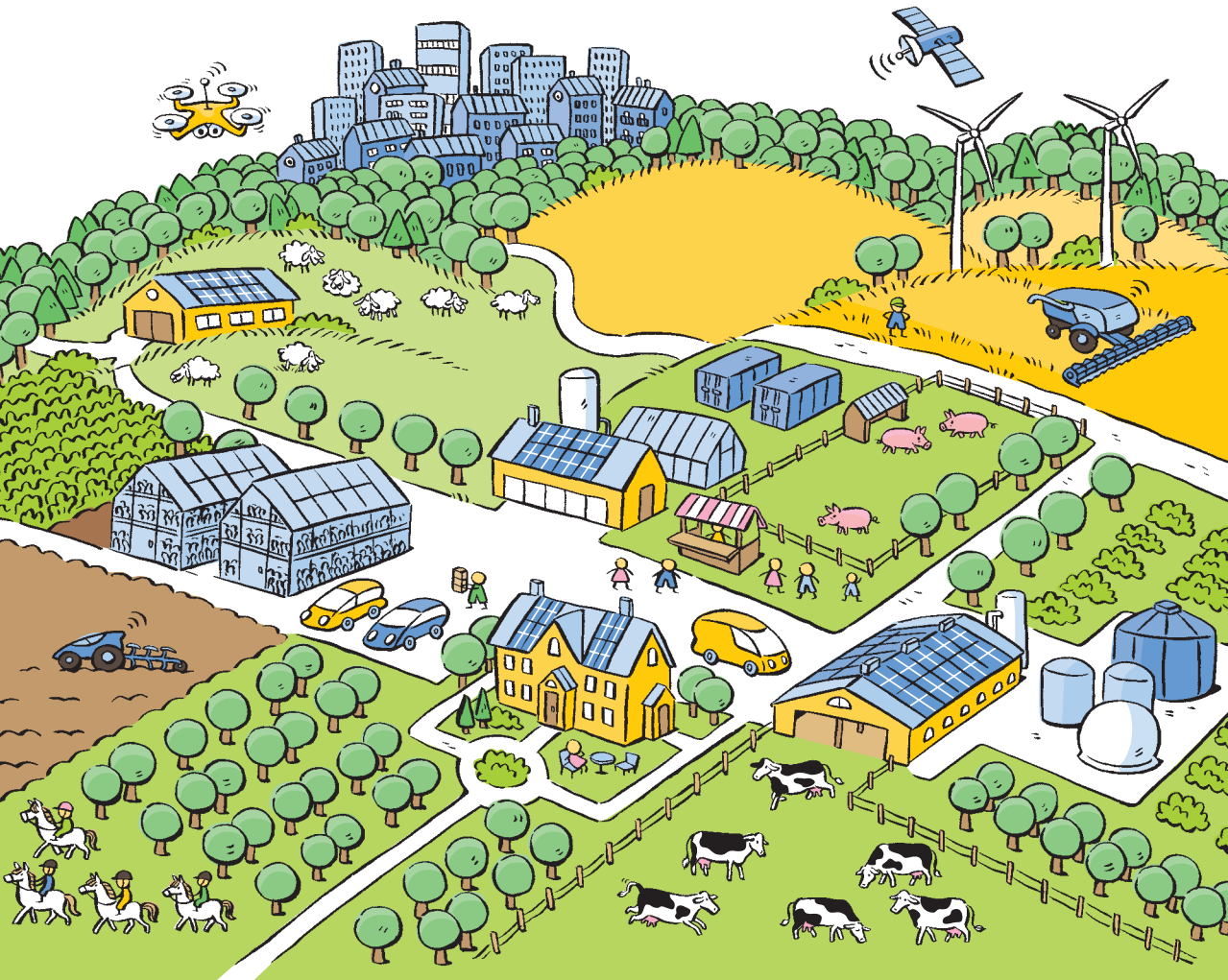
Mervi Seppänen – Sirpa Kurppa – Marketta Rinne – Laura Alakukku

RUOKAA!

Kestävä maatalous ja ruoantuotanto



/ kuva / Sakari Alasuutari

© 2019 Kirjoittajat, valokuvaajat, kuvittaja ja Maahenki Oy

Kirja on tuotettu MTK:n Säätiön tuella.

TEKSTI Mervi Seppänen, Sirpa Kurppa, Marketta Rinne, Laura Alakukku

KUVITUS Lotta Kauppi

KUVAT Laura Alakukku, Sakari Alasuutari, Lilli Frondelius, Mervi Honkatukia, Johanna Kolehmainen, Marjukka Lamminen, Annu Palmio, Marketta Rinne, Mervi Seppänen, Anna-Maria Tyrisevä, Anna-Leena Ylhäinen
Luke: Eetu Ahonen, Eetu Alanen, Mervi Honkatukia, Mikko Jauhiainen, Erkki Oksanen, Marketta Rinne, Niina Pitkänen, Yrjö Tuunanen, Tapio Tuomela

GRAAFINEN SUUNNITTELU Marko Mäkinen

KUSTANTAJA Maahenki Oy

ISBN 978-952-301-150-2

KIRJASTOLUOKITUS K67

PAINOPAIKKA Print Best OÜ, Tallinna

Mervi Seppänen – Sirpa Kurppa – Marketta Rinne – Laura Alakukku

RUOKAA!

Kestävä maatalous ja ruoantuotanto

Maahenki

SISÄLLYS

1 Mitä tiedämme lautasellamme olevasta ruoasta? 6
1.1 Miksi ruoka kiinnostaa? 7
1.2 Ruoan tie kuluttajalle 14
1.3 Ruokajärjestelmät ja ruokaketjut 22
1.4 Itsenäiset valtiot pyrkivät omavaraisuuteen ruoantuotannossa 34
1.5 Suomalaisen ruoantuotannon kilpailutekijöitä ja erityispiirteitä 42

2 Ruoantuotanto ennen, nyt ja tulevaisuudessa 48
2.1 Kasvintuotannon kehityskulku keräilytaloudesta geenitekniikkaan 49
2.2. Kotieläintuotannon kehityskulku 60
2.3 Vaihtoehtoisten tuotantotapojen etsiminen alkaa 70
2.4 Ilmastonmuutos vaikuttaa jo nyt peltokasvien tuotantoon 87

3 Maataloustuotannossa sovelletaan biologiaa, kemiaa ja fysiikkaa 98
3.1 Maataloustuotannon tieteellinen perusta 99
3.2 Ilmastolliset kasvutekijät määrittävät viljelyyn soveltuvat kasvilajit 108
3.3 Peltomaan ominaisuudet 117
3.4 Lajinmukainen hoito parantaa eläinten hyvinvointia 125

4. Ruoantuotanto suomalaisilla maatiloilla 134
4.1 Maatilat ovat yrityksiä 135
4.2 Ruokaa ja rehua pelloilta ja puutarhoista 137
4.3 Kotieläimet muuntavat rehut lisäarvotuotteiksi 148
4.4 Tuotanto suunnitellaan maatiloilla tarkkaan 160

5 Miten ruoantuotannon kestävyyttä voidaan mitata? 176
5.1 Elintarvikkeiden ympäristövaikutuksia pellolta pöytään voidaan mitata 177
5.2 Ruoantuotanto jättää jalanjälkiä 188

6 Tulevaisuuden maatila 198
6.1 Tehokkaat ja energiaviisaat maatilat 199
6.2 Maatilat kierrättävät ravinteita ja vettä 210
6.3 Älykkäät koneet, älykkäät maatilat 216

/ kuva / Sakari Alasuutari

/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

01 MITÄ TIEDÄMME LAUTASELLAMME OLEVASTA RUOASTA?

Ruoka-ala ruoan alkutuotannosta ravitsemuspalveluihin työllistää Suomessa joka 13. työikäisen.

Jokainen ruokailumme on osa ruokaketjua tai -järjestelmää.

Itsenäisyys ja ruoantuotanto liittyvät yhteen.

Suomalainen ruoka on terveellistä ja turvallista.

1.1 Miksi ruoka kiinnostaa?

Ruoka kiinnostaa ihmisiä, ja näkökulmia on monia. Osa meistä on kiinnostunut terveellisestä ruoasta ja kiinnittää huomionsa tuoteselosteiden ravintoainekoostumukseen tai elintarvikkeiden valmistustapaan. Toisille meistä ruoantuotannon aiheuttamat ympäristövaikutukset tai tuotantoeläinten hyvinvointiin liittyvät kysymykset vaikuttavat siihen, mitä tai millä tavalla tuotettua ruokaa haluamme syödä. Joillekin suomalainen ruoka on aina luotettavin valinta tuotantotavasta riippumatta, mutta toisaalta monelle ruoan alkuperällä ei ole suurtakaan merkitystä.

Suomessa tuotetusta ruoasta käytetään usein laatusanoja **”puhdas”**, **”turvallinen”** tai **”jäljitettävä”**. Koska ruoka on meille jokapäiväistä, tunnemme kaikki olevamme myös ruoantuotannon asiantuntijoita. Viljelemme vihanneksia puutarhassamme ja parvekkeillamme ja tutustumme erilaisten ravintokasvien kas-

/ kuva / Mervi Seppänen

/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

Peltoviljelyssä biomassalla tarkoitetaan kaikkea pellolla kasvavaa kasvimassaa ja biomassan tuotanto määritetään pinta-alayksikköä kohti.

vatukseen. Harva muu ala saa yhtä paljon kansalaisten neuvoja tuotannon kehittämiseen kuin maatalous. Vaikka ruoka on meille jokapäiväistä, tiedämme yllättävän vähän suomalaisesta maataloudesta tai siitä, mitä lautasellamme päivittäin on. Arviomme ja tietomme pohjautuvat usein tiedotusvälineissä esiin nostettuihin yksityiskohtiin, jotka valikoituvat meille luettavaksi ajan trendien mukaan.

Tieto ilmastonmuutoksen ja väestönkasvun aiheuttamista globaaleista ongelmista on lisääntynyt nopeasti. On ennustettu, että suomalaisen ruoantuotannon merkitys tulee kasvamaan

Maatalous on keskeinen osa **biotaloutta**. Maatalouden lisäksi elintarviketeollisuus, metsäteollisuus, kemianteollisuus, veden puhdistus ja jakelu, biotalouden palvelut, luontomatkailu ja virkistyspalvelut sekä metsästys ja kalastus lasketaan suomalaisen tulkinnan mukaan kuuluvaksi biotalouteen.

tulevaisuudessa suhteessa esimerkiksi muihin Euroopan maihin. Myös suomalaisten elintarvikkeiden viennissä nähdään paljon kasvun mahdollisuuksia. Vientimahdollisuuksia lisäävät suomalaiseen ruokaan edellä liitetyt laatusanat, jotka ovat kansainvälisillä markkinoilla merkittäviä myyntivaltteja. Esimerkiksi suomalaisen sianlihantuotannon turvallisuus ja jäljitettävyys maatiloille saakka mahdollisti viennin aloittamisen Kiinaan.

Tänä päivänä ruoka-ala alkutuotannosta elintarvikkeiden jalostukseen, vähittäiskauppaan ja ravitsemuspalveluihin työllistää Suomessa noin

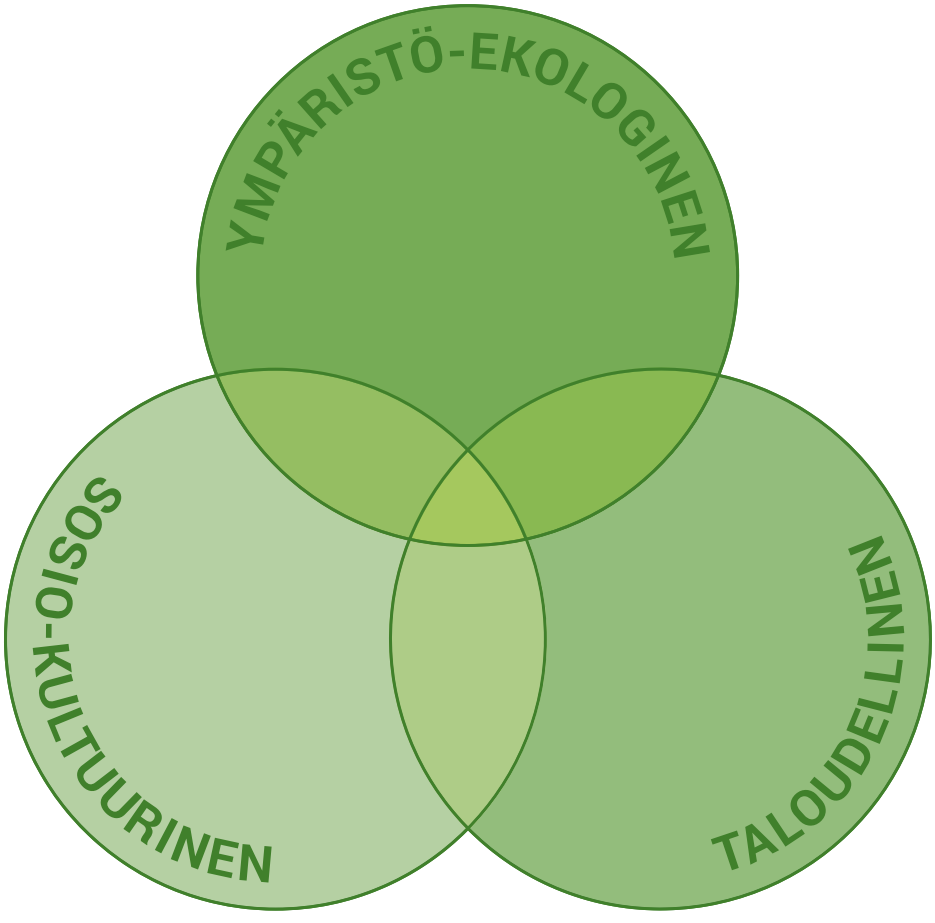
/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

/ kuva / Marketta Rinne

Maitotuotteet kuuluvat suomalaiseen ruokakulttuuriin, mutta ruokakulttuuri saa koko ajan uusia vaikutteita. Maito juodaan nykyään usein lattena.

joka 13. työntekijän ja uusia kasvumahdollisuuksia löytyy koko ajan. Esimerkiksi nyhtökauran ja härkiksen suosio on lisännyt kauran ja härkäpavun viljelyalaa. Pelloilla tuotetaan paljon biomassaa: kuituja, valkuaisaineita ja pitkäketjuisia sokeriyhdisteitä, kuten tärkkelystä ja fruktaaneja. Näiden lisäksi kasvit sisältävät erilaisia yhdisteitä, joita kasvi tarvitsee esimerkiksi puolustusreaktioissaan kasvitauteja ja -tuholaisia vastaan, mutta jotka voivat olla arvokkaita yhdisteitä jalostettavaksi uusiksi tuotteiksi. Tällaisia yhdisteitä ovat esimerkiksi perunan glykoalkaloidit ja sokerijuurikkaan betaiini.

Suomalainen elintarviketeollisuus perustaa tuotantonsa suomalaisen



raaka-aineen riittävälle saatavuudelle ja siksi on tärkeää, että koko ketju maanviljelijästä elintarviketeollisuuteen menestyy. Ilman menestyvää maataloutta ei ole kotimaista elintarviketeollisuutta. Kestävä ruoantuotanto sisältää ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyyden. Maatilat ovat yrityksiä, joiden toiminnan tulee olla taloudellisesti kannattavaa ja siksi kestävyyden eri osa-alueet ovat kiinteästi yhteydessä toisiinsa.

Mikä sinua kiinnostaa ruoassa? Millaisia mielikuvia sinulla on ruoantuotannosta? Mitä tiedät edessäsi olevan ruoka-annoksen vaiheista lautasellesi?

1.2 Ruoan tie kuluttajalle

Ruoantuotanto alkaa maatilalta

Alkutuotannolla tarkoitetaan maatilalla ja puutarhassa tapahtuvaa viljelyä, kasvustojen hoitoa ja sadonkorjuuta sekä eläintuotannossa kaikkia vaiheita ennen eläinten teurastusta. Maa- ja puutarhatiloilla tapahtuvaa alkutuotantoa ovat esimerkiksi vihannesten, juuresten, viljan, palkoviljojen, nurmen, hedelmien ja marjojen tai sienten viljely, maidon- ja kananmunantuotanto, eläinten kasvatus lihantuotantoa varten, kalanviljely tai hunajantuotanto ja jopa hyönteisten tuotanto rehuksi ja ruoan raaka-aineiksi. Alkutuotantoon kuuluvat myös metsästys, kalastus ja luonnonvaraisten tuotteiden kerääminen.

Elävien eläinten kuljetus tuotantopaikkojen välillä ja lopulta teurastukseen tai muiden alkutuotannon tuotteiden kuljetus **elintarviketeollisuuteen** tai **vähittäiskauppaan** on alkutuotantoa. Samoin tiloilla tapahtuva **suoramyynti** kuluttajille on osa maatiloilla tapahtuvaa alkutuotantoa. Alkutuotannon yhteyteen kuuluu monenlaista tukitoimintaa kuten erilaisten automatisoitujen työketjujen seurantaa ja tiedonkeruuta. Tällaisia automatisoituja järjestelmiä ovat esimerkiksi lehmien lypsyn tai tuotantotilojen lämpöolojen ja tuuletuksen seuranta. Lisäksi kerätään säätietoa ja linkitetään siihen älykkäitä varoitusjärjestelmiä. Esimerkiksi maan kosteutta mittaavat anturit voidaan yhdistää kastelujärjestelmiin ja tällöin varoitusjärjestelmä ennakoi kasvien kastelutarvetta.

/ kylvötraktori / kuva / Sakari Alasuutari

Maatiloilla pidetään tarkkaa kirjanpitoa monista asioista, kuten tilalle ostettavista lannoitteista ja rehuista.

Alkutuotannolta edellytetään tarkkaa kirjanpitoa ja tietojärjestelmien käyttöä, markkinointiverkostojen ylläpitoa sekä tuotteiden ja tuotantopanosten hintojen seurantaa myynti- ja ostopäätösten tekemiseksi. Suomalainen maatila on usein monialainen yrityskokonaisuus, jossa alkutuotannon lisäksi harjoitetaan muuta yritystoimintaa kuten maatilamatkailupalvelua tai urakointia maatilan omistamilla koneilla.

Maatalousyrittäjien lisäksi maatalousalalla on lukuisia muita ammatteja. Maatalouslomittajat huolehtivat tilan töistä kotieläintiloilla maatalousyrittäjän lomien aikana. Maatalouden neuvonta, palvelut, kauppa, hallinto, opetus, tuotekehitys ja tutkimus työllistävät myös maatalouden asiantuntijoita. Maataloutta voi opiskella toisen asteen kouluissa, ammattikorkeakouluissa ja yliopistossa.

Alkutuotannosta lautaselle

Tässä ketjussa ruoka-ala työllistää viljelijän, myllärin, kondiittorin, myyjän ja tarjoilijan.

Jäätelön valmistus on maidon jatkojalostusta

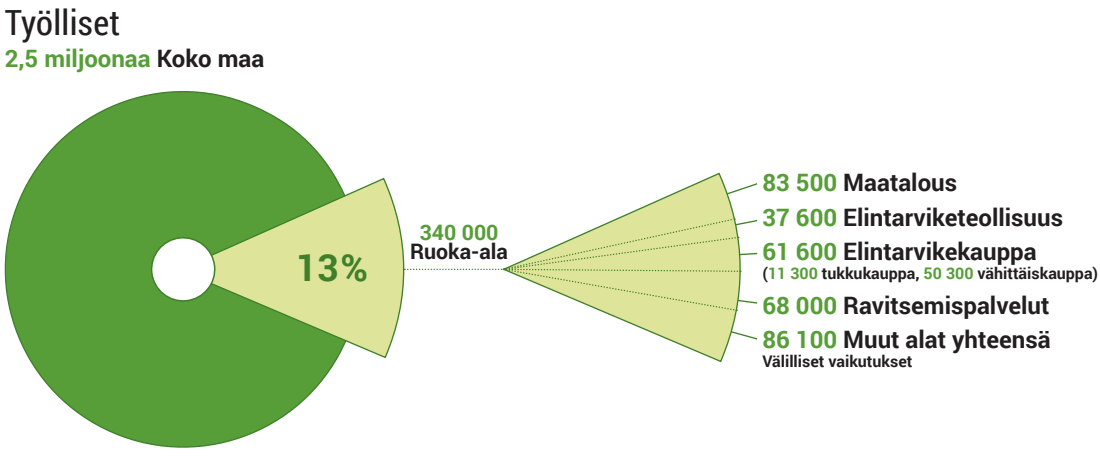
Alkutuotannon tuotteiden jatkojalostus, kuten jäätelön valmistus, on **elintarviketuotantoa**. Myös maidon käsittely, juustojen valmistus, kasvisten kuoriminen ja kalojen fileointi ovat esimerkkejä alkutuotannon tuotteiden **jatkojalostuksesta**. Useimmiten elintarviketuotanto tapahtuu kuhunkin tuotannonsuuntaan keskittyvissä teollisuusyksiköissä. Maitoa jalostetaan meijereissä ja viljaa jauhetaan myllyissä.

Samaan aikaan on syntynyt myös pieniä, lähellä alkutuotantoa toimivia ja lähiruokaketjuihin keskittyviä jalostusyksiköitä, esimerkiksi pienjuustoloita, pienpanimoita sekä luonnontuotteiden, kuten marjojen ja sienien, jatkojalostajia.

Ruoan alkutuotannon ja elintarviketeollisuuden kehitys liittyvät kiinteästi yhteen. Ruoantuotannon tehostuttua erityisesti vihreän vallankumouksen jälkeen 1960-luvulla myös elintarviketeollisuus kehittyi nopeasti. Koko elintarviketuotannon merkitys kansantaloudellemme on suuri. Elintarvikeketjuun kuuluvat alkutuotannossa työskentelevät maanviljelijät, raaka-aineita jalostavat työntekijät myllyissä ja pakkaamoissa, leipomoissa tai lihajalostamoissa työskentelevät henkilöt sekä elintarvikkeiden hankinnassa, logistiikassa tai vähittäiskaupassa, kahviloissa, julkisessa ruokapalvelussa tai ravintoloissa työskentelevät työntekijät.

> Vihreällä vallankumouksella tarkoitetaan maataloustuotannon nopeaa kemiallis-teknologista kehitysvaihetta, joka ajoittui 1960-luvulle. Tuolloin syntyi monia mullistavia keksintöjä kasvinjalostuksessa, kemianteollisuudessa ja teknologiassa, jotka johtivat hehtaarisatojen nopeaan kasvuun.

Meijerit käsittelevät raakamaidon ja valmistavat siitä erilaisia maitotuotteita, myllyt valmistavat erilaisia jauholaatuja leipomoiden ja muiden jatkojalostajien käyttötarkoituksiin soveltuviksi. **Valmisruokateollisuus** on yksi merkittävimmistä alkutuotannon tuotteiden jatkojalostajista. Viime vuosikymmeninä tuotantolaitosten keskittyminen on ollut valtavirtaus ja jatkojalostusta tekevien yritysten koko on kasvanut.



Ruoka-ala työllistää Suomessa 340 000 ihmistä. Lähde: #ruokatyötä340tuhannelle, Luke 2017.

Miten voin itse osallistua ruoantuotantoon oman keittiöni ulkopuolella?

Kaupungistumisen yleistyessä ja ruokatarjonnan siirtyessä suuriin marketteihin kotitaloudet kaipaavat mahdollisuutta osallistua suomalaisen ruokajärjestelmän toimintaan. Kotitalouksien osallistuminen voi toteutua erilaisten kullekin kotitaloudelle sopivien kanavien kautta. Perinteisin tapa kaupunkilaisille on kotitarveviljely joko siirtolapuutarhassa tai oman talon tai taloyhtiön piha-alueella. Tätä kutsutaan perinteiseksi **kaupunkiviljelyksi**. Kaupunkiviljely on laajenemassa parvekkeilla tapahtuvasta viljelystä talojen seinille ja kattotasanteille tai LED-valojen avulla toteutettuna kerrostalojen kellaritiloihin. Parhaimmillaan kaupunkiviljely liittyy kiertotalouteen, jolloin asukkaiden tuottamaa orgaanista jätettä ja sen sisältämiä ravinteita voidaan hyödyntää kierrätettyinä kasvualustoina ja ihmisten tuottamaa hiilidioksidia kasvien yhteyttämisen tehostamiseen.

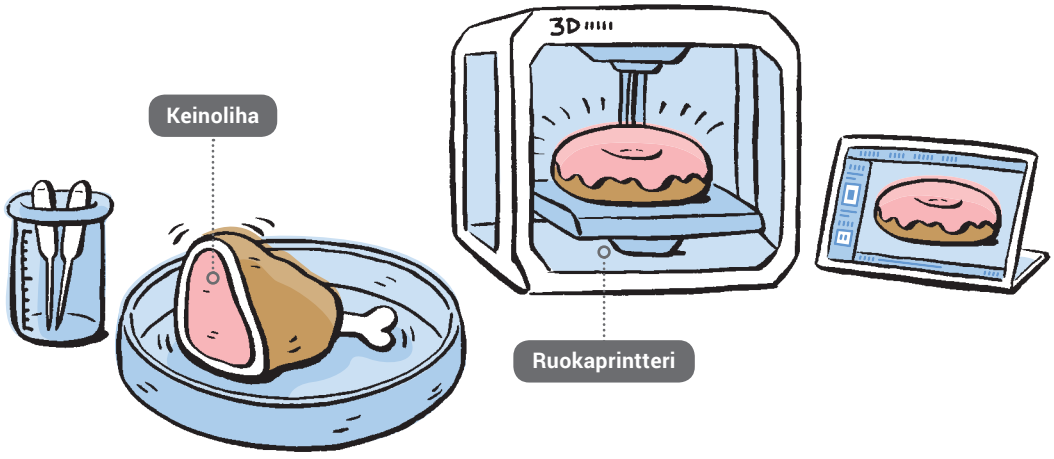
Kasvien lisäksi kaupunkiviljelyä voidaan soveltaa myös eläintuotantoon. Kaupunkiasunnoissa on perinteisesti pidetty mitä erilaisimpia lemmikkieläimiä. Myös eläinten tuotannollinen kasvatus kaupungeissa on laajentumassa kerrostalojen katoille sijoitettuihin mehiläispesiin ja kellareissa sijaitseviin kalankasvattamoihin. Uusimpana mukaan tulevat syötävien hyönteisten kasvattamot. Hyönteiskasvatus toteutetaan yleensä suljetussa kontissa. Myös hyönteisten

/ Parvekeviljelyä / kuva / Johanna Kolehmainen

kasvatukseen voidaan käyttää taloyhtiöistä tulevia orgaanisia hävikki- tai jäte-eriä.

Suurin osa ruoasta pitää kuitenkin kasvattaa kaupunkien ulkopuolella, ammattimaisesti ja kauempana kuluttajasta. Ruoantuotanto kotitarveoloissa vie paljon aikaa, eikä kaupungeissa pystytä tuottamaan kaikkia kuluttajien tarvitsemia alkutuotannon tuotteita. Uusiin kaupunkiviljelyn muotoihin liittyy myös monia kuluttajia askarruttavia kysymyksiä, jotka koskevat esimerkiksi ravinteiden kierrätystä kaupungissa sekä sitä, kuka valvoo erilaisten lääkejäämien ja raskasmetallien määrää tuotteissa.

Kokonaan uutta ruoantuotantojärjestelmää edustavat kasvi- tai eläinsolujen laboratoriomaiseen lisäämiseen perustuvat **solukko- ja kudosviljelmät**. Kasvisolukoille on kehitetty jo



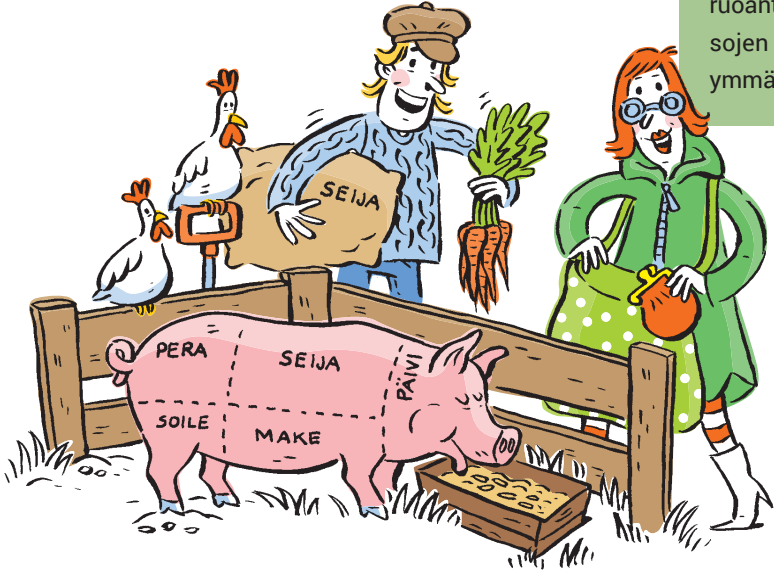
kotikeittiöön soveltuvia tuotantoyksiköitä, joiden tuottamaa solumassa voidaan siirtää viereen sijoitettuun 3D-printteriin halutun mukaisten ruokapalojen tuottamiseksi. Kasvisolukkoviljelmät muistuttavat perinteistä hiivan tai fermentoivien bakteerien käyttöä ruoan valmistuksessa. Eläinkudosviljelyyn perustuva keinolihan tuotanto toimii toistaiseksi vain laboratorioissa. Keinolihan tuottamiseen saattaa liittyä enemmän ennakkoluuloja, ja keinolihan tuottaminen tavanomaisen lihan rakennetta vastaavaksi on ollut melko haastavaa.

Kaupungin ulkopuolella toteutettava kaupunkilaisten omaehtoinen ruoan tuottaminen voidaan toteuttaa **viljelyttämissopimusten** kautta, jolloin kaupungin lähellä toimiva maanviljelijä tekee sopimuksen kuluttajaryhmän kanssa tiettyjen tuotteiden tuottamisesta. Toinen viljelyttämismahdollisuus on se, että kuluttajaryhmä palkkaa itselleen työntekijän, joka hoitaa viljelyn kaupunkilaisten vuokraamalla peltoalueella. Jos kuluttajaryhmät haluavat osallistua pelkkään ruoan hankintaan, he voivat muodostaa ruokapiirejä, jotka tekevät yhteistilauksia suoraan maanviljelijöiltä.

Yksi ruokapiirin muoto on REKO-rengas. Lähiruoan myynti- ja jakelumalli REKO:ssa (Rejäl konsumtion – Reilua kuluttamista) kuluttajat tilaavat ruokaa suoraan lähiruokatuottajilta. REKO-renkaat toimivat Facebookin kautta suljettuina ryhminä, joissa tilaukset ja toimitukset sovitaan. Ryhmät toimivat vapaaehtoisvoimin ilman kenellekään maksettavaa palkkaa.

REKO-renkaat edustavat eräänlaista **jakamistaloutta**, joka on yksi ruoantuotannon megatrendistä. Jakamistaloudessa vaihdetaan palveluita tai tuotteita suoraan kuluttajalta kuluttajalle. Jo toiminnassa olevia jakamistaloutta edustavia palveluita ovat muun muassa asuntojen vaihtaminen ilman korvausta. Myös kuljetuksia voidaan hoitaa yhteisellä jakamisperiaatteella. Kuluttajille voidaan myös tarjota yhteiskäyttöisiä mutta maksullisia palveluita. Hyvä esimerkki siitä ovat kaupunkipyörät. Tulevaisuudessa jakamisen kohteina voivat olla älykkäästi koneistetut kaupunkikeittiöt tai älykkääseen logistiikkaan perustuvat kioskimaiset ruoan jakelupisteet tai kerrostaloyhteisöön suunnattu ruoan yhteisjakelu.

Pelloilla tuotetaan suuria määriä biomassaa ja sen korvaaminen kokonaan parvekeviljelmillä tai laboratorioissa tapahtuvalla solukkoviljelyllä on mahdotonta. Esimerkiksi yhdellä suurella maitotilalla voidaan tuottaa 5 miljoonaa kiloa nurmirehua, miljoona kiloa rehuviljaa ja 3,5 miljoonaa litraa maitoa. Helsingin Senaatintori on noin 1,5–2 hehtaaria, ja sen kokoisella peltoalalla voidaan tuottaa noin 7 500–15 000 kg vehnää, josta voitaisiin leipoa noin 180 000 sämpylää. Suomen peltopinta-ala on noin 2 miljoonaa hehtaaria. Pohdi, kuinka paljon lämpimiä kasvatusoloja vaativia solu- tai solukkoviljelmiä tarvittaisiin saman biomassan tuotantoon. Mieti myös, mistä kasvatukseen tarvittavat ravinteet, vesi ja lämpöenergia tulevat solukkoviljelmissä. Valmista vastausta kysymykseen ei ole, mutta ruoantuotannossa liikkuvien biomassojen suuruusluokka on tarpeellista ymmärtää.



1.3 Ruokajärjestelmät ja ruokaketjut

Ruokajärjestelmiin osallistuu runsaasti toimijoita

Ruokajärjestelmällä tarkoitetaan ruoan alkutuotannon, prosessoinnin, jakelun ja kulutuksen muodostamaa kokonaisuutta, jossa on useita toimijoita. Ruokajärjestelmä muodostuu ruokaketjuista ja -verkostoista ja siinä liikkuu raaka-aineita, tuotteita ja rahaa. Ruokajärjestelmässä syntyy myös sivuvirtoja, jotka voivat ohjautua järjestelmän ulkopuolelle jalostettavaksi erilaisiin tarkoituksiin. Nykyään sivuvirratkin pyritään hyödyntämään mahdollisimman tarkasti. Esimerkiksi marjojen ja vihannesten kuorista voidaan eristää arvokkaita ruokaan liitettäviä ainesosia. Tyypillinen sivuvirta on juuston valmistuksessa syntyvä hera, joka aikaisemmin oli lähes arvoton mutta nykyään arvokomponentti, jota käytetään muun muassa äidinmaidonkorvikkeiden valmistukseen. Ruokaketjuun kelpaamattomat sivuvirrat käytetään biopolttoaineiden tuotantoon, kompostoituna kasvualustoihin tai rehuntuotantoon. Esimerkiksi rankki, jota syntyy, kun viljasta valmistetaan etanolia, on merkittävä kotimainen valkuaisrehu sikojen ruokinnassa.

Ruokajärjestelmään kuuluu myös se maantieteellinen alue luonnonvaroineen, jossa järjestelmän paikalliset tai globaalit verkostot sijaitsevat. Omavaraisuusajatteluun voidaan liittää myös jokaisen kansakunnan luonnonvaroihin liittyvä osaaminen ja myös globaali velvollisuus hyödyntää luonnonvaroja parhaalla mahdollisella tavalla maapallollamme, jota resurssien niukkuus on uhkaamassa.

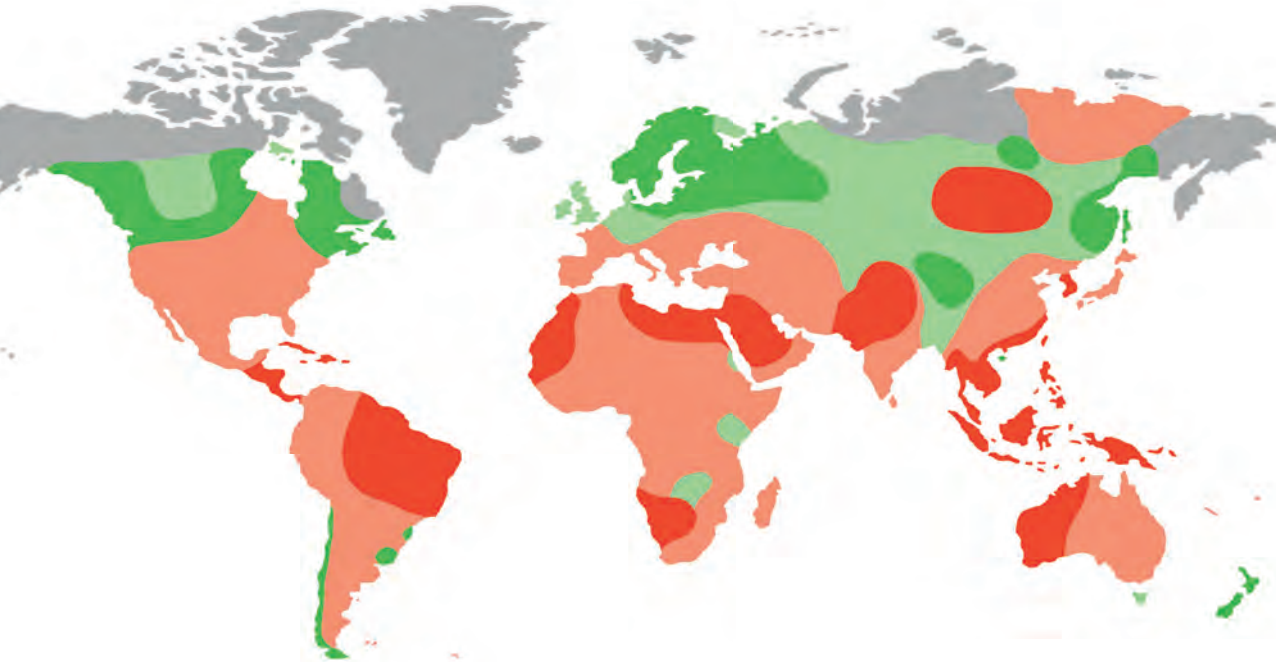
Elintarvikeketjun kehittäminen ”pellolta pöytään” -lähestymistavasta mahdollisimman suljetuksi ravinteiden kierron järjestelmäksi on tulevaisuuden tavoite. Tämä kuva esittää ruokaketjun päävirtaa ruoantuotannon tuotantopanoksista ruokaketjun jätteiden jalostamiseen uudelleen käytettäviksi tuotantopanoksiksi. Lähes kaikissa ketjun vaiheissa syntyy myös sivuvirtoja, jotka hyödynnetään ruokaketjuun liittyvissä muissa jalostusketjuissa (kuvan ulkopuolella). Ruokaketju tarvitsee toimiakseen erittäin laajan joukon avustavia teknologioita, kuten tuotantotarvike-, energia-, pakkaus-, kodintekniikka-, informaatioteknologia- ja uusioaineteollisuutta.

/ vehnäkasvusto / kuva / Tapio Tuomela / Luke

Ruokajärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka yhdistää seuraavat kolme prosessia: 1) biologiset prosessit, joiden kautta ruokaa tuotetaan, ja niiden ekologisen perustan, 2) taloudelliset ja poliittiset prosessit, joiden kautta ruoan markkinoita ylläpidetään, tuotantoa hallinnoidaan ja säädellään, ja 3) sosiaaliset ja kulttuuriset prosessit, kuten kulttuuriperinteet ja arvot, jotka vaikuttavat ruoantuotantoon ja ruokavalintoihin.

Ruokaketjulla tarkoitetaan perinteisesti ruoan matkaa pellolta pöydälle. Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti ruokaketju pyritään sulkemaan siten, että sivuvirrat ja hävikit hyödynnetään ruokaketjuun liittyvissä oheisketjuissa ja ruokaketjun jätteiden ravinteet ja hiili hyödynnetään uudelleen jalostettuina tuotantopanoksina uudessa ruokaketjussa. Näin ollen ruokaketjun ympärille muodostuu monen suljetun kierron verkosto.

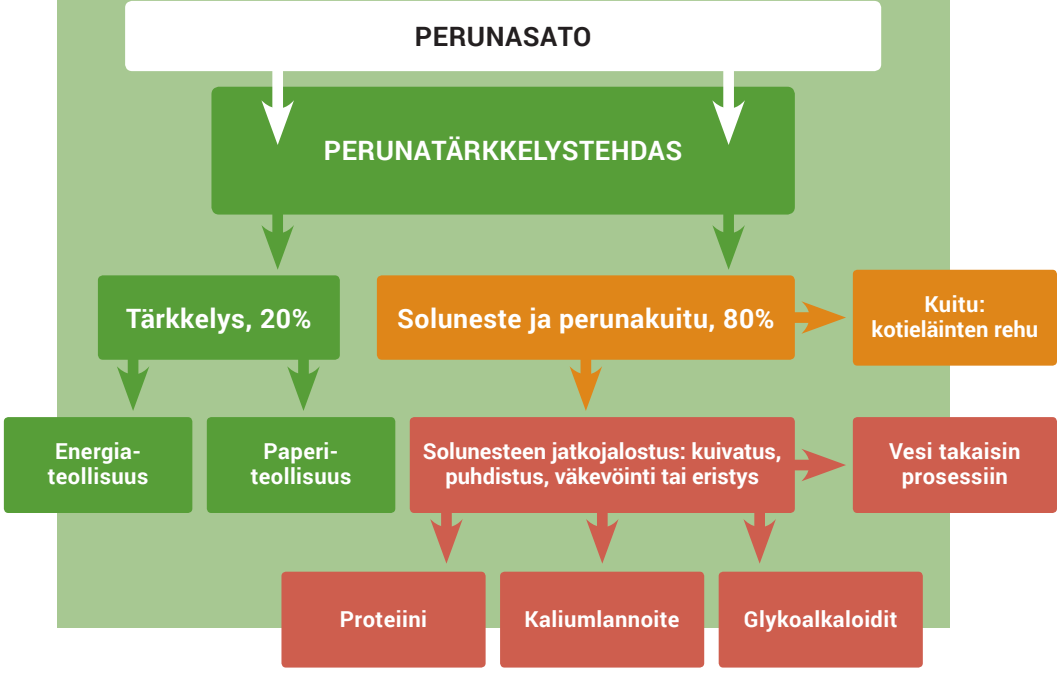
Sivuvirroilla tarkoitetaan päätuotteen jalostuksen yhteydessä muodostuvia päätuotteen jalostuksen ulkopuolelle jääviä raaka-aineen osia, kuten marjojen mehustamisprosessissa marjan kuoria ja rypsiöljyn valmistuksessa rypsin siementen kuoriosasta muodostuvaa rypsirouhetta. Sivuvirrat voidaan joissakin tapauksissa jalostaa arvokkaiksi lisäarvotuotteiksi, esimerkkinä rypsirouhe kotieläinten valkuaisrehuna.



Tehokas ruoantuotanto on tulevaisuudessa keskittymässä entistä pienemmälle viljelyalueelle ja siirtymässä pohjoisemmaksi. Vihreä väri kuvaa alueita, joilla ruoantuotanto lisääntyy tulevaisuudessa, punaisilla alueilla vastaavasti ruoantuotanto vähenee. Vihreät alueet sijoittuvat Euroopan alueella Keski- ja Pohjois-Eurooppaan. Lähde: Müller ym, 2008, Maailmanpankki 2008.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Biomateriaaleja prosessoivan tuotannon hyödyntämistä ja jalostamista erilaisiin, pääasiallisesti teollisuuden käyttökohteisiin kutsutaan yleistermillä biojalostamo. Elintarviketehdas on elintarvikkeisiin ja sellutehdas puun jalostamiseen keskittyvä biojalostamo. Biojalostamot pyrkivät tänä päivänä hyödyntämään tarkkaan sekä tuotannon pää- että sivuvirrat. Yksi perunasadon perinteisistä käyttökohteista on tärkkelyksen valmistaminen. Perunatärkkelystehtailla tärkkelys eristetään perunasta mekaanisesti ja kuivauksen jälkeen myydään elintarvike- ja paperiteollisuuden tarpeisiin. Tehtaalla peruna jaetaan kolmeen osaan eli tärkkelykseen, solunesteeseen ja kuituun. Tärkkelystä perunassa on noin 20 % ja loput solunestettä ja kuitua. Kuitufraktiota on hyödynnetty tehtaan lähialueilla kotieläinten rehuna, mutta soluneste on ollut harmillinen jäte. Solunesteen jatkojalostusta kehitetään nykyään aktiivisesti, ja siitä pystytäänkin erottamaan arvokkaana sivutuotteena korkealaatuista valkuaisainetta. Tämän lisäksi solunestettä väkevöimällä saadaan sen sisältämät ravinteet kierrätettyä kaliumlannoitteena takaisin peltoviljelyyn. Soluneste sisältää myös pieninä pitoisuuksina erilaisia glykoalkaloideja, joille on lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa useita kehittyviä käyttökohteita.



/ kuva / Mervi Seppänen

Ruokalautasella yhdistyy eri ruokaketjuja ja -järjestelmiä

Erilaiset **ruokaketjut ja -verkostot** ovat osa ruokajärjestelmää. Ateria koostuukin useista erilaisista ruokaketjuista. Lähipuutarhassa tuotetun salaatin ruokaketjussa on verraten vähän toimijoita, kun taas eineslihapullien tuotantoketju on pidempi ja monisäikeisempi. Mikäli perunoiden tuotannossa on käytetty teollisia väkilannoitteita, on ensimmäinen perunantuotantoketjuun osallistuva toimija lannoitteiden valmistaja, joka valmistaa perunanviljelyssä tarvittavia panoksia. Lannoitteiden valmistaja on mukana globaalissa verkostossa, jonka kautta lannoitteen sisältämät ravinteet ja valmistuksessa käytettävät uusiutumattomat energialähteet hankitaan. Mikäli ravinteiden raaka-ainemarkkinoille tulee vakavia toimitushäiriöitä esimerkiksi sotien, kauppapoliittisten

rajoitusten tai valtioiden välisen kilpailun kautta, vaikuttaa se ensin lannoitevalmisteen hintaan ja vakavimmassa tapauksessa myös sen saatavuuteen. Muita toimijoita perunanviljelyn ketjussa ovat viljelijä, kuljetus ja kauppa. Lyhin ruokaketju on omalla kasvimaalla tuotetuilla perunoilla.

Jos lihapullat on tehty ulkomaisesta lihasta, on ateria osa monimutkaista **globaalia ruokaketjua** ja -järjestelmää. Lihapullissa voi olla esimerkiksi brasilialaista naudanlihaa, saksalaisesta viljasta valmistettuja korppujauhoja, kotimaisia kananmunia ja eri puolilta maailmaa peräisin olevia mausteita. Edellisen perunaesimerkin perusteella voimme hyvin päätellä, että aterian tuottamiseen on osallistunut runsaasti erilaisia toimijoita. Ensimmäisenä on nautojen rehun tuottamiseen osallistuva rehu- ja lannoiteteollisuus. Suomalaisen lihan kohdalla tämä olisi lannoiteteollisuus, jonka panoksia käytetään rehukasvien viljelyyn kotimaassa. Osa rehusta tulee suomalaisenkin lihan tuotantoon rehuteollisuuden kautta ulkomailta, sillä erityisesti valkuaisrehujen tuonti on runsasta.

Entä brasilialainen naudanlihantuotanto? Nautoja laidunnetaan paljon, joten ne saavat valtaosan tarvitsemastaan energiasta nurmesta. Annetaanko naudoille soijarouhetta valkuaislähteenä? Kasvatetaanko soija sademetsistä raivatuilla pelloilla? Käytetäänkö ruokinnassa siirtogeenisiä rehukasveja tai kasvuhormoneja nopeuttamaan kasvua? Entä miltä osin saksalainen viljanviljely poikkeaa suomalaisesta, miten raaka-aineet ja tarvikkeet ja mahdollisesti myös elävät eläimet kulkevat maasta toiseen? Missä ja miten maustekasvit kasvatetaan? Vastaukset edellä esitettyihin kysymyksiin riippuvat siitä, keitä ruokaketjun verkostossa mukana olevat toimijat ovat.

Maatiloilla tapahtuvan alkutuotannon eli rehukasvien viljelyn ja lihantuotannon jälkeen ketjun seuraava toimija on jalostava teollisuus kuten teurastamo ja elintarviketehdas, jossa lihapullat valmistetaan. Seuraava toimija on kauppa, josta kuluttaja valitsee tuotteen ruokakoriinsa. Jokaisen vaiheen väliin liittyy lisäksi raaka-aineiden ja tuotteiden varastointia ja kuljetusta paikasta toiseen.

Ruokaketjun toimintahäiriö aiheuttaa ruokakriisejä

Ruoan tie kuluttajien lautaselle on monimutkainen prosessi, jonka toimintavarmuuteen olemme tottuneet. Pitkä ketju toimijoita voi lisätä erilaisia virheitä tuotteiden käsittelyssä tai

/ kuva / Mikko Jauhiainen / Luke

/ kuva / Sakari Alasuutari

Ruokajärjestelmän läpinäkyvyydellä tarkoitetaan sitä, että ruoantuotantoon liittyvät biologiset prosessit ja tuotantoympäristön ekologinen perusta kuvataan avoimesti, ruoan markkinat ovat avoimet sekä sitä, että eri toimijoiden väliset kustannusten ja hyötyjen jako markkinoilla sekä hallinta- ja säätelyjärjestelmät voidaan kuvata avoimesti. Lisäksi sosiaaliset ja kulttuuriset valinnat, arvot ja perinteet hyväksytään ja kuvataan osana ruokajärjestelmän toimintaa.

Ruokaketjun jäljitettävyys tarkoittaa sitä, että elintarvike, rehu, elintarviketuotantoon käytettävä eläin tai valmistusaine, joka otetaan käyttöön, voidaan jäljittää kaikissa aikaisemmissa tuotanto-, jalostus- ja jakeluvaiheissa ja seurata kutakin näistä kyseisissä vaiheissa. Toisin sanoen tiedetään, mitä raaka-aineita ja prosesseja tuotannossa ja kuljetuksissa on käytetty, mitä riskejä raaka-aineisiin tai prosessointiin liittyy, millaisista tuotantoympäristöissä työ on tehty, millaisia resurssien käyttöön ja päästöihin liittyviä vaikutuksia tuotannosta on aiheutunut kussakin tuotannon vaiheessa, ketkä toimijat tuotantoon ovat osallistuneet ja mikä on ollut toimijoiden sosiotaloudellinen asema sekä mitä ihmisoikeuksiin tai tasa-arvoon ja eläinten hyvinvointiin liittyviä kysymyksiä tuotantoketjuun liittyy.

