

Jarkko Spoof

Pölyttäjien merkitys maataloudelle

Monimuotoisuusalueen taloudellinen kannattavuus

Opinnäytetyö
Kevät 2018
SeAMK Ruoka
Agrologi (AMK)

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Liiketalous

Tekijä: Jarkko Spoo

Työn nimi: Pölyttäjien merkitys maataloudelle

Ohjaaja: Anna Tall

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 1

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia pölyttäjien taloudellista merkitystä sekä ilmastonmuutoksen, maankäytön ja torjunta-aineiden käytön vaikutuksia pölyttäjien määrään. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisten tutkimusten pohjalta.

Pölytyksen tarkkaa rahallista arvoa on vaikea arvioida useiden muuttujien vuoksi. Arviolta 75 prosenttia maailman viljelykasveista hyötyy pölyttäjistä. Pölytys vaikuttaa esimerkiksi sadon määrään ja laatuun, joten tämän perusteella monimuotoisuusalueen perustaminen on taloudellisesti järkevää, kun se perustetaan pölyttäjiä hyödyttävillä kasveilla.

Pölyttäjäkato voi aiheuttaa kuluttajahintojen nousua sekä maan hinnan nousua. Pölyttäjiä uhkaa maankäytön muuttuminen maanviljelyn tehostumisen myötä, ilmastonmuutos sekä torjunta-aineiden käyttö.

Ilmastonmuutoksen myötä maatalousympäristö tulee muuttumaan voimakkaasti. Uusien viljelykasvien viljely tulee mahdolliseksi. Samalla myös torjunta-aineiden käyttö ja maankäyttö muuttuu. Näistä syistä sopeutumisstrategiassa tulee ottaa huomioon pölyttäjien elinalueet, jotta voidaan turvata pölyttäjistä riippuvien tuotantokasvien sadot sekä ylläpitää ja edistää luonnon monimuotoisuutta.

Monokulttuuriset alueet eivät lisää tuottavuutta, vaan pahimmassa tapauksessa hävittävät paikallisen monimuotoisuuden ja pölyttäjät heikentäen samalla maanviljelyn taloudellista kannattavuutta.

Avainsanat: Ilmastonmuutos, Pölytyspalvelu, Biodiversiteetti

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Business Orientation

Author: Jarkko Spoo

Title of thesis: The role of pollinators in agriculture

Supervisor: Anna Tall

Year: 2018

Number of pages: 38

Number of appendices: 1

The purpose of the thesis is to investigate the economic significance of pollinators, as well as the effects of climate change, land use and pesticide use on the number of pollinators. The thesis is based on written research.

Studies showed that the exact value of pollination cannot be determined because of several variables, but pollinators will benefit from an estimated 75 percent of world crops. Pollution affects, for example the quality of crops and the quantity of crops. Pollinator crisis can lead to rising consumer prices and rising land prices. Pollinators are threatened by land use change due to efficiency of agriculture, climate change and the use of pesticides.

With climate change, the agricultural environment is changing dramatically and the cultivation of new crops becomes possible. At the same time, the use of pesticides products and land use changes.

For these reasons, the adaptation strategy should take into account the polluters living areas in order to safeguard pollinator-dependent production crops and to maintain and promote biodiversity.

Monocultural areas do not increase productivity, but in the worst case destroy local biodiversity and pollinators while undermining the economic viability of farming.

Keywords: Climate change, Pollinator service, Biodiversity

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 MESIPISTIÄISET, MEHILÄISET JA PÖLYTTÄJÄT.....	8
2.1 Pölyttäjien suojele.....	8
2.2 Pölyttäjien nykytila.....	9
2.3 Pölyttäjäkato.....	10
3 MEHILÄISPÖLYTYKSEN TALOUDELLINEN ARVO.....	12
3.1 Taloudellisen arvon määrittely.....	12
3.2 Pölyttäjäkadon taloudelliset seuraukset.....	13
3.3 Pölyttäjäpalveluiden merkitys maataloudelle.....	15
3.4 Neonikotinoidit.....	18
4 ILMASTONMUUTOS JA PÖLYTTÄJÄT.....	21
4.1 Termisten vuodenaikojen määrittelyt Suomessa.....	21
4.2 Ilmaston lämpeneminen.....	21
4.3 Ilmastonmuutoksen ennakointi.....	24
4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus pölyttäjiin.....	24
4.5 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen.....	27
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
6 YHTEENVETO.....	32
LÄHTEET.....	34
LIITTEET.....	38

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

- Kuvio 1 Kysynnän ja tarjonnan kaavio pölytyspalvelulle. Pölytyspalveluiden vähenemisen vaikutuksia voi kuvata kysynnän ja tarjonnan kaaviolla. Pölytyspalvelu heikentyy, eli pölyttäjien määrä Q0 vähenee Q1:en, samalla tuotoksen määrä (Supply) putoaa S1:een..... 14
- Kuvio 2. Viljelykasvien riippuvuus pölyttäjistä luokittain. Tutkimuksessa käytettiin 87 eri kasvia tai kasvilajia. Luokka 0 (none) = riippumaton pölyttäjistä; 1 (little) = Ilmapölyttäjiä 0 – 10 % pienempi sato; 2 (modest) = 10–40 % pienempi sato ilman pölyttäjiä; 3 (high) = 40–90 % pienempi sato ilman pölyttäjiä; and 4 (essential) = yli 90 % vaikutus sadon määrään. 15
- Kuvio 3. Vertailu kehittyneiden maiden (Developed world) ja kehittyvien maiden (Developing world) viljelykasvien pölyttäjäriippuvuuden välillä. Viljelykasvien runsauskäyrät (ylhällä). Viljelykasvit on järjestetty niiden alueellisen kokonaistuotannon mukaan. Alhaalla, viljelykasvit järjestettynä pölyttäjäriippuvuuden mukaan, suluissa määrät montako kasvia kyseiseen ryhmään kuuluu 16
- Kuvio 4. Vuosien 1961 - 2016 Viljeltyjen alueiden pinta-alan kehitys (ylhällä) ja pinta-alakorvaus, jolla kompensoidaan viljelykasvien tuotannon alijäämä (alhaalla), jos eläinpölytystä ei ole. Kehittyneille (developed) ja kehittyville maille. Arvion mukaan pölyttäjäkadon aiheuttaman tuotannonlaskun korvaamiseen kehittyvissä maissa tarvittava peltoala olisi kuusi kertaa suurempi, kuin vastaavassa tilanteessa kehittyneissä maissa -olettaen että pölyttäjäkadon seurauksena menetetty sato voitaisiin korvata lisäämällä viljelyalaa..... 17
- Kuvio 5. Rypsin kokonaissato vuosina 1980 – 2017. Rypsisato kasvoi vuosina 1980 – 1993, mutta ollut tämän jälkeen jatkuvassa laskussa. 19
- Kuvio 6. Termisten vuodenaikojen pituuksien muuttuminen siirryttäessä jaksosta 1971–2000 jaksoon 2070–2099 KEV = kevät, KES = kesä, SYK = syksy ja TAL = talvi. Samanarvonkäyrien väli on 10 vrk, paitsi kesää esittävässä kuvassa 5 vrk. 22

Kuvio 7. Termisten vuodenaikojen pituuksien muuttuminen siirryttäessä jaksosta 1971–2000 jaksoon 2070–2099..... 23

Kuvio 8. Ilmastonmuutos häiritsee ja muuttaa pölytyspalveluita vaikuttamalla pölyttäjien elinalueiden, kuten metsien terveyteen. Metsän terveys määrittää paikallisen ympäristön sopivuuden ekosysteemipalveluja tarjoaville lajeille. a-b Guatemala, c-d Honduras, e-f Costa Rica. Vasemmalla, nykyinen mehiläiskannan monimuotoisuus. Keskellä tuleva mehiläiskannan monimuotoisuus vuonna 2050 ilmasto skenaarion mukaan. Oikealla suhteellinen prosentuaalinen muutos. Malli on laadittu kuuden ennusteen pohjalta. 26

1 JOHDANTO

Pölyttäjäkato on koko maailmaa koskettava ongelma, koska 75 % maailman viljeltyistä ravintokasveista ovat pölyttäjistä riippuvaisia tai ainakin hyötyvät niistä. Taloudellisessa mielessä pölyttäjien väheneminen voi aiheuttaa ruuan hinnan nousua sekä taloudellisia ongelmia etenkin kehittyville maille, joissa suurin osa maailman pölyttäjistä riippuvaisista kasveista (esim. kahvi ja soija) viljellään. Pölyttäjäkuolemista on raportoitu Pohjois-Amerikassa sekä Euroopassa. Merkittävimpinä syinä pölyttäjien kuolemiin pidetään elinympäristöjen pirstoutumista, ilmastonmuutosta ja torjunta-aineiden käyttöä. Pölyttäjistä 16 prosenttia uhkaa sukupuutto, joskin ruoantuotannon kannalta merkittävimmissä roolissa ovat runsaslukuisimmat lajit. (Novais ym. 2016.)

Suomessa pölyttäjien tilanne tunnetaan tarkasti ainoastaan tarhamehiläisten osalta. eikä pölyttäjien määrästä ole saatavilla kattavaa tutkimustietoa. Pölyttäjien oloja pyritään parantamaan ympäristötukijärjestelmän avulla, mutta samalla on kuitenkin sallittua käyttää mehiläisille haitallisia neonikotinoideja, joita pidetään yhtenä mehiläiskuolemien aiheuttajista. (Tukes 2014; Hokkanen ym. 2017.)

Opinnäytetyön aihe syntyi maisemasuunnittelun sekä ekologisen suunnittelun kursseilla ollessani vaihto-opiskelijana Espanjassa, jossa ilmastonmuutos ja elinympäristön pirstoutuminen ovat jatkuvana puheenaiheena. Lisäksi pölyttäjäkato on ruoantuotannon kannalta kansainvälisesti merkittävä ongelma.

Tämä opinnäytetyö käsittelee pölyttäjäkadon syitä ja seurauksia kirjallisten tutkimusten pohjalta.

2 MESIPISTIÄISET, MEHILÄISET JA PÖLYTTÄJÄT

2.1 Pölyttäjien suojelu

Mehiläisten ja muiden pölyttävien hyönteisten suojelemiseksi kasvinsuojeluaineiden käytölle on asetettu rajoituksia. Mehiläisille ja kimalaisille vahingollisia kasvinsuojeluainetta ei saa käyttää kukkivien kasvien käsittelyyn eikä 60 metriä lähempänä mehiläispesiä, ilman mehiläishoitajan suostumusta. Mehiläisille ja kimalaisille lievästi haitallisia kasvinsuojeluaineita saa käyttää vain mehiläisten lentoajan jälkeen kello 21–06 välisenä aikana kukkivien kasvien käsittelyyn. (Tukes 2014a, Tukes 2014b.) Maatalouden ympäristötuki on Euroopan unionin keskeisin väline maatalous- ja ympäristöpolitiikan yhteensovittamiseksi. Sillä korvataan ohjelmaan sitoutuneille viljelijöille ympäristönsuojelusta aiheutuneet kustannukset ja tulonmenetykset. Ohjelmaan sitoutuminen on vapaaehtoista.

Ympäristötukijärjestelmä jakaantuu perus- ja lisätoimenpiteisiin sekä erityistukisopimuksiin. Tuki on pääosin viljelyalaperusteista, mutta osalle toimenpiteistä tuki maksetaan eläinmääräperusteisena. Lisäksi puutarhakasvialalle maksetaan erikseen määriteltyä ympäristötukea. Ympäristötukijärjestelmän tavoitteet ja toimenpiteet ovat painottuneet vesiensuojeluun. Maatalouden ympäristötuen vaikutusten seurantatutkimusten tulosten perusteella tukijärjestelmä on edistänyt luonnon monimuotoisuuden ja avoimen viljelymaiseman säilymistä.

Viherkesannot ovat hoidettuja viljelemättömiä peltoja. Ne kuuluvat maataloustuen täydentäviin ehtoihin ovat lähes kaikkien viljelijätukien saamisen ehtona. Viherkesannot tarjoavat pölyttäjille potentiaalisen elinympäristön. Niiden merkitys vaihtelee kuitenkin niille syntyvän kasvillisuuden ja kesannon kestoajan mukaan. Hyönteisten laji- ja yksilömäärien on havaittu kasvavan kesannon iän myötä ja kenttäkokeiden tulosten perusteella voidaan osoittaa, että yli kahden vuoden kesannointi tuottaa pölyttäjille selvästi enemmän hyötyjä, kuin lyhytaikaisempi kesannointi. Nykyisten kesantojen ongelma on niiden perustaminen voimakkaasti kilpailevilla heinä- ja apilalajeilla, eikä pölyttäjiä hyödyttävillä siemenseoksilla. (Salonen, Keskitalo & Segerstedt 2007, 289–305.) Erityisesti monokulttuurialueilla on tärkeää olla niitty- ja nurmipeltoja parantamassa monimuotoisuutta (Järvelä 2014).

