

# MTT RAPORTTI 43

## Monimuotoisuudesta sopeutumiskykyä

Ruokaketju uusille raiteille?

Helena Kahiluoto ja Sari Himanen (toim.)

2. korjattu versio



---

## **Monimuotoisuudesta sopeutumiskykyä**

---

### **Ruokaketju uusille raiteille?**

Helena Kahiluoto ja Sari Himanen (toim.)

2. korjattu versio

ISBN: 978-952-487-378-9  
ISSN 1798-6419  
<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti43a.pdf>  
Copyright: MTT  
Kirjoittajat: Helena Kahiluoto ja Sari Himanen (toim.)  
Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen  
Julkaisuvuosi: 2012  
Kannen kuva: Rodeo/Mika Heittola

---

# Monimuotoisuudesta sopeutumiskykyä

---

**Helena Kahiluoto<sup>1)</sup> (toim.), Sari Himanen<sup>1)</sup> (toim.), Kaija Hakala<sup>2)</sup>, Antti Miettinen<sup>3)</sup>, Jyrki Niemi<sup>3)</sup>, Reimund Rötter<sup>1)</sup>, Tapio Salo<sup>2)</sup>, Jukka Höhn<sup>4)</sup>, Lauri Jauhiainen<sup>2)</sup>, Janne Kaseva<sup>2)</sup>, Elise Ketoja<sup>5)</sup>, Csaba Jansik<sup>3)</sup>, Nataliya Kuosmanen<sup>3)</sup>, Eeva Lehtonen<sup>2)</sup>, Pasi Rikkonen<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>MTT Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli

<sup>2)</sup>MTT Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

<sup>3)</sup>MTT Taloustutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>4)</sup>MTT Kasvintuotannon tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti

<sup>5)</sup>MTT Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, Myllytie 1, 31600 Jokioinen

## Tiivistelmä

Ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia tietyssä paikassa ja tietyssä aikana on vaikea ennustaa tarkasti. Muutoksen epäsuorat vaikutukset, esimerkiksi hillintätoimet, monimutkaistavat haastetta edelleen. Samanlaisesti ilmastonmuutoksen kanssa on sopeuduttava myös muihin muutoksiin, kuten lisääntyvään vaihteluun markkinoilla. Tarkastelimme suomalaisen ruokaketjun kykyä sopeutua vaikeasti ennakoitavaan vaihteluun ja muutokseen ja sen sitkeyttä säilyttää toimintakykynsä yllättävissä tilanteissa ja kriiseissä. Tavoitteenamme oli määrittää tällaisen sopeutumiskyvyn avaintekijöitä ja keinoja niiden edistämiseen koko ruokaketjussa pelloilta tiloille ja markkinakanaviin asti. Mielenkiintomme kohteena oli erityisesti monimuotoisuus, joka voi vähentää menetyksiä häiriötilanteessa ja tarjota uusia alkuja, jos tulevaisuus yllättää. Monimuotoisuus on vähentynyt ruokaketjussa nopeasti, koska sen on oletettu vähentävän tehokkuutta tavanomaisessa tilanteessa. Siksi tarkastelimme myös monimuotoisuuden vaikutusta tehokkuuteen.

Mittasimme monimuotoisuudeltaan erilaisten järjestelmien sadontuottoa, ravinneylijäämiä, taloudellista tulosta, resurssitehokkuutta sekä ruoan saatavuutta sään ja hintojen vaihdellessa. Aineistona käytimme mm. MTT:n lajikekoetuloksia ja Ilmatieteen laitoksen säätietoja, Maaseutuviraston rekistereitä ja tilastoja, Eviran keräämiä aineistoja, kansallista kirjanpitoa-aineistoa ja eurooppalaista FADN-tietokantaa sekä erilaisia GIS-tietokantoja ja kaupan tietoa-aineistoja. Tarkastelimme myös ruoantuotannon sopeutumiskykyä vastakkaisissa mutta mahdollisissa tulevaisuusskenaarioissa. Työpajoissa ja Delfoi-haastattelututkimuksessa lähestyimme sopeutumiskykyä toimijoiden näkökulmasta.

Tulostemme mukaan sopeutumis- ja sietokyky avaavat uusia, hyödyllisiä näkymiä globaalimuutokseen varautumisessa. Ruokaketjun sopeutumiskyvyn avaintekijöinä korostuvat monimuotoisuus, ravinne- ja energiahuollon riippumattomuus sekä keskustelu ja oppiminen läpi ketjun. Eniten merkitystä on sellaisella monimuotoisuudella, joka takaa laajasti erilaisia reaktioita muuttuviin ja vaihteleviin tekijöihin. Tällaisen muutosvasteiden monimuotoisuuden mittaaminen osoittautui arvokkaaksi välineeksi ruokaketjun sopeutumis- ja sietokyvyn arvioinnissa ja kehittämisessä. Keskittyminen ruokaketjussa on lisännyt tehokkuutta ja vähentänyt monia riskejä. Se on myös epätasaistanut valtasuhteita ja siten lisännyt etenkin alku- tuotannon mutta myös kotimaisen elintarvikejalostuksen haavoittuvuutta. Se saattaa siksi uhata kaupankin tarjontaa varmentavaa toimituskanavien monimuotoisuutta. Tilan maankäytön monimuotoisuuden ja resurssitehokkuuden välillä havaittiin vain vähäinen, taloudellisesti merkityksetön negatiivinen yhteys. Tehokkuuden ja monimuotoisuuden hyödyt näyttävätkin olevan yhdistettävissä.

Maankäytön ja tulonlähteiden monimuotoisuudella on merkitystä tilan sopeutumiskyvyn kannalta. Sellaisilla kasvinviljelytiloilla, joilla ei ole tulotasoa varmentavia metsätuloja, monipuolisempi viljelykasvivalikoima varmentaa tuloja, ellei maataloustukia oteta huomioon. Myös tilan tulonlähteiden monimuotoisuus, muu yritystoiminta mukaan lukien, lisää hyvän taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä. Viljelyhistorian lajimonimuotoisuus ei varmentanut satoa, mutta pienensi selvästi tyyppiylijäämiä. Viljelykasvien lajikkeiden monimuotoisuus alueella myötävaikuttanut korkeaan keskimääräiseen satotasoon silloin, kun valittavana oli runsaasti hyvin soveltuvia, hyväsatoisia lajikkeita. Satojen varmentamiseen ei kuitenkaan tarvita suurta lajikevalikoimaa, jos lajikkeiden valinnassa otetaan huomioon säävasteiden monimuotoisuus. Se on

viime vuosina laskenut suurimmalla osalla esimerkkikasvimme ohran viljelyalueista. Tämän eniten viljelyn viljalajimme säävasteiden monimuotoisuus on melko hyvä lämpötilaan liittyvien säätekijöiden suhteen. Korkeat lämpötilat ennen tähkimistä ja alkukasvukauden kuivuus tai suuret sademäärät kuitenkin alentavat satoja kaikilla nyt käytössä olevilla lajikkeilla. Kasvinjalostukseen onkin tarpeen tuoda uutta geeniaainesta, varsinkin kun ennusteisiin sisältyy eniten epävarmuutta juuri sadannan ajoittumisen ja intensiteetin suhteen.

ADACAPA –tutkimushankkeen tulokset osoittivat, että ilmastonmuutokseen sopeutumiseen tarvitaan uusi, täydentävä, sopeutumiskykyä ja resilienssiä korostava näkökulma. Monimuotoisuus voi merkittävästi lisätä ruokajärjestelmän sopeutumiskykyä ja resilienssiä sen eri osissa, mutta ei mikä tahansa monimuotoisuus. Tehokkaimmin kohdennettu monimuotoisuus on muutosvasteiden monimuotoisuutta. Ja lopuksi, tehokkuus ja monimuotoisuus eivät välttämättä sulje toisiaan pois, vaan ne näyttävät olevan yhdistettävissä.

### **Avainsanat:**

Ilmastonmuutos, markkinat, sopeutumiskyky, sietokyky, resilienssi, monimuotoisuus, vaihtelu, ruokajärjestelmä

---

# Diversification for adaptive capacity

---

**Helena Kahiluoto<sup>1)</sup> (eds.), Sari Himanen<sup>1)</sup> (eds.), Kaija Hakala<sup>2)</sup>, Antti Miettinen<sup>3)</sup>, Jyrki Niemi<sup>3)</sup>, Reimund Rötter<sup>1)</sup>, Tapio Salo<sup>2)</sup>, Jukka Höhn<sup>4)</sup>, Lauri Jauhiainen<sup>2)</sup>, Janne Kaseva<sup>2)</sup>, Elise Ketoja<sup>5)</sup>, Csaba Jansik<sup>3)</sup>, Nataliya Kuosmanen<sup>3)</sup>, Eeva Lehtonen<sup>2)</sup>, Pasi Rikkonen<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>MTT Plant Production Research, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli

<sup>2)</sup>MTT Plant Production Research, 31600 Jokioinen

<sup>3)</sup>MTT Economic Research, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>4)</sup>MTT Plant Production Research, Vakolantie 55, 03400 Vihti

<sup>5)</sup>MTT Biotechnology and Food Research, Myllytie 1, 31600 Jokioinen

## Abstract

Climate change and its spatial and temporal impacts are hard to predict precisely. The indirect effects of climate change, such as mitigation actions, further complicate this challenge. At the same time with climate change, we have to adapt to other changes, like increasing variation in the market prices, as well. This study focused on adaptive capacity and resilience of the Finnish agrifood system, i.e. its ability to cope with variation and change which are difficult to predict. We aimed to identify key determinants of adaptive capacity and means to enhance it, from field to farm and market channels. Our main focus was diversity and its potential to reduce losses under disturbances and provide novel opportunities upon changes. Diversity has been rapidly reduced in agrifood systems, as it is thought to counteract with efficiency under expected conditions. Thus, we also analyzed the relation of efficiency and diversity.

We compared systems possessing varying degrees of diversity for their yield production, nutrient surpluses, economic performance, resource use efficiency and access to food under weather and price variation. For this, we used data originating from MTT variety trials, weather data from the Finnish Meteorological Institute, registers by the Agency of Rural Affairs (Maaseutuvirasto), the Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry (Tike) and the Finnish Food Safety Authority (Evira), national farm accountancy data and the European FADN database, various GIS databases and databases of trade. We also interacted with stakeholders and experts in workshops and conducted a Delphi survey to identify determinants for adaptive capacity in various future scenarios.

We found that adaptive capacity and resilience offer a useful perspective with added value for getting prepared to global changes. Key determinants for adaptive capacity of the Finnish agrifood system, raised by the stakeholders, were diversity, independence of nutrient and energy provision, and open, active interaction and learning throughout the food chain. Most effective seems to be such diversity which implies a broad range of various responses to changes and variation. Determining such response diversity empirically proved to be a valuable tool for assessing and developing adaptive capacity and resilience.

Consolidation in food chain has increased efficiency and reduced numerous risks. However, it has also contributed to inequity in influence and may turn especially primary production, but also food industry, more vulnerable. It may also threaten the diversity of marketing channels which enhances robustness of food availability. In our empirical analysis, we found only a slight, economically unimportant negative relation between resource use efficiency and land-use diversity at farms. Thus, it seems to be possible to co-benefit from efficiency and diversity.

Diversity of land-use and income sources seems to contribute to farm adaptive capacity. For field crop farms, which have no forest income, a more diversified cropping system ensures income, if subsidies are not considered. Diversity of income sources, including income from other entrepreneurial activities, also increases probability of a good financial performance. Diversity of cropping history did not ensure yields, but it markedly reduced nitrogen surpluses. Regional crop cultivar diversity was associated with higher mean yields when a broad selection of appropriate cultivars with good performance was available. However, ensuring good yields does not require a wide selection of cultivars if their response diversity to weather is taken into account. In recent years, the response diversity to weather has declined in most of

our barley cultivation areas. Response diversity of the Finnish barley cultivar set is relatively good towards temperature related weather variation. However, high temperature before heading, early season drought and excessive precipitation reduce the yields of all of our current barley cultivars. Our results encourage plant breeding to introduce new genetic material, especially because the projected climate change implies most uncertainty for timing and intensity of precipitation.

The results of the ADACAPA research project showed that we need a new, complementary approach to climate change adaptation. The approach emphasizes adaptive capacity and resilience of the food system. Diversity can notably increase adaptive capacity and resilience in various parts of a food system, but not any kind of diversity. Most efficiently targeted diversity is diversity in response to change. And finally, it seems that it is possible to combine efficiency and diversity.

**Keywords:**

Climate change, markets, adaptive capacity, resilience, diversity, variation, food system

---

## Alkusanat

---

ADACAPA (Sopeutumiskyvyn edistäminen suomalaisessa maa- ja elintarviketaloudessa) -tutkimushanke avasi keskustelun resilienssistä ja sopeutumiskyvystä suomalaisessa maa- ja elintarviketalouden tutkimuksessa ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen tutkimuksessa. Se tuotti tietoa uudelle sopeutumisstrategialle, joka täydentää todennäköisimmän tulevaisuuden ennusteisiin nojaavaa sopeutumisstrategiaa. Tämä täydentävä strategia korostaa toimintavarmuuden rakentamista koko ruokajärjestelmään monien mahdollisten tulevaisuuksien ja erilaisen, niin ilmastoon kuin markkinoihinkin liittyvän, vaihtelun varalle. ADACAPA-tutkimushanke pyrki erityisesti löytämään keinoja, joiden avulla ruokajärjestelmän toimijat voisivat edistää resilienssiä ja sopeutumiskykyä omassa toimintaympäristössään.

ADACAPA-tutkimushanke käynnistettiin yhtenä MTT:n kärkihankkeista ja sitä rahoitettiin Maa- ja metsätalousministeriön koordinoimasta Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmasta ISTO. Rahoituspäätös tehtiin tilanteessa, jossa resilienssi (suomennettuna sietokyvyksi) oli nostettu EU:n ilmastonmuutokseen sopeutumisen tärkeäksi näkökulmaksi EU:n komission ilmastonmuutokseen sopeutumisen valkoisessa kirjassa 1.4.2009.

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat Birgitta Vainio-Mattila (pj), Tiia Yrjölä, Kaisa Karttunen, Eila Kilpiö, Aulis Ansalehto ja Timothy R. Carter. Hankkeen toteutti Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). Kiitämme lämpimästi hankkeen rahoittajia ja ohjausryhmää työn tukemisesta. Kiitämme yhteistyöstä myös Arto Latukkaa ja Olli Rantalaa MTT Taloustutkimuksesta.

Tämä raportti on ADACAPA-tutkimushankkeen synteesiraportti. Tutkimustulokset kokonaisuudessaan julkaistaan tieteellisissä artikkeleissa.

Juvalla 11.4.2012

Helena Kahiluoto

ADACAPA -tutkimushankkeen vastuullinen johtaja



---

# Sisällysluettelo

---

1 Johdanto.....	9
2 Sopeutumis- ja sietokyky käsitteinä: Teoriapohja tutkimukselle .....	11
2.1 Haavoittuvuus suhteessa sopeutumiskykyyn .....	12
2.2 Mikä sopeutumiskyky? .....	12
2.3 Sietokyvyn eli resilienssin ja monimuotoisuuden yhteys.....	13
3 Monimuotoisuudesta toimintavarmuutta suomalaiseen ruokaketjuun .....	15
3.1 Satoa joka säällä – siemeniä erilaisiin tulevaisuuksiin.....	15
3.1.1 Lajikemonimuotoisuus sadon varmentajana .....	15
3.1.2 Ohran lajikkeiston sääherkkyys .....	17
3.1.3 Vastemonimuotoisuus lähestymistapana.....	20
3.1.4 Lajikemonimuotoisuuden merkitys tulevaisuudessa.....	23
3.1.5 Ydinviestit .....	25
3.2 Monimuotoisuudesta ympäristöhyötyjä .....	26
3.2.1 Viljelyhistorian monimuotoisuuden vaikutus satoon.....	26
3.2.2 Viljelyhistorian monimuotoisuuden vaikutus typen ylijäämään .....	26
3.2.3 Viljelyhistorian monimuotoisuuden vaikutus fosforin ylijäämään .....	28
3.2.4 Ydinviestit .....	28
3.3 Pärjääkö monialainen tila paremmin muutoksessa?.....	29
3.3.1 Monimuotoisuuden yhteys maatilán sopeutumiskykyyn .....	29
3.3.2 Vähentääkö tilán monimuotoisuus tehokkuutta? .....	36
3.3.3 Ydinviestit .....	36
3.4 Markkinakanavien monimuotoisuus ja ruokaturva .....	37
3.4.1 Analyysi suomalaisesta kehityksestä .....	37
3.4.2 Toimittajien monimuotoisuus kaupan tarjonnan varmentajana .....	42
3.4.3 Ydinviestit .....	43
4 Sopeutumiskyvyn avaintekijät ja edistämiskeinot turbulentissa ja tuntemattomassa tulevaisuudessa....	44
4.1 Aineisto ja menetelmät.....	44
4.2 Tulokset.....	46
4.2.1 Sopeutumiskyvyn avaintekijät .....	46
4.2.2 Sopeutumiskyvyn rajat.....	49
4.2.3 Sopeutumiskyvyn edistämiskeinot.....	49
4.2.4 Monimuotoisuuden ja sopeutumiskyvyn suhde .....	50
4.3 Tulosten tarkastelu .....	50
4.4 Ydinviestit .....	51
5 Pääviestit toimijoille .....	52
5.1 Kasvinjalostajat .....	52
5.2 Maatalousyrittäjät.....	52
5.3 Teollisuus ja kauppa.....	53
5.4 Hallinto ja poliittinen päätöksenteko.....	53
6 Johtopäätökset .....	54
7 Kirjallisuus .....	55
Liitteet .....	58

---

# 1 Johdanto

---

## Helena Kahiluoto

Suomalaisen ruokaketjun on sopeuduttava samanaikaisesti sekä ilmastonmuutokseen lisääntyvine ääre-vyyksineen että markkinoiden ja talouden nopeaan heilahteluun. Ajankohtaisia esimerkkejä toimintaympäristön turbulenssista ovat toistuvat hyvin poikkeukselliset sääilmiöt, nopeasti ja paljon vaihtelevat ruoan ja panosten hinnat sekä rahoitusmarkkinoiden tempoilu. Ennakoitavuus heikkenee ja epävarmuus lisääntyy selvästi, koska muuttuva järjestelmä ja siihen vaikuttava muutos on hyvin moniulotteinen ja vaihtelu vie koettujen vaihteluvälien ulkopuolelle. Tällöin aiempia lainalaisuuksia ei voi soveltaa tulevaan eikä kaikkia vuorovaikutussuhteita mahdollisine seurauksineen tunneta. Pelkästään ilmastonmuutokseen liittyviä epävarmuuslähteitä on lukemattomia, alkaen ekologisten prosessien ja yhteiskunnallisten kehityskulkujen ymmärryksen aukoista arviointimenetelmällisiin puutteisiin ja valtaviin eroihin käytetyissä laskentamalleissa (Dessai ym. 2007). Tällaisessa toimintaympäristössä on ruokajärjestelmämme nyt. Tässä tilanteessa ei riitä, että vain yritetään ennakoita ennakoimatonta. Kasvavassa turbulenssissa ja eri epävarmuuslähteiden vuorovaikutuksessa todennäköisimmän keskimääräisen pitkäaikaismuutoksen ennakoituvuuden arvo on rajallinen. Varmaa on vain muutos ja vaihtelu. Tarvitaan siis täydentävä lähestymistapa, joka pyrkii varautumaan muutoksiin, vaihteluun ja yllätyksiin ylipäänsä. Siinä kyvyllä sopeutua on kysyntää, ja monimuotoisuus voi tarjota lähtökohtia erilaisiin tulevaisuuksiin.

Totunnainen sopeutumisajattelu on lähtenyt siitä, että ensin muodostetaan todennäköinen skenaario pitkän aikavälin keskimääräisestä muutoksesta vaikutuksineen ja riskiarvioineen. Sen jälkeen ryhdytään tarkastelemaan, millaisia muutoksia maatalouden käytännöissä näissä todennäköisissä olosuhteissa toimiminen edellyttää. Luottavaisin mielin ollaan keskitytty tarkastelemaan viljalajiemme ja -lajikkeidemme viljelyominaisuuksia lisääntyvän lämmön hyödyntämisessä. Ennustamisen epävarmuuden, globaalien ruokajärjestelmien monimutkaisuuden ja muutosten moniulotteisuuden takia tämä ei riitä. Onkin esitetty, että pelkästään ilmastonmuutokseen liittyvän syvällisen epävarmuuden takia päätöksentekijöiden näkökulmasta on mielekkäämpää kehittää ”sitkeää” (”robust”), useanlaisiin skenaarioihin sopeutumiskykyistä ruokajärjestelmää kuin odottaa tarkkoja ennusteita (Dessai ym. 2009). Lisäksi, muutokset ja varautumismahdollisuudet eivät heijastu vain kotipellolle, vaan ulottuvat koko tilan ja ruokajärjestelmän toimintaan ympäristövaikutuksineen. Ruoan ja sen panosten saatavuus on varmistettava myös tilanteessa, jossa kysyntä muuttuu laadultaan tai maksukyvyltään muuttoliikkeiden ja ruokavaliomuutosten myötä. Ihan ensimmäisenä on sopeuduttava ilmastonmuutoksen hillintään. Globaali ilmastotasa-arvo ja konfliktien uhka tuovat omat haasteensa.

Sopeutumiskyvyllä (adaptive capacity) tarkoitetaan järjestelmän, esimerkiksi ruokajärjestelmän, kykyä sopeutua muutoksiin ja vaihteluun yleensä. Se on läheistä sukua resilienssille – sietokyvyille, sitkeydelle, palautuvuudelle. Kyse on elintarviketaloutemme toimintakyvyn säilyttämisestä ja parantamisesta tilanteessa, jossa emme tiedä, mihin olisi sopeuduttava. Yleisimmät tulokulmat sopeutumiskykyyn ovat lähteenet alueiden haavoittuvuuden arvioinnista ja edenneet sitä vähentävien yleisten tekijöiden, geneeristen indikaattorien, määrittämiseen (esim. ESPON Climate 2013, <http://www.espon-climate.eu/>; Smit ym. 2001; Metzger & Schröter 2006). Näin on helposti päädytty hyviin asioihin, kuten demokratia, koulutus-taso, vauraus, teknologian kehitystaso tai infrastruktuuri, jollaiset varmasti selittävät esim. Japanin ja Haitin toimintakyvyn säilymisen eroja katastrofitilanteessa, mutta joihin yksittäisten toimijoiden on vaikea lyhyellä aikavälillä vaikuttaa.

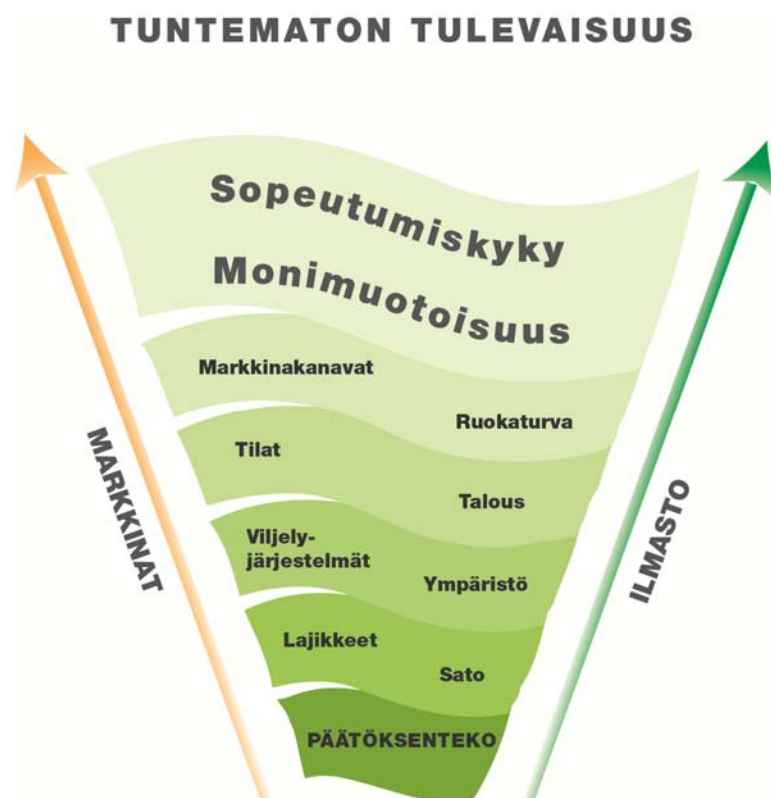
Meidän tavoitteenamme ADACAPA-tutkimushankkeessa oli suomalaisen ruokaketjun sopeutumiskykyyn vaikuttavien tekijöiden ja niiden edistämismahdollisuuksien määrittäminen. Lähtökohtana ei ollut niinkään pyrkimys päätyä mahdollisimman oikeaan arvioon sopeutumiskyvyn nykytilasta tai sen alueellisista eroista - arvioida sopeutumiskykyä tai tuottaa indikaattoreita sen arviointiin - vaan lisätä ymmärrystä ruokajärjestelmien sopeutumiskyvyn avaintekijöistä ja keinoja sopeutumiskyvyn parantamiseksi toimijoiden käyttöön eri päätöksentekotasolla.

Monimuotoisuus mainitaan usein etenkin ekosysteemin, mutta myös sosio-ekologisten järjestelmien resilienssistä puhuttaessa (Folke ym. 2002; Elmqvist ym. 2003). Empiiriset todisteet yhteydestä ovat kuitenkin niukkoja. ADACAPA-tutkimuksen päähypoteesi olikin, että maa- ja elintarviketalouden monimuotoisuus lisää sen sopeutumiskykyä ja resilienssiä. Toiminnallisen monimuotoisuuden merkitys järjestelmille, etenkin ekologisille järjestelmille, on hyvin tunnettu (Tilman ym. 2001). Monimuotoisuus voi sekä puskuroida välittömiä häiriöitä vastaan että tarjota välineitä pidemmän aikavälin sopeutumiselle (Gallopín 2006).

Pyrimme vastaamaan ennen kaikkea seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten ruokajärjestelmän sopeutumiskykyä voi arvioida?
- Edistääkö monimuotoisuus sopeutumiskykyä?
- Mikä on eri monimuotoisuustekijöiden suhteellinen merkitys?
- Mitkä muut ruokajärjestelmän ominaisuudet ovat tärkeitä sopeutumiskyvylle?
- Miten näitä sopeutumiskyvyn avaintekijöitä voi edistää?

Tarkastelimme monimuotoisuuden vaikutusta maa- ja elintarviketalouden eri tasoilla pelloilta viljelyjärjestelmään, tilatasolle eri toimintoihin ja markkinakanaviin asti (katso ADACAPA-tutkimuksen käsitteellinen viitekehys, **Kuva 1**). Toimintakyvyn säilymistä mittasimme sadontuoton, ravinneylijäämien, taloudellisen tuloksen ja ruoan saatavuuden säilymisenä ja vaihteluna sään ja hintojen heitellessä. Tarkastelimme monimuotoisuudeltaan erilaisia järjestelmiä ja niiden toimintakyvyn säilymistä tapahtuneissa, dokumentoiduissa tilanteissa. Aineistona käytimme mm. MTT:n lajikekoetuloksia ja Ilmatieteen laitoksen säätietoja, Maaseutuviraston rekistereitä ja tilastoja, Eviran keräämiä aineistoja, kansallista kirjanpitoilaineistoa ja eurooppalaista FADN-tietokantaa sekä erilaisia GIS-tietokantoja ja kaupan tietoaaineistoja. Lisäksi toteutimme toimijatyöpajoja ja Delfoi-kyselytutkimuksen ruokaketjun sopeutumiskyvyn avaintekijöistä ja niiden edistämisen keinoista eri toimijoiden näkökulmasta.



**Kuva 1.** ADACAPA-tutkimuksen käsitteellinen viitekehys

---

## 2 Sopeutumis- ja sietokyky käsitteinä: Teoriapohja tutkimukselle

---

### Sari Himanen ja Helena Kahiluoto

Sopeutumistutkimuksessa tyypillisesti lähdetään suunnittelemaan tiettyyn ennakoituun muutokseen vastaavia parhaita sopeutumistoimia. Toimien taloudellisia, sosiaalisia ja ekologisia vaikutuksia voidaan verrata ja niiden vaikuttavuutta arvioida (MMM 2005). Toimet ovat yleensä sektori- tai toimijaspesifisiä ja sidoksissa ajalliseen tai paikalliseen asiayhteyteen. Kohdennettuja sopeutumisstrategioita tarvitaan, mutta näitä täydentävä tärkeä, vaikkakin vielä suhteellisen vähän hyödynnetty näkökulma sopeutumistutkimuksessa on laajemman sopeutumiskyvyn arvioiminen ja sietokyvyn kasvattaminen eri toimijatasoilla ja tasojen välisissä vuorovaikutussuhteissa (Euroopan yhteisöjen komissio 2009).

Viljelyjärjestelmä eroaa luonnon järjestelmistä ollen vahvasti ihmistoiminnan muokkaama ja sen itsesääntely on hyvin erilainen kuin luonnon ekosysteemien. Alkutuotannon rooli kotimaisen ruokaturvan ja ruuan hintakehityksen näkökulmasta on keskeinen. Seuraavat ruoan tarjontaketjun toimijat - elintarvikejalostajat, kauppa ja kulutus - noudattavat omia kysynnän ja tarjonnan lakejaan. Raaka-aineen saatavuus ja hinta vaikuttavat vastavuoroisesti: tuottajan ja jalostajan tulisi saada toimeentulonsa satovaihteluista riippumatta ja maailmanmarkkinahinnat vaikuttavat tuottajien menestymiseen. Erilaista ilmastomuutoksen suoriin ja epäsuoriin vaikutuksiin sopeutumista tarvitaan siis ruokajärjestelmän sisällä. Vaikutukset kohdistuvat sekä suoraan että ketjussa kertyvästi maataloustuottajiin, elintarvikejalostajiin, kauppaan ja aina kuluttajiin asti.

Kun arvioidaan ilmastomuutoksen vaikutuksia ja niihin sopeutumista, ovat käsitteet haavoittuvuus muutokselle ja riskin suuruus keskeisiä arvioitavia tekijöitä. Yleisen riskinarviointiterminologian mukaisesti riski on todennäköisyys, jolla tietty haitallinen ilmiö tapahtuu, sekä sen vaikutusten haitallisuus (Brooks ym. 2005). Riskin määrittää altistuminen ja herkkyys. Haavoittuvuus-käsitteessä edellisiin liitetään mukaan sopeutumiskyky (Parry ym. 2007). Etenkin pitkällä aikavälillä tapahtuvissa muutoksissa kuten ilmaston lämmetessä voi sopeutumiskyvyn merkitys olla suuri toteutuvien kokonaisvaikutusten kannalta. Kasvattamalla sopeutumiskykyä parannetaan siis muutosten sietokykyä, sopeutumisen edellytyksiä ja riskinhallinnan tasoa, jolloin toimintakyvyn säilyminen muutosten aikana ja niiden jälkeen paranevat.

Me suomalaiset, pohjoisen kansana, olemme sopeutuneet historiallisesti monenlaisiin ilmastoon, sään ja yhteiskunnan muutoksiin, mukaan lukien Euroopan Unioniin liittymiseen. Autonomista sopeutumista tapahtuu jatkuvasti. Selviydymme talvesta, koska olemme pystyneet rakentamaan siihen hyvin sopeutuneen infrastruktuurin. Kustannukset rakennusten talviaikaisesta lämmittämisestä ja katuverkoston kunnossapidosta ovat taloudelliselta kannalta hallittavissa ja yhteiskuntamme uskotaan pystyvän reagoimaan tarvittaessa hyvinkin nopeasti uusiin sopeutumistarpeisiin. Ruokaa on saatavilla varsin varmasti ympäri vuoden eikä tarjontakaan suuresti vaihtele maan sisällä. Viljelijät seuraavat säätä ja sopeuttavat viljelytoimenpiteitään kunkin vuoden tarpeiden mukaan. Siksi monista voi tuntua kaukaiselta ajatukselta se, että sopeutumiskykyä tulisi selvittää myös meillä. Toimimme kuitenkin globaalissa järjestelmässä myös maa- ja elintarviketaloutemme osalta ja siksi on tärkeää varautua yllätyksiin, jotka voivat horjuttaa taloudellista tai biologista toiminta- ja kilpailukykyämme. Ajoissa aloitettu varautuminen voi säästää myöhempiä kuluja tai mahdollistaa laajemman sopeutumisen (Stern 2006). Proaktiivista, ennakoivaa, tietopohjaista sopeutumisen ohjausta, johon kuuluu sopeutumiskyvyn arviointi ja edistäminen, tarvitaan tukemaan reaktiivista, autonomista sopeutumista.

Suomen kansallisen ilmastomuutoksen sopeutumisstrategian luominen ja sen jälkeinen Ilmastomuutoksen sopeutumistutkimusohjelma ISTO ([www.mmm.fi/isto](http://www.mmm.fi/isto)) kartoitti ja kehitti laajalti sektorikohtaisia sopeutumistarpeita Suomeen. Haasteena myös ISTO:ssa havaittiin laajemman integroinnin tarve, sekä sektorien että kunkin sektorin sisäisten toimijoiden välillä. ADACAPA oli yksi ISTO:n loppuvaiheen hankkeista ja se pyrki arvioimaan Suomen maa- ja elintarviketalouden sopeutumiskykyä ja keinoja edistää sitä useilla toimijatasoilla systeemisesti ja integroiden. Samaan aikaan nousi ilmastopoliittiseen keskusteluun myös uusi käsite: resilienssi eli sietokyky. EU:n komissio julkaisi ilmastomuutokseen sopeutumisen valkoisen paperin, jossa resilienssi nostettiin sektori sektorilta – myös maa- ja elintarviketaloudessa - sopeutumisen tulokulmaksi (Euroopan yhteisöjen komissio 2009).