Yhteen ateriaan lautasella mahtuu monenlaisia ruokaketjuja.
Mitkä ruokaketjujen osat on tuotu ulkomailta?

merkinnöissä, jotka voivat aiheuttaa riskejä ja jopa **ruokakriisejä**. Tällöin tuotteet pitää vetää pois markkinoilta. Tyypillisiä poisvedon syitä ovat tuotteen virheelliset tai vajavaiset merkinnät, jotka saattavat koskea allergisoivia ruoka-aineita, tuotteen poikkeava pilaantuminen, tuotteen sisältämät haitalliset bakteerit tai kemikaalijäämät. Tuotantoketjujen toimintaan liittyvä lainsäädännön ja elintarvikevalvonnan merkitys lisääntyykin ruokaketjun pidentyessä ja monimutkaistuessa.

Elintarvikeyritysten liiketoimintaympäristö on muuttunut kansainvälisen kilpailun kiristyessä. Kansainväliset elintarvikeyritykset kasvavat ja moni suomalainen elintarvikeyritys siirtyy yrityskauppojen seurauksena osaksi suurta yrityskonsernia, jossa raaka-aineita, työtä ja osaamista jaetaan. Uudessa toimintaympäristössä voi olla hankalaa määritellä, mikä on suomalaista ruokaa, jos elintarvikkeiden valmistuksessa käytettäviä raaka-aineita siirtyy maasta toiseen valmistusprosessin yhteydessä.

Kuluttajat toivovat ruoantuotannolta **läpinäkyvyyttä** ja tuotteiden **jäljitettävyyttä**. Kotimaisessa ruoantuotannossa jäljitettävyys on mahdollista todentaa, mikä on jo ollut pitkään käytäntönä. Esimerkiksi ostaessamme kananlihasuikaleita voimme tarkistaa, kenen tilalla ja missä päin Suomea liha on tuotettu. Jäljitettävyys lisää tuottajien vastuuta ja koko tuotantoketjun läpinäkyvyyttä. Ulkomaiselle broilerinlihalle vastaavaa jäljitettävyyttä on mahdotonta toteuttaa.

Mitä söit tänään kouluruokailussa? Mieti syömiesi tuotteiden ruokaketju ja tuotantoon osallistuneet toimijat. Minkälaisia avoimia kysymyksiä sinulle jäi, onnistuitko jäljittämään käytettyjen raaka-aineiden alkuperän? Mieti myös keinoja, joilla voit lyhentää ruokaketjuja. Mitä etuja ruokaketjun lyhentämisestä on?

Lähiruoka lyhentää ruokaketjua

Ruokaketjuja pyritään lyhentämään monin eri tavoin. Tunnetuin niistä lienee lähellä tuotetun ruoan eli lähiruoan suosiminen. Lähellä tuotetussa ruoassa mukana olevien toimijoiden määrä on yleensä vähäisempi ja jäljitettävyys helpompaa. Lähiruoan asemaa arvioidaan usein pelkkien etäisyyksien perusteella. Paljon suurempi taloudellinen ja ekologinen merkitys on kuitenkin sillä, että lähituotanto monipuolistaa paikallista luonnonvarojen käyttöä, kun tuotantoon tarvitaan hyvin monenlaisia raaka-aineita, perunaa, viljaa, kalaa, riistaa, marjoja jne. Lähituotteiden jalostaminen edellyttää puolestaan monipuolista jalostavien yritysten verkostoa. Luonnonvaran monipuolinen hyödyntäminen linkittyy elinkeinotoiminnan monipuolisuuteen ja monialaiseen osaamistarpeeseen. Nämä asiat yhdessä parantavat alueen toiminnallista kykyä sopeutua muutoksiin eli resilienssiä. Se saattaa nostaa kustannuksia mutta parantaa ruokajärjestelmän pidemmän ajan kestävyyttä.

Ruokaturvan kannalta on tärkeää tarkastella myös ruokaketjujen riippuvuutta esimerkiksi fossiilisista energialähteistä tai tuontiraaka-aineista. Tästä on esimerkkinä valkuaisomavaraisuuden tavoittelu, josta lisää luvussa 1.4.

/ kuvat / Sakari Alasuutari

1.4 Itsenäiset valtiot pyrkivät omavaraisuuteen ruoantuotannossa

Ihmisoikeuksien yleismaailmallisen julistuksen mukaan jokaisella on **oikeus ruokaan**. Tämä oikeus velvoittaa jäsenvaltiot toimimaan yksin ja yhdessä siten, että tämä ihmisoikeus toteutuu. Valtioiden on siten varmistettava **ruokaturvan** toteutuminen ja se, että kansalaisilla on kaikkina aikoina mahdollisuus hankkia itselleen ja perheelleen riittävästi terveellistä ruokaa. Ruoka tuotetaan maatiloilla, jotka ovat Suomessa yleensä perheyrityksiä. Suomessa ruokaturva toteutuu hyvin, ja siksi siihen liittyvät kysymykset eivät tunnu meille ajankohtaisilta.

Miten ruoka liittyy itsenäisyyteen?

Valtioneuvoston päätöksessä elintarvikehuolto on määritelty kansakunnan elintärkeäksi toiminnoksi ja yhdeksi kansallisen **huoltovarmuuden** painopistealaksi. Elintarvikehuollon perustana on kansallinen maataloustuotanto, jonka toimintaedellytykset halutaan turvata Suomessa. Kriisi-

tilanteisiin varaudutaan arvioimalla koko elintarvikehuollon logistista ketjua aina alkutuotannosta elintarviketeollisuuden jalostuskapasiteettiin sekä teollisuuden ja kaupan jakeluverkostoihin. Miten ketju toimii kriisitilanteissa? Tämän lisäksi muun muassa viljaa, siemenviljaa ja perustuotannon raaka-aineita säilytetään varmuusvarastoissa puskureina mahdollisiin häiriötilanteisiin, jotka estävät normaalin toiminnan. Kriisitilanteisiin varautumisen lisäksi seurataan alan maailmanmarkkinoiden kehitystä ja arvioidaan muutosten vaikutusta suomalaisten ruokaturvaan.

/ kuva / Sakari Alasuutari

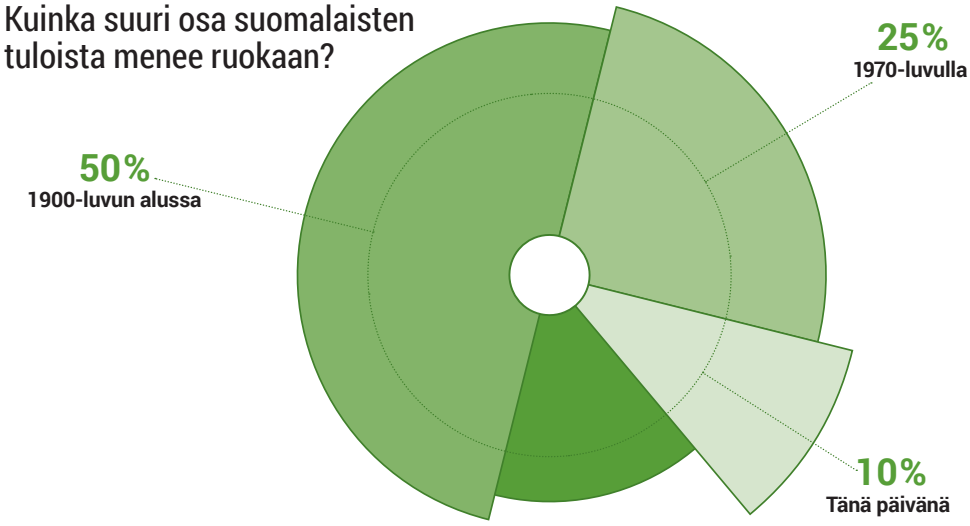
Kriisitilanteiden varalta viljaa varastoidaan suuriin varmuusvarastoihin.

> Huoltovarmuuden tavoitteena on turvata yhteiskunnan toiminta häiriötilanteissa. Kansallisen huoltovarmuuden osa-alueita ovat elintarvike-, energia- ja rahoitushuolto, terveydenhuolto, tietoyhteiskunta, logistiikka sekä kriittinen teollisuustuotanto.

Globaalisti ruoantuotannon määrässä ja saatavuudessa esiintyy vuosittaista vaihtelua, joka vaarantaa ruokaturvan erityisesti kehittyvissä maissa. Niissä ensisijainen ruoan saatavuuteen vaikuttava tekijä on ruoan hinta. Esimerkiksi viljan markkinahintaan vaikuttaa viljatase eli tuotannon ja kulutuksen välinen suhde. Ammattimaiset viljanostajat seuraavat markkinoita tiiviisti. Jos satoennuste on korkea, pysyy viljan hinta alhaisena. Poikkeukselliset sääolot maailman tärkeimmillä viljantuotantoalueilla voivat johtaa spekulaatioihin viljan riittävyydestä, ja tällöin hinta maailmanmarkkinoilla kohoaa.

Vuonna 2007 USA:n Keski-Lännen pitkään jatkuneen kuivuuden seurauksena ruoan maailmanmarkkinahinta alkoi nousta nopeasti. Myös muualla maailmassa koettiin kuivuutta, toisaalla tulvia ja lannoitteiden hintojen nousu. Ruoan hinnannousu johti **ruokakriisiin** kehitysmaissa, joissa ruoan osuus kulutusmenoista on suuri, jopa yli 50 %. Suomalaisille ruoan maailmanmarkkinahintojen nousu ei aiheuttanut taloudellista kriisiä, sillä käytämme kulutusmenoistamme ruokaan vain noin 10 %. Vielä 1900-luvun alussa yli puolet ja 1970-luvullakin 25 % kotitalouksien kaikista kulutusmenoista käytettiin ruokaan.

Länsimaissa kuluttaja ei maksa ruokakoristaan tuotantokustannuksia vastaavaa hintaa vaan ruoantuotantoa tuetaan maataloustuilla. Maataloustuilla valtiot pyrkivät säilyttämään riittävän omavaraisuuden ja varmistamaan ruokaturvan. Yksikään itsenäinen valtio ei ole jättänyt ruokaturvaansa maailmanmarkkinoiden varaan, vaikka maailman ruokahyllyillä tarjonta on monipuolista ja tuotteita voi löytää edullisesti. Ihmiskunnan muistissa on lukuisia konflikteja ja sotia, jotka ovat vaikeuttaneet ruokaturvan toteutumista. Yleinen käsitys on, ettei valtio voi toimia itsenäisesti, mikäli se on täysin riippuvainen peruselintarvikkeiden tuonnista. Tämä on vastoin vapaan kaupan ja markkinatalouden periaatteita, joiden mukaan tuotannon tulisi tapahtua aina niillä alueilla, joissa se on edullisinta. Toisaalta yksikään valtio ei tuota kaikkea ruokaansa itse, vaan vaihdanta maailmanmarkkinoilla on vilkasta.



/ kuva / Sakari Alasuutari

Miksi juuri valkuais-omavaraisuus on tärkeää?

Aikuisen ihmisen valkuaisaineiden tarve on 1,1–1,3 grammaa painokiloa kohti päivässä. Esimerkiksi 8,5 dl maitoa, 250 g broileria tai 300 g kalaa sisältää noin 60 g proteiinia, joka riittää päivän tarpeeksi noin 50-kiloiselle henkilölle. Suomessa valkuaisaineiden keskimääräinen saanti on yleensä runsasta: valkuaisaineita saadaan reilusti yli 100 g päivässä (miehet 182 g ja naiset 107 g). Kansainvälisellä tasolla noin 25 % valkuaisaineiden saannista on eläinperäistä, meillä eläinvalkuaisen osuus on noin 66 %. Kasvavissa talouksissa eläinvalkuaisen osuus nousee elintason myötä hyvin voimakkaasti.

Valkuaisaineet muodostuvat erilaisista aminohapoista, joiden riittävän tasapuolinen saanti on terveelliselle ravinnolle välttämätöntä. Eläintuotteet ovat hyviä valkuaisaineiden lähteitä ja niiden aminohappokoostumus on hyvä. Monipuolisista kasviproteiinilähteistä voidaan myös koostaa ravitsemukselliset tarpeet täyttävä ruokavalio.

Valkuainen/valkuaisaine vai proteiini?

Aminohapot ovat elintoiminnoille välttämättömiä orgaanisia yhdisteitä, joiden ketjuista syntyvät valkuaisaineet eli proteiinit. Proteiineja on muun muassa ihmisen kudoksissa, erityisen paljon lihaksissa, ja elintoimintoja säätelevät entsyymit ovat myös proteiineja. Mitä eroa on valkuaisella ja proteiinilla? Ei mitään, sillä ne ovat täysin samaa tarkoittavia sanoja. Kotieläinten ruokinnassa suomalaisperäinen termi ”valkuainen” on yleisempi, kun taas ihmisravitsemuksessa kansainvälisempi ”proteiini” on enemmän käytetty.

Valkuainen koostuu aminohapoista, joiden keskeinen rakenneosa on typpi. Typen pitoisuus valkuaisessa on noin 16 %, eli rehun tai ruoan valkuaispitoisuus voidaan arvioida typpipitoisuuden perusteella ja kertoa vakiolla 6,25.

Esimerkki

Härkäpapujen typpipitoisuus on 4,8 %
Raakavalkuaispitoisuus on 4,8 × 6,25 = 30 %

Mistä esimerkkiin ilmestyi **raaka**valkuainen? Puhdasvalkuainen tai -proteiini kuvaa näytteen todellista aminohapoista koostuvien valkuaisaineiden pitoisuutta. Näytteessä voi olla myös muita typellisiä yhdisteitä, kuten ammoniakkia tai ureaa, jotka kaavalla laskettuna tulevat mukaan valkuaispitoisuuteen. Tämän takia käytetään termiä ”raakavalkuainen/-proteiini”, kun pitoisuus lasketaan typpipitoisuudesta ilman aminohappoanalyysiä.

Termi ”valkuainen / valkuaisaine” juontaa juurensa kananmunaan. Kananmunan valkuainen on puhdasta proteiinia ja se on saanut lainata nimensä tähän tarkoitukseen.

/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

Siat ja siipikarja ovat yksimahaisia eläimiä, kun taas märehtijöitä ovat kotieläimistämme lehmä, vuohi ja lammas.

Yksimahaiset eläimet, esimerkiksi siat ja siipikarja, tarvitsevat ravinnossaan runsaasti hyvälaatuisia valkuaisaineita pystyäkseen kasvamaan nopeasti. Märehtijät, toisin kuin yksimahaiset, pystyvät pötsimikrobiensa ansiosta muokkaamaan nurmirehusta hyvälaatuista valkuaista. Toisaalta yksimahaiset muuntavat rehun tehokkaammin lihaksi. Joka tapauksessa liha on luonnonvararesurssien kannalta arvokasta ja kallista valkuaisainetta. Eläinten rehun tuottamiseen käytetään 33 % maapallon peltopinta-alasta ja sen lisäksi laiduntamiseen 26 % tuotantoon käyttökelpoisesta pinta-alasta. Osa laidunalueista jää pois käytöstä, ja samaan aikaan metsää raivataan laidunalueiksi. Tuotantopinta-alan ohella eläintuotanto tarvitsee varsin runsaasti vettä; lihalajista riippuen vettä tarvitaan 4 000–15 000 litraa lihakiloa kohden, kun kasvituotteiden vedenkäyttö on noin 1 000–3 000 litraa tuotekiloa kohden.

Valkuaisomavaraisuus on Suomelle tärkeää sen vuoksi, että kasvava osa käyttämämme eläinvalkuaisen tuotannosta, erityisesti sianlihan ja broilerin

/ kuva / Sakari Alasuutari

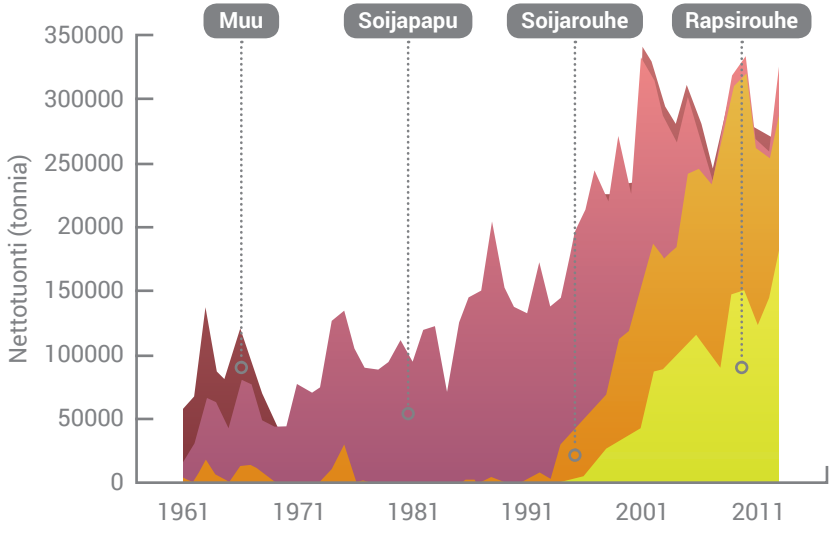
> Valkuaisomavaraisuudella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon valkuaiskasveista tuotettuja elintarvikkeita tai rehua tuodaan ulkomailta suhteessa valkuaiskasvien tuotantoon omassa maassa.

tuotanto, ovat varsin riippuvaisia ulkomaisen kasvivalkuaisen tuonnista. Soija on tuontivalkuaisrehuista kaikkein tärkein, mutta myös rapsia tuodaan paljon. Suomessa härkäpavun viljely on lisääntynyt nopeasti viime vuosina.

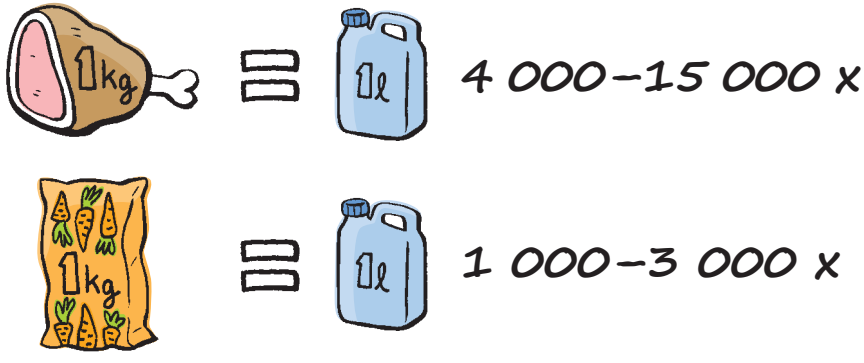
Myös sianlihantuotannossa pyritään lisäämään kotimaisen valkuaisrehun käyttöä, tästä esimerkkinä ”rypsipossu”, jonka brändi on rakennettu kotimaisuutta korostaen. Valkuaisrikkaat viljelykasvit ovat usein palkokasveja ja sellaisena pystyvät sitomaan käyttöönsä ilmakehän typpeä eli typpilannoitteiden käyttöä voidaan vähentää. Tulevaisuudessa maailman soijasadosta tullaan käymään ankaraa kansainvälistä kilpailua ja järkevin suomalainen ratkaisu on kasviperäisen valkuaisomavaraisuuden lisääminen sekä rehuntuotannon että ruoantuotannon osalta.

Viljatuotteet ovat suomalaisessa ruokavaliossa tärkeä valkuaisaineiden lähde. Omavaraisuuden lisäys voidaan tehdä lisäämällä valkuaisrikkaiden kasvien tuotantoa, ja vähentämällä valkuaiskasvien viljelyssä käytettävien tuotantopanosten tuontia sekä hyödyntämällä valkuaisaineet erilaisten tuotteiden sivuvirroista ja lisäämällä ruokavalioon esimerkiksi valkuaisrikkaita sieniä. Lihan ja kalan kasvatuksen ohella hyönteisten kasvatus ruoaksi voi tulevaisuudessa olla hyvä lisä valkuaisomavaraisuudessamme.

Rypsin ja rapsin viljely lisää valkuaisomavaraisuuttamme, sillä öljyn puristamisesta jäljelle jäänyt rouhe on hyvin valkuaisrikasta ja se soveltuu hyvin kotieläinten rehuksi.



Mitä kuva kertoo Suomen valkuaisomavaraisuuden kehittymisestä viime vuosikymmenten aikana? Mitä valkuaiskasveja tuodaan Suomeen eniten? Etsi tietoa mistä maista soijarehua tuodaan Suomeen. Lähde: Frederick Stoddard.



Lihan tuottaminen vaatii moninkertaisen määrän vettä verrattuna kasvien tuottamiseen. Toisaalta kilo lihaa sisältää enemmän ravintoaineita kuin kilo kasviksia. Lihan tuottaminen voi soveltua hyvin alueille, joilla ei ole pulaa vedestä tai joissa kotieläinten ruokinnassa voidaan hyödyntää ihmiselle kelpaamatonta kasvimassaa kuten ruohoa ja erilaisia sivutuotteita. Vesikysymys on hyvin moniulotteinen ja sitä on käsitelty tarkemmin luvussa 5.2.

1.5 Suomalaisen ruoantuotannon kilpailutekijöitä ja erityispiirteitä

Turvallista ja terveellistä ruokaa

Suomalainen ruoka on turvallista. Meidän ei tarvitse ostopäätöksiä tehdessämme puntaroida, liittyykö tuotteeseen turvallisuusriskejä. Olemmekin tottuneet kiinnittämään ruoan turvallisuuteen huomiota matkustaessamme ulkomailla ja pyrkiessämme välttämään esimerkiksi turistiripulia.

Luotamme suomalaiseen **tuoteturvallisuuteen** ja **viranomaisvalvontaan**. Turvallisen ruoan taustalla on lukuisia vapaaehtoisia hyviä **elintarvikevalvonnan** käytänteitä, mutta myös tiukka elintarvikelainsäädäntö. Laki asettaa elintarvikeketjussa työskenteleville velvoitteen omavalvonnasta ja elintarvikealan toimija onkin päävastuussa tuotteiden turvallisuudesta. Suomalainen ruokaketju on **läpinäkyvä** ja tuotteiden **jäljitettävyys** aina tuottajalle saakka on kansainvälistä huippua. Myös tuotteiden pakkausmerkintöihin voi **luottaa**. Häiriötilanteita varten on suunniteltu **riskinhallintajärjestelmiä**, jotka toimivat esimerkiksi elintarvikkeiden poisvetoina kaupasta, mikäli tuotteen koostumus ja pakkausmerkinnät eivät vastaa toisiaan ja tuote voi aiheuttaa terveysongelmia ruoka-allergikoille. Hyvistä käytänteistä esimerkkinä on **hygieniapassi**, jonka jokainen elintarvikkeiden käsittelyssä toimiva työntekijä suorittaa. Lisäksi elintarvikeyritysten hygieniatasoa valvotaan säännöllisesti. Elintarvikealan yritys-

Toimijoiden yhteistyö

Suomalaisen ruoantuotannon vahvuuksia ovat toimijoiden välinen yhteistyö ja korkea osaamisen taso.

Hygieniapassi antaa luvan työskennellä elintarvikkeiden parissa.

Oiva-raportti kertoo elintarvikeyrityksen hygieniatarkastuksen tuloksen.

ten on pitänyt vuodesta 2014 lähtien julkistaa sisäänkäyntiensä yhteydessä elintarvikevalvonnan tarkastuksesta kertova Oiva-raportti.

Maa- ja metsätalousministeriö vastaa yhteisten eurooppalaisten elintarvikesäädösten ja asetusten sekä kansallisen lainsäädännön toteuttamisesta ja viranomaiset valvovat toimintaa. Suomessa viranomaisvalvonta perustuu Elintarviketurvallisuusviraston eli Eviran tekemiin valvontasuunnitelmiin ja sitä toteuttavat useat viranomaistahot kuten Tullilaitos, Valvira, Puolustusvoimat, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset, aluehallintoviranomaiset ja kunnat. Ruoan turvallisuuden varmistamiseen liittyviä viranomaistahoja on paljon, eikä suomalaisen ruoan turvallisuus ole itsestäänselvyys vaan lopputulos pitkäjänteisestä työstä. Koko elintarvikeketjua kattava valvonta onkin tärkeä vahvuustekijä suomalaiselle elintarviketuotannolle.

Ruokaketjun korkeasta laadusta ja toimijoiden pitkäjänteisestä yhteistyöstä johtuen suomalaisessa lihassa ja kananmunissa ei esiinny salmonellaa. Suomalainen elintarvikevalvonta on myös **riippumatonta** ruokaketjun toimijoista. Ruokaketju alkaa pelloilta, kasvihuoneilta ja kotieläintiloilta elintarviketeollisuuteen, vientiyrityksiin ja maahantuojiin sekä kauppaan ja suurkeittiöihin. Jokainen ruokaketjun toimija tuntee ja hallitsee toimintaansa liittyvät salmonellariskit ja tietää niiden hallintakeinot. Viranomaisten hyväksymään omavalvontasuunnitelmaan on kirjattu riskien kannalta merkittävät kohteet.

> Elintarvikkeiden tulee olla kemiallisesti, mikrobiologisesti ja fysikaalisesti turvallisia.

Suomalaista tuoteturvallisuusosaamista arvostetaan maailmalla, ja osaamiselle on kysyntää. Suomalaisia erityispiirteitä ovat ruokaketjun **toimijoiden yhteistyö** ja **korkea tietotaito**.

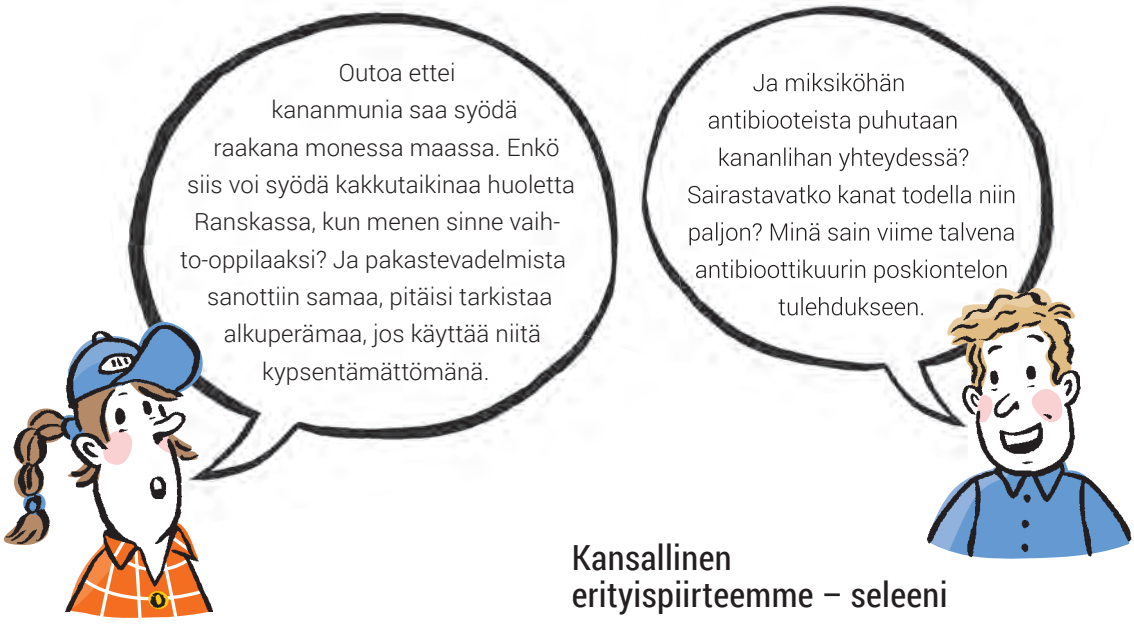
Mitä elintarvikkeiden turvallisuudella tarkoitetaan?

Turvallinen elintarvike on turvallista sekä **kemiallisesti**, **mikrobiologisesti** että **fysikaalisesti**. Se ei sisällä haitallisia aineita tai jäämiä torjunta-aineista tai lääkkeistä. Sairastumisvaaran aiheuttavia bakteereita, viruksia tai muita mikrobeja tai radioaktiivisia aineita ei turvallisesta ruoasta myös-

/ kuva / Yrjö Tuunane / Luke

kään löydy. Ruokaketjun toimijoiden ammattitaidolla ja valvonnalla onkin saavutettu muun muassa seuraavia elintarvikkeiden turvallisuuden takaavia tekijöitä, jotka ovat suomalaisen ruoan vahvuustekijöitä.

Suomalainen ruoka ei sisällä salmonellaa, hormoneja tai lääkejäämiä. Kansallinen salmonellantorjuntaohjelma kattaa niin rehunvalmistajat kuin kotieläintuotannon. Ohjelma antaa ohjeita salmonellariskin välttämiseksi tuotantoketjun eri vaiheissa sekä teurastamoiden lihaerien tutkimiseen. Suomessa ei anneta lihaksia kasvattavia hormoneja tuotantoeläimille kuten esimerkiksi Yhdysvalloissa. Eläimiä ei myöskään lääkitä ennaltaehkäisevästi esimerkiksi antibiooteilla useiden keskieurooppalaisten maiden tapaan, ja siksi liha- tai maitotuotteet eivät sisällä lääkejäämiä.



Suomalaisten viljelymaiden raskasmetallipitoisuudet ovat pieniä ja rehuihin on asetettu kadmiumpitoisuusrajoituksia. Näiden seurauksena myös elintarvikkeiden raskasmetallipitoisuudet ovat pieniä. Lisäksi kasvinsuojeluaineiden käyttömäärät ovat vähäisiä ja ammattitaitoiset viljelijät noudattavat integroidun kasvinsuojelun ohjeita, jotka edellyttävät ennalta ehkäisevien ei-kemiallisten kasvinsuojelutoimien toteuttamista ja kemiallisen kasvinsuojelun käyttöä ainoastaan tarpeenmukaisesti.

Kansallinen erityispiirteemme – seleeni

Ruoan riittävyyden ja turvallisuuden lisäksi sen **ravitsemuksellinen laatu** on tärkeää. Ravitsemuksellinen laatu koostuu useista tekijöistä, joista yksi on ruoan sisältämien hiven- ja kivennäisaineiden määrä. Ruoan sisältämien hiven- ja kivennäisaineiden määrä riippuu ensisijaisesti maan ravinnepitoisuudesta ja lannoituksesta, mutta myös viljeltävästä kasvilajista. Mikäli maaperässä ei ole ravinnetta kasveille käyttökelpoisessa muodossa eikä sitä lisätä lannoituksella, ravinteen määrä jää korjatussa sadossa pieneksi.

> Euroopan elintarviketurvallisuusvirasto (EFSA) vertaili 30 Euroopan maan elintarvikkeiden torjunta-ainejäämiä. Selvityksen mukaan Suomessa tuotettu ruoka sisältää vähiten torjunta-ainejäämiä Euroopassa.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Suomessa emme ole tottuneet varomaan raakaa kananmunaa salmonellariskin takia.

Yksi kansallinen erityispiirre on maaperämme pieni seleenipitoisuus ja siksi Suomessa tuotettujen viljojen, rehujen ja vihannesten seleenipitoisuus on vähäinen ilman seleenilisäystä. Seleeni on ihmisille ja eläimille välttämätön hivenaine, jonka puutos aiheuttaa tuotantoeläimillä lihasrappeumaa yhdessä E-vitamiinin puutteen kanssa. Kansallisella päätöksellä seleenin lisäys aloitettiin lannoitteisiin vuonna 1984, mikä varmisti ihmisten ja tuotantoeläinten riittävän seleeninsaannin. Seleenilannoitus nostaa tilalla tuotettujen rehujen ja sitä kautta maidon ja lihan seleenipitoisuutta. Toinen kriittinen hivenaine on jodi. Sen saanti on aikaisemmin turvattu jodioidun suolan muodossa, mutta viime vuosina erilaisten jodia sisältämättömien suolavalmisteiden yleistyttyä jodin saanti alkoi jäädä vaarallisen alhaiseksi. Jodin lisäystä tehostettiin yhdessä leipomoteollisuuden kanssa vuonna 2016.

/ kuva / Sakari Alasuutari

02 RUOANTUOTANTO ENNEN, NYT JA TULEVAISUUDESSA

Ruoantuotannossa tavoitellaan kestävyyttä.

Korkean kotieläintuotoksen taustalla on jalostus ja ruokinnan kehittyminen.

Kestävällä tehostamisella pyritään korkeampiin satoihin ja tuotoksiin pienemmillä tuotantopanoksilla.

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi kehitetään ilmastoystävällisiä tuotantotekniikoita.

/ kuva / Eetu Ahonen / Luke

2.1 Kasvintuotannon kehityskulku keräilytaloudesta geenitekniikkaan

Maatalouden ensiaskeleet

Ruokaa keräilevät ihmiset toimivat ensimmäisinä kasvinjalostajina keräillessään siemeniä. Tapahtui tiedostamatonta valintaa ja kerääjäkansan toimenpiteiden suosimien kasviyksilöiden perimä alkoi yleistyä. Puhutaan viljelykasvien **domestikaatiosta** eli **sopeuttamisesta** ihmisten toimille ja varhaisen maanviljelyn palvelukseen. Viljelykasvien ominaisuuksia, jotka jalostuivat domestikaation yhteydessä, ovat esimerkiksi siementen varisemattomuus, joka mahdollisti siementen keräämisen.

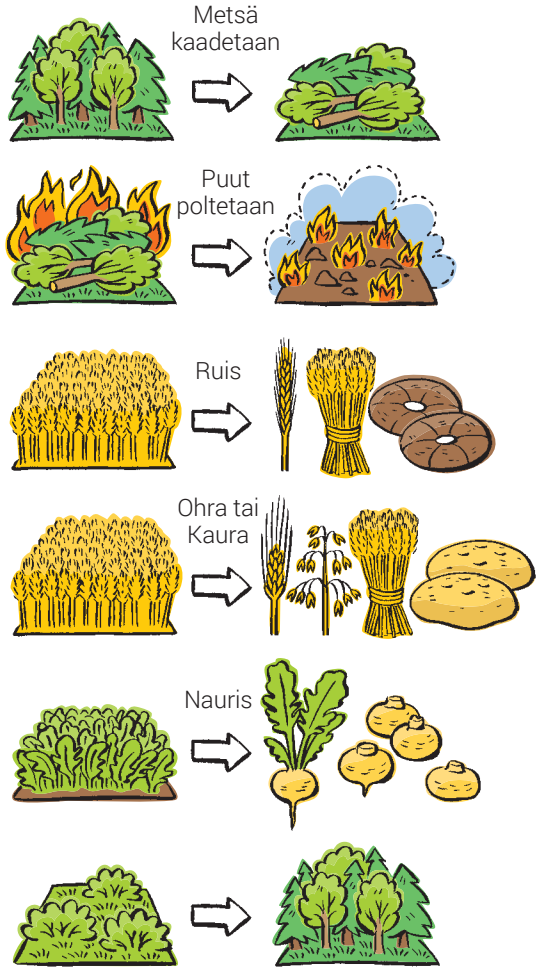
Tärkeimpien viljelykasvien domestikaatio tapahtui maantieteellisesti verraten rajallisilla alueilla, joissa oli tihentymä lajin lähisukulaisia ja joilla lajin geneettinen monimuotoisuus oli suuri. Näitä alueita, joissa viljelykasvien domestikaatio tapahtui, kutsutaan

geenikeskuksiksi. Vähitellen viljelykasvit levittäytyivät geenikeskuksista uusille asuinpaikoille siirtyvien ihmisten mukana. Esimerkiksi ensimmäiset viitteet ohran viljelystä Suomessa ajoittuvat 7 000 vuoden päähän.

Suomessa laajat metsästys- ja kalastusalueet sekä harva asutus mahdollistivat **keräilytalouden** pitkään. Maanviljely oli kuitenkin houkutteleva vaihtoehto, sillä se mahdollisti pysyvien kotien rakentamisen ja perheiden suojaamisen petoeläimiltä suljetuissa pihapiireissä. Suomessa **kaskiviljely** oli varhaisimpia viljelymuotoja. Tällöin kehittyi muun muassa **kasvinvuorotus** eli viljelykasvien vuosittainen järjestys samalla peltoalueella. Kaskeamisen jälkeen ravinnerikkaaseen maahan kylvettiin ensimmäisenä vuonna arvokkain viljelykasvi, ruis. Seuraavina vuosina kylvettiin ohraa, sitten vaatimattomampaa kauraa ja viimeisinä vuosina ennen kuin alue sai metsittyä uudelleen, naurista.

Kaskeamalla muutettiin metsää pelloksi, jolla viljeltiin eri viljelykasveja. Peltoalueen viljely lopetettiin, kun maa köyhtyi ja kaskeamisen seurauksena maahan tulleet ravinteet loppuivat. Alue metsittyi hiljalleen, ja se voitiin kasketa uudelleen muutaman vuosikymmenen päästä. Liian tiheään toistuvat kaskeamiset vähensivät ravinteiden määrää ja pellon käyttöaika lyheni.

Kasvinvuorotus kaskiviljelyssä



Peltoviljelyn lisäksi taloissa saattoi olla lehmä, jolle kerättiin rehua talvea varten luonnonniityiltä ja metsistä. Lehmä tuotti kesäisin maitoa, josta saatiin korkeatasoista valkuaista ihmisille. Lisäksi kotieläinten lanta oli arvokas lan-

noite ja osin tärkeämpikin tuote kuin liha ja maito. Kun peltoviljely kehittyi, onnistuttiin rehua tuottamaan karjalle riittävästi talvea varten eikä rehun määrä enää rajoittanut kotieläintuotantoa.

Kasvintuotannon kemiallis-teknologinen kehitys

Maatalouden kehitys nopeutui kemiallis-teknologinen kehityksen myötä **vihreän vallankumouksen** aikana 1960-luvulta alkaen. Tavoitteena oli turvata riittävä ravinnonsaanti maapallon kasvavalle väestölle. Lukuisat huippututkijat kehittivät maatalous-tuotantoa erilaisissa julkisissa ja maatalousyritysten vetämissä kansainvälisissä hankkeissa.

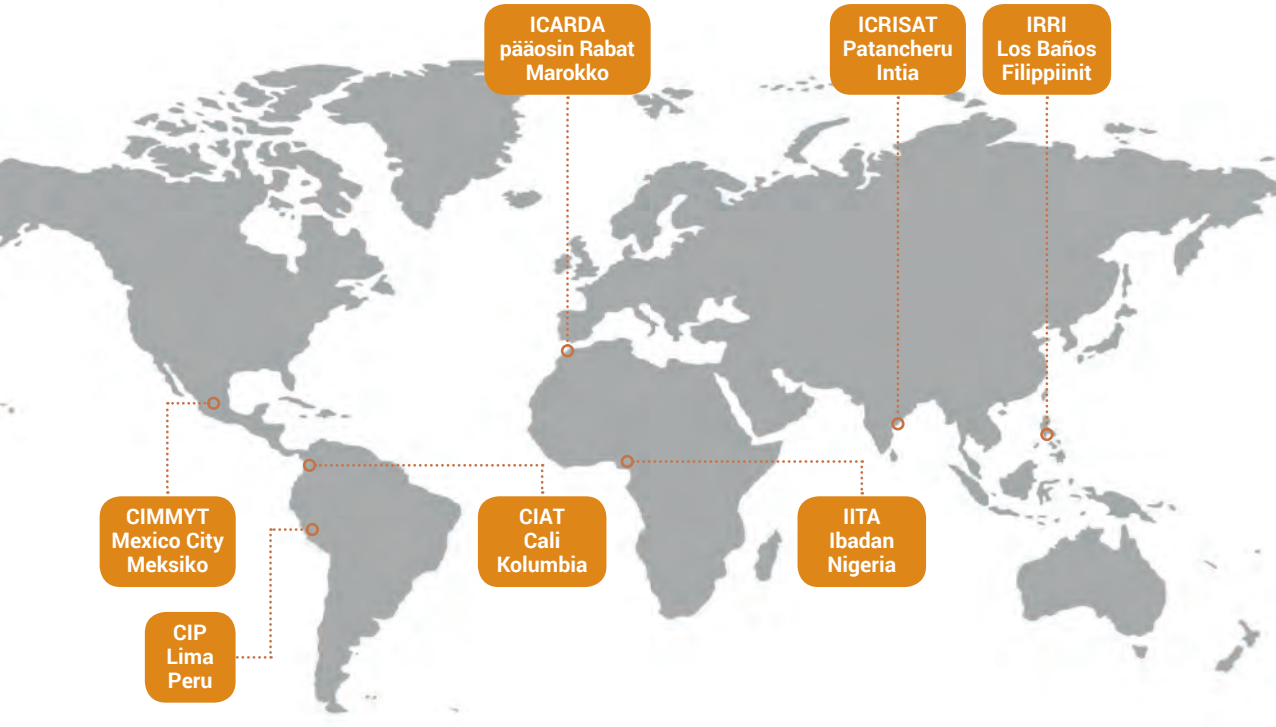
Aikakauden mullistavat keksinnöt niin kasvinjalostuksessa, kemianteollisuudessa kuin teknologiassa tukivat siirtymistä intensiiviseen viljelyyn, jossa tavoiteltiin korkeita hehtaarisatoja. Samalla kasvinjalostajat löysivät kääpiökasvuisuutta aiheuttavan geenimutaation ja onnistuivat kehittämään lyhytkortisia vehnälajikkeita. Vuonna 1909 opittiin lisäksi valmistamaan typpilannoitteita Haver-Bosch-menetelmän avulla. Polttomoottorilla toimivat traktorit tekivät tuloaan pelloille tehostaen työsaavutusta ja mahdollis-

/ kuva / Mervi Seppänen

Lehtialalla (eng. LAI leaf area index) tarkoitetaan sitä, kuinka paljon kasvustossa on yhteenlaskettua lehtien pinta-alaa yhtä neliömetriä maata kohden.

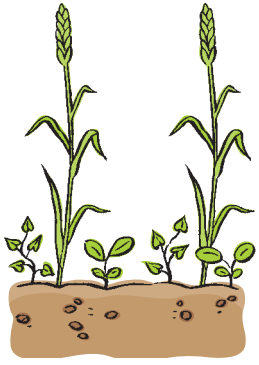
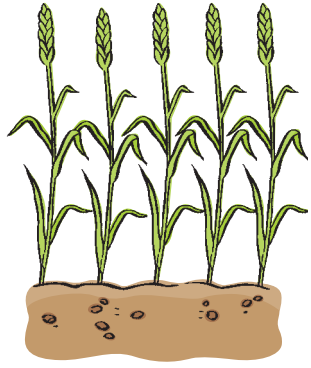
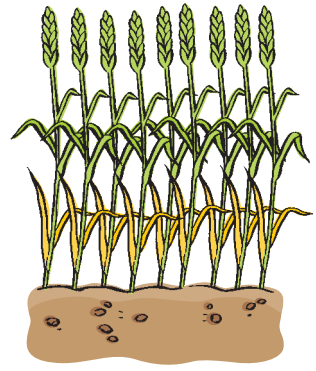
taen luopumisen suuren hevoskannan ylläpitämisestä. Kääpiögeenien laaja hyödyntäminen kasvinjalostuksessa mahdollistui, kun jalostusmateriaali luovutettiin kaikkien kasvinjalostajien käyttöön. Toinen merkittävä geenilöytö liittyi päivänpituusneutraalien jalostuslinjojen löytymiseen, mikä mahdollisti esimerkiksi vehnän viljelyn yleistymisen laajoille alueille ja sadon muodostumisen hyvinkin erilaisissa päivänpituuksissa.

Kasvinviljelytieteessä opittiin tunnistamaan kasvustossa tekijöitä, jotka mahdollistivat korkean satotason. Mittaamalla kasvuston yhteyttämistehokkuutta ja yhteyttämistuotteiden eli sokereiden jakautumista eri kasvinosiin kuten lehtiin, korsiin, juuriin



Kansainväliseen maataloustutkimuskeskusten konsortioon (Consortium of International Agricultural Research Centres, CGAIR) kuuluu eri viljelykasvilajien tutkimukseen keskittyneitä tutkimuslaitoksia. CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) on keskittynyt tutkimuksessaan vehnään ja maissiin, CIP (International Potato Centre) perunaan, IRRI (International Rice Research Institute) riisiin, ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) kuivien alueiden viljelykasveihin. ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), CIAT (International Center for Tropical Agriculture) ja IITA (International Institute of Tropical Agriculture) tutkivat puolestaan trooppisten alueiden viljelykasveja. Kansainvälinen maataloustutkimus tarjoaa monia mielenkiintoisia työtehtäviä myös suomalaisille maatalousasiantuntijoille.

ja jyviin, ymmärrettiin optimaalisen lehtialan ja kasvitiheyden merkitys sadon määrälle. Mikäli lehtiala tai kasvitiheys oli liian suuri, menetettiin yhteyttämistuotteita varjoon jääneiden kasvinosin lisääntyneen hengityksen seurauksena. Keksittiin myös lehtialan säilymisen ja sadon määrän välinen yhteys. Mitä pidempään lehdet olivat yhteyttämiskykyisiä, sitä suurempi sato oli odotettavissa. Yhteyttävää lehtipinta-alaa tuhoavien kasvitautien ke-

HARVA KASVUSTO	OPTIMAALINEN KASVUSTO	LIIAN TIHEÄ KASVUSTO
		
Liian matala lehtiala	**Sopiva lehtiala**	**Liian korkea lehtiala**
Lehdet eivät kerää kaikkea auringonsäteilyä, vaan osa säteilystä päätyy lehtien sijaan maan pintaan.	Lehdet peittävät maanpinnan ja ovat sopivasti eri kerroksissa, jolloin niille osunut auringonsäteily käytetään tehokkaasti ja sokereita kertyy.	Lehdet peittävät maanpinnan, mutta alimmat lehdet ovat jääneet varjoon, jolloin ne kuluttavat valossa olevien lehtien tuottamia sokereita.
Rikkakasvit valtaavat kasvuston aukkopaikat ja kuluttavat viljelykasveille tarkoitettuja ravinteita, alentavat satoa, vaikeuttaa sadonkorjuuta ja heikentää sadon laatua.	Viljelykasvi kilpailee tehokkaasti elintilasta rikkakasvien kanssa.	Viljelykasvi kilpailee tehokkaasti elintilasta rikkakasvien kanssa.

miallinen torjunta kehitettiin näiden tutkimustulosten myötä. Pyrittiin **optimaaliseen kasvustoon**, jossa myös rikkakasvien kilpailua kasvutilasta, auringonvalosta ja ravinteista haluttiin rajoittaa ja varmistaa resurssien käyttö mahdollisimman tehokkaasti viljelykasvin hyväksi. Tämä tavoite johti rikkakasvien torjunta-aineiden kehittämiseen ja käytön ohjeistuksen muotoutumiseen. Maatalousteknologia kehittyi samanaikaisesti ja moni runsaasti ihmistyövoimaa aikaisemmin vaatinut työvaihe koneellistettiin. Kehitys vapautti maataloudesta työvoimaa teollistuvan yhteiskunnan käyttöön.

Satoindeksi ja **lakoontuminen**. Jalostamattomien maatiaislajikkeiden korsi on pitkä ja hento. Kova sadekuuro kaataa helposti pitkäkortisen viljan ja viljakasvusto lakoontuu. Lakoontuminen puolestaan aiheuttaa ongelmia sadonkorjuussa, hidastaa viljan kypsymistä ja huonontaa sadon laatua. Pitkäkortisissa lajikkeissa valtaosa kasvin yhteyttämistuotteista kuluu korrenkasvuun jyvien sijaan. Satoindeksillä tarkoitetaan sitä, kuinka suuri osa kasvin maanpäällisestä biomassasta kohdentuu satona korjattavaan osaan eli viljoilla jyviin. Korren lyheneminen kääpiögeenin myötä johti satoindeksin kohoamiseen ja sitä kautta jyväsadon määrän lisääntymiseen suhteessa korren määrään. Lyhytkortisuus vähensi myös viljan lakoontumisriskiä ja mahdollisti runsaamman typpilannoituksen, mikä lisäsi myös sadon määrää. Samaan aikaan kehitettiin kemianteollisuudessa kasvunsääteitä, jotka hidastivat korrenkasvua ja vähensivät lakoontumisriskiä edelleen.

Vihreä vallankumous jätti taakseen ristiriitaisia muistoja

Nobelin rauhanpalkinnon vuonna 1970 saanut maataloustieteilijä Norman Borlaug kuvaa aikakautta tutkimuksen voittokuluksi, jonka myötä kohonneet satotasot mahdollistivat riittävästi ruokaa miljardeille ihmisille. Maataloustuotannon tehostuminen johti myös yleisen elintason nousuun ja maataloudessa työskentelevän väestön määrän vähentymiseen. Korkeammat satotasot huononsivat kuitenkin ruoan ravintoarvoa. Suurempi sato tyydytti ihmisten energiatarpeen, mutta uusien korkeasatoisten lajikkeiden kivennäis- ja hivenainepitoisuus oli usein pienempi kuin maatiaislajikkeiden.

