joukkoon, jossa kemiallinen kasvinsuojelu pyritään korvaamaan muiden, ei-kemiallisten menetelmien käytöllä. Maanmuokkaus- ja kylvötapojen tarkempi käsittely rajataan aiheen ulkopuolelle. Työssä on käytetty lähteinä pääasiassa artikkeleita, kirjoja ja tutkimuslaitosten julkaisuja.

Alkuperäinen suunnitelma oli tehdä selvitys kasvinsuojeluaineiden käytöstä Suomessa; työhön piti sisältyä laaja kartoitus mitä aineita käytetään, kuinka paljon, mihin tarkoitukseen ja millaisia haittavaikutuksia niillä voi olla. Lisäksi suunnitelmaan kuului vertailla konventionaalista ja agroekologista viljelytapaa kauran viljelyssä. Tarvittavan tiedon löytäminen osoittautui kandidaatintyön puitteissa mahdottomaksi ja työn tavoite tarkentui nykyisenlaiseksi.

## **2 KEMIALLINEN KASVINSUOJELU**

Kasvinsuojeluaineilla tarkoitetaan kemiallisia valmisteita, joita käytetään suojelemaan kasvia tuhoeläimiltä ja kasvitaudeilta, tuhoamaan tai estämään haitallisen kasvin kasvu ja vaikuttamaan kasvin elintoimintoihin sekä kasvituotteiden säilyvyyteen (Tukes 2015a). Taudinaiheuttaja voi olla joko sieni, virus tai bakteeri, joista vain sienitautien torjunta on mahdollista kasvukauden aikana. Bakteeri- ja virustautien ehkäisemiseksi on käytettävä esitarkastettuja siemeniä ja taimia sekä huolehdittava viljelyhygieniasta. (Valkonen 2012, 30–31.) Kasvinsuojeluaineet voidaan käyttökohteen mukaan ryhmitellä herbisideihin, fun-



gisideihin, insektisideihin ja kasvunsääteisiin. Herbisidit ovat rikkakasvien, fungisidit kasvitautien ja insektisidit tuhoeläinten torjunta-aineita. Kasvunsääteillä tarkoitetaan kasvien elintoimintoihin vaikuttavia aineita, ei kuitenkaan ravinteita. (Tukes 2015a.)

Suomessa Tukes ylläpitää rekisteriä hyväksytyistä kasvinsuojeluaineista ja päättää käytön ehdoista, vaikkakin valmisteissa hyväksytyistä tehoaineista päätetään yhteisesti EU:n alueella. Menettelyä pidetään tarpeellisena kasvinsuojeluaineiden ympäristövaarallisuuden takia. (Tukes 2015a.) Esimerkiksi osa aineista ei hajoa luonnossa, vaan kertyy maahan, ilmaan ja vesiin sekä eliöihin (Ympäristöosaava). Haittojen ehkäisemiseksi kasvinsuojeluaineiden käytöstä on annettu erilaisia määräyksiä, kuten kielto käyttää valmistetta pohjavesialueella, vaatimus jättää suojakaistale vesistöjen ympärille tai kielto käyttää samaa tehoainetta peräkkäisinä vuosina samalla alueella. (Tukes 2015a, Tukes 2015c.) Pelkät käyttömäärät eivät kerro koko totuutta aineiden mahdollisista vaikutuksista ympäristöön, vaan ympäristövaarallisuutta arvioitaessa on huomioitava aineen myrkyllisyys, kertyvyys ja pysyvyys maaperässä (Tukes 2014a). Kasvinsuojeluaineiden käytöllä on vaikutusta niin ruoan puhtauteen ja turvallisuuteen kuin maanviljelijöiden työturvallisuuteen sekä maatalouden ympäristövaikutukseen kokonaisuudessaan.

Sallituissa tehoaineissa tai käytön ehdoissa voi ilmetä muutoksia ja ajantasainen tieto löytyy Tukes:in kasvinsuojeluainerekisteristä. Elokuussa 2015 rekisterissä on 220 rikkakasvien torjunnassa, 113 kasvitautien torjunnassa, 74 tuholaisten torjunnassa ja 22 kasvunsäätteenä hyväksytyä ainetta (Tukes 2012a). Eri valmisteet voivat kuitenkin sisältää samoja tehoaineita, mutta rekisteriä ei ole mahdollista selata tehoaineittain. EU:n pestisidi tietokannassa kasvinsuojeluaineita on sen sijaan mahdollista selata myös tehoaineen perusteella: tietokannassa on yhteensä 1 318 eri tehoainetta, joista 477 käyttö on hyväksytty. (EU Pesticides Database 2015.)

Hyväksytyjä tehoaineita on paljon, mutta tarkempaa tietoa niistä löytyi vain niukasti. Vuosina 2010–2013 Suomessa toteutettu PesticideLife-hanke perehtyi integroidun torjunnan menetelmien mahdollisuuksiin suomalaisilla viljailoilla, tavoitteena kasvinsuojeluaineisiin liittyvän ympäristöriskin pienentäminen. Eräissä MTT Kasvintuotannon tutkimuksen vuoden 2011 abstraktijulkaisussa on ryhmitelty kasvinsuojeluaineita niiden vaikutustavan mukaan, sillä viljelijät toivoivat selvennystä kasvinsuojeluaineiden tehoaineiden ryh-

mittelystä resistenssin muodostumisen ehkäisemiseksi (MTT 2014b). Resistenssi voi muodosta tiettyä tehoainetta tai tietynkaltaista vaikutustapaa kohtaan. Riski on suurempi, jos tehoaineen vaikutustapa on suppea ja sitä käytetään toistuvasti kasvukauden aikana tai peräkkäisinä vuosina. (Alanko et al. 2013, 42). Useat valmisteet sisältävätkin useamman kuin yhden tehoaineryhmän tehoaineita mahdollisimman tehokkaan torjuntatuloksen varmistamiseksi.

Kyseisessä julkaisussa fungisidit on jaettu viiteen ryhmään: DMI-aineet: estävät soluseinien muodostumista, strobiluriinit: estävät soluhengityksen, aniliinipyrimidit: estävät raaka-aineiden saantia, morfoliinit: estävät soluseinien muodostumista ja kloroniitit: vaikuttavat useisiin kohtiin sienessä (Jalli & Laine 2011). Muiden kasvinsuojeluineryhmien kohdalla jaottelu on huomattavasti vaikeaselkoisempi. Insektisidien tehoaineiden vaikutustavat on luokiteltu 17 pääryhmään, ja vielä useampaan alaryhmään. Valtaosa tehoaineista vaikuttaa tuhoeläimen hermostoon, aineenvaihduntaan tai kasvuun. (Ketola 2011.) Herbisidit on luokiteltu 12 pääryhmään ja insektisidien tavoin vielä useampiin alaryhmiin, ja vaikutus perustuu esimerkiksi fotosynteesin tai muun prosessin estämiseen (Jalli 2011).

## 2.1 Integroitu kasvinsuojelu

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2009/128/EY) ohjaa torjunta-aineiden käyttöä kestävän käytön aikaansaamiseksi. Integroitu kasvinsuojelu painottaa kokonaisuuden hahmottamista ja sen keskeinen tavoite on luopua rutiininomaisesta kasvinsuojeluaineiden käytöstä ja panostaa ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin (Tukes 2015a). Minimoimalla kasvinsuojeluaineiden käyttö vähennetään niistä aiheutuvaa haittaa niin ihmisille kuin ympäristölle. Tärkeässä asemassa on ekosysteemin avainlajien ekologian tuntemus, esimerkiksi tulisi huomioida vaikuttaako kasvinsuojelumenetelmä hyötyeliöiden menestymiseen. Integroidun kasvinsuojelun osa-alueet ovat torjuntamenetelmien valinta ja käyttö, kasvintuhojien tarkkailu, ennusteet sekä kynnyksarvot toimenpiteiden suorittamiselle. (Alanko et al. 2013, 19–20.)

Tehokkain ja edullisin kasvinsuojelukeino on ennaltaehkäisy, mutta siitä huolimatta taudinaiheuttaja voi myöhemmin levitä pellolle esimerkiksi hyönteisten tai jopa tuulen mukana (Valkonen 2012, 30–31). Integroitu kasvinsuojelu sallii kemiallisten kasvinsuojeluai-

neiden käytön, mutta sen tulee olla harkittua ja perusteltua. Kasvinsuojeluaineiden käyttö pyritään siis minimoimaan ennaltaehkäisevillä toimenpiteillä: viljelykierrolla, lajikevalinnalla, tasapainoisella lannoituksella ja maanmuokkauksella, joita esitellään tarkemmin kappaleessa 3. (Alanko et al. 2013, 19–21.) Huomionarvoista on pohtia miksi rikkakasveja esiintyy, eikä vain keskittyä pelkkään torjuntaan. Syy rikkakasvien esiintymiseen voi löytyä esimerkiksi maan rakenteesta tai heikosta vesitaloudesta, jolloin kasvinsuojeluaineen käyttö ei auta perimmäisen ongelman ratkaisemisessa. (Maatilan Ympäristökäsikirja, 2013.)

## 2.2 Kasvinsuojeluaineiden käyttö

Kasvinsuojeluaineiden myyntimääriä maatalous- ja puutarhakäyttöön on tilastoitu jo vuodesta 1953 alkaen. Tilaston mukaan kasvinsuojeluaineiden myynti on lisääntynyt selvästi 1960- ja 70-luvuilla. 1990-luvulla myynti on vähentynyt, mutta lisääntynyt jälleen 2000-luvulla. Tehoaineiden kokonaismyyntimäärä vuonna 2013 oli 1 475 000 kg. Merkittävin ryhmä on rikkakasvivalmisteet, joiden osuus on ollut noin 80 % kokonaismyynnistä (1 133 000 kg vuonna 2013). (Tukes 2014b.) Kasvinsuojeluaineiden maatalouskäytön tilastointi sen sijaan on aloitettu vasta hiljattain: ensimmäinen tilasto on julkaistu vuodelta 2013. Tilaston mukaan kokonaisvalmistemäärään suhteutettuna merkittävin kasvinsuojeluineryhmä oli rikkakasvivalmisteet 79 %:n osuudella. Kasvitautilmisteiden osuus oli 17 %, kasvunsäätteiden 3 % ja tuhoeläinvalmisteiden vain 1 %. Kasvilajeja vertaillen rehuohran, kauran ja kevätvehnän viljelyssä käytettiin kokonaismäärällisesti eniten kasvinsuojeluaineita, mutta hehtaarikohtainen käyttömäärä oli suurin sokerijuurikkaan, perunan, avomaan vihannesten, mansikan ja omenan kohdalla. (Tike 2013a; Luke 2014.)

Rikkakasvien torjunnassa käytettiin tehoaineita yhteensä 1 118 000 kg vuonna 2013. Huomionarvoista on, että rikkakasvivalmisteet on luokiteltu erikseen glyfosaattivalmisteisiin ja muihin valmisteisiin. Kokonaismäärästä glyfosaattivalmisteiden osuus on yli puolet, 668 000 kg, muiden valmisteiden määrän ollessa 450 000 kg. (Tike 2013b.) Glyfosaattivalmisteita levitetään pelloille pääasiassa silloin, kun siellä ei kasva mitään viljelykasvia ja näin ollen glyfosaatin osalta ei voida selvittää kasvilajikohtaisia käyttömääriä (Pasi Mattila, Luke, henkilökohtainen tiedonanto 29.6.2015). Muiden kuin glyfosaattivalmisteiden sisältämiä tehoaineita ei ole listattu tilastossa.

Työn alkuperäisen tavoitteen mukaisesti opinnäytetyöprosessin aikana on yritetty selvittää kauran viljelyssä käytettävien kasvinsuojeluaineiden tehoaineita, mutta tarkempia tietoja käytetyistä tehoaineista ei ole julkisesti saatavilla. Tehoainekohtaisia tietoja on olemassa, mutta ne eivät ole julkisia tilastollisten periaatteiden mukaisesti (Erja Mikkola, Luke, henkilökohtainen tiedonanto 5.8.2015). Näin ollen tehoaineiden käyttömääriin ja niistä mahdollisesti aiheutuviin ympäristö- ja terveysvaikutuksiin ei tämän työn puitteissa ollut mahdollista perehtyä tarkemmin.