## 2.1 Haavoittuvuus suhteessa sopeutumiskykyyn

Haavoittuvuudella tarkoitetaan ilmastonmuutoskontekstissa yleisimmin geofysikaalisten, biologisten tai sosioekonomisten järjestelmien herkkyyttä ja kykyä sopeutua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Haavoittuvuus muutoksille muodostuu IPCC:n määritelmän mukaan herkkyyden (sensitivity), altistumisen (exposure) ja sopeutumiskyvyn (adaptive capacity) funktiona (Smit ym. 2001, Parry ym. 2007). Haavoittuvuuden arviointiin voi kuulua mm. herkimpien järjestelmien ja kohtien tunnistamista, mahdollisten uhkaavien muutosvoimien vaikutuksen tai mekanismin kuvaamista tai haavoittuvuuden alueellista vertailua. Haavoittuvan järjestelmän vastakohtana voidaan pitää resilienttiä eli sietokykyistä järjestelmää (Engle 2011). Sietokyvyn rajojen ylittymisen jälkeen järjestelmä ei kykene palautumaan ennalleen, eikä uudelleenrakentumaan uuteen tasapainotilaan (Elmqvist ym. 2003).

Maa- ja elintarviketaloudessa sopeutumis- ja sietokykyä koettelevat viljelijän näkökulmasta selvimminkin suorat biofysikaaliset tekijät, jotka muuttuvat ilmastonmuutoksen voimasta sekä taloudelliset muutokset. Sään ääri-ilmiöiden kuten lämpöaaltojen ja rankkasateiden sekä pitkittyneen kesäkuivuuden lisääntyminen (Beniston ym. 2007) vaikuttavat satoriskeihin. Laji- ja lajikevalinnassa sekä viljelytoimenpiteiden ajoittamisella on mahdollista vaikuttaa viljelyn sääherkkyyteen (Bindi & Olesen 2011). Esimerkiksi kuivuutta tai kasvitauteja hyvin kestävätkä alkuperät tai monipuolisempi eri ympäristötekijöitä sietävä lajisto voi lisätä sopeutumiskykyä ja vähentää satoriskejä, koska tuotannon sääherkkyys vähenee. Monilla viljelykäytäntöjen muutoksilla voidaan vaikuttaa paitsi herkkyyteen ilmastonmuutokselle niin samalla myös synergisesti ilmastonmuutoksen hillintään. Ilmastonmuutoksen hillintätoimet kohdistuvat ensisijaisesti altistumisen vähentämiseen, mikä osaltaan vähentää myös haavoittuvuutta. Parempi energiatehokkuus uusiutuvalla energialla, ravinteiden kierrätys ja kasvipeitteisyyden lisääminen lajistoa monimuotoistamalla ovat tästä konkreettisia esimerkkejä.

Altistuminen ja herkkyys ovat helpommin arvioitavissa ja kohdennettavissa tiettyihin muutostekijöihin kuin sopeutumiskyky. Sopeutumiskyky ei yleensä ole sidottua tiettyyn muutostekijään vaan sillä pyritään vastaamaan monenlaisiin muutoksiin yhtäaikaaisesti (Engle 2011). Erityisesti epävarmoissa olosuhteissa se voi tarjota laajemmin sopeutumis-suuntia ja siten ajallisia ja taloudellisia hyötyjä.

## 2.2 Mikä sopeutumiskyky?

Sopeutumiskyky on ajassa vaihtelevaa ja aktiivisesti muuttuvaa, ja sitä ohjaavat monitasoiset ekologiset, taloudelliset, sosiaaliset ja yhteiskunnalliset tekijät ja myös autonominen sopeutuminen (Adger ym. 2007). Sopeutumiskyky ei ole suoraan mitattavissa oleva suure, vaan sitä yleensä kuvataan erilaisten mittareiden eli indikaattoreiden avulla (Brooks ym. 2005). Sopeutumiskyky vähentää haavoittuvuutta tai luo keinoja hyödyntää avautuvia mahdollisuuksia. Se on pääomaa, josta on hyötyä vaikka muutoksen nopeudesta tai suunnasta ei ole tarkkaa tietoa: se antaa siemeniä monensuuntaiseen sopeutumiseen. Se on toimintastrategiana selkeästi laajempi kuin yksittäiset tiettyä muutosta varten suunnatut sopeutumistoimet. Sopeutumiskyky tarkoittaa muutakin kuin vaihtoehtoisia sopeutumistoimia, jotka ovat kullekin toimijalle mahdollisia: se kuvaa sietokyvyn kasvattamista kohdata muutoksia ja mukautua pärjäämään kohdatessaan näitä muutoksia eli kykyä pysyä toimintakykyisenä. Erityisesti vaikeasti ennustettavissa muutoksissa, kuten ilmaston muuttuessa ja sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä, sopeutumiskyvyn merkityksen voi olettaa kasvavan. Tarkasti kohdennettuja sopeutumistoimia on vaikea suunnitella kun epävarmuus ilmastonaarioiden aika- ja paikkaskaalasta on suuri. Tätä vaikeutta lisää tarve sopeutua yhtä aikaa muihinkin muutoksiin ja vaihtelutekijöihin kuin ilmastonmuutokseen, mm. globaaliin hintaturbulenssiin.

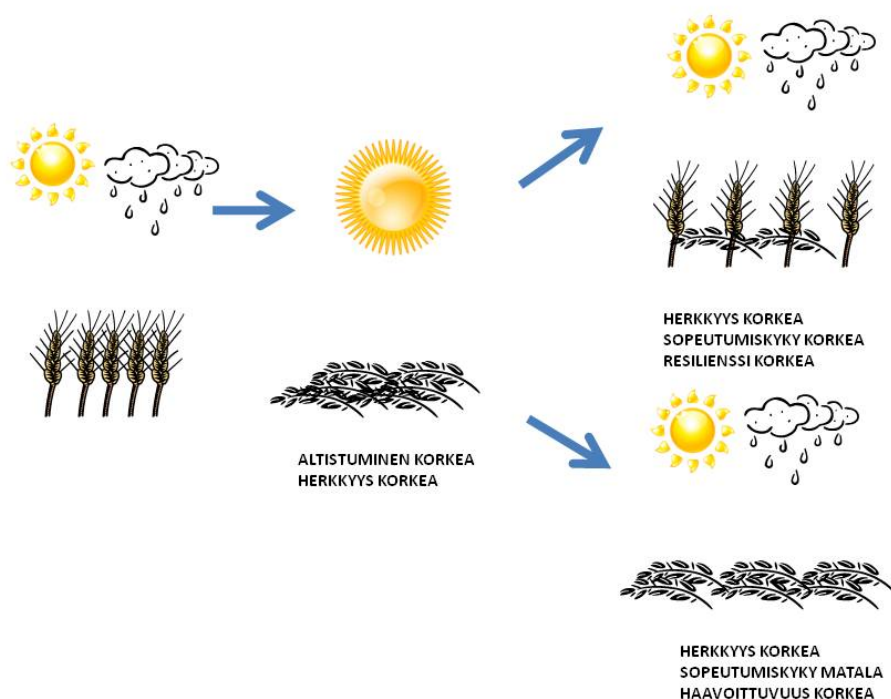
Useimmiten sopeutumiskykyä on pyritty arvioimaan sitä välillisesti kuvaavien indikaattorien avulla. Esimerkiksi IPCC määrittelee sopeutumiskyvyn osatekijöiksi teknologian, koulutuksen, tietotason, infrastruktuurin, taloudellisten resurssien, institutionaalisten vaikutusten, tasa-arvon ja sosiaalisen pääoman (Smit ym. 2001). Sopeutumiskyvyn arvioinnissa mittaustaso (esim. kansallinen, alueellinen, paikallinen, eri väestöryhmät) on myös oleellinen, koska se voi vaihdella suuresti esimerkiksi alueiden, sektoreiden tai toimijatasojen välillä (Adger ym. 2005). Vaikka kansallinen sopeutumiskykyämme mitattuna esimerkiksi varallisuuden, infrastruktuurin ja koulutustason kautta olisi suuri, voi sopeutumisen esteitä löytyä paikalliselta tasolta, tai sopeutumiskyky voi olla epätasaisesti jakautunut maamme eri osien tai ammattikuntien välillä.

ADACAPA-tutkimuksessa ei niinkään määritetty sopeutumiskyvyn yleisiä indikaattoreita nykyisen tilanteen toteamiseksi, vaan etsittiin tekijöitä, joihin vaikuttamalla toimijat voisivat edistää ruokajärjestelmämme sopeutumiskykyä sen eri tasoilla ja osissa. Etsimme näitä vaikuttavia tekijöitä juuri Suomen oloissa, ja vuorovaikutuksessa sidosryhmien kanssa. Hankkeen järjestämien työpajojen ja Delfoi-

tekniikalla toteutetun kyselyn päätavoitteena oli tunnistaa ruokajärjestelmämme sopeutumiskyvyn avaintekijöitä alkutuotannon, jalostuksen, kaupan ja kuluttajan tasolla ja löytää keinoja edistää maa- ja elintarviketaloutemme kokonaisvaltaista sopeutumiskykyä.

## 2.3 Sietokyvyn eli resilienssin ja monimuotoisuuden yhteys

Sopeutumiskyvyn edistämiseksi pyritään kasvattamaan järjestelmiemme tai toimintojemme sietokykyä eli resilienssiä muutoksille (Holling 1973). Resilienssi kuvaa samalla sekä vakautta että joustavuutta sopeutua muutoksessa. Synonyymejä käsitteelle ovat myös kimmoisuus ja palautuvuus. Resilientti ekosysteemi pystyy vastustamaan muutoksia esimerkiksi lajien korvaavuudella keskenään hoitamaan tiettyä ekologista tehtävää ja tasapainottumaan uudestaan ympäristötekijän mukaan (**Kuva 2**). Heikko järjestelmä menettää toimintakykynsä muutoksessa. Tämä voi tapahtua mm. lajiston sukupuuttoon kuoleminen tai maan viljelyominaisuuksien palautumattomankin heikkenemisen kautta.



**Kuva 2.** Esimerkki altistumisen, herkkyden, sopeutumiskyvyn, haavoittuvuuden ja resilienssin käsitteistä peltotasolla. Pitkän lämpimän ja sateettoman jakson aiheuttama korkea altistuminen voi johtaa sadon menetykseen matalan sopeutumiskyvyn järjestelmässä kun taas sopeutumiskykyinen ja samalla resilientti järjestelmä kykenee palautumaan.

Resilienssin käsitettä on viime vuosikymmenen aikana lisääntyvässä määrin kehitetty ja käytetty paitsi kuvaamaan ekologista toimintakykyä niin myös ekologis-taloudellisia tai -sosiaalisia järjestelmiä (Folke 2006). Ruoantuotantomme osalta resilientti järjestelmä pystyisi säilyttämään toimintakykynsä ja uudelleenorganisoiutumaan turvaten kansallisen ruoan saatavuuden maailmanmarkkinoiden hintojen nopeissa muutoksissa ja sään tai muiden tekijöiden aiheuttamien odottamattomien ruokakriisien kohdatessa.

Monimuotoisuus on tärkeä tekijä sekä ekosysteemien että sosioekologisten järjestelmien kuten maatalouden toimivuudelle ja säilyvyydelle sekä niiden kyvyille sopeutua muutoksiin ja tuottaa uutta. Ekologisen ja taloudellisen tuottavuuden ja ekosysteemipalvelujen kannalta tärkeäksi on havaittu etenkin toiminnallinen monimuotoisuus (Tilman ym. 1997). Tällä tarkoitetaan monipuolisuutta eri toiminnoista vastaavien, kuten funktionaalisten ryhmien, osien suhteen. Tärkeää on toki myös kompositio eli se, mistä elementeistä monimuotoisuus koostuu. Toimintakyvyn säilymiselle ja sopeutumiskyvylle muutoksessa taas tärkeintä on, että nämä toiminnallisesti erilaiset osat sisältävät myös vastemonimuotoisuutta – monimuotoisuutta siinä, miten ne reagoivat muutoksiin (Elmqvist ym. 2003). Haluttaessa ymmärtää resilienssin ja monimuotoisuuden yhteyttä, on tarkasteltava geneettisen monimuotoisuuden ohella toiminnallisen monimuotoisuuden ja etenkin muutosvasteiden monimuotoisuuden merkitystä.

Monimuotoisuuden merkitys on erilainen myös riippuen tarkasteltavan järjestelmän ominaisuuksista ja tilasta. Esimerkiksi runsaasti toimintoja ja vuorovaikutussuhteita sisältävässä ekosysteemissä monimuotoisuuden merkitys on suurempi ja järjestelmä voi muuttua enemmän verrattuna lähellä tasapainotilaa olevassa ekosysteemissä, jossa monimuotoisuus tuottaa vain vaihtelua vakaana pysyvän tasapainotilan ympärillä. Voimme olettaa, että ruokajärjestelmässä monimuotoisuuden merkitys sekä vaihtelee eri ruokaketjun toimijoiden tasoilla että vaikuttaa merkittävästi sen kehittymispotentiaaliin. Monimuotoisuuden resilienssiä edistävää vaikutusta voi olla löydettävissä paitsi ekologisista suhteista niin myös sosiaalisista verkostoista ja taloudellisista toimintavaihtoehtoista, jotka mahdollistavat ja tukevat sekä sopeutumista että innovaatioita. ADACAPA-tutkimuksessa kysyttiin, lisääkö monimuotoisuus sopeutumiskykyä ja jos lisää, niin millainen monimuotoisuus. Kysymystä lähestyttiin ruokajärjestelmän eri tasoilla tarkastellen tarjontaketjun toimintakykyä ja sen säilymistä vaihtelussa ja muutoksessa.

---

## 3 Monimuotoisuudesta toimintavarmuutta suomalaiseseen ruokaketjuun

---

### 3.1 Satoa joka säällä – siemeniä erilaisiin tulevaisuuksiin

**Kaija Hakala, Sari Himanen, Reimund Rötter, Jukka Höhn, Lauri Jauhiainen, Janne Kaseva, Elise Ketoja, Tapio Salo ja Helena Kahiluoto**

Uusia viljelykasvilajikkeita jalostetaan Suomessa jatkuvasti. Lisäksi kokeillaan ulkomaisia lajikkeita Suomen oloissa. Kun jokin lajike on todettu riittävän hyväksi viljelyyn eri alueille 10-15 vuoden testien jälkeen, se pääsee viralliseen lajikeluetteloon. Lajikejalostuksella pyritään lisäämään viljelykasvien satoa ja stressinsietoa. Vaikka sadon määrä on tärkeä tekijä, jalostuksella pyritään myös saamaan viljelyyn lajikkeita, joiden viljelyvarmuus on riittävän hyvä sellaisillakin tuotantoalueilla, joiden sääolot ovat Suomen oloissa epäedulliset. Koska viralliseen lajikelistaan pääsevät keskimäärin parhaat lajikkeet kullakin ilmastoalueella, lajikkeet, jotka selviytyvät erinomaisesti joinakin vuosina, mutta joiden viljelyvarmuus ei riitä niiden suositteluun esim. kokonaiselle alueelle, saattavat jäädä pois suositeltujen lajikkeiden listalta. Näin lajikevalikoimasta saattaa poistua geeniainesta, jolla olisi merkitystä viljelykasvien menestymiselle ilmaston muuttuessa, vaikkei kyseisillä ominaisuuksilla nykyisessä ilmastossa saavuteta hyvää tulosta.

Lajikemonimuotoisuuden säilyttäminen on tärkeää, kun ilmasto muuttuu emmekä tiedä tarkalleen, miten se muuttuu. ADACAPA-hankkeessa tutkittiin neljässä osatutkimuksessa lajikemonimuotoisuuden merkitystä satovarmuudelle ja sopeutumiskyvylle. Ensimmäisessä osassa (3.1.1.) tutkittiin viljelyssä olevien lajikkeiden alueellisen monimuotoisuuden ja satotason suhdetta rehu- ja mallasohralla, kevätvehnällä ja kevätrypsilä (Himanen ym. käsikirjoitus). Toisessa osassa (3.1.2.) edettiin lajikkeiden 'tyyppi'-monimuotoisuudesta (viljelyalan jakautuminen eri lajikkeiden kesken) tarkastelemaan vastemonimuotoisuutta (lajikkeiden eroja niiden sadon ja sen laadun vasteissa kriittisille säätekijöille). Siinä tutkittiin, miten ohran uudet ja vanhat, sekä alkuperältään suomalaiset että ulkomaiset, lajikkeet ovat lajikekokeissa reagoineet erityyppisiin ilmastotekijöihin (Hakala ym. 2012). Tarkoituksena oli päätellä, millaisiin muutoksiin ohralajikkeistossamme on sopeutumiskykyä, millaisiin ei. Kolmannessa osassa (3.1.3.) tätä työtä kehiteltiin edelleen. Siinä tavoitteena oli lajitella ohralajikkeet sääherkkyyden perusteella luokkiin ja verrata niihin perustuvaa vastemonimuotoisuutta ja sen kehitystä yksittäisten lajikkeiden edustamaan monimuotoisuuteen eri alueille (Kahiluoto ym. käsikirjoitus a). Neljäs osatutkimus (3.1.4.) katsoi tulevaisuuteen. Siinä tutkittiin edellisten osatutkimusten valossa ohralajikkeistomme sopeutumiskykyä riippuen siitä, miten ilmasto muuttuu (Rötter ym. käsikirjoitus valmisteilla).

#### 3.1.1 Lajikemonimuotoisuus sadon varmentajana

Suomen eri alueiden maataloilla käytössä olevan lajikkeiston monimuotoisuuden yhteyttä näiden alueiden satotasoihin tutkittiin tarkastellen ajanjaksoa 1998-2009. Lajikeviljelyalojen perusteella laskettiin rehuohralle, mallasohralle, kevätvehnälle ja kevätrypsilä ELY-keskuskohtaiset alueelliset Shannonin diversiteetti-indeksit eli Shannon-indeksit (Shannon 1948), jotka huomioivat sekä lajikerunsauden että tasaisuuden. Lajikkeiden viljelyalat perustuivat Maaseutuviraston tilastointiin, jossa ovat mukana kaikki maataloustukea saavat tilat. Alueelliset satotasot perustuivat MMM:n Tietopalvelun Tiken sato-otanta-aineistoon.

Koska satotasot Suomen eteläisillä ja läntisillä alueilla olivat selkeästi suurempia kuin itäisillä ja pohjoisilla alueilla johtuen mm. maantieteellisistä erityispiirteistä ja ilmaston eroista, jaettiin alueet kahteen alueryhmään (Etelä-Länsi: Uusimaa, Häme, Kaakkois-Suomi, Varsinais-Suomi, Satakunta, Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Keski-Itä: Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä-Savo, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala) analyysiä varten. Lappi ja Kainuu sekä Ahvenanmaa jätettiin kokonaan analyysin ulkopuolella, koska niiden katsottiin eroavan olosuhteiltaan liikaa ja olevan siten eri asemassa muihin alueisiin nähden myös käyttökelpoisen lajikevalikoiman suhteen. Lajikemonimuotoisuuden suhdetta alueellisiin satotasoihin verrattiin vuosikohtaisesti näissä kahdessa alueryhmässä. Lisäksi käytettiin kasvukauden sääoloja kuvaavia aluekohtaisia, Ilmatieteen laitoksen sääasemahavaintoihin perustuvia lämpötila- ja sadantatietoja pohdittaessa vuosien välillä lajikemonimuotoisuuden ja sadon suhteessa havaittujen erojen syitä.



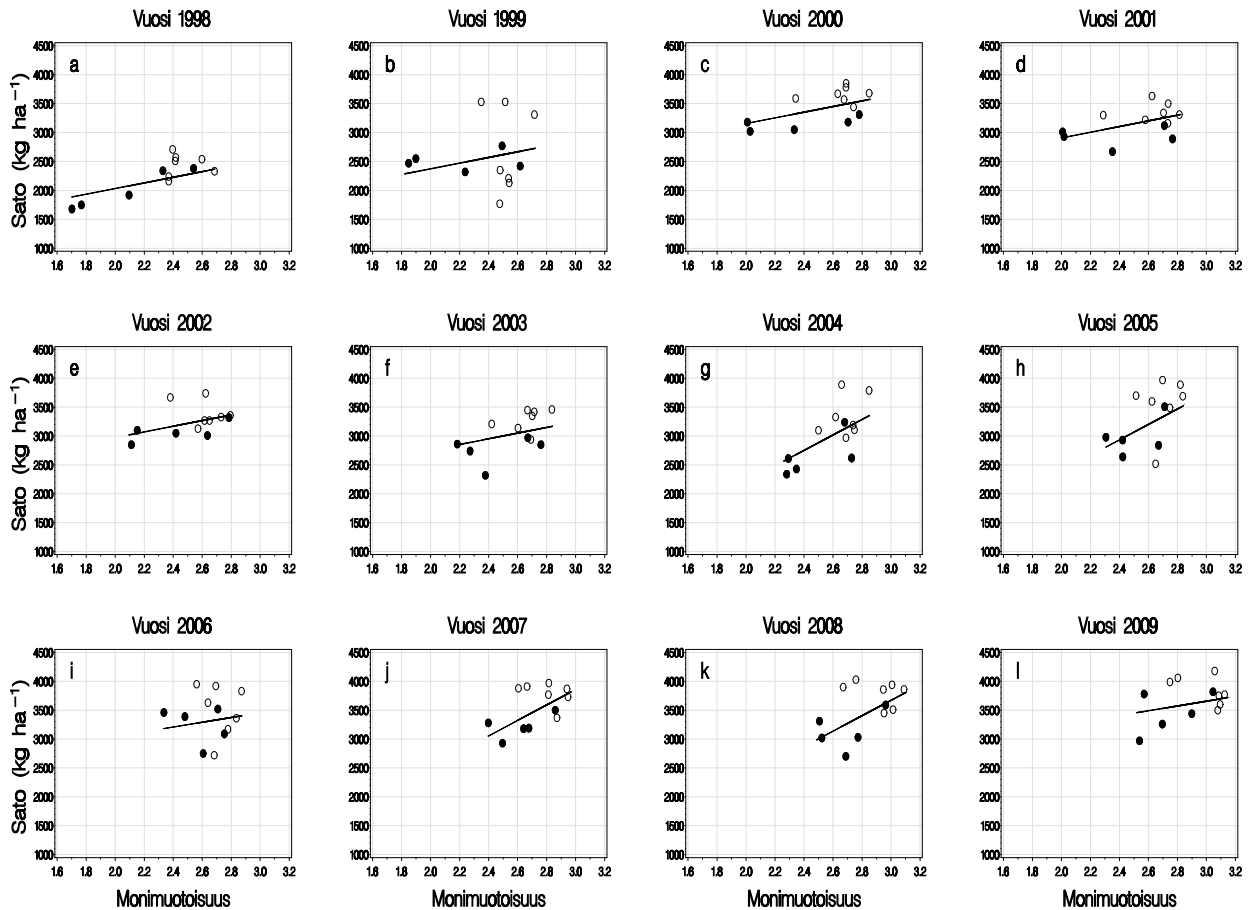
Viljelyssä olevien lajikkeiden määrä kaksin- tai kolminkertaistui kaikilla tutkituilla lajeilla vuodesta 1998 vuoteen 2009 (**Taulukko 1**). Etelä- ja Länsi-Suomessa oli enemmän lajikkeita käytössä kuin Keski- ja Itä-Suomessa. Eniten lajikkeita oli käytössä rehuohralla (vuoden 1998 23 lajikkeesta vuoden 2009 87 lajikkeeseen) ja vähiten kevätrypsillä (vuoden 1998 4 lajikkeesta vuoden 2009 13 lajikkeeseen). Mallasohran lajikemonimuotoisuus kasvoi vuoden 2009 52 lajikkeeseen nopeimmin aivan viimeisimpinä tutkimusvuosina. Kolmen valtalajikkeen osuus viljellyistä lajikkeista väheni tällä aikajaksolla n. 10-30 %. Kevätrypsillä valtalajikkeiden osuus oli suurin Etelä- ja Länsi-Suomessa, kevätvehnällä taas Keski- ja Itä-Suomessa.

**Taulukko 1.** Viljelylajikkeiden määrä viljelyssä ja kolmen valtalajikkeen osuus kokonaisviljelyalasta (%) rehu- ja mallasohralle, kevätvehnälle ja kevätrypsille.

Vuosi	Rehuohra		Mallasohra		Kevätvehnä		Kevätrypsi	
	Lajikkeiden määrä	Kolmen valtalajikkeen osuus (%)	Lajikkeiden määrä	Kolmen valtalajikkeen osuus (%)	Lajikkeiden määrä	Kolmen valtalajikkeen osuus (%)	Lajikkeiden määrä	Kolmen valtalajikkeen osuus (%)
1998	23	47.6	7	70.2	13	85.2	4	99.3
1999	25	43.1	10	72.4	13	82.6	5	99.2
2000	31	43.0	13	79.1	13	78.1	8	98.9
2001	38	41.5	32	81.8	16	75.3	8	95.7
2002	40	41.6	35	83.3	18	76.7	7	90.7
2003	47	40.1	39	87.8	19	69.4	9	84.3
2004	57	38.8	34	87.2	27	56.0	9	74.1
2005	65	39.8	38	81.6	30	51.5	12	77.9
2006	71	35.9	38	81.6	28	58.6	13	72.4
2007	73	30.6	41	75.0	31	61.0	12	75.4
2008	84	34.0	45	65.2	34	62.2	10	82.9
2009	87	33.9	52	66.2	37	62.9	13	76.0

Monimuotoisuuden ja alueellisten keskisatojen yhteys oli rehuohralla kaikkein selkein (**Kuva 3**). Alueiden ohrasadot olivat kaikkina vuosina sitä suurempia, mitä suurempi niiden lajikemonimuotoisuus oli. Tämä yhteys oli voimakkain vuosina 2004, 2005, 2007 ja 2008. Sääoloiltaan nämä vuodet erottuivat parhaiten hieman keskimääräistä runsaamman sademääränsä osalta. Mallasohralla sadon ja lajikemonimuotoisuuden välillä oli positiivinen yhteys vuosina 2004 ja 2005. Molemmat vuodet kuuluvat samoihin runsassateisiin vuosiin, jolloin rehuohrallakin sadon ja lajikemonimuotoisuuden suhde oli voimakkain.

Kevätvehnällä viljeltyjen lajikkeiden määrä on kasvanut vuoden 1998 13 lajikkeesta vuoden 2009 37 lajikkeeseen (**Taulukko 1**). Sen lajikemonimuotoisuus on noussut Etelä- ja Länsi-Suomessa, mutta laskenut Keski- ja Itä-Suomessa. Kevätvehnän lajikemonimuotoisuuden ja sadon suhde vaihteli alueryhmittäin ja vuosittain. Etelä-Länsi alueryhmässä lajikemonimuotoisuuden ja sadon suhde oli kevätvehnällä positiivinen vuosina 1998-2003 sekä 2007, vaikka Shannon-indeksin arvot olivat selkeästi alempia vuosina 1998-2003 kuin vuosina 2004-2009 tässä alueryhmässä. Muina tutkittuinakin vuosina yhteys oli positiivinen, mutta ei merkitsevää. Keskisillä ja itäisillä alueilla näytti olevan valtalajikkeiden lisäksi vain vähän niille soveltuvia lajikkeita vuosina 1998-2003, koska sato oli heikompi kun monimuotoisuus oli suuri. Vielä viime vuosinakaan ei näillä alueilla ole kevätvehnän lajikemonimuotoisuuden kasvattamisesta ollut selkeää hyötyä satotasossa, lukuun ottamatta vuotta 2004. Tulosten perusteella kevätvehnän lajikemonimuotoisuuden lisääminen on ollut yhteydessä hyviin satotasoihin selkeämmin eteläisessä ja läntisessä Suomessa ja silloin kun valtalajikkeiden osuus on ollut suuri (1998-2003). Alueiden lajikkeiston monimuotoistuminen ei ole nostanut kevätvehnän satotasoa enää viime vuosina.



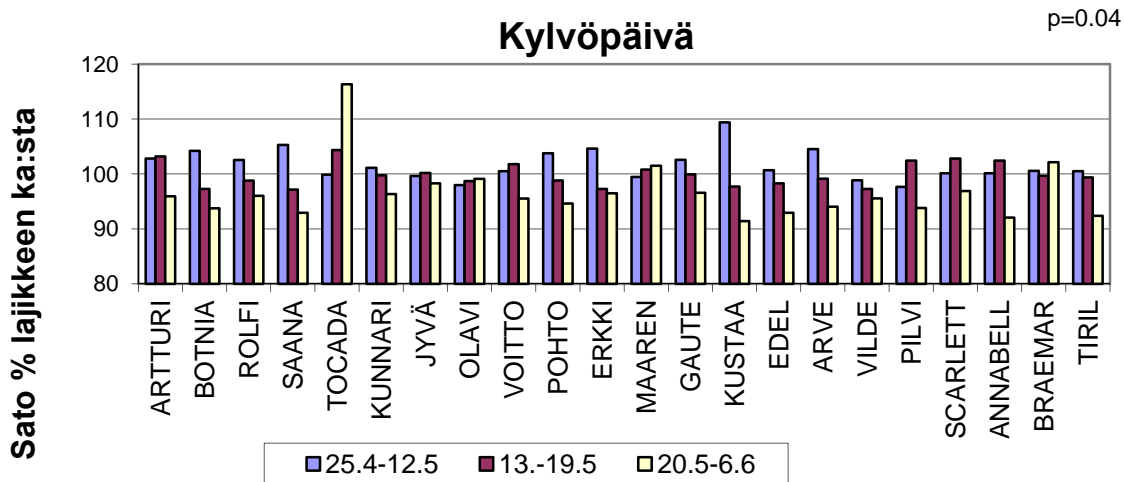
**Kuva 3.** Alueellisen lajikemonimuotoisuuden, alueryhminä Etelä- ja Länsi-Suomi (○) ja Keski- ja Itä-Suomi (●) ja satotason ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) yhteys rehuohralla vuosina 1998-2009. Regressiosuorat on määritetty vakioidulla viljelyalalla (25 000 ha). Lähde: Himanen ym. (käsikirjoitus).

Kevätrypsillä lajikemonimuotoisuus nousi tutkituista lajeista eniten (**Taulukko 1**). Lajikemonimuotoisuus ja sato olivat kevätrypsillä positiivisesti kytkeytyneet vain vuonna 1999. Vuosi oli sääolojen osalta vähäsateinen, joten positiivinen yhteys on voinut johtua paremmasta kuivuudensiedosta. Päinvastoin kuin viljoilla, rypsin sato näytti pikemmin olevan alempi niillä alueilla, joilla lajikemonimuotoisuus oli suurin. Merkitsevä negatiivinen yhteys löytyi vuosina 2006 ja 2008 ja lähes merkitsevä negatiivinen yhteys myös vuosina 2007 ja 2009 ( $P=0.12$ ). Vuosi 2006 oli lämmin, mutta 2008 ei erottunut erityisen kuumana vuotena. Negatiivista yhteyttä lajikemonimuotoisuuden ja satotasojen välillä ei voinut siten selittää yksin sääolojen pohjalta. Rypsin lajikemonimuotoisuuden nousu viime vuosina ei ole myötävaikuttanut satotasoon. Syitä tähän voi olla esimerkiksi lajikkeiston sääherkkyyden samankaltaisuus tai monimuotoisuusshyötyjä rajoittava alhainen lajikemäärä.

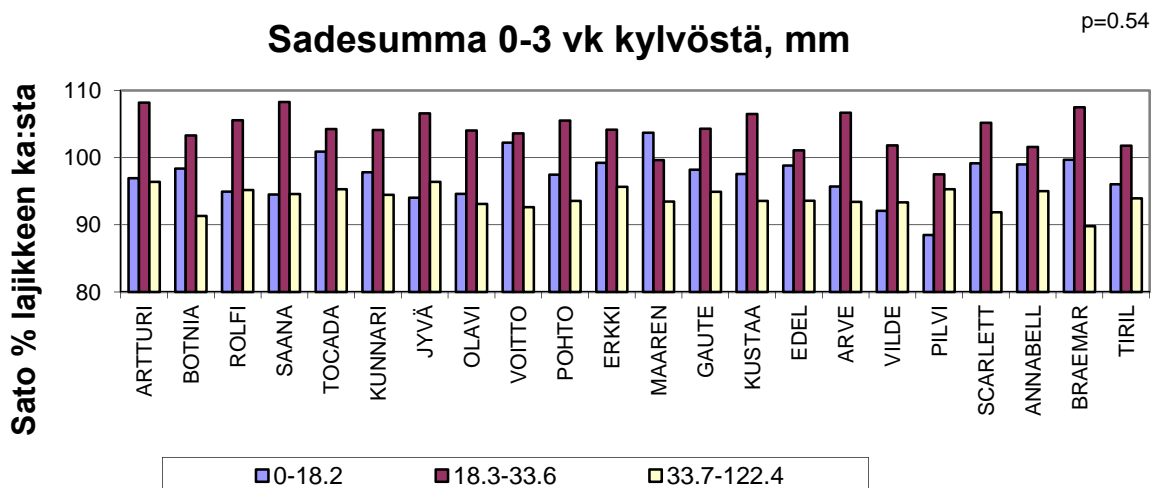
### 3.1.2 Ohran lajikkeiston sääherkkyys

Ohran eri lajikkeita vertailtiin erilaisissa sääoloissa pääasiassa MTT:n lajikekoeaineiston perusteella. Lisäksi mukana oli muutamia jalostus- ja mallastusyritysten kokeita. Tutkittava lajikekoeaineisto valittiin 14 Suomen koepaikalta etelästä pohjoiseen, Piikkiöstä ( $60^{\circ}23'N$ ) Ruukkiin ( $64^{\circ}40'N$ ). Aineisto valittiin vain sellaisilta tutkimusasemilta, joiden lähetyvillä oli myös Ilmatieteen laitoksen sääasema, josta saatiin säätiedot kullekin kokeelle. Ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena oli selvittää ohran yleiset reaktiot valittuihin säätekijöihin. Säätekijöitä valittiin kirjallisuuden ja yleisesti tunnetun tiedon perusteella 11 kpl. Näistä neljä kuvasi sademäärää eri kasvukauden aikoina ja seitsemän kasvukauden aikaisia lämpötiloja ja lämpösunnan kertymää kasvun eri vaiheissa. Toisessa vaiheessa tutkittiin valittujen säätekijöiden vaikutusta lajikkeilla, jotka ovat yhä tällä hetkellä viljelyssä. Näitä moderneja lajikkeita oli yhteensä 22 kpl. Näistä lajikkeista määritettiin myös niiden 'säavastemonimuotoisuus' – erilaisuus siinä suhteessa, miten niiden sadon määrä tai laatu reagoi sääolosuhteisiin. Ensimmäisessä vaiheessa satohavaintoja oli 13 242 kpl, toisessa vaiheessa 2384 kpl.