Vihreän vallankumouksen myötä maatalouden riippuvuus fossiilisista energianlähteistä ja kemianteollisuudesta kasvoi. Kemiallis-teknologisen viljelyn menetelmin pystyttiin vähentämään työvoiman tarvetta, saavuttamaan korkeampia satoja ja tuottamaan ruokaa halvemmalla. Maatalousalan yrityk-

/ kuva / Sakari Alasuutari

Kasvinjalostajan koeruutuja, joissa testataan uusien vehnälajikkeiden viljelyominaisuuksia. Tuleentuneet eli puintivalmiit vehnälajikkeet ovat jo kellastuneet, kun taas pidemmän kasvuajan vaativat lajikkeet ovat vielä vihreitä.

set panostivat maatalouskemikaalien ja uusien lajikkeiden kehitystyöhön ja alan yritykset kasvoivat. Kehitystyö on kallista, ja esimerkiksi yhden rikkakasvien torjunnassa käytettävän potentiaalisen yhdisteen löytymiseen tuotetaan yli 500 000 synteettistä molekyyliä, joiden toimivuus ja turvallisuus testataan. Myös kasvinjalostuksessa molekyylibiologisten menetelmien nopea kehitys ja kalleus johtivat merkittävien viljelykasvien jalostustyön keskittymiseen suurille kansainvälisille yrityksille. Samanaikaisesti valtaosa julkisilla varoilla tehtävästä tutkimuksesta on vuosikymmenien ajan keskittynyt niin kutsuttujen mallikasvien, kuten lituruohon eli Arabidopsiksen, tutkimukseen eikä tuloksia voida soveltaa suoraan viljelykasvien kehittämiseen kuten vihreän vallankumouksen aikana.

Luomutuotannon kehittyminen

Kiinnostus **luonnonmukaiseen maataloustuotantoon eli luomutuotantoon lisääntyi** ja ensimmäinen kansainvälinen malli luomutuotannon valvontajärjestelmästä julkistettiin 1980-luvun alussa. Luomutuotanto kehittyi, kun huoli kemiallis-teknologisen maataloustuotannon ympäristövaikutuksista ja maatalouskemikaalien vaikutuksista ruoan turvallisuuteen lisääntyi. Ruokaa haluttiin tuottaa luonnonvaroja suojellen ja luonnon monimuotoisuutta kunnioittaen. Haluttiin myös tyytyä matalampaan satotasoon ja hyväksyttiin riski kasvitautien ja -tuholaisten sadonalennuksille.

Luomutuotannossa otettiin uudelleen käyttöön jo kaskiviljelyn aikana keksittyjä viljelytekniikoita, kuten kasvinvuorotus, ja niiden kehittämistyötä jatkettiin edelleen. Myös maan viljavuuden säilyttämiseen kiinnitettiin erityistä huomiota. Koska satotasot ovat luomussa alhaisempia ja käytetyt viljelytekniikat osin työvoimavaltaisempia, on luomutuotteiden hinta korkeampi kuin tavanomaisilla viljelymenetelmillä tuotettujen.

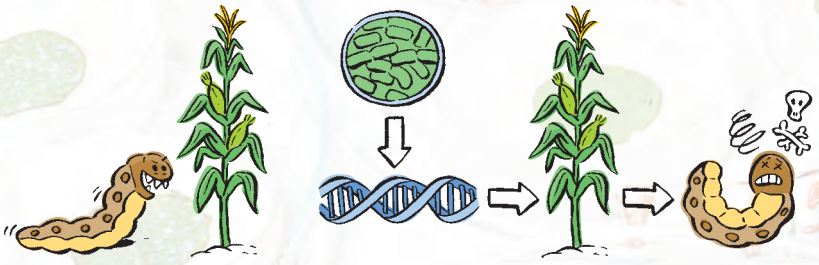
EU:n luomulainsäädäntö määrittelee tuotannon vaatimukset, ja hyväksyttyjä luomutuotteita voi myydä EU:n Eurolehti- ja Luomuliiton Leppäkerttu-tunnuksin merkittyinä. Luomutuotannossa viljelijä ja kuluttaja tavallaan sopivat käytettävistä tuotantomenetelmistä hyvinkin tarkkaan. Luomutuotantoon pätevät ne samat satofysiologian periaatteet esimerkiksi optimaalisesta kasvustosta ja lehtialasta, jotka todennettiin jo vihreän vallankumouksen aikana. Luomussa erityisiä kehityskohteita ovat muun muassa typensitojakasvien hyödyntäminen tehokkaasti viljelykierrossa, kierrätyslannoitteet, seoskasvustot sekä mekaaniset ja biologiset kasvinsuojelun menetelmät. Siirtogeenitekniikalla jalostettujen lajikkeiden viljely ei luomutuotannossa ole sallittua eikä esimerkiksi kasvitautiongelmiin etsitä ratkaisuja tätä menetelmää hyödyntäen.

> Suomi24 – maataloudessa käytetään myrkkyjä – ihmiset yritetään myrkyttää Frankenstein-ruoalla! Minkälaisia otsikoita löydät siirtogeenisistä kasveista?

Siirtogeenitekniikka kasvintuotannossa

Ensimmäinen viljelyyn otettu ja kaupan hyllylle päätynyt siirtogeeninen kasvi oli vuonna 1994 Flav Savr -tomaatti, jonka säilymistä kaupan hyllyllä oli pidennetty geenitekniikan keinoin. Jalostuksen tavoitteeksi oli valikoitunut ominaisuus, jonka säätely tunnettiin geenitasolla ja jota osattiin muokata. Flav Savr -tomaattien maku ei miellyttänyt kuluttajia ja niiden myynti jäi vähäiseksi.

Sen sijaan viljelyä helpottavat siirtogeeniset keksinnöt, kuten rikkakasvien torjunta-aineita sekä tuhohyönteisiä kestävät viljelykasvit, yleistyivät nopeasti. 2010-luvulla noin 80 % viljelyssä olevasta soijasta ja 32 % maissista on siirtogeenitekniikalla muokattuja lajikkeita. Loput viljelyssä olevat lajikkeet ovat tavanomaisen jalostuksen keinoin tuotettuja ja niissä hyödynnetään joko luonnosta löytyviä tai kemiallisesti tai säteilyttämällä tuotettuja mutaatioita. Muilla viljelykasveilla siirtogeenisten lajikkeiden käytön osuus on yleisesti pienempi kuin soijalla ja maissilla.



Tutkijat innostuivat onnistuessaan tuottamaan tuhohyönteisiä kestäviä viljelykasveja siirtogeenitekniikan avulla. Kuvituksissa maissikoisan toukka söi Bt-maissin (Bacillus thuringiensis, Bt-geeni) ja kuoli ruoansulatusongelmiin. Tutkijoista keksintö oli mullistava, mutta kuluttajat alkoivat epäillä, miten siirtogeenit vaikuttavat ruoan turvallisuuteen.

/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

Kasvinjalostajille siirtogeenitekniikan kehittyminen avasi runsaasti uusia mahdollisuuksia nopeuttaa jalostustyötä ja tehdä nk. täsmäjalostusta. Menetelmän kehittyminen ajoittui kuitenkin ajanjaksoon, jolloin havaintoja yksipuolisen kemiallis-teknologisen viljelyn aiheuttamista ympäristövaikutuksista oli jo tehty ja osa kuluttajista kantoi huolta ruoantuotannon liiasta kemikalisoitumisesta. Epäilys kohdistui myös siirtogeeniteknologian avulla tuotettujen viljelykasvien turvallisuuteen. Lisäksi siirtogeenisiä viljelykasveja kehittävien maatalousalan suuryritysten kasvottomuus ja voitontavoittelu aiheuttivat vastustusta.

Tällä hetkellä siirtogeenisiä lajikkeita viljellään eniten Pohjois- ja Etelä-Amerikassa. Euroopassa kansalaisten pelko siirtogeenitekniikalla tuotettujen kasvien turvallisuudesta, teknologiavastaisuus sekä epäluulot suuria maatalousyrityksiä kohtaan ovat estäneet menetelmällä tuotettujen lajikkeiden laajamittaisen viljelyn.

Nähtäväksi jää, miten eurooppalaiset kuluttajat hyväksyvät uusimmat kasvinjalostusmenetelmät, kuten genomieditoinnin, tulevaisuudessa. Genomieditoinnilla voidaan muuttaa yksittäisiä emäksiä kasvin DNA:ssa ja esimerkiksi ”sammuttaa” haitallisten geenien toimintaa. Tällä hetkellä genomieditointia pidetään erittäin lupaavana uutena kasvinjalostuksen menetelmänä.

2.2 Kotieläintuotannon kehityskulku

Omavaraisuudesta korkeaan tuotokseen navetassa

Ensimmäiset merkit kotieläinten pidosta Suomesta ovat luulöytöjä yli 3 000 vuoden takaa, mutta käsitys kotieläinten määrästä, käyttötarkoituksesta ja merkityksestä esihistorian aikana ei ole kovin selvä. Tieto tarkentuu kuitenkin edelleen, kun muun muassa DNA-analyysiä yhdistetään arkeologisten luulöytöjen tutkimiseen. Karjatalous voimistui elinkeinona 1800-luvun lopulla, jolloin rehujen peltoviljely alkoi yleistyä ja eri puolille Suomea syntyvät osuusmeijerit alkoivat valmistaa voita, josta tuli myös merkittävä vientituote Suomelle. Maitotilit olivat tärkeä tulonlähde maaseudulle, mikä edisti omalta osaltaan yhteiskunnan kehittymistä.

Sata vuotta sitten lehmät olivat pääosin maatiaisrotuista **suomenkarjaa**. Ne olivat pieniä, sitkeitä ja sopeutuneet Suomen ankariin olosuhteisiin. Ruokinta oli niukkaa ja maitotuotos nykymittapuun mukaan vaatimatonta. Lehmille kerättiin talviaikaista ruokintaa varten heinää luonnonniityiltä ja kuivatettiin kerppuja lehtipuiden oksista. Vielä 1960-luvulla paikallinen omavaraisuusaste oli korkea ja maalaiskylässä lähes joka talossa oli muutama lehmä, joiden tuottama maito myytiin tinkimaitona naapurustoon tai kuljetettiin tonkissa paikalliseen osuusmeijeriin. Myös koulujen pihapiireissä saattoi olla navetta. Lehmien lisäksi useilla tiloilla oli työhevosia, sikoja ja kanoja.

Suomenkarja säästyi sukupuutolta

Ayrshiren ja holsteinin nopea yleistyminen suomalaisissa karjoissa oli vähällä johtaa suomenkarjarotujen sukupuuttoon. Kolmesta suomenkarjanrodusta punaruskeaa **länsisuomenkarjaa** ja valkeaselkäistä punakylkistä **itäsuomenkarjaa eli kyyttöjä** on kumpiakin noin 1 500 ja valkoista **pohjoissuomenkarjaa eli lapinlehmiä** noin 800. Suomenkarjan lehmät ovat yleensä synnynnäisesti nupoja eli sarvettomia.

Suomenkarjan lehmillä on taloudellinen ja kulttuurihistoriallinen arvo, mutta myös arvokkaita perinnöllisiä ominaisuuksia, kuten maidon hyvä valkuais- ja rasvapitoisuus sekä maidon hyvä juustoutuvuus. Rodut ovatkin päässeet kansallisen geenivaraohjelman suojelukseen. Suomenkarjan maidosta ja lihasta kehitetyt herkulliset erikoistuotteet varmistavat osaltaan rotujen säilymisen, kun tuotteille on kysyntää ja eläinten pito on sen ansiosta taloudellisesti kannattavaa.

Ayrshire ja holstein ovat yleisimmät karjarodut Suomessa. Suomenkarjarotuja ovat länsisuomalainen, itäsuomalainen ja lapinlehmä.

/ Ayrshire / kuva / Anna-Maria Tyrisevä

/ Länsisuomenlehmä / kuva / Mervi Honkatukia / Luke

/ Lapinlehmä / kuva / Mervi Honkatukia

/ Kyytöt / kuva / Annu Palmio

Kartanoihin tuotiin jo 1800-luvun puolella punavalkokirjavia **ayrshirelehmiä** ja 1960-luvulla mustavalkoinen **holstein-friisiläinen** yleistyi. Uusien rotujen maitotuotos oli korkeampi kuin suomenkarjan, ja rehuntuotannon kehittyminen varmisti näille vaateliaimmille roduille riittävästi hyvälaatuista rehua myös talven aikana. Samaan aikaan lehmien jalostus nopeutui keinosiemennyksen yleistymisen myötä. Keinosiemennyksessä parhaiden sonnien sperma pakastetaan ja kuljetetaan maatiloille, joissa lehmät siemennetään jalostussuunnitelman mukaisesti sopivalla sonnilla. Systemaattinen lehmien maitomäärän mittaaminen aloitettiin yli sata vuotta sitten, ja nykyäänkin tuotosseuranta on lypsykarjan jalostuksen perusta. Kehityksen seurauksena lehmien maidontuotos on noussut 1900-luvun alun noin 2 000 kilosta lähes 10 000 kiloon maitoa lehmää kohti vuodessa.

Kotieläinten jalostuksessa tavoitellaan kestävyyttä

Jalostustyö painottui 1900-luvun alussa ulkomuotoon ja lehmän jalostuksellisen arvon ratkaisivat väri, sarvellisuus ja luuston sirous. Nämä **ulkonäköominaisuudet** eivät ole yhteydessä **tuotanto-ominaisuuksien** kanssa.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Näyttelyissä kotieläinten hyvä rakenne ja taitava esittäminen ovat tärkeitä arvioinnin kohteita.

Kun jalostuksen painopistettä siirrettiin maitotuotokseen, myös lehmien koko kasvoi. Yksipuolinen korkeaan maitotuotokseen pyrkiminen johti lehmien rakenteen, terveyden ja hedelmällisyyden heikkenemiseen, ja siksi tuotantoeläinten terveys otettiin mukaan lypsylehmien kokonaisarviointiin 1980-luvulla. Myös jalkojen ja utareiden rakenteeseen, lypsettävyyteen ja käytettävyyteen kiinnitettiin huomiota jalostusohjelmissa. Nykyään **tuotantoeläinten kestävyys** on tärkeä jalostustavoite. Lehmien osalta kestävyydellä tarkoitetaan terveyden ja hyvän rakenteen lisäksi pitkäikäisyyttä tuotannossa. Pitkäikäisyys vähentää lehmien uusimistarvetta eli sitä, kuinka paljon tarvitsee kasvattaa lehmävasikoita uusiksi maitoa tuottaviksi lehmiksi.

Sikojen ja siipikarjan jalostus on keskittynyt **rehunkäytön tehokkuuden** ja **ruhojen laadun parantamiseen**. Sianlihan silava eli rasvakerros on kutistunut murto-osaan aiemmasta ja siihen ovat vaikuttaneet sekä jalostusvalinta että riittävän aminohappojen saannin varmistaminen huolellisella ruokinnan optimoinnilla.

Kotieläintuotannon tehokkuustavoite on johtanut käytäntöihin, joiden eettisyyteen voi liittyä ongelmia. Jalostuksella on esimerkiksi nopeutettu lihasiipikarjan eli broilereiden ja kalkkunoiden kasvua ja lisätty niiden lihakkuutta, jolloin ne kasvavat nopeasti teuraskypsiksi. Pitempään elävien siitokseen käytettävien lintujen nopea kasvu ja iso koko voivat kuitenkin johtaa jalkaongelmiin. Vaikka kasvisruoan suosio kasvaa nopeasti, lisääntyy siipikarjanlihan kulutus myös nopeasti. Koska kotieläintuotteita kulutetaan tulevaisuudessakin, on kestävyystavoitteita ja tuotannon eettisyyttä edistettävä entistä tehokkaammin.

Innovaatioita rehuntuotannossa

Kotieläintuotannon nopeaan murrokseen on eläinaineksen jalostamisen lisäksi vaikuttanut ratkaisevasti **rehuntuotannon ja ruokinnan kehittyminen**. 1900-luvun alkupuolen merkittävin rehuinnovaatio oli A. I. Virtasen kehittämä nurmirehun säilöntämenetelmä, jonka avulla lehmiä pystyttiin ruokkimaan koko talvikauden ajan ravitsemukselliselta ja säilönnälliseltä laadultaan hyvällä nurmirehulla. Rehua alettiin kutsua keksijänsä mukaan AIV-rehuksi, mutta yleisnimeltään se on ”säilörehu”.

Säilöntämenetelmässä tuore nurmisato korjataan pellolta ja siihen lisätään säilöntähappoa. Rehumassa säilötään ilmatiiviisti siiloon, aumaan tai paaliin. Lisätyn hapon ja hapettomissa oloissa muodostuvan maitohapon avulla rehu säilyy talven yli ravintorikkaana, ja niinpä säilörehu on korvannut kuivan heinän käytön lehmien ruokinnassa.

Ajosilppurilla nurmen korjuu sujuu nopeasti. Rehukuorma kuljetetaan siiloon, josta varastoitua säilörehua syötetään naudoille.

/ kuva / Marketta Rinne / Luke

Rehuhyötysuhteella tarkoitetaan sitä, kuinka suuren osan rehun sisältämästä energiasta tai valkuaisaineista eläin pystyy hyödyntämään kasvuun ja tuotantoon. Hyödyntämättä jäävä osa poistuu eläimestä sonnan, virtsan ja lämmöntuotannon mukana.

Samalla viljelyyn on otettu runsassatoisempia nurmikasvilajikkeita, lannoitusta on lisätty, rehu korjataan kaksi tai kolme kertaa kesän aikana, ja korjuukoneiden kehitys on tehostanut sadonkorjuuta. Virtasen periaatteiden mukaan valmistetusta säilörehusta on tullut lehmien tärkein rehu, jota täydennetään viljalla, valkuaisrehuilla, erilaisilla sivutuotteilla, kivennäis- ja hivenaineilla sekä vitamiineilla.

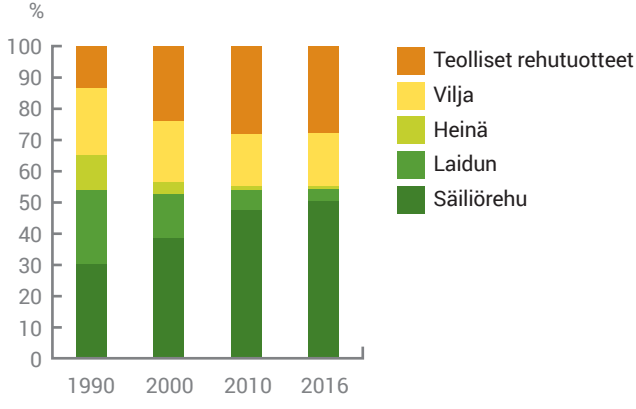
Yksi merkittävä kehityskulku kotimaisen valkuaisrehun tuotannossa on liittynyt rypsin jalostukseen sekä siitä valmistetun, runsaasti valkuaista sisältävän rypsirouheen käyttöön lehmien ruokinnassa. 1970-luvun alussa onnistuttiin jalostamaan Suomen lyhyeen kasvukauteen soveltuvia niin kutsuttuja 00-rypsilajikkeita, joiden erukahappo- ja glukosinolaattipitoisuudet olivat pieniä. Aiemmin erukahappo oli rajoittanut öljyn käyttöä ihmisravinnoksi ja glukosinolaatit rouheen rehukäyttöä. Rypsi- ja rapsirouhe on suomalaisissa tutkimuksissa lypsättänyt lehmiä vähintään yhtä hyvin kuin soijapohjaiset rehut, ja soijaa syötetäänkin hyvin vähän lehmille Suomessa.

Geenitekniikan sanastoa

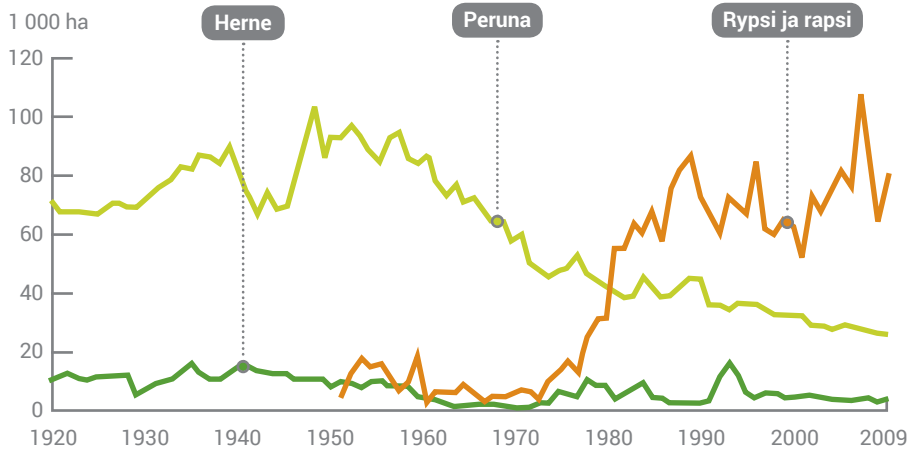
Geenikartta kuvaa tunnettujen DNA-fragmenttien sijainnin genomissa. Näitä tunnettuja ja nimettyjä "paikkoja" voivat olla geenit ja geenimerkit. Geenikartta kertoo, missä joku geeni tai geenin toimintaa säätelevä osa sijaitsee eli missä kromosomissa ja karttakohdassa laskettuna emäksinä kromosomin alusta.

Geenimerkeillä tarkoitetaan sellaisia tunnistimia, joilla voidaan "leimata" genomissa jossain kohdassa esiintyvä emässekvenssi eli -jakso. Yleisimmin käytettyjä geenimerkkejä ovat SNP-merkit (single nucleotide polymorfisms), jotka tunnistavat yksittäisen emäksen mutaation määrätyssä kohdassa geenikarttaa.

A. I. (Artturi Ilmari) Virtanen (1895–1973) työskenteli Valion laboratoriossa ja muun muassa Suomen Akatemian ensimmäisenä esimiehenä. Virtasen ymmärrys biokemiasta edisti merkittävästi Suomen kansanravitsemusta. Hänen uraansa mahtuivat muun muassa struuman parantaminen suolan jodioimisella, voisuolan kehitys voin säilyvyyden parantamiseksi ja ulkomaankaupan edistämiseksi, palkokasvien typensidonta ja lehmien ruokkiminen ilman aminohappoja pötsin mikrobivalkuaissynteesin merkityksen todistamiseksi. Hänen innovaationsa nurmen säilönnästä hapottamalla ovat myös mullistaneet maataloutta, ja vieläkin säilörehua kuulee kutsuttavan ”virtaseksi” tai AIV-rehuksi. Virtanen myös palkittiin Nobelin kemian palkinnolla vuonna 1945 näistä ansioista.



Mitä kuva kertoo lypsylehmien ruokinnan muutoksista viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana? Entä rypsin viljelystä Suomessa? Lähteet: Proagria ja Maataloustilastot.



Biotekniikka tehokäytössä kotieläinten jalostuksessa

Ensimmäinen läpimurto tapahtui 1950-luvulla, kun sonniosuuskuntien ylläpitämistä astutussonneista siirryttiin keinosiemennyksen aikaan. Parhaimmat sonnit pystyttiin valitsemaan jatkamaan sukua ja jalostusvalinta tehostui. Alkionsiirtoa käyttäen pystytään lisäämään myös hyvien lehmien jälkeläisten saantia. Menetelmässä siirretään hyvien lehmien jälkeläisten hedelmöitettyjä munasoluja vähempituottoisille lehmille. Nykyään käytössä olevat sukupuolilajitellun sperman käyttö keinosiemennyksessä sekä sukupuolilajitellut alkiot mahdollistavat vasikan sukupuolen valinnan tarpeen mukaan.

Genominen valinta on mullistanut kotieläinjalostuksen 2000-luvulla. Eläimestä otetusta kudosnäytteestä voidaan analysoida tuhansia tai jopa satojatuhansia geenimerkkejä. Kehittyneillä laskentamenetelmillä voidaan laskea geenimerkkien ja tärkeiden ominaisuuksien kuten maitotuotoksen ja rakenneominaisuuksien yhteydet. Vasikan perinnöllinen maidontuotantokyky tai terveys voidaan geenimerkkien avulla ennustaa ennen kuin se on kasvanut lypsäväksi lehmäksi.

Geeniteknologiat kehittyvät edelleen ja tulevaisuudessa on mahdollista parantaa jalostuseläimen perimää niin halutessamme geenien editoinnin avulla. Toisaalta vaikka yksittäisten geenien editointi osataan, on koko eläimen kaikkien perinnöllisten ominaisuuksien parantaminen vaikeaa. Geenimerkkien käyttö on nykypäivää kotieläinten jalostuksessa, sen sijaan geenieditointiin voi liittyä eettisiä tekijöitä, jotka tulee selvittää ennen menetelmän käyttöä. Esimerkiksi luomutuotannossa alkionsiirtojakaan ei hyväksytä.

Keinosiemennys oli kotieläinbiotekniikan ensimmäinen läpimurto. Parhaiden sonnien spermaa säilytetään nestetypessä –196 asteessa ja voidaan käyttää lehmien siemennykseen eri puolilla maailmaa.

/ kuva / Sakari Alasuutari

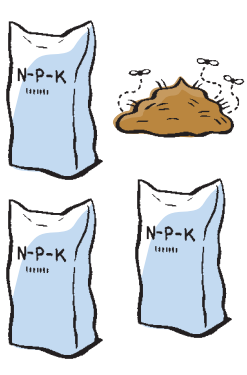
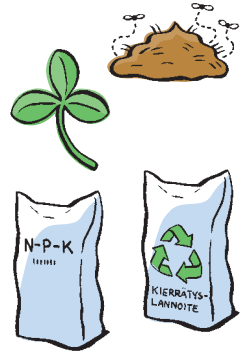
2.3 Vaihtoehtoisten tuotantotapojen etsiminen alkaa

Erilaiset tavat tuottaa ruokaa

Ruokaa voidaan tuottaa erilaisilla tuotantotavoilla, joista merkittävimmät ovat **tavanomainen tuotanto**, **luonnonmukainen tuotanto eli luomutuotanto** ja **integroitu tuotanto**. Tuotantotavat eroavat toisistaan siinä, minkälaisia tuotantopanoksia niissä käytetään. Ostettavia tuotantopanoksia ovat esimerkiksi lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet, joita viljelijä ostaa ja käyttää viljelyyn. Tuotantopanosten hankinnasta aiheutuvat kustannukset katetaan tuotteista ja viljelystä saatavilla tuloilla. Eri tuotantotavat poikkeavat toisistaan erityisesti lannoituksen ja kasvinsuojelun osalta.

Tavanomaista tuotantoa voidaan kutsua **kemiallis-teknologiseksi** tuotannoksi, sillä siinä hyödynnetään teknologian lisäksi kemianteollisuuden tuotteita kuten synteettisiä väkilannoitteita ja kasvinsuojeluaineita. Luonnonmukainen tuotanto on puolestaan **teknologis-biologista** tuotantoa, jossa pyritään hyödyntämään luontaisia resursseja teknologiaa hyödyntämällä ja jossa synteettiset väkilannoitteet ja torjunta-aineet eivät ole sallittuja. Integroitu tuotanto on välimuoto, jossa pyritään yhdistämään parhaalla mahdollisella tavalla luontaisten tuotantoresurssien hyödyntäminen ja ulkoisten, teollisten tuotantopanosten käyttö.

Tavanomaisessa tuotannossa viljelykasvien tarvitsemat ravinteet lisätään peltoon etupäässä väkilannoitteina, mutta myös karjanlannan ravinteita hyödynnetään. Luomutuotannossa väkilannoitteita ei käytetä, vaan ravinteet saadaan orgaanisista eli eloperäisistä lannoitteista. Typpeä varten viljellään viherkesantoja, joissa kasvaa apilaa sitomassa ilmakehän typpeä. Viherkesannosta ei korjata satoa, vaan vihermassa kynnetään maahan, jossa viherkesantokasvin keräämät typpiyhdisteet vapautuvat seuraavalle viljelykasville käyttökelpoiseen muotoon. Muita käytössä olevia orgaanisia lannoitusmahdollisuuksia ovat kotieläinten lannan, lihaluujauhon, biokaasulaitosten mädätysjätteiden sekä kaupallisten kierrätyslannoitteiden käyttö ravinnelähteinä. Integroidussa tuotannossa yhdistellään parhaalla mahdollisella tavalla tavanomaisen ja luomutuotannon lannoitevalikoimia.

Tavanomainen tuotanto	Luomu-tuotanto	Kestävä tehostaminen
		

TUOTANTOTAPA VALITAAN USEIN TALOUDELLISIN PERUSTEIN

Taloudelliset, ideologiset ja maatilan perinteisiin liittyvät tekijät vaikuttavat siihen, minkä tuotantotavan viljelijä valitsee tilalleen. Yhdessä äärivaihtoehdossa viljelijä joko erikoistuu yhteen viljelykasviin, esimerkiksi perunanviljelyyn, tai jopa yhteen tuotantovaiheeseen, kuten lihasikojen tuotantoon. Tämä tuotantomuoto toteutetaan

Monipuolisella viljelykierrolla tai lajivalikoimalla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon eri kasvilajeja tilalla tai peltolohkolla viljellään ja miten ne vuorottelevat eri vuosina. Yksipuolisessa viljanviljelyssä samalla peltolohkolla vuorottelevat eri viljalajit ja monokulttuurissa samaa kasvilajia viljellään vuodesta toiseen.

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi
Monipuolinen viljelykierto	vehnä	herne	rypsi	nurmi
Yksipuolinen viljanviljely	vehnä	ohra	vehnä	ohra
Monokulttuuri	vehnä	vehnä	vehnä	vehnä

Yhden kasvilajin viljely samalla peltolohkolla vuodesta toiseen lisää kasvitautien ja -tuholaisten aiheuttamia ongelmia. Esimerkiksi perunaa tai öljykasveja ei suositella viljeltäväksi samalla lohkolla vuodesta toiseen. Perunaviljelyyn erikoistuneet tilat joutuvat kuitenkin usein taloudellisen kannattavuuden takia viljelemään mahdollisimman suurella peltoalalla perunaa, sillä perunanviljelyyn soveltuvia peltomaita voi olla rajallisesti. Tilat ovat hankkineet istutusta, sadonkorjuuta ja sadon varastointia varten kalliita koneita ja tuotantorakennuksia ja peltoalan käyttö muille viljelykasveille voi olla taloudellisesti kannattamatonta.

yleensä hankkimalla melko paljon ulkoisia **tuotantopanoksia** kuten lannoitteita, kasvinsuojeluaineita ja kasvatettavaa eläinainesta ja myös ulkoisia **tuotantopalveluja** esimerkiksi koneurakoinnin tai kuljetusten muodossa. Toinen äärivaihtoehto on omavaraisuutta maksimoiva tuotanto. Nämä maatilat ovat yleensä kotieläintuotannon ja kasvinviljelyn yhdistelmätiloja, joissa ravinteet pyritään mahdollisimman tarkkaan kierrättämään omalla tilalla ja kasvinsuojeluaineiden käytön tarvetta vähennetään esimerkiksi monipuolisen viljelykierron ja kasvilajivalinnan avulla. Eri tuotantotapojen intensiiviseen kehittämiseen ja arvostukseen eri aikakausina vaikuttavat monet tekijät, joita historia voi auttaa ymmärtämään.

/ kuva / Sakari Alasuutari

KEMIALLIS-TEKNOLOGINEN VILJELY ON VAPAUTTANUT TYÖVOIMAA MAATALOUDESTA JA AUTTANUT NÄLÄNTORJUNNASSA

Ihmiskunnan tie maanviljelyksen alkamisesta kaskiviljelyyn, vihreään vallankumoukseen ja tämän päivän ruoantuotantoon on sisältänyt monta merkittävää keksintöä, jotka ovat mahdollistaneet ruokaturvan toteutumisen ja elintason kohoamisen länsimaissa. Jo maanviljelyn alkamisella on ollut merkittävä vaikutus ihmiskunnan historiassa. Ennen sitä vähälukuinen väestö käytti valtaosan valveillaoloajastaan ruoan keräämiseen sekä siirtymiseen paikasta toiseen ruoan perässä. Sattumien kautta kehittyivät myös nykyisten viljelykasvien kantamuodot.

Kemiallis-teknologinen viljely ratkaisi ainakin osittain aikakautensa merkittävän ongelman ja esti nälänhätää monissa maissa. Vuosikymmenien myötä lisääntyi ymmärrys yksipuolisen intensiivisen viljelyn aiheuttamista haittavaikutuksista. Maatalouskemikaalit olivat mahdollistaneet monipuolisesta viljelykierrosta luopumisen, sillä yksi-

Navetoissa ja sikaloissa syntyvä lietelanta on kierrätyslannoite, jossa ravinteet ovat suuressa nestetilavuudessa ja ravinnepitoisuus usein laimea. Lietelanta levitetään sijoittamalla se maahan, jotta typpipitoisia yhdisteitä ei menetetä haihtumisen takia. Lietevaunut ovat erittäin raskaita ja voivat tiivistää maan rakennetta, mikäli levitys tehdään maan ollessa liian märkää. Lannan ravinteet pitää tulevaisuudessa ottaa talteen esimerkiksi jakeistamalla tai muuten lantaa käsittelemällä, jotta levitettävän materiaalin ravinnepitoisuus on suurempi kuin raakalannan.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Väkilannoiterakeissa ravinteet ovat kasville käyttökelpoisessa muodossa ja ravinteiden määrä tiedetään tarkkaan. Rakeet helpottavat kasvinravinteiden levittämistä pellolle ja lisäävät lannoituksen tarkkuutta.

puolisen viljelyn aiheuttamaa lisääntynyttä kasvitautien ja -tuholaisten esiintymistä voitiin säädellä kemiallisilla torjunta-aineilla. Myös ravinteiden käytössä keskityttiin suureen sadon määrään, mikä johti ylimääräisten ravinteiden päätymiseen ympäristöön.

Haitallisia **ympäristövaikutuksia** on pitkään pyritty ehkäisemään esimerkiksi **maatalouspoliittisin** toimenpitein asettamalla ravinteiden käytön määrälle ja ajankohdalle ympäristönäkökulmat huomioivia rajoituksia. Erityisesti 2000-luvulla fossiilisen energian kalleus ja sitä kautta teollisten lannoitteiden korkea hinta sekä poliittinen ohjaus ovat vähentäneet ravinteiden käyttöä viljelyssä. Ravinteiden käytön korkea hyötysuhde on kaikkien kannalta tärkeää: ympäristökuormituksen riski pienenee ja viljelyn kan-

Väkilannoitteilla tarkoitetaan teollisesti valmistettuja mineraali- eli kivennäislannoitteita, joissa ravinteet ovat kasveille helposti käyttökelpoisessa muodossa.

nattavuus paranee, kun tuotantopanokset käytetään tehokkaasti. Samaan aikaan ympäristöpoliittisen ohjauksen avulla viljelijät on velvoitettu lannoitteiden käytön vähentämiseen nimenomaan ympäristöhaittojen torjunnan perusteella.

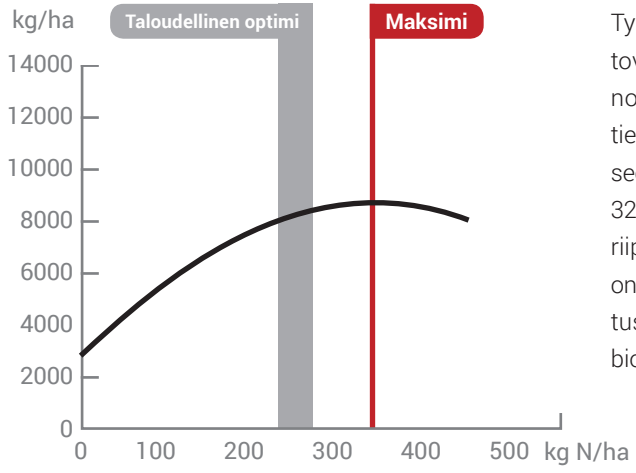
Tavanomainen tuotanto on vallitseva tuotantomuoto

Valtaosa eli noin 90 % suomalaisesta ruoasta tuotetaan tavanomaisen tuotannon menetelmin, jotka perustuvat vihreän vallankumouksen kemiallis-teknologisiin läpimurtoihin. Tavanomaisessa tuotannossa tuotantopanosten käytöllä pyritään **optimoimaan viljelykasvin kasvuolot** tarjoamalla kasvin tarpeita vastaava määrä ravinteita, ajoittamalla ravinteiden saatavuus sadon muodostumisen kannalta optimaaliseksi ja torjumalla satoa uhkaavat kasvitaudit ja -tuholaiset. Tavoitteena on mahdollisimman suuri ja hyvälaatuinen sato kulloinkin tuotantoon käytetyillä panoksilla.

Tavanomaisessa viljelyssä lannoituksessa käytetään pääasiassa teollisesti valmistettuja väkilannoitteita, joiden ravinteet ovat kasveille nopeasti käyttökelpoisessa muodossa. Viljeltävä kasvilaji, sadon määrä sekä peltomaan ravinnepitoisuus määrittävät käytettävien lannoitteiden määrän ja lannoitevalmisteen. Suuren sadon mukana poistuu pellolta runsaasti ravinteita, ja lannoituksen yhtenä tavoitteena onkin **ylläpitää viljelymaan kasvukuntoa** palauttamalla sinne sadon mukana poistuneita ravinteita.

Viljelykasvien lannoitussuositukset perustuvat vuosikymmenien aikana tehtyihin **peltokokeisiin**, joissa on selvitetty viljelykasvien satovasteita eri lannoitusmäärillä. Tärkein kasvien kasvua rajoittava pääravinne on typpi (N),

Korjattaessa 4 000 kg:n vehnäsato poistuu sadon mukana typpeä 84 kg ja fosforia 16 kg. Ravinteita poistuu sitä enemmän, mitä suurempi sato on.



Typpilannoituksen lisäämisen satovaste nurmisäilörehun tuotannossa. Sadon määrä lisääntyy tiettyyn typpilannoituksen lisäykseen saakka, tässä kokeessa noin 325 kg N/ha. Taloudellinen optimi riippuu lannoitteiden hinnasta ja on yleensä alhaisemmalla lannoitustasolla (harmaa ikkuna) kuin biologinen optimi.

joka lisää satoa kasvilajille ominaiseen rajaan saakka. Tämän typpilannoitustason ylittymisen jälkeen sato ei enää suurene. Väkilannoitteet ovat viljelijälle kustannuserä ja viljelyssä pyritään biologisen optimin sijasta taloudelliseen optimiin, joka tarkoittaa yleensä pienempää lannoitteiden käyttömäärää kuin millä saavutettaisiin suurin mahdollinen sato. Väkilannoitteiden hinta vaikuttaa taloudelliseen optimiin.

KASVINSUOJELUAINEIDEN KÄYTÖSSÄ VAADITAAN HYVIÄ VILJELYKÄYTÄNTEITÄ

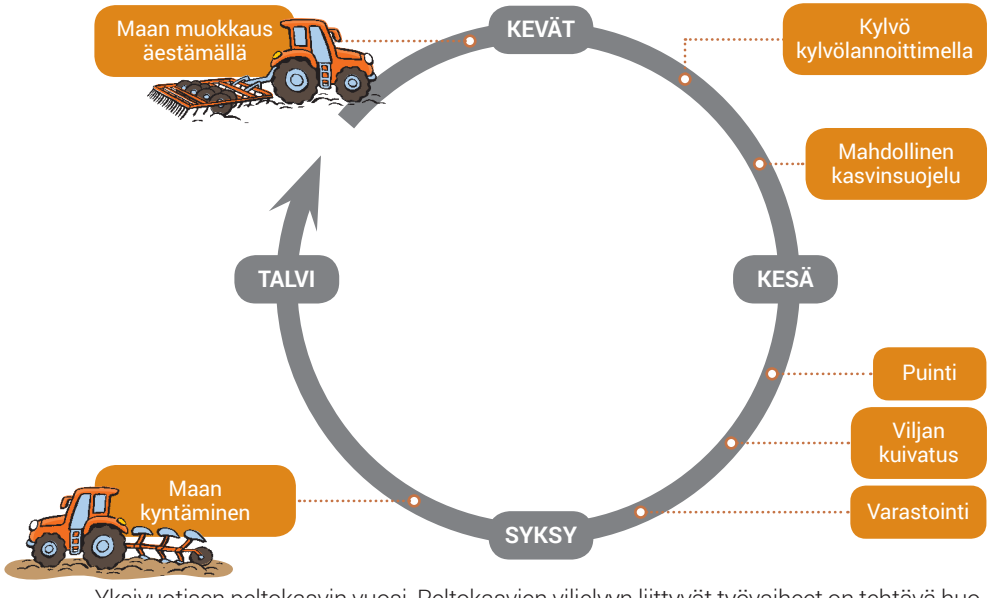
Tavanomaisessa tuotannossa käytetään tarpeen mukaan **kasvinsuojeluaineita** torjumaan rikkakasveja sekä kasvitauteja ja -tuholaisia. Kasvinsuojeluaineet kuten lannoitteetkin ovat viljelijälle kustannuserä eikä niiden rutiininomainen käyttö ole taloudellista. Kasvinsuojeluaineiden käytölle on asetettu myös tiukat rajoitukset. Esimerkiksi Suomessa viljojen kasvua ei saa syksyllä lopettaa rikkakasvien torjunta-aineella, mutta Suomeen saa tuoda ulkomailta leipäviljaa, joka on käsitelty siten.

Kasvinsuojeluaineiden käytössä on huomioitava **hyvät viljelykäytänteet**, joiden toteutumisessa viljelijöiden koulutuksen merkitys on suuri. Kasvinsuojelun hyviin viljelykäytänteisiin kuuluvat muun muassa kasvinsuojelun kokonaisvaltainen ennakoiva suunnittelu viljelyteknisiä ja viljelyhygieenisiä keinoja hyödyntäen (esimerkiksi kasvualustojen huolellinen valmistelu, siemenaineiston puhtauden varmista-

minen) ja tarvittaessa kemiallisen torjunnan tarpeenmukaisuuden määritys sekä toteuttaminen siten, ettei tehoaineille kestäviä rikkakasveja, tuholaisia tai taudinaiheuttajia pääsisi muodostumaan. Hyvät viljelykäytänteet ovat yleistyneet samalla tavalla kuin muukin ymmärrys maataloustuotannon ympäristövaikutuksista. Pelloillamme esiintyy muutamalle yleisesti käytetylle torjunta-aineelle kestäviä rikkakasveja ja kasvitauteja. Näillä peltolohkoilla kyseisen torjunta-aineen käyttö on ollut toistuvaa ja takia riski kestävien rikkakasvien muodostumiselle on suuri.

AMMATTITAIDOLLA SUUREMPIA SATOJA

Oikein ajoitettujen ja toteutettujen viljelytoimenpiteiden vaikutus sadon määrään on suuri. Vuosittain Suomessa järjestetään erilaisia kilpailuja, joissa tavoitellaan korkeinta mahdollista satoa. Kilpailun päätteeksi lasketaan myös tuotannon taloudellinen kannattavuus. Korkein Suomessa mitattu rapsisato vuonna 2016 oli 4 777 kg/ha, kun keskisato tavanomaisessa tuotannossa oli 1 530 kg/ha ja luomutuotannossa 750 kg/ha. Vertailun vuoksi



Yksivuotisen peltokasvin vuosi. Peltokasvien viljelyyn liittyvät työvaiheet on tehtävä huolella ja ajoitettava oikein, jotta suuri sato olisi mahdollinen.

Viljelykasvi	Tavanomainen tuotanto, sato kg/ha	Luomutuotanto, sato kg/ha
ohra	3 500	2 100
kevätvehnä	3 900	2 000
kaura	3 400	2 000
rapsi	1 800	730
peruna	25 000	10 000
sokerijuurikas	35 000	ei viljellä luomussa
härkäpapu	2 400	2 000
säilörehu	15 000	11 000

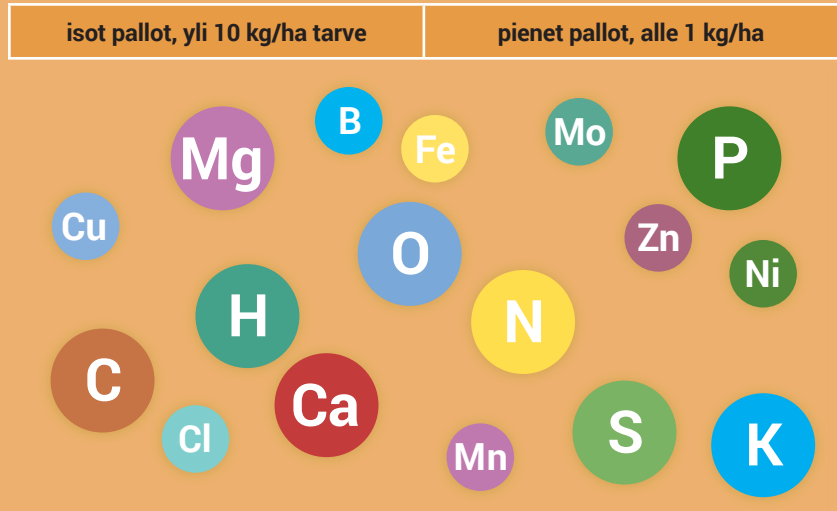
Eri viljelykasvien keskimääräinen sadon suuruus tavanomaisessa viljelyssä ja luomutuotannossa. Lähde: Luke 2016, Maataloustilastot.

Isossa-Britanniassa ja Saksassa rapsin keskisato on noin 3 500 kg/ha. Sadon määrää tärkeämpi tekijä viljelijälle on tuotannon kannattavuus. Mikäli viljelyyn käytettyjen panosten hinta on korkeampi kuin sadosta saatava **myyntitulo** sekä siitä maksettava **maataloustuki**, ei korkean sadon tavoittelu ole taloudellisesti järkevää. Luomutuotannon alhaisempaa satoa kompensoidaan korkeammalla maataloustuella, joka mahdollistaa viljelijöiden erikoistumisen myös luomutuotantoon.

Ravinteiden saatavuuteen vaikuttaa **peltolohkon maalaji** ja sen **ravinnepitoisuus** sekä lannoitteissa lisättyjen **ravinteiden määrä ja kemiallinen muoto**. Peltomaan sisältämien ravinteiden määrä selvitetään viljavuusanalyysillä 3–5 vuoden välein. Eri kasvilajien ravinteiden kokonaistarve ja oton tehokkuus vaihtelevat. Siksi lannoitussuositukset on laadittu erikseen eri maalajeille ja maan multavuus- ja viljavuusluokille sekä eri viljelykasveille. Suosituksissa huomioidaan myös s**atotavoite**, sillä pyrittäessä korkeampaan satoon lisääntyy myös ravinteiden tarve. **Lannoitustarve** liittyy myös viljeltävien lajikkeiden ominaisuuksiin. Lannoituksen avulla voidaan säädellä tuotteen laatua, mikä tulee esille esimerkiksi mallasohran valkuaispitoisuudessa, joka ei saa nousta liian korkeaksi, ettei mallastusprosessi vaarannu.

Kasvinravinteet, ravinteiden saatavuus ja ravinnetaseet

Kasvit tarvitsevat kasvuunsa ravinteita, joista kasvulle välttämättömiä on yhteensä 17 kpl. Näistä yhdeksän on niin kutsuttuja **makroravinteita**, joita kasvi tarvitsee yleensä yli 10 kg/ha. Makroravinteita ovat hiili, vety, happi, typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium ja rikki. Vaikka kasvintuotannossa päähuomio kiinnittyy makroravinteisiin, on kaikilla **mikroravinteilla** erityiset tehtävänsä kasvien kasvussa ja kehityksessä. Mikroravinteiden tarve on alle 1 kg/ha, ja niitä ovat kupari, sinkki, rauta, mangaani, boori, kloori, molybdeeni ja nikkeli.



Ravinteiden käytön tehokkuutta ja lannoituksen onnistumista tai ravinteiden huuhtoutumisriskiä voidaan arvioida peltotaseen avulla. Laskennassa huomioidaan sadon mukana poistuvien ravinteiden, yleensä typen ja fosforin, määrän suhde lannoituksessa lisättyihin ravinteiden määrään. Viljelyn onnistuessa eli sadon määrän ollessa suuri, **peltotase** voi olla negatiivinen monien ravinteiden osalta eli kasvi on ottanut enemmän ravinteita kuin lannoituksessa on peltoon laitettu. Tällöin viljelyssä hyödynnetään maassa olevia ravinnevaroja. Mikäli negatiivinen ravinnetase jatkuu pitkään,

Peltotase kertoo viljelyn onnistumisesta ja ravinteiden käytön tehokkuudesta.

voi maa köyhtyä ja menettää tuotantokykyään. Mikäli sato epäonnistuu kuivuuden, liiallisen kosteuden tai esimerkiksi kasvinsuojelun epäonnistumisen takia, voi peltotase jäädä positiiviseksi.