### 2.3 Glyfosaattivalmisteet

Glyfosaattivalmisteet ovat rikkakasvien torjuntaan tarkoitettuja aineita, joita voidaan käyttää viljelysmailla, puutarhassa, hedelmätarhoilla, viljelemättömillä alueilla sekä metsänviljelyssä ja puuvartisten kasvien hävityksessä (Tukes 2012b). Glyfosaattia sisältäviä valmisteita ovat esimerkiksi Roundup, Barclay Gallup, Ei rikkoja puutarhassa, Glyfokem, Envision, Glyfomax, Glyfonova, Glyphogan, Glypper, Keeper, Pistol, Rambo, Ranger ja Rodeo (Tukes 2015b). Näistä tunnetuin lienee Monsanto tuotemerkki Roundup, jonka käyttö on alkanut Suomessa 1970-luvulla (Liukkonen 2015).

Glyfosaatin toiminta perustuu kasvien aminohapposynteesissä tarvittavan entsyymin toiminnan estämiseen. Ihmisillä ja eläimillä ei ole vastaava entsyymiä, joten glyfosaattia ei ole lähtökohtaisesti pidetty myrkyllisenä. Glyfosaatin on kuitenkin epäilty vaikuttavan ihmisen lisääntymiseen ja sikiönkehitykseen, mutta pitkäaikaisen käytön vaikutuksia ei ole tutkittu. (MTT 2014a.) Hiljattain julkaistujen tutkimustulosten viitatessa aineen syöpävaarallisuuteen, ollaan aineen käyttö lupaa nyt EU:n alueella harkitsemassa uudelleen (Liukkonen 2015). Esimerkiksi Saksa ja Hollanti ovat kuitenkin jo rajoittaneet glyfosaatin käyttöä (Gardberg 2015).

Suomessa Tukes on asettanut Roundup-valmisteen käytölle rajoituksia: ”Käyttö leipä- ja siemenviljoilla ennen puintia on kielletty. Puutarhakasvien rivivälien ruiskuttaminen on sallittu ainoastaan erikoisruiskulla siten, että tuulikulkeuma viljelykasveihin pystytään estämään kokonaan. Sivelymenetelmää ei saa käyttää vadelma- ja mesimarjaviljelyksillä eikä rönkyjen poistamiseen mansikkaviljelyksiltä. Marjastus ja sienestys on kielletty lehvästö-ruiskutusalueella käsittelystä vuoden loppuun. Käsiteltyjä viljan olkia ei saa käyttää eläin-

ten rehuksi”. Roundup-valmiste on todettu olevan vaarallista vesieliöille, eikä vesiä saa saastuttaa tuotteella tai sen pakkauksella. Lisäksi rehukauralle, rehuohralle, rapsille ja ryp-sille on asetettu 10 vuorokauden varoaika glyfosaattikäsittelyn ja puinnin välille. (Tukes 2012b.)

Glyfosaattivalmisteiden myötä viljelytekniikka on muuttunut ja viljelyn riippuvaisuus ke-mikaaleista on kasvanut. Esimerkiksi juolavehnän torjunnassa glyfosaatti on osoittautunut tehokkaaksi, ja vuosina 2007–2009 60 % suorakylvetyistä pelloista oli käsitelty glyfosaa-tilla. (Alanko et al. 2013, 26–27.) Myös Uusi-Kämpä et al. (2015, 9) oletivat GlyFos-hankkeen tutkimuksessaan, että suorakylvössä glyfosaattiriski tehdään joka kevät ja kynnetyillä lohkoilla joka kolmas syksy. Luonnossa fosforin on havaittu syrjäyttävän gly-fosaatin kilpailussa sitoutumispaikoista maan pinnalla, jolloin glyfosaatin valunnan enna-koidaan olevan riski erityisesti suorakylvössä, jos maan pintaan on jo kertynyt fosforia. Myös orgaanisen aineen havaittiin osittain sitoutuvan samoille paikoille kemikaalien kans-sa. (Uusi-Kämpä et al. 2015, 9–10.)

## 2.4 Kasvinsuojeluaineiden vaikutukset

Kasvinsuojeluvalmisteiden merkittävä ongelma on niiden myrkyllisyys, paitsi torjunnan kohteelle niin myös muille ekosysteemin eliöille, eläimille ja ihmisille (Tukes 2015c). Ris-kit ja vaikutukset kasvavat, jos käyttökertoja lisätään, käsittely tehdään epäsuotuisissa sää-olosuhteissa tai viljelykasvi on heikkolaatuinen. Kasvinsuojeluaineet voivat myös muuttua toisiksi kemikaaleiksi tai hajota vaarallisiksi hajoamistuotteiksi, ja kulkeutua käyttöpaikas-ta muualle. Kasvinsuojeluaineista voi myös jäädä jäämiä viljelykasveihin, jolloin valmis tuote voi aiheuttaa riskin kuluttajalle. (Alanko et al. 2013, 41–42.) Kasvinsuojeluaineiden nähdään lisäävän riippuvuutta kemiallisten aineiden käytöstä, koska kasvinsuojeluaineet ja kemialliset lannoitteet mahdollistavat saman kasvilajin viljelyn vuodesta toiseen, mutta samalla lisäävät riippuvuutta kasvinsuojeluaineiden käyttöön viljelykierron puuttumisen takia. (Granstedt 1999, 36–37.)

Suomen viljelyolosuhteet ovat muihin viljelymaihin verrattuna hyvin erilaiset: pohjoisen sijainnin takia kasvukausi on lyhyt, auringon valoa on niukasti keskikesän ulkopuolella, olosuhteet kasvukauden aikana ovat vaihtelevat ja luonnon monimuotoisuus on vähäinen.

Myös vuodenaikaiset lämpötilanvaihtelut ovat suuret, eikä torjuntatoimenpiteitä aina päästä tekemään optimiolosuhteissa. Kylmissä ja pimeissä olosuhteissa, lisäksi pH-arvon ollessa tyypillisesti matala, on kemikaalien hajoamisen todettu olevan heikompaa, jolloin riski kasvinsuojeluainejäämien kertymiselle ympäristöön kasvaa. Suomen erityispiirteenä pidetään myös suurta pintavesien alaa suhteessa peltopinta-alaan, jolloin kasvinsuojeluaineen pääseminen pellolta vesistöön on suhteellisen helppoa. Riskiä lisäävät myös runsaat sateet sekä vähäinen haihdunta. Suomen vesistöistä löydetäänkin pieniä pitoisuuksia kasvinsuojeluaineita tai niiden hajoamistuotteita joka vuosi. (Räsänen et al. 2014, 66; Alanko et al. 2013, 8, 41, 46.)

Suomen kasvi- ja eläinlajisto on muihin viljelyalueisiin verrattuna niukka, minkä seurauksena tuhoojien on helppo saavuttaa kilpailuetua luonnon matalan puskurikyvyn takia. Toisin sanoen tuhoojien on helppo levitä uusille alueille, koska alueella on ennestään suhteellisen vähän lajeja, jolloin niiden yhteisvaikutus ei riitä estämään tuholaisen menestymistä. Myös kemiallisten kasvinsuojeluaineiden on havaittu heikentävän luonnollisia vihollisia ja siten luontaista torjuntaa. Esimerkiksi erään sienitautien torjunnassa käytetyn aineen on todettu olevan vahingollinen myös ekosysteemin hyödyllisille organismeille, jotka estäisivät taudinaiheuttajien kasvua ja edesauttaisivat kasvien luonnollista fosforitaloutta. Toisaalta rikkakasvi saattaa toimia myös hyödyllisten hyönteisten isäntänä, ja myös peltolintujen määrän on havaittu vähenevän torjunta-aineiden käytön lisääntyessä. (Granstedt 1999, 36–37; Alanko et al. 2013, 8.)

Ilmastonmuutoksen ennakoitaan muuttavan kasvuolosuhteita monella tapaa – ainoastaan valo-olosuhteet eivät muutu. Ilmaston muuttumisen myötä lisääntyvien tulokas- ja vieraslajien ennustetaan uhkaavan viljelykasvien terveyttä ja vaikeuttavan luontaisten vihollisten käyttöä kasvinsuojelumenetelmänä entisestään. Oletettavasti leudommat talvet parantavat tuhoojien selviytymismahdollisuuksia selvitä seuraavalle kasvukaudelle ja sademäärän lisääntyessä huuhtoutuminen pelloilta vesistöihin lisääntynee. (Alanko et al. 2013, 8–13; Maatilan Ympäristökäsikirja, 2013.) Toisaalta myös ilman kasvinsuojeluaineiden käyttöä kasvien terveyden oletettaisiin olevan heikommalla tasolla. Tällöin hiiltä sitoutuisi vähemmän, mikä voimistaisi ilmastonmuutosta ja ravinteiden otto olisi myös heikompaa, jolloin ravinnevalumat vesistöihin olisivat todennäköisempiä. (Alanko et al. 2013, 13.)

Granstedt (1999, 36) näkee kasvinsuojeluaineiden käytön ongelmana myös puutteellisen tiedon mahdollisista vaikutuksista yhdessä muiden valmisteiden käytön kanssa, erityisesti pitkällä aikavälillä. Samalla viljelyalueella voidaan käyttää useaa eri kemiallista ainetta, eikä näiden aineiden yhteisvaikutuksista olla aina tietoisia. Suomessa käyttöluvan saaneet valmisteet on hyväksytty viranomaisen riskiarvion perusteella, mutta silti valmisteen voidaan myöhemmin todeta olevan oletettua vaarallisempi (Tukes 2015c).

## 2.5 Havainnot tutkimuksissa

Kasvinsuojeluaineiden käytön aiheuttamista myrkytyksistä ja sairauksista on tehty havain-toja jo 80-luvulla, jolloin on raportoitu esimerkiksi immuunijärjestelmän toimintahäiriöistä, kroonisista sairauksista, muistiongelmista ja neurologisista vaikutuksista (Pimentel 1996). Kasvinsuojeluaineiden tiedetään vaikuttavan mikrobien toimintaan maaperässä ja hiljattain niiden vaikutuksista ihmisen ja eläinten suoliston mikrobeihin on kiinnostuttu (Saikkonen & Saloniemi 2015; Gardberg 2015).

Räsänen et al. (2014) tutkivat kasvinsuojeluaineiden ekotoksisuutta vesistöissä Suomessa vuosina 2000–2011. Havaintojen perusteella huomattiin, että yksittäisellä poikkeuksellisen myrkyllisellä aineella voi olla huomattavan suuri vaikutus ekotoksisuuteen pintavesissä. Aineiden käyttömääristä ei voida siten ennustaa niiden aiheuttamaa ympäristöriskin suuruutta. Esimerkiksi fluazinam on kasvitautien torjunta-aine, jolla on erittäin suuri vaikutus ekotoksisuuteen: sen myynnin vähennyttyä myös ekotoksisuus pieneni selvästi. Toisaalta glyfosaatti on käytetyin tehoaine, mutta sen vaikutus ekotoksisuuteen havaittiin pieneksi. Toisekseen eroihin voi vaikuttaa myös aineen käyttötapa. Fluazinam jää pääasiassa kasvin lehdille, josta se vähitellen haihtuu ilmaan, ja minkä seurauksena päästötasot ovat vaihtelevia. Glyfosaatti taas levitetään sadonkorjuun jälkeen ja se päätyy siksi pääasiassa maaperään, mistä se voi myöhemmin valua pohjaveteen. Huomattavaa on, että pohjavesi ei kuitenkaan yleensä sekoitu pintaveteen, minkä takia tässä pintavesiin keskittyneessä tutkimuksessa glyfosaattia ei havaittu erityisen haitalliseksi. Myrkyllisimmiksi aineiksi todettiin fluazinam (fungisidi), aclonifen (herbisidi), methiocarb (insektisidi), pendimethalin (herbisidi) ja prochloraz (fungisidi). Näiden viiden aineen osuus kokonaisvaikutuksesta Suomessa oli 71 % vuonna 2011 ja peräti 95 % vuosina 2000–2011. Aineen myyntimäärä ja ekotoksisuus eivät korreloi keskenään, sillä tutkimuksessa fungisidien havaittiin aiheuttavan

79 % ekotoksisuudesta, vaikka herbisidit ovat myydyin kasvinsuojeluvalmisteryhmä 80 % osuudella. Riskien vähentämiseksi on kiinnitettävä huomiota maantieteellisiin olosuhteisiin sekä viljelyn toimenpiteisiin. (Räsänen et al. 2014, 71–74.)