2.2 Pölyttäjien nykytila

Apis mellifera, eli läntinen mehiläinen kuuluu pitkäkielisiin mesipistiäisiin (Apoidea), jotka ovat erikoistuneet käyttämään ravintonaan kukkien mettä ja siitepölyä. Mesipistiäisiin kuuluvat eri lajiset kimalaiset ja erakkomehiläiset. (Lehtonen 2012.)

Mehiläisyhdyskunta voi yhden vuoden aikana kerätä siitepölyä 20–30 kg, 120 kg mettä, 25 litraa vettä ja 100 grammaa puunhartsia. Työmehiläinen kuluttaa elämänsä aikana 0,15 g siitepölyä ja 0,5 g mettä. Useimmat mehiläiset lentävät 2–3 kilometrin säteellä pesästä. (Lehtonen 2012.)

Suomessa pölyttäjien tilanne tunnetaan tarkasti vain tarhamehiläisten osalta, villien mesipistiäisten tilasta ei ole kattavaa valtakunnallista seurantaa. Tarhamehiläisten pesiä on tällä hetkellä noin 50 000, yhdessä pesässä on noin 20 000–100 000 mehiläistä. Villien mesipistiäisten kannan selvittämiseen tarvitaan vuosia kestävää tutkimusta tieteellisillä tutkimusmenetelmillä. Viimeisimmän tutkimuksen mukaan (Punainen kirja 2010, 529–544.) Suomen mesipistiäisistä noin 20 % ja perhosista noin 17 % on uhanalaisia. Uhanalaiset lajit eivät ole merkittävässä osassa ruoantuotannon kannalta, vaan ratkaisevassa roolissa ovat määrittään yleisimmät lajit ja niiden hyvinvointi. (Kivipelto 2017, 37–45.)

Kimalaisten on todettu vähentyneen viime vuosikymmeninä monissa Euroopan maissa ja Pohjois-Amerikassa. Kimalaisten taantumisen on selitetty johtuvan ennen kaikkea maatalouden tehostumisesta. Salaojitukset ja perinteisen karjatalouden loppumisen seurauksena kimalaisille tärkeät ravintokasvit ja tärkeimmät elinympäristöt ovat vähentyneet maatalousalueilla. Kehitys on huolestuttavaa, sillä kimalaisilla on suuri ekologinen ja taloudellinen merkitys monien luonnonvaraisten ja viljeltyjen kasvien tärkeimpinä pölyttäjinä. Kimalainen vastaa suurelta osin esimerkiksi metsämarjojen pölytyksestä. (Salonen, Keskitalo & Segerstedt 2007, 289–301.) Keskinertaisena satovuonna 2005 kahdeksan taloudellisesti merkittävimmän luonnonmarjan sato oli yhteensä noin 686,7 miljoonaa kiloa. Tästä vain osa kerättiin talteen ja talteen kerätyn osuuden arvo oli 77,2 miljoonaa euroa. (Metla 2008.)

2.3 Pölyttäjäkato

Pohjois-Amerikassa on viimeiset kymmenen vuotta painittu tarhamehiläisiä vaivavien joukkokuolemien parissa, joissa yli neljännes mehiläisyhteiskunnista on tuhoutunut kuhnurien ja työmehiläisten jätettyä pesänsä. Euroopassa vastaavaa on havaittu Britanniassa, Espanjassa ja Italiassa. Suomessa vastaavaa ei ole vielä havaittu. Syitä joukkokuolemiin on selvitetty ja yksi mehiläisten heikkous on, ettei niillä ole juurikaan geenejä jotka osallistuisivat vieraiden kemikaalien käsittelyyn, immuniteettiin tai maistamiseen. Yhdysvalloissa yhdestä ainoasta pesästä on löytynyt jopa 98 eri tuholaistorjunta-ainetta. Eurooppalaisessa tutkimuksessa seurattiin tarha- ja erakkomehiläisiä, sekä kimalaisia neonikotinoideilla käsitellyillä alueilla. Kävi ilmi, että torjunta-aineille altistuneet hyönteiset talvehtivat heikosti, Britanniassa monet yhteiskunnat tuhoutuivat kokonaan. Unkarissa puolestaan työläisiä oli keväällä hengissä 24 % vähemmän, kuin puhtailla vertailupesillä sekä mehiläisten elinikä lyheni 23 % ja kuningattarien lisääntymiskyky heikkeni selvästi. (Hokkanen, Menzer-Hokkanen & Keva 2017.)

Nykyisen tiedon mukaan noin 250 000:sta kukkivasta kasvilajista, arviolta 90 prosenttia hyötyy eläinpölytyksestä (Kearns ym. 1998, 83–112). Tämä seikka tulee ottaa huomioon, jotta maatalous pystyy vastaamaan jatkuvasti kasvavaan ruuankäyntään, koska tulemme jatkuvasti riippuvaisemmiksi pölyttäjistä. Nykyisen arvion mukaan kolmasosa kaikesta ruuasta tuotetaan eläinpölytteisten kasvilajien avulla, mukaan lukien eläintuotanto. (Klein 2007, 299–314.)

Vakava esimerkki pölyttäjien vähenemisen seurauksista löytyy Kiinasta Sichuanin maakunnasta, jossa liiallisten torjunta-aineiden käytön seurauksena alueen luonnonvaraiset hyönteiskannat ovat romahtaneet ja ihmiset yrittävät heikolla menestyksellä hoitaa pölyttämistä hyönteisten sijaan. Tilanne on huolestuttava maailmanlaajuisesti, koska yhä useammat pölyttäjät ovat ahdingossa. (Kivipelto 2017, 37–45.)

Luonnon monimuotoisuutta ja ekosysteemipalveluja käsittelevä 124 maan hallituksen välillä käyty paneeli, jossa oli mukana myös Suomi, päättyi kolmeen tuhanteen tieteelliseen artikkeliin perustuvassa raportissa toteamaan, että sukupuutto uhkaa

noin 16:ta prosenttia eläinpölyttäjästä. Tästä luvusta puuttuu kuitenkin tärkein pölyttäjäryhmä, hyönteiset, joista ei ole tarpeeksi tietoa maailmanlaajuisen uhanalaisuuden selvittämiseksi. Joillain alueilla arvioidaan, että esimerkiksi mesipistiäisistä yli 40 % saattaa olla vaarassa maankäytön muutosten, torjunta-aineiden käytön, ympäristön saastumisen, haitallisten vieraslajien, taudinaiheuttajien ja ilmastonmuutoksen aiheuttamista syistä. (IPBES 2017.)

3 MEHILÄISPÖLYTYKSEN TALOUDELLINEN ARVO

3.1 Taloudellisen arvon määrittäminen

Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo maataloudelle voidaan laskea eri menetelmin. Tarkan euromääräisen arvon määrittely mehiläisten tuottamalle sadonlisälle on haastavaa monien muuttujien vuoksi. Kaavaa (1 ja 2) käyttämällä saadaan kuitenkin käsitys millainen arvo mehiläispölytyksellä voi olla taloudellisessa mielessä. Mehiläisten tuottama sadonlisä ei kuitenkaan kerro kaikkea niiden tuottamasta taloudellisesta hyödystä. (Lehtonen 2012; Sandhu ym. 2016.) Pölytys vaikuttaa sadon määrän lisäksi, myös hedelmien ja siementen laatuun sekä määrään. Noin 70 % 1330 trooppisesta viljelykasvista ja 85 % 264 Euroopassa viljellystä kasvista hyötyvät pölyttäjästä. (Sandhu, ym. 2016.)

Sandhu ym. (2016) määrittelevät mehiläispölytyksen kokonaisarvon (TEV) seuraavalla kaavalla.

$$TEV_{psc} = V_{mc} \times D_{ic} \times P_{hbc} \quad (1)$$

missä

TEV_{psc} = mehiläispölytyksen taloudellinen arvo (€)

V_{mc} = satokasvin markkina-arvo (€)

D_{ic} = sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä

P_{hbc} = sadon riippuvuus mehiläispölytyksestä

Pölyttäjien taloudellisen arvon muutos määritetään kaavalla

$$\Delta TEV_{psc} = TEV_{psc} - (TEV_{psc} \times V_{prc}) \quad (2)$$

missä

ΔTEV_{psc} = Pölyttäjäpalveluiden taloudellisen arvon muutos viljelykasville (€)

V_{prc} = Taloudellinen muutos eri pölyttäjämäärillä eri viljelykasveille (%).

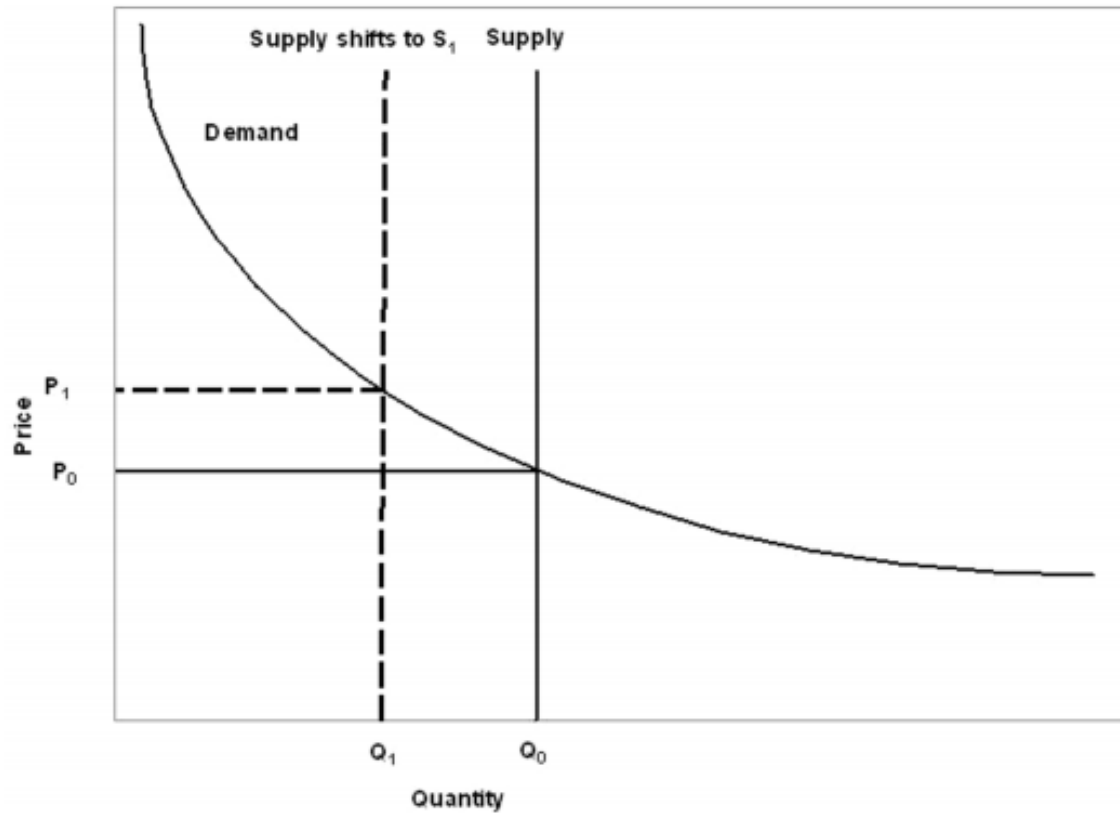
3.2 Pölyttäjäkadon taloudelliset seuraukset

Pölyttäjien vähenemisestä on raportoitu maailmanlaajuisesti (Aizen 2009, 1572–1575; Potts ym 2010, 345–353). Ilmiöstä on vain harvoin seurannut sadon menetys, mutta sitäkin useammin se on vaikuttanut sadon määrään ja laatuun. Talouden kannalta pölyttäjien väheneminen voi johtaa ruuan hinnan nousuun, jos tuotanto ei pysty vastaamaan kysyntään. (Aizen 2009, 1572–1575.)