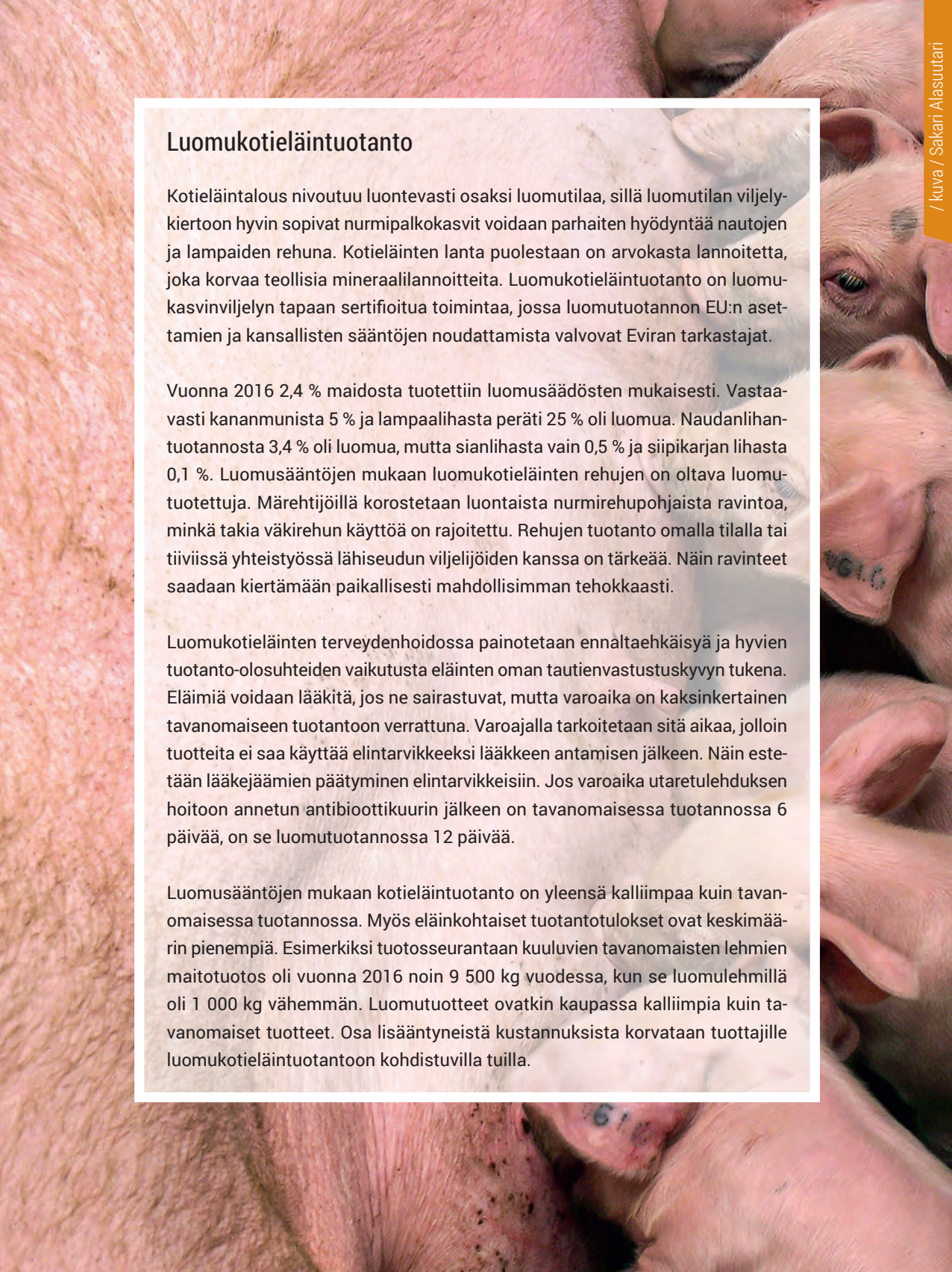
Peltotase voi olla positiivinen tuotantotavasta riippumatta. Tavanomaisessa viljelyssä liian korkea teollisten lannoitteiden käyttö tai luomutuotannossa runsas viherlannoitus ja/tai orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö voivat johtaa positiiviseen peltotaseeseen.

Luomutuotannossa hyödynnetään ekosysteemipalveluja

Noin 10 % suomalaisista maatiloista tuottaa ruokaa luomutuotannon menetelmin, mutta kiinnostus sitä kohtaan on lisääntynyt jatkuvasti. Luomutuotanto on tarkkaan säädeltyä ja valvottua. Sen tavoitteena on tuottaa maataloustuotteita menetelmin, jotka maksimoivat ekosysteemipalvelujen käytön. **Ekosysteemipalveluja** ovat luonnon ja toimintaympäristön resursseja **ylläpitävät palvelut**, kuten jatkuvasti muuttuva maaperäresurssi, ravinnevaranto tai fotosynteesi ja **säätelevät palvelut** eli esimerkiksi ravinteiden pidättymisen ja huuhtoutumisen säätely, veden ja ilman puhdistus sekä mikroilmaston säätely. Luomutuotannossa hyödynnetään näitä luonnon omia prosesseja eikä kemiallisten torjunta-aineiden tai teollisten lannoitteiden käyttö ole sallittua.

Viljelykierto ja eri viljelykasvien vuorotus samalla peltolohkolla peräkkäisinä vuosina suunnitellaan huolella. Viljelykiertoon kuuluu olennaisena osana yleensä kaksivuotinen viherkesanto, jossa kasvaa heinien ja apiloiden seos. Kasvustossa apila sitoo ilmakehän typpeä, joka on tämän jälkeen muiden kasvien hyödynnettävissä. Viherkesannolla on tärkeä merkitys myös rikkakasvien kasvun hillitsemisessä, sillä heinä-apilakasvusto kilpailee rikkakasvien kanssa ja hidastaa niiden li-

Viherkesannossa kasvaa heinien ja apiloiden seos. Kasvusto murskataan kesän aikana kaksi kertaa, ja hajoavasta kasvimassasta vapautuu ravinteita maahan.



/ kuva / Sakari Alasuutari

Luomukotieläintuotanto

Kotieläintalous nivoutuu luontevasti osaksi luomutilaa, sillä luomutilan viljelykiertoon hyvin sopivat nurmipalkokasvit voidaan parhaiten hyödyntää nautojen ja lampaiden rehuna. Kotieläinten lanta puolestaan on arvokasta lannoitetta, joka korvaa teollisia mineraalilannoitteita. Luomukotieläintuotanto on luomukasvinviljelyn tapaan sertifioitua toimintaa, jossa luomutuotannon EU:n asettamien ja kansallisten sääntöjen noudattamista valvovat Eviran tarkastajat.

Vuonna 2016 2,4 % maidosta tuotettiin luomusäädösten mukaisesti. Vastaavasti kananmunista 5 % ja lampaalihasta peräti 25 % oli luomua. Naudanlihantuotannosta 3,4 % oli luomua, mutta sianlihasta vain 0,5 % ja siipikarjan lihasta 0,1 %. Luomusääntöjen mukaan luomukotieläinten rehujen on oltava luomutuotettuja. Märehtijöillä korostetaan luontaista nurmirehupohjaista ravintoa, minkä takia väkirehun käyttöä on rajoitettu. Rehujen tuotanto omalla tilalla tai tiiviissä yhteistyössä lähiseudun viljelijöiden kanssa on tärkeää. Näin ravinteet saadaan kiertämään paikallisesti mahdollisimman tehokkaasti.

Luomukotieläinten terveydenhoidossa painotetaan ennaltaehkäisyä ja hyvien tuotanto-olosuhteiden vaikutusta eläinten oman tautienvastustuskyvyn tukena. Eläimiä voidaan lääkitä, jos ne sairastuvat, mutta varoaika on kaksinkertainen tavanomaiseen tuotantoon verrattuna. Varoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jolloin tuotteita ei saa käyttää elintarvikkeeksi lääkkeen antamisen jälkeen. Näin estetään lääkejäämien päätyminen elintarvikkeisiin. Jos varoaika utaretulehduksen hoitoon annetun antibioottikuurin jälkeen on tavanomaisessa tuotannossa 6 päivää, on se luomutuotannossa 12 päivää.

Luomusääntöjen mukaan kotieläintuotanto on yleensä kalliimpaa kuin tavanomaisessa tuotannossa. Myös eläinkohtaiset tuotantotulokset ovat keskimäärin pienempiä. Esimerkiksi tuotosseurantaan kuuluvien tavanomaisten lehmien maitotuotos oli vuonna 2016 noin 9 500 kg vuodessa, kun se luomulehmillä oli 1 000 kg vähemmän. Luomutuotteet ovatkin kaupassa kalliimpia kuin tavanomaiset tuotteet. Osa lisääntyneistä kustannuksista korvataan tuottajille luomukotieläintuotantoon kohdistuvilla tuilla.

sääntymistä kasvustossa. Viherkesannon jälkeen maan typpivarannot ovat korkeimmillaan ja siksi viljelykierron seuraavaksi viljelykasviksi valitaan esimerkiksi vehnä, jonka typentarve on korkea. Luomukierrossa on usein mukana myös yksivuotisia typensitojakasveja kuten härkäpapua ja hernettä, jotka soveltuvat hyvin niin ihmisten kuin luomukotieläinten ravinnoksi.

KASVIRAVINTEET ORGAANISISTA LANNOITTEISTA

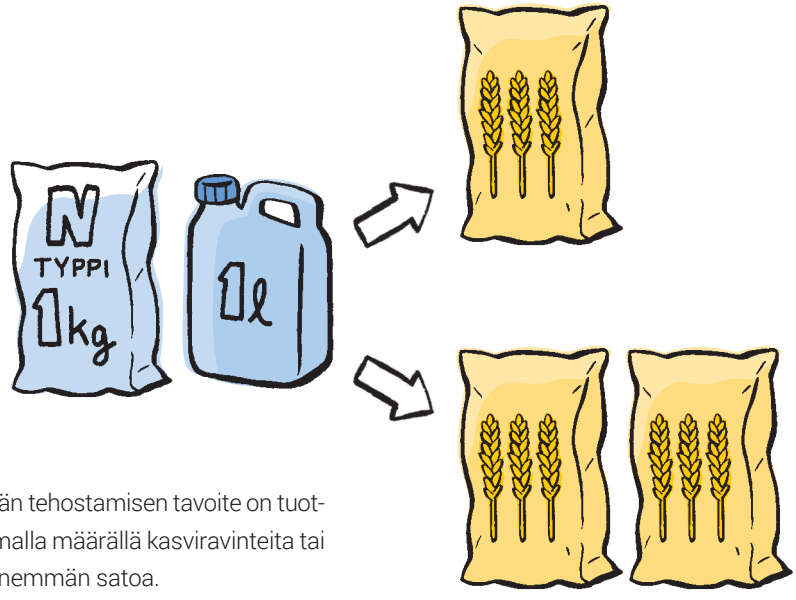
Luomussa saa käyttää **orgaanisia lannoitteita** kuten karjanlantaa, lihaluujauhoa, erityisiä kierrätyslannoitteita tai biokaasulaitosten sivutuotteena syntynyttä ravinnerikasta jäännöstä. Orgaanisten lannoitteiden haasteena on niiden ravinnejakauma ja alhainen typen ja fosforin suhde, joka ei ole kasvin kasvun kannalta optimaalinen. Lisäksi orgaanisten lannoitteiden sisältämät ravinteet ovat sitoutuneet orgaanisiin yhdisteisiin, joiden vapautuminen kasveille käyttökelpoiseen muotoon vaatii massan mikrobiologista hajoamista maassa eli ravinteet eivät ole heti kasvin hyödynnettävissä.

Typen puute hidastaakin yleisesti kasvua ja pienentää satoja luomussa. Jotta luomutuotanto olisi viljelijöille kilpailukykyinen ja taloudellisesti kannattava vaihtoehto, on sille maksettava maataloustuki korkeampaa kuin tavanomaiselle viljelylle. Myös luomutuotteiden hinta on korkeampi. Alkuvuosina luomutilojen koko oli verrattain pieni, mutta nykyään ammattimaiset luomutilat ovat yhtä suuria kuin suomalaiset tilat keskimäärin.

Integroitu tuotanto ja kestävä tehostaminen tulevaisuudessa tärkeimpiä tuotantomuotoja?

Kestävän tehostamisen ajatusmalli yleistyi 2000-luvun lopulla korjausliikkeenä kemiallis-teknologisen viljelyn aiheuttamille ongelmille. Kestävän

Integroitu tuotanto on tavanomaisen ja luomutuotannon välimuoto. Integroitua tuotantoa kehitettiin Suomessa luomutuotannon rinnalla jo 1990-luvulla, jolloin erilaisia IP-merkittyjä (Integrated Production) tuotteita, kuten siipikarjanlihaa, oli myynnissä kaupoissa. Integroidussa tuotannossa tavoitteena on vähentää ruoantuotannon aiheuttamia ympäristövaikutuksia tehokkuudesta juurikaan tinkimättä.



Kestävän tehostamisen tavoite on tuottaa samalla määrällä kasviravinteita tai vettä enemmän satoa.

KESTÄVÄ TEHOSTAMINEN

tehostamisen tavoite on osittain sama kuin vihreässä vallankumouksessa eli tavoitellaan mahdollisimman korkeaa satoa pinta-alayksikköä kohti. Korkea satotavoite perustellaan tarpeella ruokkia yhä kasvava väestömäärä maapallollamme. Koska käytettävissä olevien resurssien määrä vähenee, tulee tuotannon olla samalla kestävää ja korkea satotaso pyritään saavuttamaan mahdollisimman **resurssitehokkaasti**, eli tuottamaan mahdollisimman paljon satoa yhtä typpikiloa tai vesilitraa kohden.

Globaalisti pohditaan myös, millä alueilla maataloustuotantoa tulisi kehittää **ekstensiivisempään** eli laajaperäiseen vähemmän resursseja käyttävään eli matalan panoskäytön (low-input) tuotantoon ja millä alueilla tuotannon olisi oltava jatkossa **intensiivisempää** eli tehokkaampaa pinta-alayksikköä kohden, jotta väestön ruokaturva varmistetaan. Historiasta opittuna on selvää, ettei sama menettelytapa sovi kaikkialle maailmaan vaan maataloustuotantoa on kehitettävä paikallisista tarpeista käsin.

Kasvintuotanto	Tavanomainen tuotanto	Luomutuotanto	Integroitu tuotanto ja kestävä tehostaminen
Tavoite sadon määrässä	Korkein mahdollinen sato, haetaan taloudellista optimia	Luomurajoitusten puitteissa korkein mahdollinen sato	Korkea sato pienimmillä mahdollisilla resursseilla
Tavoite sadon laadussa	Sadon virheetön ulkoasu, hyvä prosessointilaatu käyttökohteen mukaan	Luonnonmukaisuus asettaa omat tavoitteensa sadon laadulle	Mahdollisimman virheetön laatu, myös korkea ravitsemuksellinen laatu
Lannoitus	Väkilannoitteiden ja karjalannan käyttö	Biologinen typensidonta, ravinteiden kierrätys	Väkilannoitteiden tarkentunut/vähentynyt käyttö, biologinen typensidonta, ravinteiden kierrätys
Kasvinsuojelu	Kemiallinen kasvinsuojelu tarvittaessa	Biologis-tekninen kasvinsuojelu – ei kemiallisia kasvinsuojeluaineita	Ennakoiva biologis-tekninen kasvinsuojelu jonka apuna käytetään tarvittaessa kemiallista kasvinsuojelua
Viljelyn suunnittelu	Palkokasvien viljely vähäisempää, viljelykierrot yleensä yksipuolisempia	Kasvinvuorotus, runsaasti palkokasveja viljelyssä. Monipuolinen lajivalikoima	Hyödynnetään kasvinvuorotusta ja palkokasveja
Viljelyssä käytetty energia	Erityisesti tarvittavan väkilannoitetypen tuottaminen kuluttaa energiaa	Suurempi traktorityön tarve vaikuttavat tuotettua yksikköä kohti kuluneeseen energian määrään	Energiantarpeen erityispiirteet tavanomaisen ja luomutuotannon välissä

Apilan juurista tulisi löytää typensidontaan erikoistuneita juurinystyröitä. Tällöin ilmakehän typpeä sidotaan kasviin typpiyhdisteinä. Mikäli peltomaassa on paljon typpeä, ei apilan juuriin muodostu juurinystyröitä vaan apilakin hyödyntää maan typpivaroja typensidonnan sijaan.

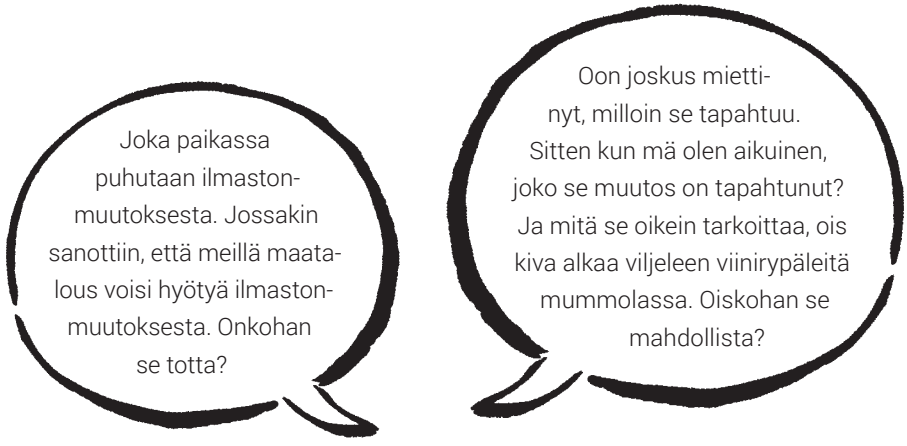
/ kuva / Mervi Seppänen

Tehtävä: Mikä on paras tuotantotapa?

Monilla meistä on vahvoja mielipiteitä ruoasta ja sen tuotannosta. Ruoka koskettaa kaikkia. Haluamme terveellistä ja turvallista ruokaa, hätkähdämme ruokaskandaaleja maailmalla, olemme huolissamme ympäristön tilasta ja tuotantoeläinten hyvinvoinnista. Tänä päivänä netistä on helppoa löytää omaa näkökulmaa tukevaa tietoa. Jopa tutkijoiden kirjoittamista tieteellisistä artikkeleista voi valikoida luettavakseen vain ne, joiden näkökulma ruoantuotantoon miellyttää tai tutkimuksen lopputulos on lukijan mielestä oikea. Vielä emme ole kokeneet ruoantuotantoon liittyvää järjestelmällistä valeinformaatiosotaa, mutta kuluttajien mielipiteisiin vaikuttaminen on yleistä.

Valitkaa kasvinviljelyyn tai kotieläintuotantoon liittyvä kysymys ja jakautukaa kahteen ryhmään. Etsikää ryhmässä kysymykseen liittyvää tietoa joko tavanomaisen tuotantotavan tai luomutuotannon näkökulmasta. Vertailkaa lopuksi tietoja keskenänne. Missä asioissa näkemykset erosivat eniten tuotantotapojen välillä ja mitkä tekijät olivat molemmille tuotantotavoille erityisen tärkeitä?

/ kuva / Mervi Seppänen



2.4 Ilmastonmuutos vaikuttaa jo nyt peltokasvien tuotantoon

Ruokaturvan merkitys on ihmiskunnalle ollut aina suuri. Pitkäaikainen sääaineisto ajalta 1400–1900 eKr. on osoittanut, että levottomuuksien ja sotien esiintyminen on lisääntynyt ajanjaksoina, jolloin säässä on esiintynyt runsaasti vaihtelua. Siten myös ennustetulla ilmastonmuutoksella odotetaan olevan suuria vaikutuksia myös turvallisuuden näkökulmasta. Ilmastonmuutoksen aikaansaamia haasteita lisää samaan aikaan tapahtuva muu kehitys kuten maapallon väestönkasvu, kulutustottumusten muutos ja kaupungistuminen. Lisääntyvän väestön ravinnonsaannin turvaaminen vaatii maataloustieteilijöiltä **uutta vihreää vallankumousta**, joka toteutetaan **resurssitehokkaasti**, **kiertotalouden** ja **kestävän tehostamisen periaattein** sekä kehittämällä uusia tapoja tuottaa ruokaa esimerkiksi kasvattamalla hyönteisiä tai viljelemällä leviä.

Oman haasteensa tuo väestörikkaiden maiden kuten Kiinan keskiluokan vaurastuminen ja kulutustottumusten muutokset eläintuotteiden määrän lisääntyessä ruokavaliossa. Muutosten seurauksena viljantuotantoon vaadittavan pinta-alan on ennustettu kasvavan maapallolla jopa 50 % vuosien 2000–2030 välisenä aikana. Kaupungistuminen myös muuttaa kuluttajien ruokatottumuksia ja lisää globaalista maataloustuotannosta riippuvaisen

väestön osuutta. Samalla kun **sadon määrä ja tuotannon vakaus** uhkaavat ilmastonmuutoksen myötä alentua, lisääntyy ruoantuotannon tarve.

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan elämäämme monella tapaa. Vaikka maatalous on nykyään modernia ja teknologiavaltaista, on ruoantuotanto silti hyvin altis ilmastossa tapahtuville muutoksille. Sopeutuminen vaatii aikaa, ja siksi on tärkeää tietää, kuinka nopeasti keskilämpötila nousee tai kuinka nopeasti sademäärät muuttuvat tärkeillä viljelyalueilla. Kuinka kauan meillä on aikaa kehittää esimerkiksi vettä säästäviä viljelytekniikoita tai jalostaa kuivuutta paremmin kestäviä kasvilajikkeita?

Kansainvälinen hallitusten välinen **ilmastonmuutospaneeli** (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) tekee ennusteita maapallon keskilämpötiloissa, sademäärissä ja sateiden ajoittumisessa tapahtuvista muutoksista ja niiden vaikutuksista maataloustuotantoon. Monien tärkeiden tuotantoalueiden sääolot muuttuvat ratkaisevasti ja viljelyn epäonnistumisen riskit kasvavat. Ääriolojen kuten pitkäkestoisen ja vakavan kuivuuden tai helteiden, tulvien ja myrskyjen ennustetaan lisääntyvän

tulevaisuudessa. Myös kasvitautien ja tuholaisten aiheuttamat ongelmat lisääntyvät alueilla, joissa niiden elinolot ja lisääntymismahdollisuudet parantuvat. Erityisesti kasteluun jo nyt perustuva maataloustuotanto tulee kärsimään yhä enemmän kuivuudesta ja kastelussa tarvittavien vesivarojen niukkuudesta. Euroopassa Välimeren maiden maatalouden ennustetaan kärsivän lisääntyvästä kuivuudesta ja keskilämpötilojen noususta merkittävästi. Samoin monet tärkeät maailman viljantuotantoalueet sijaitsevat alueilla, joilla sade- tai kasteluveden määrä on tuotannon epävarmuutta lisäävä tekijä. Pohjoisilla viljelyalueilla kohonnut keskilämpötila ja pidentynyt kasvukausi voivat parantaa monien viljelykasvien viljelymahdollisuuksia, sillä meillä vesivarat eivät ole tuotantoa rajoittava tekijä.

Maataloustuotannon sopeutuminen ilmastonmuutokseen

Suomalaisen maatalouden ennustetaan kohtaavan tulevaisuudessa merkittäviä haasteita, mutta myös hyötyjä. **Hyötyjä** tuovat mukanaan **pidentynyt kasvukausi** ja **leudontuneet talvet**, jotka mahdollistavat satoisampien lajien ja lajikkeiden viljelyn. Jo nyt piden-

Kansainvälinen maatalouskauppa on vilkasta ja valtavia määriä maataloustuotteita tuodaan ja viedään maasta toiseen. Siksi tuotannossa esiintyvien ongelmien vaikutus ulottuu laajalle. Maailman viljasadosta noin 15 % on kansainvälisen kaupankäynnin kohteena ja sadon epäonnistuminen merkittävillä päätuotantoalueilla vaikuttaa viljan hintaan ja saatavuuteen ympäri maailmaa.

Kuluttajien mieltymykset vaikuttavat siihen, mitä lajikkeita esimerkiksi kahvintuotannossa viljellään. Kun valtalajike arabica osoittautuu alttiiksi uusille kasvitaudeille tai kun sääolot tärkeillä tuotantoalueilla muuttuvat epäedullisiksi kahvinviljelylle, on merkittävä osa maailman kahvintuotannosta vaarassa tuhoutua. Vaikka kuluttajat ehkä tottuisivat uusien taudinkestävien kahvipensaiden papujen makuun, aiheuttaa kahvinviljelyn siirtyminen vanhoilta tuotantoalueilta uusille mittavia kansantaloudellisia ja sosiaalisia ongelmia. Ilmastonmuutokseen pyritään sopeutumaan kehittämällä vettä säästäviä ja kasvitautien leviämistä hidastavia viljelytekniikoita sekä jalostamalla kestävämpiä lajikkeita.

tyneen kasvukauden vaikutukset voidaan nähdä pellonkäytössä. Pidemmän kasvuajan vaativien lajien kuten rapsin ja kevätvehnän viljely on yleistynyt ja siirtynyt pohjoisemmaksi.

Haitat liittyvät erityisesti sään **ääri-ilmiöiden** sekä **kasvitautien ja -tuholaisten** määrän lisääntymiseen. Kuivuusjaksojen ja tulvien ennustetaan lisääntyvän merkittävästi. Sopeutumiskeinoja ovat peltojen vesitalouden hallinta ja tehokkaiden kastelu- ja kuivatusjärjestelmien rakentaminen. Järjestelmät ovat kalliita, mutta voivat ääri-ilmiöiden yleistyessä muuttua kannattaviksi tai jopa välttämättömiksi investoinneiksi.

Talvien leudontuminen parantaa syysviljojen ja -öljykasvien menestymistä Suomessa – ainakin periaatteessa. Myös talvella sääolojen vaihtelu lisääntyy. Tasaisen pakkaslämpötilan sijaan kasvit voivat kokea talven aikana useita syklejä, joissa jäätyminen ja sulaminen vuorottelevat. Lämpötilavaihtelut vaikeuttavat erityisesti mo-

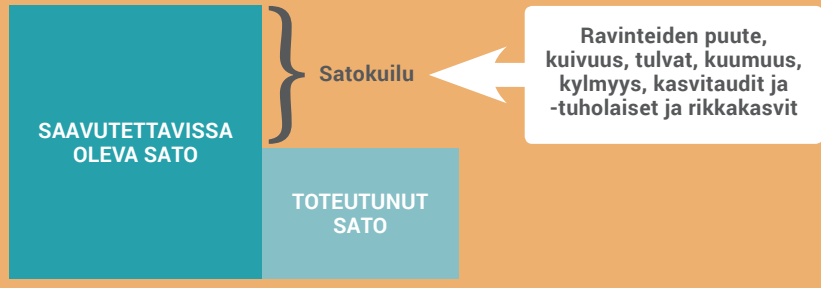
Ilmastonmuutos lisää rankkasateiden ja muiden sään ääri-ilmiöiden esiintymistä. Tulevaisuudessa onkin kiinnitettävä enemmän huomiota peltojen vesitalouteen eli yhtäältä peltojen toimivaan kuivatukseen ja toisaalta kasteluveden varastointiin ja tarvittaessa kasteluun.

/ kuvat / Sakari Alasuutari

/ kuva / Sakari Alasuutari

nivuotisten puutarhakasvien talvehtimista. Leutojen talvien yleistyminen on viljelyn ympäristövaikutusten kannalta erittäin haasteellista. Sateet ja sulamisvedet aiheuttavat pelloilta nykyistä useampia valuntahuippuja, joiden seurauksena ravinteiden huuhtoutumisriski lisääntyy. Tämä vaatii uusien kuormitusta hillitsevien keinojen kehittämistä.

Keväällä esiintyvät lämpöjaksot voivat aktivoida kasvun liian aikaisin ja kasvuun lähteneet silmut tai versot tuhoutuvat kevään yöpakkasilla. Myös lumikerros ohenee ja talvehtivat kasvit altistuvat jopa ankarammille pakkaslämpötiloille kuin runsaslumisina talvina. Lisääntyneet vesisateet syksyllä ja talvella aiheuttavat tulvia ja jään muodostumista pellon pinnalle ja kasvit kärsivät hapen puutteesta. Kaiken kaikkiaan talvien leudontumisen ennustetaan kuitenkin lisäävän useiden viljelykasvien satoa Suomessa. Sääolot vaihtelevat talvien välillä, mutta yhä useampi talvi voi olla otollinen satoisampien lajien ja lajikkeiden viljelylle.



Satokuilulla tarkoitetaan viljelykasvien maksimaalisen sadontuottokyvyn ja parhaiden viljelytoimien kautta saavutettavissa olevan sadon määrän ja toteutuneen sadon määrän eroa. Satokuilu on kasvanut viime vuosina ja sen ennustetaan kasvavan lisää ilmastonmuutoksen myötä. Viljelijälle tämä tarkoittaa tuotantoon liittyvien riskien kasvamista.

Kasvitautien ja -tuholaisten aiheuttamat riskit sadon menetykselle kasvavat. Samanaikaisesti haastetta lisää useiden kasvinsuojeluaineiden käyttöön asetetut rajoitukset ja kiellot sekä se, että vaihtoehtoisten viljelytekniikoiden kehittäminen on vielä suurelta osin kesken.

Maatalouden ilmastokestävyyttä voidaan lisätä varautumalla tuleviin haasteisiin mahdollisimman hyvin. Monia ongelmia lieventää **viljelyn monipuolisuuden lisääminen**. Monipuolisuuteen päästään lisäämällä viljeltävien kasvilajien määrää, suunnittelemalla viljeltävien kasvilajien vuorotus pellolla tarkkaan ja tuntemalla eri kasvilajien ja niistä jalostettujen lajikkeiden kasvitautien- ja tuholaistenkestävyys sekä talvehtivien lajien talvenkestävyys.

Ilmastoystävällisten viljelytekniikoiden kehittäminen

Ruoantuotanto ja kaikki ihmisen toiminta maapallollamme jättävät jäljen. Tarvitsemme ruokaa päivittäin, ja meidän tulisi oppia tuottamaan sitä **ilmastoviisaasti** (climate smart agriculture). Ruoantuotannon kestävyyteen liittyvät niin **ekologinen**, **taloudellinen** kuin **sosiaalinenkin** kestävyys. Toimiva ratkaisu, joka varmistaa ihmisten ruokaturvan kaikkialla maailmassa, on **kompromissi**

Ilmastoviisas maatalous (Climate smart agriculture)

Jos pyrimme ainoastaan minimoimaan ruoantuotannon ympäristövaikutukset, olemme pian tilanteessa, jossa maataloustuotanto ei ole kannattavaa ja viljelijät joutuvat luopumaan yrityksistään. Taloudellinen kestävyys on tärkeää, jotta yrityksen toiminnan jatkuvuus on mahdollista. Kehitys kohti ilmastoviisasta maataloutta eteneekin usein hitaammin kuin haluaisimme.

Miten maataloustuotantoa kehitetään ilmastoystävällisempään suuntaan? Kyse on esimerkiksi viljelytekniikoiden kehittämisestä siten, että tuotannon aiheuttamien suorien kasvihuonekaasupäästöjen määrä tuotettua ruokamäärää kohden pienenee. Alla kuvataan prosessi siitä, kuinka ymmärrys dityppioksidin merkityksestä kasvihuonekaasuna on johtanut viljelytoimien muokkaamiseen.

Mikä aiheuttaa ilmaston lämpenemisen? Ilmastotutkijat tunnistavat tärkeimmät kasvihuonekaasut, jotka vaikuttavat merkittävästi ilmakehän lämpenemiseen ja kasvihuoneilmiöön. Näitä kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), dityppioksidi (N_2O), otsoni (O_3) ja kloriini-fluoriini-hiili -kaasut (CFC-kaasut). Dityppioksidilla on lähes 298 ja metaanilla lähes 25-kertainen ilmastonmuutospotentiaali verrattuna hiilidioksidiin. Dityppioksidi on hyvin voimakas kasvihuonekaasu ja sen päästöjä tulisikin vähentää.

Mikä on maatalouden osuus ilmaston lämpenemisessä? Maatalous aiheuttaa maailman kasvihuonekaasupäästöistä 10–12 %. Maatalouden vaikutus maailman kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistalkoissa suhteutuu sen osuuteen päästöjen lähteenä. Maapallon dityppioksidi- ja metaanipäästöistä reilu puolet on maataloudesta peräisin ja siksi maatalouden aiheuttamien päästöjen vähentämisessä nimenomaan näiden kasvihuonekaasujen osalta kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Vaikka kaikki pelloilla tapahtuva ruoantuotanto lopetettaisiin dityppioksidi-päästöjen vähentämiseksi, vapautuisi sitä maaperästä myös ilman ihmisen toimintaa.

Milloin maataloudessa muodostuu dityppioksidi-päästöjä? Niitä syntyy typpilannoituksen ja symbiottinen typensidonnan yhteydessä. Epäorgaanisia väkilannoitteita käytettäessä dityppioksidia muodostuu lyhytkestoisena piikkinä, orgaanisia kierrätyslannoitteita ja lantaa käytettäessä päästöt ovat pitkäkestoisemmat. Epäorgaanisten ja orgaanisten typpilannoitteiden aiheuttamat dityppioksidi-päästöt ovat samaa suuruusluokkaa. On arveltu, että symbioottinen typensidonta aiheuttaa vähemmän päästöjä kuin typpilannoitus.

Miten maatalouden dityppioksidi-päästöjä voidaan vähentää? Dityppioksidi-päästöjä muodostuu erityisesti levitettäessä epäorgaanisia tai orgaanisia lannoitteita kosteaan ja kylmään maahan Pohjoisilla alueilla dityppioksidien muodostumispiikki maasta syntyy lisäksi talvikauden aikana. Laskennallisesti lannasta vapautuvan dityppioksidin määrä on pieni verrattuna maasta tuleviin päästöihin. Typpilannoituksen määrällä on suora yhteys päästöjen suuruuteen ja siksi ensimmäinen keino on tarkentaa typpilannoituksen määrää, levitystapaa ja lannoituksen ajoitusta. Viljelykasvien typenkäytöntehokkuutta eli biomassan määrää, jonka kasvi tuottaa yhtä lannoitetyppikiloa kohden, pyritään edelleen lisäämään.

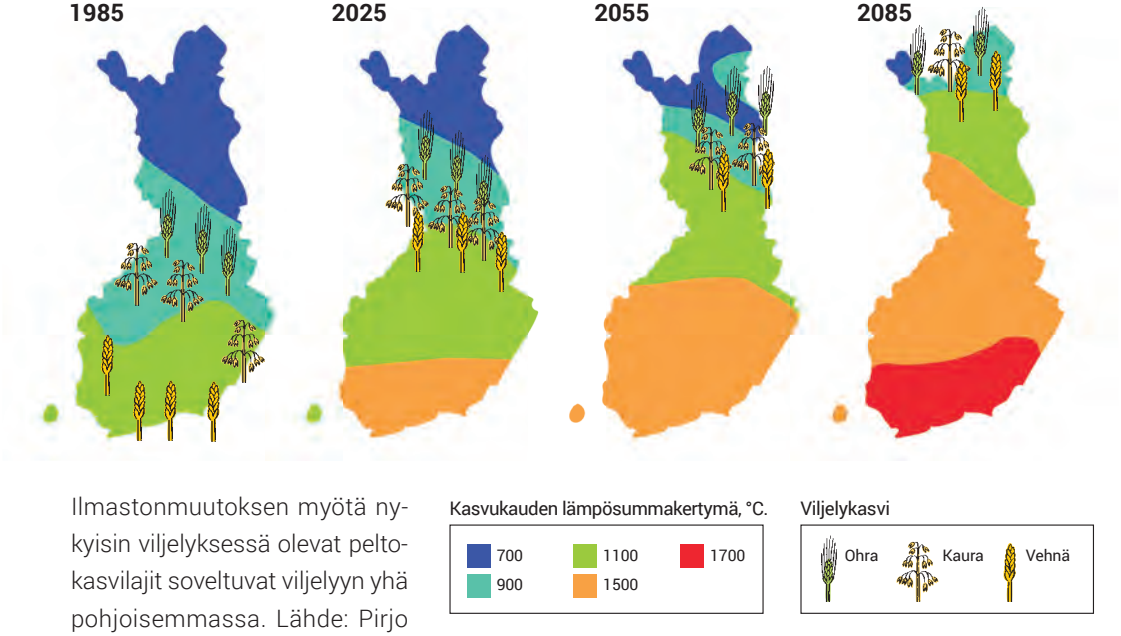
Mitä ovat käytännön toimenpiteet dityppioksidi-päästöjen vähentämiseksi? Hyödynnetään tutkimustietoa dityppioksidi-päästöjen muodostumisesta ja kehitetään eri viljelykasvien viljelytekniikoita siten, että päästöjen määrä vähenee. Taivaan tuuliin kadonnut typpi on kallis tuotantopanos viljelijälle ja siksi päästöjen hallitseminen on sekä viljelijän että ympäristön etu. Viljelijä haluaa parantaa typenkäytön hyötysuhdetta ja lainsäädäntö voi tukea toimia. Esimerkiksi karjanlannan levitys talviaikana on ollut kiellettyä jo pitkään.

näiden kestävyystavoitteiden välillä. Se, mikä toimii hyvin Saksassa tai Keniassa, ei välttämättä ole paras ratkaisu Suomessa.

Mitä uusia viljelykasveja ilmastonmuutos tuo meille tullessaan?

Ilmastonmuutoksen ennustetaan pidentävän Suomessa kasvukautta ja leudontavan talvia. Ilmastonmuutos ei kuitenkaan vaikuta päivänpituuteen, joka meillä on kesällä huomattavan pitkä. Siten uusien viljelykasvilajien ja lajikkeiden on sopeuduttava pitkään päivään. Erityisesti kukinta ja sen seurauksena sadonmuodostus ovat herkkiä päivänpituudelle. Maissin kasvu ja sokereiden kertyminen kehittyvään tähkään vaativat riittävän lyhyen päivänpituuden ja siksi rehumaissin tähkien kasvu on kiivainta loppukesällä päivänpituuden lyhetessä.

Ilmastonmuutos vaikuttaa erityisesti nykyisten kasvilajien **viljelyn laajuu-**



Ilmastonmuutoksen myötä nykyisin viljelyksessä olevat peltokasvilajit soveltuvat viljelyyn yhä pohjoisemmassa. Lähde: Pirjo Peltonen-Sainio, Luke.

teen. Ilmaston lämpeneminen mahdollistaa esimerkiksi vehnän, öljykasvien, härkäpavun, herneen tai lupiinin viljelyn pohjoisempana. Myös rehumaissin viljelymahdollisuudet paranevat, mutta ennusteiden mukaan siemensatona korjattavan maissin viljely ei olisi mahdollista nykyisillä lajikkeilla. Kaikilla viljelykasveilla pidentynyt kasvukausi mahdollistaa satoisampien lajikkeiden käytön ja siten ilmastonmuutos vaikuttaa merkittävästi käytössä olevaan lajikevalikoimaan.

Monien syyskylvöisten kasvien viljelyn mahdollisuudet paranevat leudontuvien talvien myötä. Syysvehnän ja -rukiin kuten myös syysöljykasvien viljely laajenee sekä uusien tulokkaiden kuten syysohran ja -kauran viljely mahdollistuu. Sinimailanen ja englanninraiheinä yleistyvät nurmiseoksissa. Soija on lyhyen päivän kasvilaji, mutta siitä löytyy muutamia lajikkeita, jotka viihtyvät pitkässä päivässä. Tulevaisuudessa soijan viljelymahdollisuudet paranevat, mutta valkuaissadoissa se tuskin pystyy kilpailemaan härkäpavun ja herneen kanssa.

Avomaalla kasvatettavien vihannesten, marjojen ja hedelmien tuotantomahdollisuudet paranevat ja tuotannon arvellaan laajenevan kohti pohjoista. Omenanviljelyn arvellaan laajenevan, samoin ammattimainen päärynän- ja luumuntuotanto voi yleistyä. Myös viiniköynnöksen viljely voi lisääntyä. Haasteena pitkäikäisten hedelmäpuiden osalta ovat kuitenkin yksittäiset erittäin kylmät talvet, jotka voivat tuhota puut.

Vihannestuotannossa voidaan hyödyntää uusia satoisampia lajikkeita ja viljellä pitkän kasvuajan vaativia lajeja, kuten purjoa. Monien vihannesten ja marjojen viljelymahdollisuudet voivat ratkaisevasti parantua ja ammattimainen viljely lisääntyä. Samoin uusia lajeja voi tulla avomaalla viljelyyn. Näistä esimerkkinä voisi olla vesimeloni, jonka viljelyn onnistuminen on vielä tällä hetkellä erittäin epävarmaa. Monien uusien puutarhakasvien viljelyä kokeillaan harrastepuutarhoissa, emmekä voi tänä päivänä vielä tietää, mitkä niistä yleistyvät ammattimaiseen viljelyyn.

Ilmaston antamien mahdollisuuksien ja rajoitusten lisäksi tulee muistaa, että pelto- ja puutarhakasvien viljelyn laajuuteen ja lajivalikoimaan vaikuttavat ratkaisevasti kuluttajien mieltymykset sekä uusien käyttömuotojen kehittyminen tutkimuksen ja tuotekehityksen seurauksena.

/ kuva / Anna-Leena Ylhäinen

03 MAATALOUSTUOTANNOSSA SOVELLETAAN BIOLOGIAA, KEMIAA JA FYSIIKKAA

Maataloustieteiden tutkimuskohteena ovat ruoantuotantoon liittyvät biologiset, kemialliset, teknologiset tai taloudelliset kysymykset.

Kasvutekijöiksi kutsutaan kaikkia niitä ilmastosta tai maaperästä aiheutuvia tekijöitä, jotka vaikuttavat kasvien kasvuun.

Tasapainoinen ruokinta on tärkeä osa kotieläinten hyvinvointia.

3.1 Maataloustuotannon tieteellinen perusta

Biologia kuuluu luonnontieteisiin, joka kertoo meille elollisen luonnon ilmiöistä ja lainalaisuuksista. Opimme tunnistamaan kasvi- ja eläinlajeja, kasvinosia, geenien toimintaa, hyönteisten elinkierron munasta aikuiseksi hyönteiseksi ja monia muita mielenkiintoisia luontoon liittyviä asioita. Ruoan alkutuotantoa tutkivia tieteenaloja ovat **maataloustieteet**, joissa **sovelletaan laaja-alaisesti biologian**, **kemian ja fysiikan tietoja ruoantuotannon ongelmien ratkaisemiseksi**. Maataloustieteisiin kuuluvia tieteenaloja ovat perinteisesti kasvintuotantotieteet, joissa tutkitaan pelto- ja puutarhakasvien tuotantoon liittyviä kysymyksiä, sekä kotieläintieteet, maatalousteknologia tai agroteknologia, maaperätieteet ja maatalousekonomia. Maataloustieteissä tutkitaan myös runsaasti ympäristöön liittyviä kysymyksiä. Näiden soveltavien tieteiden kysymykset liittyvät suoraan ruoan alkutuotannon kehittämiseen ja tuotannon ongelmien ratkaisuun. Maataloustieteet eroavat esimerkiksi biologiasta siinä, että maataloustieteissä etsitään ratkaisuja olemassa oleviin ongelmiin tai kehitetään uusia tuotantotapoja, jotka ovat myös taloudellisesti kannattavia. Pelkkä ilmiöiden kuvaaminen ei riitä, vaan ratkaisut on pystyttävä soveltamaan maataloustuotannossa.

Ilmiö	Biologia	Maataloustieteet
Kasvien yhteyttäminen	Yhteyttämisreaktio ja siinä muodostuneiden yhdisteiden tunnistaminen.	Kasvin kasvuolojen optimointi siten, että mahdollisimman suuri osa yhteyttämistuotteista kulkeutuu satona korjattaviin kasvinosiin, kuten viljoilla jyviin.
Märehtijöiden rehunsulatus	Ruoansulatuskanavan rakenteen ja fysiologisten toimintojen kuvaus.	Rehuannoksen koostaminen tilan tuottamista ja ostamista rehuista niin, että se tyydyttää eläinten ravinnontarpeen mahdollisimman taloudellisesti.
Eläimen perimä	Genomin kartoitus ja ominaisuuteen vaikuttavien geenialueiden tunnistus.	Vasikoiden maidontuotantokyvyn arviointi heti syntymän jälkeen tehdyn genomisen arvostelun perusteella.
Pelto	Pelloilla esiintyvät kasvi- ja eläinlajit.	Viljelyn kehittäminen siten, että eri kasvi- ja eläinlajien menestymistä maatalousympäristössä parannetaan esimerkiksi viljelemättä jätettyjen alueiden tai viljelytoimien ajoituksen avulla.
Hyönteiset	Hyönteisten elinkierron kuvaaminen munasta aikuiseksi.	Haitallisten hyönteisten lisääntymisen edellytysten ymmärtäminen ja viljelytekniikoiden kehittäminen niin, että hyönteisten aiheuttamat ongelmat viljelykasveille voidaan minimoida.

BIOLOGI MAATALOUSTIETEILIJÄ

Viljely vaatii osaamista

Viljelytekniikalla tarkoitetaan kasvilajille soveltuvien viljelytoimenpiteiden joukkoa, jolla varmistetaan hyvä ja laadukas sato. Mahdollisia **viljelytoimia** ovat esimerkiksi perunan istutus, lannoitus, kasvinsuojelu, sadonkorjuu ja varastointi. Jokaisen viljelytoimen taustalla on vuosikymmenien aikana tehtyjen tutkimusten tulokset, joiden perusteella ohjeistus on suunniteltu. Onnistuneilla viljelytoimilla on suora vaikutus sadon määrään, korjattavien tuotteiden laatuun ja tuotannon kannattavuuteen. Suunnitellessaan uuden viljelykasvin tuotantoa maatilalla on viljelijän ensimmäisenä selvitettävä uudelle lajille sopiva viljelytekniikka. Mikäli viljelijä istuttaa siemenperunat liian myöhään tai käyttää liian suurta typpilannoitusta, ei sato ehdi **valmistua eli tuleentua** syksyyn mennessä. Perunasatoa kyllä saadaan, mutta perunaerän laatu ei ole toivottava. Mikäli viljelijä myy kyseisen perunasadon elintarviketeollisuudelle, on sadon prosessointilaatu huono. Tällaisesta perunaerästä valmistetut ranskalaiset tai perunalastut ovat väriltään tummia ja kinkkukiusauksesta tulee tummanharmaa. Tällaisia tuotteita kuluttajat eivät hyväksy, joten kyseinen perunasato on käytännössä arvoton.

/ oraat / kuva / Sakari Alasuutari

Viljelytoimien ajoittaminen on tärkeä myös viljelyn kannattavuuden vuoksi. Kuluttajat haluavat uusia perunoita lakkiaisjuhliin, jolloin myös uusista perunoista saatava kilohinta on korkea. Mikäli viljelijä ei ole onnistunut viljelytoimissaan, aiheutuu siitä taloudellisia menetyksiä.

Viljelytoimiin liittyy niin **biologisia** kuin **teknologisia ja taloudellisi**a ratkaisuja, ja ratkaisujen taustalla on aina **kasvifysiologian** ymmärtäminen. Esimerkiksi tuleentumisen aikana perunalle kehittyy itämislepo, joka estää itämisen, vaikka olosuhteet olisivat muuten suotuisat. Itämislevon vuoksi et onnistu kasvattamaan kesän perunasadosta heti syksyllä uutta satoa, vaikka istuttaisit perunat lämpimään multaan. Perunan varastoinnille itämislepo on sen sijaan hyvin toivottu ominaisuus. Alkutalvesta jääkaapissa säilytettyihin perunoihin ei tule ituja, mutta heti joulun jälkeen perunat heräävät kevääseen itämislevon purkauduttua.

/ perunantaimi / kuva / Mervi Seppänen

/ kuvat / Mervi Seppänen

Satofysiologiassa kasvin biologisia prosesseja hallitaan viljelytekniikan avulla. Kun biologiassa kuvataan yleisesti erilaisia biologisia ilmiöitä, keskitytään satofysiologiassa niihin olennaisiin ilmiöihin, jotka ratkaisevat sadon määrän ja laadun kannalta tärkeitä kysymyksiä. Esimerkiksi perunan itämislevon pituuden säätelyllä pyritään varmistamaan ruokaperunan hyvä laatu pitkälle kevääseen.

Osa viljelykasveista vaatii erityistä tarkkuutta

Osaa peltokasveista kutsutaan **erikoiskasveiksi** johtuen niiden viljelyn vaatimasta erityisestä tarkkuudesta. Esimerkiksi valkuaiskasveista rypsin ja rapsin viljelyssä epäonnistumisen riski on suurempi kuin ohran viljelyssä. Rypsin ja rapsin kylvösiemen on pieni ja se tulee kylvää riittävän matalaan,

Rypsi- ja rapsipellot loistavat kesällä keltaisina. Pienet siemenet muodostuvat lituihin.

/ kuva / Mervi Seppänen

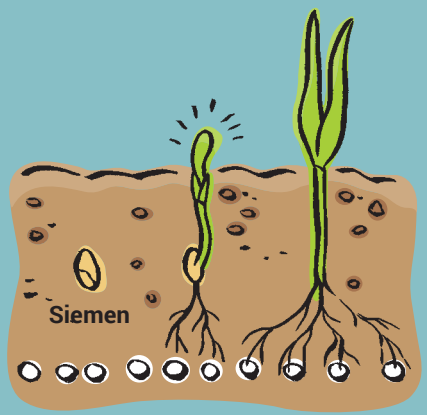
Rypsin sirkkataimet houkuttelevat aaltojuovakirppoja, jotka runsaasti esiintyessään voivat tuhota taimen.

jotta siemenen sisältämät ravintovarat riittävät sirkkataimen kasvuun maan pinnalle. Lajit eivät sovellu sen vuoksi viljelyyn kaikilla maalajeilla ja erityistä huomiota on kiinnitettävä peltomaan muokkaukseen ennen kylvöä.

Rypsin ja rapsin sirkkataimet houkuttelevat myös useita **kasvintuhoojia** kuten aaltojuovakirppoja ja rapsikuoriaisia. Ne voivat nopeasti tuhota taimen kärkikasvupisteen, jossa uudet

Auringonkukka on maailmalla yleisesti viljely öljy- ja valkuaiskasvi. Suomessa siemensato ei ehdi valmistua, ja sen takia viljely ei meillä onnistu.