Tanskassa on tutkittu kasvinsuojeluaineiden käytön vaikutuksia muihin kuin torjuttavin kasveihin, eli esimerkiksi pensaikkoihin ja peltojen reunustojen kasveihin. Tutkimuksessa havaittiin, että muut kuin viljelykasvit vaikuttavat olevan viljelykasveja herkempiä kasvinsuojeluaineiden vaikutuksille, erityisesti glyfosaatille. Herkkyyden havaittiin olevan lajikohtaista, eikä niinkään yhtenevää saman sukuisten kasvien kesken. Muut tutkimukseen valitut herbisidit olivat bromoxynil, dicamba, metolachlor ja pendimethalin. Olosuhteiden vaikutus korostui tulokseen vaikuttavana tekijänä, esimerkiksi olosuhteista ja teknisistä syistä johtuen kasvinsuojeluainetta ei pystytä levittämään tasaisesti pellolle. Herbisidien vaikutuksen havaittiin riippuvan kasvin elinkaaren vaiheesta: lisääntymisvaiheessa (esim. siementuotanto) kasvit olivat erityisen alttiita vaikutuksille. Toisekseen todettiin, että tulisi huomioida usean kasvinsuojeluaineen käytön aiheuttama kokonaisvaikutus sekä myös kasvinsuojeluaineiden ja lannoitteiden aiheuttama kokonaisvaikutus. Tutkimuksessa glyfosaa-tin havaittiin vähentävän biodiversiteettiä ja muuttavan lajien välisiä suhteita. (Strandberg et al. 2012, 47–48, 58, 91–100.)

Fantke et al. (2012) arvioivat kasvinsuojeluaineiden käytön terveysvaikutuksia ja haitoista syntyviä kuluja, ja toteavat Euroopasta edelleen puuttuvan toimintamalli kuinka kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvat terveysvaikutukset tulisi arvioida. Terveysvaikutusten laajuutta ei tunneta, mutta yleisesti Euroopassa ollaan huolestuneita pienten ainemäärien aiheuttamasta altistumisesta pitkällä aikavälillä. Ihmisten altistuminen tapahtuu sekä ravinnon että hengityksen kautta. (Fantke et al. 2012, 9–10.) Kasvinsuojeluaineiden aiheuttamia terveysvaikutuksia tai kustannuksia ei tulisi vertailla käytettyä ainemäärää kohden, sillä käyttömäärät eroavat niin eri aineiden, viljelykasvien kuin maiden kesken. Sen sijaan terveysvaikutukset tulisi määrittää hehtaaria kohden. Ihmisten terveyteen kohdistuvat vaikutukset tulisi määrittää annos-vaste –suhteen perusteella, mikä ei kuitenkaan eettisistä syistä ole mahdollinen vaihtoehto ja arviot perustuvatkin eläinkokeiden tuloksiin. Tutkimuksessa havaittiin myös, että tietoa tietyllä viljelykasvilla käytettävästä tehoaineesta ei useimmissa EU-maissa ole saatavilla. (Fantke et al. 2012, 10–11.)



## 3 MUUT KUIN KEMIALLISET KASVINSUOJELUMENETELMÄT

Viljelyssä ensisijaisen tärkeänä voidaan pitää rikkakasvien, tautien ja tuhoeläinten esiintymisen ennaltaehkäisyä. Ennaltaehkäiseviä menetelmiä ovat monipuolinen viljelykierto, maan muokkaus, lajikevalinta ja tasapainoinen lannoitus. Hyvästä ennaltaehkäisystä huolimatta lisätarve kasvinsuojelulle voi ilmetä. Kemialliselle kasvinsuojelulle on myös vaihtoehtoisia keinoja: mekaaniset ja fysikaaliset menetelmät sekä biologinen torjunta. Biologinen torjunta on toisten eliöiden hyödyntämistä kasvin suojelemiseksi, tosin avomaaviljelyssä biologinen torjunta rajoittuu toistaiseksi yhteen biologiseen peittäusaineeseen (tehoaineena bakteeri, *Cedomon*). Mekaanisia menetelmiä ovat esimerkiksi haraus ja äestys, ja niiden käyttöä pidetään erityisen tärkeänä, jottei resistenssiä kemiallisia kasvinsuojeluvälineitä kohtaan pääsisi kehittymään. Haraus ja äestys rikkovat maan pinnan, jolloin rikkakasvien juuret irtoavat maasta ja lisäksi maa kuohkeutuu. (Alanko et al. 2013, 20, 37–38.) Uutena mekaanisena menetelmänä markkinoille on muutama vuosi sitten tullut rikkakasvi-leikkuri, joka katkaisee paksuvartisen rikkakasvin varren antaen ohutvartisen viljelykasvin liukua ohi (LuomuTIETOverkko 2011). Fysikaalisia menetelmiä taas ovat rikkakasvien liekittäminen ja lämpötilan säätely (mahdollista vain suljetussa tilassa), mutta ne ovat toistaiseksi joko liian kalliita tai teknologia puuttuu. Tärkeimmät keinot avomaaviljelyssä ovat siis ennaltaehkäisy ja mekaaniset menetelmät. Varsinaisten kasvinsuojelumenetelmien lisäksi viljelykasvin kilpailuasemaa suhteessa rikkakasveihin voidaan parantaa valitsemalla pitkäkortinen laji ja kylvämällä tiheästi. (Alanko et al. 2013, 38.) Tässä kappaleessa esitellään tarkemmin avomaaviljelyyn soveltuvia, ei-kemiallisia kasvinsuojelumenetelmiä ja sen jälkeen tarkastellaan näitä menetelmiä hyödyntäviä viljelytapoja.

### 3.1 Viljelykierto

Viljelykierto perustuu kasvien erilaisten ominaisuuksien hyödyntämiseen. Kasvit poikkeavat toisistaan ravinnevaatimusten ja juuriston suhteen, sekä kestävyydeltään rikkakasveja, tuholaisia ja kasvitauteja vastaan. (Granstedt 1999, 24.) Toisin sanoen viimeiseksi viljelty viljelykasvi vaikuttaa siihen, millaiseen kuntoon maaperä jää viljelyn päätteeksi seuraavaa viljelykasvia varten. Esimerkiksi palkokasvit kannattaa ottaa osaksi viljelykiertoa, koska

ne sitovat ilmakehän tyyppiä maaperään, mitä seuraavaksi viljeltävät kasvit voivat käyttää ravinteenaan (Stoddard et al. 2012, 86–87). Syväjuuriset kasvit taas ehkäisevät maan tiivistymistä (Maatilan Ympäristökäsikirja, 2013).

Viljelykierto on menetelmänä ympäristöystävällinen ja taloudellinen, ja lisäksi se parantaa maan kasvukuntoa, rakennetta ja multavuutta. Suurin hyöty siitä saavutetaan vasta pitkällä aikavälillä ja tarpeeksi suurella viljelyalalla. Yksipuolinen viljelykierto taas kuluttaa ennen pitkää maan humuskerroksen (Riipinen 2005). Suomen sijainnin ja sääolosuhteiden vuoksi viljelykierto ei ole osoittautunut välttämättömäksi ja syrjäyttänyt monokulttuuria. Esimerkiksi Etelä-Euroopassa lämpimämmän ilmaston aiheuttama suurempi kasvinsuojelun tarve on heikentänyt monokulttuurin kannattavuutta. (Alanko et al. 2013, 47.) Viljelyä voi pitää monipuolisena, jos viiden vuoden aikana viljellään 3–4 eri viljelykasvia (Keskitalo et al. 2014, 6).

Viljelykierto auttaa kasvitautien hallinnassa, sillä osa taudinaiheuttajista on valikoivia isäntälajin suhteen, jolloin viljelykierrolla voidaan torjua niiden esiintymistä. Viljeltävien kasvilajien valikoimaan tulee siis valita kasvilajeja, jotka eivät toimi isäntäkasvina muiden kasvilajien kasvitaudeille, joten tautisriski vähenee merkittävästi. Lähisukuisilla kasveilla on enemmän yhteisiä kasvitauteja ja tuholaisia, mikä kannustaa monipuolisen kierron toteuttamiseen. Viljelykierron on hyvä olla riittävän pitkä, sillä osa taudinaiheuttajista voi säilyä maassa usean vuoden ajan. Ilma- tai siemenlevintäisiin tauteihin viljelykierrolla ei luonnollisesti ole vaikutusta, kuten ei myöskään hyönteisten mukana leviäviin. (Alanko et al. 2013, 21–24; Jalli 2015, 32–33; Rajala 2012, 104–107.) Tuholaisten kohdalla torjunnan onnistuminen riippuu tuholaisen liikkumiskyvystä ja ravintokasvien määrästä, eikä pelkkä viljelykierto useinkaan riitä niitä torjumaan. Sen sijaan rikkakasvien torjunnassa viljelykierto on tehokas, koska viljelemällä laajaa valikoimaa eri kasveja olosuhteet pysyvät vaihtelevina ja kemiallisen torjunnan tarve pienempänä, jolloin resistenssiä pääse syntymään. (Alanko et al. 2013, 22–23.)

Keskitalo et al. (2014, 5–6) tutkivat viljelyn yksipuolisuutta ja siihen liittyviä riskejä Monisopu-hankkeessa. Yksipuolisen kevätiljan viljelyn yleisyyttä selvitettiin viiden vuoden jaksoilla 1995–1999 ja 2007–2011. Ensimmäisen viisivuotisen jakson aikana 28 % peltoalasta oli yksipuolisesti viljeltyä, eli viljeltiin vain yhtä tai kahta kevätiljaa viiden vuoden

aikana. Myöhemmän jakson aikana yksipuolisesti viljellyn peltoalan osuus oli vähentynyt 25 %:iin. Monipuolista viljelyä harjoitettiin, eli kevätiljan lisäksi viljeltiin 2–3 muuta kasvia, ensimmäisen jakson aikana 71 %:lla ja toisen jakson aikana 73 %:lla peltoalasta. Maantieteellisesti tarkasteltuna yksipuolinen kevätiljanviljely on keskimääräistä yleisempää Satakunnassa (ensimmäisellä jaksolla 39 % ja toisella 37 % peltoalasta), Pohjanmaalla (36 % ja 27 %), Hämeessä (32 % ja 37 %) ja Etelä-Pohjanmaalla (30 % molemmilla jaksoilla). Monipuolisinta viljely on ollut Lapissa (yksipuolisen viljelyn osuus peltoalasta 10 % ensimmäisellä ja 11 % toisella jaksolla), Etelä-Savossa (15 % ja 17 %), Pohjois-Savossa (14 % ja 16 %), Pohjois-Karjalassa (16 % ja 15 %) ja Kainuussa (16 % ja 14 %). Huomionarvoista on, että Suomessa vilja- ja eläintilat ovat jakautuneet maantieteellisesti eri alueille. Eläintilat ovat sijainniltaan painottuneet pohjoisosiin, jolloin Pohjois-Suomen tilojen tulee viljellä rehua ravinnoksi karjalle ja kevätiljojen viljely jää siksi luonnollisesti vähemmälle. Etelä-Suomessa tilat taas ovat keskittyneet viljanviljelyyn, mikä selittää tutkimuksessa havaittua yksipuolisempaa viljelyä.