Mikäli ruuan kysyntä ja maailman väestönkasvu jatkuvat nykyisellään, ruuantuotantoa täytyy kasvattaa 60 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Väestönkasvu ja ilmastomuutos ovat maataloudelle valtavia haasteita. Maailman ruuantuotannon turvaamiseksi on kyettävä ymmärtämään ekosysteemipalvelujen merkitys, ja opittava hyödyntämään niitä paremmin ruuantuotannossa. (Sandhu ym. 2012.)

Kaksi pölyttäjistä hyötyvää kansainvälisen kaupan kannalta merkittävää kasvia ovat soija ja kahvi, joiden suurin tuottajamaa on Brasilia (Sandhu ym. 2012.) Brasilialaisen tutkimuksen mukaan mehiläiskadolla olisi suuri vaikutus maan taloudelle. Eniten tästä kärsisivät pientilalliset, jotka muodostavat yli 70 % Brasilian maatalouden työvoimasta ja 38 % maan kahvintuotannosta. Vuonna 2013 soija ja kahvi muodostivat yhteensä noin 42 % osuuden koko Brasilian maatalouden viennistä. Synkimmän skenaarion mukaan kahvintuotanto voisi romahtaa 40 %:lla nykyisestä, mikä tarkoittaisi 12 % pudotusta koko maailman kahvintuotannolle. Tämä kyseisen vuoden arvoilla laskettuna merkitsisi 12,07 miljardin USD tappioita viennille ja aiheuttaisi kahdeksan miljoonan työpaikan vaarantumisen. (Novais ym. 2016.)

Mehiläiskadolla olisi valtavia seurauksia maailman taloudelle (Kuvio 1), jotka väistämättä heijastuisivat kansainvälisiin markkinoihin ja Euroopan talouteen. Pölyttäjäkato tulisi vaikuttamaan myös kuluttajien ostokäyttäytymiseen, kun pölyttäjistä riippuvaisten kasvien, kuten soijan, kahvin, sekä useimpien hedelmien hinnat nousisivat. Täytyy ottaa kuitenkin huomioon, ettei kuluttajien ostokäyttäytymistä voida täysin ennustaa. (Novais ym. 2016.)



Kuvio 1 Kysynnän ja tarjonnan kaavio pölytyspalvelulle. Pölytyspalveluiden vähene-
misen vaikutuksia voi kuvata kysynnän ja tarjonnan kaaviolla. Pölytyspalvelu hei-
kentyy, eli pölyttäjien määrä Q_0 vähenee Q_1 :en, samalla tuotoksen määrä (Supply)
putoaa S_1 :een. (Sandhu ym. 2016.)

3.3 Pölyttäjäpalveluiden merkitys maataloudelle

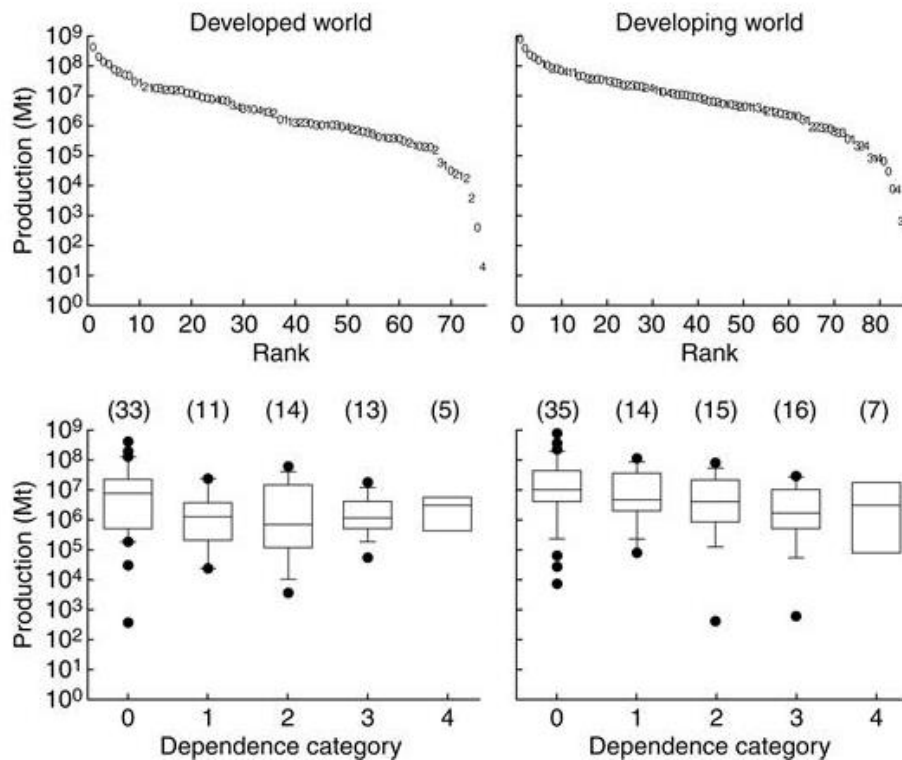
Ihmisten ruokailutottumusten muuttuminen kehittyneissä maissa kansainvälisempään suuntaan ja elintarvikkeiden, etenkin hedelmien ja muiden trooppisten kasvien tuonnin lisääntyminen on lisännyt monien eläinpölytteisten kasvien kysyntää. Elintarvikkeiden kysynnän lisääntyminen etenkin väkiluvultaan suurissa maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa, kysynnän kasvu maailman markkinoilla (esim. trooppiset hedelmät) ovat lisänneet ihmisten riippuvuutta pölyttäjästä. Pölyttäjäkato näkyy selvästi pölyttäjästä voimakkaasti riippuvaisten kasvien, kuten avokadon, mustikan, kirsikan, luumun ja vadelman satokehityksessä. Näiden kasvien kohdalla satotasot ovat pysyneet samana tai heikentyneet samalla, kun pölyttäjästä vähemmän riippuvaisten viljelykasvien satotasot ovat kasvaneet. (Aizen, Garibaldi, Cunningham & Klein 2008, 1572–1575.)

Distribution of crops among categories of pollinator dependency

Pollinator dependence*	Developed world, all crops		Developing world, all crops [†]		Exclusively in developing world	
	No. of crops	Percentage crops	No. of crops	Percentage crops	No. of crops	Percentage crops
0 (none)	33	43.4	35	40.2	2	18.2
1 (little)	11	14.5	14	16.1	3	27.3
2 (modest)	14	18.4	15	17.2	1	9.1
3 (high)	13	17.1	16	18.4	3	27.3
4 (essential)	5	6.6	7	8.1	2	18.2

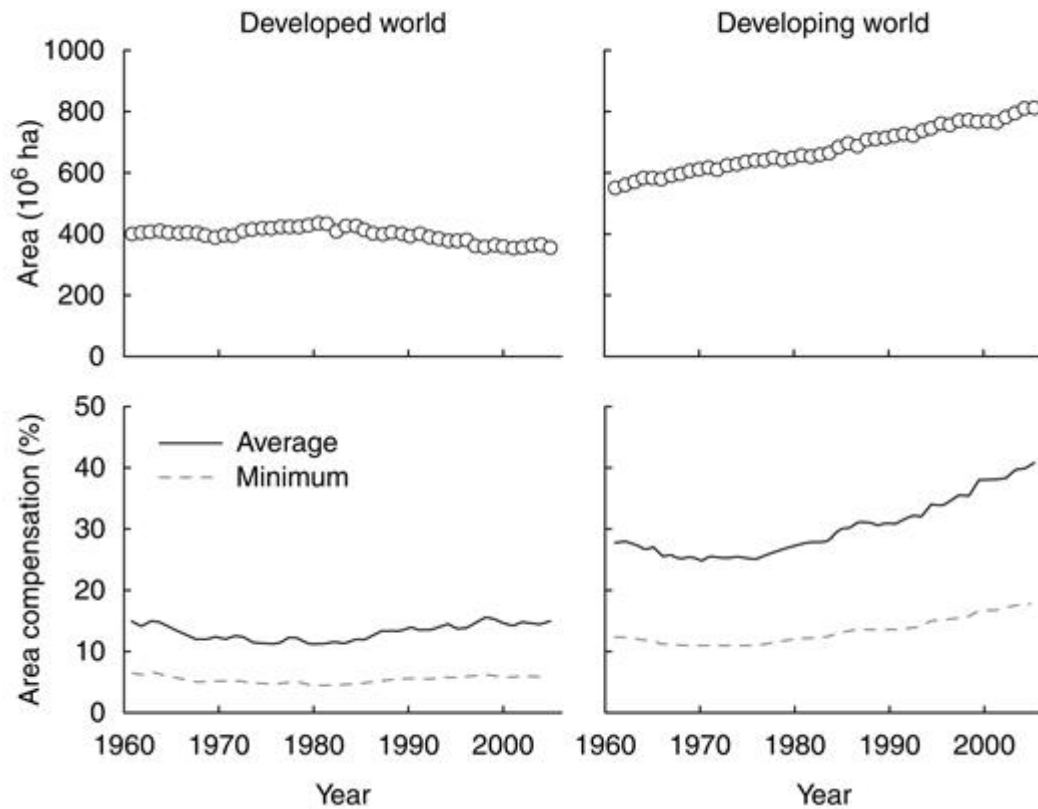
Kuvio 2. Viljelykasvien riippuvuus pölyttäjästä luokittain. Tutkimuksessa käytettiin 87 eri kasvia tai kasvilajia. Luokka 0 (none) = riippumaton pölyttäjästä; 1 (little) = Ilmapölyttäjiä 0 – 10 % pienempi sato; 2 (modest) = 10–40 % pienempi sato ilman pölyttäjiä; 3 (high) = 40–90 % pienempi sato ilman pölyttäjiä; and 4 (essential) = yli 90 % vaikutus sadon määrään. (Aizen ym. 2008, 1583.)

Kaksi kolmasosaa maailman maataloustuotannosta ja viljelysmaasta sijaitsee kehittyneissä maissa. Kehittyvien maiden tuotanto on riippuvaisempi pölyttäjästä (Kuvio 2; Kuvio 3) kuin kehittyneiden maiden tuotanto. Kehittyneissä maissa viljellään suhteessa enemmän tuulipölytteisiä kasveja. Tuulipölytteiset kasvit eivät tarvitse eläinpölytystä.



Kuvio 3. Vertailu kehittyneiden maiden (Developed world) ja kehittyvien maiden (Developing world) viljelykasvien pölyttäjäreippuvuuden välillä. Viljelykasvien runsauskäyrät (ylhäällä). Viljelykasvit on järjestetty niiden alueellisen kokonaistuotannon mukaan. Alhaalla, viljelykasvit järjestettynä pölyttäjäreippuvuuden mukaan, suluissa määrät montako kasvia kyseiseen ryhmään kuuluu. (Aizen ym. 2008, 1584; Liite 1.)

Arvion mukaan pölyttäjäkadon aiheuttaman tuotannonlaskun korvaamiseen tarvittava peltoala kehittyvissä maissa olisi kuusi kertaa suurempi kuin vastaavassa tilanteessa kehittyneissä maissa – olettaen että pölyttäjäkadon seurauksena menetetty sato voitaisiin korvata lisäämällä viljelyalaa. (Aizen ym. 2008, 1572–1575; Kuvio 4.) Vaikkei kahvintuotannon vähenemisellä ole suurta vaikutusta koko maailman maataloudelle, on sillä valtavia seurauksia maille jotka ovat erikoistuneet kahvintuotantoon, kuten Brasilialle tai Columbialle. Pölyttäjäkadolla on lisäksi laajempia seurauksia koko luonnon monimuotoisuudelle, joten se täytyy ottaa huomioon laajempana kokonaisuutena, kuin ainoastaan ruoantuotannon tehostajana. (Aizen ym. 2008, 1572–1575.)