Jokaiselle viljelykasville on kehittynyt tutkimustiedon ja kokemusten perusteella kasvilajille ja tuotantoalueelle soveltuva viljelytekniikka. Yksi tärkeistä viljelytoimista on **kylvö**. Kuinka paljon siemeniä kylvetään hehtaarille ja milloin? Kylvetäänkö siemenet riviin vai hajakylvönä, kuinka suurta riviväliä tulisi käyttää? Kylvösiemenen koko määrittää optimaalisen kylvösyvyyden, joka voi vaihdella pienten siementen yhdestä senttimetristä aina suurten siementen kymmeneen senttimetriin asti. Kylvöajankohtaan vaikuttavat Suomessa kasvilajin herkkyys alhaisille lämpötiloille sekä peltomaan ominaisuudet. Osa lajeista tulee kylvää lämpimään maahan, kun taas toiset lajit pystyvät kasvamaan ja kehittymään jo muutamassa lämpöasteessa ja kestävät lyhyitä pakkasjaksoja.



Viljan siemen kylvetään noin 5 cm syvyyteen. Suomessa käytetään yleisesti **kylvölannoitinta**, joka sijoittaa lannoiterakeen siemenen läheisyyteen. Siemenestä kehittyvät juuret saavuttavat nopeasti lannoiterakeet ja kasvuunlähtö on nopeaa.

/ kuva / Mervi Seppänen

lehdenaiheet kehittyvät. Taimivaiheen jälkeen seuraava haasteellinen ajankohta rypsin ja rapsin viljelyssä on kukinnan aikana, jolloin rapsikuoriaiset voivat runsaana esiintyessään tuhota kukintoja ja estää siemensadon muodostumista. Maatilan valitsema tuotantosuunta määrittelee käytettävän kasvinsuojelun ja sen, minkä suuruisen riskin sadon menetyksestä viljelijä ottaa. Tavanomaiseen tai integroituun tuotantoon keskittynyt viljelijä voi torjua kasvintuhoojia kasvinsuojeluaineilla, mutta luomutuotannossa sadonmenetyksen riski on suurempi. Kaiken kaikkiaan rypsin ja rapsin onnistunut viljely vaatii erityistä perehtymistä lajien viljelytekniikkaan.

Viljelijä optimoi kasvuston yhteyttämiskykyä

Yksinkertaisuudessaan suuri ja laadukas sato tarkoittaa sitä, että viljelijä on onnistunut optimoimaan auringon säteilyenergian muuntamisen kemialliseksi energiaksi omalla peltolohkollaan. Onnistumiseen vaikuttavat laji- ja lajikevalinta, joiden ansiosta koko kasvukausi hyödynnetään tehokkaasti. Lisäksi hän on onnistunut maksimoimaan yhteyttämisen lopputuotteena muodostuneiden sokereiden kulkeutumisen sato-osiin eli jyviin, mukuloihin tai marjoihin.

Nettofotosynteesi = Bruttofotosynteesi - Hengitys

Kasvin lehdet vastaanottavat auringon säteilyenergiaa ja muuntavat sen yhteyttämisen avulla kemialliseksi energiaksi ja sokereiksi.

Osa lehdistä on kasvuston yläosissa hyvissä valo-oloissa, ja siellä yhteyttämistuotteita muodostuu runsaasti. Kasvin alalehdillä valon määrä voi olla vähäinen, etenkin jos kasvusto on liian tiheää.

Alalehdet voivat epäedullisissa oloissa kuluttaa enemmän energiaa hengityksen kautta kuin tuottaa yhteyttämällä.

Viljelijä pyrkii viljelytoimilla optimoimaan yhteyttävän lehtipinta-alan, jotta yhteyttämistuotteiden nettokertymä eli yhteyttämistuotteiden kokonaismäärä vähennettynä kasvihengitykseen kuluvalla määrällä olisi mahdollisimman suurta pinta-alaa kohden. Viljelyteknisissä kokeissa on selvitetty viljelykasveille optimaalinen kasvutiheys, jolloin sadontuottokyky on maksimissaan.

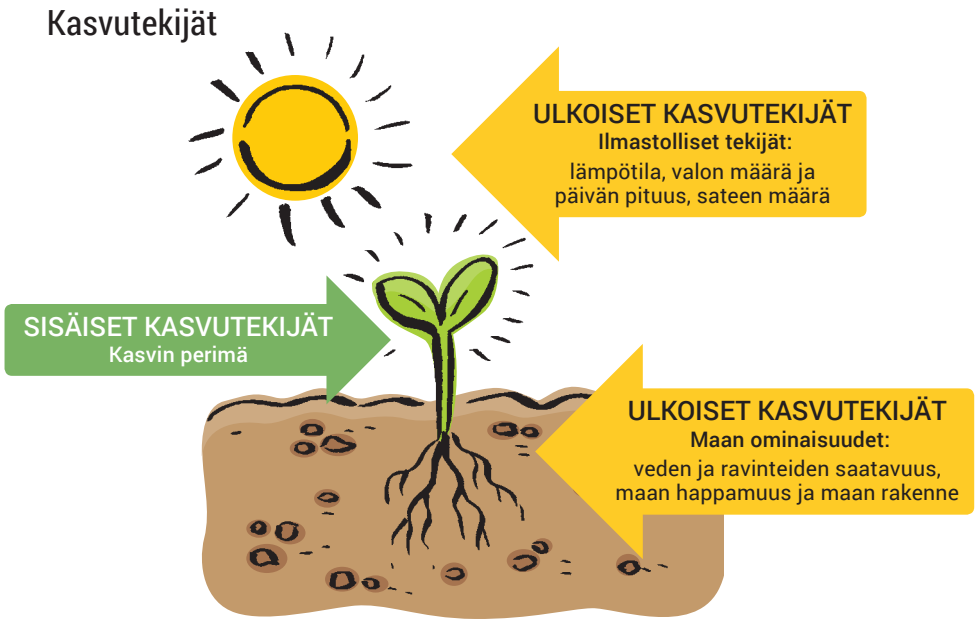
3.2 Ilmastolliset kasvutekijät määrittävät viljelyyn soveltuvat kasvilajit

Peltokasvien tuotanto on hyvin riippuvaista sääoloista. **Kasvutekijöiksi** kutsutaan kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat kasvien kasvuun ja sitä kautta sadon määrään ja laatuun. Kasvilaji ja –lajike ovat **sisäisiä kasvutekijöitä**, jotka määrittävät kasvin ominaisuudet ja sen reagoimisen ulkoisiin kasvutekijöihin. **Ulkoisia tekijöitä** ovat lämpötila, valon määrä, veden ja ravinteiden saatavuus sekä maan ominaisuudet kuten maalaji, maan happamuus ja rakenne.

Lämpötila ja lämpösumma

Kasvin perimä määrää miten se reagoi lämpötilaan ja esimerkiksi lämpötilaoptimi kasvulle vaihtelee lajien

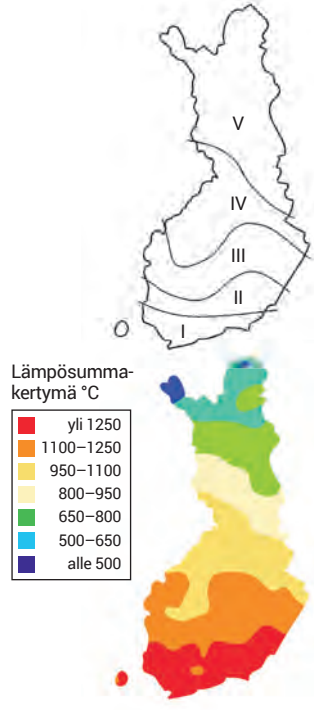
> Kasvukausi alkaa keväällä, kun vuorokauden keskilämpötila ylittää pysyvästi +5 °C. Kasvukausi päättyy, kun keskilämpötila laskee alle +5 °C tai jos peräkkäisinä öinä esiintyy kovia yöpakkasia tai lumi peittää maan. Lämpösummakertymä lasketaan puolestaan niiden vuorokauden keskilämpötilojen summana, jotka ylittävät +5 °C. Jos keskilämpötila on kasvukauden aikana kolmena päivänä peräkkäin +15 °C, kertyy lämpösummaa tuolloin 30 astetta.



välillä suuresti. Kasvilajit, jotka tuottavat parhaan sadon melko viileissä lämpötiloissa, soveltuvat meille parhaiten. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi nurmikasvit ja peruna sekä meillä yleisesti viljellyt viljalajit ohra, kaura, ruis ja vehnä. Suomalaisten viljelykasvien optimilämpötila kasvulle onkin noin 16–18 °C. Eräät kasvilajit sen sijaan hyötyvät korkeista lämpötiloista. Maissi, kurpitsa ja viiniköynnös ovat lajeja, jotka tuottavat suuremman sadon, kun kasvulämpötila on edellä esitettyä korkeampi.

/ kuva / Shutterstock

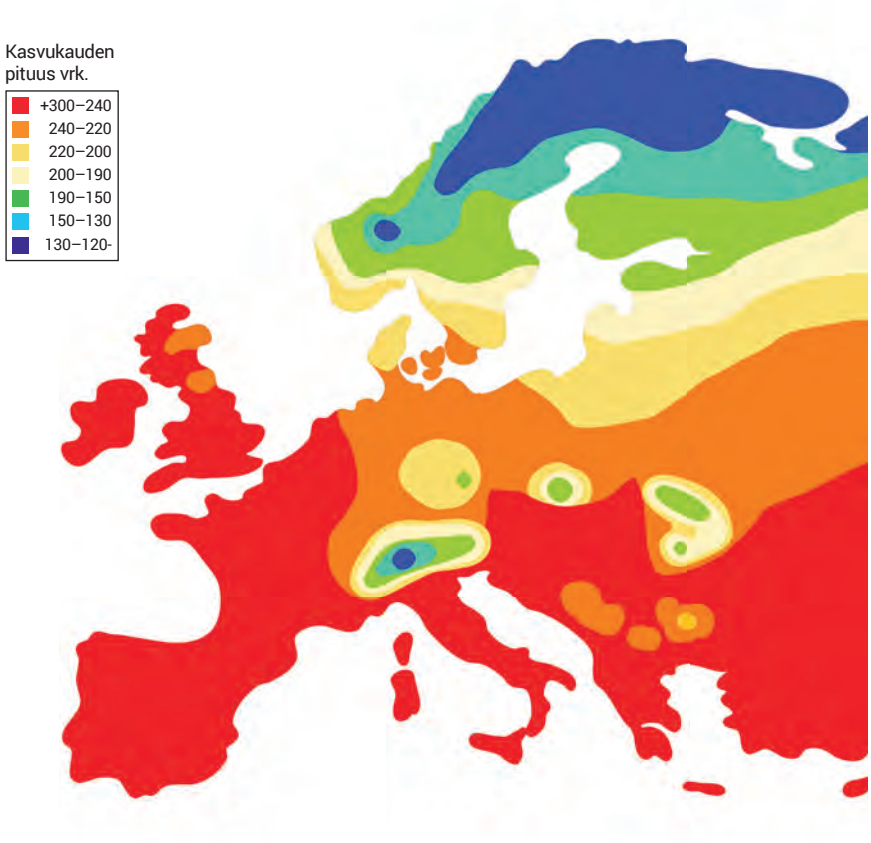
Viljely-vyöhyke	Esimerkkejä eri viljelyvyöhykkeille soveltuvista kasvilajeista
I	syys- ja kevätvehnä ja syysruis, ruisvehnä, myöhäiset ohra- ja kauralajikkeet, kevät- ja syysrypsi ja -rapsi, härkäpapu, herne, rehumaissi, sokerijuurikas, peruna, nurmiheinät, apilat, sinimailanen.
II	syys- ja kevätvehnä ja syysruis, myöhäiset ohra- ja kauralajikkeet, sokerijuurikas, herne syysrypsi ja -rapsi, peruna, rehumaissi, nurmiheinät ja apilat, sinimailanen
III	syysruis, melko myöhäiset ohra- ja kauralajikkeet, vehnä, kevätrypsi, peruna, nurmiheinät ja apilat
IV	peruna, aikaiset ohra- ja kauralajikkeet, nurmiheinät ja apilat
V	peruna, hyvin talvenkestävät nurmiheinät



Suomi on jaettu viiteen viljelyvyöhykkeeseen, joiden rajat kulkevat pääsääntöisesti kasvukauden lämpösummakertymän mukaisesti. Kasvukauden pituus vaihtelee Etelä-Suomen yli 180 vuorokaudesta pohjoisimpien osien alle 110 vuorokauteen. Lämpösummakertymä puolestaan vaihtelee näillä alueilla yli 1 250 asteesta 400–500 asteeseen. taulukosta näkee, kuinka pohjoiseen mentäessä viljelyyn soveltuvien lajien lukumäärä vähenee. Lähteet: Ilmatieteen laitos ja Seppänen ym. 2008.

Suomessa lämpötila on kasvien **kasvua ja sadontuottoa eniten rajoittava tekijä**. Kasvilajien ja -lajikkeiden soveltuvuutta viljelyyn eri osissa Suomea kuvataan viljelykasvin vaatiman ja lämpötilaan perustuvan **kasvuajan** perusteella. **Kasvukauden pituus ja lämpösummakertymä** puolestaan kertovat alueen ilmasto-oloista ja tietoa voidaan hyödyntää alueelle soveltuvien lajien ja lajikkeiden valintaan.

Lämpötila on yhteydessä kasvin **kasvu- ja kehitysnopeuteen**. Lämpösumman avulla voidaan ennustaa kasvien kehitystä ja arvioida sadon-



Kasvukauden pituus eri Euroopan maissa. Etelä-Euroopassa vuorokauden keskilämpötila on melkein jokaisena päivänä vuodessa yli +5 °C eli kasvukausi jatkuu ympäri vuoden. Lähde: Ilmatieteen laitos.

korjuun ajankohta. Hellekausien aikana lämpösummaa kertyy nopeasti, kun taas viileinä ajanjaksoina saman lämpösumman kertymiseen vaadittava aika on huomattavasti pidempi. Tämän voi havaita esimerkiksi kotipuutarhassa viljeltäessä sokerimaissia. Helteisenä kesänä syöntikelpoisia maissintähkiä voi valmistua jo heinäkuussa kun taas viileänä kesänä vasta syyskuun puolella.

Viljelykasvien menestyminen riippuu paljon sääoloista

Viljelykasvit jaotellaan **yksi- tai monivuotisiksi** riippuen siitä, kylvetäänkö uusi kasvusto uudestaan joka kevät vai talvehtivatko kasvit useita vuosia. Yksivuotisilla viljelykasveilla tarkoitetaan lajeja, jotka kylvetään yleensä aikaisin keväällä ja joiden sato korjataan saman

/ kuva / Sakari Alasuutari

Suomessa syyskylvöiset ja monivuotiset kasvilajit ja -lajikkeet valitaan niiden **talvenkestävyyden** perusteella. Peltokasveille talven pituus, lumipeitteen määrä ja kesto sekä pakkaspäivien ankaruus vaikuttavat talvehtimisen onnistumiseen.

kasvukauden aikana. Yksivuotisia viljelykasveja ovat esimerkiksi kevätviljat kuten ohra ja kaura. **Syyskylvöiset kasvit** kylvetään syksyllä ja ne muodostavat sadon talvehtimisen jälkeen seuraavana kasvukautena. Syysruis ja -vehnä ovat yleisimpiä syyskylvöisiä kasveja Suomessa. Monivuotisista viljelykasveista korjataan satoa useana kasvukautena. Puutarhakasveista marjapensaat ja hedelmäpuut ovat monivuotisia, peltokasveista nurmet.

Suomen olosuhteisiin hyvin sopeutuneet lajit ja lajikkeet reagoivat erityisesti **päivän pituuden** lyhentymiseen syksyllä ja pysäyttävät kasvunsa, kun taas keskieurooppalaista alkuperää olevat lajikkeet jatkavat vielä kasvuaan. **Kasvun pysähtyminen** on ensimmäinen vaihe kasvin kylmäkaraistumisreaktioissa, joka aloittaa talveen valmistautumisen. Ilman riittävää karaistumista talvituhojen määrä voi olla suuri. Suomen talvi on hyvin

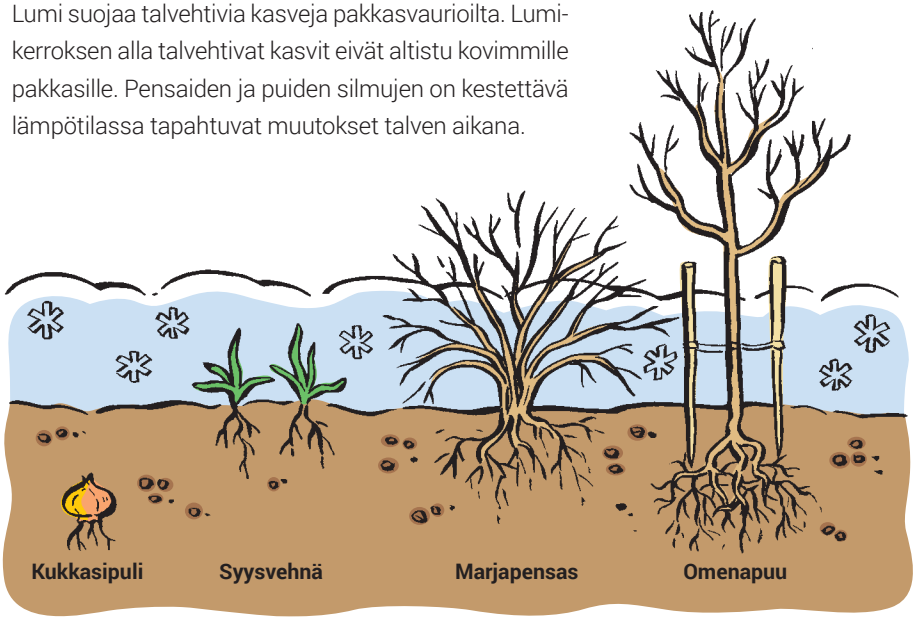
Talvehtivat peltokasvit kohtaavat talven ja kevään aikana monenlaisia stressejä kuten pakkaslämpötiloja ja hapettomia oloja jää- tai vesikerroksen alla. Talviaikaisten vesisateiden määrän ennustetaan lisääntyvän tulevaisuudessa, mikä lisää myös tulvien esiintymistodennäköisyyttä. Apilat ja sinimailanen ovat tulvalle herkimpiä peltokasvejamme.

Välimeren ilmastossa viljat kylvetään yleisesti syksyn ja talven sadekausien jälkeen ja sato korjataan keväällä ennen kuivuusjakson alkua. Kun Suomessa viljelytekniikat on kehitetty mahdollistamaan onnistunut sato lyhyessä kasvukaudessa ja ankarina talvina, on Välimeren alueen viljelytekniikkojen lähtökohtana kuivuusjakson välttäminen. Viljoilla jyvien aiheiden muodostuminen on herkkä kehitysvaihe kuivuudelle.

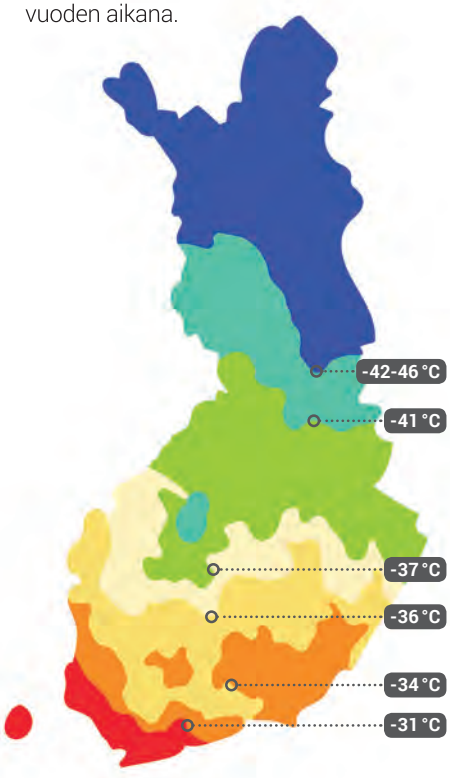
pitkä. Lumisina talvina talvehtimisongelmia esiintyy yleensä vähemmän, sillä lumikerros suojaa kasveja kovilta pakkasilta.

Erityisiä ongelmia aiheuttavat talven aikana pelloille muodostunut jääpeite tai tulva. Kasvilajien välillä on huomattavia eroja siinä, kuinka kauan ne säilyvät hengissä tulvan alla hapettomissa oloissa. Esimerkiksi apilat ovat heinäkasveja herkempiä tulvalle. Valittaessa kasvilajeja ja -lajikkeita viljelyyn tasapainotellaan suuremman sadon ja talvehtimisen onnistumisen välillä. Pohjoisiin oloihin sopeutuneiden lajien ja lajikkeiden viljelyvarmuus on parempi; toisin sanoen niiden koko vuoden sato menetetään esimerkiksi talvituhojen seurauksena

Lumi suojaa talvehtivia kasveja pakkasvaurioilta. Lumikerroksen alla talvehtivat kasvit eivät altistu kovimmille pakkasille. Pensaiden ja puiden silmujen on kestettävä lämpötilassa tapahtuvat muutokset talven aikana.



Lämpötilalukema kertoo alimman pakkaslämpötilan, joka alueella voi esiintyä 15 vuoden aikana.



Hedelmäpuiden ja puuvartisten koristekasvien menestymisvyöhykkeet. Lähde: Solantie 1988.

paljon harvemmin kuin samoihin olosuhteisiin tuotujen eteläisten lajikkeiden sato.

Hedelmäpuut ja marjapensaat ovat monivuotisia ja tuottavat satoa vuosikymmenien ajan. Ne eivät ole suojaavan lumipeitteen alla talvella vaan altistuvat koville pakkasille. Hedelmätarhaan istutettavien lajien ja lajikkeiden tulee kestää hyvin monenlaisia talven sääoloja. Erityisesti talven alin pakkaslämpötila määrittää viljelyn levinneisyyttä. Suomi voidaankin jakaa kahdeksaan puutarhakasvien menestymisvyöhykkeeseen sen perusteella, kuinka todennäköisiä ankarien pakkasten esiintyminen on 15 vuoden aikana.

Suomessa sataa riittävästi – mutta väärään aikaan

Sateen määrä kasvukauden aikana on Suomessa yleensä riittävä. Ongelmia peltokasvien tuotannolle aiheuttaa sateen epätasainen jakautuminen kasvukauden aikana. Keväällä esiintyy yleisesti kuivuusjaksoja, kun taas syksy on sateinen. Kevään kuivuus voi haitata kevätkylvöisten kasvien itämistä ja myöhemmin tähkän ja jyvänaiheiden kehitystä. Vaikka kevätkuivuuden aiheuttamia ongelmia ei havaita kasvien lakastumisina, voidaan **satopotentiaalia** eli mahdollisuus korkeimpaan mahdolliseen satoon menettää. Kevätkuivuuden seurauksena menetettyä satopotentiaalia ei enää pystytä korjaamaan vaikka kasvukauden lopulla sateen määrä olisi sopiva.

Syksyn sateisuus puolestaan vaikeuttaa sadonkorjuuta ja voi alentaa erityisesti viljojen **sadon laatua**. Korkean satopo-

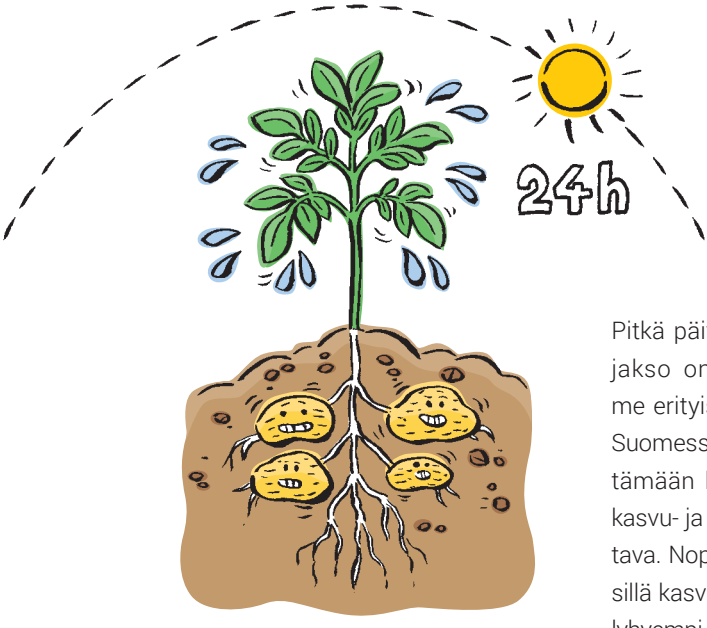
Kasvilaji ja -lajike. Kasvilajeja ovat esimerkiksi peruna ja ohra. Jokaisella lajilla on runsaasti jalostettuja lajikkeita, joiden ominaisuudet vaihtelevat. Esimerkiksi perunalajikkeita on jalostettu soveltuvaksi erilaisiin käyttötarkoituksiin. Nopeakasvuiset lajikkeet soveltuvat varhaisperunaksi, hidaskasvuisemmat talviperunaksi ja pitkään varastointikauteen. Kaupassa perunalajikkeet on jaoteltu niiden tärkkelyspitoisuuden mukaan. Perunalajikkeet, joiden tärkkelyspitoisuus on pieni, soveltuvat hyvin perunasalaatteihin ja keittoihin. Paljon tärkkelystä sisältävät lajikkeista taas saa hyvin perunasosetta.

Viljoilla lajikkeiden **aikaisuus** on ollut tärkeä jalostuksen kohde Suomessa. Aikaisuudella tarkoitetaan nopeaa kasvurytmiä ja lyhyttä kasvuaikavaatimusta. Ohralajikkeet voidaan jakaa aikaisuuden perusteella ryhmiin. Aikaiset lajikkeet soveltuvat viljelyyn myös pohjoisimmassa Suomessa, missä kasvukausi on lyhin. Aikaisten ohralajikkeiden kasvuaika voi olla 85 vuorokautta ja myöhäisten hieman alle 100 vuorokautta. Aikaisia lajikkeita voi viljellä myös Etelä-Suomessa, mutta tällöin ei hyödynnetä koko kasvukautta ja sadon määrä jää pienemmäksi kuin alueellinen satopotentiaali sopivia lajikkeita viljeltäessä olisi. Kasvin perimästä johtuva nopea kehitysrytmi ei anna mahdollisuuksia suurempaan sadontuottokykyyn. Myös helle- ja kuivuusjaksot voivat nopeuttaa kasvien kehitysrytmiä ja pienentää satoa.

tentiaalin lajikkeet vaativat pidemmän kasvukauden tuleentuakseen kuin alhaisemman satopotentiaalin lajikkeet. Tämän seurauksena satoisien lajikkeiden puinti ajoittuu myöhään syksylle ja riski sadon laadun huononemiseen on suurempi. Ilmastomuutoksen myötä kevätkuivuus ja syyssateisuus saattavat olla muuttumassa entistä äärevämpiin sadeolosuhteisiin läpi vuoden, kun myrskyiksi kasvavien sateiden ennustetaan yleistyvän.

Viljelykasvit mittaavat päivän pituutta

Suomessa valo-olot ovat hyvin erityiset pohjoisesta sijainnista johtuen. Valojakson pituus eli päivänpituus on suuri heti kasvukauden alkaessa. Myös valon intensiteetti, joka vaikuttaa kasvien yhteyttämistehokkuuteen, on korkea jo varhain keväällä. Pitkä päivä nopeuttaa viljelykasvien kehitysrytmiä pidentämällä päivittäistä fotosyntee-



Pitkä päivänpituus eli pitkä valojakso on tuotantoympäristömme erityispiirre. Pohjoisimmassa Suomessa kasvit pystyvät yhteyttämään keskikesällä läpi yön ja kasvu- ja kehitysnopeus onkin valtava. Nopeaa kasvua tarvitaankin, sillä kasvukausi on huomattavasti lyhyempi kuin Etelä-Suomessa. Pitkä päivä myös lisää joidenkin aromaattisten yhdisteiden muodostumista ja yrttien ja maustekasvien maku voi olla vahvempi.

siin sopivaa aikaa ja vaikutus on viileän ja lauhkean ilmaston oloissa sitä suurempi mitä korkeampi lämpötila on. Monien viljelytoimien tavoitteena on hyödyntää nimenomaan kevään valo-olot mahdollisimman tehokkaasti. Tämä tarkoittaa mahdollisimman aikaista kylvöä sekä sitä, että keväällä kylvettävillä lajeilla maan pinta on mahdollisimman nopeasti yhteyttävän lehtipinta-alan peitossa.

Kasvinjalostuksen ja valinnan myötä monien viljelykasvien päivänpituusvaatimus on poistunut ja viljelyyn on jalostettu päiväneutraaleja lajikkeita. Esimerkiksi peruna, jonka alkuperä on Etelä-Amerikan Andeilla, on alun perin lyhyen päivän kasvi ja se tuotti maanalaisia mukuloita ainoastaan riittävän lyhyessä päivässä. Ensimmäiset Suomeen tuodut perunat eivät välttämättä tuottaneet mukuloita vaan ainoastaan maanpäällisiä marjoja. Jalostuksen myötä viljelyssä olevat perunalajikkeet ovat päiväneutraaleja ja ne voivat tuottaa mukulasadon jopa Lapin yöttömässä yössä. Perunalajikkeiden välillä esiintyy kuitenkin eroja niiden herkkyydessä pitkälle päivälle ja peltokokeita tarvitaan viljelyyn parhaiten sopivien lajikkeiden löytämiseen.

3.3 Peltomaan ominaisuudet

Ilmastollisten tekijöiden lisäksi **maaperäominaisuudet** vaikuttavat viljelykasvien menestymiseen ja satoisuuteen. Kasvilajille annetuissa viljelyohjeissa on usein kuvattuna sille soveltuva **maalaji** sekä **maan happamuus**. Maalajit luokitellaan maassa esiintyvän kivennäisaineksen sisältämän **maalajitteen** sekä **orgaanisen aineksen** perusteella. Kivennäismaan lajitteet luokitellaan niiden raekoon perusteella lohkareista ja kivistä savekseen. Kivennäismaan maalaji ja sen ominaisuudet viljelyssä määräytyvät sen maalajitteen mukaan, mitä esiintyy eniten. Kun maassa on orgaanista ainesta yli 20 %, se luokitellaan orgaaniseksi maaksi. Orgaanisten maiden luokittelu perustuu orgaanisen aineksen määrän ohella niiden syntytapaan. Multamaissa orgaanista ainesta on 20–40 % ja turvemaissa yli 40 %. Kivennäismaiden luokitteluun voidaan lisätä myös maininta orgaanisen aineksen määrästä. Kivennäismaan orgaanisen aineksen määrää kuvaavat määreet vähämultainen, multava ja runsasmultainen.

Viljelijä tuntee peltonsa maalajit ja erityispiirteet

Viljelijät tuntevat peltolohkojensa maalajit ja maan ominaisuudet ja pystyvät päättelemään, **mitä kasvilajeja kannattaa viljellä**. Maalaji vaikuttaa erityisen paljon maan **vesitalouteen** ja siihen, kuinka helposti viljelykasvit kärsivät kuivuudesta. Karkeimmilla maalajeilla, joiden raekoko on suuri, vesi ei

Hikevillä maalajeilla vesi nousee kapillaarisesti alemmista maakerroksista kasvin juurien ulottuville.

nouse kapillaarisesti yhtä korkealle kuin pienemmästä raekoosta muodostuvilla hikevillä maalajeilla. Tämän seurauksena karkeiden hiekkamaiden kasvustot ovat usein alttiimpia kuivuudelle kuin sellaiset, joiden kasvualustassa eniten esiintyvä maalajite on esimerkiksi hieno hieta. Maalaji vaikuttaa myös **ravinteiden pidätyskykyyn**. Maalajitteet, joiden raekoko on pieni, pidättävät ravinteita paremmin kuin karkeat lajitteet. Tämä johtaa esimerkiksi siihen, että karkeilla hiekkamailla liukoisten ravinteiden huuhtoutumisriski on suurempi kuin hienojakoisilla mailla. **Viljelyohjeissa** voidaan todeta, että kasvilaji viihtyy parhaiten keveillä kivennäismailla tarkoittaen yleisimmin hienoa tai karkeaa hietaa tai hienoa hiekkaa.

Maan **happamuus** vaikuttaa suuresti viljelykasvin kasvuun ja satoisuuteen. Suomessa viljelymaat ovat luontaisesti happamia ja vaativat säännöllistä kalkitusta maan pH:n nostamiseksi. Viljelyohjeissa esimerkiksi kauran ja perunan todetaan viihtyvän verrattain alhaisessa pH:ssa 5,8–6,6, kun taas herne, härkäpapu tai öljykasvit vaativat pH:n 6–6,5.

Lannoitus ja **kalkitus** suunnitellaan maan happamuuden ja sen sisältämien ravinnemäärien perusteella. Pellon ravinnetila selvitetään vähintään viiden vuoden välein tehtävän **viljavuustutkimuksen** perusteella. Tutkimuksessa analysoidaan maan multavuus ja happamuus sekä selvitetään eri ravinteiden määrän perusteella **maan viljavuusluokka**. Mikäli jonkin ravinteen määrä on viljavuusluokan perusteella huono tai välttävä, valitaan tavanomaisessa viljelyssä lannoitteeksi tuotteita, joissa kyseisen ravinteen määrä on pellon ravinnetilaan nähden mahdollisimman sopiva.

Maan happamuutta kuvataan pH-arvon avulla. Se kertoo maaveden vetyioniaktiivisuudesta. Mitä korkeampi vetyioniaktiivisuus on, sitä matalampi on pH ja sitä happamampi on maa.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Maanäytteet kasvulohkoittain VIIKIN TUTKIMUSTILA, EERO LAMM Peltotuki Pro 2017.11

Vuosi 2017 29.09.2017 12:30:16 Sivu 5

Tilatunnus 091002063 Tilan nimi Viikki

Lohko: 0910040357A - Koirasuo, 11,28 ha (10-A)
Monivuotiset Rehunurmiseokset Timoteivalt. Säilörehunurmi 4. Vuosi

Nro	Tunniste	Pvm	Ala	Mult.	Maalaji	Ph	Ca	P	K	Mg	Cu	B	Mn	Zn	Mo	S
25	0910040357	11.11.2014	11,29		Mm	5,50	3100	9,20	220,	310,						79,00
26	0910040357	11.11.2014	11,29	rm	HtMr	5,90	3000	10,0	260,	300,						47,90
27	0910040357	11.11.2014	11,29	rm	KHt	5,80	2100	15,0	320,	240,						32,30

Lohko: 0910037125A - Kasarmipelto, 2,03 ha (14-A)
Ohra Harbinger

Nro	Tunniste	Pvm	Ala	Mult.	Maalaji	Ph	Ca	P	K	Mg	Cu	B	Mn	Zn	Mo	S	Na
32	0910037125	11.11.2014	1,93	m	HtMr	5,30	1700	18,0	300,	170,						34,40	
33	0910037125	11.11.2014	1,93	rm	HeS	5,30	1900	17,0	300,	220,						32,30	

Lohko: 0910037125B - Kasarmipelto, 0,16 ha (14-B)
Makea Lupiini Sonet

Nro	Tunniste	Pvm	Ala	Mult.	Maalaji	Ph	Ca	P	K	Mg	Cu	B	Mn	Zn	Mo	S	Na

Lohko: 0910001860A - Porvoontievarsi, 6,22 ha (15-A)
Ohra Harbinger

Nro	Tunniste	Pvm	Ala	Mult.	Maalaji	Ph	Ca	P	K	Mg	Cu	B	Mn	Zn	Mo	S	Na

Ohjelmalisenssi: VIIKIN TUTKIMUSTILA, MIIKA KAHELIN

Viljavuustutkimusta varten pelloilta otetaan näytekairalla edustava maanäyte ravinteiden määrän, maan multavuuden ja happamuuden määrittämistä varten.

Kalkituksella ylläpidetään maan kasvukuntoa. Kalkitusaine saa maassa aikaan reaktion, jossa happamuus neutraloituu. Pellot kalkitaan tarpeen mukaan yleensä noin viiden vuoden välein. Vaaleaa kalkitusainetta levitetään pellolle kerralla useamman vuoden tarvetta varten.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Maalajite	Raekoko (mm) rakennustekni-sessä luokituk-sessa
saves	alle 0,002
hiesu	0,002–0,02
hieno hieta	0,02–0,06
karkea hieta	0,06–0,2
hieno hiekka	0,2–0,6
karkea hiekka	0,6–2
sora	2–20
kivet	20–200
lohkareet	yli 200

Multavuusluokka	Muokkausker-roksen orgaa-nisen aineksen pitoisuus (%)
vähämultainen	alle 3
multava	3–5,9
runsasmultainen	6–11,9
erittäin runsasmultainen	12–19,9
multamaa	20–40
turvemaa	yli 40

Suomalainen maan kivennäisaineksen luokitus maalajitteen raekoon sekä multavuuden perusteella.

Maalaji määrittää pellon **viljelyominaisuudet** kuten **ravinteiden sitoutumispaikkojen määrän**. Hienojakoisessa saveksessa on runsaasti varastopaikkoja ravinteille ja saveshiukkasten pinnalla on negatiivinen varaus. Saves pystyykin pidättämään positiivisesti varautuneita kationeja kuten kalsiumia (Ca^{2+}), magnesiumia (Mg^{2+}), kaliumia (K^{+}), natriumia (Na^{+}) ja ammonium-muotoista (NH_4^{+}) typpeä hiukkastensa pinnalle. Maassa olevat alumiinin ja raudan oksidit pystyvät puolestaan sitomaan fosforia (PO_4^{3-}) ja molybdeeniä (MoO_4^{2-}). Pidättyneet ravinteet eivät ole vaarassa huuhtoutua maasta sade- tai valuntavesien mukana. Karkeilla maalajeilla, joiden hiukkaskoko on suurempi, sitoutumispaikkoja on vähemmän ja ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa. Negatiivisesti varautuneet maahiukkaset tai alumiinin ja raudan oksidit eivät pysty sitomaan negatiivisesti varautuneita ravinteita kuten nitraattityppeä (NO_3^{-}) tai kloridia (Cl^{-}). Nämä ravinteet ovat vapaana maanesteessä ja alttiina huuhtoutumiselle.

Maaperän kuntoa uhkaavat monet tekijät.

- eroosio
- orgaanisen aineksen väheneminen
- tiivistyminen
- saastuminen
- biologisen monimuotoisuuden väheneminen
- maaperän sulkeminen rakentamisella
- suolaantuminen
- tulvat ja maanvyörymät

Maan hyvän laadun säilyttäminen on tärkeää

Maaperä on suhteellisen ohut kerros maapallon pinnalla. Se on keskeinen biosfäärin osa, joka on vuorovaikutuksessa ilman ja veden kanssa. Maaperässä tapahtuvat toiminnot vaikuttavat sadon määrään ja biomassan tuotantoon, puhtaan veden riittävyyteen, vesistöihin joutuvaan ravinnekuormitukseen ja ilmakehään tapahtuviin kaasumaisiin päästöihin. Maassa elää erittäin monimuotoinen **eliöstö**, joka osaltaan muodostaa mittavan paikallisen geenivarannon. Maaperä on myös raaka-aineiden lähde, ja se on rakennusten sekä teiden alusta. Maaperän kunnon heikkeneminen alentaa muun muassa **viljellyn maan tuottavuutta** ja laatua sekä lisää maan kautta tapahtuvaa **ympäristökuormitusta**.

Maaperä on ruoantuotannon perusta. Sen ravinteisuus ja puhtaus vaikuttavat **ruoan ravitsemukselliseen arvoon ja turvallisuuteen**. Jotta kasvit yhteyttävät tehokkaasti, ne tarvitsevat maasta vettä ja siihen liuenneita ravinteita. Niiden ottoon kasvi tarvitsee hyvinvoivan juuriston. Maan laatu vaikuttaa ratkaisevasti juuriston toimintaa, ja sitä kautta kasvien kasvuun ja sadontuottoon.

Viljelymaan laatu koostuu **kemiallisista, biologisista** ja **fysikaalisista** tekijöistä. Kaikki tekijät ovat tärkeitä ja ne kytkeytyvät toisiinsa. Kemiallisista tekijöistä huolehditaan lannoittamalla ja kalkitsemalla kasvin vaatimusten mukaisesti ja pitämällä yllä maan mul-

Maaperä on uusiutumaton luonnonvara. Maaperässä tapahtuu fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia proseseja, jotka säätelevät **veden ja muiden aineiden kiertoa**. Maaperän eliöyhteisö on määrältään ja monimuotoisuudeltaan eli **diversiteetiltään** paljon suurempi kuin muu biosfääri. Maaperä mahdollistaa maa- ja metsätalouden harjoittamisen. Se on keskeinen tekijä yhteiskunnan toiminnassa kuten rakennusalustana ja raaka-aineiden lähteenä sekä ympäristönsuojelussa.

Maapallon jäästä vapaana olevasta **pinta-alasta kaksi kolmasosaa** käytetään ruoantuotantoon tai on asutuksen tai metsien peittämää. Väestönkasvun ja ilmastonmuutoksen seurauksena tarvitsisimme vuoteen 2050 mennessä kaksi kertaa enemmän maata kuin mitä sitä on tällä hetkellä vapaana. Tällaiseen maa-alan lisäämiseen ei ole mahdollisuutta. Samaan aikaan pinnoitamme 2 % parasta viljelymaata asfaltilla rakentaessamme teitä ja asutusalueita. Viljelymaasta on tullut 2000-luvulla kaupankäynnin kohde. Yksin Iso-Britannia ja Kiina ovat ostaneet Afrikasta Saksan kokoisen maa-alueen ruoantuotantoa varten.

tavuutta, kuten eloperäisen aineksen määrää ja hiilen varastoa. Biologinen kunto pysyy hyvänä, kun mikrobiston ja muun eliöstön elinolot tehdään suotuisiksi muun muassa lisäämällä maahan säännöllisesti eloperäistä ainesta niiden ruoaksi. Maan fysikaaliset tekijät riippuvat maan rakenteesta, jonka hoidon tavoitteena on vettä läpäisevä maaprofiili sekä kestävä muru- ja huokosrakenne. Hyvälaatuisessa maassa vesi ja ilma pääsevät liikkumaan. Maan rakennetta hoidetaan huolehtimalla, että maan kuivatus ja ojitus toimivat, maata ei muokata liikaa, maata ei tiivistetä koneilla ja että kasvinvuorotus on monipuolinen sisältäen syväjuurisia kasveja. Parhaillaan tutkitaan, miten voidaan edistää maatalousmaan kysyä sitoa hiiltä eli toimia hiilen nieluna. Vielä tällä hetkellä se on hiilen lähde.

/ kuva / Mervi Seppänen

Maan rakennetta voi tutkia lapiotestin avulla.

Sinimailasella on syvälle tunkeutuva pääjuuri. Kuvassa sinimailasen juuret ovat kääntyneet kasvamaan sivusuuntaan, koska maa on tiivistynyt kovaksi ja juurten kasvu on estynyt. Tällä pellolla maan tiivistymisen ovat aiheuttaneet lietelannan levityksessä ja säilörehun korjuussa käytetyt raskaat työkoneet.

/ kuva / Mervi Seppänen

/ Lehmät ovat laumaeläimiä / kuva / Sakari Alasuutari

3.4 Lajinmukainen hoito parantaa eläinten hyvinvointia

Eläinten hyvinvointi on noussut yhä tärkeämmäksi aiheeksi, josta kantavat huolta niin tuottajat kuin kuluttajat. Yleisimmät kotieläimemme naudat, lampaat, siat ja siipikarja ovat **laumaeläimiä**. Lajitoverien seura on tärkeää, mutta liian suuri ryhmä tai jatkuvat muutokset ryhmän kokoonpanossa aiheuttavat stressiä. Eläinlajin erityispiirteet tulee tuntea, jotta niille voidaan tarjota mahdollisimman lajinmukaiset, hyvinvointia tukevat olosuhteet. Pienet porsaat ja untuvikot esimerkiksi tarvitsevat hyvin lämpimän ympäristön, kun sen sijaan naudat viettävät mielellään aikaa ulkona talvipakkasillakin.

Rehustus on merkittävä kotieläinten hyvinvointiin vaikuttava tekijä. Rehuja tulee olla tarjolla riittävästi, etteivät eläimet joudu kilpailemaan rehusta ja kärsimään nälkää. Rehujen pitää myös tyydyttää eläimen ravitsemukselliset tarpeet niin, ettei se rupea kärsimään puutostaudeista eikä ruoansulatuskanavan toiminta häiriinny esimerkiksi liian vähäisen kuidun saannin takia. Märehtijät ja hevoset ovat selkeästi **kasvinsyöjiä**. Siat ja erityisesti siipikarja käyttävät luontaisesti **sekaravintoa**, tosin kasvipainotteisesti, mutta esimerkiksi hyönteiset sopisivat hyvin täydentämään niiden rehuannosta. Eläinten riittävä vedensaanti on myös varmistettava.

Ruokinnan suunnittelussa huomioidaan rehun energiasisältö suhteessa eläimen syöntikykyyn. Esimerkiksi isoa

/ kuva / Sakari Alasuutari

Nykyaikaisissa pihattonavetoissa lehmät saavat halutessaan rapsutuksen automaattiselta karjaharjalta.

Pahnueella tarkoitetaan samalla porsimiskerralla syntyneitä porsaita.

pahnuetta imettävä emakko tarvitsee maidontuotantoa varten hyvälaatuista rehua niin paljon kuin pystyy syömään. Porsaiden **vieroituksen** jälkeen maidontuotanto loppuu ja emakon energiantarve vähenee. Jos sille tarjotaan edelleen samaa erittäin energiapitoista rehua, täytyy rehun määrä rajoittaa hyvin pieneksi, ettei emakko liho liikaa. Pieni rehumäärä ei kuitenkaan tarjoa riittävästi vatsantäytettä vaan emakko kokee nälkää. Parempi vaihtoehto on antaa sille vähemmän energiaa sisältävää rehua ja kuitupitoisia virikerehuja, jolloin se saa syödä itsensä kylläiseksi ilman vaaraa liiallisesta lihomisesta.

Porsaiden ollessa pieniä rajoitetaan emakon liikkumista karsinassa, jotta porsaat eivät jää makuulle käyvän emakon alle ja ruhjoudu. Myöhemmin pahnue siirretään omaan karsinaan, jossa ne kasvavat yhdessä.

/ kuva / Sakari Alasuutari

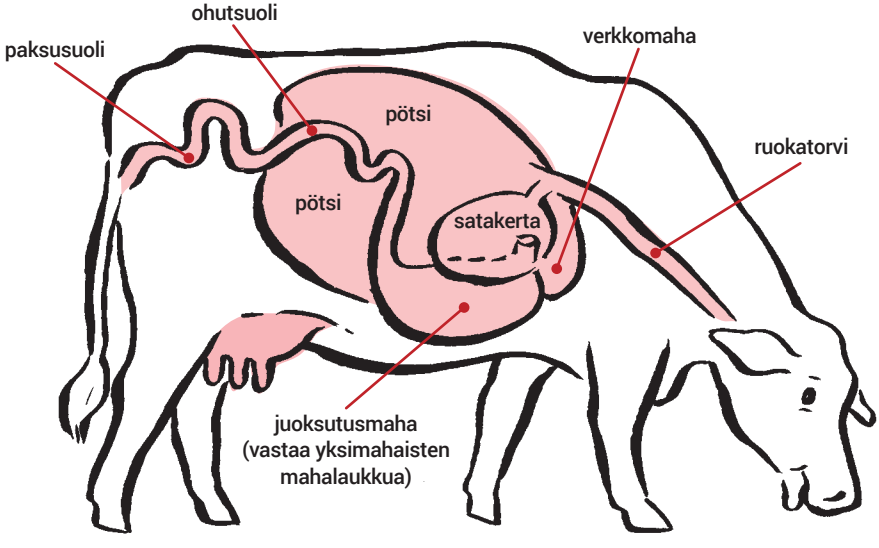
Mitä on tehokas kotieläintuotanto?

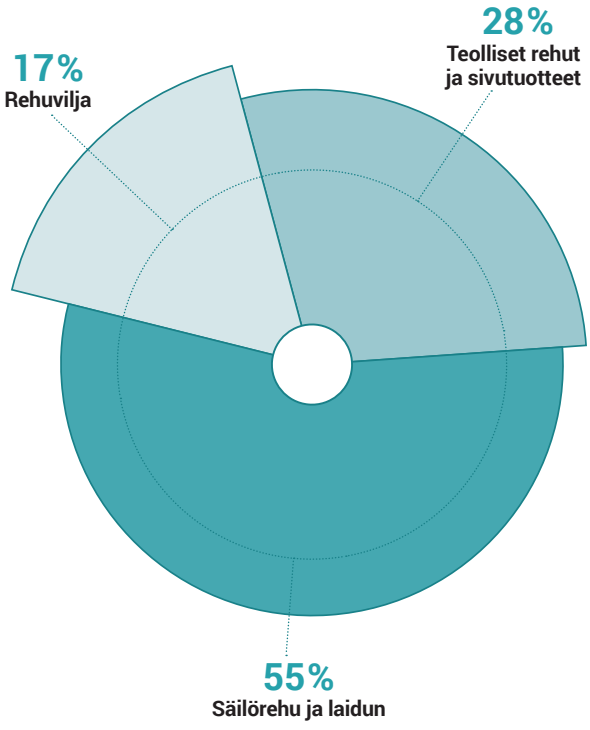
Kotieläintuotannon yhteydessä puhutaan usein tehokkaasta tuotannosta, mutta mitä se tarkoittaa ja milloin tuotanto on tehokasta? Onko kaikki muu kuin luonnonmukainen tuotanto tehokasta tuotantoa? Voiko luomutuotanto olla tehokasta? Jos ajatellaan kotieläinten tuotanto- ja kasvatusoloja, tämän päivän kotieläinten olosuhteet ja ruokinta ovat huomattavasti paremmat kuin esimerkiksi 1950-luvulla. Voisi ajatella, että tehokkaasta tuotannosta on kyse ainakin silloin, kun eläinten kasvatuksessa käytetään kasvuhormoneja tai antibiootteja tai eläinten kasvatusolot ovat huonot. Suomen kotieläintuotantoa edellä mainitut tekijät eivät koske, joten onko suomalainen kotieläintuotanto tällöin tehokasta tuotantoa?