Keskitalon et al. (2014) hankkeen tulokset ovat yllättävän erilaiset Tiken Maatalouslaskennan (2010) tuottamaan tilastoon verrattuna. Tiken (2010) tulosten mukaan viljely on monipuolisempaa Etelä-Suomessa kun taas Keskitalo et al. (2014) havaitsivat viljelyn olevan yksipuolisempaa Etelä-Suomessa. Tiken (2010) tilastossa monokulttuuriksi luokitellaan saman kasvilajin viljely vähintään kolmena peräkkäisenä vuotena ja Keskitalo et al. (2014, 6) määrittelevät tarkemmin monokulttuuriksi yhden tai kahden kevätiljalajin viljelyn viiden vuoden jaksolla. Tiken (2010) tilastoon sisältyy siis laajempi viljelyala, kun esimerkiksi nurmen viljelyä ei ole jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Myös tutkimusjaksot ovat eripituisia ja tilastot ovat eri vuosilta. Kumpikaan tilastoista ei kuitenkaan selvitä tarkemmin mitä kasvilajeja viljelykiertoon kuuluu – esimerkiksi palkokasvien osuus olisi mielekästä tietää typpitalouden tarkastelemiseksi. Tiken (2010) tilaston kohdalla on siis mahdollista, että tiloilla viljellään esimerkiksi monivuotista nurmea, minkä viljelyä ei kuitenkaan nähdä yhtä haitallisena monokulttuurina kuin yksivuotisten kasvien viljelyä. Nurmen viljelyssä maan tiivistyminen on vähäisempää, kun ei ole tarvetta ajaa työkoneilla ja ympärivuotinen kasvipeite estää eroosiota. (Tike 2010, 8.)

Monisopu-tutkimushankkeessa edellisen viljelykasvin havaittiin vaikuttavan seuraavan viljelykasvin satomäärään vaihdellen: joko positiivisesti että negatiivisesti tilanteesta riippu-

en. Kevätvehnän satomääriä ja laatua tutkittaessa havaittiin, että esikasvit paransivat satomääriä keskimäärin 100–400 kg/ha. Esikasveina kasvatettiin härkäpapua, kauraa, kevätrypsiä, lupiinia, tattaria, öljyhamppua ja öljypellavaa. Vehnän sadot olivat suurimmillaan ensimmäisenä ja toisena vuonna esikasvin viljelyn jälkeen jokaisen esikasvin kohdalla. Kolmannen vuoden jälkeen havaittiin sadon alenemia kahden esikasvin kohdalla. (Keskitalo 2015b, 11.) Kasvilajien järjestyksellä viljelykierrossa on siten merkitystä satomäärien maksimoimiseksi. Huomionarvoista on, että kevätsvehnän satojen havaittiin kasvavan sitä suuremmiksi mitä harvemmin sitä viljelykierrossa viljeltiin (Keskitalo et al. 2014, 27). Toisekseen viljelyn monipuolisuuden havaittiin riippuvan tilakoosta. Pienillä tiloilla samaa viljelykasvia viljeltiin peräkkäisinä vuosina todennäköisemmin kuin suuremmilla tiloilla, siitäkin huolimatta, että yksipuolisuuden aiheuttama tautivaara on tiedostettu jo pitkään. Suuremmilla tiloilla on arvioitu olevan paremmat mahdollisuudet monipuolisen, siemensa-toa tuottavan viljelykierron toteuttamiseen. (Keskitalo et al. 2014, 7.)

Viljelykierron suunnittelussa tulee huomioida paikalliset olosuhteet, kasvien lannoitustarpeet, esikasvien sopivuus, kasvien juuristojen ominaisuudet (määrä, laajuus, syvyys) sekä sadonkorjuun työhuippujen tasaaminen. Kotieläintilojen viljelykierrossa lähtökohta on riittävän rehumäärän tuottaminen ja toisaalta lannan ravinteiden tehokas hyödyntäminen. Kasvinviljelytiloilla taas keskitytään tautien ja tuholaisien ehkäisyyn ja esikasvien lannoitusarvon hyödyntämiseen. Viljelykierron pituus on yleensä 4–8 vuotta, ja siihen tulisi sisällyttää monipuolisen kierron muodostamiseksi viljoja, palko-, juuri- ja öljykasveja sekä nurmea ja kesantoa. (Rajala 2012; Peltonen 2015, 48–49.) Kuvaan 1 on koottu kirjallisuudessa esiteltyjä viljelykierto-esimerkkejä.

	Vuosi 1	Vuosi 2	Vuosi 3	Vuosi 4	Vuosi 5	Vuosi 6
Peltoviljely Häme (Gransted 1999, 56)	Apilanurmi	Apilanurmi	Apilanurmi	Kevätvehnä /ruis/ohra	Hernekaura	Kaura + nurmensiemen
Nautakarjatila Etelä- tai Keski-Suomi (Rajala 2012, 118)	Kaura	Apilanurmi	Apilanurmi	Apilanurmi + puolikesanto	Kaura tai ruis	Hernekaura
Kasvinviljely Etelä-Suomi (Rajala 2012, 119)	Viherlannoitus	Syysvehnä tai ruis	Herne + aluskasvi	Kevätvehnä + aluskasvi	Härkäpapu	Kevätvehnä + typensitojakasvi
Nautakarjatila, turvemaa (Rajala 2012, 118)	Ohra + typensitojakasvi	Apilanurmi	Apilanurmi	Apilanurmi	Kaura	Kaura
Viljelykierto esimerkki (Kotimäki et al. 2015, 52-53)	Kevätvilja	Apilanurmi/ viherlannoitus	Apilanurmi/ viherlannoitus	Syysvilja	Öljy/ palkokasvi	
A. I. Virtasen viljelykierto (Rajala 2005)	Apilaimonit	Apilaimonit	Apilaimonit	Kaura + peruna	Hernekaura	Kevätvehnä

**Kuva 1.** Kirjallisuudessa esitettyjä viljelykiertoesimerkkejä.

### 3.2 Maan muokkaus

Maanmuokkauksella pyritään parantamaan maan rakennetta ja kasvukuntoa sekä luomaan hyvä kylvöalusta seuraavalle viljelykasville. Maalle voidaan tehdä perusmuokkaus, kylvömuokkaus tai molemmat. Sekä maan muokkauksella että muokkaamattomuudella on molemmilla hyvät ja huonot puolensa: muokkauksella pyritään muokkaamaan maan rakennetta viljelylle suotuisaksi, mutta työkone aiheuttaa väistämättä maan rasiutusta ja tiivistymistä. Rasiutusta voidaan vähentää lisäämällä maan orgaanisen aineen määrää, kuten viljelemällä kasvijätettä jättäviä kasveja tai multaamalla lantaa. Kokonaisrasituksen välttämiseksi työvaiheita voidaan yhdistää tekemällä kylvömuokkaus tai kylvölannoitus; siis tekemällä kylvö ja muokkaus tai lannoitus samanaikaisesti. Viime aikojen trendi on ollut kevyempiin muokkaustapoihin siirtyminen työteknisten ja taloudellisten etujen takia, mutta kyntämisestä luopumisen riskinä on toisaalta rikkakasvien ja kasvitautien lisääntyminen, mikä lisää painetta kasvinsuojeluaineiden käyttämiseen. (Riipinen 2005, 34–37, 46–47.)

Vuosina 2007–2009 kevätiljapelloista noin 50 % kynnettiin, 29 % oli kevytmuokattuja ja 19 % suorakylvettyjä (Alanko et al. 2013, 26).

Yhden vuoden aikana ainakin puolelle peltoalasta tehdään muokkaus tai kylvö. Peltoja kynnetään erityisesti nauta-, lammas-, vuohi- ja hevostiloilla, jotta lanta saadaan mullattua peltoon ja nurmen kasvu lopetettua. (Tike 2010.) Maanmuokkauksella voidaan vähentää rikkakasvien määrää ja heikentää kasvintuhoojien talvehtimismahdollisuuksia, mutta kokonaislopputulokseen vaikuttavat kuitenkin monet seikat, kuten sää ja esiintyneen taudin voimakkuus. Muokkaamattomuus ja suorakylvö voivat toisaalta parantaa tuhoeläinten luontaisten vihollisten olosuhteita, mutta toisaalta maan kyntö tuhoaa etanat, jotka saattavat haitata syysviljaa kosteina syksyinä. Maan muokkaamattomuus yhdessä kemiallisen torjunnan kanssa estää tehokkaasti rikkakasvien siemenien säilymisen maassa. Toisekseen muokkaamattomuus vähentää eroosiota ja työkoneiden aiheuttamaa rasiituksen määrää ja siten maan tiivistymistä. (Alanko et al. 2013, 24–28.) Maanmuokkausta ja muuta pellolla liikkumista on joka tapauksessa syytä välttää tiivistymisen ehkäisemiseksi sen ollessa märkä (Peltonen et al. 2015b, 24). Maan tiivistyminen vaikuttaa negatiivisesti kasvien ravinteiden ottamiseen, ravinteiden muuttumiseen, maan ilmastumiseen ja maaperän mikrobiologiaan sekä veden kulkuun maaperässä. (Bauer et al. 2015.)

### 3.3 Lajikevalinta

Sopiva lajike valitaan satopotentiaalın, sadon käyttötärpeen ja viljelyvarmuuden (kasvuai-ka sopii kasvukauteen ja sietokyky ulkoisille stressitekijöille on riittävä) perusteella, esimerkiksi elintarvikekäyttöön tai rehuksi viljeltävän viljan vaatimukset ovat erilaiset. Hyvän sadon perusedellytys on elinvoimainen kylvösiemen: se vaikuttaa kasvun alkamiseen, ravinteiden ottoon ja kasvuston tasaisuuteen. Elinvoimainen kasvusto on kilpailukykyisempi rikkakasveja ja taudinaiheuttajia vastaan, jolloin kasvinsuojeluaineiden käyttötarve vähe-nee. Valitsemalla puhdas siemen estetään vieraiden kasvilajien ja rikkakasvien kulkeutu-minen pellolle, ja valitsemalla peitattu siemen, eli siemen, joka on käsitelty peittäusaineella taudinaiheuttajan poistamiseksi, ehkäistään kasvitauteja. Yleisesti kuitenkin ajatellaan, että laadukkaan kylvösiemenen tuottaminen vaatii kasvinsuojeluaineiden käyttöä. (Alanko et al. 2013, 28–29.)

### 3.4 Tasapainoinen lannoitus

Lannoitus on tehokkainta, kun kasvusto on terve ja kykenee hyödyntämään ravinteet mahdollisimman tehokkaasti. Tasapainoisen lannoituksen avulla vältetään sekä ravinteiden puutokselta että yliannostukselta, jolloin kasvi kestää paremmin tauteja, tuholaisia ja kilpailua rikkakasveja vastaan. Viljavuustutkimuksen avulla selviää maan kalkitsemistarve ja kasvia tiedetään lannoittaa tasapainoisesti: ravinteita osataan antaa oikea määrä, oikeissa suhteissa ja oikeaan aikaan. Samalla ravinteiden mahdollinen kertyminen maaperään tai huuhtoutuminen vähenee. (Alanko et al. 2013, 30–31.) Maan vesitalouden toimivuudesta huolehtiminen on erittäin tärkeässä osassa ravinteiden ja eroosioaineen huuhtoutumisen estämiseksi (Heikkinen 2015, 41). Lannan käyttö lannoituksessa on kasvitiloilla varsin vähäistä, sillä vain noin 5–10 %:lle viljelyalasta on levitetty lantaa (Tike 2010).

### 3.5 Agroekologinen viljely

Kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttö ei ole kaikkien toimijoiden kesken hyväksytty käytäntö, ja sen takia esiintyykin vaihtoehtoisia viljelytapoja, jotka hyödyntävät ensisijaisesti muita kuin kemiallisia kasvinsuojelumenetelmiä. Agroekologinen viljelytapa on yleisnimi maatalousekosysteemeille, joiden tunnuspiirteitä ovat omavaraisuus, kestävyys ja tasapainoisuus. Agroekologisen maatalouden tarkoitus on tuotannon lisäksi suojella vesivaroja ja luonnon monimuotoisuutta sekä käyttää maaperää kestävästi: yhdistää maaperän hoito, luonnonmukainen kasviviljely ja karjankasvatus. Kestävään maatalouteen kuuluu vuorovaikutus kasvien, eläinten, veden, maaperän, hyönteisten ja muiden pieneliöiden välillä. (Buck & Scherr 2011, 43–45.)