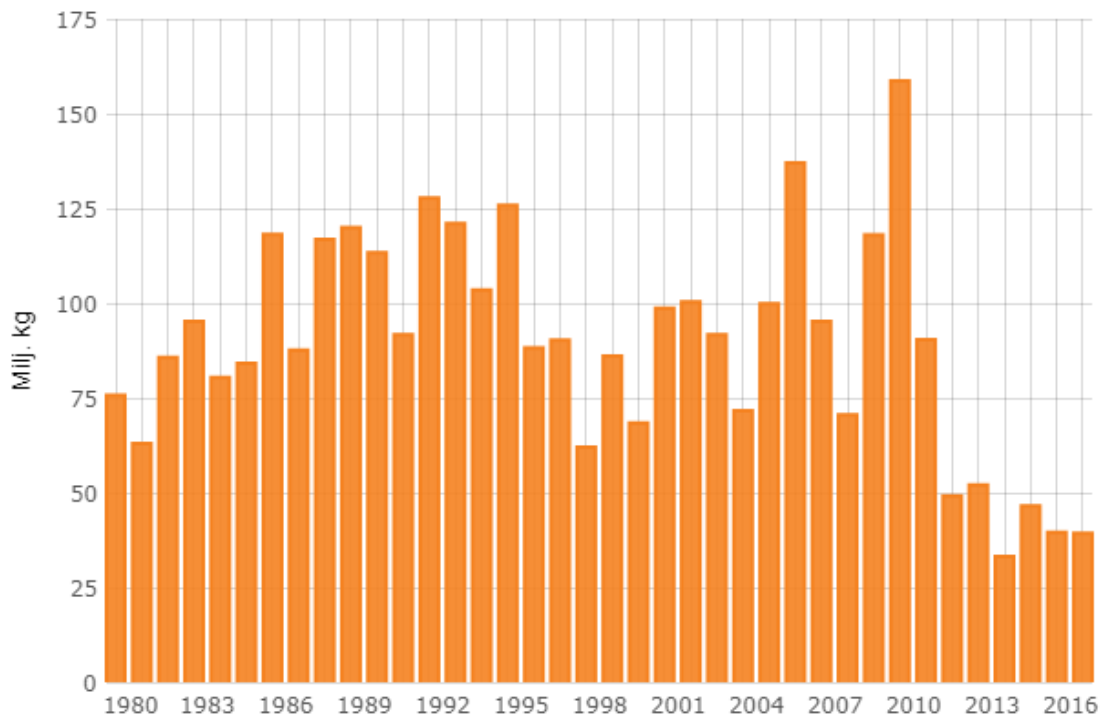


Kuvio 4. Vuosien 1961 - 2016 Viljeltyjen alueiden pinta-alan kehitys (ylhällä) ja pinta-alakorvaus, jolla kompensoidaan viljelykasvien tuotannon alijäämä (alhaalla), jos eläinpölytystä ei ole. Kehittyneille (developed) ja kehittyville maille. Arvion mukaan pölyttäjäkadon aiheuttaman tuotannonlaskun korvaamiseen kehittyvissä maissa tarvittava peltoala olisi kuusi kertaa suurempi, kuin vastaavassa tilanteessa kehittyneissä maissa -olettaen että pölyttäjäkadon seurauksena menetetty sato voitaisiin korvata lisäämällä viljelyalaa. (Aizen ym. 2008, 1584; Liite1.)

3.4 Neonikotinoidit

Neonikotinoidit, eli kloorinikotinyylit, ovat kemiallisilta ja biologisilta ominaisuuksiltaan monipuolisia, minkä vuoksi niitä käytetään kaikkialla maailmassa kasvinsuojeluun ja eläinlääketieteeseen. Nämä kemikaalit toimivat nikotiiniasetyylikoliinireseptorissa aktivoivana aineena, johtaen hyönteisen halvaantumiseen ja kuolemaan. Neonikotinoideja ei pidetä selkärangkaisille haitallisina. Neonikotinoidit muodostavat noin 15 - 20 % maailman hyönteismyrkkymarkkinoista. Imidaklopridi (IMI) on maailmalla myydyin hyönteismyrkky. Tutkimustulosten mukaan tiametoksamilla TMX:llä ja IMI:llä saattaa olla kielteisiä vaikutuksia ihmisten terveyteen. Useiden neonikotinoideja sisältävien hyönteismyrkkujen käyttöä on joissain maissa rajoitettu, koska niiden epäillään liittyvän mehiläiskuolemiin. (Nömme 2014, 4.)

Helsingin yliopiston maatalouseläintieteen professori Heikki Hokkanen on tutkinut yhdessä Ingebor Menzer-Hokkasen ja Maaria Kevan kanssa viidentoista eri maan virallisia viljelykasvien (ohra, vehnä, rypsi, kumina, mustaherukka) tilastoja viimeiseltä neljältä vuosikymmeneltä. Tuulipölytteisten viljojen sadot ovat kasvaneet tasaisesti, mutta eläinpölytteisten kasvien käyrissä on heittelyä, etenkin rypsin kohdalla. Rypsisato kasvoi vuosina 1980 – 1993, mutta ollut tämän jälkeen jatkuvassa laskussa. (Hokkanen ym. 2017; Kuvio 5.)



Kuvio 5. Rypsin kokonaissato vuosina 1980 – 2017. Rypsisato kasvoi vuosina 1980 – 1993, mutta ollut tämän jälkeen jatkuvassa laskussa. (SVT 2017.)

Alueelliset vaihtelut ovat kuitenkin merkittäviä. Tutkimuksissa on analysoitu syitä muutoksiin ja tällä hetkellä tärkein yhteys vaikuttaa olevan neonikotinoidien ja rypsisatojen välillä. Neonikotinoideja alettiin käyttää Suomessa rypsin, rapsin ja soke-rijuurikkaan siementen peittauksessa noin viisitoista vuotta sitten. Euroopan komissio kielsi niiden käytön mehiläisiä houkuttelevissa kasveissa vuonna 2013, mutta Suomessa turvallisuus- ja kemikaalivirasto on vuosittain myöntänyt sen käytölle poikkeusluvan, koska kevätrypsi ja -rapsi ovat alttiimpia taimivaiheen tuholaisille, kuin Euroopassa käytettävät syyslajikkeet. (Tukes 2016.)

Kiistaton näyttö neonikotinoidien käytön osuudesta mehiläisten hupenemiselle puuttuu (Luke 2015). Ainakin osin tämän voi katsoa johtuvan siitä, että yhdisteiden mahdollisia haittoja ei voida tutkia perinteisillä toksikologisilla kokeilla eikä yhdisteiden maahan kertymisestä ole tarpeeksi tutkimustuloksia. Hokkasen ym. (2017) tutkimukset osoittavat mitä enemmän neonikotinoideja maakunnassa käytettiin, sitä enemmän rypsisato pieneni. Muita tekijöitä olivat maiseman monimuotoisuus ja tarhamehiläisten runsaus. Sadot olivat paremmat niillä alueilla, joilla maatalousmaan osuus koko maa-alasta oli vähemmän kuin kymmenen prosenttia koko maa-alasta

ja suureni entisestään niillä alueilla, joilla tarhamehiläisiä oli enemmän kuin 30 prosenttia arvioidusta tarpeesta. Tarhamehiläisten määrä tai maatalousmaisemien pääpiirteet eivät ole juurikaan muuttuneet viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana, joten rypsisadon pienenemisen selittäjäksi jäävät tällä hetkellä peittäusaineet. (Hokkanen ym. 2017.)

4 ILMASTONMUUTOS JA PÖLYTTÄJÄT

Ihmisen toimet ja maankäytön vaikutukset on otettava huomioon samalla kun arvioidaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia luonnon monimuotoisuudelle. Ilmaston muuttumisen myötä torjunta-aineiden käyttö ja viljelytoimenpiteiden ajoitus ovat muuttuneet. Lisäksi tuotantotavat ovat kehittyneet, ja tilakoot ovat tilojen lukumäärän vähenemisen myötä kasvaneet. Maatalousympäristön lajikirjolle maatalouden kehitys voi olla ilmastonmuutoksen suoria vaikutuksia suurempaa tai ainakin nopeampaa. (Schultz 2009.)

Tutkimusten perusteella syyskylvöiset viljat tulevat yleistymään. Syysvehnän viljely tulee vuosisadan puoliväliin mennessä leviämään Oulun seudulle ja rukiin viljely koko Suomeen. Uudet lämpimämmässä ilmastossa leviävät taudit ja hyönteiset voivat vaikuttaa maatalousympäristössä elävien lajien määrään ja kantoihin. (Anderson ym. 2004, 535–544.)

4.1 Termisten vuodenaikojen määritelmät Suomessa

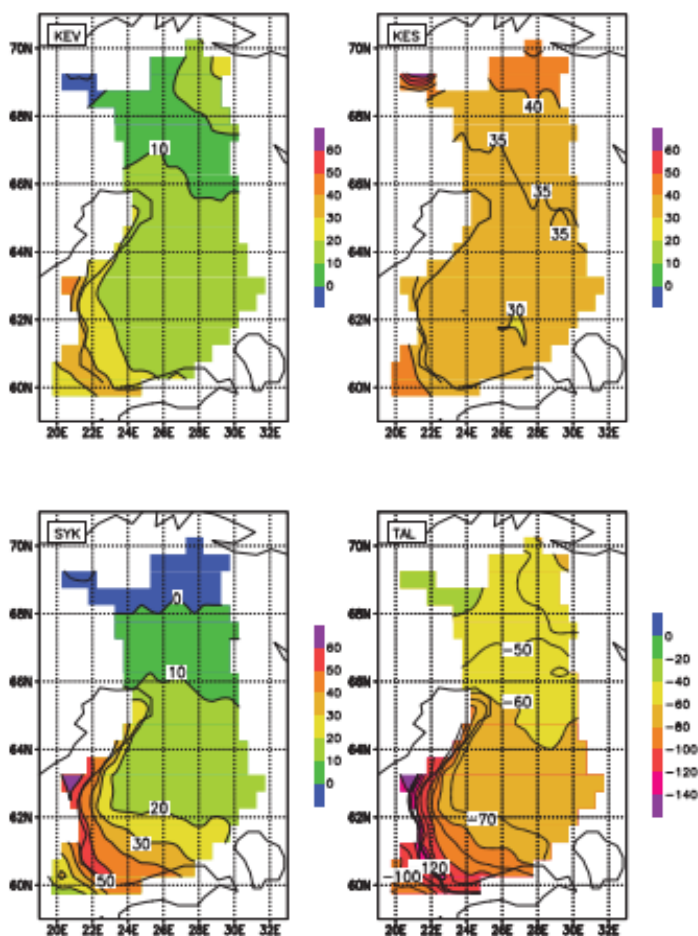
Terminen kesä on se osa vuotta, jolloin vuorokauden keskilämpötila on yli 10°C. Termisen talven aikana vuorokauden keskilämpötila on puolestaan pakkasella. Termisen kevät ja syksy sijoittuvat näiden kahden vuodenaikan väleihin. Maatalouden kannalta tärkein seurattava on terminen kasvukausi. Siihen lasketaan ne päivät, joina keskilämpötila ylittää +5°C rajan. Kasvukauden lämpösumma saadaan lasketta vähentämällä jokaisena kasvukauden päivänä vuorokauden keskilämpötilasta 5°C ja laskemalla näin saadut lämpötilajäännökset yhteen.

4.2 Ilmaston lämpeneminen

Kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymistä pidetään ilmaston muuttumisen suurimpana syynä. Niin kauan kuin ihmiskunnan aiheuttamat päästöt jatkuvat suurina, hiilidioksidin ja muitten kasvihuonekaasujen pitoisuudet ilmakehässä nousevat nopeasti. Lisääntyvät kasvihuonekaasut nostavat maapallon keskilämpötilaa. Ilmaston

lämpeneminen puolestaan pidentää kasvukausia ja suurentaa kasvukauden aikana kertyvää lämpösomaa. (Ruosteenoja, Räisänen & Pirinen 2014, 1473–1487.)

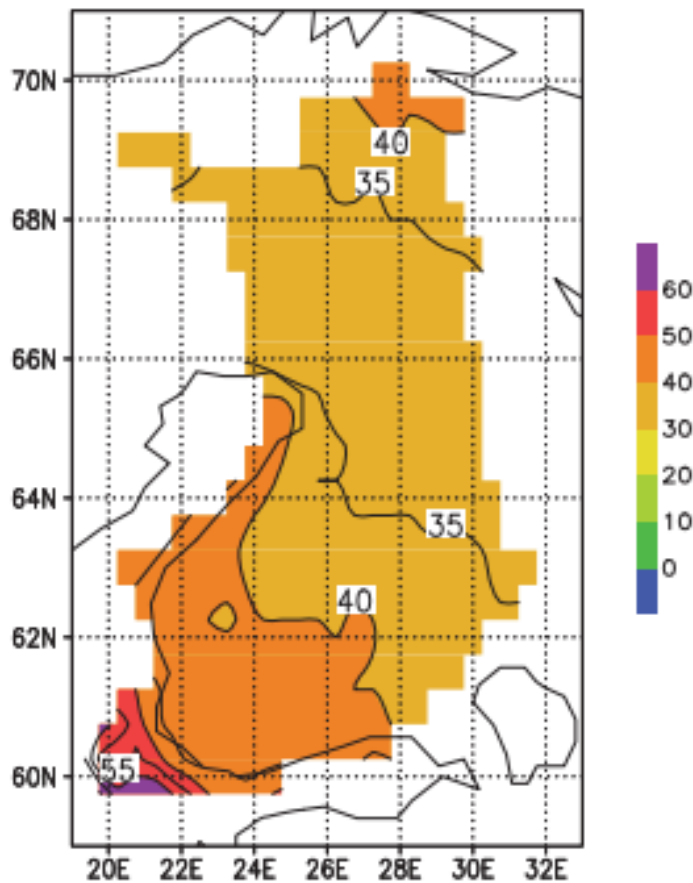
Talven pituuden muutosta esittävään kuvioon piirretyn paksun mustan viivan länsipuolella ei termistä talvea ole vuosisadan lopulla enää lainkaan. Etelä-Suomessa vuodenaikojen pituudet muuttuvat eniten. (Kuvio 6.) Terminen talvi lyhenee noin kahdella kuukaudella, jolloin termisen syksyn osuus tulee kestämään muutaman kuukauden entistä pidempään, eli terminen talvi alkaa entistä myöhemmin. Myös terminen kevät pitenee, mutta vähemmän kuin syksy.