Pötsi tekee lehmästä märehtijän

Märehtijöiden rehunsulatus on huomattavasti yksimahaisten eläinten rehunsulatusta monimutkaisempi. Ruoansulatuskanavan alkupäässä on iso, lypsylehmällä noin 100 litran vetoinen **pötsi-verkkomaha**, jossa monipuolinen mikrobisto aiheuttaa rehumassan fermentoitumisen eli käymisen. Lehmän ruokkiminen onkin oikeastaan näiden **pötsimikrobien** ruokkimista, ja niille sopii ravinnoksi kuitupitoinen nurmirehu, jota nisäkkäät eivät ilman mikrobien apua pysty käyttämään hyväkseen. Märehtiessä rehutuppo eli **märepala** nousee pötsistä ruokatorvea myöten lehmän suuhun. Lehmä jauhaa sitä noin minuutin ja nielaisee sen uudestaan. Rehukappaleiden koko pienenee ja rehuun sekoittuu sylkeä, mikä edistää rehun sulatusta pötsissä. Märehtiminen tarjoaa lehmille myös mielekästä tekemistä, joten ne eivät yleensä kärsi virikkeiden puutteesta tuotanto-olosuhteissa.

Ruoansulatuskanava on ”putki” joka alkaa suusta ja päättyy peräaukkoon, josta ulosteet poistuvat. Märehtijän ainutlaatuisen ruoansulatuskanavan muodostavat etumahat eli pötsi, verkkomaha ja satakerta, jotka anatomisesti ovat ruokatorven laajentumia. Juoksutusmaha vastaa yksimahaisten mahalaukkua. Ohutsuoli, paksusuoli ja peräsuoli ovat rakenteeltaan ja toiminnaltaan samantyyppisiä kuin yksimahaisilla eläimillä.





Lypsylehmien rehuannoksen keskimääräinen koostumus Suomessa vuonna 2016. Lähde: ProAgria.

Lehmän oma aineenvaihdunta saa käyttöönsä mikrobien aineenvaihdunnan lopputuotteita eli pötsin seinämän läpi **imeytyviä haihtuvia rasvahappoja**. Lehmän valkuaisaineiden saanti puolestaan perustuu pötsistä alempaan ruoansulatuskanavaan ruokasulan mukana kulkeutuvaan pötsissä muodostuneeseen mikrobimassaan. Pötsiä voi pitää evoluution huipputuotteena, joka mahdollistaa märehtijän menestymisen kuitupitoisia rehuja käyttäen ja ilman korkealaatuista kasvivalkuaista sekä helposti sulavia hiilihydraatteja (tärkkelys, sokeri).

Pötsillä on myös haittansa. Mikrobit hajottavat rehujen valkuaisaineita, jotka olisivat sellaisenaan käyttökelpoisia myös lehmälle. Lisäksi pötsikäymisessä muodostuu **metaania**, jonka määrä on merkittävä, keskimäärin 6 % rehujen sisältämästä kokonaisenergiasta. Metaani huonontaa rehun hyväksikäyttöä mutta on lisäksi merkittävä kasvihuonekaasu. Pötsin metaanintuotannon pienentämiseen on etsitty ratkaisuja monista eri keinoista ja tutkimustyö aiheen ympärillä on viime vuosina ollut hyvin aktiivista. On selvitetty erilaisten rehun mukana annettavien mikrobistoon vaikuttavien yhdisteiden sekä rehuannoksen koostumuksen vaikutuksia metaanin muodostumiseen pötsissä. Varsinaista läpimurtoa ei ole vielä saatu aikaan.

Yksimahaisten eläinten rehuhyötysuhde on huippuluokkaa

Vaikka lehmän pötsi antaa etulyöntiaseman kuitupitoisten rehujen käytössä, ovat **yksimahaiset** tuotantoeläimet eli siat ja siipikarja rehuhyötysuhteeltaan ylivoimaisia. Siat ovat tehokkaita viljan ja valkuaispitoisten elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntäjiä. Moderneissa sikaloissa käytetään usein

Sikojen ja siipikarjan rehuhyötysuhde on hyvä, ja niiden kyky muuntaa rehujen ravintoaineet lihaksi on märehtijöitä parempi.

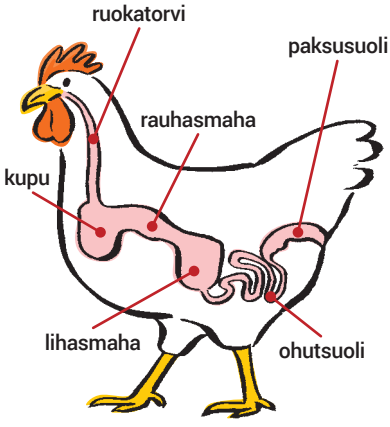
liemiruokintaa. Liemirehun koostumus optimoidaan tarkasti vastaamaan sikojen ravintoaineiden tarvetta aminohappotasolle asti. Sikojen valkuaisruokinta perustuu ohutsuolessa sulavien aminohappojen määriin, ja rehuannosta voidaan tarvittaessa täydentää synteettisillä aminohapoilla.

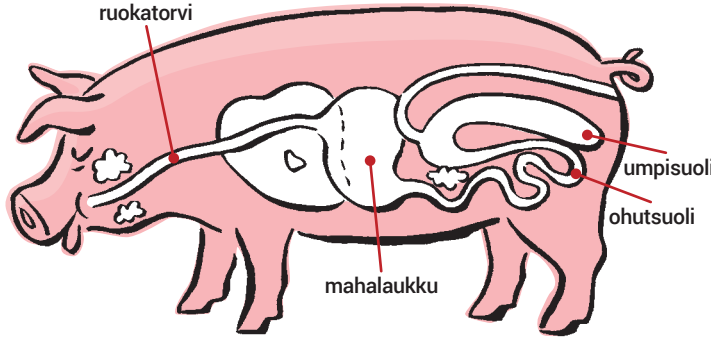
Lihasiipikarjan eli broilereiden ja erityisesti kalkkunoiden kasvunopeus on tuotantoeläinten huippuluokkaa. Pystyäkseen käyttämään kasvupotentiaalinsa täysin ne tarvitsevat erittäin hyvin sulavia ja runsaasti valkuaista sisältäviä rehuja. Lihasiipikarjan tuotanto on sopimustuotantoa, jossa maatalousyrittäjä ja lihanjalostusyritys tekevät tiivistä yhteistyötä eläinten hankinnan, hoidon ja ruokinnan osalta.

Sian ruoansulatus muistuttaa paljon ihmisen vastaavaa, ja sikoja voidaankin käyttää tutkimuksissa ihmisen ravitsemuksen mallina. Lintujen ruoansulatuskanavassa sen sijaan on useita ominaispiirteitä. Ruoansulatuskanavan alkupäässä on kupu, johon linnut voivat varastoida rehua ennen kuin se etenee ruoansulatuskanavassa. Linnuilla ei

/ kuva / Sakari Alasuutari

Porsaiden hännän typistäminen on yleinen tapa muun muassa Keski-Euroopassa. Sillä estetään se, etteivät siat pure toistensa häntiä ja aiheuta niihin vammoja ja tulehduksia. Suomessa porsaiden häntien typistäminen ei ole sallittua.





ole hampaita, joten rehumassa hienontuu lihasmahassa, jossa on myös kiviä tehostamassa hienonnusta. Vasta sen jälkeen rehu jatkaa kulkuaan rauhasmahaan, joka vastaa mahalaukkua, ja siitä eteenpäin suolistoon. Lintujen typpiaineenvaihdunta poikkeaa nisäkkäistä eikä niillä ole ollenkaan virtsarakkoa. Linnut erittävät tarpeettoman typen elimistöstään virtsahapon muodossa yhdessä ulosteen kanssa. Nisäkkäillä typpi erittyy virtsassa urean muodossa.

/ kuva / Sakari Alasuutari

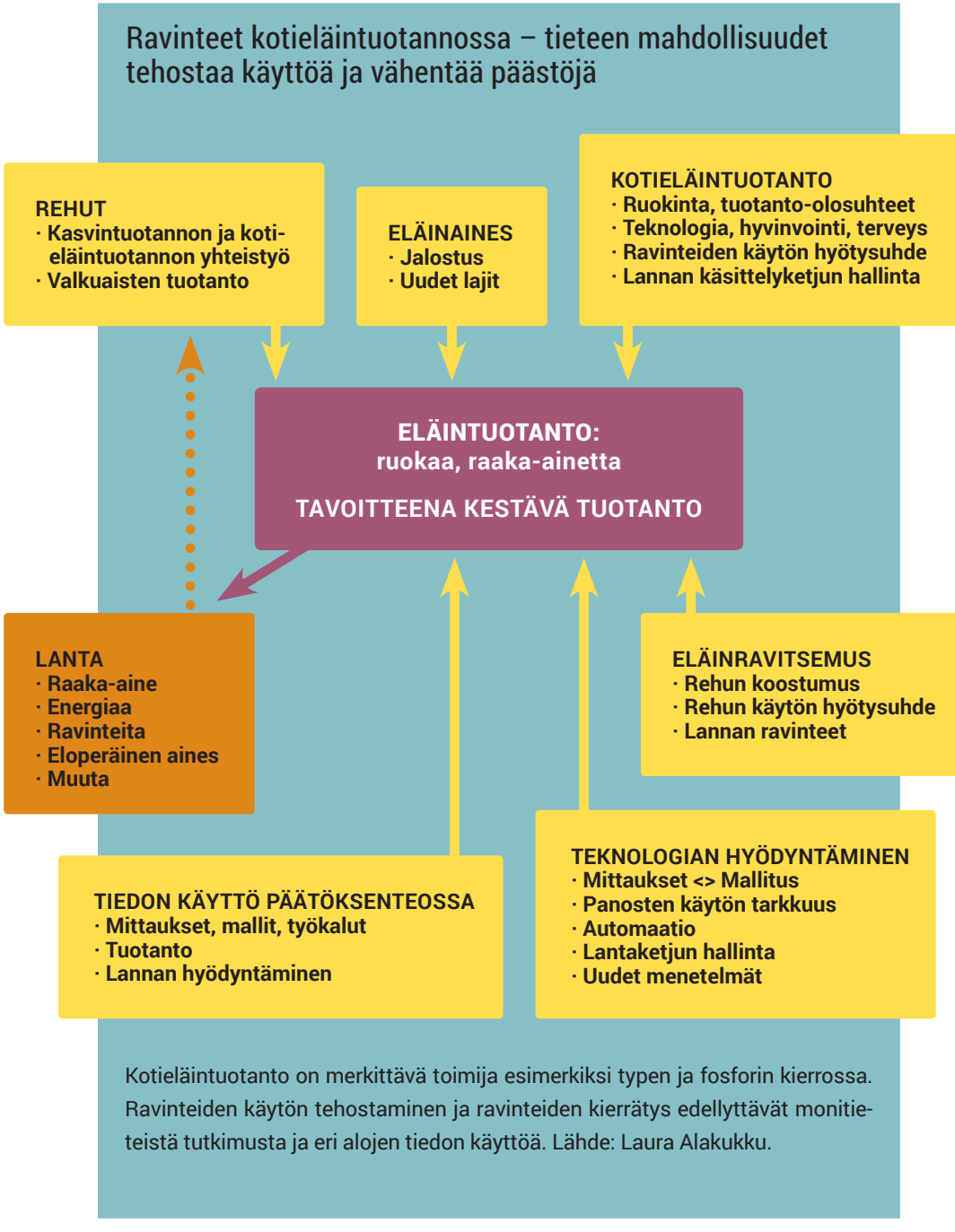
Fytaasientsyymi parantaa fosforin hyväksikäyttöä sikojen ruokinnassa

Tarkka ruokinta on tärkeää **tuotteiden laadun**, **tuotannon taloudellisuuden** ja **ympäristörasituksen pienentämisen** kannalta. Ruokintakokeissa määritetään rehujen energian, valkuaisen, aminohappojen ja fosforin eläimille tarpeellinen määrä tuotannon eri vaiheissa. Ruokintasuosituksia täsmennetään tutkimustulosten perusteella. Fosfori (P) on kasvien ja eläinten elintoiminnoille tärkeä kivennäisaine, mutta toisaalta vesistöihin valuva fosfori aiheuttaa rehevöitymistä. Kotieläinten rehuihin lisätään kivennäis- ja hivenaineita varmistamaan eläinten hyvä terveys ja tuotanto. Lisätyn fosforin määrä lasketaan tarkasti, sillä se on lisäkustannus ja lisää myös lantaan päätyvän fosforin määrää.

Viljan jyvät ovat sikojen pääasiallinen ravinto, ja ne sisältävät suhteellisen paljon fosforia. Jyvien fosfori on kuitenkin tiukasti sitoutuneessa muodossa fytiinihappona, jonka sulavuus sian ruoansulatuskanavassa on huono. Rehuun voidaan lisätä fytaasientsyymiä, joka hajottaa fytiinihappoa ja vapauttaa fosforia imeytymään sian elimistöön. Fytaasientsyymiä käytetään yleisesti sikojen rehuissa ja näin lantaan ja mahdollisesti vesistöihin päätyvän fosforin määrää on pystytty selvästi vähentämään.

Ympäristöön kohdistuvalla ravinnekuormituksella tarkoitetaan eläintuotannosta ympäristöön kulkeutuvia ravinteita, joista merkittävimmät ovat typpi ja fosfori. Ruokinnansuunnittelulla pyritään vähentämään ympäristökuormitusta antamalla eläimelle ravintoaineita vain sen verran kuin ne tarvitsevat, ei liikaa. Hyväksikäyttö kuvaa sitä osuutta typen tai fosforin saannista, joka pidättyy eläimeen.

Eläin käyttää osan pidättyneestä typestä ja fosforista solujen rakennusaineena, ja osa kulkeutuu varsinaiseen tuotteeseen eli maitoon, lihaan tai kananmuniin. Loppu erittyy eläimestä ulosteiden ja virtsan mukana lantaan. Lanta käytetään peltojen lannoitukseen, mutta osa lannan ravinteista karkaa ennen kuin se tulee kasvien käyttöön, mikä aiheuttaa ympäristöön ravinnekuormitusta. Maidontuotannossa typen hyväksikäyttö on noin 25–30 %, eli keskimäärin 70–75 % rehujen sisältämästä typestä päätyy lantaan. Naudanlihantuotannossa hyväksikäyttö on pienempi, mutta sian ja siipikarjantuotannossa hieman suurempi.



Kotieläintuotanto on merkittävä toimija esimerkiksi typen ja fosforin kierrossa. Ravinteiden käytön tehostaminen ja ravinteiden kierrätys edellyttävät monitieteistä tutkimusta ja eri alojen tiedon käyttöä. Lähde: Laura Alakukku.

/ kuva / Mervi Seppänen

04 RUOANTUOTANTO SUOMALAISILLA MAATILOILLA

Maatilat ovat monialaisia yrityksiä.

Pelto- ja puutarhakasveja viljellään erilaisia käyttötarkoituksia varten.

Maatilojen toiminta suunnitellaan huolella.

Viljelijältä vaaditaan yhä enemmän erilaisia taitoja. Lähde: MTK.

4.1 Maatilat ovat yrityksiä

Maatilat ovat Suomessa yleensä **perheyrityksiä**, joiden päätöksentekoon vaikuttavat samankaltaiset taloudelliset tekijät kuin muidenkin yritysten. Maatalousyrittäminen on hyvin **pääomavaltaista** eli yritystoiminnan aloittaminen vaatii pääoman sijoittamista viljelymaahan, tuotantoeläimiin, tuotantorakennuksiin, koneisiin ja laitteisiin.

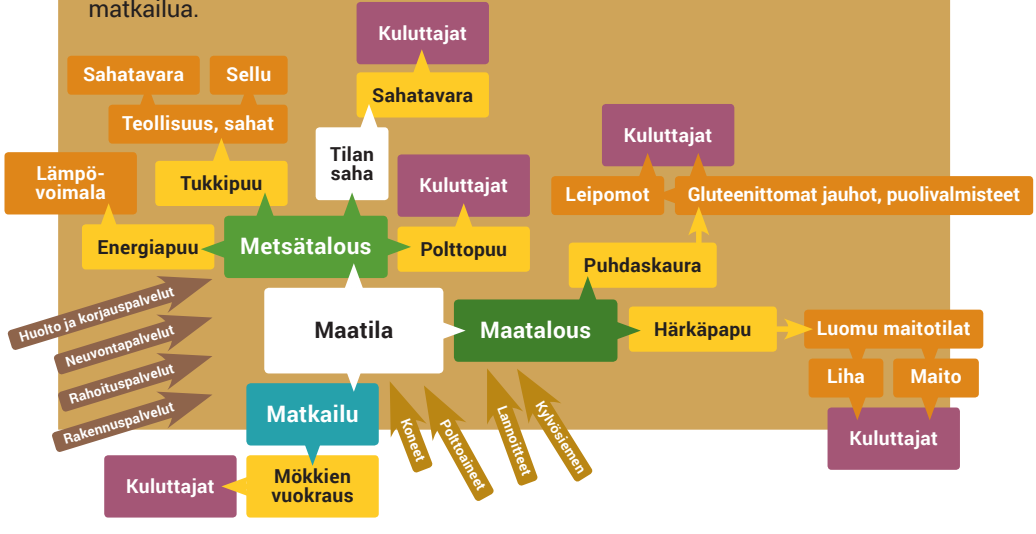
Maatilayritys siirtyy usein sukupolvelta toiselle juuri pääomavaltaisuuden, mutta myös perinteiden vuoksi. Suomessa kokonaisten maatilayritysten vuokraaminen on harvinaista. Maatilan yritystoiminnan kehittäminen on pitkäjänteistä ja esimerkiksi peltojen kunnossapitoon tehdyt investoinnit katetaan pitkäaikaisilla tuotoilla. Tilan kehittämiselle onkin tyypillistä ylisukupolvisuus eli työtä ja investointeja tehdään osittain jo seuraavan sukupolven toimeentuloa ajatellen.

Suomalaisten maatilojen **päätuotantosuuntia** ovat **kasvinviljely** ja **kotieläintuotanto**. Näiden lisäksi maatiloilla harjoitetaan muuta yritystoimintaa kuten metsätaloutta, tuotteiden suoramyyntiä ja jatkojalostusta, matkailua ja erilaista urakointia. Lähes kaikilla suomalaisilla maatiloilla harjoitetaan kasvinviljelyä. Osa maatiloista on erikoistunut puutarhakasvien avomaanviljelyyn tai kasvihuoneviljelyyn.

Kotieläintilojen osuus maatiloista on noin 30 %. Kotieläintiloilla harjoitetaan maidontuotantoa, naudan-, lampaan- tai sianlihantuotantoa, broilerien kasvatusta tai kananmunantuotantoa. Kotieläintiloilla tuotetaan yleensä ainakin osa rehuista itse ja peltojen lannoitukseen käytetään kotieläinten lantaa. Näin lannan ravinteet saadaan kierrätettyä takaisin rehuntuotantoon. Lisäksi Suomessa harjoitetaan porojen, mehiläisten, turkiseläinten ja kalojen kasvatusta.

Maatilojen toiminnassa yhdistyy usein monia toimialoja. Esimerkkinä olevalla luomutilalla yhdistetään maataloutta, metsätaloutta ja matkailua. Kasvinviljelytilan tuotteita ovat puhdaskaura ja härkäpapu. Viljat myydään myllyyn, joka valmistaa niistä jauhoja ja leseitä kuluttajalle sekä erilaisia puolivalmisteita elintarviketeollisuudelle kuten leipomoille. Härkäpapusato myydään luomutuotannossa oleville kotieläintiloille valkuaisrehuksi. Tilan metsästä myydään vuosittain tukkipuuta sahoille ja selluteollisuudelle sekä energiapuuta lämpövoimaloille. Tilasahalla tukkeja jatkojalostetaan laudoiksi ja lankuiksi. Lisäksi myydään polttopuita. Järven rannalla sijaitsevia mökkejä vuokrataan matkailijoille. Maatila ostaa erilaisia tuotantopanoksia kuten polttoainetta, orgaanisia ja kierrätyslannoitteita sekä kylvösiementä. Maatilan omistaminen on pääomavaltaista, sillä peltomaan ja metsien lisäksi runsaasti pääomaa on kiinni erilaisissa rakennuksissa ja koneissa. Maatila ostaa erilaisia neuvonta-, rahoitus-, rakennus- ja huoltopalveluita lähiseudun muilta yrittäjiltä.

Maatila voi toiminnassaan yhdistää esimerkiksi maa- ja metsätaloutta sekä matkailua.



4.2 Ruokaa ja rehua pelloilta ja puutarhoista

Kasvintuotanto jaetaan **pelto- ja puutarhakasvien** viljelyyn. Kasvinviljelytiloilla tarkoitetaan maatiloja, jotka ovat erikoistuneet peltokasvien viljelyyn. Puutarhakasveja puolestaan viljellään joko avomaalla tai kasvihuoneissa. Peltokasvit voidaan jakaa ihmisravinnoksi tarkoitetuiksi **ruokakasveiksi** ja tuotantoeläimille kasvatettaviksi **rehukasveiksi**. Näiden lisäksi voidaan viljellä energiantuotantoon tarkoitettuja **energiakasveja** tai muita **erikoiskasveja**, kuten mauste- ja kuitukasveja. Jos ajatellaan pellolla tuotettavia yhdisteitä, voivat viljelykasvit tuottaa joko tärkkelystä ja sokeria eli energiaa, valkuaisaineita, öljyjä tai kuituja.

Mitä peltokasveja Suomessa viljellään?

Suomessa viljeltyä peltoalaa on noin **kaksi miljoonaa hehtaaria** (2,27 milj. ha). Peltoalasta noin 1,1 miljoonalla hehtaarilla viljellään viljoja kuten ohraa, vehnää, kauraa ja ruista. Seuraavaksi merkittävimpiä viljelykasveja ovat nurmikasvit, joita viljellään runsaasti alueilla, joille maidontuotanto on Suomessa keskittynyt. Rypsi ja rapsi ovat tärkeimpiä öljy- ja valkuaiskasveja, sillä öljynpuristuksen sivutuotteena syntynyt rouhe on arvokasta valkuaisrehua tuotantoeläimille. Muita merkittäviä valkuaiskasveja ovat härkäpapu ja herneet, joiden osuus viljellystä peltoalasta on pieni mutta lisääntymässä.

Viljava ja puhdas maatalousmaa on meille suomalaisille arvokas luonnonvara, jonka säilyttäminen viljelykelpoisena ja kansallisessa omistuksessa on tärkeää ruokaturvamme kannalta. Huoli ilmastonmuutoksen aiheuttamista ongelmista ruokaturvassa on johtanut siihen, että maatalousmaa on yksi tulevaisuuden kansainvälisen kaupan kohteista.

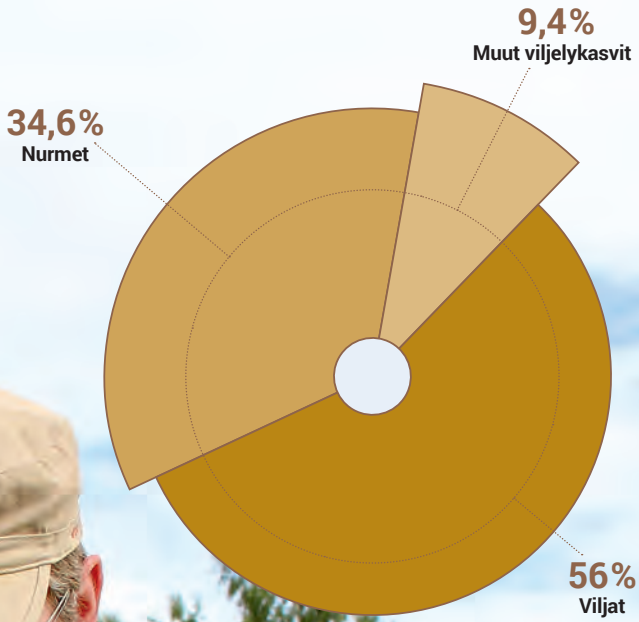
Peltokasveille on monia **käyttökohteita**. Ohrasato voidaan käyttää eläinten rehuksi, maltaan ja oluen valmistukseen, tärkkelyksen ja etanolin tuotantoon sekä muihin elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Sadon jalostava teollisuus tai ihmisten ja tuotantoeläinten ravitsemukselliset tarpeet määrittävät sadon laatutavoitteet.

Taulukkoon (s. 140) on koottu yleisimmät Suomessa viljeltävät peltokasvit ja joukko niin kutsuttuja erikoiskasveja, joiden viljely on vähäisempää tai viljelymenetelmät erikoistuneempia. Viljelijöiden kiinnostus erikoiskasvien viljelyyn on lisääntymässä. Lisäksi on joukko peltokasveja, joista ei korjata varsinaista satoa, vaan niitä viljellään niin kutsuttuina saneerauskasveina parantamaan maan rakennetta tai hillitsemään kasvitautien ja -tuhoeläinten määrää. Saneerauskasveja ovat esimerkiksi retikka ja keltasinappi.

Valkomesikkä / kuva / Anna-Leena Ylhäinen

Saneerauskasvit erittävät juuristostaan maahan niin kutsuttuja allelopaattisia yhdisteitä, jotka haittaavat maassa elävien tuhoeläinten, kuten peruna-ankeroisen, lisääntymistä. Saneerauskasveja voidaan viljellä esimerkiksi yksipuolisessa perunanviljelyssä välikasvina, joka katkaisee perunanviljelyn useana vuonna peräkkäin ja samalla voi parantaa maan rakennetta ja helpottaa kasvitautien ja tuholaisten torjunnassa.

Eri peltokasvien viljely-alan osuus kokonais-peltoalasta Suomessa. Lähde: Luke 2016.



	Sadon käyttökohteet	Erityispiirteitä
Vehnä	Ensisijaisesti leipävilja, heikkolaatuinen sato käytetään tuotantoeläinten rehuksi.	Vehnää kutsutaan leipäviljaksi, koska se sisältää sitkoa eli gluteeniä. Sitko muodostaa taikinaan verkkomaisen rakenteen, joka on välttämätön leivän kohotusvaiheessa. Sateisina syksyinä sitko sekä jyvän tärkkelys saattavat osittain hajota ja sen seurauksena viljaerä ei kelpaa leivontaan.
Ohra	Etupäässä rehuviljaksi tuotantoeläimille, osa viljellään erityistä viljelytekniikkaa käyttäen mallasohraksi tai entsyymimaltaaksi. Mallasohra käytetään oluen valmistukseen, entsyymimallas puolestaan viskin valmistukseen. Sato voidaan korjata myös tuleentumattomana kokoviljasäilörehuksi nautakarjalle.	Jokaiselle ohran käyttökohteelle on omat laatuvaatimuksensa, jonka sadon tulee täyttää. Esimerkiksi mallasohran laatuvaatimuksiin kuuluu riittävän suuri jyväkoko, hyvä siemenen itävyys ja matala valkuaispitoisuus. Viljelyssä käytetään erityisiä suurijyväisiä mallasohralajikkeita ja typpilannoitusta rajoitetaan, jotta jyvien valkuaispitoisuus ei kohoa liian korkeaksi.
Kaura	Kauraa käytetään rehuksi ja elintarvikkeiksi. Runsaasti uusia käyttökohteita kuten ”nyhtökaura” ja ”kaurapuuteri”. Osa viljellään erityistä huolellisuutta noudattaen keliaakikoille soveltuvaksi puhdaskauraksi.	Kaura sisältää runsaasti terveellistä ravintokuitua, beetaglukaania, ja sillä on todettu useita terveyttä edistäviä vaikutuksia kuten veren kolesterolitason hallinta ja veren sokeripitoisuuden vaihteluiden tasaaminen. Mm. näistä syistä uudet kauratuotteet kiinnostavat kuluttajia. Myös gluteiinittomuus antaa uusien kauratuotteiden kehittelylle runsaasti mahdollisuuksia.
Ruis	Käytetään elintarviketeollisuudessa leivän, suurimoiden, ja muiden ruispohjaisten tuotteiden valmistukseen.	Ruis on perinteinen suomalainen leipävilja, jolla on monia terveysvaikutuksia. Ruis sisältää sitkoa eli gluteeniä kuten vehnäkin, mutta se ei ole aivan vehnän sitkon veroista. Myös rukiilla syksyn sateisuus voi vaurioittaa sitkoa, jolloin ruisjauhon leivontaominaisuudet heikentyvät.
Rypsi ja rapsi	Luokitellaan öljykasveiksi. Öljyn puristamissa syntynyt rouhe on arvokas valkuaisrehu etenkin märehtijöille.	Valkuaisomavaraisuuden kannalta tärkeä viljelykasvi. Viljely vaatii erityistä huolellisuutta ja ammattitaitoa. Satoa uhkaavat monet kasvitaudit ja tuholaiset, jotka voivat aiheuttaa jopa koko sadon menetyksen. Viljelyä ei voi jatkaa samalla peltolohkolla vuodesta toiseen kasvitautien lisääntymisen johdosta vaan viljelyä samalla lohkolla suositellaan noin neljän vuoden välein. Vaatii verrattain pitkän kasvukauden, mikä rajoittaa viljelyn eteläisimpään Suomeen tai suotuisille peltolohkoille.

	Sadon käyttökohteet	Erityispiirteitä
Herne ja härkäpapu	Palkoviljoja, jotka luokitellaan valkuaiskasveiksi. Siemenet soveltuvat elintarvikekäyttöön ja tuotantoeläinten valkuaisrehuksi. Kasvisruoan suosion kasvaessa härkäpavun elintarvikekäyttö on lisääntymässä ja useita uusia elintarvikkeita on tullut markkinoille.	Valkuaisomavaraisuuden kannalta tärkeitä viljelykasveja, joiden viljely on yleistynyt merkittävästi viime vuosina. Typensitojakasveja, jotka eivät tarvitse juurikaan teollisia typpilannoitteita. Vaativat pitkän kasvuajan tuleentuakseen ja viljely onnistuu vain eteläisimmässä Suomessa. Palkoviljoja ei suositella viljeltäväksi samalla peltolohkolla peräkkäisinä vuosina kasvitauti- ja tuholaisriskien lisääntymisen takia.
Sokerijuurikas	Juurikkaat käytetään sokerin valmistukseen.	Tuotanto keskittynyt lähelle Suomen ainoaa sokeritehdasta Säkylään.
Peruna	Viljellään varhais-, ruoka-, siemen- tai tärkkelysperunaksi. Perunatärkkelystä käytetään paperiteollisuudessa kiiltävien paperilaatujen päällystämiseen sekä elintarviketeollisuudessa leivontaan, kiisseleihin ym.	Jokaiselle perunan käyttökohteelle on erikoistunut viljelytekniikka ja tarkoitukseen soveltuvat lajikkeet. Siemenperunatuotanto on keskittynyt Tyrnävän seudulle ja tärkkelysperunan tuotanto lähelle tärkkelystehtaita. Myös ruokateollisuusperunan tuotanto on runsaasti perunaa hyödyntävän teollisuuden lähistöllä. Perunan sisältämä valkuainen on laadukasta ja tärkkelysperunatehtaan tuotantoa kehitetään hyödyntämään kaikki perunan sisältämät arvokkaat jakeet. Tärkkelyksen ja valkuaisaineiden lisäksi perunan sisältämille glykoalkaloideille on käyttöä lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa ja jäljelle jäänyt kaliumpitoinen liemi on arvokas lannoitusaine.
Nurmikasvit	Viljellään rehuksi tyydyttämään märehtijöiden ja hevosten energian ja valkuaisen tarvetta. Sato korjataan pääosin säilörehuksi. Muita käyttökohteita ovat laitumet, kuiva heinä ja viherlannoitus.	Monivuotisia kasveja. Viljellään eri heinälajien tai heinien ja apiloiden seoskasvustona. Tärkeimpiä nurmiheiniä ovat timotei, nurminata ja ruokonata sekä nurmipalkokasveja puna- ja valkoapila, myös englannin raiheinän ja sinimailasen viljely yleistyy. Nurmikasvit sopivat hyvin suomalaiseen ilmastoon ja tuottavat paljon biomassaa pinta-alaa kohti. Nurmien biomassantuottopotentiaalia pyritään hyödyntämään yhä monipuolisemmin. Tulevaisuuden biojalostamo voi tuottaa mm. bioenergiaa, kemikaaleja ja materiaaleja teolliseen käyttöön sekä uusia myös yksimahaisille tuotantoeläimille sopivia rehutuotteita.
Tattari	Gluteiiniton epävilja, joka soveltuu myös keliaakikon ruokavalioon.	Hyvin vaatimaton viljelykasvi, jonka viljelyssä käytetään vain vähän typpilannoitusta. Hallanarka. Viljelyn kiinnostus lisääntymässä.

	Sadon käyttökohteet	Erityispiirteitä
Kumina	Käytetään erityisesti Keski-Euroopassa mausteena. Valtaosa sadosta menee vientiin.	Yli neljännes maailmalla käytetystä kuminasta tuotetaan Suomessa. Suomessa tuotetun kuminan myyntivaltti on jopa kolminkertainen aromaattisten öljyjen, kuten karvonin ja limoneenin, pitoisuus verrattuna Keski-Euroopassa viljeltyyn kuminaan.
Maissi	Sokerimaissia viljellään elintarvikekäyttöön myytäväksi tuoreina tähkinä toreilla tai itsepoimintana. Rehumaissia viljellään jonkin verran korvaamaan lähinnä nurmisäilörehua märehtijöiden ruokinnassa.	Pitkän kasvuajan vaativa viljelykasvi, jonka siemensato ei ehdi valmistua Suomessa. Tämän vuoksi sato käytetään tuoretähkinä tai koko kasvi korjataan rehuksi. Hyötyy korkeasta typpilannoituksesta ja voi tuottaa hyvin korkeita satoja.
Speltti-vehnä	Viljellään siementen korkean ravintoarvon ja maukkauden vuoksi.	Viljellään etupäässä syyskylvöisiä lajikkeita, joiden ongelmana on heikko talvenkestävyys. Siemenen kivennäis- ja hivenainepitoisuus korkea.
Ruisvehnä	Viljellään rehuviljaksi.	Rukiin ja vehnän risteytys. Hyvin satoisa syysvilja, jonka viljelyä rajoittaa lajikkeiden heikko talvenkestävyys.
Hamppu	Öljyhamppua viljellään ravintorikkaan siemensadon vuoksi. Voidaan syödä sellaisenaan tai käyttää esimerkiksi hamppusipsien valmistukseen. Kuituhamppua viljellään erikoispaperien valmistukseen tarvittavan selluloosan vuoksi, rakennuseristeiksi tai suuren biomassan tuotannon vuoksi bioenergiaksi.	Perinteinen suomalainen viljelykasvi. Viljelyssä käytettyjen lajikkeiden huumaavien aineiden pitoisuus (THC-pitoisuus) on alle 0,2 % eikä niitä voida käyttää huumaustarkoitukseen.
Pellava	Öljy- ja kuitupellava. Öljypellavan siemeniä voidaan käyttää leivissä tai syödä sellaisenaan. Puristettua öljyä käytetään maaleissa. Kuitupellavaa on perinteisesti viljelty kuitusadon vuoksi pellavakankaiden valmistukseen.	Vaatimaton viljelykasvi ja sopii hyvin luomutuotantoon. Pellavaa voidaan käyttää yksipuolisen viljanviljelyn katkaisevana välikasvina, joka voi vähentää kasvitautien määrää.

	Sadon käyttökohteet	Erityispiirteitä
Kinua tai kvinoa	Sopii keliakiaa sairastaville ja viljellään etupäässä gluteiinittomuuden vuoksi.	Sopii viljelytekniikkansa puolesta hyvin luomutuotantoon. Siemenen ravintoarvo korkea, runsaasti valkuaista ja hyvä aminohappokoostumus.
Ruistankio eli camelina	Viljellään öljyn erinomaisen rasvahappokoostumuksen vuoksi. Käytetään esimerkiksi margariinissa.	Vanha öljykasvi, jota viljellään rypsin ja rapsin tavoin. Camelinaöljy sisältää ihanteellisessa suhteessa omega-3 ja omega-6 rasvahappoja. Camelinalajikkeiden jalostus on vähäistä verrattuna rypsiin ja rapsiin ja siten satoisuus tai viljelyominaisuudet eivät aivan muiden öljykasvien luokkaa.

> Suomalainen kuluttaa vuodessa 3 kg ohraa, 6 kg kauraa, 15 kg ruista ja 46 kg vehnää. Kotieläinten jalostamina maitotuotteina ja naudanlihana suomalainen ”syö” noin 3,7 kg nurmisäilörehua päivässä.

Puutarhakasveja viljellään avomaalla ja kasvihuoneissa

Avomaalla viljeltäviä puutarhakasveja ovat erilaiset **vihannekset**, **marjat**, **hedelmät** ja **taimet**. Viljeltävistä vihanneksista tärkeimpiä ovat tarhaherne, ruokasipuli, porkkana ja muut juurekset kuten lanttu, nauris sekä erilaiset kaalit ja salaatit. Viljeltävistä marjoista tärkeimpiä ovat mansikka, herukat ja vadelma ja viljeltävistä hedelmistä omena. **Kasvihuoneissa** viljellään etupäässä vihanneksia kuten tomaattia ja kurkkua sekä ruukkusalaatteja, koristekasveja ja taimia. Puutarhatuotanto on hyvin intensiivistä ja erikoistunutta ja vaatii useimmissa tapauksissa runsaasti ihmistyövoimaa. Viljeltävät alat ovat peltokasveihin verrattuna pieniä; avomaan viljelyn laajuus on noin 16 600 hehtaaria ja kasvihuoneviljelyn noin 400 hehtaaria. Pienemmästä pinta-alastaan huolimatta puutarhatuotannon arvo koko maataloustuotannosta on merkittävä.

/ kuva / Anna-Leena Yläinen

Hyvän pullataikinan salaisuus piilee jauhoissa. Vehnäjauhojen proteiini koostuu erikokoisista proteiinimolekyyleistä ja etenkin suurikokoisten molekyylien määrä vaikuttaa positiivisesti leivontalaatuun. Taikinaa vaivatessa proteiinimolekyyleistä muodostuu verkkomainen rakenne, joka sitoo hiivan tuottaman hiilidioksidin ja taikina kohoaa. Jyvän tärkkelys puolestaan sitoo vettä ja tekee pullasta mehevän. Sateisina syksyinä viljojen puinti saattaa viivästyä ja kosteus aiheuttaa tähkäidäntää. Nimensä mukaan jyvät itävät tähkissä ja niihin varastoituja valkuaisaineita ja tärkkelystä hajoaa. Samalla leivontaominaisuudet on menetetty. Keinoina estää tähkäidäntä on sopivien vehnälajikkeiden valinta viljelyyn ja viljelytekniikan hallinta. Esimerkiksi keskieurooppalaiset lajikkeet ovat sopeutuneet pitkään kasvukauteen ja niiden valmistuminen puintikypsiksi tapahtuu meillä liian myöhään syksyllä. Tämä lisää myös tähkäidännän todennäköisyyttä.

Tähkäidäntää ohrassa.

/ kuva / Mervi Seppänen

/ kuva / Sakari Alasuutari

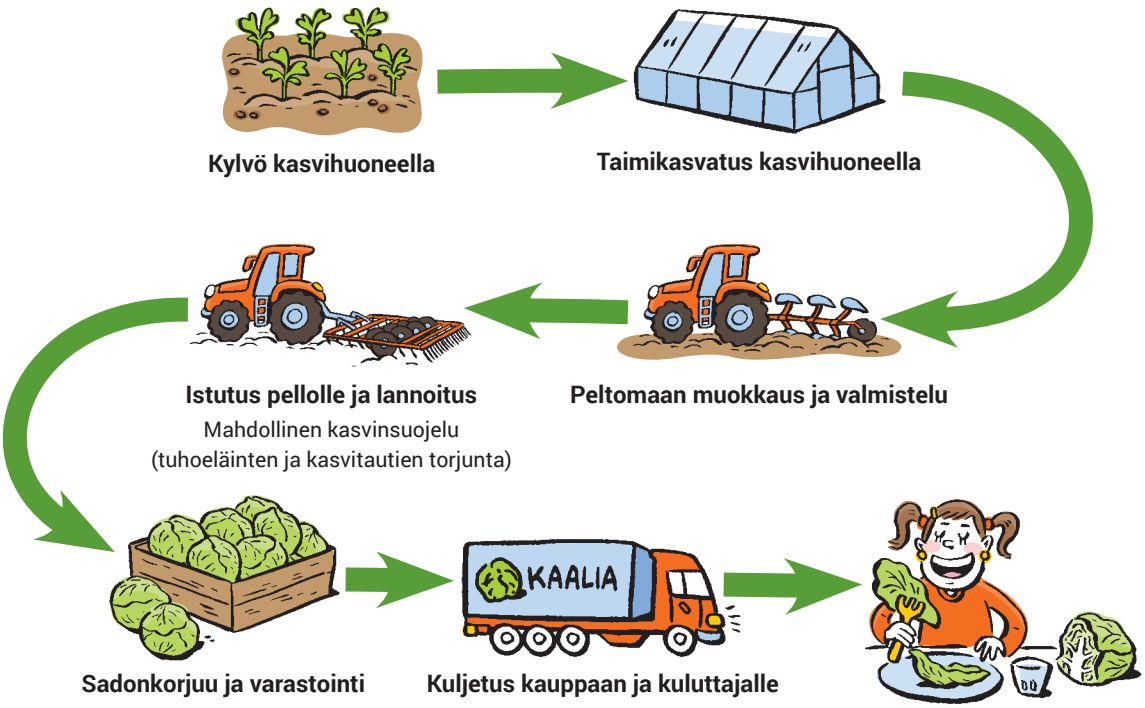
/ kuva / Mervi Seppänen

/ kuva / Sakari Alasuutari

Kasvihuoneessa on mahdollista hallita eri kasvutekijöitä, kuten lämpötilaa, veden ja ravinteiden määrää tai valo-oloja, hyvin tarkasti. Uusin kasvihuoneteknologia mahdollistaa viljelyn täysin suljetussa ikkunattomassa tilassa, niin kutsutuissa **kasvuhuoneissa**, monikerrosviljelynä. Suuri sato kasvihuoneessa on monien tekijöiden summa, mutta uusimpien LED-valojen avulla on kasvihuonesalaattien kasvua pystytty nopeuttamaan huomattavasti, tuotteiden laatu on parempi ja tuotannossa säästyy energiaa.

Avomaalla puutarhakasvien viljelyyn liittyy monia vaiheita, jotka vaativat erikoisosaamista ja tuotantoon soveltuvia koneita ja rakennuksia. Vihannesten varastointiin tarvitaan tiloja, joiden lämpötilaa ja kosteusoloja voidaan säädellä tarkasti. Monien puutarhakasvien vuoden aikana tapahtuvat viljelytoimet poikkeavat huomattavasti peltokasveista. Puutarhakasveista esimerkiksi kaalien pitkä kasvuaika vaatii taimikasvatusvaiheen kasvihuoneessa.

Valkokaalin vuosi



Avomaalla puutarhakasvit peitetään usein keväisin harsoilla. Niiden avulla nopeutetaan kasvua ja torjutaan yöpakkasten aiheuttamia tuhoja.

/ kuva / Sakari Alasuutari

/ kuva / Sakari Alasuutari

Ennen lypsyä lehmän utareet pestään ja robotti lypsää lehmän. Kun lypsy on suoritettu ja rehuannos syöty, lehmä jatkaa matkaansa muiden lehmien pariin.

4.3 Kotieläimet muuntavat rehut lisäarvotuotteiksi

Kasvintuotanto ja pellonkäyttö nivoutuvat tiiviisti kotieläintuotantoon, sillä yli puolet Suomen peltoalasta käytetään rehuntuotantoon. Kotieläintuotanto on pitkälle automatisoitua ja eläinyksiköiden koko on kasvanut merkittävästi viime vuosina.

Maidontuotannossa automaatio käytössä

Lypsykarjatilojen määrä on vähentynyt pitkään, mutta toimintaansa jatkavat tilat ovat yhä isompia ja teknologia korvaa ihmistyötä rehustuksessa, lypsyssä ja lannanpoiston hoitamisessa. Vuonna 2016 Suomessa oli alle 8 000 lypsykarjatilaa ja 283 000 lehmää. Nykyaikaiset navetat ovat avaria halleja, joissa lehmät liikkuvat vapaasti makuupaikkojen eli -parsien ja ruokintapöydän välillä. **Pihatoissa** lehmät lypsetään **lypsyasemalla** tai automaattisella lypsy-yksiköllä eli robotilla. Lypsytyö on fyysisesti raskasta ja se täytyy tehdä kahdesti päivässä vuoden jokaisena päivänä. Lypsyrobotti keventää huomattavasti karjanhoitajan työtä ja monissa uusissa navetoissa päädytään lypsyrobotin käyttöönottoon. Robotit myös mahdollistavat sen, että lehmä voi käydä halutessaan lypsyllä.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Lehmien syöntiä ja liikkumista seurataan pihattonavetan yhteydessä olevasta valvomosta. Lisäksi tietokoneet keräävät lehmistä monenlaista tietoa, jota voidaan käyttää esimerkiksi eläinten hyvinvoinnin ja terveyden arvioinnissa.

Poikiminen käynnistää maidontuotannon

Lehmän **maidontuotanto** alkaa siitä, kun se synnyttää vasikan eli **poikii**. Ensimmäisen kerran lehmä poikii noin kaksivuotiaana. Poikimisen jälkeen maidontuotanto nousee nopeasti, saavuttaa huipun noin kuukausi poikimisen jälkeen ja alkaa sitten pikkuhiljaa laskea päättyen kahta kuukautta ennen seuraavaa poikimista, jolloin lehmä laitetaan **umpeen** eli maidontuotanto loppuu. Heti poikimisen jälkeen lehmä lypsää muutaman päivän ajan **ternimaitoa**. Ternimaidossa on runsaasti vasikalle tärkeitä vasta-aineita ja sen koostu-

Tiesitkö, että lypsyrobotteja on ollut Suomessa käytössä jo vuodesta 2000 ja toisin kuin monella muulla alalla, robotiikka on ollut maataloudessa arkipäivää jo pitkän aikaa? Lehmät menevät lypsylle omien aikataulujensa mukaan robotilta saamansa maittavan rehun houkuttelemana. Lehmien kaulapannassa olevan tunnisteen perusteella robotti rekisteröi lehmän tuottaman maitomäärän ja annostelee rehun.

/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

mus ja maku poikkeavat meille tutusta maidon mausta. Ternimaito käytetään vasikoiden ruokintaan tai esimerkiksi perinteisen uunijuuston valmistamiseen. Vasikalle maito on tärkein ravinto ensimmäisten kahden kuukauden ajan. Vasikka alkaa harjoitella muiden rehujen syömistä heti syntymän jälkeen, ja maitoruokinnan päätyttyä se on kehittynyt märehtijäksi, joka saa ravintonsa karkea- ja väkirehuista aikuisten nautojen tapaan. Keskimäärin suomalainen lehmä lypsää vuodessa noin 9 200 litraa maitoa. Lehmäyksilöiden erot ovat kuitenkin suuria ja parhaimmat lehmät yltävät jopa kaksinkertaiseen tuotokseen.

Maidon- ja lihantuotanto yhdessä pienentää hiilijalanjälkeä

Suurin osa maitorotuisista lehmävasikoista kasvatetaan uusiksi **lypsylehmiksi**, kun taas **sonnit** kasvatetaan lihantuotantoon. Parhaiden lypsylehmien ja isäsonnien sonnivasikoista valitaan joitain lupaavimpia yksilöitä uusiksi sonneiksi keinosiemennyskäyttöön. Noin 85 % Suomessa tuotetusta naudanlihasta tuotetaan **yhdistelmätuotantona** lypsylehmien sonnivasikoista ja maidontuotannon päättävistä lehmistä. Yhdistelmätuotannon aiheuttama tuotannon

Maito muodostuu lehmän utareessa maitoa erittävissä soluissa. Maidontuotannon määrälle on tärkeää, että lehmä saa rehuistaan riittävästi energiaa ja ravintoaineita maidonmuodostuksen lähtöaineiksi. Lehmä lypsetään yleensä kaksi kertaa päivässä, mutta lypsyrobottitiloilla lehmä voi mennä lypsylle halutessaan, yleensä vähän useammin.

hiilijalanjälki on pienempi kuin liharotuisiin nautoihin perustuvassa tuotannossa.