Ohran satoa rajoittivat runsaat sateet ennen kylvöä ja myöhästynyt kylvö. Liiallisen sateen ja maan märkyyden takia tai muusta syystä myöhästynyt kylvö lyhentää kasville käytettävissä olevaa kasvukautta ja voi sitä kautta vaikuttaa epäedullisesti satoon. Toisaalta myöhästynyt kylvö voi vaikuttaa siihen, millaisissa oloissa kasvin eri kasvuvaiheet tapahtuvat. Esim. myöhäiskevään lämpimät ja kuivat jaksot saattavat osua herkkiin satoa määrääviin kasvuvaiheisiin useammin, jos kylvö myöhästyy. Vaikka runsaat sateet ja myöhästynyt kylvö yleensä alensivat satoa, kaikkien lajikkeiden sato ei myöhäisestä kylvöstä kärsinyt (**Kuva 4**). Esim. suomalaisen Olavi- (vuodelta 2006), ruotsalaisen Maaren- (2004) ja englantilaisen Braemar- (2005)-lajikkeen sadot pysyivät samana kaikissa testatuissa oloissa, ja saksalainen Tocada (2006) jopa lisäsi reippaasti satoa, kun kylvö myöhästyi toukokuun puolenvälin ja kesäkuun alun välille. Uudet kotimaiset ja ulkomaiset lajikkeet saattavat sisältää jo nyt ominaisuuksia, jotka auttavat niitä kirkkaimaan umpeen menetetyn hitaan kasvun vaiheen viileämmässä alkukasvukauden oloissa. Jos lämpötilat ja kuivuus tulevaisuudessa lisääntyvät, tästä kirkkaimasta saattaa olla etua.



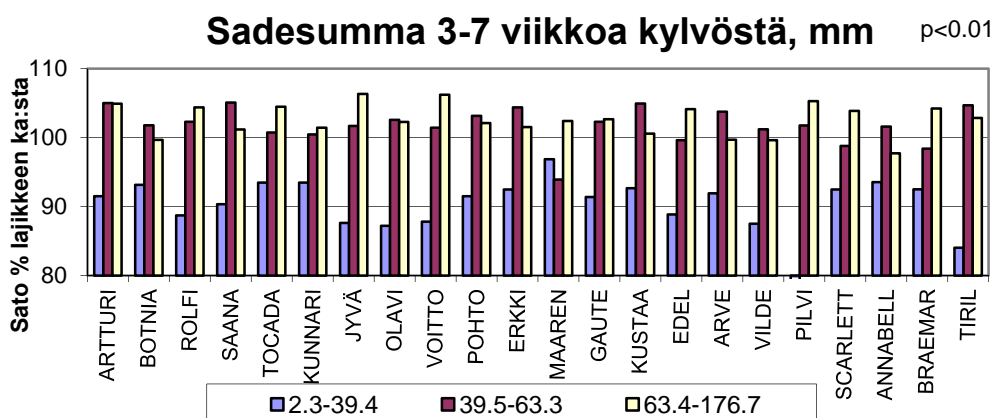
**Kuva 4.** Vaikka kylvön myöhästymisen yleensä alentaa ohran satoja, lajikkeet poikkesivat merkitsevästi ( $p=0.04$ ) toisistaan tämän ominaisuuden suhteen. Satotulos eri oloissa on laskettu kunkin lajikkeen keskimääräisestä sadosta. Kolme pylvästä kunkin lajikkeen kohdalla kuvaavat kolmea kylvöaikaa 25.4.-12.5., 13-19.5. ja 20.5.-6.6.



**Kuva 5.** Sekä kuivuus (sademäärä 0-18.2 mm) että liika märkyys (sademäärä 33.7-122.4 mm) ensimmäisten 3 viikon aikana kylvön jälkeen vähensivät ohralajikkeiden satoa. Kaikki lajikkeet reagoivat samalla tavalla.

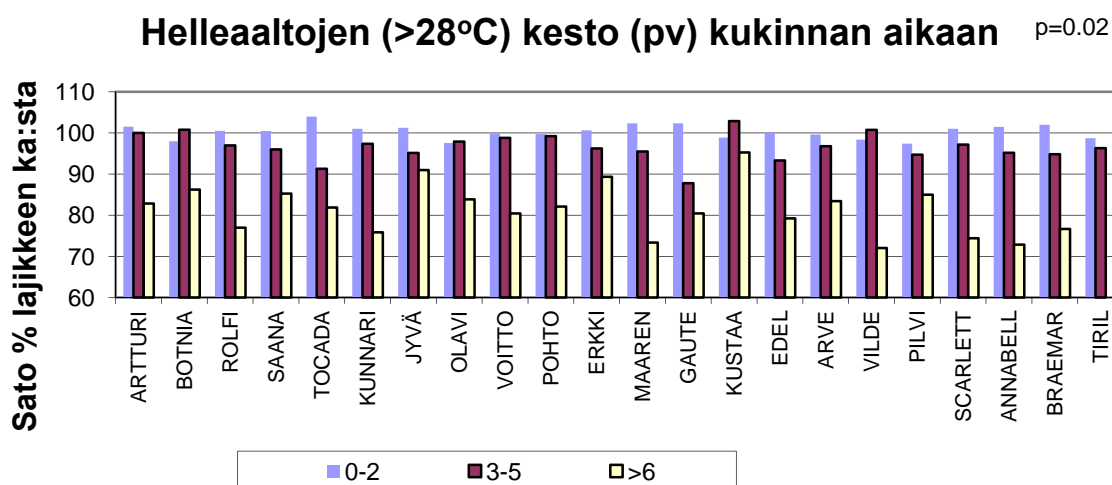
Kolmen viikon sisällä kylvön jälkeen kaikki lajikkeet tuottivat normaalia huonomman sadon, jos satoi vain vähän. Sato huononi myös, jos satoi epätavallisen runsaasti (**Kuva 5**). Myöhemmin, 3-7 viikkoa kylvön jälkeen, kuivuus alensi satoja edelleen, mutta sademäärän lisääntyminen oli pääasiassa myönteinen asia eikä suurikaan sademäärä sanottavasti vaikuttanut satoihin. Jos sademäärä oli erittäin suuri, lajikkeet erosivat reaktioissaan: sato saattoi joko nousta, laskea tai pysyä ennallaan (**Kuva 6**). Runsaat sa-

teet kasvuston ollessa vielä alkuvaiheessa saattavat johtaa tulvimiseen, jolloin kasvin hapen saanti vaikeutuu. Myöhemmin kasvukaudella, 3-7 viikkoa kylvöstä, sademäärän vaihtelut eivät ole kovinkaan vahingollisia, vaan sade yleensä lisää satoa. Sen sijaan kuivuus saattaa muodostua ongelmaksi aikana, jolloin kasvin satopotentiaali muodostuu. Se, että lajikkeet poikkeavat toisistaan ja kestävyttä löytyy kaikkeen muuhun paitsi liialliseen kuivuuteen tai liialliseen märkyyteen (tulvavaikutus ja anaerobinen stressi) aivan kasvun alkuvaiheessa viittaa siihen, että etenkin tulevaisuudessa lajikejalostusta pitää edistää nimenomaan tulvankestävyyden suhteen. Tämä on tärkeää siitäkkin syystä, että ilmaston on ennustettu muuttuvan niin, että kuivuus ja rankkasateet vuorottelevat, jolloin kasvusto yhä useammin altistuu tulvastressille. Ennen kuin jalostus on onnistunut tuottamaan paremmin tulvaa kestäviä lajikkeita, mekaaninen veden poisto pelloilta tulee yhä tärkeämmäksi, kun ilmasto muuttuu.



**Kuva 6.** Kuivuus vähensi satoa myös ensimmäisten 3 viikon jälkeen, mutta suurikaan sademäärä ei enää vähentänyt satoa. Lajikkeet erosivat siinä, miten ne kestivät kuivuutta ja märkyyttä ( $p<0.01$ ).

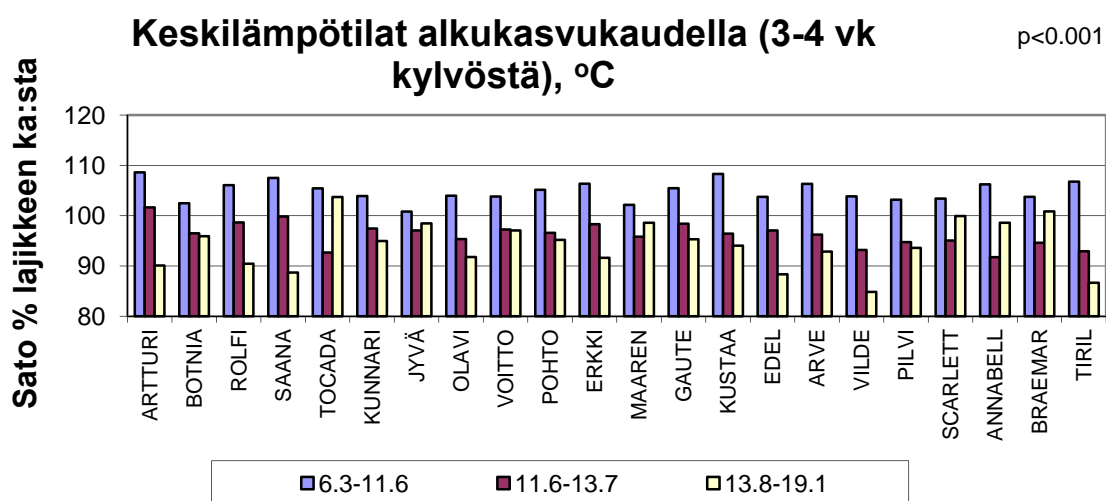
Liian nopea lämpösumman kertyminen juuri ennen tähkimistä vähensi satoa kaikilla ohralajikkeilla. Myös kukinnan aikainen yli kuusi päivää kestävä hellejakso ja lämpösumman nopea kertyminen jyvänäyttövaiheessa aiheuttivat sadonmenetyksiä, mutta nämä olosuhteet eivät vaikuttaneet samalla tavalla kaikkiin lajikkeisiin. Korkea lämpötila kiihdyttää kehitystä, jolloin jyväluku voi pienetä ja jyvänäyttöaika lyhetä. Erittäin korkeat lämpötilat voivat lisäksi johtaa kehittyvien kukka-aiheiden kuolemaan, jos kukinta on herkässä vaiheessa. Vaikka pitkä hellejakso vähensi yleensä satoa, jotkut lajikkeet tuntuivat kestävän sitä hyvin (**Kuva 7**). Yllättävää oli, että Suomessa yli kolmekymmentä vuotta viljelyssä ollut Kustaa-lajike kesti hyvin hellettä, kun taas monet uudet ulkomaiset lajikkeet (esim. ruotsalainen Maaren, norjalainen Vilde ja saksalainen Annabel) kestivät hellettä huonosti.



**Kuva 7.** Pitkäkestoiset helleaallot olivat useimmille lajikkeille hyvin vahingollisia. Sato saattoi laskea jopa 30% normaalista (norjalainen Vilde-lajike). Lajikkeet erosivat merkittävästi toisistaan hellejakson kestoissa ( $p=0.02$ ). Pylväät kuvaavat hellejakson kestoja: kesto 0-2 pv, 3-5 pv ja yli 6 pv.

Näyttää siltä, että lajikkeiden geenistössä on vain vähän vaihtelua ja puskuroiden nopealle lämpösunnan kertymiselle ennen tähtkimistä. Uutta geenimateriaalia tarvitaan, jotta saavutettaisiin korkeita satotasoja etenkin tulevaisuuden lämpimämmässä ilmastossa. Sen sijaan sopeutumiskykyä lajikkeistossa, geeniresursseja jalostuksen materiaaliksi, on jo olemassa sopeutumiseksi korkeihin lämpötiloihin kukintavaiheessa ja nopeutuneeseen lämpösunnan kertymiseen jyvänäyttövaiheessa.

Vaikka Suomen kasvukauden lyhyys ja lämpösunnan pienuus ovat tärkeitä kasvintuotantoa rajoittavia tekijöitä, alkukasvukauden viileys lisäsi satoja kaikilla lajikkeilla (**Kuva 8**). Tämä tulos oli odotettu suomalaisen perimätiedon perusteella: ”vilu viljan kasvattaa”. Kirjallisuudessa ilmio tunnetaan. Viileä kasvukauden alku antaa juurille enemmän aikaa kehittyä ja kasvukauden jatkuessa kosteutta on siten enemmän tarjolla. Kosteus myös säilyy maassa pidempään viileissä oloissa. Jotkut koti- ja ulkomaiset lajikkeet tuottivat kuitenkin paremman sadon, kun lämpötila kohosi normaalia lämpötilaa korkeammaksi. Tällainen monimuotoisuus lajikkeiden säävasteissa saattaa hyödyttää suomalaista kasvintuotantoa tulevaisuudessa, jos hellejaksot tai lämpimät kaudet sattuvat jo kasvukauden alkuun.



**Kuva 8.** Kaikilla lajikkeilla saadaan suurimmat sadot, jos alkukasvukausi on viileä (keskilämpötila 6.3-11.6°C). Joillakin sato nousee myös, kun lämpötilat ovat normaalia korkeampia (13.8-19.1°C). Lajikkeet poikkeavat toisistaan merkitsevästi ( $p < 0.001$ ) reaktioissa alkukasvukauden lämpötilaan.

### 3.1.3 Vastemonimuotoisuus lähestymistapana

#### *Miksi vastemonimuotoisuus?*

Vastemonimuotoisuuteen - monimuotoisuuteen reaktioissa vaihteluun - viitataan kirjallisuudessa kaikkein useimmin niistä sopeutumis- ja sietokykyä edistävästä tekijöistä, joihin yksittäinenkin toimija voi toimintaympäristössään välittömästi vaikuttaa. Siinä se eroaa selvästi monista tekijöistä, joita yleisesti pidetään tärkeinä sopeutumiskyvylle, kuten infrastruktuurin kehittyneisyys tai yhteiskunnan vauraus. Vastemonimuotoisuudella on merkitystä etenkin silloin, kun olosuhteet sisältävät paljon vaikeasti ennakoitavaa muutosta ja vaihtelua. Tähänastisessa tutkimuksessa vastemonimuotoisuutta on tarkasteltu teoreettisena ilmiönä, mutta esitetty vain vähän havaintoja sen olemassaolosta ja merkityksestä. Tutkimukset siitä, miten siihen voidaan ihmisen toimin vaikuttaa, ovat lähes täysin puuttuneet.

Vastemonimuotoisuuden merkityksestä tähän asti esitetyt havainnot ovat liittyneet koralliriuttoihin, järvi- ja planktonin reaktioihin kokeelliseen myrkyllisten kemikaalien lisäämiseen ja happamoittamiseen, mehiläisiin ja nurmiin. On osoitettu, että jos nurmissa esiintyy lajeja, jotka reagoivat eri tavoin laiduntamisen ja sateisuuden vaihteluihin tai pitkiin kuivuusjaksoihin, ne kestävät paremmin vaihtelevia ympäristöoloja. Ihmisen globaalien maankäytön muutosten vaikutusta vastemonimuotoisuuteen on myös yritetty epäsuorasti mitata olettaen kasvien tiettyjen piirteiden tuottavan eroja niiden toimintaan (toiminnallinen monimuotoisuus) tai muutosvasteisiin (vastemonimuotoisuus). Tässä tutkimuksessa me kehitimme lähestymistavan, jolla vastemonimuotoisuutta voi suoraan mitata. Tällainen väline on välttämätön, jos järjestelmän sopeutumis- ja sietokykyä halutaan edistää vastemonimuotoisuutta lisäämällä.

### ***Ohran vastemonimuotoisuus***

Edellä kuvatussa osassa tätä hanketta (3.1.2) osoitimme, että joillekin, etenkin lämpötilaan kytkeytyville tekijöille, ohralajikkeistossamme ilmenee huomattavaa vastemonimuotoisuutta: on esimerkiksi lajikkeita, jotka eivät ole korkeille lämpötiloille yhtä herkkiä kuin muut (Hakala ym. 2012). Toisaalta, etenkin sateisuuden vaihteluun lajikkeistomme näytti reagoivan hyvin yhtenäisellä tavalla. Osoitimme lisäksi (3.1.1), että alueittain vaihtelevalla lajikeimuotoisuudella - ohralajikkeiden suurella määrällä ja niiden pinta-alojen tasaisella jakautumisella - on positiivinen yhteys alueiden satotasoon. Yhteys näytti olevan vahva etenkin niinä vuosina, jolloin sadanta oli suuri. Entä jos tarkastelisimmekin suuremmin sitä tekijää lajikkeiden monimuotoisuuden taustalla, josta teorian mukaan pitäisi nimenomaan olla hyötyä satojen varmentajana sään vaihdeltaessa, eli vastemonimuotoisuutta, siis monimuotoisuutta vasteissa sään ja ilmaston vaihteluun? Antaisiko tällainen tarkennettu monimuotoisuus erilaisen kuvan alueidemme lajikeimuotoisuudesta ja sen kehityksestä? Jos näin olisi, tämä jälkimmäinen kuva olisi sopeutumiskyvyn näkökulmasta tarkempi.

### ***Vastemonimuotoisuuden määrittäminen***

Tämän tarkastelemiseksi me toteutimme useampivaiheisen analyysin ohralajikkeistomme vastemonimuotoisuuden määrittämiseksi (Kahiluoto ym., käsikirjoitus a). Ensimmäisessä vaiheessa me käytimme lineaarista sekamalla arvioidaksemme yksittäisten ohralajikkeiden sadon määrän ja laadun vastetta kriittisille säätekijöille. Aineistona käytimme virallisten lajikekokeiden tuloksia kolmen vuosikymmenen ajalta lukuisilta paikkakunnilta ympäri Suomea. Sen jälkeen käytimme pääkomponenttianalyysiä muodostamaan lajikkeet ryhmiä, joiden lajikkeet ovat säävasteeltaan keskenään samanlaisia, mutta poikkeavat muista ryhmistä. Eniten lajikkeiden säävasteiden eroista ja yhtäläisyyksistä näytti selittävän malli, joka jakoi säätekijät ja lajikkeet neljään ryhmään. Tällainen malli selitti satojen säävasteista 73 % ja hehtolitrapainojen säävasteista 74 %. Kriittiset säätekijät muodostivat tässä mallissa seuraavat ryhmät (ryhmät ovat tärkeysjärjestyksessä ja esitetty niin, että niiden kuvaama sää yleensä nosti satoja): Ei yli +25 tai +28 asteen lämpötiloja kriittisissä kehitysvaiheissa tähkimisen tai jyvien täyttymisen aikaan, kohtuullinen (ei liian runsas) sadanta, korkeat lämpösummat ja aikainen kylvä.

Vastemonimuotoisuuden määrittäminen nyt havainnollistetulla tavalla vahvisti aiemmat (kts. 3.1.2) tuloksemme siitä, että eniten vaihtelua ohralajikkeistossamme on satovasteissa kriittisille lämpötiloille. Toisaalta, ne lajikkeet, jotka reagoivat positiivisimmin korkeiden lämpötilojen puuttumiseen ohran kriittisissä kehitysvaiheissa, olivat satotasoltaan ja laadultaan parhaita ja myös vähiten herkkiä lakoontumaan. Lisäksi, etenkin sateisuuden vaihteluun lajikkeistomme näytti reagoivan hyvin yhtenäisellä tavalla. Ohralajikkeistossa esiintyi erittäin vähän kykyä sietää runsasta sadetta. Monitahoisten ohrien lajikkeiden sadonmuodostus ja sadon laatu näyttivät yleisesti olevan suhteessa säävaihteluun vakaampia kuin kaksitahoisten ohrien. Lajikkeiden proteiinipitoisuuden vaste säätekijöille seurasi niiden sadon vastetta, mutta hehtolitrapaino, tuhannen jyvän paino ja lakoontuminen vaihtelivat lajikkeiden välillä selvästi vain suhteessa korkeisiin lämpötiloihin.

Vain pieni osa lajikkeista ei ollut herkkä millekään kriittisistä säätekijöistä, ja niiden satopotentiaali oli alhainen.

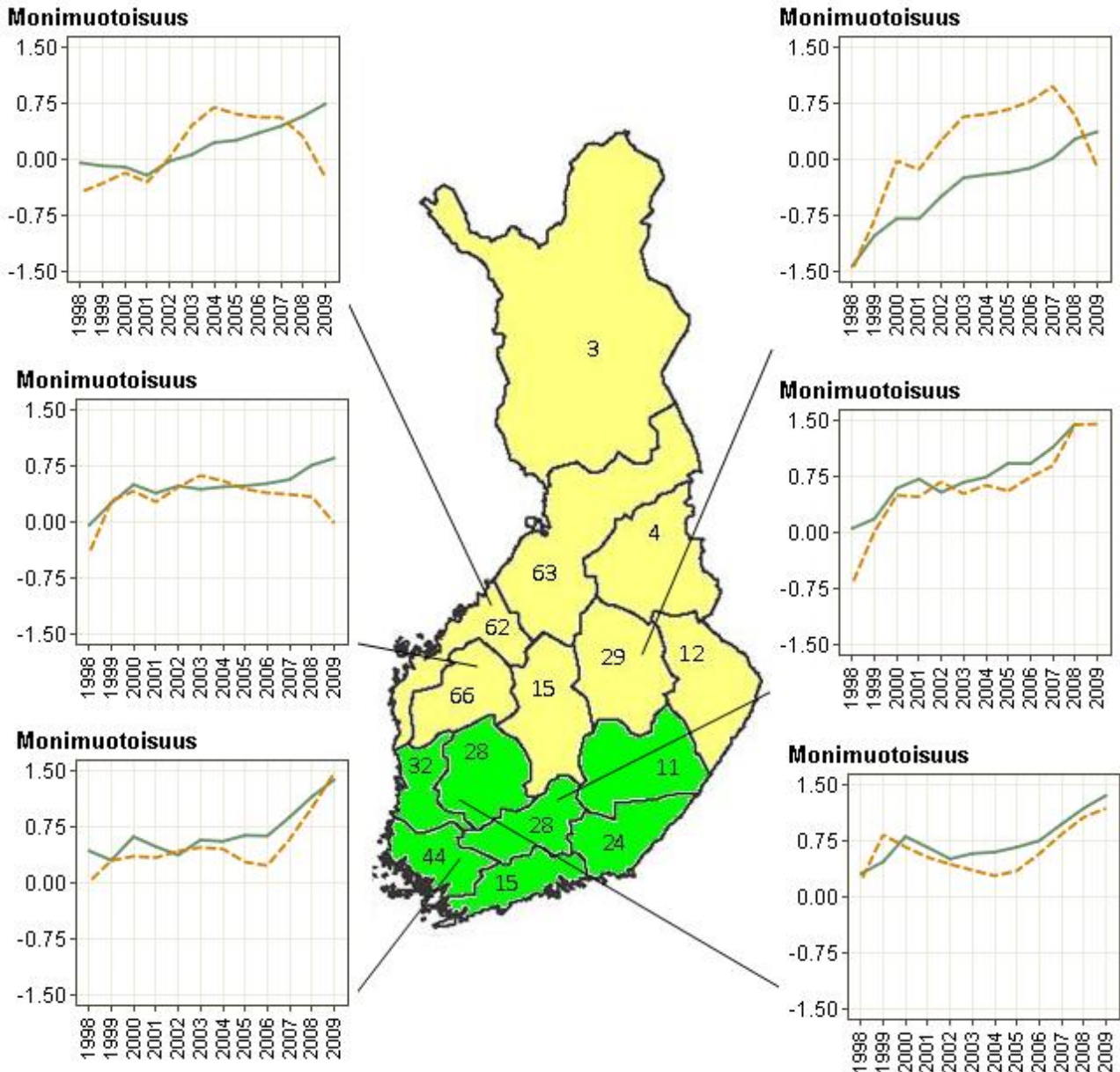
### ***Entä tiloilla?***

Edellä olevat tulokset saatiin käyttämällä lajikekoeaineistoja lukuisilta koepaikoilta ympäri Suomea. Seuraavassa vaiheessa me varmistimme, kuvaako tämä lajikekokeiden ja ilmatieteen laitoksen säähavaintojen pohjalta tehty malli riittävän hyvin tilannetta käytännön tiloilla niin, että mallia voisi myös käytännössä soveltaa. Tämä tarkistettiin kahdella tavalla. Eviron tila-aineiston sato- ja laatusurantatietoja ja k.o. tiloilta ekstrapoloituja säätietoja käyttäen verrattiin samojen lajikkeiden sato- ja laatusasteita kriittisille säätekijöille toisaalta tiloilla ja toisaalta lajikekokeissa korrelaatioanalyysiä käyttäen. Tässä vertailussa korrelaatiot olivat tyydyttäviä - 0.55 sadolle ja 0.68 hehtolitrapainolle. Toiseksi, samanlainen pääkomponenttianalyysi kuin lajikekoeaineistolle, toteutettiin myös tila-aineistolle. Tila-aineistolla toteutettu pääkomponenttianalyysi tuotti myös pitkälti samanlaisen tuloksen kuin lajikekoeaineistolle toteutettu.

### ***Vastemonimuotoisuusindeksi***

Tämän jälkeen pyrimme muodostamaan monimuotoisuusindeksin, joka pohjautuisi lajikkeiden vastemonimuotoisuuteen, ei pelkästään lajikkeisiin (tyyppimonimuotoisuus) ottamatta huomioon niiden säävasteiden eroja. Käytimme tässä klusterianalyysiä ja Shannon-monimuotoisuusindeksiä eli Shannonindeksiä (Shannon 1948). Lopuksi vertasimme kuudelletoista maaseutukeskusalueelle lasketun lajikkeiden tyyppimonimuotoisuuden ja vastemonimuotoisuuden arvoja keskenään. Osoittautui, että noin puolella alueista vastemonimuotoisuus ja sen kehitys kuluneella vuosikymmenellä ei juuri poikennut eri nimi-

siin lajikkeisiin pohjautuvan monimuotoisuusindeksin arvosta. Noin puolella alueista se osoittautui kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi erilaiseksi, joko tasoltaan tai vaihtelultaan (**Kuva 9**). Mikä huolestuttavinta, näillä alueilla ohralajikkeiden vastemonimuotoisuus laski selvästi viimeisen puolenkymmenen vuoden aikana, vaikka lajikenimiin perustuva monimuotoisuus (tyyppimonimuotoisuus) jatkoikin nousuaan. Tämä osoittaa, että vastemonimuotoisuuden määrittäminen ratkaisevasti helpottaa sopeutumisen ja sietokyvyn (resilienssin) oikeaa arviointia ja sen aktiivista hallintaa. Käyttämämme lähestymistapa soveltuu minkä tahansa järjestelmän vastemonimuotoisuuden arvioimiseen, jos sen yksiköiden muutosvasteista on riittävästi tietoa. Se tarjoaa näin yleisen mallin käytännöllisten välineiden kehittämiseksi.



**Kuva 9.** Lajikemonimuotoisuus maaseutukeskuksittain Suomen kartalla. Vihreä käyrä kuvaa lajikkeiden monimuotoisuutta ja oranssi lajikkeiden sääreaktioiden eroihin pohjautuvaa monimuotoisuutta (ns. vastemonimuotoisuus). Monimuotoisuutta on kuvattu standardoiduin Shannon-monimuotoisuusindeksin. Etelä-Suomessa molemmat Shannon-indeksit ovat kehittyneet samansuuntaisesti (vihreä alue), mutta Keski- ja Pohjois-Suomessa viljeltyjen ohralajikkeiden säävasteiden monimuotoisuus on viime vuosina kääntynyt laskuun, vaikka alueiden lajikemonimuotoisuus on jatkanut nousuaan (keltainen alue). Jälkimmäinen alue kattaa suurimman osan ohran viljelyalasta. Luvut kartalla kuvaavat alueiden keskimääräistä ohranviljelyalaa tuhansina hehtaareina vuosina 2005-2009.

### 3.1.4 Lajikemonimuotoisuuden merkitys tulevaisuudessa

Tähän asti on arvioitu, että ennustetulla ilmastonmuutoksella on edullisia vaikutuksia pohjoisten alueiden maatalouteen, jossa kasvintuotantoa rajoittavat matalat lämpötilat ja lyhyet kasvukaudet (Peltonen-Sainio ym. 2009). Nopea maapallon lämpötilan nousu on kuitenkin myös mahdollinen kun tarkastellaan nykyisten ilmastonmuutosennusteiden vaihteluvälien korkeimpia arvioita, ja vaikutusten kertautuessa etenkin korkeimmilla leveysasteilla. Tämä voisi muuttaa kasvintuotannon olosuhteita niin dramaattisesti, että sadot saattaisivat laskea vaikka huomioon otettaisiinkin lisääntyvän CO<sub>2</sub>-pitoisuuden positiiviset vaikutukset kasvintuotannolle (Rötter ym. 2011a,b). Yksi varteenotettava strategia pärjätä tulevaisuudessa odotettavissa olevien lisääntyvien ilmastoriskien kanssa on käyttää hyväksi viljelykasvien geneettistä monimuotoisuutta, etenkin sitä monimuotoisuutta, joka liittyy kuivuuden ja kuumuuden keston (Hakala ym. 2012).

Kirjallisuuden mukaan oletamme, että ”kuumuus- ei kuivusstressi” tulee olemaan tärkein rajoittava tekijä viljantuotannolle Euroopassa ja siis samoin Suomessa, kun ilmasto lämpenee. Ainakin tämä oletamus on yhteneväinen uusimpien tutkimusten kanssa (mm. Semenov & Shewry 2011). Suomen oloissa tehty analyysi (Hakala ym. 2012) todistaa kuitenkin toista: nykyiset suomalaiset ohralajikkeet poikkeavat toisistaan lämpöstressiin nähden ja saattavat pärjätä kuumuuden kanssa jopa paremmin kuin kuivuuden.

Yksi ADACAPA-projektin tavoitteista on ollut selvittää miten monimuotoista viljelykasvilajikkeistomme on vasteissaan erilaisiin säätekijöihin ja niiden muutoksiin. Tämän valossa on mahdollista miettiä miten olemassa olevaa monimuotoisuutta voitaisiin parhaiten hyödyntää, sekä vähentämään tulevien ilmasto-olojen mahdollisia huonoja vaikutuksia kasvintuotannolle että hyödyntämään muuttuvan ilmaston hyvät vaikutukset. ADACAPA-hankkeen mallitustutkimusosio tarkastelee sopeutumisen rajoja siihen nähden, mitä nykyinen lajikemonimuotoisuus pystyy tarjoamaan sopeutumisessa mahdollisiin tulevaisuuden ilmastoihin. Työ nojaa vahvasti luvuissa 3.1.2 ja 3.1.3 kuvattuun työhön ja tuloksiin ja yhdistää nämä tiedot viimeisimpiin spatiaalisiin maatalous-ilmastollisiin mallitustyökaluihin, joiden avulla voidaan tarkasti simuloida viljelykasvilajiston vastemonimuotoisuutta erilaisiin ilmastotekijöihin ja skenaarioihin.

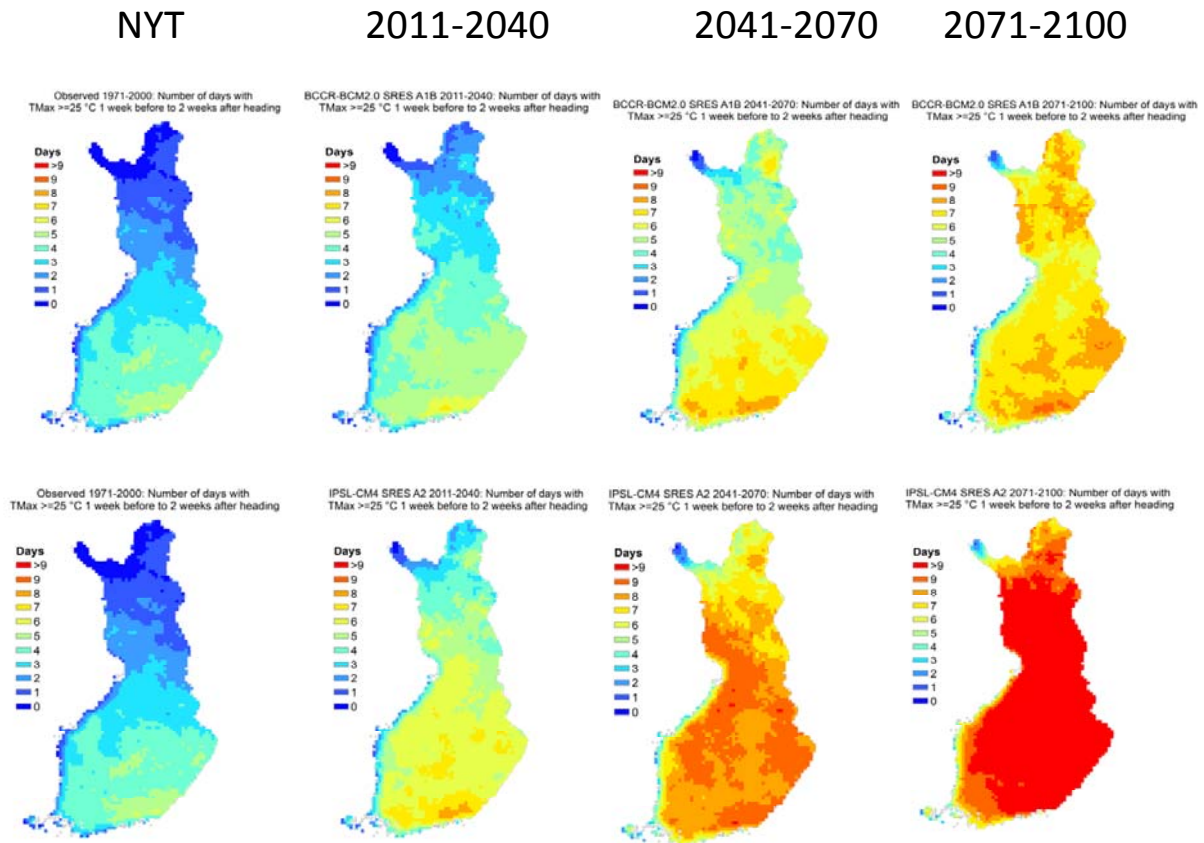
Lajikemonimuotoisuuden merkitystä tulevaisuudessa pohdittaessa on oleellista kiinnittää huomiota seuraaviin kysymyksiin: Vahvistaako lajikkeiden vastemonimuotoisuus ohran tuotannon sopeutumiskykyä ilmastonmuutoksen edetessä siten, että tulevaisuuden satotasot säilyvät toteutuipa mikä hyvänsä mahdollisista ilmastoskenaarioista? Missä ilmastoskenaariossa vastemonimuotoisuudesta olisi eniten hyötyä ja mistä ilmastotekijöistä satotasojen kehitys tulee eniten riippumaan? Jotta ohran sopeutumiskyky lisääntyisi todennäköisissä tulevaisuuden oloissa (keskisadot säilyisivät samoina ja satojen vaihtelevuus pienenä), mihin ilmastotekijöihin erityisesti tarvittaisiin lisääntyvää vastemonimuotoisuutta ja monimuotoisuutta? Käytännössä tämä tarkoittaa, onko alueellinen keskisato tai sen ajallinen säilyvyys valitulle ohralajikejoukolle (esim. 3-5 ryhmää), joilla on hyvä vastemonimuotoisuus, korkeampi kuin lajikkeen (tai lajikeriikkeen), jota pidetään parhaana mahdollisiin todennäköisimpiin tuleviin ilmasto-oloihin. Kyse on siis vertailusta optimaalisten ja monimuotoisuutta korostavien sopeutumisstrategioiden välillä.