Kuvio 6. Termisten vuodenaikojen pituuksien muuttuminen siirryttäessä jaksosta 1971–2000 jaksoon 2070–2099 KEV = kevät, KES = kesä, SYK = syksy ja TAL = talvi. Samanarvonkäyrien väli on 10 vrk, paitsi kesää esittävässä kuvassa 5 vrk. (Schultz 2009.)

Kesä pitenee koko maassa 1–1,5 kuukaudella, lukuun ottamatta Lappia, jossa se tulee olemaan jopa kaksi kuukautta pidempi. Samalla myös terminen kasvukausi pitenee.

Ilmaston lämmitessä myös lämpösummat kasvavat (Kuvio 7; Ruosteenoja ym. 2014, 1473–1487). Keski-Lapissa lämpösumma tulisi olemaan saman verran kuin nyt Etelä-Suomessa (1200 °C). Pohjanmaan tuleva lämpösumma olisi sama kuin nykyään tanskassa (n. 1600 °C). Etelä-Suomessa (1900 °C) nykyisen Belgian luokkaa. (Ruosteenoja ym. 2014.)



Kuvio 7. Termisten vuodenaikojen pituuksien muuttuminen siirryttäessä jaksosta 1971–2000 jaksoon 2070–2099. (Schultz 2009.)

4.3 Ilmastonmuutoksen ennakointi

Tutkijat ovat kehittäneet useita ennustemalleja, joiden avulla voidaan ennustaa maapallon ilmasto-olosuhteiden muutoksia ja mallintaa kausiluonteisia ilmiöitä sekä ilmaston vaihtelua. Näiden mallien luotettavuus paranee jatkuvasti ja niiden avulla voidaan simuloida erittäin tarkasti esimerkiksi valtamerien lämpenemistä, tulivuorenpurkausten aiheuttamia muutoksia sekä maapallon pintalämpötilaa. Näiden avulla voidaan muodostaa yhtenäinen kuva maapallon keskilämpötilan nousuun johtaneista tekijöistä. (Ruosteenoja ym. 2014, 1473–1487.) Hallitusten välinen ilmastopaneeli totesi ennusteessaan, että maapallon keskilämpötila voi nousta jopa 4,8°C seuraavan sadan vuoden aikana. Lämpötilan nousu vaikuttaisi etenkin Fennoskandian talvilämpötiloihin ja alueen pölyttäjien elinoloihin. (IPCC 2013.) Yhden havaintoaineiston mukaan, ensi vuosituhannen alkuun mennessä terminen talvi tulee katoamaan Lounais-Suomesta ja muissa osissa maata talvi tulee lyhenemään jopa neljä kuukautta. (Ruosteenoja ym. 2014, 1473–1487.)

4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus pölyttäjiin

Vuorovaikutus kasvien ja pölyttäjien välillä on ilmastonmuutoksen vuoksi vaarassa. Pölyttäjät kuten mehiläiset, perhoset, kärpäset ja kovakuoriaiset ovat välttämättömiä elintarvikkeiden tuotannossa, koska ne vaikuttavat noin 62 prosenttiin maailman viljelykasveista. Yksilöiden eloonjäämismahdollisuudet heikkenevät sopivien elinympäristöjen häviämisen myötä tai yksilölle välttämättömien organismien katoamisen myötä. (Schulz 2009.)

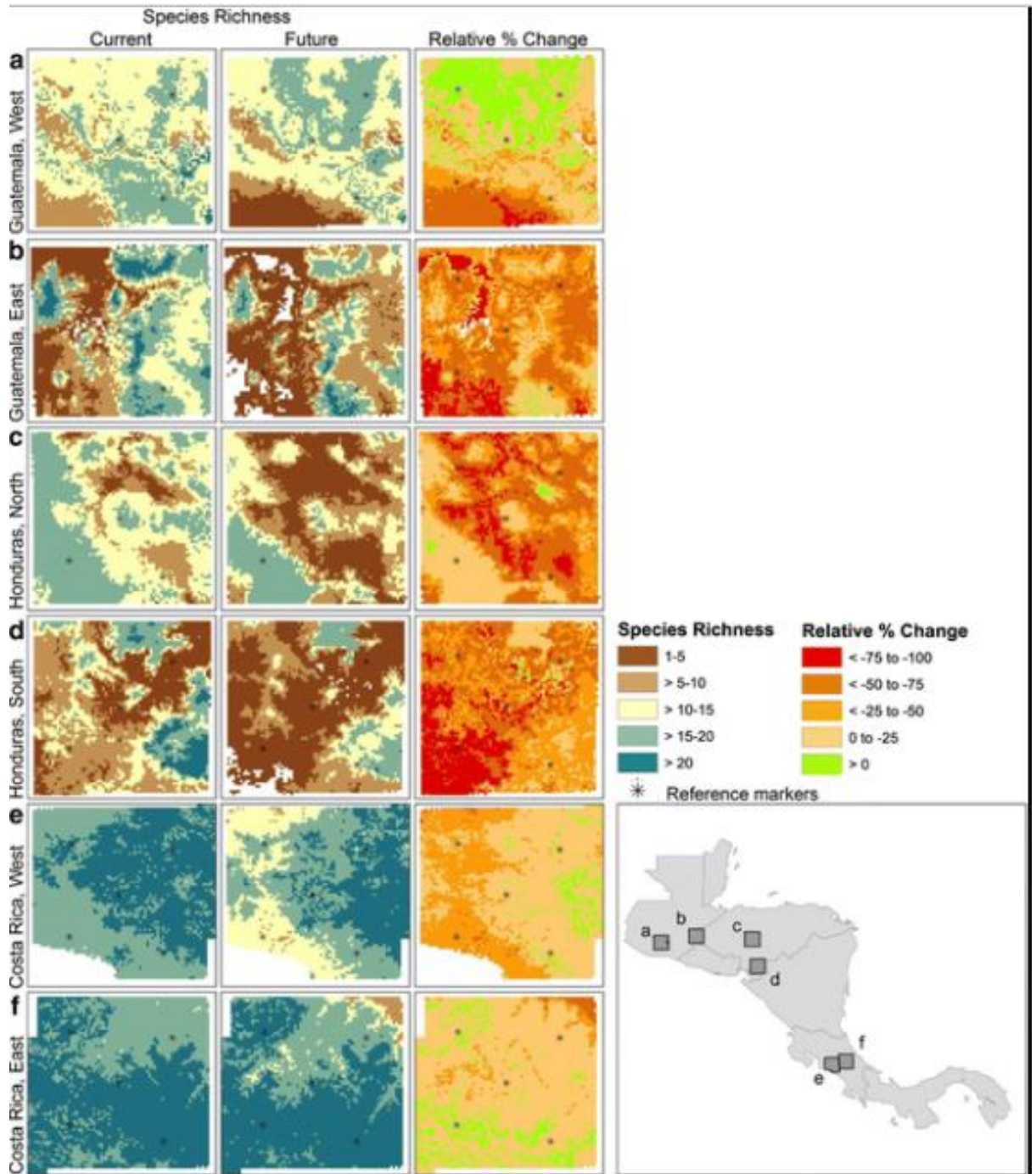
Ilmastonmuutos vaikuttaa monen lajin väliseen luonnolliseen tasapainoon. Ilmastonmuutoksen aiheuttaman elinympäristöjen pirstoutumisen ja katoamisen lisäksi, myös erilaiset taudit ovat aiheuttaneet sukupuuttoon johtaneita epidemioita. Joidenkin perhoslajien elinalueet ovat aikaisempien elinalueiden lämpenemisen johdosta siirtyneet korkeammille alueille kuten vuorille. Kimalaisten kohdalla ilmaston muutos voi vaikuttaa elintärkeiden kukkien saatavuuteen, jos ne kukkivat liian aikaisin, samanaikaisesti tai paleltuvat. Talvehtivat hyönteiset ovat erityisen haavoittuvaisia lämpötilan nousulle, koska lämpimät talvet lisäävät energiankulutusta diapaussin aikana. Diapaussin aikana eliön elintoiminnot ovat erittäin hitaat minkä ansiosta se

selviää esimerkiksi talven yli. Ilmaston lämpeneminen lisää myös helle- ja kuivuusaaltoja, jotka voivat aiheuttaa kimalaisten kannan paikallisen romahtamisen. (Schulz 2009; World Meteorological Organization 2014.)

Äkillinen keskilämpöjen nousu lyhyellä aikavälillä yhdistettynä vuotuisen sademäärän laskuun on aiheuttanut usein niin sanotun Bumblebee Scarcity Syndromen, eli kimalaisten niukkuus -oireyhtymän. Esimerkiksi Utsjoella heinäkuussa 2003 mitattiin 33°C asteen lämpötila, jonka jälkeen kimalaisten määrä väheni merkittävästi. Suomessa ilmastomuutoksen odotetaan nykyisten ennusteiden perusteella pitkittävän kesää yli kuukauden, lukuun ottamatta aivan pohjoisinta lappia, välivuodenajat pitenevät ja lämpösumma puolitoistakertaistuu. (Ruosteenoja ym. 2014, 1473–1487.)

Erään ennusteen mukaan lopulta myös Lapin olosuhteet muistuttaisivat Etelä-Suomen nykyisiä olosuhteita. Lämpötilan nousu ja lisääntyvät helleaallot voivat vaikuttaa dramaattisesti Suomen mehiläiskantaan. (Ruosteenoja ym. 2014, 1473–1487.)

Ilmastonmuutos vaikuttaa maatalouden tuotantoympäristöön ja luonnon tasapainoon. Maatalouden kannalta tuotantoympäristön muuttumisella on suuri merkitys niin tuotannon soveltuvuuden, kuin myös maatalouden tuotannon turvaamisen kannalta. (Hannah ym. 2017.) Yksittäiset lajit ja kokonaiset ekosysteemit muuttavat uusille alueille etsiessään sopivia ilmasto-olosuhteita (Kuvio 8). Maatalouden tuotannon ja luonnon välinen vuorovaikutus, kuten pölytyspalvelun toimivuus on riippuvaista maankäytön monipuolisuudesta ja paikallisista ilmasto-oloista. Nämä asiat tulee ottaa maatalouden sopeutumisstrategiassa huomioon.



Kuvio 8. Ilmastonmuutos häiritsee ja muuttaa pölytyspalveluita vaikuttamalla pölyttäjäin elinalueiden, kuten metsien terveyteen. Metsän terveys määrittää paikallisen ympäristön sopivuuden ekosysteemipalveluja tarjoaville lajeille. a-b Guatemala, c-d Honduras, e-f Costa Rica. Vasemmalla, nykyinen mehiläiskannan monimuotoisuus. Keskellä tuleva mehiläiskannan monimuotoisuus vuonna 2050 ilmasto skenaarion mukaan. Oikealla suhteellinen prosentuaalinen muutos. Malli on laadittu kuuden ennusteen pohjalta. (Hannah ym. 2017.)