Vasikat kasvavat nopeasti, sillä ne lisäävät elopainoaan noin kilon vuorokaudessa. Kasvaminen täysikasvuiseksi kestää noin kaksi vuotta, jolloin aikuinen lehmä painaa noin 600 kg. Aikuisen sonnin paino on yli 1000 kg. Lihantuotantoa varten sonnit teurastetaan noin 700 kg:n painoisina. Kun lehmävasikka eli **hieho** on reilun vuoden ikäinen, se siemennetään. Lehmän tiineys eli aika siemennyksestä poikimiseen kestää yhdeksän kuukautta. Maidontuotannolle edullisinta olisi, jos lehmät poikisivat noin vuoden välein. Lehmät voivat olla hyvinkin pitkäikäisiä ja poikia jopa kymmenen kertaa. Usein lehmä poistetaan karjasta aikaisemmin huonon utareterveyden, jalkaongelmien tai hedelmättömyyden takia. Hyvä perimä, hoito ja ruokinta voivat johtaa siihen, että lehmä lypsää elämänsä aikana yli 100 000 kg maitoa. Tällaisia ”satatonnareita” on Suomessa kirjattu yli 4 000, ja ne ovat omistajilleen hyvin arvokkaita.

Suomessa kasvatetaan myös liharotuisia nautoja eli harjoitetaan emolehmiin perustuvaa **itseuudistuvaa naudanlihantuotantoa**. Emolehmä poikii keväällä ja imettää vasikkaansa laitumella. Syksyllä vasikka vieroitetaan ja kasvatetaan teuraaksi samoin kuin lypsyrotuiset vasikat. Liharotuiset vasikat kasvavat nopeammin kuin maitorotuiset vasikat ja niiden ruhot ovat lihaksikkaampia. Yleisimmät lihakarjarodut ovat mannermaiset

Karkearehulla tarkoitetaan märehtijöiden ruokinnassa nurmikasveja tai kokonaisia viljakasveja ja niiden korsia, joita eläin syö joko suoraan laitumelta, säilörehuna tai kuivattuna. Karkearehu sisältää runsaasti kasvien soluseinissä olevaa kuitua. **Väkirehu** on yleensä energiarikasta viljaa ja erilaisia sivutuotteita, ja se sisältää runsaasti tärkkelystä. Tämän lisäksi ruokinnassa käytetään erilaisia **valkuaisrehuja** sekä **kivennäisrehuja** ja **vitamiineja**.

Charolais ja Limousin sekä brittiläiset pienempikokoiset Aberdeen Angus ja Hereford. Lihakarjaa ja lampaita käytetään muun muassa **perinnebiotooppien** laiduntamiseen, jolloin lihantuotannon lisäksi karja osallistuu ekosysteemipalveluiden tuottamiseen eli muun muassa luonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseen.

Muut märehtivät kotieläimet

Nautojen lisäksi kotieläintuotannossa hyödynnetään muitakin märehtijöitä, kuten **lampaita**, **vuohia** ja **poroja**. Lampaankasvatus on lisääntynyt viime vuosina Suomessa. Lammastalouden päätuote on **karitsanliha**, mutta myös **villaa** ja **taljoja** käytetään pienimuotoisesti käsitöihin. Suomenlammas on tunnettu hedelmällisyydestään, ja se saa kerralla useita karitsoja toisin kuin esimerkiksi Irlannissa tai Uudessa-Seelannissa käytettävät rodut. Suomenlammas ei ole kuitenkaan kovin lihaksikas ja siksi ulkomaisia lammasrotuja ja niiden risteytyksiä suomenlampaan kanssa käytetään lihantuotannossa. Uuhi eli naaraslammas karitsoi yleensä kerran vuodessa, ja karitsat teurastetaan noin puolen vuoden ikäisinä, jolloin ne painavat noin 40 kg. Vuohia pidetään **maidontuotantoa** varten. Maidosta valmistettu kutunjuusto on aromikasta, mutta Suomessa vuohenmaidon tuotanto on hyvin vähäistä ja paikallista.

Poro on osittain kesytetty pohjoisen märehtijä, jonka paimentolaisuuteen perustuvalla hoidolla on saamelaiskulttuurissa pitkät perinteet. Poronhoitoalueella Pohjois-Suomessa porot saavat liikkua vapaasti. Poronhoidon päätuote on **liha**, mutta Lapin **turismi** ja **käsityöläisyys** tukeutuvat myös vahvasti poroihin. Eloporoja on teuraserotusten jälkeen noin 200 000, ja vuosittain teurastetaan noin 100 000 poroa. Porojen määrää rajoitetaan laitumien kestokyvyn takia ja porojen talviruokinta on viime aikoina yleistynyt.

Jos eläin ei ole märehtijä, se on yksimahainen

Tärkeimpiä yksimahaisia kotieläimiä ovat **sika**, **siipikarja** ja **hevoset**. Sika- ja siipikarjatuotanto ovat pääosin tuottajan ja jalostavan teollisuuden välistä sopimustuotantoa, jossa yhteistyö on tiivistä muun muassa kasvatettavien eläinten hankinnassa ja ruokinnan järjestämisessä. **Emakoita** ja niiden **porsaita** kasvatetaan **porsastuotantosikalassa**, josta porsaat siirretään lihasikoja kasvattavalle maatilalle **lihasikalaan**. Lihasikalasta 110–120 kg:n painoisiksi kasvaneet siat lähetetään teuraaksi. **Yhdistelmäsikalassa** ema-

/ suomenhevonen / kuva / Sakari Alasuutari

koiden porsaat kasvatetaan isoiksi teuraskypsiksi lihasioiksi ilman siirtoja sikatilojen välillä.

Siipikarja tuottaa lihaa ja munia. **Munantuotantokanojen** isovanhemmat ja **lihaksi kasvatettavien broilerien** ja **kalkkunoiden** vanhemmat tuodaan Suomeen ulkomailta. Tästä eteenpäin siipikarja kasvaa suomalaisissa munituskanaloissa ja broileri- ja kalkkunahalleissa, joiden olosuhteet säädetään lintujen tarpeiden mukaan niille sopiviksi. Kun broilerit ja kalkkunat ovat kasvaneet sopivan kokoisiksi, ne teurastetaan. Kananmunat pakataan kennoihin munapakkaamoissa.

Vaikka **hevosen lihaa** syödään jonkun verran, ovat hevoset ennen kaikkea **harraste-eläimiä**. Oma kansallinen rotumme suomenhevonen on monipuolinen ravi-, ratsu- ja työhevonen, mutta hevos- ja ponirotujen kirjo on suuri.

> Ravinnokseen siat ja siipikarja käyttävät pääasiassa **viljaa**, **kasvivalkuaisrehuja**, kuten soijaa, hernettä ja härkäpapua, sekä monenlaisia **elintarvike- ja bioenergiateollisuuden sivutuotteita**, kuten alkoholin valmistuksessa syntyvää ohravalkuaisrehua ja bioetanolin valmistuksessa syntyvää rankkia.

Kotieläintuotantoa on myös kalojen, turkiseläinten ja hyönteisten kasvatus

Vesiviljely lisääntyy nopeasti ja viljellyn kalan tuotanto on maailmanlaajuisesti ohittanut naudanlihantuotannon. Luonnonkalojen saaliin määrä sen sijaan on vähentynyt. Suomessa vesiviljelyn lisääntymistä rajoittavat ympäristönäkökohdat, sillä kalankasvattamoiden ravinnepäästöt sisävesissämme aiheuttavat helposti rehevöitymistä. Uusin teknologia, kuten kiertovesiviljely, estää ravinteiden pääsyn vesistöihin ja mahdollistaa tuotannon laajenemisen

/ kuva / Yrjö Tuunanen / Luke

Mehiläistaloutta ei perinteisesti lasketa osaksi kotieläintuotantoa. Mehiläiset ovat hunajan tuotannon lisäksi tärkeitä pölyttäjiä.

myös meillä. Suomessa yleisin kasvatettava kalalaji on kirjolohi.

Suomi on merkittävä **turkisten** tuottaja. Tärkeimpiä turkiseläimiä ovat **sinikettu**, **minkki** ja suomensupi. Turkistuotanto on keskittynyt ruotsinkieliselle Pohjanmaalle ja valtaosa tuotetuista **turkiksista** menee vientiin. Liha kuuluu luontaisesti turkiseläinten ruokavalioon ja niiden ruokinta perustuu teurastuksen sivutuotteisiin ja vähäarvoiseen kalaan.

Hyönteiset ovat nousemassa perinteisten kotieläintuotteiden rinnalle ruokaketjuun. Tuotantoon voidaan käyttää useita eri lajeja, yleisimpinä jauhomadot ja sirkat. Kokonaisia hyönteisiä tai niistä valmistettuja tuotteita voidaan käyttää suoraan ihmisten ruoaksi tai kotieläinten rehuna. Suomessakin hyönteiskasvatus on käynnistymässä. Monissa Aasian, Afrikan ja Etelä-Amerikan maissa hyönteiset kuuluvat perinteiseen ruokavalioon.

Onko kissa kotieläin? Ei!

Terminä kotieläin tarkoittaa muun muassa nautoja, sikoja ja kanoja, joita pidetään niistä saatavien tuotteiden kuten maidon, lihan ja kananmunien takia. Koska kotieläimet tuottavat tuotteita ihmisten käyttöön, niitä kutsutaan myös **tuotantoeläimiksi**. Arkikielessä kotieläin alkaa sekoittua lemmikkieläimeen, koska lemmikkejä pidetään ihmisten kodeissa. **Lemmikki-** tai **harraste-eläimiä** ovat puolestaan kissat, koirat, jyrsijät ym. eksoottiset lemmikit, joiden päätarkoitus on tuoda sisältöä omistajiensa elämään ja tuottaa mielihyvää. Kaikissa tehtävissään eläimet antavat merkittävän panoksen ihmisten hyvinvoinnille.

Termit eivät ole täysin yksiselitteisiä. Selkeän roolinvaihdon ovat tehneet hevoset, jotka ennen autojen ja traktorien aikaa olivat välttämättömiä maataloustöiden ja kuljetusten järjestämiseksi. Tänä päivänä hevoset ovat lähes poikkeuksetta harraste-eläimiä. Harraste-eläimiin liittyy myös merkittävää elinkeinotoimintaa, kuten eläinten kasvatusta, ruoka- ja tarvikekauppaa, eläinlääkäripalveluja ja koulutusta. Ratsastuskoulut, raviradat ja lemmikkieläinliikkeet ovat monien suomalaisten työpaikkoja.

/ kuva / Sirkkakasvattamo EntoCube Oy

Sirkkojen kasvattaminen voidaan toteuttaa tehokkaasti erityisessä kasvattamossa, jossa olosuhteet ovat säädettävissä optimaalisiksi ja pieneen tilaan mahtuu paljon sirkkoja. Kasvattamon tuotteena on pussiin pakattuja sirkkoja.

Hyönteisten kasvatus

Erilaisia hyönteisiä voidaan kasvattaa ja hyödyntää suoraan ihmisravinnoksi tai rehuna. Hyönteisten kasvatus on kotieläintuotantoa, jossa käytetään eri eläinlajia. Verrattuna esimerkiksi sikojen tai siipikarjan kasvatukseen, hyönteisten vaatima tilantarve on moninkertaisesti pienempi. Toisaalta optimaalinen kasvatuslämpötila on korkeampi, ja tuotantotiloissa tulee olla 25–27 °C, eli lämpöenergiaa kuluu enemmän. Tuotekiloa kohti energiankäyttö voi kuitenkin olla sama. Hyönteisten kasvatukseen liittyy samoja hygieniavaatimuksia kuin muuhunkin kotieläintuotantoon. Kasvatettavilla kotisirkoilla on tavattu noin kymmenkunta tautia, jotka eivät tosin ole ihmisiin tarttuvia. Muita tunnettuja ongelmia ovat loiset. Periaatteessa salmonellariski on samanlainen hyönteisten kuin muidenkin kotieläinten kasvatuksessa.

Hyönteiset ovat hyvin tehokkaita tuottamaan valkuaista. Hyönteisten kasvunopeus ja valkuaisentuottokyky ovat riippuvaisia hyönteislajista ja käytetyn rehun laadusta. Esimerkiksi sirkat ovat Yhdysvalloissa tällä hetkellä tärkein hyönteislaji kasvatuksessa ja erilaisia sirkkatuotteita on myynnissä kaupoissa. Sirkat ruokitaan broilerinrehulla, ja ne pystyvät tuottamaan kahdella rehukilolla yhden kilon hyönteismassaa. Vastaavasti kanat tarvitsevat keskimäärin 2,5–3 kg rehua yhden tuotekilon tuottamiseen.

Heikko rehun laatu hidastaa hyönteisten kasvunopeutta. Mustasotilaskärpäsen toukkien kasvu täysikasvuiseksi kestää hyvällä rehulla 1–2 kuukautta, lannassa kasvatettuna jopa vuoden. Liian huonolaatuinen rehu voi hidastaa hyönteisten kasvua liikaa ja kasvatus voi muuttua taloudellisesti kannattamattomaksi. Tuotettaessa hyönteisproteiineja ihmisravinnoksi tai rehuksi ovat hygieniavaatimukset samoja kuin muussakin tuotannossa ja tämä vaikuttaa käytetyn rehun valintaan.

Hyönteislaji vaikuttaa siihen, minkälaisia vaiheita kasvatuksessa on. Jauhomatoja voidaan kasvattaa suuressa mittakaavassa ja kasvatus voidaan automatisoida täysin, kun taas sirkkojen kasvatuksessa on runsaammin käsityötä. Mustasotilaskärpäsen toukan kehityksessä on kuusi kehitysvaihetta, joista viimeisiä toukkavaiheita tai koteloitunutta toukkaa hyödynnetään myytävänä tuotteena. Hyönteisten kasvattajat hankkivat kasvattamoilta munia tai pieniä toukkia. Kasvattamot vaihtavat eläinmateriaalia keskenään, jotta kasvatettava kanta ei taannu perinnöllisesti. Mustasotilaskärpästä kasvatetaan Kanadassa ja Etelä-Afrikassa kalojen rehuksi.

Hyönteisten kasvatus ja käyttö ihmisravinnoksi ja kotieläinten rehuksi on yksi nopeimmin kehittyvistä aloista tänä päivänä. Vuonna 2018 uuden elintarvikelainsäädännön toimeenpanon myötä hyönteisten myynti suoraan kuluttajille tai rehukäyttöön sallitaan. Euroopan elintarviketurvallisuusviraston (EFSA) mukaan hyönteisten riskiprofiili on samanlainen kuin muun eläinperäisen proteiinin. Aika näyttää, kuinka nopeasti hyönteiskasvatus yleistyy vai tuleeko kasvatuksessa esille hygienia-, terveys- tai aivan uusia, vielä tuntemattomia riskejä, jotka rajoittavat tuotannon laajenemista.

Jauhopukin toukat eli jauhomadot soveltuvat sellaisenaan syötäviksi, tai niistä voidaan tehdä valkuaispitoista jauhoa, jota voidaan käyttää ruoanvalmistuksessa tai kotieläinten rehuna.

/ kuva / Erkki Oksanen / Luke

/ kuva / Sakari Alasuutari

Eläinlaji	Naaras	Uros	Jälkeläinen	Synnytys
Nauta	Lehmä	Sonni (kastroituna härkä)	Vasikka	Poikiminen
Lammas	Uuhi	Pässi	Karitsa	Karitsoiminen
Vuohi	Kuttu	Pukki	Kili	Vuoniminen
Sika	Emakko	Karju (kastroituna leikko)	Porsas	Porsiminen
Kana, kalkkuna	Kana	Kukko	Untuvikko, poikanen, tipu	Muniminen ja kuoriutuminen
Hevonen	Tamma	Ori (kastroituna ruuna)	Varsa	Varsominen
Poro	Vaadin	Hirvas	Vasa	Vasominen

Tunnetko kotieläinten nimitykset?

4.4 Tuotanto suunnitellaan maatiloilla tarkkaan

Maatilat suunnittelevat toimintansa vuositasolla hyvinkin tarkasti, mutta **pellonkäyttöä** ja erilaisia investointeja pitää suunnitella useammaksi vuodeksi eteenpäin. Tilan **tuotantosuunta ja -tapa** määrittävät paljolti suunnitelmien tekoa. Tuotantotapa eli tavanomainen tai luomutuotanto vaikuttaa pellonkäytön suunnitteluun, sillä luomutiloilla varataan osa peltoalasta viherlannoitukseen. Koska maatilat ovat **yrityksiä**, ovat suunnittelun taustalla tilan kannattavuuteen liittyvät kysymykset. Jos tilan tuotantosuuntana on maidontuotanto, viljellään pelloilla etupäässä oman karjan ruokintaan käytettäviä rehukasveja. Jos kyse on kasvinviljelytilasta, peltoalan käyttö suunnitellaan esimerkiksi myllyjen kanssa tehtyjen viljelysopimusten pohjalta. Viljeltävä kasvilajivalikoima määrittää, minkälaisia koneketjuja tilalla tarvitaan. Tarvitaanko puimuri viljan puintiin ja kuivuri viljan kuivatukseen vai tarkkuussilppuri säilörehunkorjuuta varten?

Monet säädökset ohjaavat viljelyn suunnittelua

Viljelytoimia ohjataan lainsäädännöllä, jonka tavoitteena ovat **ympäristövaikutuksien vähentäminen**, **hyvien viljelykäytänteiden toteutuminen** sekä **turvallinen ruoka**. Viljelykasvien lannoitusta koskevia, viljelyn suunnitteluun vaikuttavia säädöksiä ovat **nitraattiasetus**, **lannoitevalmisteasetus**, **ympäristökorvauksen vähimmäisvaatimukset** ja **ympäristökorvaus**.

Eteläisen pallonpuoliskon viljasato näyttää olevan hyvä, ja viljan varastot maapallolla näyttävät kasvaneen. Taitaa viljan hinta olla ensi syksynä kovin alhainen. Jotta saisin katettua viljelystä aiheutuvat kiinteät ja muuttuvat kustannukset ja jäisi myös palkkaa itselle, ei taida kannattaa kylvää vehnää ainakaan koko peltoalalle. Kauralle näyttää löytyvän koko ajan uusia käyttökohteita. Nyhtökaura oli tosi hyvä keksintö. Parhaimmille peltolohkoille voisi harkita myös öljykasveja tai härkäpapua. Mitenkähän Matif-pörssin hinnat kehittyvät öljykasvien osalta, jos Itä-Euroopassa kylvetään paljon auringonkukkaa tulevana keväänä? Silti näyttäisi öljykasvien uuden sadon hinta olevan kilpailukykyinen viljaan nähden. Härkäpavun käyttö on kai aloitettu rehutehtailla. Tekeeköhän tehdas viljelysopimuksia härkäpavusta, tuo pitää tarkistaa.

Nitraattiasetus määrittää typpilannoitteiden käytön ehdot sekä vuotuiset liukoisen typen enimmäismäärät eri viljelykasveille sekä kivennäis- että orgaanisille maalajeille. Nitraattiasetus koskee **kaikkia viljelijöitä ja on voimassa koko maassa**. Eloperäisillä mailla typpilannoituksen enimmäismäärät ovat pienempiä johtuen kivennäismaita korkeammasta maaperän luontaisesta typpivarannosta. Nurmille liukoisen typen enimmäismäärät ovat korkeampia kuin vaikkapa viljoilla johtuen kasvukau-

/ kuva / Sakari Alasuutari

den aikana tapahtuvista useista sadonkorjuukerroista ja suuremmasta sadon mukana poistuvasta typen määrästä. Nurmisato korjataan säilörehuksi kaksi tai kolme kertaa kasvukauden aikana. Syysviljoille, jotka kylvetään syksyllä ja sato korjataan seuraavana vuonna, typpilannoitus jaetaan kahteen osaan. Syksyn lannoitus varmistaa riittävän alkukehityksen, mutta ylimääräistä liukoista typpeä ei tulisi jäädä peltoon talven yli.

Nitraattiasetuksen lisäksi ympäristökorvauksen vähimmäisvaatimuksissa määritellään typpilannoituksen määrä, joka viljelijän on mahdollista käyttää.

Ympäristökorvausjärjestelmässä asetetaan yläraja myös fosforilannoitukselle. Se määräytyy maan viljavuuden, saavutetun sadonmäärän ja kasvilajin perusteella. Ympäristökorvauksen ravinteiden käyttörajat koskevat korvausjärjestelmään sitoutuneita viljelijöitä. Suomessa yli 90 % käytettävissä olevasta maatalousmaasta on mukana ympäristökorvausjärjestelmässä.

Lannoitevalmisteasetus määrittelee fosforilannoituksen kaikkia koskevat enimmäismäärät sekä kadmiumin enimmäismäärän. Kadmium on raskasmetalli, jota esiintyy joissakin väki-

> Orgaanisia lannoitevalmisteita ovat orgaaniset lannoitteet, orgaaniset kivennäislannoitteet, orgaaniset maanparannusaineet, maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet sekä orgaaniset sivujakeet.

lannoitteissa epäpuhtautena. Säädöksen tavoitteena on estää raskasmetallin kertyminen peltomaahan.

Myös **karjanlannan** sekä erilaisten **orgaanisten lannoitevalmisteiden** käyttöä on säädelty tarkasti. Lannoitteita ei saa levittää peltoon talviaikana, jolloin ravinteiden huuhtoutumisriski on suuri. Lisäksi annetaan rajoituksia enimmäismäärälle, käytölle vesistöjen läheisyydessä tai kaltevilla pelloilla, joista ravinteiden valumariski vesistöön on suuri.

Peltoviljelyn suunnittelu

Peltoviljelyn suunnittelussa on huomioitava useita tekijöitä. Yllä esitellyt viljelyä koskevat säädökset ohjaavat lannoitteiden käyttöä. Tilan valitsema tuotantotapa, luomu- tai tavanomainen tuotanto, määrittelee, minkälaisia lannoitteita voi käyttää.

Viljelykasvi	Kivennäismaat, kg typpeä/hehtaari/vuosi	Orgaaniset maat, kg typpeä/hehtaari/vuosi
Ohra	160	120
Kevätvehnä	170	130
Syysruis	30 syksyllä + 150 keväällä	30 syksyllä + 120 keväällä
Nurmet	250	210
Peruna	120	80
Palkoviljat	60	40
Juurekset	200	170
Marjat ja hedelmät	140	100

Esimerkkejä liukoisen typen enimmäismääristä tärkeimmille viljelykasveille nitraattiasetuksen mukaan. Eri maalajit on kuvattu Kasvutekijät-luvussa (s.120).

Maatilan peltomaat on jaettu **lohkoiksi**, joilla tehdyt viljelytoimenpiteet kirjataan lohkokirjanpitoon. Peltolohkojen **maalajikoostumus** tunnetaan ja niiden ravinnetila on määritetty **viljavuusanalyyseillä**. Tilan käytössä olevien peltomaiden maantieteellinen sijainti, maalaji, viljelyominaisuudet sekä viljavuus vaikuttavat siihen, mitä kasvilajeja tilalla voidaan viljellä. **Viljelysuunnitelmassa** määritellään peltolohkolla seuraavana kasvukautena viljeltävä kasvilaji ja -lajike, lannoitetyyppi ja käyttömäärä sekä mahdolliset kasvinsuojelutoimenpiteet. Viljelysuunnitelma tehdään useaksi vuodeksi eteenpäin.

Viljelysuunnitelmaa tehdessään viljelijä tuntee eri kasvilajien ja -lajikkeiden vaatimukset kasvuajan pituudesta ja ravinteiden tarpeesta. Tietojen perusteella hän valitsee viljelyyn lajeja ja lajikkeita, jotka ehtivät tuottaa satoa ja tuleentua sillä viljelyvyöhykkeellä, jolla tila sijaitsee.

Lannoitussuunnitelma tehdään kasvilajin ravinnetarpeen ja maan ravinnetilan perusteella. Liiallinen lannoitteiden käyttö ei ole taloudellisesti järkevää. Toisaalta liian niukalla lannoituksella menetetään osa viljelykasvin satopotentiaalista eli perinnöllisestä kyvystä tuottaa korkea sato. Valinnoillaan viljelijä samalla asettaa peltolohkonsa satotavoitteet.

Peltolohkoille voidaan suunnitella **kasvinvuorotus**, jossa hyödynnetään viljelykasvien **esikasvivaikutusta**. Esikasvivaikutuksella viitataan siihen, että lajin viljely samalla peltolohkolla aiempana vuonna parantaa seuraavana vuonna samalla lohkolla kasvavan lajin satoa. Esimerkiksi rypsi ja rapsi ovat kasvilajeja, jotka ovat hyviä esikasveja viljoille. **Monokulttuuri** eli saman lajin viljely useana peräkkäisenä vuonna samalla lohkolla ei ole suositeltavaa, sillä se voi lisätä viljelystä aiheutuvia haittoja. Esimerkiksi herneen, härkä-

> Luomukasvinviljelytilalla on 300 ha peltoa, joka on lohkokirjanpidossa jaettu noin 90 lohkoon. Tilalla viljellään myyntiin leipävehnää, härkäpapua ja kauraa. Viisivuotisessa viljelykierrossa on mukana kaksivuotisia viherlannoituskesantoja, joissa kasvaa timoteita ja puna-apilaa. Viherkesantojen kasvimassa murskataan kaksi kertaa kesässä, ja ravinnerikkaasta massasta vapautuu sen hajotessa noin 100–200 kg typpeä. Viherkesannon jälkeen viljelykierrossa seuraavana kasvina on leipävehnä, jonka typentarve on korkea. Vehnän jälkeen voidaan viljellä joko kauraa tai härkäpapua.

	Pinta-ala, ha	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi
Lilläng	2.0	ohra ja nurmensiemen	1. vuoden säilörehunurmi	2. vuoden säilörehunurmi	3. vuoden säilörehunurmi	kevätvehnä
Pajanpelto	4.0	3. vuoden säilörehunurmi	ohra	1. vuoden säilörehunurmi	2. vuoden säilörehunurmi	3. vuoden säilörehunurmi
Jussilan pelto	11.0	2. vuoden säilörehunurmi	3. vuoden säilörehunurmi	ohra	kevätvehnä	ohra ja nurmensiemen

Maitotilan **pellonkäyttösuunnitelma** muutamalla peltolohkolla viiden vuoden aikana. Peltolohkoilla viljellään paljon nurmikasveja joko laidunnurmina tai säilörehunurmina. Nurmet ovat monivuotisia ja niiden satovuosi merkitään numerolla. Esimerkiksi 2. säilörehu tarkoittaa toisen vuoden säilörehunurmea. Nurmivuosien välissä peltolohkolla viljellään viljaa ja sen jälkeen taas nurmensiemen kylvetään yhdessä kevätviljan kanssa niin, että seuraavana vuonna lohkolla kasvaa 1. vuoden säilörehunurmi.

pavun tai öljykasvien viljelyä samalla peltolohkolla suositellaan ainoastaan neljän viiden vuoden välein, jotta niille tyypilliset kasvitaudit ja tuholaiset eivät pääse lisääntymään. Luomutiloilla peltolohkoille suunnitellaan pidempiä viljelykiertoja, joissa on mukana yleensä kaksivuotisia viherkesantoja. Viljelykierrot voivat olla pituudeltaan esimerkiksi viisi- tai kuusivuotisia.

Kasvinviljelytiloilla viljeltävien kasvien lajivalikoimaan vaikuttaa **markkinatilanne** eli se, kuinka paljon kysyntää syksyn sadolle ennustetaan olevan ja mikä tulisi olemaan sadon hinta. Kotieläintiloilla peltoviljelyn suunnittelu aloitetaan laskemalla eläinten **rehuntarve** vuoden tai sisäruokintakauden aikana. Tämän jälkeen pellonkäyttö suunnitellaan yleensä siten, että mahdollisimman suuri osa eläinten tarvitsemasta rehusta saadaan tuotettua tilan omilla pelloilla. Maitotiloilla valtaosa peltoalasta käytetään nurmirehun tuotantoon. Laidunnurmia viljellään navetan läheisyydessä ja säilörehuksi korjattavia nurmia voidaan viljellä tarvittaessa etäämmällä tilakeskuksesta. Nurmet ovat monivuotisia ja ne uusitaan noin neljän vuoden välein. Nurmien välivuosina voidaan viljellä rehuviljoja tai erilaisia myyntikasveja.

/ kuva / Mervi Seppänen

Hyvin hoidetusta peltomaasta löytyy paljon lieroja.

Rehuarvot ovat ruokinnan suunnittelun perusta

Tasapainoinen ruokinta edistää kotieläinten hyvinvointia, varmistaa tuotteiden hyvän laadun, parantaa kotieläintuotannon taloudellista tulosta ja tehostaa **ravintoaineiden hyväksikäyttöä**, jolloin myös tuotannon ympäristöön kohdistuva ravinnekuormitus pienenee. Siksi kotieläinten ruokinnassa käytettäville rehuille määritetään **rehuarvot**, jotka kertovat, kuinka paljon eri ravintoaineita rehu sisältää. Ruokinnan suunnittelun toinen lähtökohta on kotieläimen **ravintoaineiden tarpeen** tuntemus. **Ruokintakokeiden** tulosten perusteella tiedetään, kuinka paljon kotieläimet tarvitsevat ravintoaineita eri-ikäisinä tai tuotosvaiheissa. Rehuarvot ovat oleellisia rehujen hinnoittelun perusteena. Ruokinnalla vaikutetaan myös eläintuotteiden laatuun ihmisravitsemuksessa, muun muassa kivennäis-, hivenaine- ja vitamiinipitoisuuksiin, teurasruhojen rasvapitoisuuteen ja maidon koostumukseen.

Rehulain mukaan rehuaineista ja rehuseoksista ilmoitettavien energia- ja valkuaisarvojen tulee Suomessa perustua Luonnonvarakeskuksen (Luke) julkaisemiin laskentaperusteisiin, jos

Rehun kokonaissulavuudella tarkoitetaan sitä osaa rehun ravintoaineista, joka sulaa rehun kulkiessa eläimen ruoansulatuskanavan läpi. Sulavuus voidaan määrittää punnitsemalla eläimelle annettu rehu ja analysoimalla sen koostumus, kuten kuiva-aine- ja ravintoainepitoisuudet. Lisäksi on kerättävä talteen ulosteet ja analysoitava ne. Sulavuus lasketaan rehuissa saadun ja ulosteisiin erittyneen ravintoaineen määrän erotuksena.

Otetaan esimerkiksi lammas, joka saa päivässä nurmisäilörehun kuiva-ainetta 1 000 g. Ulosteen kuiva-ainetta erittyy 250 g/pv. Kuiva-aineen sulavuus lasketaan seuraavasti:

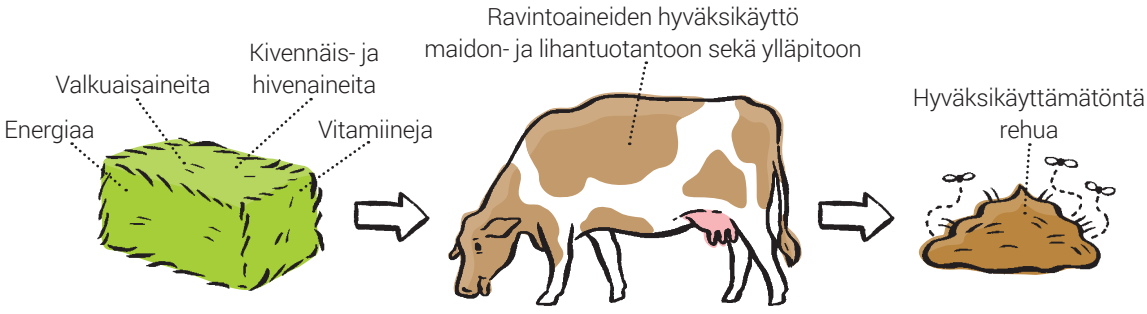
(1000–250)/1000 = 0,75
0,75×100 %
Prosentteina ilmaistuna kuiva-aineen sulavuus on 75 %.

ei Euroopan unionin lainsäädännössä muuta säädetä. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset -verkkopalvelussa (www.luke.fi/rehutaulukot) esitetään viralliset Suomessa käytettävät tuotantoeläinten rehujen rehuarvot, niiden laskentaperusteet ja ruokintasuositukset.

Tärkeimmät rehuarvot ovat energia-arvo ja valkuaisarvo. Eri eläinlajeille on omat järjestelmät ja myös eri maissa käytetään erilaisia järjestelmiä. Kaikki järjestelmät perustuvat rehujen kemialliseen koostumukseen ja arvioihin siitä, kuinka paljon ja minkälaisia ravintoaineita eläimet niistä saavat rehujen kulkiessa ruoansulatuskanavan läpi. Rehuarvot täytyy tietää ennen kuin ruokintaa voi lähteä suunnittelemaan. Ruokintasuosituksissa on kuvattu energian ja valkuaisen tarpeet eri eläinlajeille ja -ryhmille erilaisilla tuotostasoilla. Ruokinta optimoidaan näiden lähtötietojen perusteella niin, että rehuannos täyttää eläimen ravitsemukselliset tarpeet ja on mahdollisimman taloudellinen. Päivittäisen rehuannoksen suunnittelussa voidaan käyttää **laskentaohjelmia**, joilla voidaan ravinnontarpeen optimoinnin lisäksi tarkastella ruokinnan taloudellista tulosta. Lisäksi on tunnettava eläinlajin erityisvaatimukset vaikkapa rehun fyysisestä olomuodosta ja joidenkin aineiden saannin ala- tai

/ kuva / Eetu Alanen / Luke

Nautojen korviin laitetaan heti syntymän jälkeen keltaiset korvamerkit, joiden perusteella ne tunnistetaan yksilöllisesti läpi elämän.



ylärajoista. Ruokinnassa on huomioitava myös kivennäis- ja hivenaineiden sekä vitamiinien saanti. Juomavesi on muistettava nestetasapainon ja suoliston normaalin toiminnan takia.

Sulavuus voidaan laskea kuiva-aineelle ja eri ravintoaineille, kuten valkuaiselle tai kuidulle. Sulavuuden perusteella määritetään rehuarvot, joita käytetään ruokinnansuunnittelun lähtötietoina. Rehujen **sulavuuskertoimet** on koottu **rehutaulukoihin**. Sulavuuskertoimia käytetään rehuarvojen laskennassa, joiden avulla puolestaan lasketaan sopivat ravintoaineiden pitoisuudet rehussa ja eläimelle annettavat rehumäärät. Sulavuuden määritys on tarpeellista silloin, kun käyttöön tulee uusia rehuaineita, kuten hyönteisjauhot. Sulavuuden määritykseen on myös käytettävissä **laboratoriomenetelmiä**, jolloin sulavuus voidaan määrittää matkimalla eläimen ruoansulatusta koeputkessa *in vitro*.

Taloussuunnitelmat

Maatilojen tuotannon suunnittelun apuna voidaan käyttää **suunnitteluohjelmia** ja **tuotantokustannus-**

> Maatiloilla tehdään paljon **tietotöitä**. Kotieläintuotanto on tarkkaan säädeltyä ja esimerkiksi kaikilla naudoilla on korvissaan merkit, joiden perusteella ne tunnistetaan yksilöllisesti. Maataloustuet muodostavat merkittävän osan viljelijöiden tuloista, mutta se edellyttää tarkkaa säädösten noudattamista ja raportointia. Esimerkiksi syntyneet vasikat kirjataan ja ne saavat oman rekisteritunnuksen. Sama tunnus seuraa eläintä aina teurastukseen saakka, mikä mahdollistaa tuotannon jäljitettävyyden maatilalle asti.

Millainen ruokinta hevoselle?

Hevosen perusrehua on nurmi, joka voi olla tuoretta nurmea laitumelta, kuivattua heinää tai kosteana ilmatiiviisti säilöttyä säilöheinää. Lisäksi hevoset saavat yleensä väkirehua eli esimerkiksi kauran jyviä tai erilaisia kaupallisia rehuvalmisteita. Suola-, kivennäis- ja vitamiinitäydennys on myös muistettava. Nurmirehujen koostumuksen saa selville lähettämällä rehunäytteen analysoitavaksi laboratorioon. Rehutaulukoista voi katsoa tyypillisten esimerkkirehujen arvoja. Kaupallisten rehujen tuoteselosteesta löytyvät tarvittavat tiedot valmiiksi.

Kevyttä työtä tekevän urheiluhevosen päiväannos voi olla esimerkiksi 7,0 kg heinää, 2,0 kg kauraa, 0,2 kg vehnänlesettä ja 25 g kivennäistä. Hevosen lihavuuskuntoa seuraamalla saadaan tietoa ruokinnan onnistumisesta. Jos hevonen on liian lihava tai laiha, on rehujen määrää tai energiapitoisuutta muutettava ruokinnassa.

laskelmia. Laskelmissa arvioidaan tuotot ja kustannukset pinta-alayksikköä tai tuoteyksikköä kohden. Tuottojen määrän vaikuttaa viljeltävä kasvi ja sen sadosta maksettava hinta, sadon suuruus ja erilaisten tukien suuruus. Kotieläintuotannossa tuotteista maksettava hinta vaikuttaa vastaavasti tuottojen määrään. **Muuttuvia kustannuksia** eli kustannuksia, joiden suuruus vaihtelee viljelykasvin ja valittujen viljelytoimien mukaan, ovat esimerkiksi kylvösiemen, lannoitteet, kasvinsuojelu sekä koneilla tehty työ. Tuotanto aiheuttaa lisäksi **työkustannuksia** sekä erilaisia kustannuksia koneista, rakennuksista tai tilan hallinnassa olevasta peltomaasta. Kotieläintuotannossa muuttuvia kustannuksia ovat esimerkiksi rehukustannukset. **Kiinteitä kustannuksia** ovat erilaiset pitkäaikaisista investoinneista syntyneet kustannukset kuten navetta- ja varastorakennukset tai peltomaa. Viljelijä pyrkii tuotannon suunnittelulla mahdollisimman hyvään taloudelliseen tulokseen esimerkiksi ohjaamalla viljelyä kasvilajeihin, joiden viljely on kannattavinta tai muuttamalla kotieläinten ruokinnassa käytettyä rehuseosta edullisemmaksi.

Eri viljelykasvien tuotannon kannattavuutta voidaan vertailla tuotantokustannuslaskelmissa tehtyjen **katetuottojen** avulla. Viljelykasvin katetuotto eli tulos euroina hehtaaria kohden antaa viljelijälle tietoa viljelyn taloudelliseen suunnitteluun. Mikäli viljan hinnan ennustetaan olevan alhainen, jää katetuotto alhaiseksi ja pahimmassa tapauksessa negatiiviseksi. Kyseisen lajin viljely ei ole tällöin kannattavaa, ja viljelijän kannattaa muuttaa suunnitelmiaan.

Mitä koneita hankitaan ja kuinka tehokkaita?

Myös maatilalla käytettävien koneiden ja laitteiden hankinta suunnitellaan tarkasti. Mitä koneita maatilalla tarvitaan, kuinka tehokkaita niiden tulee olla? Koneiden hankinta on suuri investointi ja vaihtoehtoisesti viljelijä voi käyttää osassa tilan töistä **urakoitsijoita**, jolloin maatila ostaa tarvittavan konetyön ulkopuolelta. Mikäli maatila päättää hankkia esimerkiksi perunan-

/ kuva / Sakari Alasuutari

Tavanomaista viljelyä harjoittavilla tiloilla yksi työvaihe on kasvinsuojelu. Rikkakasvien torjuntaruiskutus tehdään tarpeen vaatiessa kesällä.

Peltorobotti voi tulevaisuudessa hoitaa kasveja esimerkiksi torjumalla rikkakasveja tai kasvitauteja.

/ kuva / Anna-Leena Ylhäinen

/ kuva / Sakari Alasuutari

istutuskoneen tilalle, tulee **konekapasiteetti** mitoittaa tilan tarpeisiin sopivaksi. Sopiva konekapasiteetti tarkoittaa sitä, että koneella tehtävä työ saadaan tehtyä määritellyssä **aikaikkunassa** silloin, kun maa tai pellolla oleva kasvusto on kuivaa, kun kasvusto on oikeassa kasvuvaiheessa tai kun on vuodenkierron kannalta oikea aika tehdä työ – esimerkiksi perunan istutus keväällä tai viljojen puinti syksyllä. Mitään peltotöitä ei voida tehdä sateella tai kun maa on kovin märkää ja aikaikkuna määritelläänkin säätilastojen ja kasvien kasvurytmin perusteella. Kun tiedetään tehtävän työn määrä, voidaan laskea tarvittava konekapasiteetti. Liian pienet koneet aiheuttavat viivästymistä peltotöissä ja toisaalta liian suuret koneet lisäävät viljelyn kustannuksia ja alentavat taloudellista tulosta.

Konekapasiteetti lasketaan koneella tehtävän työn määrän perusteella. Jos maatilalla halutaan kylvää 50 hehtaaria kevätviljaa toukokuun aikana ja työaikaa varataan sään ja maatilan muiden töiden puolesta kylvötöihin seitsemän työpäivää. Kahdeksantuntisina työpäivinä työaika olisi tällöin 56 tuntia (7 päivää x 8 tuntia). Tällöin kylvökoneella pitäisi pystyä kylvämään 50 hehtaaria 56 tunnissa eli 0,9 hehtaaria tunnissa (50 hehtaaria / 56 tuntia).

Konekapasiteetin määrittelyn aloitamme **teoreettisesta kapasiteetista**, joka voidaan laskea kertomalla kylvökoneen työleveys ajonopeudella.

Jos esimerkiksi kylvökoneen leveys on kaksi metriä ja ajamme 7 km/h, tällöin kahden metrin kylvökoneella saisimme kylvettyä 1,4 hehtaaria tunnissa (2 m x 7 000 m/h = 14 000 m2/h = 1,4 ha/h). Näyttäisi siltä, että työleveydeltään kahden metrin kylvökoneella kylväisi noin puolitoista kertaa enemmän kuin kapasiteetin tarve on maatilalla. Käytännön työssä teoreettista kapasiteettia kuitenkin pienentävät siemensäilön täyttöön kuluva aika, päisteessä tehtäviin käännöksiin kuluva aika, työkaistojen meno päällekkäin, häiriöt, tauot ja koneen huoltoon kuluva aika. Koneen **peltokapasiteetti** onkin aina paljon pienempi kuin koneen teoreettinen kapasiteetti. Työtehoseurassa tehtyjen **maatalouden työaikatutkimusten** mukaan kahden metrin kylvökoneen peltokapasiteetti on hieman alle hehtaarin tunnissa eli se täyttäisi asetetut vaatimukset. Peltokapasiteetti antaa koneen työtehosta oikeamman kuvan kuin teoreettinen kapasiteetti.

/ kuva / Sakari Alasuutari

05 MITEN RUOANTUOTANNON KESTÄVYYTTÄ VOIDAAN MITATA?

Elinkaarianalyysi kuvaa tuotantoketjun resurssien käyttöä ja ympäristövaikutusta ajasta tai paikasta riippumatta. Sellaisena se sopii kansainväliseen tuote- ja tuoteryhmäkohtaiseen vertailuun.

Ruoantuotanto jättää ympäristöön resurssijalanjälkiä ja kuormitusjalanjälkiä. Ruokajärjestelmä voi pyrkiä resurssi- ja hiilineutraaliuteen kierrätystaloutta kehittämällä.

Ekologinen jalanjälki kuvaan maa- ja vesialueiden käyttöä kokonaiskulutukseen. Suomalaisessa kulutuksessa ruoka muodostaa noin 25–30 % ekologisesta jalanjäljestä.

5.1 Elintarvikkeiden ympäristövaikutuksia pellolta pöytään voidaan mitata

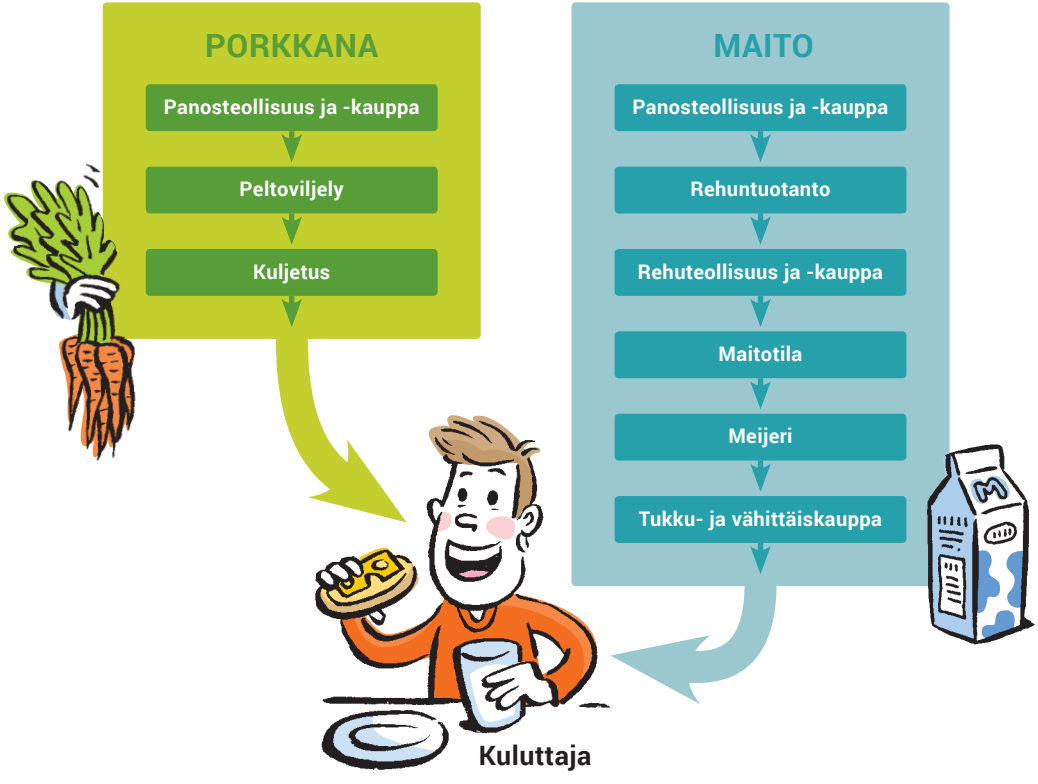
Elintarvikkeiden valmistukseen liittyy monia vaiheita. Maatiloilla ja puutarhoissa tapahtuva alkutuotanto tuottaa raaka-aineet, jotka kuljetetaan erilaisia jakelureittejä pitkin joko suoraan kuluttajalle, kauppaan tai teollisuuden prosessoitavaksi. **Elintarvikkeiden elinkaari** alkaa maatiloilta ja päättyy kaupan kautta kuluttajan pöydälle. Erilaisia vaiheita elintarvikkeiden elinkaaressa ovat **viljely** pelloilla ja puutarhassa niihin käytetyt tuotantopanokset, kuten lannoitteet. Tuotantopanoksia valmistavaa teollisuutta kutsutaan **panosteollisuudeksi**. Viljelyyn kytkeytyy puolestaan useita työvaiheita, kuten esimerkiksi maan muokkaus, viljelykasvien kylvö ja sadonkorjuu. Osa sadosta käytetään **kotieläintuotannossa**, ja tällöin elintarvikkeen elinkaareen kuuluvat myös r**ehuteollisuus ja kauppa**. Viljelyn ja kotieläintuotannon tuotteet kuljetetaan ketjussa eteenpäin **elintarviketeollisuuden** jalostettavaksi ja sen jälkeen eri **jakelureittejä** pitkin **tukkukauppaan tai vähittäiskauppaan** ja sieltä **kuluttajalle**.

Pisimmillään elintarvikkeiden elinkaareen kuuluu monenlaista panosteollisuutta sekä rehu- ja elintarviketeollisuutta. Jokaisen vaiheen välissä on myös raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetusta. Monivaiheinen elinkaari yleensä lisää elintarvikkeen ympäristövaikutuksia. **Elinkaarianalyysillä** selvitetään eri elintarvikkeiden elinkaareen liittyviä vaiheita ja lasketaan

Elinkaarianalyysillä tarkoitetaan ruoantuotannossa elintarvikkeiden raaka-aineiden tuotantoon, jalostukseen ja kuljetukseen ja ruoan valmistukseen sisältyvien vaiheiden tunnistamista.

elinkaaren aikana muodostunutta panosten käyttöä kuvaavaa **jalanjälkeä**. Jalanjälki voidaan laskea esimerkiksi siitä, kuinka paljon **resursseja** tai **vettä** kuluu tuotteiden elinkaaren aikana tai kuinka paljon **hiilidioksidia** syntyy. Näiden tunnuslukujen avulla eri elintarvikkeiden elinkaaria voidaan verrata ja vaiheiden lukumäärää tai ympäristövaikutuksia voidaan pyrkiä vähentämään.

Kiertotaloudessa elinkaari jatkuu ruoan valmistuksesta ja käytöstä edelleen jätteiden käsittelyyn ja kuljetukseen sekä kierrätettävien ainesosien



hyödyntämistä edellyttäviin työvaiheisiin. Aikaisemmin esimerkiksi orgaanisia jätteitä sijoitettiin kaatopaikoille, mutta nykyisin kaikki orgaaninen jäte on hyödynnettävä joko ravinteina tai maahan sijoitettavana orgaanisena aineena tai energiana.

Elintarvikkeiden hiilijalanjälki kertoo tuotteen ilmastonmuutosvaikutuksesta

Yksi tapa laskea elintarvikkeen ympäristövaikutuksia on laskea tuotteen elinkaaren aikana muodostuneita **kasvihuonekaasupäästöjä**: hiilidioksidia, metaania ja dityppioksidia. **Ilmastonmuutosvaikutuksien** arviointia varten kasvihuonekaasupäästöt suhteutetaan hiilidioksidin vaikutustasoon, jolloin tuotannossa syntyneiden metaanipäästön määrä kerrotaan luvulla 25–30 ja dityppioksidin määrä kerrotaan luvulla 300. Tästä laskelmasta saadaan **hiilidioksidiekvivalentti** (CO_2-ekvivalentti) eli ilmastovaikutuksen taso suhteutettuna hiilidioksidin vaikutukseen. Hiilidioksidiekvivalentit voidaan laskea yhteen läpi tuotteen elinkaaren.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Kotitaloudesta syntynyt biojäte voidaan kompostoida.