Olemme suunnittelemassa menetelmää, jolla voidaan mallittaa muutoksia tulevaisuuden mahdollisissa maatalous-ilmastollisissa riskeissä ja verrata ”optimaalista” sopeutumisstrategiaa ”monimuotoiseen”. Tähän työhön kuuluu (arctic) AgriCLIM -mallin kehittäminen ja testaus Suomen oloissa, perustuen aiempiin tutkimuksiin (mm. Hakala ym. 2012), joiden avulla testataan maatalous-ilmastollisten olojen muutoksia. Spatiaalisessa mallituksessa käytetään 10 x 10 km verkkojakoon koko Suomesta perustuvaa karttoitusta valituista historiallisista (1971-2010) maatalous-ilmastollisista tekijöistä (vuosittaiset arvot) ja useita ilmasto-ennusteita kolmelle aikajaksolle (2011-2040; 2041-2070 and 2071-2100) Suomelle. Tähänastisia tuloksia (karttoja arvioidusta hellejaksojen esiintymisestä ohran kukinnan aikaan sekä sadannan määrästä 3-7 viikkoa ohran kylvöstä nykyisessä ilmastossa ja muutamissa mahdollisissa tulevaisuuden ilmastoskenaariossa) esitellään kuvissa 10 ja 11. Karttojen avulla voimme arvioida maatalous-ilmastollisten säämuuttujien ajallisia ja paikallisia muutoksia (vrt. esim. Peltonen-Sainio ym. 2009, Trnka ym. 2011) sekä alueellista haavoittuvuutta ja herkkyyskohtia: alueita, joista saattaa tulla kaikkein haavoittuvimpia ja jotka ovat eniten alttiina kuumuudelle, kuivuudelle ja muille ilmastostresseille kun tarkastellaan noin 10 (SRES: A2, A1B ja B1 eri ilmastomallit) ilmastonmuutoskkenaarioyhdistelmää kolmella tulevalle aikajaksolla.

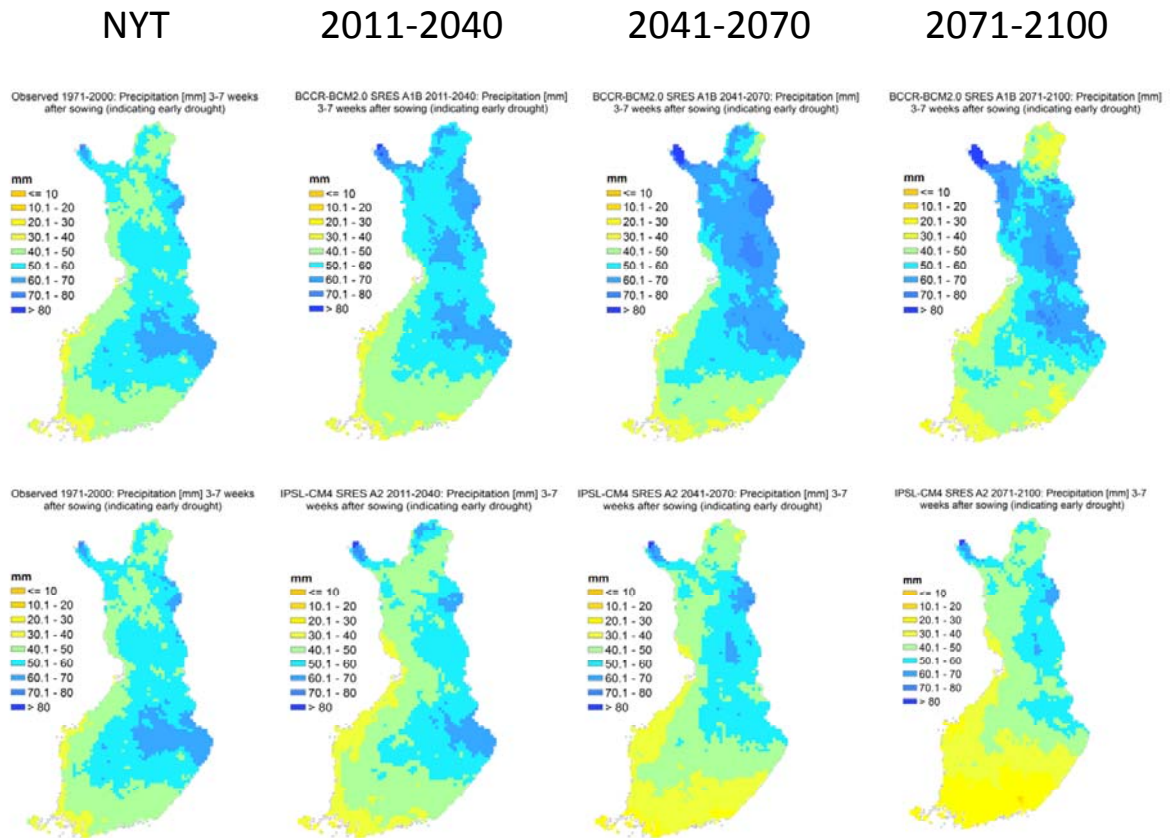
Tarkat simuloinnit, joissa käytetään luotettavia kasvintuotannon malleja (Rötter ym. 2011a) auttavat meitä arvioimaan ”optimaalisten” tai toisaalta ”monimuotoisten” sopeutumisstrategioiden vaikutuksia ohran satoon ja satovaihteluun tässä laajassa valikoimassa vaihtoehtoisia, ja mahdollisia ilmastoskenaarioita.



Jatkotutkimuksissa tämä laaja aineisto antaa meille mahdollisuuden vastata kysymykseen: miten laajasti nykyinen geneettinen monimuotoisuus riittää mahdollisiin muutoksiin sopeutumiseen ja mitä uusia kasvien ominaisuuksia täytyy jalostaa “tulevaisuuden lajikkeisiin”, jotta odotettavissa olevissa muutoksissa pärjättäisiin (Rötter ym. 2011b, Semenov & Shewry 2011). Kuvat 10 ja 11 osoittavat että skenaarioiden vaihteluväli on suuri. Vastemonimuotoisuutta kaivataan siten vastaamaan näihin muutoksiin sekä niiden ajalliseen ja paikalliseen epävarmuuteen.



**Kuva 10.** Kahdella skenaario-oletuksella lasketut ennusteet siitä, miten monta päivää vuodessa tulee olemaan hellejaksoja (yli 25°C) ohran kukinnan aikaan. Ylärivissä olevat kartat on laadittu skenaarion SRES A1B mukaan mallilla BCCR-BCM2.0 ja alarivissä olevat kartat skenaarion SRES A2 mukaan mallilla IPSL CM4. SRESA2 skenaario olettaa, ettei hillintätoimia juurikaan tehdä ja päästöt jatkuvat entisellään, mikä johtaa maapallon keskilämpötilan nousuun 2-5°C. Skenaario A1B olettaa, että fossiilisten energialähteiden rinnalla on yhä enemmän käytössä myös uusiutuvia, ja maapallon keskilämpötila nousee vähemmän, 1,7-4,4°C.



**Kuva 11.** Kahdella skenaario-oletuksella lasketut ennusteet siitä, miten sademäärä muuttuu aikajaksolla 3-7 viikkoa ohran kylvöstä. Tänä aikana ohra on herkkä kuivuudelle ja kuivuusjaksot näyttävät lisääntyvän. Muut kuvan tiedot kuten kuvassa 10.

### 3.1.5 Ydinviestit

1. Nyt käytössä olevasta ohralajikkeistostamme puuttuu kykyä sopeutua kuivuuteen ja tulvimiseen kasvun alkuvaiheessa ja kohonneisiin lämpötiloihin ennen tähkimistä. Tällaisten olosuhteiden on ennustettu lisääntyvän. Nykyisten geenivarojen yhdisteleminen uudella tavalla ja uusien geenivarojen löytäminen tai luominen ovat välttämättömiä edellytyksiä kasvintuotannon menestykselle ilmaston muuttuessa. Paitsi satomenetyksen välttämiseen, uutta materiaalia tarvitaan myös ilmastonmuutoksen tuomien hyötyjen realisoitumiseen tulevaisuudessa.

2. Alueellinen lajikemonimuotoisuus on Suomessa suurinta ja positiivisimmin satotasoon kytkeytyvää rehuohralla. Kevätvehnäällä, mallasohralla ja kevättrypsilä alueiden lajikemonimuotoisuus selittää huomattavasti niiden satotasoa. Syynä saattaa olla lajikkeiston sääherkkyyden samankaltaisuus. Kevättrypsilä satotaso on viime vuosina ollut alempi alueilla, joilla lajikemonimuotoisuus on ollut suurempi, ilmeisesti pienen menestyvien lajikkeiden valikoiman takia.

3. Ohralajikkeistomme sopeutumiskyky ilmastonmuutokseen, johon sisältyy etenkin paikallista ja ajallista epävarmuutta ja vaihtelua, edellyttää monimuotoisuuden lisäämistä. Tarvitaan runsassatoisia ja hyvälaatuisia, vahvakortisia lajikkeita, joiden sato ei laske, vaikka esiintyisi korkeita lämpötiloja kriittisissä kehitysvaiheissa. Vielä tärkeämpää on saada valikoimaan lajikkeita, jotka antavat runsaita, hyvälaatuisia satoja sateisissa olosuhteissa.

4. Ohralajikkeiden vastemonimuotoisuus on laskenut viimeisen vuosikymmenen aikana puolella suomalaisista alueista siitä huolimatta, että lajikenimiin pohjautuva 'tyyppimonimuotoisuus' (viljelyalan jakautuminen yksinkertaisesti eri lajikkeille) on jatkanut kasvuaan. Vastemonimuotoisuus kuvaa viljelyalan jakautumista lajikkeille, joiden sadonmuodostus reagoi sähän eri tavoin. Lajikkeiden vastemonimuotoisuus on laskenut Keski- ja Pohjois-Suomessa, jossa sijaitsee suurin osa ohran viljelystä ja jossa ilmastonmuutoksen on ennakoitu olevan nopeinta. Vastemonimuotoisuuden määrittäminen soveltuu sopeutumis- ja sietokyvyn (resilienssin) arviointiin ja edistämiseen aina, kun on tarjolla tietoa järjestelmän erilaisien yksiköiden vasteesta vaihteluun ja muutoksiin.

## 3.2 Monimuotoisuudesta ympäristöhyötyjä

Tapio Salo, Helena Kahiluoto, Janne Kaseva, Eeva Lehtonen ja Sari Himanen

### 3.2.1 Viljelyhistorian monimuotoisuuden vaikutus satoon

Maatilojen viljelykasvivalikoiman vaikutusta satoon ja ravinneylijäämiin tutkittiin Eviran keräämästä Viljaotanta-aineistosta. Viljaotanta-aineistossa viljelijä lähettää viljanäytteen Eviran laatuanalyysiin ja ilmoittaa samalla mm. käytetyn lannoituksen ja arvion satotasosta. Vuosien 1998–2008 aineistoon yhdistettiin tilojen vuosittainen viljelykasvivalikoima, jonka avulla saatiin lasketuksi maatilan ja sen lähettämän näytteen viljelylohkolle Shannon-monimuotoisuusindeksi eli Shannon-indeksi (Shannon 1948). Indeksien laskentaa varten viljelykasvivalikoima jaettiin yhteentoista luokkaan<sup>1</sup>.

Viljelylohkot sijoitettiin paikkatietojen perusteella 10 x 10 km<sup>2</sup> hiloihin, joille oli saatavissa vuosittaiset lämpötila- ja sadantatiedot. Viljelylohkoille laskettiin kullekin vuodelle 12 säätekijää, joista neljä perustui sademäärään eri kasvukauden aikoina ja kahdeksan kasvukauden aikaisiin lämpötiloihin ja lämpösunnan kertymään ohran kasvun eri vaiheissa. Pääkomponenttianalyysin avulla säätekijät ryhmiteltiin lämpömuuttujaksi ja sademuuttujaksi. Lämpömuuttuja muodostettiin kahdesta jyvän täyttymisajankohdan säätekijästä, sademuuttuja viidestä eri säätekijästä. Lämpö- ja sademuuttujat jaettiin kolmeen yhtä suureen luokkaan niin, että luokka 1 tarkoitti alhaista lämpötilaa tai vähäistä sadetta. Myös Shannon-indeksi jaettiin kolmeen yhtä suureen luokkaan, jossa arvon 1 saivat indeksit, jotka olivat alle 0,55 ja arvon 3 indeksit, jotka olivat yli 0,89.

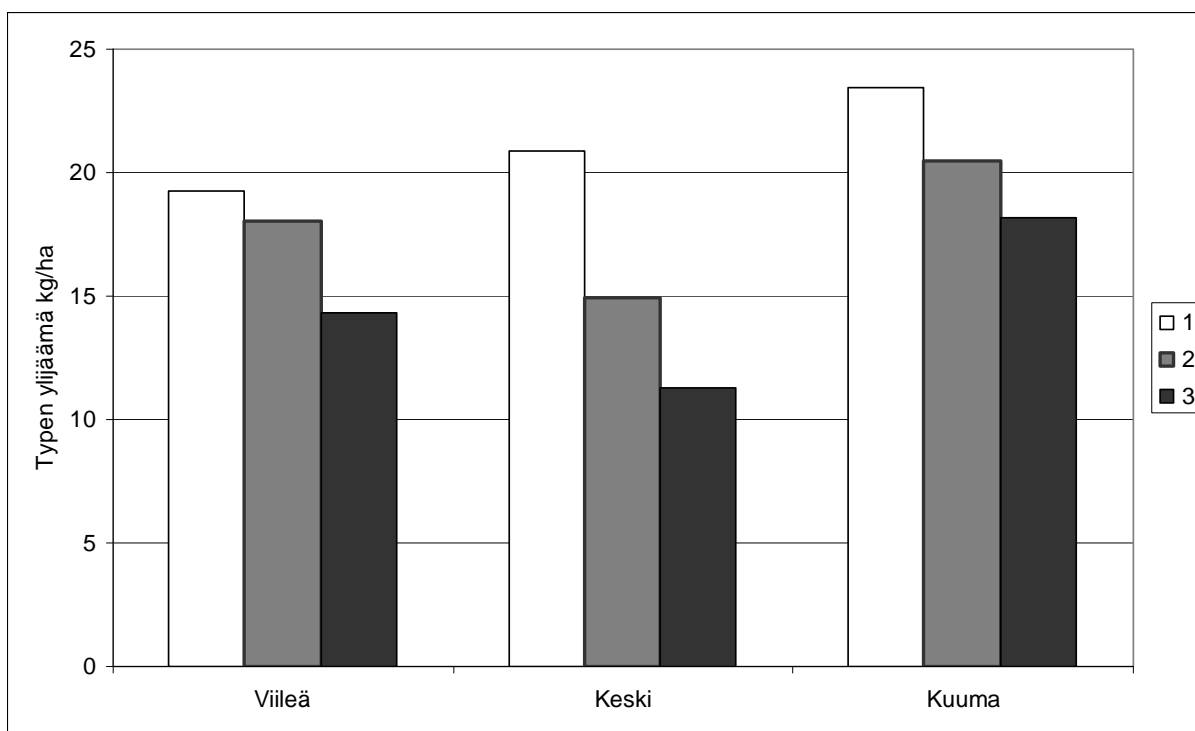
Säämuuttujille tehtiin erilliset mallit, jotta välttyttiin liian monimutkaisilta yhdysvaikutusten tulkinnoilta. Tilastollisen mallin kiinteinä tekijöinä olivat laji, Shannon-luokka, säämuuttujan luokat ja kaikki yhdysvaikutukset. Lisäksi tarkasteltiin erikseen pelkkää väkilannoitusta (13900 kpl) ja lantaa (2600 kpl) ravinnelähteinä saaneita lohkoja.

Viljelyhistorian monimuotoisuus ei vaikuttanut koko aineistossa viljojen satotasoon. Ainoastaan mal-lasohralla tilan monipuolisempi kasvivalikoima näytti hieman nostavan satoa. Sen sijaan kauralla sato oli alhaisempi monipuolisen lajivalikoiman tiloilla. Lämpömuuttujan osalta viilein ja lämpimin luokka olivat satotasoltaan 200 kg/ha keskimmäistä luokkaa heikompia. Monipuolisin viljelykasvivalikoima näytti jopa tuottavan heikompia viljasatoja viileinä kasvukausina. Sademuuttujan osalta kuivimmat kasvukaudet vähensivät viljasatoa noin 220 kg/ha. Jos lohkolla käytettiin vain väkilannoitteita, monimuotoisuus lisäsi hieman satotasoa.

### 3.2.2 Viljelyhistorian monimuotoisuuden vaikutus typen ylijäämään

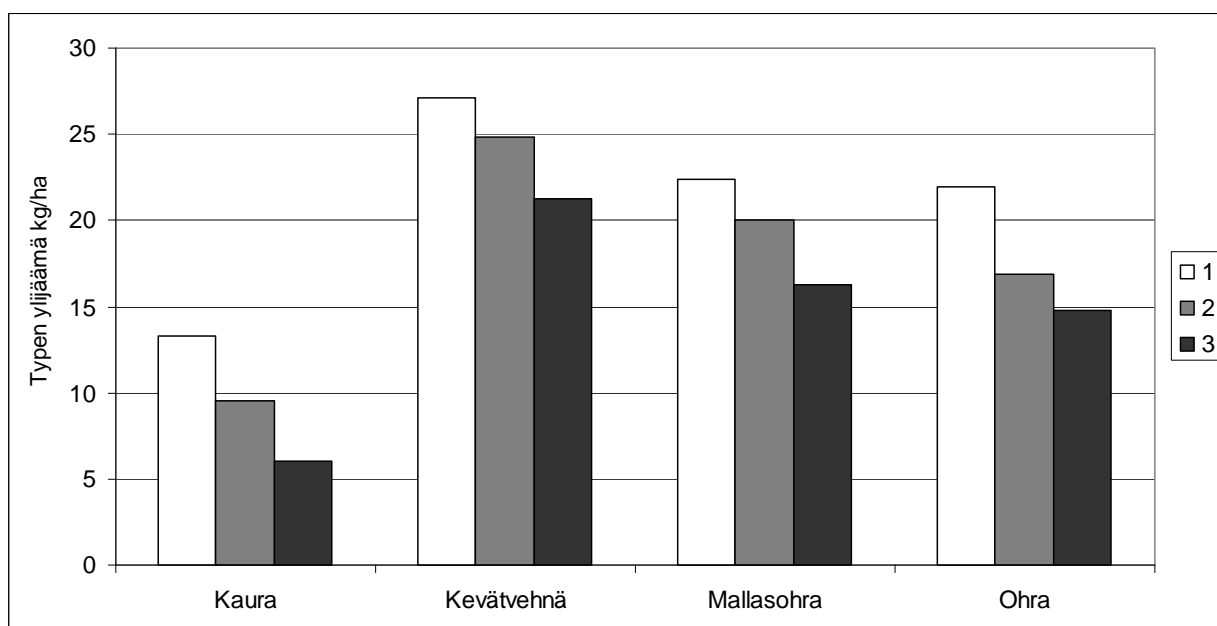
Typen ylijäämä laskettiin typpitaseena hyödyntäen viljelijän ilmoittamaa typpilannoitustasoa. Typpilannoituksesta vähennettiin jyvien typen otto satotason ja näytteestä määritetyn typpipitoisuuden perusteella. Monipuolinen kasvivalikoima pienensi typen ylijäämää 3-7 kg/ha. Viileä ja kuuma kasvukausi nostivat typen ylijäämää, koska sato muodostui alhaisemmaksi kuin lannoitettaessa ennakoitiin. Kuumen kasvukauden aiheuttama typpiylijäämän lisäys keskimääräiseen kasvukauteen verrattuna oli noin 5 kg/ha. Lohkoilla, joilla viljelykierto oli ollut yksipuolinen, typen ylijäämä oli suurempi lukuun ottamatta viileitä kasvukausia (**Kuva 12**). Monimuotoisen viljelyhistorian typpiylijäämää pienentävä vaikutus oli suurin keskimääräisinä kasvukausina.

<sup>1</sup> Maankäyttöluokat olivat: 1) kevätiljat, 2) syysviljat, 3) valkuaiskasvit, 4) öljykasvit, 5) peruna ja sokerijuurikas, 6) nurmi, 7) peltoenergiakasvit, 8) vihannekset ja yrtit, 9) marjat ja hedelmät, 10) erikoiskasvit ja 11) muu peltoala.



**Kuva 12.** Kasvukauden lämpötilan ja Shannon-indeksin (1=pieni lajivalikoima, 3=suuri lajivalikoima) välinen yhteys.

Kaikilla tutkituilla viljoilla korkeamman monimuotoisuusindeksin typen ylijäämää vähentävä vaikutus oli saman suuntainen (**Kuva 13**).



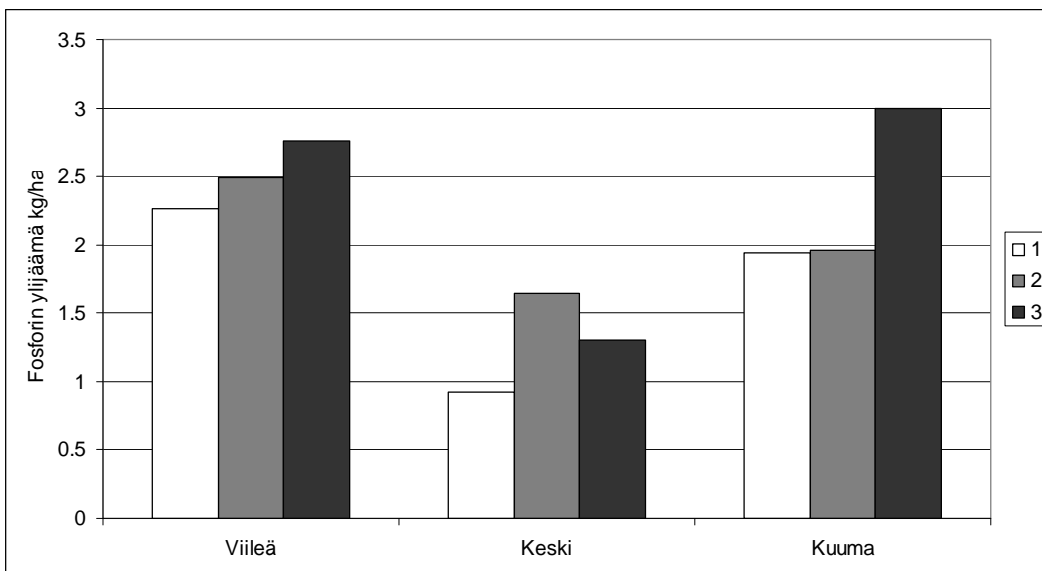
**Kuva 13.** Viljalajien ja monimuotoisuuden vaikutus typen ylijäämään (Shannon-indeksi: 1=pieni lajivalikoima, 3=suuri lajivalikoima).

Kuivimpia kasvukausia edustava sademuuttujan luokka tuotti muihin luokkiin verrattuna 3-6 kg/ha suuremman typpiyli jäämän, ehkä odotuksia alemman satotason johdosta. Viljelyn monipuolisuudella ja kasvukauden sateisuudella ei ollut yhdysvaikutusta typen ylijäämään. Tilan monimuotoinen kasvilajivalikoima näytti vähentävän hieman viljojen typpilannoitusta, ja tämä korostui etenkin karjanlannalla lannoitetuilla lohkoilla. Onkin mahdollista, että viljelijät ottivat esikasvien typpiarvon huomioon lannoitus päätöksissään.

### 3.2.3 Viljelyhistorian monimuotoisuuden vaikutus fosforin ylijäämään

Fosforiylijäämä laskettiin fosforitaseena hyödyntäen viljelijän ilmoittamaa fosforilannoitustasoa. Fosforilannoituksesta vähennettiin jyvien fosforin otto satotason ja kunkin viljalajin jyvien tyypillisten fosforipitoisuuksien perusteella. Lämpötilaltaan keskimääräinen kasvukausi tuotti noin 1 kg/ha pienemmän fosforin ylijäämän kuin viileä tai kuuma kasvukausi (**Kuva 14**). Kuivan kasvukauden fosforitase oli 3,0 kg/ha, ja sateiden lisääntyessä tase aleni 1,0 kg/ha:lle.

Viljalajeista ohra erottui muita 1,3 kg/ha korkeammalla fosforiylijäämällä. Syynä voi olla, että fosforilannoituskäytännöt eivät vastaa viljelykasvien fosforin oton eroja. Etenkin ohra tunnetaan alkukasvukaudella runsaasta fosforilannoituksesta hyötyvänä viljelykasvina. Monipuolinen lajivalikoima nosti 0,6 kg/ha fosforin ylijäämää verrattuna yksipuoliseen valikoimaan. Lisääntynyt lajivalikoima nosti fosforitasetta kauran ja ohran osalta, mutta kevätvehnällä ja mallasohralla eroja ei ollut. Syynä lajien välisiin eroihin monimuotoisuusvaikutuksissa voi olla se, että paremman tuotto-odotuksen viljelykasveja lannoitetaan enemmän ja koska fosforilannoituksella on vahva jälkivaikutus, rehuviljat hyötyvät siitä. Tämä nostaa niiden fosforitasetta suhteessa lohkolle sitä ennen viljeltyihin paremman tuotto-odotuksen vehnään ja mallasohraan. Monipuolisempi lajivalikoima nosti fosforitasetta myös kuuman kasvukauden seurauksena. Fosforintasausjaksojen ja maan fosforilukujen ohjaaminen fosforilannoitustasojen vuoksi fosforiylijäämän arviointi on selvästi tyypilaskelmia epätarkempi. Kun tarkasteltiin väkilannoitettuja ja karjanlantaa saaneita lohkoja erillisenä, monipuolinen lajivalikoima ei enää vaikuttanut fosforin ylijäämään.



**Kuva 14.** Kasvukauden lämpötilan ja Shannon-indeksin vaikutus fosforin ylijäämään (1=pieni lajivalikoima, 3=suuri lajivalikoima).

Monimuotoisen kasvilajivalikoiman tiloilla kauran ja ohran fosforilannoitus näytti olevan hieman korkeampi kuin pienen lajivalikoiman tiloilla. Todennäköisesti fosforintasausjaksot ja karjanlannan käyttö lisäävät jonkin verran fosforilannoitusta monimuotoisiksi luokitelluilla tiloilla. Karjanlannalla lannoitetuilla lohkoilla fosforilisäys oli keskimäärin 28 kg/ha ja väkilannoitetuilla 12 kg/ha.

### 3.2.4 Ydinviestit

Viljelyhistorian monimuotoisuus pienensi tyyppiylijäämiä, eniten lämpöoloiltaan keskimääräisinä kasvukausina. Tyypitaseen väheneminen näytti osittain liittyvän monimuotoisten tilojen hieman alhaisempiin tyypilannoitustasoihin. Fosforivaikutusten osalta tulkintaa vaikeuttaa viljelyhistorialtaan monimuotoisempien tilojen karjanlannan käyttö. Satovaikutukset vaihtelivat. Monimuotoinen viljelyhistoria näytti hiukan nostavan satoa korkean tuotto-odotuksen kasvulla kuten mallasohralla, mutta laskevan vaatimatolla kauralla.

## 3.3 Pärjäkö monialainen tila paremmin muutoksessa?

### 3.3.1 Monimuotoisuuden yhteys maatalan sopeutumiskykyyn

**Antti Miettinen, Helena Kahiluoto, Elise Ketoja ja Sari Himanen**

Monimuotoisuus mainitaan usein etenkin ekosysteemin mutta myös sosio-ekologisten järjestelmien sietokyvystä ja palautuvuudesta puhuttaessa (Folke ym. 2002; Elmquist ym. 2003). Monimuotoisuutta pidetään tärkeänä, koska monimuotoisuus voi sekä puskuroida välittömiä häiriöitä vastaan että tarjota välineitä pitemmän aikavälin sopeutumiselle (Gallopín 2006). Etenkin kasvinviljelytiloilla maatalan monimuotoisuus liittyy maankäytön ja erityisesti pellonkäytön monimuotoisuuteen. Lisäksi yli 90 % suomalaisista maataloista omistaa metsää (Tike 2010), joka on maatalousmaan ohella merkittävä maankäyttömuoto ja myös tilan taloudellinen turva. Sopeutumiskykyyn ja tulonlähteiden monimuotoisuuteen liittyy kiinteästi myös tilan monialaisuus. Monialaisella tilalla voidaan harjoittaa sekä kasvintuotantoa että kotieläintaloutta tai myös muuta yritystoimintaa kuin pelkästään maa- ja puutarhataloutta.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää onko tilan monimuotoisuudella ja monialaisuudella yhteyttä maatalan sopeutumiskykyyn. Erityisesti halutaan selvittää lisäävätkö monimuotoisuus ja monialaisuus maatalan kykyä sopeutua poikkeuksellisiin sääilmiöihin sekä markkinoiden ennakoimattomaan heilahteluun. Lisäksi halutaan tietää mistä tilan ominaisuuksista monimuotoisuuden yhteys sopeutumiskykyyn mahdollisesti riippuu.

Tutkimuskohteiksi valittiin kasvinviljelytilat, koska niiden maankäytön monimuotoisuudella on oletettavasti enemmän vaikutusta tilan tuloihin kuin kotieläintiloilla. Kasvinviljelytiloilla voidaan myös olettaa olevan enemmän mahdollisuuksia monialaisuuteen ja lisäksi niiden tulojen voidaan olettaa vaihtelevan sään ja hintatason mukaan enemmän kuin kotieläintiloilla.

#### *Aineisto ja menetelmät*

Tutkimusaineisto koostui 436 suomalaisesta kasvinviljelytilasta. Havainnot olivat vuosilta 1998–2008, mutta kaikilta tiloilta ja kaikista muuttujista ei ollut havaintoja tarkasteluperiodin jokaiselta vuodelta. Tiedonlähteinä käytettiin eurooppalaista maatalouden kirjanpidon tietoverkon (FADN) tietokantaa ja MTT Taloustutkimuksen keräämää kirjanpito-tila-aineistoa. Sätiedot saatiin Ilmatieteen laitokselta. Tutkimuksessa käytetyt muuttujat on lueteltu taulukossa 2.

Maatalan taloudellisen tuloksen ja tilan sopeutumiskyvyn mittarina käytettiin tilan maa- ja puutarhataloudesta sekä metsätaloudesta ja muusta yritystoiminnasta saamaa yhteenlaskettua nettotulosta, josta oli vähennetty tilan saamat tuet. Tähän päädyttiin, koska nettotulos ilman tukia oletettavasti reagoi nopeimmin ja selvimmän sään ja hintojen vaihteluun. Nettotulos saadaan laskettua, kun liiketulokseen lisätään rahoitustuotot ja siitä vähennetään korot ja muut rahoituskulut. Nettotulosta tarkasteltaessa on lisäksi huomattava, että veroja ei ole vähennetty voitonjakoeränä. Eri vuosilta saatujen tulojen ja tukien vertailun mahdollistamiseksi rahamääräiset suureet muutettiin reaalihintaisiksi deflatoimalla ne Tilastokeskuksen julkaisemalla elinkustannusindeksillä (1951:10 = 100) vuoden 2010 hintatasolle.

Nettotulos ilman tukia -muuttujan havainnot luokiteltiin kahteen luokkaan, koska ne olivat voimakkaasti keskittyneet keskiarvon ympärille, eikä vastemuuttujan normaalijakaumaan perustuvia tilastollisia malleja voitu käyttää. Ensimmäiseen luokkaan kuuluivat ne nettotulokset (1 533 kpl), jotka olivat pienempiä kuin -20 000 euroa. Tällöin vastemuuttuja saa arvon 0. Toiseen luokkaan puolestaan kuuluivat ne nettotulokset (866 kpl), jotka olivat suurempia tai yhtä suuria kuin -20 000 euroa. Tällöin vastemuuttuja saa arvon 1. Luokitetun vastemuuttujan analysoinnissa käytettiin otanta-asetelman huomioon ottavaa logistista regressiomallia (esim. Hosmer & Lemeshow 2000).