Ilmastonmuutos häiritsee ja muuttaa pölytyspalveluita vaikuttamalla pölyttäjien elinalueiden, kuten metsien terveyteen (Potts ym. 2010; Memmott ym. 2007; Kuvio 8). Pölyttäjät ovat suuressa roolissa hyödykkeiden kuten kahvin, papujen, chilien ja monien muiden viljelykasvien tuotannossa (Klein ym. 2007, 299 – 314). Pölyttäjien määrän lisääminen ja pölytyspalveluiden tehostaminen onnistuvat parhaiten lisäämällä luonnollisia elinalueita pölyttäjille viljelmien läheisyydessä. Keski-Amerikassa metsien säilyttämisellä kotoperäisten mehiläisten suojelemiseksi on saavutettu pienviljelmillä jopa 20 % sadonlisiä. Suurilla monokulttuurisilla alueilla kotoperäisten mehiläisten rooli ei ole yhtä merkittävä, koska viljeltävät alueet voivat olla laajempia, kuin mehiläisten lentoalue. (Hannah ym. 2017.)

4.5 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen

Jotta maatalous pystyy valmistautumaan ja sopeutumaan ilmastonmuutokseen, on sitä varten luotava strategia. Strategioita on mahdollista laatia karkeiden (> 1 km) ja pienen mittakaavan (<1 km) simulaatioiden yhdistelmän avulla. (Flint & Flint 2012) Esimerkiksi lajien jakautumista sääolosuhteiden mukaan voidaan tutkia karkean mittakaavan asteikolla ja yhdistää tulokset. Tuloksia voidaan käyttää esimerkiksi metsän terveyden määrittämiseen. Metsän terveys määrittää paikallisen ympäristön sopivuuden ekosysteemipalveluja tarjoaville lajeille. (Hannah ym. 2017.)

Maisemansuunnittelu pölyttäjiä suosivaksi on merkittävässä roolissa ilmaston muuttuessa. Sopeutumisstrategioissa ja maisemansuunnittelussa on otettava huomioon niin karkean (pölyttäjien lajirunsaus ja jakautuminen) -kuin pienen mittakaavan (elinympäristöjen suojeleminen ja palauttaminen) ilmastonmuutoksen vaikutukset mehiläisille. Karkean mittakaavan (1- 5 km) mallinnusten avulla voidaan arvioida tulevia pölyttäjien määriä, sekä määrittää pölyttäjille suotuisia alueita nyt ja tulevaisuudessa. Pienen mittakaavan (100- 500m) mallien avulla voidaan arvioida missä alkuperäisiä elinympäristöjä voidaan palauttaa ja tarjota tietoa ympäristön terveyden muutoksista ilmaston muuttuessa. (Vesterlund 2015.)

Vaikka vuoden keskilämpötila onkin yhteydessä suoraan lajiston monimuotoisuuteen, se ei ole silti suurin suoraan maatalousympäristön monimuotoisuuteen vaikut-

tava tekijä (Kivinen ym. 2006, 862–875). Maatalousmaiseman hyvin arvokkaat luon-
tokohteet, kosteikot, niityt sekä laitumet saattavat kärsiä ilmastonmuutoksen seu-
rauksena. Tämä voi vaarantaa useita lajeja ainakin alueellisesti. Uhkana ovat niin
rehevöityminen kuin tulokaslajit. Suurin uhka on kuitenkin yhä näiden alueiden hoi-
don loppuminen, mikä on riippuvaista ohjaustoimista ja maatalouden kannattavuus-
desta (Berghäll & Pesu 2008, 63) Maataloustuotannon tehostuminen uhkaa myös
muita maatalousympäristössä eläviä sellaisia lajeja, jotka ovat samalla riippuvaisia
tuotannon jatkumisesta. Muuttuva maatalous on johtanut maatalousympäristöjen la-
jiston köyhtymiseen 1900-luvun loppupuolella. (Hannah ym. 2017.)

4.6 Monimuotoisuuden edistäminen käytännössä

Monimuotoisuutta voi edistää pitämällä huolta monimuotoisuusalueista. Alueella tu-
lee olla koko kasvukauden ajan eri aikaan kukkivia kasveja, jolloin turvataan pölyt-
täjien ravinnonsaanti koko lentokauden ajan. Niitypellot tulee perustaa sellaisella
siemenseoksella, etteivät ne ole liian vahvoja kilpailemaan muita kasveja vastaan.
(Järvelä 2014.) Siemenseoksen tulee olla myös alueen ympäristöoloihin (mm. maa-
laji, kosteus ja sijainti) sopiva, jotta kylväminen ja monivuotisuus onnistuvat parem-
min. Nurmien ylläpitohoito tulee muistaa monilajistoisilla nurmilla.

Niitty- ja nurmiluonnonhoitopeltojen määrän tulee olla riittävä maaseutumaise-
massa. Niittoajankohta tulisi olla lohkoilla eri aikoihin, jotta pölyttäjille riittää ravintoa
koko kesäksi. (Järvelä 2014.)

Monimuotoisuutta voi parantaa myös kevyellä, osan kasvukaudesta kestäväällä lai-
duntamisella. Laiduntaminen tulee suunnitella niin, että osassa laidunta voi kasvaa
pidempää kasvustoa, joka ylläpitää mesi- ja siitepölyvarantoja pitkän kesää. (Järvelä
2014.)

Monilajisilla lohkoilla suositellaan hevosten ja lehmien laiduntamista. Niitykasvilli-
suuden monimuotoisuutta voi parantaa köyhdyttämällä maaperää, esimerkiksi polt-
tamalla kasvillisuuden kevättalvella ennen huhtikuun puoliväliä tai esimerkiksi pois-
tamalla ravinteikkaan pintamaan. Tämä toimenpide on hyvä aurinkoisilla hiekkaisilla
alueilla. (Järvelä 2014.)

Pölyttäjähönteiset tulee ottaa huomioon myös pientareilla, kesannoilla ja joutomailla. Perinnebiotooppien tueksi on hyvä perustaa luonnonhoitopeltoja parantamaan ja tukemaan monimuotoisia alueita. (Järvelä 2014.)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pölyttäjien nykytila on huolestuttava eikä tilakokojen kasvusta johtuva maan käytön muutos, ilmaston muutos ja torjunta-aineiden käyttö paranna tilannetta. Nykyinen kehitys tuhoaa kaikkialla maailmassa pölyttäjien elinalueita. Samaan aikaan kuluttajat ohjaavat ostokäyttäytymisellään viljelijöitä tuottamaan pölyttäjistä riippuvaisia kasveja entistä enemmän. Pölyttäjäkato aiheuttaa viljelijöille haasteita esimerkiksi heikompina satoina, joita pyritään kompensoimaan hakkaamalla metsiä viljelyalueiksi. Tämä heikentää tilannetta entisestään. Samaan aikaan kahvin, suklaan, hedelmien ja muiden pölytystä vaativien kasvien kysyntä kasvaa. Seurauksena ovat maan hinnan nousu sen kysynnän kasvaessa ja suhteessa pienenevät sadot sekä kuluttajahintojen nousu.

Nykyiset monimuotoisuutta suojelevat toimet keskittyvät lähinnä perinnebiotooppien suojeluun tai perustamiseen, mutta yksittäiset pienet alueet eivät riitä korjaamaan tilannetta. Tarvitaan laajempia, pölyttäjien elintavat huomioon ottavia alueita, kuten villikukkien viljelyä pientareilla sekä monimuotoisuusalueiden tehokasta käyttöä niin, että niillä viljellään eri aikaan kukkivia luonnonkasveja. Tällä hetkellä suuri ongelma on, ettei monimuotoisuusalueita osata käyttää oikein, eikä tukijärjestelmä kannusta viljelijää edistämään monimuotoisuutta.

Euroopasta ja Yhdysvalloista löytyy hyviä esimerkkejä, kuinka pölyttäjien ahdinkoa voi helpottaa viljelemällä villikukkavyöhykkeitä pölytystä vaativien (omena, manteli, mustaherukka, jne.) kasvien yhteyteen. Villikukat houkuttelevat pölyttäjiä jotka samalla pölyttävät tuotantokasvit, jotka tuottavat paremman ja laadukkaamman sadon. Pölyttäjien monimuotoisuuden edistäminen on tärkeää, koska erilaiset pölyttäjät käyvät kasveilla eri aikoihin, pölyttävät hieman eri tavoin ja lentävät erilaisissa sääolosuhteissa.

Tulevaisuudessa taloudellinen ajattelu tulee yhdistää myös luonnon monimuotoisuuden edistämiseen. Yksittäistä viljanviljelijää, jonka sato koostuu esimerkiksi ohraasta, mehiläiset eivät auta. Mutta se ei tarkoita, etteikö niistä olisi hyötyä ympäröivälle alueelle. Suuressa mittakaavassa pölyttäjät ovat välttämättömiä paitsi sadon lisääjinä pölytystä vaativille kasveille, myös välttämättömiä ihmisen monipuolisen ruuansaannin kannalta.

Yksittäiselle viljelijälle voi olla hankala yhdistelmä tuottaa säännösten edellyttämällä tavalla ruokaa taloudellisesti kannattavalla tavalla ja samalla pitää luonnon monimuotoisuutta etusijalla. Ympäristönsuojelun ei tarvitse aiheuttaa kuluja, vaan se voi parhaimmillaan olla taloudellisesti kannattavaa liiketoimintaa, kun se toteutetaan oikein.

Nykyisellään viherrytys ei edistä tarpeeksi monimuotoisuutta ja suojele kohdistuu liikaa vesistönsuojeluun tai jo katoamassa olevien lajien suojeluun. Suojelutoimenpiteitä kehittäessä tarvitaan avointa yhteistyötä eri asiantuntijoiden välillä, jotta saadaan aidosti tehokkaita keinoja luonnon hyvinvoinnin ja maatalouden kannattavuuden edistämiseksi. Lajirunsaimpien pölyttäjien olosuhteet tulee laittaa etusijalle, koska niillä on suurin vaikutus luonnon hyvinvoinnille.

Niityt, perinnebiotoopit sekä lajiensuojelu ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden edistämisen keinoja, mutta ne eivät riitä ratkaisemaan ongelmaa. Pölyttäjien ravinnonsaannin ja lentoalueiden huomioiminen jo olemassa olevilla vyöhykkeillä tulee ottaa kehityskohteeksi ja alueita on perustettava lisää.

Olen törmännyt työtä tehdessäni jatkuvasti siihen ongelmaan, että ympäristö ja taloustieteen asiantuntijat eivät ymmärrä toistensa toimialoja. Asiantuntijat ympäri maan peräänkuuluttavat maaseutuyrittäjien yhteistyötä liiketalouden nimissä, jotta kannattavuutta pystytään parantamaan ja kilpailukykyä parantamaan. Samaa yhteistyötä täytyy kehittää luonnontieteilijöiden ja taloustieteilijöiden välille, jotta ympäristönsuojelusta ja monipuolisuuden edistämisestä saadaan tehtyä taloudellisesti houkuttelevaa. Lisäksi tarvitaan koulutusta ja tiedotusta aiheesta varsinkin kehittyvissä maissa, joissa pölyttäjät ovat kehittyneitä maita suuremmassa roolissa.

Pölyttäjät tulee ottaa huomioon sopeutumisstrategiassa ja niiden elinalueita tulee pitää ennallaan ja lisätä. Suomen maatalouspolitiikan pitää tukea näitä toimenpiteitä, jotta sopeutuminen ja investoinnit ovat taloudellisesti kannattavia.

6 YHTEENVETO

Pölyttäjäkadosta raportoidaan ympäri maailman. Tuulipölytteisten kasvien sadot kasvavat tasaisesti, mutta eläinpölytteisten kasvien sadot heittelevät. Ongelma herättää huolen, riittävätkö ruuantuotannon resurssit tulevaisuudessa turvaamaan ravinnonsaannin koko ihmiskunnalle. Ilmastonmuutos on vakavin uhka pölyttäjille, mutta myös ihmisten toimilla, kuten maankäytöllä ja torjunta-aineiden käytöllä on suuri vaikutus pölyttäjien katoamiselle. Pölyttäjillä on merkittävä rooli myös taloudellisessa mielessä. Mikäli niiden määrä dramaattisesti laskee, pölyttäjistä hyötyvien (esim. mansikka, mustikka, omena, kahvi ja kaakao) kasvien sadon laatu ja määrä laskevat. Tämä vaikuttaa osaltaan kysynnän lisääntymiseen suhteessa tarjontaan, mikä nostaa hintoja. Hintojen nousu ja hehtaarilla tuotetun ravinnon määrän lasku aiheuttavat peltomaan kysynnän nousua, jolloin lisää pölyttäjien luonnollisia elinalueita raivataan tuotannon tarpeisiin. Tämä lisää ongelmia entisestään, sillä 75 prosenttia kaikista maailman ravinnoksi viljeltävistä kasveista hyötyy pölyttäjistä. (Novais ym. 2016.)