Kasvinsuojeluaineiden nähdään muuttavan ekosysteemin lajien välisiä suhteita, ja se onkin yksi peruste välttää niiden käyttöä. Kemiallisten kasvinsuojeluvalmisteiden sijaan rikkakasvien, tautien ja tuholaisien torjunta hoidetaan edellä esiteltyjen viljelykierron, sopivan ravinnetason ja mekaanisen rikkakasvitorjunnan keinoin. Riittävä typensaanti turvataan tyyppiä maahan sitovien palkokasvien viljelyllä ja karjanlannalla, ja karjamäärä pidetään sopivana tilan rehuntuotantoon nähden. (Granstedt 1999, 45–46, 62–66.) Agroekologinen viljelytapa ei siis käsitteenä viittaa tiettyyn ja määriteltyyn viljelytapaan, vaan on enemmän suuntaus, joka käsittää erilaisia tuotantomuotoja, mutta joilla on yhteinen päämäärä.

Kestävät viljelykäytännöt ovat riippuvaisia olosuhteista, eikä tarkkoja viljelyohjeita voida siten edes luoda. Agroekologisina viljelytapoina voidaan pitää esimerkiksi luomutuotantoa, CA-viljelyä (englanniksi conservation agriculture, eli ympäristöä suojeleva viljely) ja kevennettyyn maanmuokkaukseen perustuvaa viljelyä (englanniksi no tillage, eli ei maanmuokkausta). CA-viljelyn ja luomutuotannon periaatteita selvitetään lyhyesti seuraavaksi.

### 3.5.1. CA-viljely

CA-viljelyn peruseriaatteisiin kuuluvat mahdollisimman vähäinen maanmuokkaus, pysyvä maanpeite ja viljelykierto. Konventionaalisen viljelyyn verrattuna havaittuja etuja ovat ennallaan pysyneet tai kasvaneet satotasot, parantunut maan viljavuus ja veden imeytyminen sekä vähentynyt maaperän eroosio. Maanmuokkauksesta luopuminen vähentää niin aikaa ja työmäärää kuin työkoneiden käyttöä ja polttoainekustannuksia. Toisaalta maanmuokkaus on yksi keino vähentää rikkakasveja, ja usein rikkakasvien määrä ensin lisääntyykin CA-viljelyyn siirryttäessä. Toisekseen maahan jäävä kasvijäte mahdollistaa tautien ja tuholaisten säilymisen seuraavaan kasvukauteen asti, mikä voi osaltaan lisätä kasvinsuojeluaineiden käyttötarvetta. (Chauhan et al. 2012.)

Ghost et al. (2015) arvioivat CA-viljelyyn tehokuutta verrattuna konventionaaliseen viljelyyn Himalajan eteläpuolisessa Intiassa. CA-viljelyn todettiin viiden vuoden seurannan perusteella parantavan maaperän kuntoa, esimerkiksi eroosion havaittiin olevan vain noin puolet konventionaalisesti viljeltyyn peltoon verrattuna. Lisäksi huomattiin, että CA-viljelty pelto säilytti kosteuden paljon paremmin. Kasvillisuuskaistaleet pelloilla osoittautuivat tehokkaaksi keinoksi vähentää valuntaa viljelmiltä: ne hillitsivät eroosiota, paransivat vesitaloutta ja suojasivat sedimenttien pysyvyyttä. Oikein valittu kasvilaji toimii seinämän tavoin, estäen veden virtaamisen maan pinnalla ja sen juuret pidättivät veden virtauksen maaperässä. Kasvillisuuskaistale ei uhannut viljelykasvin satoa, koska valittu kasvilaji ei lisääntynyt rikkakasvin tavoin eikä kilpaillut vedestä, ravinteista tai valosta varsinaisen viljelykasvin kanssa. Kasvilaji ei myöskään luonut tuholaisten tai tautien kannalta suotuisia elinolosuhteita. Sen sijaan kaistaleella viljelty kasvi saattaa olla soveltuva esimerkiksi biopolttoaineiden raaka-aineeksi. Viljelykasvina pelloilla viljeltiin maissia ja vehnää, joiden molempien satomäärät kasvoivat huomattavasti tutkimusjakson aikana sen lisäksi,



että viljelmältä korjattiin myös kasvillisuuskaistaleen sato. Myös taloudellisesta näkökulmasta CA-viljely osoittautui kannattavammaksi. (Ghost et al. 2015.)

### **3.5.2. Luomutuotanto Suomessa**

Luomu tulee sanoista luonnonmukainen tuotantotapa, ja mahdollisia luomutuotteita ovat erilaiset maataloustuotteet, elintarvikkeet ja rehut sekä kasvien taimet, mukulat ja siemenet. Suomessa viljelyalasta noin 10 % on luomutuotantoa. Luomutuotanto on varsin säännösteltyä: luomumerkinnän käyttäminen edellyttää, että toimija kuuluu luomuvalvontajärjestelmään ja, että hänelle on myönnetty luomutodistus. Luomutuotantoa säädellään niin kansallisella kuin EU-tasolla ja luomutuotanto on Suomessa hyvin valvottua: kaikki tilat tarkastetaan vuosittain ja tuotteiden on todettu olevan vaatimusten mukaisia. Luomukasvien viljelyssä niin kasvinsuojelu kuin ravitseminen perustuvat monipuoliseen viljelykiertoon, toisin sanoen maaperän ekosysteemipalvelujen ja ravinteiden kierrättämisen hyödyntämiseen. Luomutuotannossa hyväksytyt kasvinsuojeluaineet ja ohjeet niiden käyttämiseksi on listattu erikseen. (Evira 2015a.)

## **4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET**

Työn toteuttaminen alkuperäisen suunnitelman mukaisesti eli keskittymällä selvittämään kasvinsuojeluaineiden vaikutuksia osoittautui mahdottomaksi, sillä tarvittavia lähtötietoja ei ollut saatavilla. Kasvinsuojeluvalmisteiden käyttöä ilmeisesti kuitenkin seurataan, sillä Evira velvoittaa alkutuotannon kirjanpitovaatimuksissa, että kasvinsuojeluaineiden käyttöä pidetään kirjaa ja tietoja säilytetään vähintään viisi vuotta (Evira 2015b). Luke on julkaissut tilastot kasvinsuojeluaineiden käytöstä tärkeimmillä viljelykasveilla kasvilajeittain ja valmisteryhmittäin, mutta tilastoista ei selviä käytettyjä tehoaineita. Tiedustelin Lukelta kauran viljelyssä käytettäviä tehoaineita ja niiden käyttömääriä, mutta sain vastaukseksi, että tiedot ovat tilastollisten periaatteiden mukaan liian yksityiskohtaisia julkaistavaksi (Erja Mikkola, Luke Tietopalvelu, henkilökohtainen tiedonanto 5.8.2015). Tehoaineiden käyttömäärien perusteella voisi valita esimerkiksi yleisimmin käytetyt tehoaineet tietyn viljelykasvin viljelyssä ja selvittää, mihin niiden teho perustuu sekä mitä ympäristö- tai terveysvaikutuksia aineella voi olla. Tässä työssä tietojen salaisuuden vuoksi tehoaineiden ympä-

ristö- tai terveysvaikutusten tarkasteleminen ei ollut mahdollista. Kasvinsuojeluinerekistereistä (Tukes 2012a) selviävät valmisteiden käyttöä koskevat rajoitukset, mutta eivät valmisteiden käytön vaikutukset. Viljelijät eivät siis voi kasvinsuojeluinerekisterin tietojen perusteella tietää, mitä ympäristö- tai terveysvaikutuksia heidän toimintansa aiheuttaa. Myöskään kuluttajan ei ole mahdollista selvittää, minkä valmisteiden jäämiä elintarvikkeissa voi mahdollisesti olla.

## 4.1 Viljelytapa

Viljelytavan vaikutusten on todettu olevan yllättävän laajat ja kattavan niin ympäristö, ta-  
lous kuin yhteiskunnallisia näkökohtia, esimerkiksi ilmastonmuutoksen osalta. Lisäksi vil-  
jelytavan on tutkimuksissa havaittu vaikuttavan tuotteen ravintoarvoihin: ekologisesti vil-  
jeltyjen tuotteiden proteiinikoostumus, vitamiinipitoisuus, hivenainetasapaino ja varastoin-  
tikestävyys on havaittu paremmiksi ja nitraattipitoisuus pienemmäksi (Granstedt 1999, 44).  
Kasvavien ruoantuotantopaineiden alla laatuun panostamisen voi nähdä arvokkaana pelkän  
massaan perustuvan tuotantomäärän mittaamisen rinnalla: ruokaa ei tarvita ainoastaan täyt-  
tämään päivittäinen energiantarve, vaan siitä tulee saada myös riittävästi ravintoaineita  
elimistön toimintojen ylläpitämiseksi (Kotimaiset Kasvikset ry).

Ohjeistuksia tuottoisaan viljelyyn Suomessa löytyi useampia, esimerkiksi Vilja-alan yh-  
teistyöryhmän (Vyr 2006) ja MTT:n julkaisemana, mutta tietoa siitä, mitä viljelytoimenpi-  
teitä maataloilla käytännössä suoritetaan, ei löytynyt. Pääpiirteissään ohjeistukset korostivat  
viljelyn monipuolisuuden tärkeyttä ja kehottivat harkitsevaisuuteen kemiallisten kasvin-  
suojeluaineiden käytössä. Tilastot kasvinsuojeluaineiden käytöstä kuitenkin viittaavat nii-  
den säännölliseen käyttöön, kuten myös yleistyneet kevennetyt maanmuokkaustavat, joi-  
den myötä paine kasvinsuojeluaineiden käyttämiseen kasvaa.

Viljelyn monipuolisuudesta ei myöskään löytynyt selvitystä, mutta suuntaa antavia viitteitä  
voinee tulkita Luken tilastotietokannan (Luke/Tilastot) tarjoaman Käytössä oleva maatalo-  
usmaa ELY-keskuksittain -tilaston (2015) pohjalta. Esimerkiksi tyypeä sitovien palkokas-  
vien, herneen ja härkävavun, osuus on pieni, kuten taulukosta 1 huomataan. Tilaston mu-  
kaan vuonna 2015 viljellyn alan ja kesantoalan yhteismäärä oli 2,234 milj. ha, josta viljel-  
tyä alaa oli 1,96 milj. ha. Viljeltyyn alaan lasketaan mukaan viljat (1,13 milj. ha), alle 5

vuotta vanhat nurmet (0,65 milj. ha) ja muut viljelykasvit (0,18 milj. ha). Toisaalta viljojen osuus koko viljelyalasta on varsin merkittävä: 57,8 %. Seosviljan viljely on yksi keino monipuolistaa viljelystä, mutta senkin osuus viljelyalasta on vain alle 2 %. (Luke/Tilastot.)