## Taulukko 2. Tutkimusaineiston muuttujat.

### Vastemuuttuja

Kaksiluokkainen muuttuja: Maatilan nettotulos ilman tukia

Vastemuuttuja saa arvon 0, jos maatilan vuotuinen nettotulos ilman tukia on pienempi kuin -20 000 euroa ja arvon 1 jos vuotuinen nettotulos ilman tukia on suurempi tai yhtä suuri kuin -20 000 euroa

### Monimuotoisuutta ja monialaisuutta mittaavat muuttujat

Maatilan maankäytön monimuotoisuutta mittaavan Shannon-indeksin arvo, 12 luokkaa:

- |                             |                   |                       |                         |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1) kevätiljat               | 2) syysviljat     | 3) valkuaiskasvit     | 4) öljykasvit           |
| 5) peruna ja sokerijuurikas | 6) nurmi          | 7) peltoenergiakasvit | 8) vihannekset ja yrtit |
| 9) marjat ja hedelmät       | 10) erikoiskasvit | 11) muu peltoala      | 12) metsä               |

Maatilan työnkäytön monimuotoisuutta mittaavan Shannon-indeksin arvo, 12 luokkaa:

- |                                      |                                    |  |                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|
| 1) kasvinviljelytyöt                 | 2) kotieläintalouden työt          | 3) maatalouden muut työt               | 4) puutarhatalouden tuotanto     |
| 5) puutarhatalouden markkinointi     | 6) puutarhatalouden muut työt      | 7) puutavaran hankinta-kauppatyöt      | 8) muun yritystoiminnan tuotanto |
| 9) muun yritystoiminnan markkinointi | 10) muun yritystoiminnan muut työt | 11) muun yritystoiminnan koneurakointi | 12) investointityöt              |

Maatilan tulonlähteiden monimuotoisuutta mittavan Shannon-indeksin arvo, 4 luokkaa:

- |  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| 1) maataloudesta saatavat myyntituotot | 2) puutarhataloudesta saatavat myyntituotot | 3) metsätaloudesta saatavat myyntituotot | 4) muusta yritystoiminnasta saatavat myyntituotot |
|--|---|--|---|

### Ilmeiset maatilakohtaiset selittävät muuttujat

Maatilan käytössä olevan maatalousmaan pinta-ala (ha)

Maatilan maa- ja puutarhatalouden kokonaispääoma (€)

Maa- ja puutarhatalouden sekä metsätalouden ja muun yritystoiminnan yhteenlasketut vuotuiset työtunnit (h)

Maatilan sijainti FADN-alueiden mukaisesti, 4 luokkaa

- |                |               |              |                  |
|----------------|---------------|--------------|------------------|
| 1) Etelä-Suomi | 2) Sisä-Suomi | 3) Pohjanmaa | 4) Pohjois-Suomi |
|----------------|---------------|--------------|------------------|

Maatilan tuotantotapa, 2 luokkaa

- |                 |          |
|-----------------|----------|
| 1) tavanomainen | 2) luomu |
|-----------------|----------|

Perunan ja sokerijuurikkaan yhteenlaskettu osuus kasvinviljelyn kokonaistuotosta (%)

Puunmyyntituloja, 2 luokkaa

- |       |          |
|-------|----------|
| 1) ei | 2) kyllä |
|-------|----------|

### Maatilan ulkopuoliset selittävät muuttujat

Vuosi, 11 luokkaa

- |         |          |          |         |
|---------|----------|----------|---------|
| 1) 1998 | 2) 1999  | 3) 2000  | 4) 2001 |
| 5) 2002 | 6) 2003  | 7) 2003  | 8) 2005 |
| 9) 2006 | 10) 2007 | 11) 2008 |         |

Alkukasvukauden kuivuus (vrk)

Pakkasastesumma (°C)

Kasvukauden tehoinen säteilysumma (MJ m<sup>-2</sup>)

Maankäytön monimuotoisuutta mitattiin vuosittain maatilan eri maankäyttömuotojen pinta-alojen perusteella lasketun Shannon-indeksin arvoilla (Shannon 1948). Indeksien arvo,  $H$ , lasketaan seuraavasti:

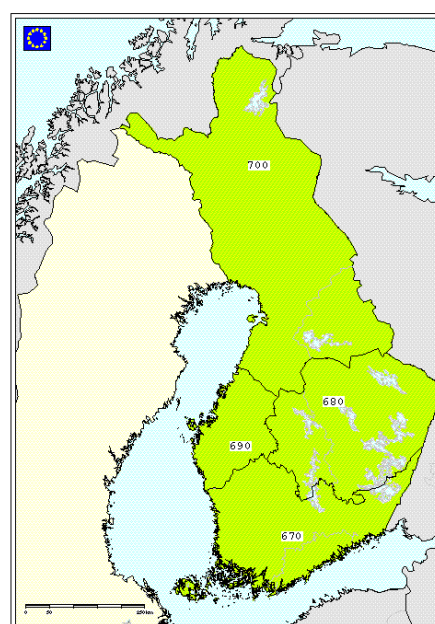
$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \ln p_i) \quad (1)$$

Maankäytön monimuotoisuutta laskettaessa maankäyttö luokiteltiin 12 luokkaan eli tällöin  $S = 12$ . Kaavassa (1)  $p_i$  tarkoittaa tällöin maankäyttöluokan  $i$  pinta-alaosuutta kaikesta tilan käytössä olevasta maa- ja metsätaloudesta ja  $\ln p_i$  tarkoittaa pinta-alaosuuden luonnollista logaritmia. Shannon-indeksi saa arvon 0, jos tilan maankäytössä ei tarkasteltavana vuotena ole lainkaan vaihtelua luokkien välillä vaan tilan koko maa- ja metsätaloudesta maankäyttö on ainoastaan yhdessä luokassa (esim. luokassa vihannekset ja yrtit). Indeksillä saa suurimman arvonsa silloin, kun kaikissa luokissa on havaintoja ja kaikkien luokkien havaintosuus on yhtä suuri. Lisäksi Shannon-indeksin maksimiarvo riippuu luokkien lukumäärästä.

Työnkäytön ja tulonlähteiden monimuotoisuutta mitattiin myös Shannon-indeksin arvoilla. Työnkäytön monimuotoisuutta mittaava indeksi muodostettiin luokittelemalla tilalla vuoden aikana tehdyt työtunnit 12 työnkäyttöluokkaan. Tulonlähteiden monimuotoisuutta mittaava indeksi puolestaan muodostettiin luokittelemalla maataloudesta, puutarhataloudesta, metsätaloudesta ja muusta yritystoiminnasta saatavat myyntituotot kukin omaan luokkaansa. Myyntituottojen laskennassa ei huomioitu tukia.

Suurilla maatiloilla voidaan olettaa olevan suurempi absoluuttinen taloudellinen tulos kuin pienillä tiloilla. Tästä syystä maatilan taloudellista tulosta ja sopeutumiskykyä selittäviksi ilmeisiksi muuttujajohdokkaiksi valittiin maatilan käytössä olevan maataloudesta pinta-ala, vuoden 2010 hintatasolle muunnettu maa- ja puutarhatalouden kokonaispääoma sekä maa- ja puutarhatalouteen, metsätalouteen ja muuhun yritystoimintaan käytetyt yhteenlasketut vuotuiset työtunnit.

Ilmasto-olot ja nautakarjatalouden alueellinen sijoittuminen Itä- ja Pohjois-Suomeen heijastuvat pellonkäyttöön ja viljelykasvivalintaan eri osissa Suomea. Maatilan sijainti huomioitiin tutkimuksessa neliluokkaisella muuttujalla FADN-alueiden mukaisesti. Kuvassa 15 näkyvät Suomen FADN-alueet (670 = Etelä-Suomi, 680 = Sisä-Suomi, 690 = Pohjanmaa ja 700 = Pohjois-Suomi) on muodostettu maakuntajaon pohjalta. Luonnonmukaisessa maataloustuotannossa käytetään viherlannoitusnurmia, joten maantieteellisen sijainnin lisäksi maatilan pellonkäyttöön vaikuttaa myös tilan tuotantotapa. Tuotantotapaa mitattiin kaksiluokkaisella muuttujalla (tavanomainen tai luomu).



**Kuva 15.** Suomen FADN-alueet.  
Lähde: EC ESTAT-GISCO & AGRI-A.3

Perunan ja sokerijuurikkaan hehtaarituohto on muiden viljelykasvien hehtaarituohtoa suurempi. Tästä syystä malliin lisättiin selittäjäjohdokkaiksi perunan ja sokerijuurikkaan yhteenlaskettu osuus vuotuisesta tilakohtaisesta kasvinviljelyn kokonaistuotosta. Muuttujan avulla voidaan varmistaa, että mahdollinen monimuotoisen maankäytön maatilan sopeutumiskykyä lisäävä vaikutus todella riippuu maankäytön monimuotoisuudesta eikä parhaita tuottoja tarjoavien viljelykasvien pinta-alaosuudesta. Samasta syystä mallissa huomioitiin myös mahdollisuus saada puunmyyntituloja tilan metsistä. Tätä varten muodostettiin kaksiluokkainen muuttuja, joka kunakin vuonna saa arvon nolla, jos maatilalla ei ollut metsätaloudesta saatua myyntituottoja, ja arvon yksi mikäli niitä oli.

Tilakohtaista tietoa taloudellisista muuttujista ei ollut käytettävissä. Tästä syystä lopputuotteiden ja tuotantopanosten hinnat ja hinnoissa tapahtuneet muutokset sisältyvät epäsuorasti vuosivaikutukseen. Sen sijaan säätilaa mittaavien muuttujien arvot saatiin johdettua tilakohtaisesti (kuten Trnka ym. 2011) määrittämällä vuosikohtaiset säämuuttujat  $10 \times 10$  km:n ruuduilla, joilla tilat sijaitsivat. Selittäjäjohdokkaiksi valittiin seuraavat muuttujat, koska niiden merkitys ei ratkaisevasti riipu yksittäisten kasvilajien kehitystytmistä tiloilla: alkukasvukauden kuivuus eli niiden vuorokausien lukumäärä huhti-kesäkuussa, jolloin



$ET_a/ET_r < 0,4$  (määritetty kuten Trnka ym. 2011), pakkasastesumma koko vuonna ja kasvukauden tehoisa säteilysumma. Kuivuus aikaisin kasvukaudella vähentää viljojen satoja. Pakkasen puolella olevien lämpötilojen summa voi heijastua roudan sulamiseen ja siten kylvöajankohtaan ja syysviljojen talvehtimiseen. Tehoisan säteilysumman lisääntyminen kasvukaudella parantaa erityisesti nurmien kasvua ja lisää niiden satoa.

### Tulokset ja tulosten tarkastelu

Logistiseen regressiomalliin perustuvat tulokset siitä, mistä paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyys riippuu, on raportoitu taulukossa 3. Tulosten tarkastelussa keskitytään pelkästään maatilalan monialaisuutta ja maankäytön monimuotoisuutta mittaaviin muuttujiin.

**Taulukko 3.** Kasvinviljelytilan taloudellista tulosta selittävät vaikutukset logistisessa regressiomallissa.

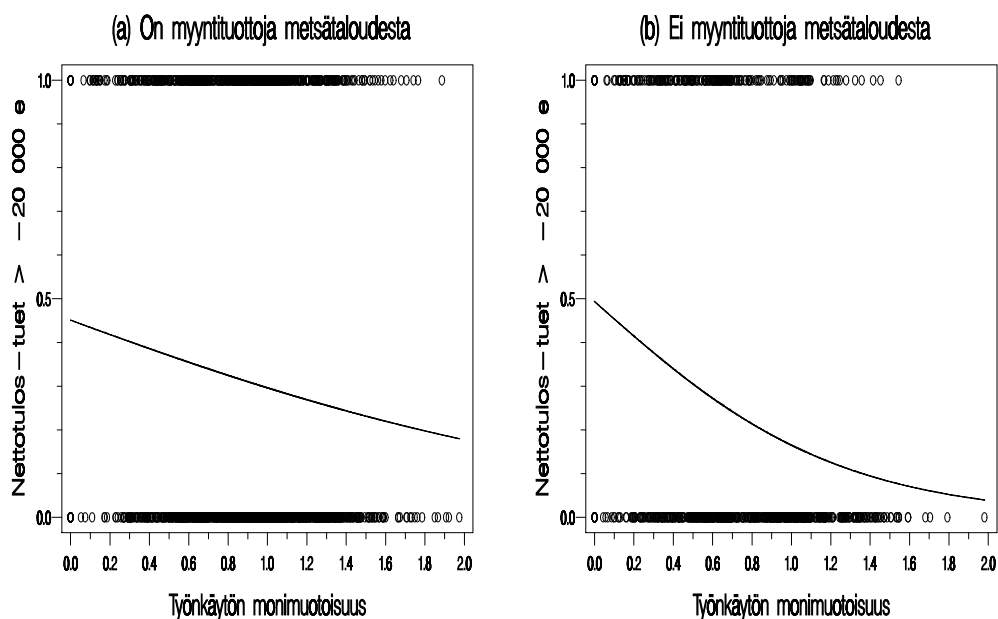
vaikutus	kerroin	p-arvo	odds ratio = $\exp(\text{kerroin})$
Vakio (FADN-alue Pohjois-Suomi, vuosi 2008, mahdollisuus puunmyyntituloihin)	1,1359	0,4537	3,1140
FADN-alue Etelä-Suomi (FADN-alue Pohjois-Suomi)	2,2182	0,1250	9,1908
FADN-alue Sisä-Suomi (FADN-alue Pohjois-Suomi)	-1,5404	0,3407	0,2143
FADN-alue Pohjanmaa (FADN-alue Pohjois-Suomi)	-0,9664	0,5687	0,3805
Vuosi 1998 (vuosi 2008)	0,0346	0,9492	1,0352
Vuosi 1999 (vuosi 2008)	0,2688	0,4714	1,3084
Vuosi 2000 (vuosi 2008)	0,6076	0,1503	1,8360
Vuosi 2001 (vuosi 2008)	0,0619	0,8822	1,0639
Vuosi 2002 (vuosi 2008)	-2,1687	0,0019	0,1143
Vuosi 2003 (vuosi 2008)	-1,0980	0,0108	0,3335
Vuosi 2004 (vuosi 2008)	-1,3694	0,0018	0,2543
Vuosi 2005 (vuosi 2008)	-1,8662	0,0006	0,1547
Vuosi 2006 (vuosi 2008)	-1,0484	0,0053	0,3505
Vuosi 2007 (vuosi 2008)	1,3770	<0,0001	3,9630
Ei puunmyyntituloja (puunmyyntituloja)	-2,0647	0,0006	0,1269
Käytössä olevan maatalousmaan pinta-ala	-0,0234	<0,0001	0,9769
Maa- ja puutarhatalouden kokonaispääoma	0,0014	0,0638	1,0014
Vuotuiset työtunnit	-0,0008	<0,0001	0,9992
Perunan ja sokerijuurikkaan osuus kasvinviljelyn kokonaistuotosta	0,0107	0,0004	1,0108
Alkukasvukauden kuivuus	0,0234	0,4941	1,0237
Pakkasastesumma	-0,0025	<0,0001	0,9975
Alkukasvukauden kuivuus * FADN-alue Etelä-Suomi (Alkukasvukauden kuivuus * FADN-alue Pohjois-Suomi)	-0,0316	0,3692	0,9689
Alkukasvukauden kuivuus * FADN-alue Sisä-Suomi (Alkukasvukauden kuivuus * FADN-alue Pohjois-Suomi)	0,0586	0,1619	1,0604
Alkukasvukauden kuivuus * FADN-alue Pohjanmaa (Alkukasvukauden kuivuus * FADN-alue Pohjois-Suomi)	0,0310	0,4497	1,0315
Maatilan työnkäytön monimuotoisuus	-0,6690	0,0103	0,5122
Maatilan työnkäytön monimuotoisuus * Ei puunmyyntituloja (Maatilan työnkäytön monimuotoisuus * Puunmyyntituloja)	-0,9265	0,0214	0,3959
Maatilan maankäytön monimuotoisuus	-1,8174	<0,0001	0,1624
Maatilan maankäytön monimuotoisuus * Ei puunmyyntituloja (Maatilan maankäytön monimuotoisuus * Puunmyyntituloja)	2,0882	<0,0001	8,0705
Maatilan tulonlähteiden monimuotoisuus	0,1039	0,8169	1,1095
Käytössä olevan maatalousmaan pinta-ala * Maatilan tulonlähteiden monimuotoisuus	0,0170	0,0053	1,0171

Luokkamuuttujan vertailuluokka on esitetty sulkeissa. Ensimmäisellä rivillä luku 3,1140 on vertailuluokan odds.

\* tarkoittaa yhdysvaikutusta muuttujien välillä.

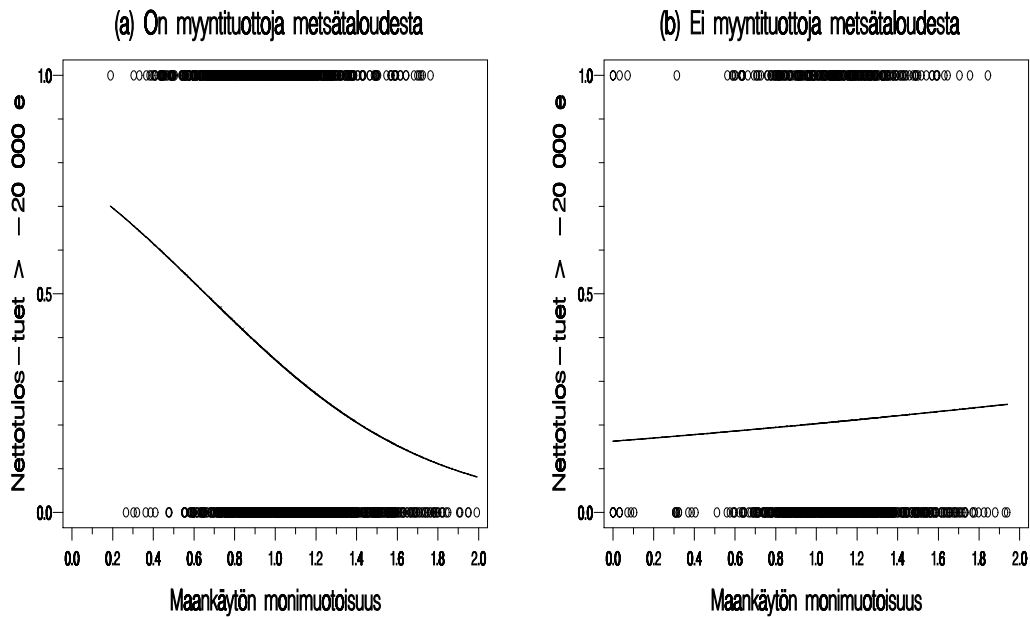
Kasvinviljelytilan työnkäytön monimuotoisuudella on negatiivinen yhteys paremman taloudellisen tuloksen (nettotulos ilman tukia  $\geq -20\,000$  euroa vuodessa) todennäköisyyteen. Lisäksi negatiivinen yhteys on voimakkaampi tiloilla, joilla ei ole puunmyyntituloja. Kuvassa 16 esitetyt laskevat käyrät kuvaavat paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyyden riippuvuutta työnkäytön Shannon-indeksin arvoista. Todennäköisyydet on määrätty logistisen regressiomallin perusteella. Esimerkiksi todennäköisyys 0,2

tarkoittaa sitä, että keskimäärin 20 tilaa 100:sta kuuluu korkeampaan tuloluokkaan ( $\geq -20\,000$  euroa) kyseisellä Shannon-indeksin arvolla. Pystyakselilla olevien vastemuuttujan arvojen 0 (nettotulos ilman tukia  $< -20\,000$  euroa vuodessa) ja 1 (nettotulos ilman tukia  $\geq -20\,000$  euroa vuodessa) kohdalla olevat avoimet ympyrät ovat aineiston havaintoja. Erityisesti kuvasta 16b näkyy, että kun tilalla ei ole myyntituottoja metsätaloudesta, työnkäytön Shannon-indeksin jakauma on suurempien taloudellisten tulosten ryhmässä painottunut enemmän pienempiin indeksiin arvoihin kuin pienempien tulosten ryhmässä. Tämä kertoo myös negatiivisesta yhteydestä taloudellisen tuloksen ja työnkäytön Shannon-indeksin välillä. Tulokset antavat tukea näkemykselle, että pieni työnkäytön monimuotoisuus (työpanoksen keskittäminen tilan ydinosaamiseen) lisää hyvän taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä kasvinviljelytiloilla.

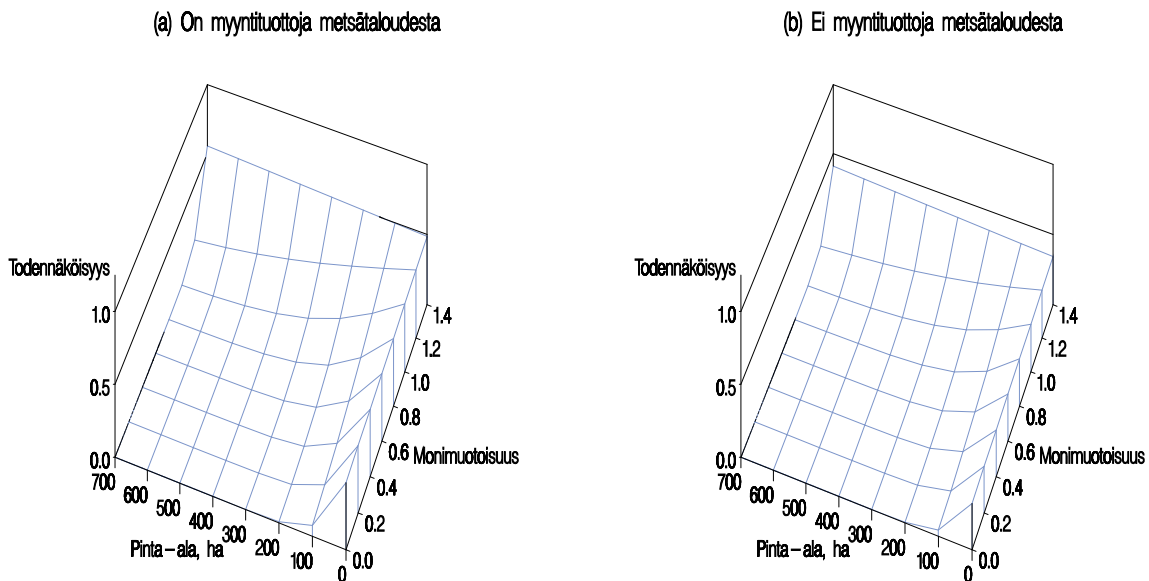


**Kuva 16.** Paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyyden riippuvuus työnkäytön monimuotoisuudesta vuonna 2006 Etelä-Suomessa, kun tilalla **a)** on myyntituottoja metsätaloudesta ja **b)** ei ole myyntituottoja metsätaloudesta. Muiden logistisessa regressiomallissa mukana olevien numeeristen selittäjien arvot on vakioitu käyttämällä vakioina koko aineiston keskiarvoja.

Taulukon 3 tulokset ja kuva 17 osoittavat, että paremman taloudellisen tuloksen ja maankäytön monimuotoisuuden välisen yhteyden luonne riippuu siitä onko tilalla puunmyyntituloja. Maankäytön monimuotoisuuden ja taloudellisen tuloksen välinen yhteys on negatiivinen niillä tiloilla, joilla on puunmyyntituloja (**kuva 17a**). Yhteys johtunee metsätalouden dominoivasta vaikutuksesta tilan taloudelliseen tulokseen niinä vuosina, joina tila saa metsätuloja. Sen sijaan niinä vuosina, joina tiloilla ei ollut myyntituottoja metsästä (eli metsätalouden positiivista vaikutusta tilan taloudelliseen tulokseen ei näy), maankäytön monimuotoisuuden ja taloudellisen tuloksen välillä oli loiva positiivinen yhteys (**kuva 17b**). Tulos antaa tukea näkemykselle, että maankäytön monimuotoisuuden lisääminen kasvinviljelytilalla parantaa hyvän taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä. Etenkin sellaisen kasvinviljelytilan, jolla ei ole metsää taloudellisenä turvanaan, kannattaa lisätä maankäytön monimuotoisuutta eli käytännössä hajauttaa viljelykasvivalikoimaansa.



**Kuva 17.** Paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyyden riippuvuus maankäytön monimuotoisuudesta vuonna 2006 Etelä-Suomessa, kun tilalla **a)** on myyntituottoja metsätaloudesta ja **b)** ei ole myyntituottoja metsätaloudesta. Muiden logistisessa regressiomallissa mukana olevien numeeristen selittäjien arvot on vakioitu käyttämällä vakioina koko aineiston keskiarvoja.



**Kuva 18.** Paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyyden riippuvuus tulonlähteiden monimuotoisuudesta ja tilan käytössä olevan maatalousmaan pinta-alasta vuonna 2006 Etelä-Suomessa, kun tilalla **a)** on myyntituottoja metsätaloudesta ja **b)** ei ole myyntituottoja metsätaloudesta. Muiden logistisessa regressiomallissa mukana olevien numeeristen selittäjien arvot on vakioitu käyttämällä vakioina koko aineiston keskiarvoja.

Maatilan monialaisuutta mittaavalla tulonlähteiden monimuotoisuudella on positiivinen yhteys suurempien tulojen todennäköisyyteen. Kuvasta 18 ilmenee, että todennäköisyys riippuu myös tilan käytössä olevasta maatalousmaan pinta-alasta. Paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyys lisääntyy alussa nopeimmin pienillä tiloilla tulonlähteiden monimuotoisuuden lisääntyessä, mutta suurten tulojen todennäköisyys on suurin pinta-alaltaan suurilla ja monimuotoisilla tiloilla. Sen sijaan se seikka, onko tilalla puunmyyntituloja, ei vaikuta paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyyden ja tulonlähteiden mo-

nimuotoisuuden välisen yhteyden luonteeseen. Näin ollen tulosten perusteella näyttää siltä, että kasvinviljelytiloilla on tarpeellista saada tuloja myös muusta yritystoiminnasta taloudellisen menestyksen todennäköisyyden lisäämiseksi. Tämä johtunee osaltaan siitä, että kasvinviljelyyn liittyvät työt keskittyvät ajallisesti, eikä suurikaan kasvinviljelytila tarjoa töitä ympäri vuoden. Se, että positiivinen yhteys on suurin pinta-alaltaan suurilla kasvinviljelytiloilla, saattaa johtua isojen tilojen laajaperäisemmästä maankäytöstä. Tällöin lisäys muissa tulonlähteissä kuin maataloudesta saatavissa myyntituotoissa parantaa isojen tilojen todennäköisyyttä saada suurempia tuloja pieniä tiloja suhteellisesti enemmän.

Maankäytön monimuotoisuutta ja monialaisuutta mittaavien Shannon-indeksien yhteydet kasvinviljelytilan todennäköisyyteen kuulua taloudellisesti paremmin menestyneeseen luokkaan eivät riippuneet vuodesta eivätkä säämuuttujista. Näin ollen tulokset eivät anna tukea sille ennako-oletukselle, että monimuotoisuusvaikutus korostuisi erityisesti katovuosina tai silloin, kun lopputuote- ja panosmarkkinoilla tapahtuu voimakkaita hintamuutoksia.

### ***Johtopäätökset***

Tarkastelimme tässä tutkimuksessa kasvinviljelytilojen monimuotoisuuden yhteyttä tilan saavuttamaan taloudelliseen tulokseen 11 vuoden aikana. Pidimme maatilán taloudellista tulosta sään ja hintojen vaihdellessa tilán sopeutumiskyvyn mittarina.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että tulonlähteiden ja maankäytön monimuotoisuudella on merkitystä tilán sopeutumiskyvyn kannalta. Myyntituottojen saaminen muualtakin kuin maa- ja puutarhataloudesta parantaa hyván taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä. Lisäksi maankäytön monimuotoisuudella on positiivinen yhteys hyván taloudellisen tuloksen todennäköisyyteen silloin, kun metsästä saatujen puunmyyntitulojen vaikutus tilán taloudelliseen tulokseen on eliminoitu tarkastelussa.

Sen sijaan työnkäytön monimuotoisuudella on tulostemme mukaan negatiivinen yhteys paremman taloudellisen tuloksen todennäköisyyteen. Näin ollen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että hajauttamisen sijaan työpanoksen keskittäminen tilán ydinosaamiseen parantaa hyván taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä ja tilán sopeutumiskykyä.

Kokonaiskuvan saamiseksi tilán sopeutumiskyvystä tulemme vielä täydentämään tarkastelua tutkimalla mitkä tekijät vaikuttavat taloudellisen tuloksen säilymiseen eli tilán taloudellisen tuloksen pieneen vuositaiseen vaihteluun.

### 3.3.2 Vähentääkö tilan monimuotoisuus tehokkuutta?

**Helena Kahiluoto, Nataliya Kuosmanen ja Sari Himanen**

Monimuotoisuus on vähentynyt viime vuosikymmeninä ruokaketjun eri osissa. Näin on tapahtunut myös maataloilla, joiden erikoistumista mm. kasvintuotannossa on tavoiteltu tehokkuuden nimissä. Tämän tavoitteen perusteita ei ole juuri kyseenalaistettu, vaikka monimuotoisuuden yhteyttä tilan resurssien käytön tehokkuuteen (ns. tuotannolliseen tai tekniseen tehokkuuteen) on tutkittu vähän.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, heikentääkö maankäytön monimuotoisuus tilan työn-, maan- ja pääoman käytön tehokkuutta (Kahiluoto ym. käsikirjoitus b). Tutkimusaineisto oli vuodelta 2004 ja se koostui niistä eteläsuomalaisista kannattavuuskirjanpitoaloista, joiden käytössä olevan maatalousmaan pinta-ala oli yli 50 ha. Tällaisia tiloja oli kirjanpitoaineistossa yhteensä 199 kpl. Tilojen kokonaistuottoa kasvi- ja eläintuotteista sekä muista tilan myymistä tuotteista tarkasteltiin suhteessa seuraaviin tuotantoon käytettyihin resursseihin: käytössä oleva maatalousmaa hehtaareina, työnkäyttö tunteina ja pääoma euroina. Näin kuvatus resurssien käytön tehokkuuden ja tilan maatalousmaan käytön monimuotoisuuden yhteyttä tutkittiin sen selvittämiseksi, onko maankäytön monimuotoisuuden ja resurssien käytön tehokkuuden välillä negatiivinen yhteys.

Maankäyttöluokat Shannon-monimuotoisuusindeksin laskennassa olivat seuraavat: viljat, muut peltoviljelykasvit, vihannekset ja marjat, kukat ja koristekasvit, siementuotanto ja monivuotiset kasvit, rehukasvit ja kesanto sekä muu ala.

Eroja monimuotoisuudessa tutkittiin eri päätuotantosuuntia edustavien tilojen välillä. Tuotantosuunnat ja kutakin tuotantosuuntaa edustavien tilojen määrät olivat seuraavat: 1) erikoistunut viljan, öljykasvien ja valkuaiskasvien tuotanto (73 tilaa), 2) yleinen peltoviljely (29 tilaa), 3) erikoistunut maidontuotanto (39 tilaa), 4) erikoistunut yksimahaistuotanto (siat, siipikarja) (15 tilaa), 5) peltoviljelyn ja kotieläintuotannon yhdistelmä (18 tilaa) ja 6) erilaiset viljelykasvit ja kotieläintalous yhdistettynä (25 tilaa).

Monimuotoisuutta verrattiin tuotantosuuntien välillä käyttäen lineaarista sekamallia ja pienimmän neliösumman *post hoc* -testiä (PROC MIXED), SAS 9.3 software (SAS Inc.). Tilan resurssien käytön tehokkuuden riippuvuutta maankäytön monimuotoisuudesta tutkittiin käyttäen CNLS-estimointia.

#### **Tulokset**

Tilan resurssien käytön tehokkuudella oli heikko negatiivinen yhteys maankäytön monimuotoisuuteen. Myös vähäistä yhteyttä monimuotoisuuden ja vähentyneen pääoman käytön ja kokonaistuoton välillä havaittiin. Monimuotoisuus oli suurin kasvinviljelytiloilla ja sitä suurempi mitä enemmän tiloilla oli käytössä olevaa maatalousmaata. Tehokkuus vaihteli tuotantosuunnittain.

Kun tuotantosuuntien (esim. kasvintuotanto- ja kotieläintilojen) väliset monimuotoisuuserot otettiin huomioon, tulokset osoittivat, että tilan monimuotoisuuden ja tehokkuuden välillä oli heikko negatiivinen yhteys. Yhteys oli kuitenkin niin heikko, että sen käytännöllinen merkitys näyttää vähäiseltä.

#### **Johtopäätökset**

Päättelimme, että monimuotoinen maankäyttö toimintavarmuuden lisäämiseksi maataloudessa tuskin rajoittaa resurssien käytön tehokkuutta. Se näyttää sitäkin epätodennäköisemmältä, kun monimuotoisuudella ei ollut merkittävää negatiivista yhteyttä tehokkuuteen edes silloin, kun tarkastelussa oli vain yksi vuosi. Yleensä monimuotoisuudesta on eniten hyötyä, kun sitä tarkastellaan pitemmällä aikavälillä, jolloin sen vaihtelua tasoittava vaikutus tulee esiin.

### 3.3.3 Ydinviestit

Tulonlähteiden ja maankäytön monimuotoisuus näyttävät varmentavan tilan taloudellista tulosta. Toisaalta työnkäytön monimuotoisuudella sinänsä on taloudelliseen tulokseen negatiivinen yhteys, joten työpanoksen keskittäminen ydinsaamiseen kannattaa. Tilan maankäytön monimuotoisuus on yhdistettävissä tehokkaaseen resurssien käyttöön.