Pölyttäjäkadon suurimpana syyllisenä pidetään ilmastonmuutosta, mutta se ei yksin aiheuta pölyttäjäkatoa. Myös ihmisen toimet, kuten neonikotinoidien käyttö torjunta-aineina ja monokulttuuriset viljelyalueet lisäävät pölyttäjäkatoa, kun pölyttäjien elinalueet ovat joko myrkyllisiä tai kadonneet kokonaan. Pelkät tarhamehiläiset eivät riitä korvaamaan kaikkia pölyttäjiä. (Hokkanen 2017 ym.)

Pölyttäjien tilannetta voi helpottaa lisäämällä viljelysmaille monimuotoisuusalueita, mutta silloin niillä kasvatettavien kasvien tulisi olla eri aikaan kukkivia, jotta pölyttäjille on tarjolla ravintoa koko lentokauden ajan. Eri puolilla Eurooppaa tehdyt tutkimukset osoittavat, että erityisesti kotoperäisten luonnonvaraisten kukkivien kasvien viljelyllä on suotuisia vaikutuksia pölyttäjille. (Dicks ym. 2014.)

Luonnonhoitoalueen perustaminen etenkin niiden lohkojen läheisyyteen joilla viljellään pölyttäjistä hyötyviä viljelykasveja, on taloudellisesti kannattavaa. (Lehtonen 2012; Sandhu ym. 2016.) Ne edistävät ja ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta, sekä parantavat sadon määrää ja laatua (Schultz 2009).

Ilmastonmuutoksen myötä tulee kiinnittää huomiota niihin alueisiin (kuten metsät, perinnebiotoopit, monimuotoisuusalueet) joilla pölyttäjät tällä hetkellä menestyvät, jotta näitä alueita osataan säilyttää ja pölyttäjät tulee otetuksi huomioon sopeutumistoimissa. (Vesterlund 2015.)

Kuluttajien ostokäyttäytyminen ohjaa maataloutta tuottamaan jatkuvasti enemmän pölyttäjistä riippuvia kasveja. Pölyttäjäkato voi aiheuttaa elintarvikkeiden hinnan nousua ja jopa maailman ruoantuotannon vaarantumisen. Erityisesti monokulttuuriset alueet voivat pölyttäjien katoamisen myötä tuottaa aikaisempaa heikommin ja tätä kautta heikentää alueen maatalouden kannattavuutta. (Aizen ym. 2008, 1572–1575; Novais ym. 2016.)

LÄHTEET

- Anderson, P. K., Cunningham, A. A., Patel, N. G., Morales, F. J., Epstein, P. R. & Daszak, P. 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 19: 535–544.
- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A. & Klein, A.M. 2008. Long-Term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollination dependency. *Current Biology* 18: 1572–1575.
- Berghäll, J. & Pesu, M. 2008. Ilmastonmuutos ja kulttuuriympäristö: Tunnistetut vaikutukset ja haasteet Suomessa. *Suomen ympäristö* 44/2008: 63
- Campillo, N. 2013. Liquid chromatography with diode array detection and tandem mass spectrometry for determination of neonicotinoid insecticides in honey samples using dispersive liquid-liquid microextraction. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.11.2017]. Saatavana: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.4691/abstract>
- Dicks. L, Ashpole. J, Dänhardt. J, James. K, Jönsson. A, Randall. N, Showler. D, Smith. R, Turpie. S, Williams. D & Sutherland. W. 2014. Farmland Conservation: Evidence for the effects of interventions in northern and western Europe. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 15.2.2018]. Exeter: Pelagic publishing. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/268214087_Farmland_Conservation_Evidence_for_the_effects_of_interventions_in_northern_and_western_Europe
- FAOSTAT. 2016. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.09.17]. Saatavana: <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Hannah, L., Steele, M., Fung, E. P. Imbach. L. Flint. A. & Flint. 2017. Climate change influences on pollinator, forest, and farm interactions across a climate gradient. [Verkkójulkaisu]. Alankomaat: Springer. [Viitattu 18.12.2017] Saatavana: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1868-x>
- Hokkanen, H. Menzer-Hokkanen & I. Keva, M. 2017. Long-term yield trends of insect-pollinated crops vary regionally and are linked to neonicotinoid use, landscape complexity, and availability of pollinators. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 9.10.2017]. Saatavana: <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9527-3>. Vaatii käyttöoikeuden.

- IPBES. 2017. The assessment report on pollination and food production. Verkkojulkaisu. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.11.2017]. Saatavana: https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf?file=1&type=node&id=15248
- IPCC 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. [Verkkojulkaisu]. Sveitsi, Geneve. [Viitattu 12.12.2017]. Saatavana: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#.UkwOoKyAmrA>
- Järvelä, R. 2014. Monivuotiset luonnonhoitopellot kasvien ja pölyttäjähönteisten elinympäristönä. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, kasvintuotantotiede. Maisterintutkielma. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.9.2017]. Saatavana: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136416/Riina_Jarvela_aisterintutkielma_mastersthesis.pdf?sequence=1
- Kearns C.A., Inouye D.W. & Waser N.M. 1998. Endangered mutualism: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual review of ecology and systematics* 20: 83–112
- Kevan, P.G & Phillips, T.P. 2001. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5(1):8.
- Kivinen, S., Luoto, M., Kuussaari, M. & Helenius, J. 2006. Multi-species richness of boreal agricultural landscapes: effects of climate, biotope, soil and geographical location. *Journal of Biogeography* 33: 862–875.
- Kivipelto, A. (toim.). 2017. Viljelmille halutaan villejä pölyttäjiä. *Tiede* 37 (8). 37–45
- Klein A.M., Vaissière B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A, & Kremen C. 2007. Pollinator and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters* 10. 299 – 314.
- Lehtonen, T. 2012. Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo Suomessa viljeltävien kasvien ja luonnonmarjojen sadontuotannossa. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, kasvintuotantotiede. Maisterintutkielma. [Viitattu 19.9.2017]. Saatavana: https://polytys-fi-bin.directo.fi/@Bin/172afa2bb1052741cd0b8121c8c541de/1507713980/application/pdf/178431/P%C3%B6lytyksen%20arvo%20Suomessa_LehtonenT2012.pdf
- Luonnonvarakeskus (Luke). 2015. Neonikotinoidipeittauksella ei välitöntä vaikutusta mehiläisille Suomessa. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 10.10.2017]. Saatavana: <https://www.luke.fi/uutiset/neonikotinoidipeittauksella-ei-valitonta-vaikutusta-mehilaisille-suomessa/>

- Metsäntutkimuslaitos. 2008. Marjat – metsiemme arvotuotteet. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.12.2017]. Saatavana: <http://www.metla.fi/metla/esitteet/teemaesitteet/marjat-salo.pdf> Viitattu 17.1.2011
- Novais, S. Nunes, C. Santos, N. D'Amico, A. Fernandes, W. Quesada, M. Braga, R. & Neves, A. 2016. Effects of possible pollinator crisis on food crop production in Brasil. PLoS ONE 11(11). [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.11.2017]. Saatavana: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167292>
- Nömme, T. 2014. Tuholaistorjunta-aineiden, raskasmetallien, PCByhdisteiden ja fenolien analysointi mehiläisten hunajatuotteista. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu. Laboratorioala, laboratorioanalyttikko. Opinnäytetyö. [Viitattu 18.9.2017]. Saatavana: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70912/Beehoneywaxpesticideheavymetalpcbphenol.pdf?sequence=1>
- Rassi, P. Hyvärinen, E. Juslén, A & Mannerkoski I. (toim.). 2010. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. s. 529 – 544
- Ruosteenoja, K., Räisänen, J. & Pirinen, P. 2014. Projected changes in thermal seasons and the growing season in Finland. International Journal of Climatology 31(10):1473–1487
- Salonen, J. Keskitalo, M. & Segerstedt, M (toim.). 2007. Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Jokioinen: MTT. 289 – 305.
- Sandhu, H. Watherhouse, B. Boyer, S. & Wratten, S. 2016. Scarcity of ecosystem services: An experimental manipulation of declining pollination rates and its economic consequences for agriculture. [Verkkojulkaisu]. Australia: Flinders University. [Viitattu 21.11.2017]. Saatavana: <https://peerj.com/articles/2099.pdf>
- Schultz, T. 2009. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen maatalouteen. Helsinki: Helsingin yliopisto. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 12.01.2018]. Saatavana: <http://www.syke.fi/download/noname/%7B1FC49C12-19D2-48A9-B907-F5D118953497%7D/40626>
- SVT. 2017. Satotilasto. [Verkkosivu]. Luonnonvarakeskus. [Viitattu 11.9.2017]. Saatavana: <http://stat.luke.fi/satotilasto>
- Tukes. 2014a. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.9.2017]. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-jakasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Ymparistorajoitukset/>
- Tukes. 2014b. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.9.2017]. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-jakasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Ymparistorajoitukset-/Muutrajokitukset-ja-huomautukset/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). 2016. Tukesilta poikkeuslupa öljykasvien peittäusaineille. Ammattilaistiedote. [Verkkosivu]. Helsinki. [Viitattu 26.9.2017]. Saatavana: <http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Kasvinsuojelunneet/Tukesilta-poikkeuslupa-oljykasvien-peittausaineille/>

Vesterlund, S-R. 2015. Bumblebees in a changing climate: Evaluating the effects of temperature on queen performance. [Verkkójulkaisu]. Turku: Turun yliopisto. [Viitattu 29.12 2017]. Saatavana: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/104371/AnnalesAll301Vesterlund.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

LIITTEET

Liite 1. Tiedot Aizen, M. ym. 2008 tutkimuksessa käytetyistä 87 eri kasvista

LIITE 1

Table S1. Details for each of the 87 crops, including category of pollinator dependence, and estimates of average annual growth rates in production, cultivated area and yield for the developed and developing world relative to their respective values in 1961								
Species	Crop	Pollinator dependence*	Developed world			Developing world		
			$\beta_{\Delta\text{production}}$	$\beta_{\Delta\text{area}}$	$\beta_{\Delta\text{yield}}$	$\beta_{\Delta\text{production}}$	$\beta_{\Delta\text{area}}$	$\beta_{\Delta\text{yield}}$
			(% yr ⁻¹)	(% yr ⁻¹)	(% yr ⁻¹)	(% yr ⁻¹)	(% yr ⁻¹)	(% yr ⁻¹)
<i>Abelmoschus esculentus</i>	Okra, Gumbo	2	----	----	----	10.034	4.171	2.168
<i>Actinidia deliciosa</i>	Kiwifruit	4	----	----	----	----	----	----
<i>Allium cepa</i> , <i>A. ascalonicum</i> , <i>A. fistulosum</i>	Onion, Shallot, Welsh onion	0 [†]	3.662	1.286	1.473	9.185	4.730	1.597
<i>Allium sativum</i> (syn. <i>Aliaria sativum</i>)	Garlic	0 [‡]	6.07	2.933	1.498	5.575	1.844	2.595
<i>Amygdalus communis</i>	Almond	3	2.369	1.952	0.523	11.935	9.935	0.681
<i>Anacardium occidentale</i>	Cashew nut, and Cashew-apple	3	----	----	----	14.58	13.638	-0.073

<i>Ananas comosus</i>	Pineapple	0 [†]	-1.853	-1.910	1.166		10.978	3.362	3.130
<i>Arachis hypogaea</i>	Groundnut, Peanut	1	1.683	-0.164	2.034		4.257	0.708	2.561
<i>Asparagus officinalis</i>	Asparagus	0 [†]	0.645	-0.150	0.908		7.536	3.553	1.511
<i>Avena</i> sp., mainly <i>Avena sativa</i>	Oat	0	-1.362	-1.369	0.920		0.024	-1.104	2.385
<i>Bertholletia excelsa</i>	Brazil nut, Para nut, Cream nut	4	----	----	----		0.122	1.072	-0.144
<i>Beta vulgaris</i>	Sugar beet	0	0.315	-0.901	1.721		16.942	4.507	3.794
<i>Brassica alba</i> (syn. <i>Sinapis alba</i> , <i>B. hirta</i>), <i>B. nigra</i> (syn. <i>Sinapis nigra</i>)	Mustard Seed	2	3.084	1.046	1.401		4.277	3.533	0.408
<i>Brassica chinensis</i> , <i>B. oleracea</i>	Cabbage, Cauliflower	0 [†]	0.01	-0.162	0.204		15.569	9.411	1.266
<i>Brassica napus</i>	Rapeseed, Oilseed rape, Ca- nola	2	30.278	19.551	1.212		11.888	4.306	2.808
<i>Cajanus cajan</i>	Pigeon pea, Cajan pea, Congo bean	1	----	----	----		1.646	1.708	0.167