**Taulukko 1.** Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain 2015. (Luke/Tilastot.)

<b>Käytössä oleva maatalousmaa yhteensä</b>	<b>2 267 000 ha</b>	
<b>Viljelty ala</b>	<b>1 960 800 ha</b>	<b>Osuus viljelystä alasta (%)</b>
Viljat yht.	1 134 100 ha	57,8
Kaura	302 700 ha	15,4
Herne	12 300 ha	0,6
Härkäpapu	13 400 ha	0,7
Seosvilja	36 600 ha	1,9
Rypsi	37 300 ha	1,9
Rapsi	20 000 ha	1,0
Nurmet alle 5 vuotta	647 400 ha	33,0
<b>Kesantoala yhteensä</b>	<b>273 600 ha</b>	
Kesannot	69 100 ha	
Luonnonhoitopellot	174 500 ha	
Viherlannoitusnurmet	30 000 ha	

Viljelykierron lisäksi on myös muita keinoja lisätä viljelyn monimuotoisuutta, kuten seosviljely, eloperäinen lannoitus ja viherlannoitus sekä kohtuullisen rikkakasvien määrän salliminen. Seosviljelystä voidaan toteuttaa viljelemällä lajike- tai lajiseoksia, esimerkiksi kaura sopii viljeltäväksi herneen tai härkäpavun kanssa. Myös toisen lajin viljeleminen aluskasvina tai riviväleissä on mahdollista. (Keskitalo et al. 2014, 24.) Seosviljelystä kylvö ja sadonkorjuu saattavat olla yhden lajin viljelyyn verrattuna haastavia, mutta kasvutekijöiden hyödyntäminen sekä kilpailu rikkakasveja, tuholaisia ja tauteja vastaan ovat tehokkaampia. Eri viljelykasvien vaikutus maan kasvukuntoon vaihtelee maahan jäävän eloperäisen aineen määrän ja laadun mukaan, jolloin vuoroviljely tasapainottaa tilannetta. (Rajala 2012.)

Huomionarvoista on, että viljelyohjeita ovat julkaisseet paljon myös yritykset, esimerkiksi K-Maatalous, Agrimarket ja Raisio, joten julkaisujen puolueettomuus ja tavoitteet ovat kyseenalaisia. Agroekologisten viljelytapojen arvioidaan lisäävän viljelyn omavaraisuutta, mikä ei luonnollisestikaan ole tuotantopanoksia myyville yrityksille suotuisaa. Viljelijöiden keskuudessa kyseiset julkaisut voivat kuitenkin olla yleisesti hyödynnettyjä: ne ovat helposti saatavilla ja tutkimuslaitosten julkaisuihin verrattuna selkeämpiä. Toisekseen agroekologisten viljelytapojen yleistymistä varmasti haittaavat niihin liittyvät negatiiviset mielikuvat ja ennakkoluulot. Esimerkiksi Helsingin Sanomien pääkirjoituksina on kesän 2015 aikana julkaistu varsin erisuuntaisia näkemyksiä kasvinsuojeluaineista ja niiden käytön turvallisuudesta (ks. Saikkonen & Saloniemi 2015; Ruukki 2015).

## 4.2 Viljelyn tulevaisuus

Kuten muut toimialat, on myös maatalous käynyt läpi rakennemuutoksen 1970-luvun vaihteessa. Nykyisin maatalous on erikoistunutta ja keskittyntä, ja tilakoot ovat suurempia, mutta työntekijöiden määrä on pienempi. Keinollannoitteet, kasvinsuojeluaineet, kasvinjalostus, koneellistuminen ja viljelytekniikoiden kehittyminen uudistivat maatalouden. (Voutilainen et al. 2012.) Kemiallisten typpilannoitteiden käyttö oli aluksi lisälannoitusta, mutta myöhemmin kemialliset lannoitteet korvasivat karjanlannan ja biologisen typensidonnan hyödyntämisen. Kehityksen seurauksena maan viljelykasvien ja kotieläintalouden, eli nautakarjan, nurmen ja viljantuotannon, yhteys katkesi. 1900-luvun puolivälin jälkeen maatalouspolitiikka on entisestään keskittynyt tehokkuustavoitteisiin ja sen seurauksena ohjannut maataloustuotantoa erikoistumisen ja teollistumisen suuntaan. Päätuotantosunniksi ovat muodostuneet kemikaaleista riippuvainen kasvintuotanto Etelä- ja Länsi-Suomessa sekä erikoistunut karjantuotanto Itä- ja Pohjois-Suomessa. (Granstedt 1999, 24–26, 30–31; Alanko et al. 2013.)

Luonnonvarojen ja viljelymaan niukkeneminen yhdistettynä väestönkasvuun asettaa suuria paineita maanviljelylle tulevaisuudessa. Maatalouden voi odottaa kohtaavan muutospaineita myös ilmastonmuutoksen seurausten ja sen myötä kasvavan epävarmuuden takia. Erikoistunut maatalous ei välttämättä ole enää tulevaisuudessa kannattava tuotantotapa. Sen sijaan monipuolisesti eri kasveja viljeltäessä huonon sään aiheuttamat vahingot jäänevät pienemmiksi kuin yhden lajin viljelyssä. (Keskitalo 2015, 5–6.) Laajempi viljeltävien laji-

en valikoima tasapainottaa myös maatilan tuloja, kun ne eivät ole riippuvaisia vain yhden viljalajin markkinahinnan tai tuotantopanosten saatavuuden muutoksesta (Peltonen 2015, 9). Pelkän kasvinsuojelutavan valinnan sijasta onkin mielekkäämpää tarkastella viljelyä kokonaisuutena. Maanviljelyn tulee kattaa ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen kestävyiden kriteerit niin paikallisesti kuin globaalisti. Fossiilisten polttoaineiden ja tuotantopanosten käytöstä tulisi luopua osana hiilineutraaliin kiertotalouteen tähtäävää yhteiskunnallista kehitystä.

Tämän työn pohjalta agroekologiset viljelytavat vaikuttavat kestävämmiltä toimintamalleilta pitkällä aikavälillä, sillä ne vaalivat viljelyn perusedellytysten säilymistä. Kemialliseen kasvinsuojeluun perustuvan konventionaalisen viljelyn odotetaan tuottavan suuremman sadon alussa, mutta satomäärien ennustetaan vähenevän maaperän kunnon heikentyessä ajan myötä. Näin ollen nykyisen toiminnan kestävyys vaikuttaa kyseenalaiselta pitkällä aikavälillä – tähtäävätkö viljelytoimet maksimaaliseen satomäärään vain lyhyellä aikaperspektiivillä? Väestönkasvun ja kestäväen kehityksen mukaista olisi panostaa toimiin, joilla turvataan maan viljelykunnan säilyminen tulevaisuudessa. Fossiilisten polttoaineiden turvin, energiaintensiivisten prosessien kautta valmistettavien tuotantopanosten, kuten kemiallisten lannoitteiden ja kasvinsuojeluvalmisteiden, käyttäminen ei siten vaikuta kestävältä viljelyavalta. Niukkenevien luonnonvarojen säästämiseksi tulisi sen sijaan kehittää kiertotaloutta ja omavaraisuutta, esimerkiksi juuri viljelykiertoon sisällytettävien tyyppä sitovien palkokasvien ja karjanlannan hyödyntämisen kautta. Tämä kuitenkin edellyttäisi maatalouden erikoistumisen ja maantieteellisen jakautumisen purkamista tai ainakin yhteistyön rakentamista karja- ja viljelytilojen välille.

Kasvinsuojeluaineiden käytön kyseenalaistaminen on yleistynyt niiden käyttöön liittyvien riskien tiedostamisen myötä, mutta konventionaalinen viljely on Suomessa edelleen valtavirtaa agroekologisiin viljelytapoihin verrattuna. Konventionaalisen viljelyn yleisyys vaikuttaisi osittain johtuvan pelkistä yritysten motiiveista: kemiallisten lannoitteiden ja kasvinsuojeluvalmisteiden ympärillä on suuret markkinat, jotka tuottavat yrityksille taloudellista hyötyä. On vaikea uskoa, että muutos tapahtuisi aivan lähitulevaisuudessa, sillä esimerkiksi glyfosaatin käytöstä luopuminen vaatii perusteellisen muutoksen toimintatavoissa. Jos glyfosaattivalmisteiden käyttö päätetään kieltää EU:ssa, voi muutos tapahtua suh-

teellisen nopeasti. Riittävän ruoantuotannon turvaamiseksi tuotantotapaa tulisi muuttaa suunnitellusti, määrätietoisesti ja vaiheittain kohti kestäviä viljelymenetelmiä.

## 5 YHTEENVETO

Kasvinsuojelulla tarkoitetaan viljelykasvin viljelyssä esiintyvien rikkakasvien, kasvitautien ja tuholaisten torjumista sekä viljelykasvin elintoimintoihin vaikuttamista kasvunsäätteiden avulla. Kasvinsuojelulla tähdätään sekä sadon määrän että laadun parantamiseen. Mahdollisia kasvinsuojelumenetelmiä ovat kemialliset, mekaaniset, fysikaaliset ja ennakoivat menetelmät sekä biologinen torjunta. Kasvinsuojeluvalmisteiden käyttö on kemiallista kasvinsuojelua. Mekaanisia menetelmiä ovat esimerkiksi kitkeminen, äestys ja haraus. Lämmön säätely ja liekitys taas ovat fysikaalisia menetelmiä. Ennakoivia kasvinsuojelumenetelmiä ovat viljelykierto, maan muokkaus, lajikevalinta ja tasapainoinen lannoitus. Biologista torjuntaa on esimerkiksi luontaisten vihollisten hyödyntäminen. Suomessa ollaan siirtymässä integroituun kasvinsuojeluun, minkä tavoite on kestävien menetelmien levittäminen: rutiinomaisesta kemiallisesta kasvinsuojelusta eroon pääsemiseen ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden lisääminen.

Eteläisempään Eurooppaan verrattuna kasvinsuojeluvalmisteiden käyttö on Suomessa vähäisempää viileämmän ilmaston ansiosta, mutta kemiallisten kasvinsuojeluvalmisteiden käyttö vaikuttaa silti olevan yleinen toimenpide maataloilla. Suurin Suomessa käytettävä kasvinsuojeluvalmisteryhmä on rikkakasvivalmisteet. Yleisin tehoaine rikkakasvivalmisteissa on glyfosaatti, jonka osuus on yli puolet tehoaineiden kokonaiskäyttömäärästä. Työn edetessä selvisi, ettei muiden valmisteiden käyttömääristä ole julkisesti saatavilla tarkempia tietoja, ja sen takia tehoaineiden vaikutusten arviointi osoittautui mahdottomaksi. Pelkän käyttömäärän perusteella ei voida arvioida yksittäisen aineen käytön vaikutuksia, vaan siihen vaikuttavat myös aineen myrkyllisyys, kertyvyys ja pysyvyys maaperässä. Glyfosaa-tin epäillään olevan karsinogeeninen ja sen käyttöä ollaan arvioimassa uudelleen. Yleisesti kasvinsuojeluaineilla tiedetään olevan vaikutusta niin ympäristöön, eliöihin ja eläimiin kuin ihmisiin. Kasvinsuojeluaineet eivät välttämättä hajoa ympäristössä, sen sijaan ne voivat muuttua toisiksi aineiksi, levitä käyttöpaikasta muualle tai kertyä ympäristöön tai eläimiin. Suomen olosuhteiden, viileän ilmaston ja lukuisten vesistöjen, takia aineiden hajoa-

minen on heikompa ja päätyminen vesistöihin suhteellisen helppoa. Kasvinsuojeluaineita käytettäessä myös elintarvikkeisiin voi jäädä niiden jäämiä. Toisekseen kasvinsuojelua-  
neiden nähdään heikentävän ekosysteemin elinvoimaisuutta ja muuttavan lajien välisiä  
suhteita esimerkiksi heikentämällä luontaisia vihollisia. Suomessa Tukes ylläpitää listaa  
hyväksytyistä kasvinsuojeluvalmisteista ja niiden mahdollisista käytön ehdoista ja rajoituk-  
sista. Käytetyt tehoaineet on hyväksytty myös EU:n tasolla.

Väestönkasvun, niukkenevien resurssien ja ilmastonmuutoksen seurauksena maatalous  
kohtaa merkittäviä muospaineita. Viljelytavalla on vaikutusta niin ympäristöön kuin so-  
siaalisiin ja taloudellisiin näkökohtiin. Maatalouden aiheuttamia päästöjä, ravinnevalumia  
ja kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää ja toisaalta tehokkuutta tulisi parantaa. Viljely-  
kierron ja muiden vaihtoehtoisten viljelymenetelmien käytön uskotaan ylläpitävän esimer-  
kiksi maan viljavuutta, vesitaloutta ja monimuotoisuutta, ja siten kokonaisuudessaan pa-  
rantavan viljelyn kestävyttä. Tämän työn perusteella agroekologiset viljelytavat vaikutta-  
vat konventionaalista viljelyä kestävämmiltä vaihtoehdoilta pitkällä aikavälillä.