## 3.4 Markkinakanavien monimuotoisuus ja ruokaturva

### 3.4.1 Analyysi suomalaisesta kehityksestä

**Jyrki Niemi ja Csaba Jansik**

Viime vuosikymmenien aikana elintarvikkeiden tuotanto, varastointi, jakelu ja myynti ovat kehittyneet Suomessa huomattavasti. Siirtymä tarjontakeskeisestä elintarvikeketjusta markkinavetoiseen ketjuun on siirtänyt painopisteen maanviljelijöistä ja maatalouden omavaraisuudesta vähittäismyyntiin ja elintarvikeketjuun kokonaisuudessaan. Elintarvikkeiden jalostuksesta ja jakelusta vastaavat teollisuuden- ja palvelu- alat ovat maatalouden tapaan vahvasti riippuvaisia energiasta, infrastruktuurista ja ilmastosta. Siksi onkin tärkeää pohtia, mitä vaikutuksia yhä markkinavetoisemmalla elintarvikeketjulla on kansalliseen ruokaturvaan. Toimiiko nykyinen elintarvikeketju tavalla, joka mahdollisesti lisää häiriöiden syntymisen riskiä tai pahentaa syntyvien häiriöiden seurauksia?

Yleisen edun kannalta on välttämätöntä, että Suomen elintarvikeketjua tukeva logistinen järjestelmä ja infrastruktuuri ovat kestävällä pohjalla. Vähittäiskauppasektorin keskittymiskehitys vähenevine myymälöineen ja kasvavine super- ja hypermarket-ketjuineen on heikentänyt alan monimuotoisuutta. Suomen kaksi johtavaa elintarvike- ja päivittäistavara-kauppaketjua ovat kasvattaneet vuosien 1990–2010 välillä markkinaosuutensa 55 %:sta lähes 80 %:iin.

Vähittäismyyntikaupan keskittyminen on johtanut suurten myymälöiden kuten super- ja hypermarkettien ylilyöntiasemaan suhteessa muihin markkinaketjun liikkeisiin. Lisäksi ns. lean-filosofiaan eli mataliin varastomääriin ja viime hetkessä täydennettävään varastointiin perustuva logistinen järjestelmä, jonka varassa Suomenkin elintarvikesektori toimii, saattaa olla altis esimerkiksi äärimmäisistä sääilmiöistä, tietoteknisten järjestelmien ongelmista, energia- ja polttoainetarjonnan katkokista tai toimitusjärjestelmien ongelmista johtuville häiriöille. Onkin tarpeen pohtia, tekeekö elintarvikeketjun tehokkuuden optimointi normaaliolosuhteisiin järjestelmästä haavoittuvan poikkeusolosuhteissa?

#### 3.4.1.1 Muutokset Suomen elintarvikeketjussa

##### *Vähittäiskaupan rakennemuutokset*

Vähittäiskaupan markkinarakenne on keskittynyt Suomessa jo pitkään, mutta kehitys oli melko maltillista ennen EU-aikaa. Kaksi johtavaa ketjua hallitsi 58 % markkinoista vuonna 1980, ja 62 % vuonna 1995. Vuonna 2000 kahden johtavan vähittäiskauppaketjun yhteenlaskettu markkinaosuus oli 66 % kasvaen lähes 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä. Viime vuosien aikana keskittyminen on edelleen jatkunut ja on johtanut kahden suurimman ketjun yli 79 % markkinaosuuteen vuonna 2010.

Päivittäistavara-kaupan kilpailutilanne onkin muuttunut yhä selvemmin kahden suuren kisaksi. Vuonna 2010 sekä S-ryhmä että K-ryhmä kasvattivat markkinaosuuksiaan lähes prosenttiyksiköllä, edellinen verkostoaan laajentamalla, jälkimmäinen taas olemassa olevien yksiköiden myyntiä lisäämällä. Kolmossijaa pitävän Suomen lähikaupan osuus väheni 9%:iin, minkä taustalla on Euromarket- ja Siwa-ketjujen supistaminen. Jopa 2000-luvulla näyttävän kasvun aikaan saaneen Lidlin markkinaosuus kutistui hieman vuonna 2010, mikä tapahtui ensimmäistä kertaa sitten toiminnan aloittamisen vuonna 2003.

Rakenteellinen kehitys näkyy myös suomalaisten ruokaostosten keskittymisessä suuriin kauppayksikköihin, jotka hoitavat vuosi vuodelta kasvavan osan päivittäistavarojen myynnistä. Hypermarkettien myynnin osuus nousi 15 %:sta lähes 27 %:iin ja isojen supermarkettien osuus 20 %:sta peräti 34 %:iin vuosien 1995 ja 2010 välillä. Vuoden 2011 alussa päivittäistavaraa myyviä toimipaikkoja oli noin 3283 ja 50 % myynnistä tapahtui 600 suurimman myymälän (noin 10%:ssa myymälöistä) kautta. Maaseudun ja haja-asutusalueiden pienkauppojen eli kyläkauppojen määrä on puolestaan puolittunut EU-vuosien aikana.

**Taulukko 4.** Vähittäiskaupparyitysten markkinaosuuksia 2000–2010. (Lähde: AC Nielsen).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>S-ryhmä</b>	30,5	31,1	31,1	34,3	33,9	39,9	41,0	42,4	43,2	44,1
<b>K-ryhmä</b>	36,5	36,0	35,8	35,3	35,9	33,4	33,9	33,7	34,2	35,0
<b>Suomen lähikauppa*</b>	12,6	12,9	12,7	10,0	10,8	11,9	11,9	11,3	10,2	9,0
<b>Spar**</b>	8,7	8,1	7,4	6,8	6,2	0,5	-	-	-	-
<b>Lidl</b>	-	-	1,8	2,8	3,7	4,1	4,7	5,0	5,1	4,8
<b>Muut yritykset</b>	11,7	11,9	11,2	10,8	9,5	10,2	8,4	7,6	7,3	7,1
<b>Yhteensä</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tehokkuutta ja merkittäviä kustannussäästöjä on haettu päivittäistavarakaupassa erityisesti entistä kummalaisemmalla ketjuliiketoiminnalla. Jotta kasvaneet supermarketit voisivat vastata kuluttajien tarpeisiin tarjoamalla sekä korkeaa laatua että edullisia hintoja, ne ovatkin pyrkineet toimitusketjunsä tiukempaan hallintaan lukuisin erilaisin keinoin.

#### *Vähittäismyyntiin perustuvat toimitusketjut ja logistiikkajärjestelmien uudelleenjärjestely*

Super- ja hypermarkettien tehostuneen toimitusketjunsä hallinnan myötä elintarvikkeiden toimitusketjunsä rakenne onkin muuttunut viime vuosikymmenien aikana huomattavasti. Logistiikan organisaatiota on kehitetty monitasoisista jakelujärjestelmistä kohti keskusvetoista verkostoa. Iso osa suurten kauppaketjunsä koko myynnistä kanavoidaan valtakunnallisten jakelukeskusten kautta. Nykyään noin 80 prosenttia elintarvikkeista ostetaan keskitetysti isoilta toimittajilta ja jaetaan valtakunnallisten logistiikkakanavien välityksellä, kun vain 20 prosenttia ruokatarvikkeista hankitaan paikallisesti. Vain muutamat elintarvikkeet (kuten leipä, maito ja kananmunat) toimitetaan suoraan myymälöihin. Samalla toimitusketjunsä voidaan hallita tehokkaasti.

Suuret vähittäiskauppaketjut ovat pyrkineet vähentämään myös toimittajiensä määrän minimiin saavuttaakseen suurtuotannon etuja ja muodostaakseen tiiviitä yhteistyösuhteita. Pieni vakiotoimittajien määrä myös mahdollistaa sekä tuotteiden tarkemman valvonnan että luotettavuuden ja laadun parantamiseen tähtäävän yhteistyön toimittajan kanssa.

Muutokset ovat tuoneet suuria haasteita kotimaisille elintarviketuottajille ja edellyttävät niiltä isompien määrien tuottamista yhä kustannustehokkaammin keinoin. Mittakaavaetujen hyödyntämiseen yltyvät vain suurimmat yritykset, joilla on valtakunnallisesti merkittäviä markkinaosuuksia. Pienillä yrityksillä on mahdollisuus vastata kuluttajien tarpeisiin erikoistuotteita valmistamalla ja toimittamalla tuoreita tuotteita paikallisesti. Keskisuuret yritykset ovat sen sijaan haavoittuvaisia, sillä niiden tarjonta vastaa yleensä suurten kilpailukumppaneiden tuotevalikoimaa.

Elintarvikejalostajat ovatkin keskittäneet toimintansa vain muutamiin toimipaikkoihin saavuttaakseen suurtuotantoetuja, tehostaakseen tuotantoa ja palvellakseen jakelukeskuksia tehokkaasti. Monilla elintarviketeollisuuden aloilla tehtaiden lukumäärät laskevat, samalla kun keskimääräiset tuotantomäärät kasvavat. Myös back-office-toimintoja ulkoistetaan enenevässä määrin.

Myös tukkukauppaa hallitsee nykyään muutama suuryritys, joiden joukossa on kaksi päätoimintamallia. Vähittäiskaupparyitysten tukkuliikkeet kuten Inex Partners, Ruokakesko ja Tuko Logistics ovat pikeminkin hankintayhtiöitä, sillä niiden asiakaskuntansa on konsernien sisäisesti taattu. Toinen toimintamalli on yleistukkukaupparyitykset, jotka välittävät laajan valikoiman tuotteita hotelli- ja ravintolasektorille, kioskeille tai muille yksittäisille vähittäiskaupparyityksiköille. Suurimmat ovat Heinon tukku, Metro tukku, Kespro ja Meira Nova. Erikoistuneiden pienten tukkukaupparyitysten osuus markkinoista on noin kolmannes.

Tukkukaupan alalla toimii nykyisin yhteensä noin 1300 yritystä, mutta näistä suurin osa on pieniä tiettyihin tuoteryhmiin esimerkiksi alkoholijuomien, tupakan tai muiden tuoteryhmien tuontiin tai jakeluun erikoistuneita. Markkinoiden arvo oli vuonna 2008 noin 14 miljrd. euroa. Kaksi kolmasosaa tukkutoiminnasta tapahtuu laajan tavaravalikoiman tai yleistukkukauppojen kautta.

Elintarvikeketjuun on myös tullut uusia kytköksiä, kun pitkälle jalostetut elintarvikkeet valtaavat alaa ihmisten ruokavaliossa ja tuoretuotteita käsitellään (pestään, luokitellaan, pakastetaan, pakataan jne.) aiempaa enemmän ennen niiden myyntiä.

### ***Varastoinnin ja jakelun muutokset***

Jakelukanavien ja -järjestelmien hioutuessa optimaalisiksi yhä useammat yritykset pitkin elintarvikeketjua ovat omaksuneet myös niin kutsutun Juuri Oikeaan Tarpeeseen -toimintaperiaatteen. Vähittäiskauppiat pyrkivät pienentämään varastomääriä ja pienentämään näin varastointi- ja inventaariokuluja. JOT-periaatteella toimivat yritykset pitävät varastomäärät matalina täydentämällä varastoja usein ja pienissä erissä. JOT-periaatteen ansiosta tuottajat ja jakelijat ovat voineet pienentää varastojaan ja parantaa laadunvalvontaa. JOT on erityisen keskeinen periaate kylmätavaran ja nopeasti kiertävien tuotteiden aloilla, joilla varastointiin ja varastojen täydennykseen liittyvät kustannukset on laskettava tarkkaan.

Lisäksi on viitteitä siitä, että yritykset ovat vähentäneet varastopisteidensä lukumäärää ja siten saaneet karsittua korkeita varastointi- ja investointikuluja vain hieman kasvaneilla kuljetuskustannuksilla. Tämä järjestely puolestaan laskee varastojen kokonaiskapasiteettia, sillä tuotanto- ja jakelujärjestelmän varastojen pienempi määrä pienentää vaadittavaa turvamarginaalia, jolla halutun asiakaspalvelun taso voidaan varmistaa.

### ***Hankinta-alan laajennus***

Vaikka vähittäiskauppa- ja ketjut ovat vähentäneet käyttämiensä toimittajien määrää, ketjut (kuten tuottajat ja tukkukauppiatkin) ovat myös olleet valmiita laajentamaan hankinta-alueitaan löytääkseen oikeat tuotteet oikeaan hintaan. Tuontituotteiden etuja voivat olla tehokkaampi kilpailu, matalammat hinnat, parempi laatu, laajemmat valikoimat ja parempi saatavuus. Tuontia vahvistavaa suuntausta ovat tukeneet pitkän matkan kuljetusten kustannusten suhteellinen lasku, kansainvälisen kaupan vapautuminen sekä tietotekniikan edistysaskeleet, jotka mahdollistavat pitkien tuotantoketjujen paremman hallinnan.

Suuntausta vastaan vaikuttaa puolestaan lähiruoan kasvava kysyntä. Suuret vähittäiskauppa- ja ketjut ovat pyrkinet hyödyntämään tätäkin suuntausta. Jos lähiruoan kysynnän kasvu jatkuu, saattaa edessä olla uusi logistinen murros, jollainen on tarpeen, jotta paikallistoimittajat ja vähittäiskauppiat voisivat toimittaa tuotteita mahdollisimman tehokkaalla tavalla.

### **3.4.1.2 Nykyiset toimitusketjut ja niiden vaikutus ruokaturvaan**

Vaikka ymmärrämme, ettei täysin riskitöntä elintarvikeketjua ole olemassakaan, on silti syytä pohtia, onko edellä kuvattu kehitys elintarvikeketjun yleisen turvallisuuden kannalta hyvä vai huono asia?

#### ***Vähittäiskaupan kasvanut kontrolli***

Koko ketjun kattavaa tuotteiden seurantamahdollisuutta voidaan pitää turvallisuuden kannalta hyvänä asiana. Nykyiset sähköiset seurantajärjestelmät mahdollistavat tuotteiden jäljittämisen jalostajalle tai jopa tuottajamaatilalle asti. Järjestelmät myös sisältävät päivämäärä- ja eränumerotietoja. Sen ansiosta vähittäiskauppiaille on mahdollisuus ennakoida mahdollisia häiriöitä ja reagoida nopeammin verrattuna tilanteeseen, jossa seuranta ei ole mahdollista. Tämä on erityisen olennainen seikka elintarviketurvallisuuden kannalta, mutta lisäksi se mahdollistaa sujuvan ja koordinoitun mukautumisen muihin ongelmatilanteisiin, kuten ankaraan talvisäähän.

Myös keskittymisellä voi olla hyviä puolia: suuremmilla yrityksillä on yleensä paremmat edellytykset vakaalle jatkuvuudenhallinnalle toiminnassaan (business continuity management, BCM). Niillä on myös paremmat resurssit rakentaa sopiva infrastruktuuri ja kehittää oikeat menettelyt läpinäkyviä ja jäljitettäviä toimitusketjuja varten. Parannettavaa toki riittää tällä osa-alueella, mutta jatkuvuudenhallinta on yleistynyt nopeasti elintarviketeollisuuden alalla muun muassa seuraavien seikkojen ansiosta:

- JOT-varastointiin ja lean-jakelujärjestelmiin liittyvien riskien tunnistaminen,
- yritysvastuun tiedostamisen yleistymisen ja asiakkailta tulevan paineen kasvu sekä
- lainsäädännön vaatimukset ja vakuutustarpeet.



Toisaalta vähittäismyynnin alueellinen keskittyminen voi saattaa alueet alttiiksi valtakunnallisille (esim. lakosta johtuville) toimitushäiriöille, joita esimerkiksi ”paniikkihamstraaminen” saattaa entisestään pahentaa. Tällä saattaisi olla kohtuuttoman suuri vaikutus syrjäisempien seutujen asukkaisiin, mikä puolestaan on tarpeen ottaa huomioon kilpailukäytännöissä (Peck 2006).

### ***Juuri Oikeaan Tarpeeseen periaate ja toimitusketjun hallinta***

JOT ja pyrkimys tehokkuuteen ovat vähentäneet varastoinnin ja kiintiökapasiteetin roolia, minkä seurauksena kuljetushäiriöistä on tullut suurin riskiryhmä. Toimituksen pienelläkin toimitusviivästyksellä saattaa olla suuri merkitys. Tuotteiden nopean vaihtuvuuden vuoksi toimituksen myöhästyminen vain kahdella tunnilla saattaa johtaa tiettyjen tuoteryhmien saatavuuden väliaikaiseen katkeamiseen. Yksittäisten kuljetusten häiriöistä ei ole perustavanlaatuista uhkaa, koska kuluttajat voivat turvautua korvaaviin tuotteisiin. Mutta jos kaikki tai useat kuljetukset jostain syystä estyisivät, hyllyt todennäköisesti tyhjenisivät ja tilan pahentuisi mahdollisen ”paniikkihamstruksen” takia.

Toimitusketjun joustava hallinta on taloudellisesti niin tärkeää, että vähittäiskauppa- ja palvelusyritykset ovat asiassa kuitenkin kaikkea muuta kuin passiivisia riskien uhreja. JOT-ajattelu sekä pakottaa vähittäiskauppiat olemaan aloitteellisia toimitusten valvonnassa ja riskienhallinnassa että toisaalta helpottaa tätä tehtävää. Parempi tiedonkulku toimitusketjussa pienentää varavarastojen tarvetta ja lisää siten tehokkuutta ja pienentää riskejä (Christopher ja Towill 2002). Tyhjä hylly ei ole vähittäiskauppiain etu. Toimitushäiriötilanteissa kauppa- ja palvelusyritykset varmasti hyödyntäisivät toimitusketjua koskevaa ymmärrystään ja pyrkisivät varmistamaan riittävät toimitukset, mutta mikäli tavarantoimittajapuolella ei ole vastaavaa joustoa olemassa, toimitettavaa tavaraa ei välttämättä löydy.

### ***Tuotannon ja jakelun keskittyminen***

Tuotannon ja jakelun keskittyminen laskee JOT-käytännön tapaan paljon kuljetusten varaan ja tasapainoilee näin riskien välillä: yksinkertaisempi ja kohdennetumpi toimitusketju helpottaa seuranta- ja verkostojen suunnittelua häiriöiden varalta, mutta toisaalta yksittäiset laitokset ovat strategisesti tärkeämpiä koko ketjun kannalta (esim. ongelma yhdessä jakelukeskuksessa saattaa vaikuttaa haitallisesti jopa 500 myymälään). Vähittäiskauppiaille on toki voimakas kannustin hallita näitä riskejä ja turvata toiminnan ylläpito. He ovat tosin yhä haavoittuvaisempia infrastruktuuripohjaisille häiriöille (esim. jonkin moottoritien sulkua), mutta ellei kokonaisten kuljetusverkostojen käyttö esty, on epätodennäköistä että toimitukset kuluttajille olisivat pidemmän ajan perustavanlaatuisesti uhattuina. Paras käytännön esimerkki viime ajoilta on myrskyjen aiheuttamien sähkökatkojen seuraamukset, jolloin kauppiaat on suljettu tilapäisesti. Toisaalta tällaisten häiriöiden aiheuttamat riskit eivät välttämättä ole sen pienempiä paikallisemmin järjestetyille logistiikalle, sillä keskittyminen saattaa itse asiassa vähentää kokonaiskuljetusmatkoja.

### ***Toimittajakannan muutokset***

Toimittajamäärän rajoittamisen ansiosta vähittäiskauppa- ja palvelusyritykset voivat valvoa tuotteita paremmin ja solmia vahvoja yhteistyösuhteita toimittajien kanssa, jolloin ketjuilla on hyvät edellytykset ennakoida ja ratkaista häiriöitä. Harvempien toimittajien varaan laskeminen tosin tarkoittaa väistämättä, että mahdollisella häiriöllä olisi suurempi vaikutus. Toisaalta tiiviit suhteet mahdollistavat järjestelmän kehittämisen joustavammaksi. On myös havaittu super- ja hypermarkettien pystyvän vaihtamaan toimittajia nopealla aikataululla ja siten torjumaan häiriöitä eli tavarantoimittajia kilpailutetaan lyhyissä pätkissä, käytännössä sortimentti elää jatkuvasti. Logistiikan ja kuljetusten ulkoistaminen (esim. Keskon ei lainkaan omia autoja) saattaa tuoda mukanaan myös muita haavoittuvuuksia, mutta toisaalta se voi myös hajauttaa riskiä ja parantaa joustavuutta – myös hätätilanteissa.

Globaalisti laaja hankinta-alue lieventää paikallisten häiriöiden vaikutusta, mutta synnyttää myös uusia riskejä (esim. satamien häiriöt, tuontiruoan mukana kulkeutuvat taudinaiheuttajat). Nämäkin riskit on syytä ottaa huomioon taloudellisissa laskelmissa tai elintarvikelaainsäädännössä. Kun esimerkiksi ostaja tai toimittaja ottaa ylimääräisen riskin tilatessaan ulkomailta, riskejä voitaisiin hallita kaksoishankinnalla (mahdollisesti jopa samasta maasta) ja laajemmalla varastoinnilla tai kotimaisella hankinnalla.

Toimitusten luotettavuus ja jatkuvuus ovat elintärkeitä vähittäiskauppojen kilpailukykyä ja kauppa- ja palvelusyritysten markkinaosuusien kannalta. Eräs syy super-/hypermarkettien menestykseen on nimenomaan kyky turvata tuotteiden häiriötön tarjonta kuluttajille. Ei myöskään tule olettaa, että pienempien vähittäiskauppojen hankinta välttämättä perustuisi paikallisuuteen (nykyiselläänkin on rajattu mahdollisuus hankkia paikallisesti tavaraa): useimpien pienyritysten – kuten pienten ruokakauppojen ja kioskimyymälöiden –

hankinta on laajaa ja maailmanlaajuista niiden marketit eivät käytä suoraan tukkukauppiaita vaan ostajat ovat keskusliikkeissä (Garnett 2000).

Massamarkkinoita varten on ehkä vaikeaa keksiä yhtä toimivia vaihtoehtoisia järjestelmiä. Tässä kontekstissa häiriöt todennäköisesti lähinnä kaventaisivat kuluttajien valinnanvaraa, eivätkä niinkään vaarantaisi varsinaista ruokaturvaa.

### 3.4.1.3 Johtopäätökset

Nykyiset tuotantoketjut eivät yksiselitteisesti ole sen haavoittuvaisempia kuin vaihtoehtoiset tai historialliset mallitkaan. Ensinnäkin riskitön toimitusketju on paitsi mahdottomuus, myös kaikkea muuta kuin tehokas. Toiseksi erilaiset järjestelmät ovat alttiita erilaisille häiriöille: pitkälle keskitettyä järjestelmää uhkaavat eri tekijät kuin keskittämätöntä ja ulkoistettuun tuotantoon liittyy erilaisia riskejä kuin sisäiseen tuotantoon. Polttoaineen tai energianjakelun täydellinen katkos lamauttaisi kaikki nykymuotoiset järjestelmät (Peck 2006).

Monien riskien hallinta on yritysten, erityisesti suurten yritysten, itsensäkin kannalta tärkeää. Katkoksista ei ole yrityksille vain hetkellistä haittaa tuottavuuden kannalta, vaan yhtiön maineen saama kolaus saattaa heikentää kilpailukykyä myös pidemmällä aikavälillä. Esimerkiksi ruoanjakeluun liittyvät uhkat ovat olleet jo pitkään riski teollisuuden kaupalliselle toiminnalle, joten niihin on yleisesti ottaen valmistauduttu hyvin.

Lean-filosofiaan eli mataliin varastomääriin ja viime hetkessä täydennettävään varastointiin perustuva logistinen järjestelmä, jonka varassa Suomen elintarvikesektori pitkälti toimii, sisältää luonnollisesti riskejä. Toisaalta kokemuksen myötä pitkiin lean-toimitusketjuihin liittyviä riskejä on myös alettu tunnistaa entistä paremmin. Voimakkaasti hajautettu, pienten yritysten hallitsema toimitusketju voi olla tietyissä tapauksissa alttiimpi markkinoiden häiriöille, mikä edellyttäisi voimakkaampaa valtiollista interventiota ruokaturvan nimissä eikä voimakkaampi valtiollinen interventio välttämättä häiriöitä estä. Käytännössä erilaiset työmarkkinoita ja hygieniää ym. koskevat lait ja asetukset altistavat nykyisellään myös häiriöille.

Yleinen riskinhallinta sekä erityisesti jatkuvuudensuunnittelu ovatkin kasvaneet tärkeään rooliin niin teollisuudessa, kaupassa kuin maataloillakin varsinkin suurissa maatalousyrityksissä. Kehitettävää toki riittää edelleen – tietoisuutta esim. jatkuvuudenhallinnasta tulisi lisätä laajemmallekin ja parhaita käytäntöjä tulisi levittää ja juurruttaa työskentelykulttuureihin. Tätä työtä tehdään esimerkiksi huoltovarmuusorganisaatioissa.

Riski- ja turvatekijöitä arvioitaessa ei tule myöskään unohtaa muita olennaisia tekijöitä, kuten kustannustasoa, nopeutta ja tehokkuutta. Tutkimustiedon (Cranfield School of Management 2002, Peck 2006, Tang 2006) valossa yritysten olisi hyvä liikkua äärimmäisen tehokkuuden ja haavoittuvuuden välimaastossa: ylimitoitettu jakelukapasiteetti takaa hyvän kestäkyvyn lyhytaikaisissa poikkeustilanteissa, mutta heikentää kilpailukykyä pidemmän päälle.

Valtiollinen valmiussuunnittelu sekä valtion läheinen yhteistyö elintarviketeollisuuden kanssa ovat olennaisia infrastruktuuri-, tietoliikenne- ja koordinaatiohäiriöistä selviytymisen kannalta. Tämä julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuus tulee erinomaisella tavalla esille huoltovarmuustoiminnan sektori- ja pooliorganisaatioissa. Huoltovarmuuden painopistealueille muodostetut sektorit ovat viranomaisen, alan järjestöjen ja merkittävimpien toimijoiden muodostamia laajoja, alakohtaisia yhteistoimintaorganisaatioita. Niiden yleistävänä on ohjata, koordinoita ja seurata oman huoltovarmuusalan varautumista. Poolit puolestaan vastaavat operatiivisesta varautumisesta elinkeinoelämän johdolla toimivina toimieliminä. Niiden tehtävänä on yhdessä alan yritysten kanssa seurata, selvittää, suunnitella ja valmistella toimenpiteitä omien alojensa huoltovarmuuden kehittämiseksi. Osallistumalla tähän kumppanuuteen yritykset treenaavat samalla omaa olemistaan ja varautuvat yrityksiä uhkaaviin kaupallisiin riskeihin.

Vakiintunutta ruokaturvakäsitteen määritelmää (FAO 1996) soveltaen on selvää, että nykyinen keskusliikejohtoinen elintarvikekauppa on pääsääntöisesti ylläpitänyt ”riittävän, turvallisen ja ravinteikkaan ruoan fyysistä ja taloudellista tarjontaa” kuluttajille. Ei tule myöskään unohtaa suurten yksityisten yhtiöiden saavutuksia: ne ovat omien säädokeksellisten ja kulttuuristen toimintaympäristöjensä puitteissa kehittäneet toimivia riskinhallintajärjestelmiä sekä ylläpitäneet menestyksekkäästi säännöllisiä elintarviketoimituksia kuluttajille.

### 3.4.2 Toimittajien monimuotoisuus kaupan tarjonnan varmentajana

#### Helena Kahiluoto ja Janne Kaseva

Globaali muutos on viimeisen puolen vuosikymmenen aikana myllertänyt myös ruokamarkkinoita. Ruoan ja sen tuotantopanosten hinnan vaihtelu on mahdollisesti jo heijastellut ilmastonmuutosta katovuosieneen haavoittuvimmilla ruoantuotantoalueilla, mutta ainakin ilmastonmuutoksen epäsuoria vaikutuksia. Esimerkki jälkimmäisistä on bioenergian tuotannon nopea laajeneminen. Ruokakriisiksi kehittyneellä ruoan hinnan nopealla nousulla ja vaihtelulla, varsinkin vuosina 2007 - 2011, on ollut myös monia muita merkittäviä syitä. Näitä ovat muun muassa elintason kasvu Kiinassa ja Intiassa ja siihen liittyvä lihan kulutus, pidentyneet ruokaketjut ja tilaisuuden tuottama spekulatio. Ruokakriisit ovat nopeasti heikentäneet globaalia ruokaturvaa, ja heijastuneet ruoan hintaan ja siten sen saatavuuteen joissakin väestöryhmissä myös Suomessa. On vaikea ennustaa, miten ruoan hinta globaaleilla markkinoilla ja Suomessa tästä eteenpäin kehittyi. Globaalin muutoksen ja kansainvälisten konfliktien ja kriisitilanteiden – esimerkiksi energian saatavuuden – lisäksi esiintyy kotimaisia kriisejä ja vaihteluita, ja tietysti myös alueellisia ja paikallisia häiriöitä, kuten säävaihtelua sadonmenetyksineen. Esimerkki kotimaisista ruoantarjonnan häiriöistä oli kevään 2010 lyhyet elintarviketeollisuuden lakot.

Monimuotoisuus voisi tuottaa joitakin toimintavarmuuteen liittyviä etuja myös ruokajärjestelmän ylempillä tasoilla samoin kuin alkutuotannossa. Tällaisia mahdollisia hyötyjä voisi olla saatavissa mm. markkinakanavien monimuotoisuudesta ruokaturvalle. Ruoan saatavuuden häiriöttömyys ja valikoimien ja hintojen vakaus muutos- ja kriisitilanteissa on huoltovarmuuden keskeistä sisältöä, ja mitä suurimmassa määrin myös mm. kaupan intressissä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena olikin vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

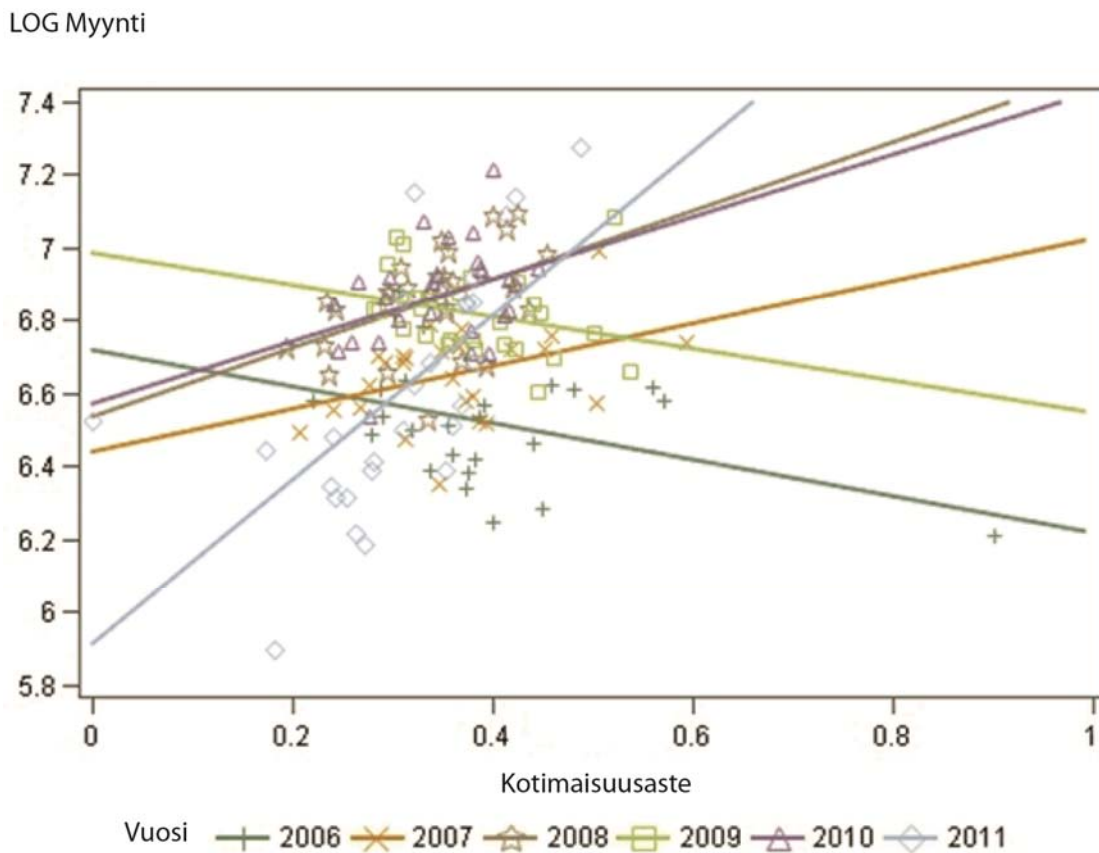
1. Varmentaako vähittäiskaupan toimituskanavien monimuotoisuus ruoan saatavuutta (myynnin määrä ja hinta) kriiseissä ja muutoksissa?
2. Millainen toimituskanavien monimuotoisuus varmentaa tehokkaimmin, ja millaisessa kriisissä?
3. Tuottaako monimuotoisuus sopeutumiskykyä mitattuna kaupan oppimisella kriisitilanteista? Tätä kuvaisi toimituskanavien monimuotoisuuden lisääntyminen kriisin jälkeen, jos se on kriisissä tuottanut hyötyä.

Pyrimme vastaamaan näihin kysymyksiin toisaalta kotimaisessa kriisitilanteessa ja toisaalta maailmanmarkkinahintojen heilahdellessa. Aineistona käytettiin kaupan omia aineistoja sekä Tilastokeskuksen ja TIKEn tietokantoja. Kaupan aineisto käsitti valittujen tuotteiden viikkokohtaisia osto-, myynti- ja hintatietoja kuuden vuoden ajalta (2006-2011). Aineisto edusti noin 30 vähittäisliikettä, joiden välillä tavarantoimittajien monimuotoisuus vaihteli. Aineiston analysoinnissa käytettiin pääsääntöisesti sekamalleja, joiden avulla pystyttiin huomioimaan myymälöiden välinen satunnaisvaihtelu.