<i>Capsicum annuum</i> , <i>C. frutescens</i> , <i>Pimenta dioica</i> (syn. <i>P. officinalis</i> , <i>P. dioica</i>)	Chile pepper, Red pepper, Bell pepper, Green pepper, Allspice, Pimento	1	3.944	1.148	1.708		8.576	4.587	1.712
<i>Carica papaya</i>	Papaya	1	2.645	1.871	0.345		9.717	5.588	1.331
<i>Carthamus tinctorius</i>	Safflower Seed	1	-0.738	0.317	-1.192		2.911	-0.134	3.032
<i>Castanea sativa</i>	Chestnut	2	-1.452	2.260	-1.480		10.329	9.822	-0.315
<i>Chenopodium quinoa</i>	Quinoa	0	----	----	----		2.208	1.561	0.446
<i>Cicer arietinum</i>	Chick pea, Bengal gram, Garbanzo bean	0	2.84	0.495	2.569		0.488	-0.124	0.668
<i>Cichorium intybus</i> , <i>C. endivia</i>	Chicory root	0 [†]	4.339	2.101	1.446		2.024	-0.601	2.883
<i>Citrullus lanatus</i>	Watermelon	4	0.884	-0.921	3.003		12.785	3.635	3.814
<i>Citrus aurantifolia</i> , <i>C. aurantium</i> , <i>C. bergamia</i> , <i>C. grandis</i> , <i>C. limetta</i> , <i>C. limon</i> , <i>C. maxima</i> , <i>C. medica</i> (var. <i>cedrata</i>), <i>C. myrtifolia</i> , <i>C. paradisi</i> , <i>C. reticulata</i> , <i>C. sinensis</i> , <i>C. unshiu</i> , <i>Fortunella japonica</i>	Bergamot, Chinotto, Citron, Clementine, Grapefruit, Kumquat, Lemon, Lime, Mandarine, Orange, Pomelo, Tangerine	1	2.285	0.802	0.970		14.327	8.689	0.932

<i>Cocos nucifera</i>	Coconut	2	----	----	----	3.156	2.616	0.336
<i>Coffea arabica</i> , <i>C. canephora</i> , <i>C. liberica</i>	Coffee	2	0.524	1.291	-0.601	1.773	0.302	1.383
<i>Cola nitida</i> , <i>C. vera</i> , <i>C. acuminata</i>	Cola nut, Kola nut	3	----	----	----	0.154	4.721	-2.179
<i>Colocasia esculenta</i>	Taro (Coco Yam)	0†	-1.654	-1.449	-0.213	3.352	2.326	0.539
<i>Cucumis melo</i>	Cantaloupe, Melon	4	2.849	0.554	1.935	7.792	3.369	1.895
<i>Cucumis sativus</i>	Cucumber, Gherkin	3	1.894	-0.409	2.546	10.98	5.263	1.978
<i>Cucurbita maxima</i> , <i>C. mixta</i> , <i>C. moschata</i> , <i>C. pepo</i>	Pumpkin, Squash, Gourd, Mar- row, Zuc- chini	4	2.458	-1.150	16.775	8.019	5.103	0.945
<i>Daucus carota</i>	Carrot	0†	3.838	1.680	1.179	19.035	10.920	1.581
<i>Dioscorea</i> sp.	Yam	0‡	5.488	3.472	0.703	10.075	6.504	0.829
<i>Diospyros kaki</i> , <i>D. virginiana</i>	Persimmon	1	-0.284	-0.466	0.213	7.899	13.751	-0.268
<i>Echinochloa frumentacea</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Eragrostis abyssinica</i> , <i>Panicum miliaceum</i> , <i>Paspalum scrobiculatum</i> , <i>Pennisetum glaucum</i> , <i>Setaria italica</i>	Millet	0	-1.175	-1.550	1.162	0.385	-0.465	1.031
<i>Elaeis guineensis</i>	Oil palm fruit	1	----	----	----	24.532	5.729	6.220

<i>Elettaria cardamomum</i> , <i>Myristica fragrans</i>	Cardamom, Mace, Nut- meg	3	----	----	----	14.65	5.398	2.743
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Buckwheat	3	1.03	-0.090	1.374	-0.34	-1.696	3.496
<i>Ficus carica</i>	Fig	2	-1.577	-1.273	-1.001	2.062	5.178	-1.221
<i>Fragaria</i> sp.	Strawberry	2	6.556	3.248	1.362	52.254	12.446	4.711
<i>Glycine max</i> , <i>G. soja</i>	Soybean	2	7.802	3.400	1.712	32.518	8.701	5.103
<i>Gossypium hirsutum</i> , <i>G. barbadense</i> , <i>G. arboreum</i> , <i>G. herbaceum</i>	Cotton seed	2	1.114	0.207	0.912	4.464	-0.097	4.196
<i>Helianthus annuus</i>	Sunflower seed	2	4.524	4.087	0.033	26.11	12.411	2.142
<i>Hordeum disticum</i> , <i>H. hexasticum</i> , <i>H. vulgare</i>	Barley	0	1.717	-0.226	1.652	1.085	-0.340	1.794
<i>Ipomoea batatas</i>	Sweet po- tato	0 [‡]	-1.316	-1.430	0.649	0.537	-0.686	2.050
<i>Lactuca sativa</i>	Lettuce	0	3.22	1.218	1.314	8.407	4.685	1.562
<i>Lens esculenta</i>	Lentil	0	22.406	10.770	1.827	5.783	2.917	1.328
<i>Linum usitatissimum</i>	Linseed, Flax	1	-1.092	-1.818	4.023	-0.085	-1.442	2.781
<i>Lycopersicon esculen- tum</i>	Tomato	1	2.99	0.404	2.080	15.413	7.044	2.261
<i>Malus domestica</i>	Apple	3	0.77	0.587	0.099	46.148	29.123	1.443
<i>Mangifera indica</i>	Mango	3	119.606	82.848	0.356	3.651	4.946	-0.475
<i>Manihot esculenta</i> (syn. <i>M. utilissima</i> , <i>M. palmata</i>)	Cassava	0 [‡]	----	----	----	4.054	1.931	1.094

Mixed response cereal [§]	Mixed Grain	0	-0.57	-0.702	0.376		-2.87	-2.371	0.772
<i>Musa sapientum</i> , <i>M. cavendishii</i> , <i>M. nana</i> , <i>M. paradisiaca</i>	Banana, Plantain	0 [‡]	0.928	-0.326	1.326		4.505	2.572	0.849
<i>Olea europea</i>	Olive	0	2.228	8.014	-1.291		4.689	4.149	0.465
<i>Oryza</i> sp. (mainly <i>O. sativa</i>)	Rice, Paddy	0	0.317	-0.366	0.791		4.819	0.652	3.075
<i>Persea americana</i>	Avocado	3	14.66	12.870	-0.020		7.185	9.597	-0.531
<i>Phaseolus</i> sp., <i>P. vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>P. angularis</i> , <i>P. aureus</i> , <i>P. mungo</i> , <i>P. coccineus</i> , <i>P. calcaratus</i> , <i>P. aconitifolius</i> , <i>P. acutifolius</i>	Bean dry like Kidney bean, Haricot bean, Lima bean, Azuki bean, Mungo bean, String bean	1	0.47	-1.581	7.721		2.103	0.829	0.909
<i>Phoenix dactylifera</i>	Date palm	0	-0.761	0.756	-1.154		6.305	8.815	-0.482
<i>Piper nigrum</i> , <i>P. longum</i>	Pepper	0	----	----	----		9.444	4.898	1.168
<i>Pisum sativum</i> , <i>P. arvense</i>	Pea, dry and green like Garden pea, Field pea	0	1.783	-0.651	1.459		1.225	-0.573	2.619
<i>Prunus armeniaca</i>	Apricot	3	0.847	1.580	-0.332		9.876	3.828	2.289

<i>Prunus avium</i> , <i>Prunus cerasus</i>	Sour cherry, Sweet cherry	3	-0.071	7.194	-1.609		14.894	8.119	1.873
<i>Prunus domestica</i> , <i>P. spinosa</i>	Plum	3	-0.47	3.896	-1.310		14.279	30.683	-1.018
<i>Prunus persica</i> , <i>Persica laevis</i>	Peach, Nectarine	3	1.189	0.414	0.632		15.213	12.945	0.503
<i>Pyrus communis</i>	Pear	3	-0.203	-0.559	0.451		28.578	15.227	1.859
<i>Ribes nigrum</i> , <i>R. rubrum</i>	Black currant, Red currant	2	3.752	49.172	-2.316		----	----	----
<i>Rubus idaeus</i> , <i>R. fruticosus</i> , <i>R. chamaemorus</i> , <i>R. flagellaris</i> , <i>R. trivialis</i>	Raspberry, Blackberry, Cloudberry, Northern dewberry, Southern dewberry	3	2.953	7.615	-1.019		4.102	3.746	0.132
<i>Saccharum officinarum</i>	Sugar cane	0	2.566	2.670	-0.066		5.175	3.244	0.842
<i>Secale cereale</i>	Rye	0	4.291	-0.866	10.620		-2.211	-2.381	1.303
<i>Sesamum indicum</i>	Sesame seed	2	1.4	-0.022	2.332		2.659	0.811	1.290
<i>Solanum melongena</i>	Eggplant, Aubergine	2	0.854	0.257	0.518		8.997	3.328	2.732
<i>Solanum tuberosum</i>	Potato	0 [†]	-0.833	-1.137	0.792		9.855	4.227	2.038
<i>Sorghum guineense</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>S. dura</i>	Sorghum	0	-0.843	-1.197	0.358		-0.951	-0.364	-0.505

<i>Spinacia olearacea</i>	Spinach	0	1.013	0.265	0.676		9.415	5.034	1.106
<i>Theobroma cacao</i>	Cocoa	4	----	----	----		5.211	1.690	2.085
<i>Triticale</i> sp.	Triticale	0	----	----	----		----	----	----
<i>Triticum</i> sp. (mainly <i>T. aestivum</i> , <i>T. durum</i> , <i>T. spelta</i>)	Wheat	0	1.976	-0.434	2.794		9.784	0.808	6.477
<i>Vaccinium macrocarpon</i> , <i>V. oxycoccus</i> , <i>Vaccinium corymbosum</i> , <i>V. angustifolium</i> , <i>V. ashei</i> , <i>V. myrtillus</i>	Cranberry, Blueberry	3	14.467	12.427	0.475		----	----	----
<i>Vanilla planifolia</i> , <i>V. pompona</i>	Vanilla	4	----	----	----		12.42	6.135	1.149
<i>Vicia faba</i>	Broad Bean, Faba bean, Field bean, Horse bean	2	0.147	-1.027	3.276		-0.65	-1.350	1.708
<i>Vigna</i> sp., <i>V. unguiculata</i> , <i>V. subterranean</i> (syn. <i>Voandzeia subterranea</i>), <i>Phaseolus</i> sp.	Bean	1	0.047	-0.518	0.801		10.18	5.478	1.564
<i>Vigna subterranea</i> (syn. <i>Voandzeia subterranea</i>)	Bambara bean, Bambara groundnut, Earth pea	1	----	----	----		3.589	2.714	0.476
<i>Vigna unguiculata</i>	Cowpea, Blackeye pea, Black-eye bean	1	-0.365	-0.905	2.005		9.84	6.143	1.243
<i>Vitis vinifera</i>	Table grape, Vine grape	0	-0.146	-0.825	1.320		2.644	-0.002	2.469

<i>Zea mays</i>	Maize, Green corn, Sweet corn	0	0.963	-0.303	1.499		7.847	1.256	4.118
Crops that are not reported by the FAO for the developed world are highlight in yellow, whereas those crops for which data started being reported after 1961 for either the developed or the developing world are highlight in turquoise. Growth rates were not estimated in these cases.									
* Class 0 (none) = production independent of animal pollination; 1 (little) = production reduction >0 but <10% without pollinators; 2 (modest) = 10–40% reduction; 3 (high) = 40–90% reduction; and 4 (essential) = reduction >90%.									
† Pollinators increase seed production to produce the vegetative parts that we consume.									
‡ Pollinators increase seed production in plant breeding, but the plants reproduce vegetatively and we consume the vegetative parts.									
§ A crop category including a mix of cereal species that are sown and harvested together.									