## LÄHTEET

2009/128/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 21.10.2009 yhteisön politiikan puitteista torjunta-aineiden kestävän käytön aikaansaamiseksi. EYVL N:o 309, 24.11.2009.

Ahokas Jukka & Mikkola Hannu. 2012. Maatalous ja energia. Teoksessa: Mervi Seppänen (toim.), Maailma muuttuu: muuttuuko maatalous? [kirja]. 176 s. ISBN 978-952-10-7390-8.

Alanko Aino-Maija, Autio Sari, Huusela-Veistola Erja, Jalli Heikki, Jalli Marja, Junnila Sanni, Markkula Irmeli, Mäkinen Taina, Räsänen Kati & Tiilikkala Kari. 2013. Integroitu kasvinsuojelu (IPM) ja riskienhallinta viljanviljelyssä. [julkaisu]. MTT Jokioinen: raportti 107. 49 s. ISBN: 978-952-487-467-0.

Atkinson D. & McKinlay R.G. 1997. Crop protection and its integration within sustainable farming systems. [artikkeli]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1997.64. S. 87-93.

Bauer T., Strauss P., Grims M., Kamptner E., Mansberger R. & Spiegel H. 2015. Long-term agricultural management effects on surface roughness and consolidation of soils. [artikkeli]. *Soil & Tillage Research*, 2015:151. S. 28–38. doi:10.1016/j.still.2015.01.017

Buck Louise E. & Scherr Sara J. 2011. Ekomaataloudesta arkipäivää. Teoksessa *World-watch-instituutti Maailman tila 2011: Kuinka maailma ruokitaan?* Suomentanut Eeva-Liisa Hallanaro & Kati Pitkänen. Englanninkielinen alkuteos *State of the World 2011*. [kirja]. Tallinna: Raamatutrükikoja OÜ 2011. 271 s. ISBN 978-952-495-203-3.

Chauhan Bhagirath Singh, Singh Ravi Gopal & Mahajan Gulshan. 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. [artikkeli]. *Crop Protection*, 2012:38. S. 57-65. doi:10.1016/j.cropro.2012.03.010

EU Pesticides Database. 2015. [tietokanta]. Päivitetty 7.7.2015. [viitattu 10.8.2015]. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.selection&language=EN>



Evira. 2012. Tiesitkö tämän kasvinsuojeluainejäämistä? [verkkojulkaisu]. Evira tuoteturvallisuusyksikkö. 12 s. Saatavissa:

<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/julkaisut/?a=view&productId=292>

Evira. 2015a. Asiakokonaisuudet: Luomu. [verkkosivusto]. Päivitetty 17.6.2015. [viitattu 17.8.2015]. Saatavissa:

<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/luomu/>

Evira. 2015b. Alkutuotannon kirjanpitovaatimukset. [verkkodokumentti]. Päivitetty 30.9.2015. [viitattu 1.11.2015]. Saatavissa:

<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/alkutuotanto/kirjanpitovaatimukset/>

Fantke Peter, Friedrich Rainer & Jolliet Olivier. 2012. Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. [artikkeli]. *Environment International*, 2012:49. S. 9-17. doi:10.1016/j.envint.2012.08.001

FAO. 2009. Global agriculture towards 2050. How to feed the world 2050. [verkkodokumentti]. [viitattu 4.8.2015]. Saatavissa:

[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf)

Gardberg Annvi. 2015. Torjunta-aineesta on tullut syöpäriski. [verkkodokumentti]. Yle MOT Spotlight. Päivitetty 2.10.2015. [viitattu 1.11.2015]. Saatavissa:

<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/10/01/torjunta-aineesta-tullut-syopariski>

Ghost B. N., Dogra Pradeep, Sharma N. K., Bhattacharyya Ranjan, Mishra, P. K. 2015. Conservation agriculture impact for soil conservation in maize wheat cropping system in Indian sub-Himalayas. [artikkeli]. *International Soil and Water Conservation Research*, 2015. doi:10.1016/j.iswcr.2015.05.001

Granstedt Artur. 1999. Ekologinen maatalous ja kierrätys. [kirja]. Tampere: Artur Granstedt ja Biodynaaminen yhdistys. 77 s. ISBN 951-9442-25-1.

Haapala Hannu & Mäkelä Kimmo. 2005. Maatilatalouden teknologiset perusteet. Teoksessa: Risto Tiainen (toim.), Maatilatalouden teknologia. [kirja]. Helsinki: Opetushallitus. 213 s. ISBN 952-13-2218-7.

Halweil Brian & Nierenberg Danielle. 2011. Nälän voittaminen uusien keinoin. Teoksessa Worldwatch-instituutti Maailman tila 2011: Kuinka maailma ruokitaan? Suomentanut Eeva-Liisa Hallanaro & Kati Pitkänen. Englanninkielinen alkuteos State of the World 2011. [kirja]. Tallinna: Raamatutrükikoja OÜ 2011. 271 s. ISBN 978-952-495-203-3.

Heikkinen Janne. 2015. Ravinteiden huuhtoutumien estäminen ja eroosion vähentäminen. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141. [kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Helenius Juha, Seppänen Mervi (toim.) & Valkonen Jari. 2012. Muuttuva maataloustuotanto. Teoksessa: Mervi Seppänen (toim.), Maailma muuttuu: muuttuuko maatalous? [kirja]. 176 s. ISBN 978-952-10-7390-8.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. [julkaisu]. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (toim.). Cambridge, UK & New York, USA: Cambridge University Press. 1454 s. ISBN 978-1-107-05821-7.

Jalli Heikki. 2011. Herbisidien luokittelu. [verkkodokumentti]. MTT Kasvintuotannon tutkimus. [viitattu 18.8.2015]. Saatavissa:  
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/pesticidelife/ajankohtaista/Kasvinsuojeluaineryhm%C3%A4t>

Jalli Marja & Laine Peppi. 2011. Fungisidien luokittelu. [verkkodokumentti]. MTT Kasvintuotannon tutkimus. [viitattu 18.8.2015]. Saatavissa:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/pesticidelife/ajankohtaista/Kasvinsuojeluaineryhm%C3%A4t>

Jalli Marja. 2015. Kasvitaudit hallintaan monipuolisella viljelykierrolla. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Kahiluoto Helena, Kuisma Miia, Kuokkanen Anna, Mikkilä Mirja & Linnanen Lassi. 2014. Taking planetary nutrient boundaries seriously: Can we feed the people? [artikkeli]. Global Food Security, 2014:3. S. 16–21. doi:10.1016/j.gfs.2013.11.002

Keskitalo Marjo, Hakala Kaija, Huusela-Veistola Erja, Jalli Heikki, Jalli Marja & Jauhiainen Lauri. 2014. Esikasvin vaikutus viljojen, öljykasvien ja perunan viljelyyn. [julkaisu]. TEHO Plus –hankkeen julkaisu 4/2014. 28 s. ISBN 978-952-257-992-8.

Keskitalo Marjo, Hakala Kaija, Huusela-Veistola Erja, Jalli Heikki, Jalli, Marja, Jauhiainen Lauri, Känkänen Hannu, Laine Antti, Salo Tapio. 2014. MONISOPU Monipuolisella viljelykasvilajistolla satoa ja kestävyyttä –hankkeen loppuraportti. [julkaisu]. Julkaistu 24.6.2014. MTT.

Keskitalo Marjo. 2015a. Monipuolinen viljely on investointi tulevaisuuteen. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[Kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Keskitalo Marjo. 2015b. Sadon määrä ja laatu paranevat monipuolisessa viljelykierrossa. Ketola Jarmo. 2011. Tuhohyönteisten torjunta-aineet. [verkkodokumentti]. MTT Kasvintuotannon tutkimus. [viitattu 18.8.2015]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/pesticidelife/ajankohtaista/Kasvinsuojeluaineryhm%C3%A4t>

K-Maatalous. 2013. Viljelyopas. Viljelyohjelma. [julkaisu]. [viitattu 29.7.2015]. Saatavissa: [http://www.farmcomp.fi/files/Wile%20documents/VO\\_2013\\_netti\\_W%281%29.pdf](http://www.farmcomp.fi/files/Wile%20documents/VO_2013_netti_W%281%29.pdf)

Kotimaiset kasvikset ry. Ravintoaineet. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.8.2015]. Saatavissa: <http://www.kasvikset.fi/Suomeksi/Asiakkaille/Ravitsemus/Ravintoaineet>

Kotimäki Juha-Antti, Peltonen Sari, Knaapi Jussi, Keskitalo Marjo, Niemeläinen Oiva, Kari Maarit. 2015. Kasvien ominaisuudet viljelykierrrossa. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Liukkonen Juh. 2015. Yleinen rikkakasvien torjunta-aine jakaa mielipiteitä – onko glyfosaatti ihmiselle vaarallinen torjunta-aine? [uutinen]. Yle uutiset, tiede. Päivitetty 21.5.2015. [viitattu 30.6.2015]. Saatavissa: [http://yle.fi/uutiset/yleinen\\_rikkakasvien\\_torjunta-aine\\_jakaa\\_mielipiteita\\_\\_onko\\_glyfosaatti\\_ihmiselle\\_vaarallinen\\_torjunta-aine/7990580](http://yle.fi/uutiset/yleinen_rikkakasvien_torjunta-aine_jakaa_mielipiteita__onko_glyfosaatti_ihmiselle_vaarallinen_torjunta-aine/7990580)

Luke. 2014. Kasvinsuojeluaineiden käyttö maatalous- ja puutarhatuotannossa. [verkkojulkaisu]. Päivitetty 18.12.2014. [viitattu 1.6.2015]. Saatavissa: [http://stat.luke.fi/kasvinsuojeluaineiden-k%C3%A4ytt%C3%B6-maatalous-ja-puutarhatuotannossa-2013\\_fi](http://stat.luke.fi/kasvinsuojeluaineiden-k%C3%A4ytt%C3%B6-maatalous-ja-puutarhatuotannossa-2013_fi)

Luke/Tilastot. Tilastotietokanta: Maataloustilastot: Tuotanto: Käytössä oleva maatalousmaa: Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain, 2015. [verkkosivusto]. Päivitetty 1.4.2015. [viitattu 30.7.2015]. Saatavissa: <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db>

LuomuTIETOverkko. 2011. Rikkakasvit torjutaan leikaten kasvustosta. [uutinen]. Julkaisu 23.6.2011. [viitattu 10.8.2015]. Saatavissa: <http://luomu.fi/tietoverkko/rikkakasvit-torjutaan-leikaten-kasvustosta/>

Maatilan Ympäristökäsikirja. 2013. Maatalouden vesiensuojelun tehostaminen. [julkaisu]. TEHO Plus –hankkeen julkaisu 1/2013. 60 s. ISBN 978-952-257-851-8.

Martinez Imelda M., Lumaret Jean-Pierre & Cruz Magdalena R. 2001. Suspected side effects of a herbicide on dung beetle populations (Coleoptera: Scarabaeidae). [artikkeli]. *Life Sciences*, 2001:324. S. 989–994.

MTT. 2014a. Glyfosaatin käytön aiheuttamat ympäristöriskit: aineen kulkureitit savimaalla ja päätyminen vesistöön. [verkkodokumentti]. [viitattu 6.8.2015]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/glyfosaatti>

MTT. 2014b. Kasvinsuojeluaineiden ympäristöriskien vähentäminen - PESTICIDE LIFE. [verkkosivusto]. Päivitetty 11.9.2013. [viitattu 18.8.2015]. Saatavissa: [www.mtt.fi/pesticidelife](http://www.mtt.fi/pesticidelife)

Nierenberg Danielle & Halweil Brian. 2011. Ilmastonmuutokseen varautuva maatalous. Teoksessa Worldwatch-instituutti Maailman tila 2011: Kuinka maailma ruokitaan? Suomentanut Eeva-Liisa Hallanaro & Kati Pitkänen. Englanninkielinen alkuteos State of the World 2011. [kirja]. Tallinna: Raamatutrukikoja OÜ 2011. 271 s. ISBN 978-952-495-203-3.