Tutkimuksen ensimmäisessä osassa tarkasteltiin vähittäiskaupan toimituskanavien monimuotoisuuden vaikutuksia myynnin määrään kotimaisessa lakkotilanteessa. Tarkastelun kohteena olivat elintarviketeollisuuden lyhyet toistuvat lakot keväällä 2010. Ne kattoivat laajenevan osuuden elintarviketeollisuudesta; ensin lähinnä suuria leipätehtaita ja lihanjalostusteollisuutta, lopuksi myös mm. meijeriteollisuutta. Esimerkkituotteeksi valittiin porsaanliha, koska sen toimittajakunnassa esiintyi aineistossa vähittäiskauppojen välillä enemmän vaihtelua kuin esimerkiksi leipätuotteiden kohdalla. Tutkimuksessa tarkasteltiin vähittäiskauppojen tavarantoimittajien monimuotoisuuden vaikutusta niiden myynnin muutokseen muiden vuosien vastaavaan ajankohtaan verrattuna lakon aikana, heti sen jälkeen ja kevään muina viikkoina. Pääsiäisviikot poistettiin aineistosta, koska niiden ajankohta vaihtelee. Tulosten mukaan toimittajakunnan suurempi monimuotoisuus oli yhteydessä suurempaan myyntiin lakkoviikoilla kuin vastaavina viikkoina muina vuosina. Toimittajien monimuotoistumista ei kuitenkaan tämän kokemuksen seurauksena havaittu.

Tutkimuksen toisessa osassa tarkasteltiin kotimaisten toimitusten osuuden yhteyttä myynnin määrään maailmanmarkkinahintojen vaihdellessa. Tarkasteltavana tuotteena olivat ruokaöljyt, koska niiden maailmanmarkkinahinta vaihteli tarkasteltuna ajanjaksona merkittävästi. Tulosten mukaan kotimaisten toimittajien suurempi osuus toimittajakunnasta koko vuonna oli yhteydessä suurempaan myyntiin selvimmin vuonna 2011, mutta myös vuosina 2008 ja 2010. Näinä vuosina maailmanmarkkinahinnat olivat korkeita

(**Kuva 19**). Vastaavasti vuosina 2006 ja 2009, jolloin maailmanmarkkinahinnat olivat suhteellisen alhaisia, tällaista yhteyttä ei havaittu.



**Kuva 19.** Kotimaisuusasteen yhteys myymälöiden logaritmoituun myyntiin. Myymälöiden välinen vaihtelu on poistettu kuvasta tilastollisin menetelmin.

### ***Johtopäätökset***

Vähittäiskaupan toimittajakunnan monimuotoisuus voi tuottaa hyötyjä ruoan saatavuuden tasaisuudelle sekä kotimaisissa kriisitilanteissa että maailmanmarkkinahintojen voimakkaassa vaihtelussa. Kriisin luonteesta riippuu, millainen monimuotoisuus hyötyjä tuottaa. Analyysiä jatketaan muun muassa tarkastelemalla erikseen vaikutuksia tarjontaan, myynnin määrään ja hintatasoon.

### **3.4.3 Ydinviestit**

Nykyinen keskusvetoinen elintarvikeketju ei ole yksiselitteisesti sen haavoittuvasempi kuin vaihtoehtoiset tai historialliset mallitkaan. Erilaiset järjestelmät ovat alttiita erilaisille häiriöille. Polttoaine- tai sähkönjakelun häiriöt lamauttaisivat kuitenkin kaikki nykymuotoiset järjestelmät. Vähittäiskaupan toimittajien monimuotoisuus voi tuottaa hyötyjä ruoan saatavuuden tasaisuudelle kriisi- ja vaihtelutilanteissa.

---

## 4 Sopeutumiskyvyn avaintekijät ja edistämiskeinot turbulentissa ja tuntemattomassa tulevaisuudessa

---

**Sari Himanen, Helena Kahiluoto, Pasi Rikkinen ja Jyrki Niemi**

Sopeutumiskykyä arvioitaessa on tarkasteltava monia muutostekijöitä ja sopeutuvan järjestelmän ominaisuuksia yhtäaikaisesti. Sopeutumiskyky rakentuu monista käytössä olevista ja tarvittaessa käyttöön otettavista resursseista, jotka voivat olla fyysisiä (esim. teknologia, viljelysmaa), taloudellisia (pääoma, kannattavuus, sijoituskyky) tai sosiaalisia (yhteistyökumppanit, tietotaito, neuvonta). On kuitenkin selvää, ettei näiden tekijöiden laskennallinen analyysi kerro varsinaisesta sopeutumiskyvystä vaan on otettava huomioon taloudelliset, kognitiiviset ja sosiaaliset reunaehdot, jotka rajaavat käytännön sopeutumista merkittävästi. Esimerkiksi, vaikka teknologia on käytettävissä, sen käyttöönoton kustannukset suhteessa vaihtoehtokustannuksiin voivat rajoittaa realisoituvaa sopeutumista. Siksi on oleellista arvioida sopeutumiskykyä ja sen edistämisen keinoja kunkin toimijatason näkökulmasta. Toisaalta haluttaessa edistää sopeutumiskykyä usealla tasolla ja hyödyntää sopeutumiskykyä sopeutumisstrategioiden kehittämisessä, on mietittävä myös kokonaisvaikutuksia, eli ruokajärjestelmämme toimintavarmuutta kokonaisuutena, integraatiota ja yhteistyötä toimijoiden välillä ja valittujen sopeutumistoimien kokonaisvaikutuksia.

Tutkimme ruokajärjestelmämme (ruokaketjumme pellolta pöytään kaikkine vuorovaikutussuhteineen) sopeutumiskykyä vuorovaikutuksessa sen toimijoiden ja asiantuntijoiden kanssa, mukaan lukien alkutuotanto, kasvinjalostus, tuotantopanosten tuottajat, elintarvikejalostus, kauppa, tutkimus sekä päätöksenteko, työpajojen ja verkossa toteutetun kaksivaiheisen kyselytutkimuksen avulla. Tavoitteena oli tunnistaa sopeutumiskyvyn avaintekijöitä ja edistämiskeinoja, yhdessä ruokajärjestelmän toimijoiden kanssa, tulevaisuuteen suuntautuen.

### 4.1 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa sovellettiin Delfoi-tekniikkaa. Delfoi-tekniikka on asiantuntijoiden kannanottojen keruumenetelmä, jolla arvioidaan tulevan kehityksen mahdollisuuksia ja uhkia. Menetelmä soveltuu hyvin laaja-alaisiin ja monimutkaisiin tutkimuskysymyksiin, joille ei löydy yhtä oikeaa vastausta. Menetelmällä tutkittavaa kysymystä voidaan lähestyä pohtimalla ja argumentoimalla, ideoimalla ja rajaamalla kysymyksen kannalta oleellisia vaihtoehtoja, tarkentaen ja rikastaen. Delfoi-tekniikan eri versioita yhdistää menetelmällisesti vastaajien anonymiteetti, useampi kuin yksi kysely- tai haastattelukierros sekä vastaajien mahdollisuus palautteenantoon (Kuusi 2003). Asiantuntijoille annetaan mahdollisuus vastata kyselyyn siten, etteivät muut ryhmän jäsenet saa tietoon yksittäisen henkilön mielipiteitä tai arvioita. Tunnistamattomuuden tarkoituksena on vähentää yksilöön kohdistuvaa sosiaalista painetta, joka aiheutuisi helposti ryhmässä. Ryhmässä johtavien henkilöiden vaikutus, valta-asema sekä enemmistön vaikutus saattaisivat vaikuttaa yksittäisen henkilön mielipiteisiin ja vastauksiin.

Perinteisestä Delfoi-menetelmästä (conventional Delphi) on muodostunut erilaisia muunnoksia. Poliitiikka-Delfoi (policy Delphi) on yksi näistä muunnoksista. Kun aikaisemmin Delfoissa oli pyritty löytämään asiantuntijoiden parissa yksimielinen näkökanta asioihin, niin tavanomaisesta Delfoista poiketen poliitiikka-Delfoissa huomiota kiinnitetään erityisesti toisistaan poikkeaviin näkökulmiin ja argumentointiin. Siten poliitiikka-Delfoita on käytetty myös vaihtoehtoisten skenaarioiden tuottamiseen (Rikkinen & Tapio 2009). Delfoi-tekniikkaa käytetään työkaluna arvioidessa poliitiikka-aiheita, ei keinona tehdä päätöksiä (Kuusi 2003, 138; Linstone & Turoff 1975, 84).

Asiantuntijoiden valinta on Delfoi-tekniikan kriittisimpiä kohtia. Kuusi (2003) korostaa, ettei Delfoi-tutkimuksessa ole tavoitteena tilastollisesti edustavat mielipideryhmät vaan se, että ongelma-alueeseen liittyvät tärkeät näkökulmat saadaan arvioinnin kohteeksi. Asiantuntijoiden määrä on vaihdellut yleensä 30 ja 100 asiantuntijan välillä (Turoff ja Hiltz 1996, 57). Suomessa maa- ja elintarviketalouden tulevaisuuden tutkimuksissa asiantuntijapaneelien koko on ollut samansuuntainen. Tutkimuksissa on korostettu asiantuntijavalinnan läpinäkyvyyttä ja valinnan kriteeristöä (mm. Rikkinen 2005, Perälä ym. 2010). Suurimmillaan mm. Saksassa tehtyjen Delfoi-tutkimusten asiantuntijapaneelissa on ollut mukana 500–2000 asiantuntijaa. Kuusen (2003, 140) mukaan Delfoi-tutkimuksessa tulisi korostaa määrän sijaan erityisesti asiantuntijoiden laatua. Suuret paneelit eivät tuo välttämättä esille parhaimpia näkemyksiä.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin politiikka-Delfoin periaatteita. Tavoitteenamme oli muodostaa mahdollisimman kattava ja todenmukainen kuva ruokajärjestelmämme sopeutumiskyvyn tekijöistä ja niiden edistämisen keinoista. Sopeutumiskykyä avasimme osallistujille toimintakyvyn säilyttämisenä ja kykynä vastata tulevaisuuden haasteisiin, pääpaino ilmastonmuutoksen suorissa ja epäsuorissa vaikutuksissa, ottaen huomioon myös taloudelliset tekijät kuten markkinoiden muutokset.

Delfoi-prosessi aloitettiin aivoriihellä (Viikki, 29.08.2011), jonne kutsuttiin joukko Suomen ruokajärjestelmää hyvin tuntevia ja sen ”visionääreiksi” tunnistettuja asiantuntijoita tarkoituksena valmistella prosessin seuraavia kierroksia. Työpajan tavoitteena oli tuottaa ja testata Delfoi-prosessissa ajattelun apuvälineiksi tarjottavia skenaarioita ja kriisejä, muutostilanteita ja ehdotettavia sopeutumiskyvyn avaintekijöitä. Avasimme tulevaisuuden vaihtelua ja epävarmuutta esittämällä työpajassa kaksi esimerkkitalannetta, jossa sopeutumiskyky on koetuksella: 1) energian hinta kohoaa merkittävästi lyhyen ajan kuluessa (5-10-kertaistuu), 2) Suomi vastaanottaa 500 000 maahanmuuttajaa katastrofialueilta, joiden ruokavaliota eroaa suuresti suomalaisesta. Yksin ja ryhmissä pohdittiin, millaiset tekijät edesauttaisivat kykyä sopeutua/menestyä em. tilanteissa alkutuotannossa, panostuotannossa, elintarvikejalostuksessa ja -teollisuudessa sekä kaupassa ja kulutuksessa.

Aivoriihessä esiteltiin myös MAPTEN-tutkimuksessa (Niemi & Rikkinen 2010) laadittuja vaihtoehtoisia skenaarioita Suomen maa- ja elintarviketalouden kehityksestä ja analysoitiin kussakin tärkeimmiksi noussevia ruokajärjestelmän pärjäämisen tekijöitä sen eri toimintaympäristöissä, ensin skenaariokohtaisesti ja lopuksi riippumatta skenaariosta. Tällä toivottiin päädyttävän täysin puhtaalta pöydältä aloitettua pohdintaa syvemmälle konkretiaan.

Delfoi-prosessin seuraavaan vaiheeseen, verkkokyselyn 1. kierrokselle kutsuttiin vastaamaan kaikki aivoriihessä mukana olleet. Vastaajajoukkoa täydennettiin yhteensä 76 alkutuotannon, panostuotannon, elintarvikejalostuksen ja -teollisuuden, kaupan, politiikan, hallinnon ja tutkimuksen edustajana. Valintaperusteena oli asiantuntijuus jollakin ruokajärjestelmän tasolla sekä laaja-alainen käsitys Suomen ruokajärjestelmästä ja/tai sen kehittymisestä. Suurimmalla osalla tämän asiantuntijapaneelin jäsenistä oli maa- ja metsätalouden koulutus (38.9 %), yhteiskuntatieteellinen (27.8 %) tai kaupallinen (16.7 %) koulutus. Aktiivisimmin kutsutuista vastasivat elintarvikejalostuksen ja -teollisuuden asiantuntemusalueen edustajat (27.8 % vastaajista). Poliitiikan asiantuntemusalueelta kutsutut henkilöt eivät vastanneet kyselyyn.

Kyselyn kierrosten alhaiset vastausprosentit saattoivat kertoa aiheen haastavuudesta ja vaikeuksista konkretisoida sopeutumiskykyä: 1. kierroksella 24 % (18 vastaajaa 76:sta kutsutusta) ja 2. kierroksella 42 % (8 vastaajaa 19:sta kutsutusta) kutsutuista vastasi kyselyyn. Ensimmäisellä kierroksella vastaajat saivat ensin vapaasti kuvailla mahdollisimman sopeutumiskykyistä ruokajärjestelmää. Ajattelun avartamiseksi esiteltiin neljä vaihtoehtoista kehityskulkua, jotka pohjautuivat jo mainittuihin MAPTEN-skenaarioihin Suomen maa- ja elintarviketalouden kehityksestä. Vastaajia pyydettiin kuvaamaan kuhunkin tulevaisuusskenaarioon sopeutumiskykyistä järjestelmää sekä lopuksi vielä uudelleen kaikkiin skenaarioihin sopeutumiskykyistä järjestelmää. Toimijatasokohtaisesti kysyimme, mitkä tekijät auttaisivat toimintakyvyn säilyttämisessä kun muutos ja vaihtelu on vaikeasti ennakoitavaa.

Aivoriihen ja aiempien tutkimusten pohjalta ehdotettujen sopeutumiskyvyn avaintekijöiden tärkeyttä kysyttiin 5-portaisella valinta-asteikolla (1-ei lainkaan merkitystä, 5-erittäin suuri merkitys). Avaintekijäehdotukset esiteltiin toimijaryhmittäin (alkutuotanto, panostuotanto, jalostus ja teollisuus, kauppa) ja lopuksi koskien koko ruokajärjestelmää. Vastaajilla oli mahdollisuus ehdottaa myös muita avaintekijöitä.

Monimuotoisuuden merkitystä sopeutumiskyvylle ruokajärjestelmän eri osissa kysyttiin avoimilla kysymyksillä, selvittäen myös missä osissa monimuotoisuudella on eniten/vähiten merkitystä ja millaisella monimuotoisuudella. Lopuksi kysyimme myös sopeutumisen raja-arvoista: kysyimme millaisten muutosten myötä ruokajärjestelmämme sopeutumiskyvyn voisi ajatella ylittyvän ja onko tunnistettavissa laadullisia tai määrällisiä kynnsarvoja jonkin toimijatason sopeutumiskyvylle. Lisäksi kysyimme mikä toimijataso tai toimiala on lähimpänä sopeutumiskyvyn kriittisten kynnsarvojen saavuttamista ja toiminnan loppumista ja miksi.

Ensimmäisen verkkokyselykierroksen tuloksista koottiin yhteenveto ja toisella kierroksella vastaajia pyydettiin arvioimaan aiheita, joita vastaajat olivat 1. kierroksella pitäneet tärkeimpinä sekä aiheita, joissa mielipiteet hajautuivat eniten. Vastauksista nousseita keskeisimpiä argumentteja pyydettiin arvioimaan viisiportaisella Likert-asteikolla (1-Täysin eri mieltä, 5-Täysin samaa mieltä). Argumenttien teemat olivat 1) monimuotoisuus vs. tehokkuus, 2) yhteistyön ja avoimuuden vs. kilpailun tärkeys, 3) pitkäjänteisyys

vs. nopea reagointikyky, 4) keskittyminen vs. hajautuminen, 5) omavaraisuus vs. kansainvälisyys, 6) tietotaidon, teknologian ja innovatiivisuuden tärkeys, ja 7) kannattavuuden tärkeys sopeutumiskyvylle. Lisäksi toivottiin vastaajia tarkastamaan kvantitatiivisesti kysytyjen tekijöiden tärkeysjärjestystä kymmenen tärkeimmäksi nousseen tekijän listasta 1. kierroksen tulosten pohjalta sekä luettelemaan listasta puuttuvia, mutta vastaajan mielestä tärkeitä avaintekijöitä. Lopuksi kysyttiin vielä avoimella kysymyksellä konkreettisia sopeutumiskyvyn edistämisen keinoja Suomen ruokajärjestelmässä sekä pyydettiin arvioimaan esitettyjä, aiempien vastausten joukosta poimittuja mahdollisia sopeutumiskyvyn edistämisen keinoja.

## 4.2 Tulokset

### 4.2.1 Sopeutumiskyvyn avaintekijät

Delfoi-kyselyn 1. kierroksella vastaajat nostivat Taulukkoon 5 kerätyt ominaisuudet keskeisiksi ruokajärjestelmämme sopeutumiskyvylle. Esimerkkilainauksia vastauksista, ryhmiteltynä em. ominaisuuksien alle, löytyy liitteestä 1 (1. kierroksen yhteenveto). Vastaajien näkemyksiä MAPTEN-skenaariokohtaisista sopeutumiskyvyn tekijöistä on koottu taulukkoon 6. Työpajojen ja kirjallisuuden pohjalta kerättyjen sopeutumiskyvyn avaintekijöiden tärkeyttä kysyttiin Delfoi-prosessin 1. kierroksella toimijoittain ja ruokajärjestelmässä kokonaisuutena. Tärkeimmiksi nousseet avaintekijät (10 tärkeintä) löytyvät taulukoista 7-11.

**Taulukko 5.** Delfoi-kyselyssä esiin nousseita ruokajärjestelmän sopeutumiskyvyn ominaisuuksia (argumentit liitteessä 1).

Avaintekijät	
Omavarainen	Energiatehokas ja energiaa säästävä
Tehokas	Joustava
Kotimainen	Paikallinen
Tietotaidokas (osaava ja oppiva)	Teknologiaa hyödyntävä
Tasa-arvoinen	Kilpailullisuuteen perustuva
Kuluttajalähtöinen	Avoin ja keskusteleva
Erikoistunut	Monipuolinen
Kannattava	Innovatiivinen
Varautuva ja pitkäjänteinen	Nopeasti reagoiva
Kestävä	Ympäristövastuullinen

**Taulukko 6.** Delfoi-kyselyssä esiin nousseet sopeutumiskyvyn avaintekijät neljään MAPTEN-tutkimuksen tulevaisuuskenaarioon.

<b>SKENAARIO</b>	<b>1: Maailmankauppa vapautuu ja Suomen maatalous häviää</b>	<b>2: Laaturuoka ja monialainen yrittäjyys vetureina</b>	<b>3: Innovaattori uusiutuvan energian ratkaisuissa</b>	<b>4: Ilmastonmuutoksen hillitsemisen ensisijaista</b>
<b>KUVAUS</b>	Maataloustuotteiden kauppa vapautuu, keskittymiskehitys voimistuu, markkinat ohjaavat toimintaa (market led)	Hajautetut, paikalliseen osaamiseen pohjaavat kehityskulut menestyvät, monialainen yrittäjyys lisääntyy ja lähiruoka nousee markkinavaltiksi (local learning)	Ilmastonmuutoksen hillintä nousee entistä keskeisempään rooliin, uusiutuvaan energiaan liittyvät innovaatiot vahvistavat maataloutta, kuluttajat suosivat ekotehokkuutta (technogarden, ecoefficient)	Ilmasto muuttuu odotettua nopeammin, ilmastonmuutoksen hillintä on ensisijaista, ratkaisua energiatarpeeseen haetaan ydinvoimasta
<b>VASTAAJIEN KÄSITYKSET SKENAARION VAATIMASTA SOPEUTUMISESTA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yksikkökoon kasvattaminen</li> <li>- Erikoistuminen</li> <li>- Pyrkimys nichemarkkinoille</li> <li>- Polarisoituva ruokajärjestelmä: masatuotanto (maito, rehu) vs uusia jakelukanavia hyödyntävä niche tai luomu tuotanto</li> <li>- Tuonti jalostuksessa lisääntyy</li> <li>- Kaikki Suomessa tuotettu lähiruokaa</li> <li>- Parempi yhteys tutkimukseen ja tuotekehittelyyn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuotantoketjujen lyhentäminen</li> <li>- Tehokkaasti, helposti saataville tuotettu lähiruoka</li> <li>- Suuria haasteita logistiikassa</li> <li>- Ruoalle kasvot, tarina ja historia</li> <li>- Nettipohjainen tietopalvelu lähiruoan tuottajista yleistyy</li> <li>- Tuottajien jatkuva kouluttautuminen</li> <li>- Korkeat standardit ja laatuvaatimukset</li> <li>- Erilaistuminen ympäristötehokkuudella</li> <li>- Kuntapäätäjät ja joukkoruokailu avainasemassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Energiantuotanto osaksi maataloutta</li> <li>-Lisäarvoa maaseudulle hiilinieluna ja energiantarjoajana</li> <li>-Hiili- ja vesijalanjäljet ja ekoverotus</li> <li>- Tiede ja tutkimus avainasemassa</li> <li>-Tuontienenergiariippuvuus alenee</li> <li>-Ravinteiden kiertäminen suljetummaksi ja tehokkaammaksi</li> <li>-Biotalousyhteisöjä muodostuu</li> <li>-Suomen vahvuus vesi ja sen sallima lihantuotanto ja vienti</li> <li>-Tuet ei kestävä ratkaisu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kausittainen ruokavalio</li> <li>-Eläintuotannosta kasvintuotantoon</li> <li>-Lannoitteiden käyttö alas</li> <li>-Ydinvoimaloiden lauhdevesi hyödynnetään</li> <li>-Kuljetusmatkat lyhyemmiksi</li> <li>-Talviaikainen kasvipeitteisyys vaatimukseksi</li> <li>-Tehokkaat logistikkaratkaisut</li> </ul>



**Taulukko 7.** Delfoi-kyselyn vastaajien alkutuotannon sopeutumiskyvylle 10 tärkeimmäksi valitsemaa avaintekijää (keskiarvo, asteikolla 1-ei lainkaan merkitystä, 2-Ei kovin runsaasti merkitystä, 3-Jonkin verran merkitystä, 4-Keskeinen merkitys, 5-Erittäin suuri merkitys) ja 2. kyselykierroksen palaute tärkeysjärjestyksen muutos- ja listan täydennystarpeesta.

ALKUTUOTANTO	Keskiarvo	2. kierroksen palaute
Maatalousteknologian taso ja osaaminen	4.64	↓ (5)
Päätuotantoalan erikoisosaaminen	4.57	
Viljelysmaan kasvukunto	4.47	↑ (2)
Tuotannon nykyinen taloudellinen kannattavuus	4.40	
Ostajakontaktien pitkäaikaisuus ja luottamus	4.38	
Energiatehokkuus	4.35	↑ (3)
Oman tuotannon kannattavuuskehityksen seuraaminen	4.33	↑ (5)
Koulutus- ja tietotaso	4.33	↑ (1)
Tuotannon laatu	4.25	
Informaatioteknologian hyödyntäminen	4.21	

**Taulukko 8.** Delfoi-kyselyn vastaajien maatalouden panostuotannon sopeutumiskyvylle 10 tärkeimmäksi valitsemaa avaintekijää (keskiarvo, asteikko kuten taulukossa 4.2) ja 2. kyselykierroksen palaute tärkeysjärjestyksen muutos- ja listan täydennystarpeesta.

PANOSTUOTANTO	Keskiarvo	2. kierroksen palaute
Energiatehokkuus	4.57	
Logistiikan tehokkuus	4.31	
Ympäristöystävälliset toimintatavat	4.29	= 1 ja 2
Yhteistyö tutkimuksen kanssa	4.15	↑ (1-2)
Ostajakontaktien pitkäaikaisuus ja luottamus	4.08	
Markkinatutkimus ja ennakointi	4.08	tilalle laatutekijät
Yrityksen imago ja yhteiskuntavastuu	3.93	
Riskinottohalukkuus ja -kyky	3.93	
Nykyinen taloudellinen kannattavuus	3.92	
Aktiivinen tiedonvaihto ruokaketjun muiden toimijoiden kanssa	3.77	↑ (1-3)

**Taulukko 9.** Delfoi-kyselyn vastaajien elintarvikejalostuksen ja –teollisuuden sopeutumiskyvylle 10 tärkeimmäksi valitsemaa avaintekijää (keskiarvo, asteikko kuten taulukossa 4.2) ja 2. kyselykierroksen palaute tärkeysjärjestyksen muutos- ja listan täydennystarpeesta.

JALOSTUS JA TEOLLISUUS	Keskiarvo	2. kierroksen palaute
Tuotekehitys ja tutkimusosaaminen	4.60	↓ (3)
Logistiikan tehokkuus	4.50	
Energiatehokkuus	4.50	
Panostus viestintään ja kuluttajaluottamukseen	4.50	↓ (5)
Markkinatutkimus ja ennakointi	4.47	↑ (1)
Ympäristövaikutusten huomioiminen	4.47	↑ (4)
Yhteistyö tutkimuksen kanssa	4.40	
Riskinottohalukkuus ja -kyky	4.20	↑ (1) / pois, laatutekijät tilalle
Nykyinen taloudellinen kannattavuus	4.13	↑ (6)
Aktiivinen tiedonvaihto muiden ruokaketjun toimijoiden kanssa	4.07	↑ (2/3)

**Taulukko 10.** Delfoi-kyselyn vastaajien kaupan sopeutumiskyvylle 10 tärkeimmäksi valitsemaa avaintekijää (keskiarvo, asteikko kuten taulukossa 4.2) ja 2. kyselykierroksen palaute tärkeysjärjestyksen muutos- ja listan täydennystarpeesta.

KAUPPA	Keskiarvo	2. kierroksen palaute
Panostus viestintään ja kuluttajaluottamukseen	4.47	
Ympäristövaikutusten huomioiminen	4.47	↓ (3)
Informaatioteknologian hyödyntäminen	4.47	
Markkinatutkimus ja ennakointi	4.33	↑ (1-3)
Joustavuus hankintakanavissa	4.20	↑ (1)
Aktiivinen tiedonvaihto muiden ruokaketjun toimijoiden kanssa	4.13	↑ (1)
Paikallisten tuotteiden osuus myynnistä	4.00	↑ (5)
Kansainvälinen yhteistyö	4.00	
Riskintotalukkuus ja -kyky	4.00	↑ (2)
Nykyinen taloudellinen kannattavuus	3.93	↑ (4)

**Taulukko 11.** Delfoi-kyselyn vastaajien ruokajärjestelmämme sopeutumiskyvylle 10 tärkeimmäksi valitsemaa avaintekijää (keskiarvo, asteikko kuten taulukossa 4.2) ja 2. kyselykierroksen palaute tärkeysjärjestyksen muutos- ja listan täydennystarpeesta.

RUOKAJÄRJESTELMÄ	Keskiarvo	2. kierroksen palaute
Tiedonvälitys kuluttajille	4.50	↓ (3) Vuoropuhelu kuluttajien kanssa
Kotimaisen elintarvike- ja ravitsemustutkimuksen taso	4.41	
Kotimaisen maataloustutkimuksen taso	4.35	
Ruokaketjun läpinäkyvyys ja jäljitettävyys	4.33	
Informaatioteknologian hyödyntäminen	4.28	
Politiikkaohjauksen selkeys ja läpinäkyvyys	4.22	↑ (2)
Infrastrukturi	4.17	
Aktiivinen tiedonvaihto läpi ruokaketjun	4.17	↑ (1)
Kotimaisuusaste	4.11	↑ (3)
Aktiivinen tiedonvaihto kunkin toimijatason sisällä	4.06	

#### 4.2.2 Sopeutumiskyvyn rajat

Lähimpänä sopeutumiskyvyn rajoja todettiin oltavan tällä hetkellä alkutuotannossa, kannattavuustilanteen heikkouden takia. Myös elintarviketeollisuuden ja -jalostuksen uskottiin olevan sopeutumiskyvyltään heikossa asemassa kannattavuuden takia ja kaupan taas löytävän keinonsa sopeutua moninaiisiin tilanteisiin nykyisen infrastruktuurinsa ja kehittyneen logistiikkansa ansiosta. Todettiin, että muutokset kohdistuvat kuitenkin tulevaisuudessa eritasoisesti eri toimijoihin, joten tilanne voi muuttua nopeastikin. Ruokajärjestelmän sisällä kotimaisen alkutuotannon ja raaka-aineen toimitusvarmuuden sopeutumiskyvyn ollessa koetuksella ennakoitiin myös jalostuksen olevan pulassa, mutta kaupan sen sijaan säilyttävän tuonnin ja kansainvälisten kontaktiensa kautta parhaiten asemansa tällaisessakin tilanteessa.

#### 4.2.3 Sopeutumiskyvyn edistämiskeinot

Sopeutumiskyvyn edistämisen keinoiksi vastaajat ehdottivat mm. tiedon ja tietoisuuden, taidon ja osaamisen lisäämistä omasta ja suomalaisesta ruokavaliosta, kansainvälisyyden lisäämisen, läpinäkyvyyden edistämisen ja kuluttajien huomioimisen huolellisemmin. Vastaajat esittivät sopeutumiskyvyn edistämisen keinoiksi myös mm. energian verotuksen ja eläinperäisten tuotteiden verotuksen kiristämistä (taustavaikeuttajana kierrätys- ja ilmastohyödyt) ja alkutuotannon talouden kohentamista (tasa-arvoisuus hyötynä). Myös investointien suunnittelussa tulisi vaatia miettimään mahdollinen vaihtoehtoinen käyttötarkoitus.

Ehdotetuista edistämiskeinoista eniten yksimielisyyttä hyödyllisyydestä sopeutumiskyvyn kasvattamisessa nähtiin olevan politiikkaohjauksen suuntaamisella energia- ja ravinneomavaraisuuteen ja ekoverotukseen, investointitukien lisäämisellä kohentamaan teknologiatasoa ja infrastruktuuria, ja alkutuotannon tutkimusrahoituksen lisäämisellä. Eniten erimielisyyttä oli seuraavista esitetyistä edistämiskeinoista: toimijavetoisten yhdistysten avulla, politiikkaohjauksen avulla, suunnaten ruokaketjun toimijoiden tasa-arvoisuuteen ja sallimalla mahdollisimman vapaa kilpailu.

#### 4.2.4 Monimuotoisuuden ja sopeutumiskyvyn suhde

Sopeutumiskyvyn ja monimuotoisuuden suhde koettiin pääosin positiiviseksi ja joidenkin vastaajien mielestä juuri kaikkein oleellisimmaksi tekijäksi joustavuudelle. Osa vastaajista mainitsi sen puutteen olevan vakava uhka ruokajärjestelmässämme. Korostettiin kuitenkin myös että eri osissa ruokajärjestelmää monimuotoisuuden merkitys vaihtelee suuresti ja siksi sitä ei pidä tulkita ylenpalttisuudeksi. Myös monimuotoinen järjestelmä voi olla tehokas. Yhtä mieltä oltiin siitä, että sopeutumiskykyisessä ruokajärjestelmässä on lukuisia erikokoisia toimijoita keskinäisessä vuorovaikutussuhteessa ja kuluttajille tarjottavien vaihtoehtojen ja alkutuotannon monipuolisuus on tärkeää. Kaupan hankintakanavien ja elintarviketeollisuuden tuotannon monipuolisuuden sekä monialaisuuden tarpeen suhteen mielipiteet jakaantuivat.

### 4.3 Tulosten tarkastelu

Sopeutumiskyky koettiin hankkeen työpajoissa ja verkkokyselyssä uudeksi, kiinnostavaksi, keskeiseksi ja aiemmin liian vähäiselle huomiolle jääneeksi näkökulmaksi. Toisaalta monet kokivat sopeutumiskyvyn käsitteenä myös vaikeasti konkretisoituvaksi ja avaintekijöiden kartoittamisen tai etenkin niiden laittamisen tärkeysjärjestykseen varsin haastavana ellei mahdottomana tehtävänä. Keskeisimmiksi sopeutumiskyvyn tekijöiksi ei siten voitu nostaa yhtä tai vain muutamaa ominaisuutta. Kun haetaan keskeisimpiä sopeutumiskyvyn tekijöitä joihin ohjata keskeisimmät sopeutumistoimet varmentamaan toimintaa, on ruokajärjestelmän tarkastelu sekä toimijoittain että kokonaisuutena tarpeen.

Lopputulena konkretisoitui keskeisimpiä avaintekijöitä, osa käsitetasoisia ja osa mitattavia, eri toimijatasoille ja koko ruokajärjestelmään, tietoa sopeutumiskyvyn rajoista ja keinoja edistää ruokajärjestelmämme sopeutumiskykyä ja resilienssiä. Esiin nousseet avaintekijät jäivät usein helposti teoriatason positiivisiksi tavoitteiksi ja konkretiaa tuntui löytyvän vasta sidottaessa tilanteet ja muutostekijät tapauskohtaisesti. Kuitenkin sopeutumiskyvyn päätarkoituksen ollessa varmentaa toimintakykyä vaikeasti ennakoitavassa ja yhä suurempaa ja nopeampaa sää- ja hintavaihtelua sisältävässä tulevaisuudessa, emme halunneet sitoa sitä liiaksi tiettyyn muutostekijään ja tilanteeseen. Ruokajärjestelmän toimijoiden horisontaalinen ja vertikaalinen yhteistyö ja avoimeen kommunikaatioon pyrkiminen oli selkeä sosiaaliseen pääomaan rinnastettavissa oleva avaintekijä. Kannattavuus ja oman kannattavuuskehityksen seuraaminen ajassa olivat oleellisia taloudelliselle sopeutumiskyvyille.