Palojärvi Ansa, Salo Tapio & Myllys Merja. 2015. Peltomaan hiilipitoisuus laskussa – viljelykierto hidastaa muutosta. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Peltonen Sari, Myllys Merja, Vestberg Mauritz, Palojärvi Ansa, Alakukku Laura & Knaapi Jussi. 2015. Maan rakenteen parantaminen. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Peltonen Sari. 2015a. Eri viljelykasvien viljely tasoittaa markkinariskejä. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Peltonen Sari. 2015b. Viljelykierto rakennetaan pitkän aikajänteen suunnitelman mukaan. Teoksessa: Nina Toukoluoto ja Sari Peltonen (toim.), Viljelykiertojen monipuolistaminen. Tieto tuottamaan 141.[kirja]. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s. ISBN 978-951-808-249-4.

Pimentel David. 1996. Green revolution agriculture and chemical hazards. [artikkeli]. The Science of the Total Environment, 188:1. S. 86-98.

Postel Sandra L. 2011. Viljaa vesipisaroista. Teoksessa Worldwatch-instituutti Maailman tila 2011: Kuinka maailma ruokitaan? Suomentanut Eeva-Liisa Hallanaro & Kati Pitkänen. Englanninkielinen alkuteos State of the World 2011. [kirja]. Tallinna: Raamatutrükikoja OÜ 2011. 271 s. ISBN 978-952-495-203-3.

Rajala Jukka. 2012. Luonnonmukainen maatalous. (toim.). [kirja]. Mikkeli: Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, julkaisu no 80. ISSN 0786-8367.

Rajala. 2005. A I Virtasen typpikotovarainen viljelyjärjestelmä. [verkkajulkaisu]. Päivitetty 30.10.2011. [viitattu 10.8.2015]. Saatavissa: <http://luomu.fi/tietoverkko/a-i-virtasen-typpikotovarainen-viljelyjarjestelma/>

Riipinen Tapio. 2005. Maanmuokkaus- ja kylvötekniikka. Maatilatalouden teknologiset perusteet. Teoksessa: Risto Tiainen (toim.), Maatilatalouden teknologia. [kirja]. Helsinki: Opetushallitus. 213 s. ISBN 952-13-2218-7.

Ruokatieto Yhdistys ry. 2015. Suomalaisia viljakasveja. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.8.2015]. Saatavissa: <http://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matkapelloilta-poytaan/maatila/peltokasvit/suomalaisia-viljakasveja>

Ruukki Jukka. 2015. Pääkirjoitus: Luomu ratsastaa mielikuvilla – puhtaus on pelkkä puolitotuus. Helsingin Sanomat. 11.8.2015.

Räsänen Kati, Mattila Tuomas, Porvari Petri, Kurppa Sirpa & Tiilikkala Kari. 2014. Estimating the development of ecotoxicological pressure on water systems from pesticides in

Finland 2000–2011. [artikkeli]. *Journal of Cleaner Production*, 2014:89. S. 65–77.  
doi:10.1016/j.jclepro.2014.11.008

Saikkonen Kari & Saloniemi Irja. 2015. Pääkirjoitus: Kasvimyrkky glyfosaatti aiheuttaa riskejä kylmässä ilmastossa ja Suomessa ne ovat selvittämättä. *Helsingin Sanomat* 22.6.2015.

Seuri Pentti. 1999. Alkusanat. Teoksessa Granstedt Artur. *Ekologinen maatalous ja kierrätys*. [kirja]. Tampere: Artur Granstedt ja Biodynaaminen yhdistys. 77 s. ISBN 951-9442-25-1.

Smith P. et al. 2007. Chapter 8: Agriculture. [julkaisu]. Teoksessa *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (toim.). Cambridge, UK & New York, USA: Cambridge University Press.

Stoddard Frederick, Puhakainen Tuula, Lindström Kristiina & Vanhatalo Aila. 2012. *Pallokasvit osana tulevaisuuden kestävästä maataloudesta*. Teoksessa: Mervi Seppänen (toim.), *Maailma muuttuu: muuttuuko maatalous?* [kirja]. 176 s. ISBN 978-952-10-7390-8.

Strandberg Beate, et al. 2012. *Effects of herbicides on non-target plants: How do effects in standard plant test relate to effects in natural habitats?* [julkaisu]. Danish Ministry of the Environment: Environmental Protection Agency. Pesticid Research no. 137. København: Miljøstyrelsen. 115 s. ISBN 978-87-92779-53-3.

Tike. 2010. *Maatalouslaskenta 2010 Viljelysmaan hoito*. [verkkojulkaisu]. Julkaisupäivämäärä 20.10.2011. [viitattu 3.7.2015]. Saatavissa: <http://stat.luke.fi/e-lehti-viljelysmaa/>

Tike. 2013a. *Kasvinsuojeluaineiden käyttö tärkeimmillä viljelykasveilla kasvilajeittain ja valmisteryhmittäin 2013*. [julkaisu]. Tike, Kasvinsuojeluaineiden käyttö maataloudessa. Julkaistu 18.12.2014. [viitattu 24.6.2015]. Saatavissa: [http://stat.luke.fi/sites/default/modules/pubdlnet/pubdlnet.php?file=http://stat.luke.fi/sites/default/files/kasvinsuojeluaineiden\\_kaytto\\_kasveittain\\_2013.xls&nid=4145](http://stat.luke.fi/sites/default/modules/pubdlnet/pubdlnet.php?file=http://stat.luke.fi/sites/default/files/kasvinsuojeluaineiden_kaytto_kasveittain_2013.xls&nid=4145)

- Tike. 2013b. Kasvinsuojeluaineiden käyttö tärkeimmillä viljelykasveilla valmisteryhmittäin 2013. [julkaisu]. Tike, Kasvinsuojeluaineiden käyttö maataloudessa. Julkaistu 18.12.2014. [viitattu 24.6.2015]. Saatavissa: [http://stat.luke.fi/sites/default/modules/pubdlnet/pubdlnet.php?file=http://stat.luke.fi/sites/default/files/kasvinsuojeluaineiden\\_kaytto\\_tarkeimmilla\\_viljelykasveilla\\_valmisteryhmittain\\_2013\\_3.xls&nid=4145](http://stat.luke.fi/sites/default/modules/pubdlnet/pubdlnet.php?file=http://stat.luke.fi/sites/default/files/kasvinsuojeluaineiden_kaytto_tarkeimmilla_viljelykasveilla_valmisteryhmittain_2013_3.xls&nid=4145)
- Tike. 2014a. Luomutuotanto. [verkkajulkaisu]. Tilastovakka: Tietoja maa- ja elintarviketeollisuudesta. Julkaistu 13.3.2014. [viitattu 2.6.2015]. Saatavissa: [http://stat.luke.fi/sites/default/files/luomutilastot\\_2014\\_julkaisu.pdf](http://stat.luke.fi/sites/default/files/luomutilastot_2014_julkaisu.pdf)
- Tike. 2014b. Peltokasvitilastot. [verkkajulkaisu.] Tilastovakka: Tietoja maa- ja elintarviketeollisuudesta. Julkaistu 29.4.2014. [viitattu 2.6.2015]. Saatavissa: <http://stat.luke.fi/lehti-peltokasvit-2013/index.html>
- Tommila Paula, Vanhanen Juha, Halonen Mikko & Rinne Pasi. 2013. Miten Suomi selviää yli 4 astetta lämpimämmässä maailmassa? [julkaisu]. Sitran selvityksiä 74. 35 s. ISBN 978-951-563-873-1.
- Tukes. 2012a. Kasvinsuojeluainerekisteri. [tietokanta]. [viitattu 1.8.2015]. Saatavissa: <https://kasvinsuojeluaineet.tukes.fi/>
- Tukes. 2012b. Kasvinsuojeluainerekisteri: Roundup. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.6.2015]. Saatavissa: <https://kasvinsuojeluaineet.tukes.fi/Product.aspx?tunnus=260>
- Tukes. 2014a. Kasvinsuojeluaineet ja ympäristö. [verkkodokumentti]. Päivitetty 28.2.2014. [viitattu 15.6.2015]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kemikaalit-ja-ymparisto/Kasvinsuojeluaineet-ja-ymparisto/>
- Tukes. 2014b. Myyntitilastot. [verkkodokumentti]. Päivitetty 26.9.2014. [viitattu 2.6.2015]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Myyntitilastot/>



Tukes. 2015a. Kasvinsuojeluaineet. [verkkosivusto]. [viitattu 2.6.2015]. Saatavissa:  
<http://www.tukes.fi/kasvinsuojeluaineet>

Tukes. 2015b. Luettelo valmisteista, jotka kasvinsuojeluainerekisterissä 1.1.2015. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.6.2015]. Saatavissa:  
[http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kemikaalituotteet/kasvinsuojeluaineet/julkaisut/Kasvinsuojeluaineet\\_luettelo\\_2015.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kemikaalituotteet/kasvinsuojeluaineet/julkaisut/Kasvinsuojeluaineet_luettelo_2015.pdf)

Tukes. 2015c. Ympäristörajoitukset. [verkkodokumentti]. [viitattu 2.6.2015]. Saatavissa:  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Ymparistorajoitukset/>

UN. 2015. Population, Consumption and the Environment 2015. [verkkojulkaisu]. Julkaisu 4/2015. [viitattu 2.6.2015]. Saatavissa:  
<http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/environment/PopulationConsumptionEnvironment2015.pdf>

Uusi-Kämpä Jaana, Rämö Sari, Turtola Eila, Uusitalo Risto, Lemola Riitta & Siimes Katri. 2015. Loppuraportti: Glyfosaatin käytön aiheuttamat ympäristöriskit: aineen kulkureitit savimaalla ja päätyminen vesistöön (GlyFos). [julkaisu]. [viitattu 6.8.2015]. Saatavissa:  
<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485832/glyfosaatti.pdf?sequence=1>

Valkonen Jari. 2012. Muuttuva maataloustuotanto. Teoksessa: Mervi Seppänen (toim.), Maailma muuttuu: muuttuuko maatalous? [kirja]. 176 s. ISBN 978-952-10-7390-8.

Voutilainen Olli, Wuori Olli & Muilu Toivo. 2012. Eriytyvät alue- ja maatalouden rakenteet Suomessa maaseutunäkökulmasta. [julkaisu]. MTT Jokioinen: raportti 64. 89 s. ISBN 978-952-487-404-5.

Vyr. 2006. Viljan hyvät tuotanto- ja varastointitavat. [julkaisu]. Vammala: Vilja-alan yhteistyöryhmä. 22 s. Saatavissa:  
[http://www.vyr.fi/www/fi/liitetiedostot/tuotanto\\_ja\\_viljelytietoa/viljelyoppaat/Viljan\\_hyvttuotantotavat\\_2006.pdf](http://www.vyr.fi/www/fi/liitetiedostot/tuotanto_ja_viljelytietoa/viljelyoppaat/Viljan_hyvttuotantotavat_2006.pdf)

Vyr. 2013. Kauran viljelijän huoneentaulu – peruskaurasta paremmaksi. [verkkojulkaisu]. [viitattu 28.7.2015]. Saatavissa:  
[http://www.vyr.fi/www/fi/liitetiedostot/tuotanto\\_ja\\_viljelytieto/huoneentaulut/kauran\\_viljelijan\\_huoneentaulu\\_suomi.pdf](http://www.vyr.fi/www/fi/liitetiedostot/tuotanto_ja_viljelytieto/huoneentaulut/kauran_viljelijan_huoneentaulu_suomi.pdf)

Ympäristöosaava. Ruoan raaka-aineiden tuotannon vaikutukset ympäristöön. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.6.2015]. Saatavissa:  
<http://www.ymparistoosaava.fi/ruokapalveluala/index.php?k=22432>