Toimijoiden kanssa muodostetussa aineistossa korostuivat toisaalta samat sopeutumiskyvyn avaintekijät kuin kirjallisuudessa: tietotaso, teknologiataso, taloudellinen kannattavuus, vakavaraisuus ja pääoma. Toisaalta esiin nousivat suomalaisen ruokaketjun tämänhetkiset kipukohdat, joihin sen toimijat voisivat itse vaikuttaa, kuten tasa-arvoisuus ansaintalogiikassa, avoimuus, joustavuus ja monimuotoisuus sekä energiatehokkuus ja kierrätykseen perustuvat energia- ja ravinneomavaraisuus.

Sopeutumiskyky Suomessa tarkoittaa varsin eri asiaa kuin alemman elintason maissa, joissa sopeutumiskyky on suoraan sidoksissa kielitaitoon, tieverkostoon ja muuhun infrastruktuuriin. Siellä oman viljelysmaan rooli ruoan tarjoajana on suurelle väestöosalle tärkeä ja siten sään muutokset aiheuttavat suoran vaikutuksen ruokaturvaan. Sopeutumiskyky on moniulotteinen asia ja sen tarkastelu myös Suomen ruokajärjestelmän kannalta osoittautui oleelliseksi. Se hahmottui kykyä säilyttää toimintakyky tai uudelleenorganisointia muutoksissa, olivatpa ne säähän, hintaan tai sosiaalisiin muutoksiin liittyviä. Myös Suomen ruoantuotanto tarvitsee sopeutumiskyvyn tarkastelua keinona turvata ruoan tarjonta äärevyuden lisääntymisen ja nopeammin vaihtelevien tilanteiden varalta. Sopeutumiskyky meillä on sopeutumisvaihtoehtojen punnitsemista, varautumista moniin tulevaisuuksiin, ennakoivaa riskinhallintaa ja koko ruokaketjun yhteistä innovointia avoimen kommunikaation, tutkimusyhteistyön ja toimintavaihtoehtojen taloudellisen arvioimisen keinoin.

## 4.4 Ydinviestit

- Sopeutumiskyvyn kärjiksi nousivat seuraavanlaiset ominaisuudet ruokajärjestelmässämme:
  - Avoin ja jäljitettävä, kuluttajia kuunteleva ja keskusteleva
  - Tutkimusta ja teknologiaa hyödyntävä, innovatiivinen ja oppiva, erikoistuva mutta monipuolinen
  - Energia- ja ravinneomavarainen, energiatehokas
- Suurin yksimielisyys ruokajärjestelmässämme vallitsee sopeutumiskyvyn edistämisen tärkeydestä ravinne- ja energiaomavaraisuutta parantavin ohjauskeinoin, teknologian ja infrastruktuurin investointeja tukemalla ja alkutuotannon tutkimusta vahvistamalla.
- Sopeutumiskyky on helpointa kommunikoida tilanteisiin sidotuin esimerkein.
- Sopeutumiskyvyn tarkastelu on olennainen, kaivattu täydennys nykyiseen sopeutumis-, tehokkuus- ja optimointiajatteluun.

---

## 5 Pääviestit toimijoille

---

**Helena Kahiluoto, Kaija Hakala, Antti Miettinen, Jyrki Niemi, Reimund Rötter, Tapio Salo ja Sari Himanen**

### 5.1 Kasvinjalostajat

Tulevaisuuden ilmasto Suomen eri osissa - ja siksi lajikkeiston sopeutumiskyky ja jalostushaasteet - näyttävät hyvin erilaisilta riippuen ilmaston toimintaan ja hillintätoimiin liittyvistä oletuksista. Sen takia viljelykasviemme lajikkeiston sopeutumiskyky – kyky sopeutua erilaisiin olosuhteisiin, vaihteluun, ääreivyyteen ja yllätyksiin nyt ja tulevaisuudessa – on tärkeä vastuullisen kasvinjalostuksen tavoite. Tämä koskee etenkin kuivuuden ja runsaiden sateiden sietoa, koska sadannan ajoittumiseen ja intensiteettiin liittyy eniten epävarmuutta ennusteissa.

Säävasteiden monimuotoisuus ja sen mittaaminen on arvokas täsmäväline, kun lajikkeiston sopeutumis- ja sietokykyä arvioidaan ja kehitetään. ADACAPA-tutkimushankkeessa kehitettiin ohralle suomalaisiin oloihin malli, joka soveltuu käytettäväksi nykyisen käytettävissä olevan lajikkeiston haavoittuvuuden ja sopeutumiskyvyn seurantaan vaikeasti ennakoitavassa ilmastonmuutoksessa. Tämä väline soveltuu uusien lajikkeiden jalostustavoitteiden kohdentamiseen niin, että ne täyttävät tehokkaasti nykyisen lajikkeistomme aukkoja. Se on helposti kehitettävissä myös muiden viljelykasviemme sopeutumiskyvyn seurantaan ja rakentamiseen.

Esimerkiksi eniten viljellyn viljalajimme ohran lajikkeiston sopeutumiskyky on suhteellisen hyvä lämpötilaan liittyvien säätekijöiden suhteen, lukuun ottamatta kohonneita lämpötiloja ennen tähkimistä. Sadannan vaihteluun alkukasvukaudella sopeutumiskykyä on vähemmän. Nykyisten geenivarojen yhdisteleminen uudella tavalla ja uusien geenivarojen tuominen jalostusohjelmaan näiden puutteiden korjaamiseksi on tärkeää.

### 5.2 Maatalousyrittäjät

Viljelykasvien lajikkeiden monimuotoisuus alueilla myötävaikutti korkeaan satotasoon silloin, kun valittavana oli runsaasti hyvin soveltuvia, hyväsatoisia lajikkeita. Satojen varmentamiseen ei kuitenkaan tarvita suurta lajikevalikoimaa, jos lajikkeiden valinnassa otetaan huomioon säävasteiden monimuotoisuus.

Viljelyjärjestelmää monimuotoistamalla voi alentaa ainakin typen ylijäämiä, ja siten välttää rehevöittäviä päästöjä vesistöihin ja kasvihuonekaasupäästöjä ilmaan. Myös maaympäristön rehevöitymisen monimuotoisuutta vähentävää vaikutusta voi tällaisella toiminnallisella monimuotoisuudella ehkäistä. Satoja viljelyhistorian monimuotoisuus ei kuitenkaan näytä varmentavan.

Satojen varmentumista voisi pikemmin odottaakin verrattaessa useamman viljelykasvin yhtäaikaista viljelyä vain yhden tai harvojen viljelykasvien viljelyyn tilalla tai alueella – tällöin joidenkin viljelykasvien huono satovuosi voisi kompensoitua toisten paremmalla menestyksellä. Niinpä sellaisilla kasvinviljelytiloilla, joilla ei ole tulotasoa varmentavia metsätuloja, monipuolisempi viljelykasvivalikoima varmentaa tuloja. Lisäksi myyntituottojen saaminen muualtakin kuin maa- ja puutarhataloudesta parantaa hyvän taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä kaikilla kasvinviljelytiloilla.

Yleinen, koko ruokaketjun voimakkaan erikoistumis- ja keskittymiskehityksen taustalla ollut käsitys on, että monimuotoisuus heikentää tehokkuutta. Näin ei kuitenkaan näytä ainakaan tiloilla olevan. Tilan maankäytön monimuotoisuuden ja sen resurssien (työn, pääoman ja maan) käytön tehokkuuden välillä havaittiin vain vähäinen, taloudellisesti merkityksetön tendenssi negatiiviseen yhteyteen. Tilanne oli tämä, vaikka asiaa tarkasteltiin vain yhden vuoden sisällä, jolloin monimuotoisuuden hyödyt eivät täysimittaisesti toteudu. Tilan tehokkuuden ja sopeutumis- ja sietokykyä tuovan monimuotoisuuden hyödyt näyttävätkin olevan yhdistettävissä.

## 5.3 Teollisuus ja kauppa

Lajikkeiden säävasteiden monimuotoisuutta on perusteltua tarkastella, kun lajikkeita valitaan sopimusviljelyyn. Kun lajikkeet valitaan myös tämä näkökulma huomioon ottaen, ei valikoiman tarvitse olla laaja, jotta se sisältää riittävästi säävakuutusta. Vasteiden monimuotoisuus voi olla hedelmällinen tarkastelukulma myös varauduttaessa ilmastonmuutoksen epäsuoriin vaikutuksiin kuten bioenergian tuotannon ruokkimaan panosten ja ruoan hintojen nousuun ja heilahteluun. Globaaleiden ruokamarkkinoiden vaihteluilta ja kriiseiltä voi puskuroida ruoan tarjontaa ja sen hintapiikkejä yhteistyöllä kotimaisten panosten, raaka-aineiden ja elintarvikkeiden toimittajien kanssa. Toisaalta kotimaisilta kriiseiltä, esimerkkinä kevään 2010 elintarviketeollisuuden lakot, taas voivat tuoda suojaa kotimaisten toimituskanavien monimuotoisuus (esim. paikalliset leipomot) ja tuonti. Toimittajien monimuotoisuus taas edellyttää, että myös kotimaisen alkutuotannon ja elintarviketalouden toimintaedellytykset turvataan tasa-arvoisella vuoropuhelulla ruokaketjun neuvottelupöydissä.

Myös kysyntä heilahtelee entistä nopeammin, kun uusi ruokavaliotieto ja -ideat leviävät.

Ilmastonmuutoksen seurauksilla, kuten kuivuuden ja satotasojen heikkenemisen tai merenpinnan nousun voimistamalla muuttoliikkeillä, voi niilläkin olla radikaaleja heijastusvaikutuksia ruoan kysyntään. Tämä taas synnyttää raaka-aineiden ja tuotteiden hankinnan ja toimituskanavien monimuotoisuudelle ja joustavuudelle omat haasteensa. Eriytyvän kysynnän äänen kuuluminen ja oppiminen läpi ketjun on tällaisessa tilanteessa tärkeää. Ruokaturvan - ruoan tarjonnan ja saatavuuden - näkökulmasta meikäläisittäin ehkä uhkaavimpia tekijöitä ovat kauppojen väheneminen ikääntyvillä syrjäseuduilla ja kaupan keskittyminen kaupunkien liepeille auton käyttöä edellyttäviin hypermarketteihin.

Tehokkuuden nimissä keskitetyn ruokaketjun haavoittuvin kohta saattaa olla energianjakelu, jonka täydellinen katkos lamauttaisi kaikki nykymuotoiset logistiset järjestelmät. Valtakunnallisista energian jakelujärjestelmistä riippumattomalla paikallisella tai alueellisella uusiutuvalla energian tuotannolla ja sitä hyödyntävillä kuljetusjärjestelmillä voi tässä olla potentiaalia.

## 5.4 Hallinto ja poliittinen päätöksenteko

Oppiva ruokaketju edellyttää vankkaa panostusta maatalous- ja elintarvikealan tutkimukseen ja opetukseen. Julkisella ohjauksella on mahdollisuuksia myös ruokaketjun tasa-arvoisemman vuoropuhelun foorumeiden ja käytäntöjen luomisessa. Myös ruoan alueelliseen ja paikalliseen saatavuuteen vaikutetaan hallinnollisin ja poliittisin päätöksin. Energia- ja ravinnehuollon riippumattomuus haavoittuvista keskitetyistä järjestelmistä nousi toimijoiden näkemyksissä keskeiseksi toimintavarmuuden parantamisen haasteeksi sääilmiöiden äärevöityessä, kansainvälisissä konflikteissa ja hintaturbulenssissa. Tätä ehdotettiin kannustettavaksi politiikkaohjauksella, mm. ”ekoverotuksella”. Kansallista päätöksentekoa tarvitaan kannustimien luomisessa ruokaketjun sivuvirtojen ja muun uusiutuvan energian hyödyntämiseen alueellisin ja paikallisin ratkaisuin. Myös investointitukia teknologiaan ja infrastruktuuriin ehdotettiin sopeutumiskyvyn parantamiseksi.

---

## 6 Johtopäätökset

---

- Sopeutumiskyvyn kehittäminen erilaisiin, vaikeasti ennakoitaviin muutoksiin ja lisääntyvään vaihteluun on tärkeä täydennys todennäköisimpään skenaarioon pohjautuvalle sopeutumisstrategialle. Se tuottaa uusia näkökulmia, uutta tietoa ja uusia keinoja varauduttaessa epävarmaan tulevaisuuteen ja jo esiintyvään vaihteluun.
- Sopeutumiskyvyn avaintekijöitä ovat tietoinen varautuminen epävarmuuteen ja vaihteluun, joustavuus, riippumattomuus (etenkin energia- ja ravinneomavaraisuus) sekä keskusteleva ja oppiva ruokaketju.
- Monimuotoisuus ruokajärjestelmän eri osissa voi lisätä sopeutumiskykyä. Sen merkitys kuitenkin vaihtelee riippuen siitä, millaisesta monimuotoisuudesta on kyse. Muutokseen ja vaihteluun varautumisessa tärkeintä on vasteiden monimuotoisuus. Vasteiden monimuotoisuuden mittaaminen tarjoaa sopeutumis- ja sietokyvyn arvioinnille ja lisäämiselle arvokkaan välineen aina, kun järjestelmän erilaisten yksiköiden vasteista kriittisille muutoksille ja vaihtelulle on saatavissa tietoa.
- Monimuotoisuuden ei tarvitse heikentää tehokkuutta. Tehokkuuden tavoittelu on kiihtyvällä vauhdilla vähentänyt monimuotoisuutta ruokaketjun eri osissa, lajikejalostuksesta tiloille ja markkinakanaviin. Tehokkuuden tekijät saattavat kuitenkin näyttäytyä kuitenkin uudessa valossa, kun niitä tarkastellaan epätodennäköisissä tilanteissa ja kriiseissä. Tehokkuuden ja toisaalta monimuotoisuuden hyödyt näyttävät olevan strategisesti yhdistettävissä maataloilla eikä tehokkuus välttämättä uhkaa ruokaturvaa.
- Nykyinen keskusvetoinen elintarvikeketju ei ole yksiselitteisesti sen haavoittuvaisempi kuin vaihtoehtoiset tai historialliset mallitkaan. Ensinnäkin riskitön toimitusketju on paitsi mahdottomuus, myös kaikkea muuta kuin tehokas. Toiseksi erilaiset järjestelmät ovat alttiita erilaisille häiriöille: pitkälle keskitettyä järjestelmää uhkaavat eri tekijät kuin keskittämätöntä ja ulkoistettuun tuotantoon liittyy erilaisia riskejä kuin sisäiseen tuotantoon. Polttoaine- tai sähkönjakelun täydellinen katkos lamauttaisi kaikki nykymuotoiset järjestelmät.
- Tulonlähteiden ja maankäytön monimuotoisuudella on merkitystä tilan sopeutumiskyvyn kannalta. Myyntituottojen saaminen muualtakin kuin maa- ja puutarhataloudesta parantaa hyvän taloudellisen tuloksen todennäköisyyttä kasvinviljelytiloilla. Lisäksi kasvinviljelytiloilla maankäytön monimuotoisuudella on positiivinen yhteys hyvän taloudellisen tuloksen todennäköisyyteen silloin, kun metsästä saatujen puunmyyntitulojen vaikutus tilan taloudelliseen tulokseen on tarkastelussa eliminoitu.
- Tulevaisuuden ilmasto Suomen eri osissa ja eri aikoina näyttää hyvin erilaiselta riippuen siitä, mitä epävarmuutta sisältävistä lähtökohdista oletetaan. Ilmastomallien oletukset ilmaston toiminnasta vaihtelevat ja päästömallit arvioivat vaihtelevasti hillintätoimia ja niiden tehoa. Lämpötilan kehitykseen sisältyy epävarmuutta, mutta epävarmimpia ovat ennusteet sadannan ajoittumisesta ja intensiteetistä alueittain. Jotta maatalouden ja ruokaketjun sopeutumiskyky voidaan turvata, alkutuotannon tuotantosuuntien, viljelykasvilajiston ja lajikkeiston säävasteiden monimuotoistamiseen on syytä kiinnittää nykyistä enemmän huomiota.
- Viljelyjärjestelmän monimuotoisuudella näyttää olevan myönteisiä ympäristövaikutuksia. Viljelyhistorian monimuotoisuus ei varmista satoa, mutta näyttää pienentävän tyyppiylijäämiä merkittävästi, eniten keskimääräisissä sääoloissa.
- Viljelykasvien lajikkeiden monimuotoisuus myötävaikuttaa korkeaan satotasoon silloin, kun valittavana on runsaasti alueelle soveltuvia, hyväsatoisia lajikkeita. Kun lajikkeiden säävasteiden monimuotoisuus otetaan huomioon jalostuksessa ja viljelyssä, monimuotoisuusvaikutus kohdentuu tehokkaasti ja takaa monimuotoisuuden hyödyt rajatummallakin lajikevalikoimalla.

---

## 7 Kirjallisuus

---

Adger, W.N., Arnell, N.W. & Tompkins, E.L. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15: 77-86.

Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B. & Takahashi, K. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. Teoksessa: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (toim.) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. s. 717-743.

Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, C.A.T., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B., Palutikof, J., Schöll, R., Semmler, T. & Woth K. 2007. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81: 71-95.

Bindi, M. & Olesen, J.E. 2011. The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change* 11: S151-S158.

Brooks, N., Adger, W.N. & Kelly, P.M. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15: 151-163.

Christopher, M. & Towill, D.R. 2002. Developing Market Specific Supply Chain Strategies. *International Journal of Logistics Management* 13(1): 1-14.

Cranfield School of Management. 2002. Supply chain vulnerability, Final Report on behalf of DTLR, DTi and Home Office, Cranfield University, Cranfield.

Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R. & Pielke, R. 2009. Climate prediction: a limit to adaptation? Teoksessa: Adger, W.N., Lorenzoni, I. & O'Brien, K.L. (toim.) *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. s. 64-78.

Dessai, S., O'Brien, K. & Hulme, M. 2007. Editorial: On uncertainty and climate change. *Global Environmental Change* 17: 1-3.

Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B. & Norberg, J. 2003. Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 488-494.

Engle, N.L. 2011. Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change* 21: 647-656.

Euroopan yhteisöjen komissio. 2009. Valkoinen kirja. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen: Kohti eurooppalaista toimintakehystä. KOM (2009) 147 lopullinen. Saatavissa: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:FI:PDF>

FAO. 1996. Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action. World Food Summit 13-17 November 1996, Rome. Saatavissa: <http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.htm>

Folke, C. 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16: 253-267.

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S. & Walker, B. 2002. Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio* 31: 437-440.



- Gallopin, G.C. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change* 16: 293-303.
- Garnett, T. 2003. *Wise Moves: Exploring the relationship between food, transport and CO<sub>2</sub>*. Transport 2000 Trust. London, UK. Saatavissa: [http://www.thepep.org/ClearingHouse/docfiles/wise\\_moves.pdf](http://www.thepep.org/ClearingHouse/docfiles/wise_moves.pdf)
- Hakala, K., Jauhiainen, L., Himanen, S.J., Rötter, R., Salo, T. & Kahiluoto, H. 2012. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 150: 145-160.
- Himanen, S.J., Ketoja, E., Hakala, K., Rötter, R., Salo, T. & Kahiluoto, H. Käsikirjoitus. Greater cultivar diversity is accompanied by higher yield: Co-benefits for sustainability and yield security.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.
- Hosmer, D.W. & Lemeshow, S. 2000. *Applied logistic regression*. 2nd edition. John Wiley & Sons. New York, USA. 375 s.
- Kahiluoto, H., Kaseva, J., Trnka, M., Hakala, K., Salo, T., Rötter, R., Jauhiainen, L. & Himanen, S.J. Käsikirjoitus a. An approach to foster resilience through empirical assessment of response diversity.
- Kahiluoto, H., Kuosmanen, N. & Himanen, S.J. Käsikirjoitus b. Cultivating resilience through empirically revealing response diversity.
- Kuusi, O. 2003. Delfoi-menetelmä. Teoksessa: Vapaavuori, M. & von Bruun, S. (toim.) *Miten tutkimme tulevaisuutta*. 2. painos. Tulevaisuuden tutkimuksen seura ry, *Acta Futura Fennica* 5, Tampere. s. 134-144.
- Linstone, H.A. & Turoff, M. (toim.) 1975. *The Delphi method: Techniques and applications*. Saatavissa: <http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook>
- Metzger, M.J. & Schröter, D. 2006. Towards a spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change in Europe. *Regional Environmental Change* 6: 201-216.
- MMM. 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Saatavissa: [http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/julkaisusarja/2005/MMMjulkaisu2005\\_1.pdf](http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/julkaisusarja/2005/MMMjulkaisu2005_1.pdf)
- Niemi, J. & Rikkinen, P. (toim.) 2010. *Maatalouspoliittisen toimintaympäristön ennakointi. Miten käy kotimaisen elintarvikeketjun?* MTT Raportti 7. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Jokioinen. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti7.pdf>
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (toim.) 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 s.
- Peck, H. 2006. *Resilience in the food chain: A study of business continuity management in the food and drink industry*. Final report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. & Ojanen, H. 2009. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 171-180.
- Perälä, M., Wuori, O., Rikkinen, P. 2010. *Elintarvikeketjun asiantuntijoiden tulevaisuudenkuvia Suomen maa- ja elintarviketaloudesta vuoteen 2030*. Teoksessa: Niemi, J. & Rikkinen, P. (toim.). *Maatalouspoliittisen toimintaympäristön ennakointi. Miten käy kotimaisen elintarvikeketjun?* MTT Raportti 7: s. 8-31.
- Rikkinen, P. 2005. Scenarios for future agriculture in Finland: a Delphi study among agri-food sector stakeholders. *Agricultural and Food Science* 14, 3: 205-223.

- Rikkonen, P. & Tapio, P. 2009. Future prospects of alternative agro-based bioenergy use in Finland - constructing scenarios with quantitative and qualitative delphi data. *Technological forecasting and social change* 76: 978-990.
- Rötter, R.P., Palosuo, T., Pirttioja, N.K., Dubrovsky, M., Salo, T., Fronzek, S., Aikasalo, R., Ristolainen, A. & Carter, T.R. 2011a. What would happen to barley production in Finland if global warming exceeded 4°C? A model-based assessment. *European Journal of Agronomy* 35: 205-214.
- Rötter, R., Carter, T.R., Olesen, J.E & Porter, J.R. 2011b. Crop-climate models need an overhaul. *Nature Climate Change* 1: 175-177.
- Semenov, M.A. & Shewry, P.R. 2011. Modelling predicts that heat stress, not drought, will increase vulnerability of wheat in Europe. *Nature Scientific Reports* 1: doi:10.1038/srep00066.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27, 379-423 ja 623-656.
- Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R.J.T., Yohe, G., Adger, N., Downing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M., Skinner, M., Smith, J., Wandel, J., 2001. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. Teoksessa: McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (Eds.), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Stern, N. 2006. Stern Review on the economics of climate change. Verkkojulkaisuna: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)
- Tang, C. 2006. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 9, No. 1, March 2006, 33-45.
- Tike. 2010. Maatilarekisteri 2009. Helsinki. 91 s.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M. & Siemann, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science* 294: 843-845.
- Trnka, M., Olesen, J.E., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vučetić, V., Nejedlik, P., Kumar, S., Lalic, B., Mestre, A., Rossi, F., Kozyra, J., Alexandrov, V., Semerádová, D. & Zalud, Z. 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* 17: 2298-2318.
- Turoff, M. & Hiltz, S.R. 1996. Computer based delphi processes. Teoksessa: Adler, M. & Ziglio, E. (toim.) *Gazing into the racle. The Delphi method and its application to social policy and public health*. s. 56-85.

## LIITE 1.

### SOPEUTUMISKYKYISEN RUOKAJÄRJESTELMÄN AVAINTEKIJÄT TEEMOITTAIN (argumentit alla) DELFOI-KYSELYN 1. KIERROKSELLA AVOIMISSA KYSYMYKSISSÄ:

#### ▪ Monimuotoinen ja joustava

”Jos halutaan vastusta, se olisi sitä, että maatalouden olisi edettävä kaikkien edellä esitettyjen (eri skenaarioihin sopeutumiskykyisen) ehdotusten mukaan.”

”Joustavuuden säilyttäminen kaikilla tasoilla.”

”Monimuotoinen, jolloin yhden suunnan pettäessä joku toinen toimii.”

”Mahdollisimman monimuotoinen eli pitäisi sisältää laaja-alaista tehotuotantoa (jota sitäkin ympäristöystävällisesti hyödyntäen agroekologisia menetelmiä) sekä pienimuotoisempaa lähimarkkinoille suunnattua tuotantoa.”

”Alueellisesti monitasoinen tuotantojärjestelmä (paikallisia, alueellisia, kansallisia, kansainvälisiä tuottajia).”

”Lukuisia erikokoisia toimijoita keskinäisessä vuorovaikutussuhteessa.”

”Pieni on kaunista ja suuri tehokasta. Molempien yhdistelmä on resilientti.”

#### ▪ Tehokas

”Alkutuotannon tehokkuusvaatimus, teollisuudessa kyettävä sopeuttamaan tuotantoa ja logistiikkaa, kaupan on tehostettava toimintaansa.”

”(Kaupan) tietojärjestelmien ohjaama keskitetty logistinen järjestelmä.”

”Kustannustehokas jakelu.”

#### ▪ Vastuullinen, avoin, keskusteleva, kokonaisedun huomioiva

”Toimijoilla vastuullisuutta niin että viivan alus ei ole ainoa päätösten kriteeri.”

”Mahdollisimman avoin ja läpinäkyvä, niin että toimijoiden todellinen rooli, merkitys ja ansaintalogiikka ovat muille toimijoille avoimia. Kuluttajan näkökulmasta ruokaan ei saisi liittyä kätkeytyjä tekijöitä alkuperään, laatuun, hinnoitteluun tms. liittyen. Toimijoiden tulisi itse ymmärtää oma roolinsa järjestelmässä ja tukea sen toimintaa yhteiskunnan kokonaisuuden huomioiden.”

”Ruuan hinnoittelun pitäisi olla järkevä. Pitäisikö hinnan vastata paremmin tuotantokustannuksia. Kaupan osuutta hinnasta täytyy pienentää.”

”Kaupan roolin normalisointi.”

”Ruokajärjestelmän keskinäinen kommunikointi ja arvostus parantavat joustavuutta.”

”Keskusteleva, jotta eri osien tarpeet ja toiveet tulevat kuulluksi.”

”Viranomaisten ja ketjun toimijoiden yhteistyö tärkeää.”

”Ruokajärjestelmän hyvät sisäiset suhteet ja keskinäinen kommunikointi parantavat joustavuutta, koska muospaineet eivät välttämättä kohdistu samanlaisina koko järjestelmään.”

”Ruokajärjestelmässä tiedonvälitys toimijoiden kesken on avointa ja läpinäkyvää.”

#### ▪ Kilpailullisuuteen perustuva

”Perustuu osaavaan, sääntelystä vapaaseen yrittämiseen, jossa haasteet muuttuvat mahdollisuuksiksi.”

”Ruokajärjestelmässä noudatetaan hyviä kaupallisia käytäntöjä, kilpailullisuus toimii.”

#### ▪ Varautuva ja pitkäjänteinen

”Isoja riskejä pitäisi osata tunnistaa ja välttää.”

”Sopeutumista auttaa myös korkea huoltovarmuuden taso ja hyvä varautuminen riskeihin (ilmastokatastrofit, ruokakriisit, terrorismi, ydinlaskeumat jne.).”

”Kansainvälisestä kauppavirrasta pitäisi määritellä tärkeimmät tuontituotteet ja niiden vaihtoehtoiset tuontivirrat.”

#### ▪ **Nopeasti reagoiva**

”Ruokajärjestelmä, jolla on tuntosarvet ulkona ja joka havaitsee hiljaisiakin signaaleja ja reagoi ajoissa. Tämä koskee niin kysynnän muutoksien ennakoimista kuin varautumista muuttuviin oloihin toimintaympäristössä.”

”Muutosmahdollisuudet ja –tarpeet otettava huomioon ennen investointipäätöksiä – samaan ei voi enää naulautua vuosikymmeniksi.”

#### ▪ **Politiikkatukeutunut**

”Kansallinen näkemys ruokajärjestelmän tulevaisuudesta ja sen johdonmukainen toteuttaminen parantaisivat koko järjestelmän toimivuutta.”

”Valtion on tuettava alan tutkimusta ja kehitystoimintaa pitkäjänteisen vision pohjalta.”

”Ekoverotus.”

#### ▪ **Kuluttajalähtöinen**

”Kuluttajan ohjaamisen huomioiva.”

”jatkuva kuluttajien valistus ja opetus omista vahvuksistamme ja osaamisestamme.”

”Kotipuutarhavihjelyä pitäisi edistää ei niinkään huoltovarmuuden takia vaan siksi, että ihmisillä säilyisi käsitys ruuan tuottamisesta.”

”Ruoan hinta jatkossa varmasti nousussa, joten kuluttajienkin olisi hyvä ymmärtää ettei hyvää koskaan saada halvalla. EU:n hinta- ja rakennepolitiikka ajaa teollista ruoantuotantoa, jonka haittoja olisi tutkittava nykyistä enemmän. Se ei ole kestävä.”

”Tuottajien jäljitettävyyttä.”

”Kuluttajalähtöinen, läpinäkyvä, jäljitettävä ketju, jossa tuottaja tunnetaan.”

”Koko alkutuotannossa muita korkeammat laatustandardit.”

#### ▪ **Erikoistunut**

”Pystyisi tarjoamaan myös niche-tuotteita ulkomaille.”

”Vesiniche.”

”Arvokkaiden niche-tuotteiden kehittäminen.”

”Näkee edut enemmän pienissä nicheissä kuin massatuotannossa.”

#### ▪ **Kestävä ja ympäristövastuullinen**

”Kasvisruokavalioon perustuva.”

”Runsaasti vettä vaativia kasveja ei pitäisi kasvattaa isossa mitassa.”

”Luonnonmukainen tuotanto ja sitä korostava profilointi.”

”Riippuvuuden vähentäminen eläinproteiineista.”

”Metsien ja peltojen hiilinielumuinaisuuksien tarkka tunteminen ja ottaminen huomioon.”

”Puhdas maaperä, puhtaat vesistöt.”

”Ravinne-, hiili- ja vesijalanjälki alhainen.”

”Minimoi negatiivisia ympäristövaikutuksia.”

”Hiilineutraali.”

”Pienin tuotantopanoksin tuotettu luomulähirooka.”

#### ▪ **Energiaomavarainen**

”Vähemmän/kokonaan fossiilisista ja ulkomaisista energialähteistä riippuvainen.”

”Energiaomavarainen.”

”Biokaasua ja muuta uusiutuvaa energiaa hyödyntävä maatalous ja elintarviketeollisuus.”

#### ▪ **Ravinneomavarainen, suljettuun kiertoon perustuva**

”Ravinteiden tulisi kiertää lähes suljetussa kierrossa. Ainoa mikä poistuisi kierrosta olisi ruoan mukana lähtevät ravinteet.”

”Suljettu kierto mitattavasti.”

”Typensitojakasveja tulisi viljellä nykyistä enemmän.”

#### ▪ **Kotimainen**

”Suomalaisiin raaka-aineisiin ja ruokatraditioon perustuva.”

”Lajikekehitys omissa käsissä.”

”Alhainen tuontiriippuvuus.”

”Tulevaisuuden ruokajärjestelmän pitäisi nykyistä vahvemmin korostaa perinteistä suomalaista perheviljelmämallia, joka on sekä joustava että tehokas jos niin halutaan.”

”Oma alkutuotantopohja pysyttävä riittävänä omaa jalostusta varten.”

”Kotimaisuusasteen turvaaminen n. 80 prosenttiin asti.”

”Kotimaisuusaste ylös.”

”Kotimaisen tuotantokyvyn säilyttämiseksi kaupan etusijalla olisi kotimainen tuotanto tuotteissa, joissa se on mahdollista.”

#### ▪ Paikallinen

”Lähellä olevat uskolliset asiakkaat voivat antaa vakautta, olisi sitoutumista vaikeinkin aikoina.” ”Suoramarkkinointi tiloilta kuluttajille.”

”Paikallisesti ja lähellä tuotetut raaka-aineet.”

”Luomulähirooka.”

”Lähialueen tuotannon tarjoaminen päivittäistavara-kaupoissa kotimaisuusasteen nostamiseksi.” ”Paikallisuus/kansallisuus tulee aina olemaan keskeistä ruokaketjulle.”

#### ▪ Osaava ja teknologiaan pohjaava

”Sopeutumiskykyä edesauttaa myös korkea osaamisen taso ja kyvykkyys muuttaa haasteet mahdollisuuksiksi”

”Osaa soveltaa uusinta teknologista tietoa ennakkoluulottomasti.”

#### ▪ Oppiva ja innovatiivinen

”Kansainvälinen ainakin niin, että tuntosarvet ovat maailmalla ja oppia otetaan.”

”Innovatiivinen.”

”Uusien myynti- ja markkinointitapojen käyttö.”

”Innovatiiviset yhteistyömuodot ja logistiikkaratkaisut.”

”Asenteiden muuttaminen geenimuuntelun turvallisiin muotoihin.”

”Sopeutuminen edellyttää myös edelläkävijyyttä.”

”Luovuus tarpeen sopeutumiskyvyn ylläpitäjänä.”

#### ▪ Kannattava

”Tuotannon kannattavuus.”

”Kun koko ruokaketjun kannattavuus olisi hyvä, niin sopeutumiskyky olisi hyvä, sillä sopeutuminen tarkoittaa aina investointeja johonkin uuteen.”

”Kannattavuus olisi vähintään kohtuullinen ja korvaus omasta työstä ja pääomasta vastaa vaihtoehtoiskustannusta.”

”Koko ruokaketjun kannattavuus on hyvällä tasolla.”

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

# MTT RAPORTTI<sub>43</sub>

[www.mtt.fi/julkaisut](http://www.mtt.fi/julkaisut)

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