Elintarvikkeen elinkaaren määrittely aloitetaan **tuotantovaiheiden** yksityiskohtaisesta kuvaamisesta. Esimerkiksi kaurahiutaleiden osalta tässä vaiheessa listataan kaikki maatilalle hankittujen panosten kuten lannoit-

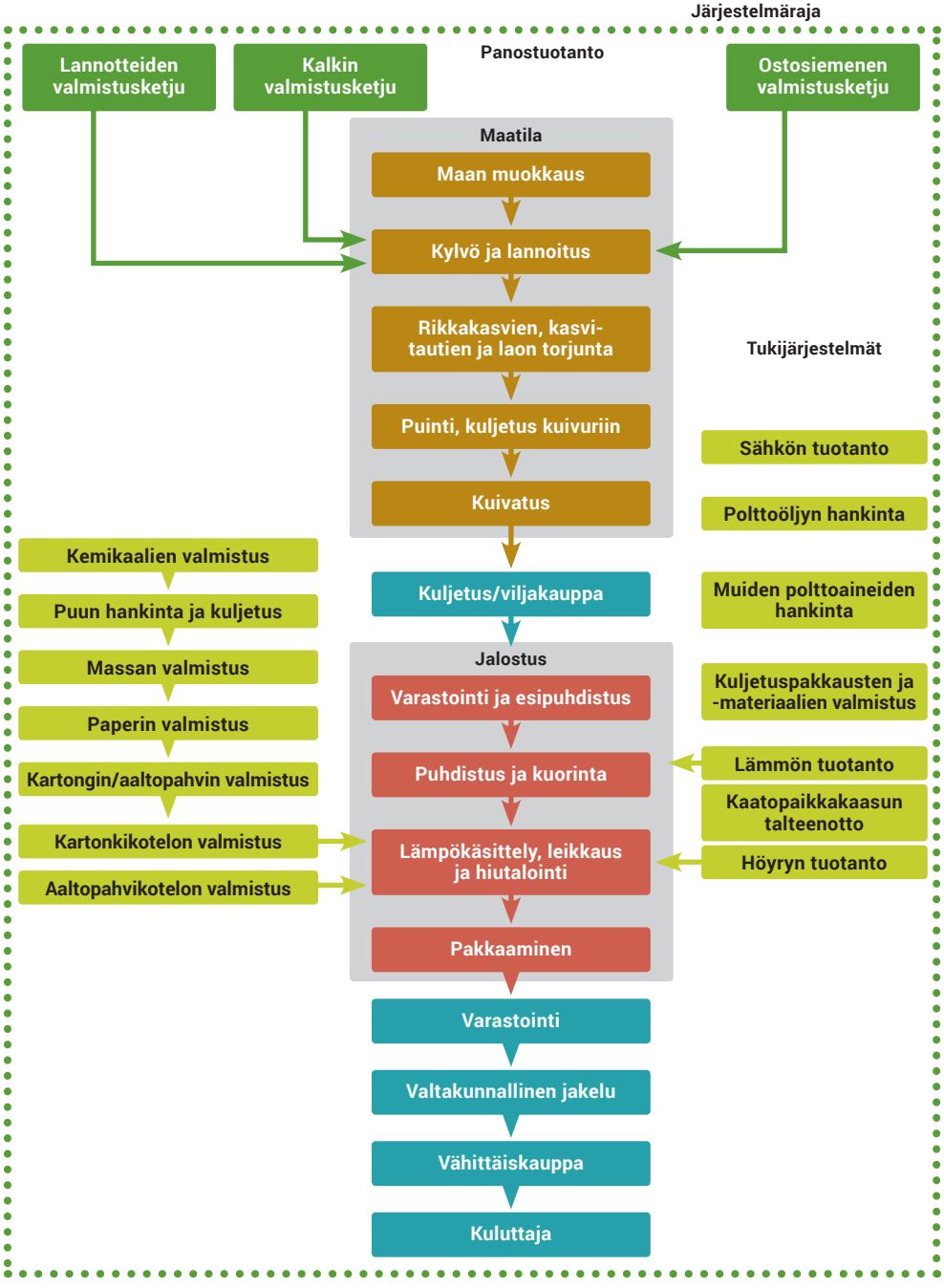
> Resursseilla tarkoitetaan raaka-aineita, materiaaleja ja energiaa, jotka tarvitaan ruoan valmistukseen. Aineellisten resurssien ohella mukaan voidaan lukea myös aineettomat resurssit, kuten tekniikat, työmenetelmät, ammattitaito, toimintaan liittyvät yhteistyösuhteet ja verkostot sekä ruokakulttuuri.

Metaani on 25 ja dityppioksidi 298 kertaa voimakkaampi ilmastonmuutoskaasu kuin hiilidioksidi. Mikäli elintarvikkeen tuotannon eri vaiheissa muodostuu runsaasti metaania tai dityppioksidia, nousee sen ilmastonmuutosvaikutus selvästi. Tällöin kehittäminen kannattaa keskittää niihin tuotantovaiheisiin, joissa näitä kasvihuonekaasuja syntyy runsaimmin. Esimerkiksi maidontuotannossa metaanintuotantoa maitolitraa kohden voidaan vähentää kotieläinten rehuhyötysuhdetta parantamalla. Rehuhyötysuhteella tarkoitetaan sitä, kuinka tehokkaasti kotieläin pystyy hyödyntämään rehun sisältämät ravintoaineet tuotannossa. Käytännössä tämä tarkoittaa hyvälaatuista rehua sekä kotieläimen tarpeenmukaista ruokintaa, jossa eri ravintoaineiden määrät ovat eläimelle sopivassa suhteessa. Myös korkea tuotostaso vähentää metaanin muodostusta maitolitraa kohden. Karjan uusiminen eli hiehojen kasvatus maitoa tuottaviksi lehmiksi tuottaa paljon metaanipäästöjä. Yksi keino maidontuotannon metaanipäästöjen vähentämiseen onkin pitää lypsylehmät tuotannossa pidempään ja välttää liian nopeaa uusimista.

teiden, kalkitusaineiden tai kylvösiementen valmistus- ja tuotantoketjut. Samoin peltoviljelyn eri vaiheet maan muokkauksesta sadon kuivaamiseen kirjataan ylös. Peltoviljelyssä ja viljan käsittelyssä tarvitaan lisäksi polttoaineita sekä sähköä, joiden tuotantotapa vaikuttaa myös kaurahiutaleiden hiilijalanjälkeen. Kaurahiutaleita valmistavan teollisuuden vaiheita ovat puolestaan viljan puhdistaminen, kuorinta, lämpökäsittely ja hiutalointi, jotka vaativat lämmön- ja energiantuotantoa. Pakkausmateriaalin valmistamisen vaiheet alkavat puun hankinnasta kartongin ja pakkauksen valmistamiseen. Eri vaiheiden välillä raaka-aineita ja tuotteita kuljetaan ja lopulta kaurahiutaleet päätyvät ensin kauppaan ja sieltä kuluttajalle.

Jos kaurahiutaleen tarina viedään loppuun saakka, siihen tulee määritellä myös pakkaus- ja yhdyskuntajätteen käsittely ja jätteiden hyödyntämisvaihtoehdot kierrätettävänä materiaalina (pakkauspahvi), orgaanisena aineena (kompostoitu maanparannusaine tai kierrätetyt ravinteet) tai energiana (biokaasutusprosessin tai polton kautta).

Jokaisen vaiheen tuottamien kasvihuonekaasujen määrä arvioidaan määrittämättä kunkin kolmen kasvihuonekaasun päästömäärät ilmaan ko-



Kaurahiutaleen tuotantoprosessin vaiheet ja tuotantojärjestelmän tarkastelulle määritellyt rajat.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Elintarvikkeen elinkaaren eri vaiheiden välillä raaka-aineita ja tuotteita kuljetetaan paikasta toiseen.

keellisesti tarkistettujen mallinnusten perusteella ja muutetaan CO_2-ekvivalenteiksi. Ilmastonmuutosvaikutus ilmaistaan **suhteessa tuotteen määrään**, tässä tapauksessa CO_2-ekvivalenttia/kg kaurahiutaleita.

Kaurahiutaleen ympäristövaikutukset lasketaan vaihe vaiheelta läpi koko edellä kuvatun tuotantojärjestelmän riippumatta siitä, miten lähellä tai kaukana eri tuotantovaiheet toisistaan toteutetaan. Jos tuotanto on pilkkoutunut eri puolille Eurooppaa tai maailmaa, eri vaiheiden välille tarvittavat kuljetus- ja varastointivaiheet tuovat huomattavan lisän tuotantoprosessia kuvaavaan kaavioon.

Eri tuotteiden ja tuotantovaiheiden hiilijalanjälkeä voidaan vertailla

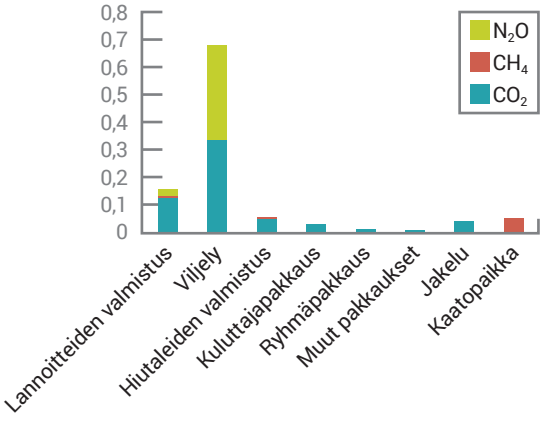
Elinkaarianalyysissä elintarvikkeiden valmistuksen vaiheet tunnistetaan ja niiden ilmastonmuutosvaikutus lasketaan. Kauran viljelyssä lannoitteet ja viljely itsessään eri työvaiheineen aiheuttaa merkittävän osan kasvihuo-

nekaasupäästöistä. Näissä molemmissa kaurahiutaleiden elinkaaren vaiheissa valtaosa päästöistä on dityppioksidia, ja siksi CO_2-ekvivalentteina laskettu ilmastonmuutosvaikutus on suuri. Dityppioksidia syntyy lannoitteiden käytön yhteydessä. Päästöjä voidaan vähentää lannoittamalla kasvin tarpeen mukaan ja sitomalla käytetyt ravinteet mahdollisimman tehokkaasti satoon ja tavoittelemalla korkeaa ravinteiden käytön hyötysuhdetta.

Tuotannon lisäksi kuljetukset aiheuttavat erilaisia ympäristövaikutuksia. Kuljetuksen vaikutukset tuotekiloa kohti riippuvat hyvin olennaisesti siitä, millaisella energialla kuljetus toteutetaan ja kuinka tehokasta kuljetusvälineen käyttö on. Kuljetuksia pitäisi tehdä mahdollisimman täydellä kapasiteetilla. Uusiutuvan energian avulla tuotettujen kuljetusten ympäristövaikutus arvioidaan paljon pienemmäksi kuin perinteisillä fossiilisilla polttoaineilla toteutettu kuljetus. Uusiutuva energialähde, esimerkiksi biomassa, sitoo hiilidioksidia uusiutumisvaiheessaan ja kierrättää siten ilmakehässä olevaa hiiltä. Biomassakin tulisi kuitenkin ensimmäisessä vaiheessa hyödyntää materiaalina (rehuna tai ruokana) ja vasta kierrätettynä siirtää energian tuotantoon. Myös tuuli- ja vesivoima sekä aurinkoenergia luokitellaan uusiutuvaksi. Niiden lähde on hiilivapaa, mutta hyödyntämistekniikka voi aiheuttaa päästöjä esimerkiksi aurinkopaneelien ja tuulimyllyjen rakentamisessa.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Elintarvikkeiden ilmastonmuutosvaikutusta voidaan pienentää esimerkiksi siirtymällä elinkaaren eri vaiheissa fossiilisen energian käytöstä uusiutuvan energian, kuten aurinkoenergian, käyttöön.

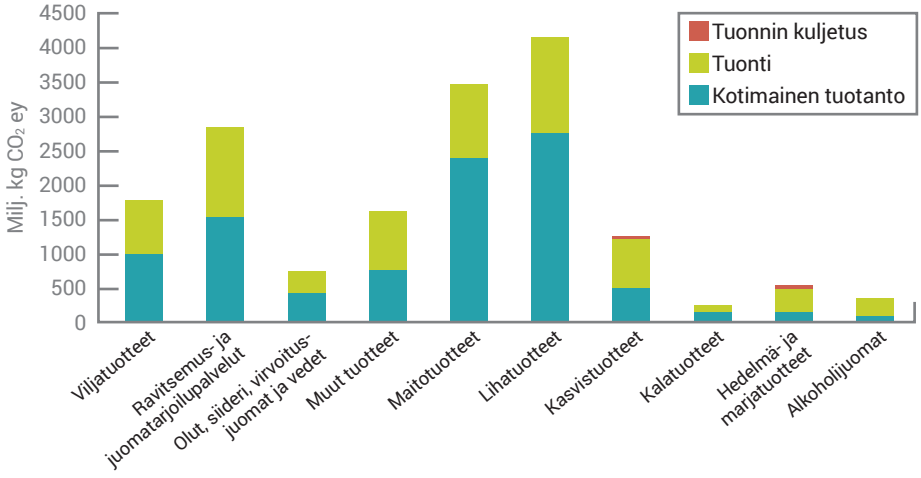


Kaurahiutaleiden elinkaaren eri vaiheista lannoitus ja viljely aiheuttavat tällä hetkellä eniten ilmastonmuutosvaikutusta. Lannoitteiden valmistuksen ja viljelytekniikoiden kehittäminen ovatkin olleet viime vuosina tärkein keino hiilijalanjäljen pienentämisessä, ja lannoitteiden valmistuksen osalta siinä on onnistuttu. Lähde: Luonnonvarakeskus.

Hiilidioksidi-ekvivalenttien laskeminen tuotettua tai kulutettua kiloa kohden mahdollistaa myös eri elintarvikkeiden tuoteryhmien ilmastovaikutuksen vertailun. Kuinka paljon esimerkiksi vilja- tai maitotuotteiden kuluttaminen tuottaa CO_2-ekvivalentteja kulutettua kiloa kohden? Laskelmissa voidaan myös huomioida kulutettujen elintarvikkeiden alkuperä ja laskea ilmastonmuutosvaikutus erikseen kotimaiselle tuotannolle sekä tuontielintarvikkeille. Suurin ilmastonmuutosvaikutus on tunnetusti maito- ja lihatuotteiden kulutuksella, joiden elinkaareen kuuluu useita vaiheita, joissa voi muodostua metaania ja dityppioksidia.

Ruokalautasemme ilmastonmuutosvaikutusta voi alentaa usealla eri tavalla.

TEHTÄVÄ Valitse jokin elintarvike ja analysoi sen alkutuotannon, jalostuksen, kuljetuksen, kaupan ja jätteiden käsittelyn vaiheita. Vastaa seuraaviin kysymyksiin: mitkä ovat tuotteen pääraaka-aineet, missä ne tuotetaan ja mitä tuotantotapoja käytetään? Käytetäänkö tuotannossa runsaasti uusiutumattomia energianlähteitä ja miten niiden käyttöä voitaisiin vähentää? Miten alkutuotannon tuotteiden jalostaminen tapahtuu? Mitä ympäristövaikutuksia tuotannolla on ja miten niitä voitaisiin vähentää? Voit myös testata ruoka-annoksen ympäristövaikutuksia Foodweb-ateriasovelluksen avulla. Kiinnitä huomiota lähdekritiikkiin. Kuka on tuottanut käyttämäsi tiedon?



Eri tuoteryhmiä voidaan verrata laskemalla kulutettujen tuotteiden ilmastonmuutosvaikutus CO_2-ekvivalenttia miljoonaa kiloa kohden. Ravitsemus- ja juomapalvelut tarkoittavat koko ravintola- ja kahvilapalvelujen materiaalikäyttöä, jota tässä yhteydessä ei ole voitu eritellä raaka-aineryhmittäin. Tuoteryhmäkohtainen käyttö koskee yksityistä kotitalouksien kulutusta. Laskelmissa voidaan huomioida esimerkiksi, kuinka paljon kotimaassa tuotettujen elintarvikkeiden ja tuontielintarvikkeiden kulutus aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Keinoina päästöjen alentamiseksi on paitsi kulutustottumuksiemme muuttaminen myös ruoantuotannon kehittäminen. Eri tuoteryhmien sisältämien ravintoaineiden määrä poikkeaa kuitenkin suuresti, ja esimerkiksi sama määrä kasvituotteita voi sisältää huomattavasti vähemmän ravintoaineita kuin lihatuotteet. Lähde: Luonnonvarakeskus.

Voimme siirtää kulutustottumuksiamme kasviruokapainotteiseksi ja välttää ruoan hävikkiä erityisesti maito- ja lihatuotteissa. Toisaalta ilmastoviisas maatalous (climate smart agriculture) kehittää jatkuvasti uusia viljelyteknisiä tai kotieläinten ruokintaan liittyviä ratkaisuja, joiden tavoitteena on pienentää ruoantuotannon ilmastonmuutosvaikutusta.

Ruoantuotannon tavoitteena hiilineutraali ja ravinneneutraali ruokajärjestelmä

Ruoantuotanto häiritsee aina luonnon hiili- ja ravinnetasapainotiloja, tapahtuu tuotanto sitten kotimaassa tai ulkomailla. **Ruokajärjestelmän kestävän tehostamisen** periaatteiden mukaan ruoantuotannon tulisi häiritä luonnon

/ kuva / Sakari Alasuutari

tasapainotiloja mahdollisimman vähän. Tätä pyrkimystä kutsutaan **hiili- ja ravinneneutraaliksi** toiminnaksi. Neutraalissa toiminnassa varmistetaan, että tuotannon yhteydessä hiili- ja ravinnevarat **kierrätetään** tuotantojärjestelmässä huolellisesti. Tällöin luontoon pääse mahdollisimman vähän ylimääräisiä päästöjä. Toisaalta myös luonnontilassa olevilta maa-alueilta tulee päästöjä. Esimerkiksi ravinteiden huuhtoutumislaskelmissa nämä huomioidaan niin kutsuttuna **taustakuormituksena**.

Ilmastomuutoksen ydinkysymys on, kuinka paljon ihminen toiminnoillaan lisää ilmaan hiilidioksidia ja muita kasvihuonekaasuja. Ylimääräinen hiili on peräisin joko fossiilisista polttoaineista tai maaperästä. Toimintamme voi nopeuttaa hiilen vapautumista sellaisista ympäristöistä, jotka muuten säilyttäisivät hiilen materiaaliin sidotussa muodossa hyvin pitkän ajan. Hiili- tai ravinneneutraaliutta voidaan käyttää tuotanto- ja kulutusketjun toteutuksen kyvykkyyden mittarina, mutta sen ohella myös esimerkiksi maatilayrityksen, kunnan, kaupungin tai alueen kyvykkyyden mittaamiseen.

Luonnonvarojen käyttöä ruoantuotannossa voidaan verrata hyvinkin erilaisessa tuotantoympäristössä erilaisten resurssijalanjälkien avulla. Resurssijalanjälkiä ovat esimerkiksi ruoantuotannon maankäyttövaikutus sekä vesi- ja ravinnejalanjäljet. On ehdottoman tärkeä verrata vain toisille vaihtoehtoisia tuotteita. Verrattavilla tuotteilla tulisi olla mahdollisimman samanlainen ravitsemuksellinen vaikutus. Esimerkiksi kilo juustoa sisältää huomattavasti enemmän energiaa, valkuaista ja monia muita tärkeitä ravintoaineita kuin kilo kasviksia. Eri tuotteiden resurssijalanjälkien vertailu toisiinsa onnistuu vain siinä tapauksessa, että tarkasteltavan systeemisen alueen rajaukset ovat yhteneväiset, joten vertailu vaatii siis huomattavan paljon tietoa eikä tulkintaa tulisi yksinkertaistaa liikaa.

5.2 Ruoantuotanto jättää jalanjälkiä

Tuotetuille elintarvikkeille voidaan laskea niiden elinkaaren aikana **ilmastonmuutosvaikutusta** kuvaava **hiilijalanjälki**, mutta myös muuta ruoantuotannon käyttämien **luonnonvarojen määrää** voidaan kuvata erilaisten **resurssijalanjälkien** avulla. Resurssijalanjälkiä ovat esimerkiksi ruoantuotannossa käytettävä maa-alue ja siitä johtuva **maankäyttövaikutus** tai veden- ja ravinteiden käyttöä kuvaavat **vesi- ja ravinnejalanjäljet**. Alkutuotannon osalta jalanjälkien laskennassa on vielä epävarmuustekijöitä jotka johtuvat viljelyalojen ja viljelyteknologioiden erilaisuudesta, ja esimerkiksi viljelymenetelmien kehittymistä tai Suomen sääolojen vaikutusta ne eivät täysin huomioi.

Kuinka suuren maa-alan tuotanto vaatii?

Maankäyttövaikutuksilla tarkoitetaan elinkaaren aikana tuotantoon käytettyä maa-alaa. Esimerkiksi naudanlihan ja maidon maankäyttövaikutuksesta pääosa muodostuu rehun tuotantoon ja laitumiin käytettävästä peltopinta-alasta. Eläinperäisten ruoka-aineiden maankäyttö onkin sen vuoksi suurempi kuin kasviperäisten. Korkea elintaso johtaa yleensä eläintuotteiden suurempaan kuluttamiseen, ja sitä kautta länsimaisen ihmisen maankäyttövaikutus on keskimääräisesti suurempi kuin kehitysmaissa asuvan. Vaurastuminen väkirikkaissa Aasian maissa on myös johtanut lisääntynee-

Viljelymaan käyttöarvon kannalta on välttämätöntä, että maa pidetään puhtaana sekä epäorgaanisista että orgaanisista haitta-aineista. Epäorgaanisia haitta-aineita ovat raskasmetallit, kuten esimerkiksi kadmium, lyijy ja arseeni, ja orgaanisia haitta-aineita myrkylliset kemikaaliyhdisteet, antibiootit ja hormonit. Erityisesti lastenruokien raaka-aineiden tuotannossa haitta-aineiden pitoisuuksilla on käytännössä nollatoleranssi. Maan puhdistus haitta-aineista on äärimmäisen hankala ja kallis tehtävä. Puhdistusta voidaan tehdä muun muassa hajottamalla haitta-aineet mikrobiologisten prosessien avulla, keräämällä haitta-aineita kerääjäkasvien avulla tai sitomalla haitta-aineet maahan vaarattomiksi yhdisteiksi.

seen eläintuotteiden kulutukseen ja sitä kautta kasvavaan maankäyttövaikutukseen.

Viljelyyn käyttökelpoinen maa on kansainvälisesti niukka ja niukkeneva resurssi, koska viljelymaata poistuu jatkuvasti ruoantuotannon käytöstä esimerkiksi kaupungistumisen, eroosion tai suolautumisen seurauksena. Maa-alueita jää myös veden alle tai niiden vesivarat ovat riittämättömät viljelyyn. Suuri syy viljelymaan vähenemiseen on ilmastonmuutos, mutta myös ihmisen oma toiminta kaavoituksen, kaupunki- ja tierakentamisen takia poistaa viljelymaata käytöstä. Joissakin tapauksissa teollisuus ja ympäristökemikaalit ovat pilanneet maa-alueita ja estävät niiden käytön viljelytarkoituksiin. Pilaantuneen maan puhdistaminen takaisin viljelykäyttöön on erittäin kallis prosessi.

Vesijalanjälki voi olla vihreä, sininen tai harmaa

Vesijalanjälki on monipuolinen veden käytön mittari ruoantuotannossa. Vesijalanjälki suhteutetaan veden saatavuuteen tuotantoalueella ja siten vedenkäytön vaikutuksia eri alueilla voidaan vertailla. Saman elintarvikkeen tuotanto veden niukkuudesta kärsivillä alueilla näkyy suurempana vesijalanjälkenä. Toisaalta saman vesimäärän käyttö tuotantoon vesirikkaassa ympäristössä johtaa pienempään vesijalanjälkeen.

Hydrologinen kierto varmistaa käyttämämme veden saatavuuden. Vesi haihtuu merestä, maalta ja kasveista ilmaan, josta se tulee alas sateena tai sumuna joko merellä tai maalla. Veden paluuta ilmasta maahan kutsutaan sadannaksi. Maahan satanut vesi joko haihtuu takaisin ilmaan, valuu jokiin

ja mereen tai sitoutuu maan vesivarastoon. Haihdunta tapahtuu joko suoraan vesipinnasta tai kasvien kautta transpiraationa. Myös maaperään päätynyt vesi haihtuu tai valuu aikanaan mereen tai pohjaveteen, mutta hyvin hitaasti. Jos vesi suotautuu syvälle kallioperään pohjavedeksi, siitä tulee osa hyvin pitkäaikaista makean veden varastoa. Veden hydrologisen kierron merkitys kaikkien maaeliöiden ja kasvien elintoiminnoille sekä ihmiselle on suuri. Ihminen häiritsee veden kiertoa esimerkiksi mittavalla veden otolla.

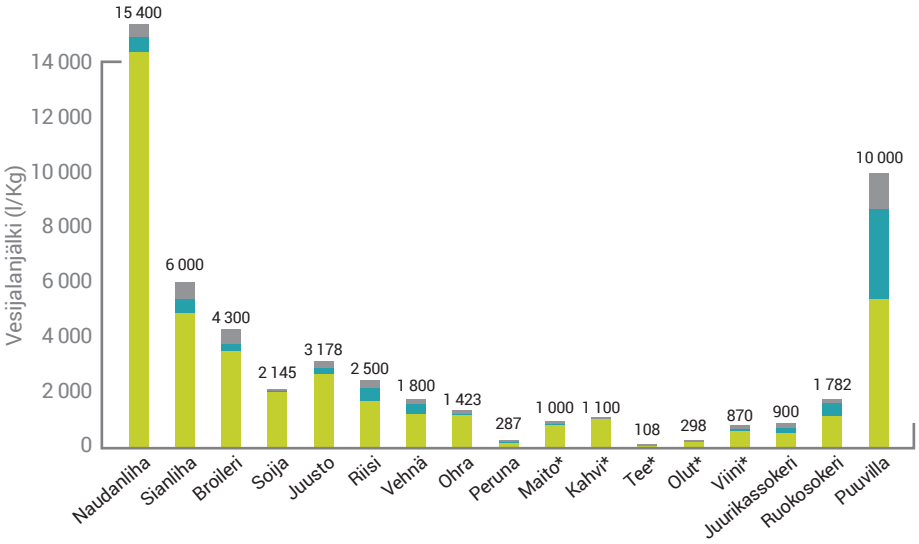
Ruoantuotanto käyttää 70 % maapallon makean veden varoista. Suomi on tässä suhteessa onnekkaassa asemassa, sillä olemme **yksi maailman vesirikkaimmista maista**. Viileän ilmastomme ja riittävien sateidemme ansiosta suomalaisen maataloustuo-

Vesijalanjälki voidaan laskea **vihreälle, siniselle ja harmaalle vedelle**.

Vihreällä vesijalanjäljellä tarkoitetaan ruoantuotannon luonnosta ottamaa ja luonnon hydrologisen kierron tuottamaa vettä. Esimerkiksi suomalaisen viljan tai nurmen kasvuun kulutettu vesi on vihreää vettä.

Sininen vesijalanjälki tarkoittaa tuotantoon järjestelmän ulkopuolelta lisättyä vettä ja veden oton suhteellista vaikutusta kussakin tuotantoympäristössä. Esimerkiksi kastelujärjestelmien kautta tomaatin tuotantoon hankittua makeaa vettä tai tomaatin käsittely- ja jalostusprosesseihin lisättyä vettä suhteutettuna veden saatavuuteen alueella kutsutaan tomaatin tai tomaatista tehtyjen tuotteiden siniseksi vesijalanjäljeksi.

Harmaa vesijalanjälki puolestaan tarkoittaa sitä vesimäärää, johon tuotannon päästöillään kuormittama vesi on laimennettava, jotta se muuttuu ympäristölle ja luonnolle vaarattomaan muotoon. Esimerkiksi jäteveden puhdistuksen tulisi olla niin tehokasta, että puhdistetun veden valuma-altaan vesimäärä riittää laimentamaan ravinteet ja haitta-aineet pitoisuuksista niin vähäisiksi, ettei puhdistetun veden mukana tulevista päästöistä aiheudu kemiallista, biologista tai ekologista haittaa. Juuri tuota laimentamiseen tarvittavaa vesimäärää kutsutaan harmaaksi vesijalanjäljeksi.



Esimerkkejä maataloustuotannon vesijalanjäljistä tuotekilogrammaa kohden tyypillisimmissä tuotantoympäristöissä. Juomien kohdalla (*) ilmoitettu vesijalanjälki koskee litraa valmista juomaa. Vihreä vesijalanjälki (vihreä pylväs) on tuotannossa suurin, mutta puuvillan tuotannossa käytetty kasteluvesi kasvattaa sinistä vesijalanjälkeä (sininen pylväs). Puuvillan tuotannossa myös harmaa vesijalanjälki (harmaa pylväs) on huomattavan suuri. Lähde: Suomen ympäristökeskus.

Naudanlihan vesijalanjälki näyttäytyy isona. Isot, nurmirehua syövät eläimet kuluttavat suuren määrän vettä ja erityisesti vesipitoista rehua. Täytyy kuitenkin muistaa, että nurmi on Suomen olosuhteisiin hyvin soveltuva ja hyvää satoa tuottava kasvi. Nurmia ei meillä kastella, mistä syystä naudanlihan vesijalanjälki muodostuu pääosin tuotantoympäristön luontaisen hydrologisen kierron vesivaroista eli juuri vihreästä vedestä. Nämä vesivarat ovat meillä Suomessa runsaat hyvin moniin muihin maihin verrattuna. Näin ollen Suomen kotieläintuotannon mahdollisuudet tuottaa naudanlihaa, kasvavaan kansainväliseen kulutukseen, häiritsemättä luontaista vihreän veden kiertoa ja vaarantamatta luonnonkasvien ja eläinten vedensaantia ovat hyvät. Lihantuotannon vesijalanjälkeen liittyvä huomio tuleekin kiinnittää harmaan vesijalanjäljen, eli kuormitusuhkaa kuvaavan vesijalanjäljen minimointiin ja mahdolliseen sinisen, kasteluun ja jalostusprosesseihin liittyvän vesijalanjäljen minimointiin kasteluveden ja jalostusprosessien käsittelyteknologiaa parantamalla.

Suomi on yksi maailman vesirikkaimmista maista, ja se antaa meille merkittävän kilpailuedun ruoantuotannossa verrattuna moniin muihin maihin. Tulevaisuudessa ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan elintarvikkeiden vesijalanjälkeen yhä enemmän alueilla, joilla kuivuus ja sen myötä kastelutarve lisääntyy. Miten voimme hyödyntää kilpailuetumme?

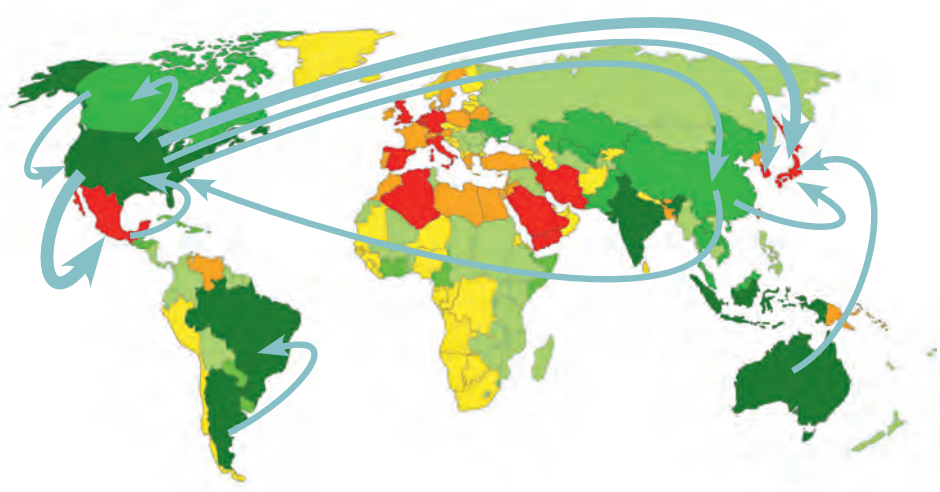
tannon kasteluveden tarve on vielä vähäinen, ja peltokasveille riittää luonnon kierrossa oleva vihreä vesi. Kastelujärjestelmiä käytetään yleisemmin vain erikoistuotannossa kuten perunaviljelyksillä, avomaan vihannesviljelyksillä sekä marja- ja taimitarhoissa, mutta ne voivat yleistyä tulevaisuudessa kuivuusjaksojen lisääntyessä.

Elintarvikkeista suurin vesijalanjälki on naudanlihantuotannossa. Toisaalta sinisen vesijalanjäljen osuus tuotannossa kasvaa esimerkiksi puuvillan viljelyssä, jossa käytetään yleisesti keinokastelua. Myös muiden kasvituotteiden viljelyssä voidaan käyttää runsaasti vesivaroja suhteessa alueen vesivaroihin, ja tällöin sininen vesijalanjälki on suuri. Esimerkiksi espanjalaisen tomaatin tai avokadon tai kalifornialaisten manteleiden viljelyssä käytetään alueen niukkoja vesivaroja keinokasteluun. Tällöin tuotteen vesijalanjälki voi olla yhtä suuri tai suurempi kuin sian- tai broilerinlihantuotannossa samalla tapaa kuin puuvillan tuotannon vesijalanjälki on melkein kaksinkertainen broilerinlihaan verrattuna.

Ravinnejalanjälki kuvaa tuotantoon käytettyjen ravinteiden määrää ja käytön tehokkuutta

Ravinnejalanjälki on maankäytön rinnalle kehitetty luonnonvarojen käytön mittari, jolla voidaan kuvata, kuinka paljon ja kuinka tehokkaasti tuotannossa käytetään ravinteita. Ravinnejalanjäljen laskennassa keskitytään tuotannossa käyttöön otettujen ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, määrään. Käyttöön otetut ravinteet ovat kaikkia elintarvikkeen elinkaaren aikana siihen käytettyjä ravinteita. Nämä käyttöönotetut ravinteet voivat päätyä elinkaa-

Ravinnejalanjälki kertoo, kuinka paljon tuotetta varten otettiin ravinteita käyttöön kiloina tuotekiloa kohden ja kuinka suuri osa käyttöönotetuista ravinteista hyödynnettiin eli päätyi loppu- tai sivutuotteisiin.

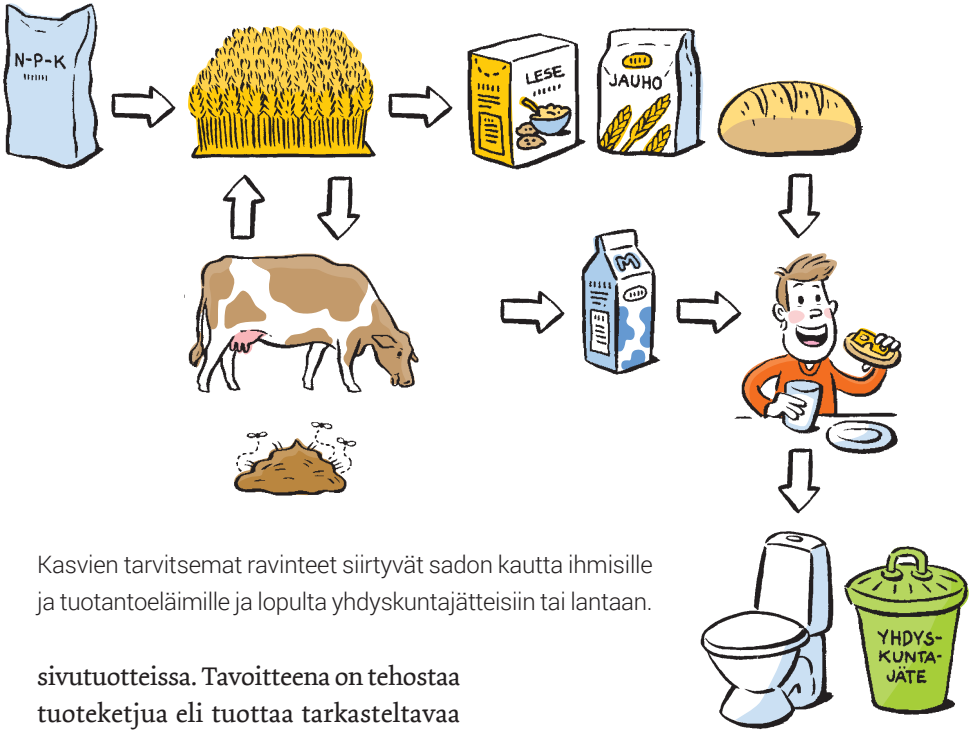


Virtuaaliveden tase maapallolla. Virtuaalivedellä eli piilovedellä tarkoitetaan tuotteen kasvatuksen, tuotannon ja jalostuksen aikana kulutettua kokonaisvesimäärää. Vihreällä merkityiltä alueilta viedään pois enemmän vettä kuin tuodaan, ja punaisille alueille tuodaan enemmän vettä kuin sieltä viedään. Monet suuret maatalousalueet, kuten Pohjois-Amerikka ja Brasilia, Intia tai Australia, vievät vettä tuotteiden mukana pois maasta enemmän kuin sinne tuodaan. Moneen Euroopan maahan vettä puolestaan tuodaan enemmän kuin sieltä viedään. Lähde: Hoekstra ja Mekonen 2012.

ren aikana joko loppu- tai sivutuotteisiin, varastointiin tai luontoon.

Käyttöönotetut ravinteet voidaan jakaa ns. **neitseellisiin ravinteisiin** sekä **kierrätysravinteisiin**. Neitseellisillä ravinteilla tarkoitetaan ravinteita, jotka ensimmäisen kerran muunnetaan kasveille käyttökelpoiseen muotoon luonnosta otettuina. Neitseellisten ravinteiden määrään lasketaan teollisesti valmistettujen lannoitteiden ravinteet sekä lannoitteiden tuotantoketjun aikana tarvittavien energiapanosten ja kuljetuksiin käytettyjen polttoaineiden sisältämät ravinteet. Kierrätysravinteilla tarkoitetaan typpeä ja fosforia, jotka on otettu ihmisten toimesta käyttöön jotakin aikaisempaa tarkoitusta varten. Näitä ravinteita käytetään uudelleen kierrätettynä ravinteena. Kierrätysravinteiksi voidaan jalostaa tai hyödyntää suoraan erilaisia prosessien sivuvirtoja, hyödyntämättä jääneitä kasvimassoja, eläinten lantaa tai poltettavia jätemassoja.

Käyttöön otettujen ravinteiden lisäksi toinen tärkeä parametri ravinnejalanjäljessä on käyttöönotettujen ravinteiden hyödyntämisaste päätuotteissa ja



Kasvien tarvitsemat ravinteet siirtyvät sadon kautta ihmisille ja tuotantoeläimille ja lopulta yhdyskuntajätteisiin tai lantaan.

sivutuotteissa. Tavoitteena on tehostaa tuoteketjua eli tuottaa tarkasteltavaa päätuotetta mahdollisimman pienillä ravinnemäärillä. Se osuus ravinteita, joka jää käyttämättä päätuotteessa, pyritään hyödyntämään sivutuotteiden kautta. Esimerkiksi kuoritut vihannekset pyritään hyödyntämään mahdollisimman tarkkaan ruoaksi, mutta puhdas kuoriaines voidaan hyödyntää vaikka eläinten rehuna ja multainen kuoriaines joko mädätyksen tai kompostoinnin jälkeen maanparannusaineena. Elintarvikekäytön ja rehukäytön seurauksena suuri osa ravinteista joutuu ulosteisiin, jotka siirtyvät seuraavaan ravinnekiertoon kierrätysravinteiden perusraaka-aineina.

Ravinnepäästöjen suhteellinen merkitys riippuu päästökohteena olevan ympäristön herkkyydestä. Suomalaisissa matalissa järvivesissä ja Itämeren liki suljetussa vesistössä ravinnepäästöt aiheuttavat helposti paljon suuremman vaikutuksen kuin suurilla merialueilla. Myrkylliset kemikaalipäästöt taas hajoavat pohjoisessa kylmässä ilmastossa hitaasti ja aiheuttavat pidempiaikaisen haitan kuin lämpimämmässä ilmastossa.

Neitseellisten ja kierrätysravinteiden käyttöönoton yhteismäärä kuvaa elintarvikkeiden elinkaaren aikana tarvittavaa kokonaistyppeä (kg N) ja -fosforia (kg P).

Ravinteiden kokonaiskäyttöönotto (100 %) = Neitseellisiä ravinteita % + kierrätysravinteita %

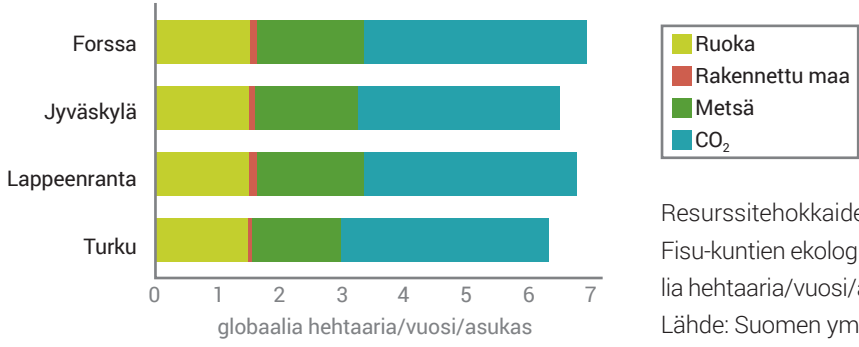
Ravinteiden hyötykäyttöaste = (päätuotteen ravinteet + sivutuotteiden ravinteet) / ketjun käyttöön ottamat ravinteet

Ekologinen jalanjälki

Ekologinen jalanjälki kertoo, kuinka paljon maa- ja vesialueita tarvitaan alueen kulutuksen tyydyttämiseen. Käytännössä tämä tapahtuu vertaamalla tärkeimpien tuotteiden kansallisia kokonaiskulutusmääriä vastaavan tuotteen hehtaarisatoon niissä tuotantoympäristöissä, jossa tuotanto toteutetaan. Laskennassa mukana ovat viljelytuotteet, eläintuotteet, kalat ja metsätuotteet ja näiden lisäksi kansalliset hiilidioksidipäästöt (tn CO_2) jaettuna kansallisella hiilen sidontakertoimella (tn CO_2/ha) sekä rakentamiseen käytetyt maa-alueet. Hiilidioksidilaskenta on tässä yhdistelmässä tavallaan käänteinen muihin verrattuna – lasketaan hiilidioksidin tuottoa ja verrataan sitä siihen, kuinka paljon pystytään samaan aikaan sitomaan hiilidioksidia. Suomessa sidontakohde on pääsääntöisesti metsä. Suomessa on luotu erilaisia tavoitteellisia ohjelmia, kuten resurssitehokkaat eli niin kutsutut Fisu-kunnat, joiden osalta on määritelty asukaskohtainen ekologinen jalanjälki. Ekologinen jalanjälki tuottaa karkean arvion kunnan kulutustasosta, koska kulutettujen tuotteiden alkuperää eikä niiden tarkkaa satoa voida selvittää. Tämä on kuitenkin hyvä lähtökohta parantavalle kehitykselle. Ruoka muodostaa noin neljänneksen esimerkiksi otettujen Fisu-kuntien ekologisesta jalanjäljestä,

Ekologinen jalanjälki tarkoittaa sitä hehtaarimäärää maa-alaa, joka tarvitaan ruoan ja kulutus- ja kestohyödykkeiden tuottamiseen vuositasolla ja kuinka suuri hehtaarimäärä tarvitaan lisäksi yhteiskuntien toiminnoista aiheutuvan hiilidioksidin sitomiseen takaisin biologisiin prosesseihin.

Fisu-kuntien asukaskohtainen ekologinen jalanjälki vuonna 2010



Resurssitehokkaiden eli niin kutsuttujen Fisu-kuntien ekologinen jalanjälki, globaalia hehtaaria/vuosi/asukas, vuonna 2010. Lähde: Suomen ympäristökeskus.

joka on suurin piirtein saman verran kuin erilaiset metsäpohjaiset tuotteet, joista suurimmat ovat puupohjainen energia ja rakennusmateriaalit.

Kansainvälisen Global Footprint Networkin tuottama ekologisen jalanjäljen laskenta käyttää yksikkönä globaalihehtaaria (gha), joka tarkoittaa hehtaaria, jonka biologinen tuottavuus vastaa maailmanlaajuista keskiarvoa. Tällainen muunnos on välttämätön, jotta kotimaisten ja ulkomailta tulleiden tuotteiden maan käyttö saadaan vertailukelpoiseksi.

Esimerkkinä suomalaisen ohran keskisato (v. 2014) oli 3 799 kg/ha, Saksan keskisato oli 7 399kg/ha ja Kanadan 3 300 kg/ha ja globaali keskisato 2 900 kg/ha, suomalainen peltohehtaari ohrantuotannossa vastaa 1,3 globaalia hehtaaria (gha) ja saksalainen 2,5 gha ja kanadalainen 1,1 gha.

Ympäristövaikutuslaskenta kohdistuu ilmastovaikutuksiin

Yleisimmin ympäristövaikutuslaskenta kohdistuu ilmastovaikutuksiin, mutta myös muille vaikutusluokille voidaan tehdä omat laskelmansa.

Rehevöittämisjalanjälki tarkoittaa viljelytoiminnasta aiheutuvaa vesistöjen rehevöitymistä ja se mitataan rehevöittävien ravinteiden grammamäärinä suhteessa tarkastelualalta tuotetun sadon määrään. Rehevöittävien ravinteiden, fosforin ja typen, päästöt vesistöihin lasketaan malleilla, jotka ottavat huomioon ainakin viljelymaan typen ja fosforin taseen sadonkorjuuvaiheessa, ravinteiden pidättymisen ja liikkuvuuden erilaisilla viljelymaan maalajeilla, pellon kaltevuuden ja hydrologiset olosuhteet sekä niiden muutokset tarkasteluaikana ja pellon kasvipeitteisyyden.

Suomen osuus Itämeren typpi- ja fosforipäästöistä on noin 10 %. Kokonaisuudessaan Itämeren päästöt ovat 60-luvun tasolla, koska pistekuormitusta aiheuttava teollisuus ja jätevedet on valtaosin saatu hallintaan. Maatalouden päästöjä on vähennetty eri viljelymenetelmin, mutta päästöjä ei koskaan saada kokonaan hallintaan kuten pistekuormituksessa. Syynä tähän ovat muun muassa sääolot kuten rankkasateet, jotka aiheuttavat ei-toivottuja ravinnepäästöjä pellolta. Riippumatta peltojen päästöistä Itämeri toipuu hitaasti, koska historialliset päästöt ovat kertyneet pohjan sedimentteihin ja ylläpitävät leväkukintaa.

Nämä mallit on testattu huuhtoutumiskentillä tehtyjen viljelykokeilujen avulla. Vastaavanlainen päästöjen merkityksen keskinäinen suhteuttaminen kuin ilmastomuutoslaskennassa tehdään myös rehevöittävien päästöjen, typen ja fosforin, välillä. Rehevöittävyyslaskennassa fosfaatti (PO_4^{3-}) on se päästö, jonka vaikutuksiin muut rehevöittävät vaikutukset suhteutetaan ja rehevöittävien ravinteiden määrä ilmoitetaan fosforiekvivalenteiksi laskettuina rehevöittävinä grammamäärinä.

Ympäristökemikaalien vaikutuksia voidaan kuvata **ekotoksisen jalanjäljen** avulla. Arvioinnissa huomioidaan kemikaalien haitallisuus, hajoamisnopeus tai pysyvyys luonnossa. Ekotoksisen jalanjäljen laskeminen on vaikeaa, sillä kemikaalien käyttäytyminen eri oloissa tunnetaan huonosti. Ympäristöriskejä pyritäänkin ensisijaisesti välttämään kemikaalien tarpeenmukaisella ja huolellisella käytöllä sekä turvallisuusrajojen noudattamisella.

Maatalouden vaikutusta **tuotantoympäristön monimuotoisuuteen** voidaan myös arvioida. Viljelyn monimuotoisuusvaikutus voi olla negatiivinen tai positiivinen. Peltoviljelyssä kasvustot yksipuolistuvat, eli niiden lajirunsaus vähenee viljelyteknisten toimenpiteiden, kuten kynnön tai rikkakasvien torjunnan, seurauksena. Hyvin intensiivisessä eli runsaasti resursseja käyttävässä ruoantuotannossa monimuotoisuusvaikutus on yleensä negatiivinen. Toisaalta peltojen reuna-alueilla ja pitkäaikaisilla laitumilla sekä luonnonmukaistetussa tuotannossa monimuotoisuusvaikutus voi olla positiivinen.

/ kuva / Sakari Alasuutari

06 TULEVAISUUDEN MAATILA

Mitä tulevaisuuden maatila tuottaa?

Mistä saadaan energia ruoantuotantoon?

Miten ravinteiden kierto saadaan mahdollisimman suljetuksi?

Onko traktorissa kuljettaja 20 vuoden päästä?

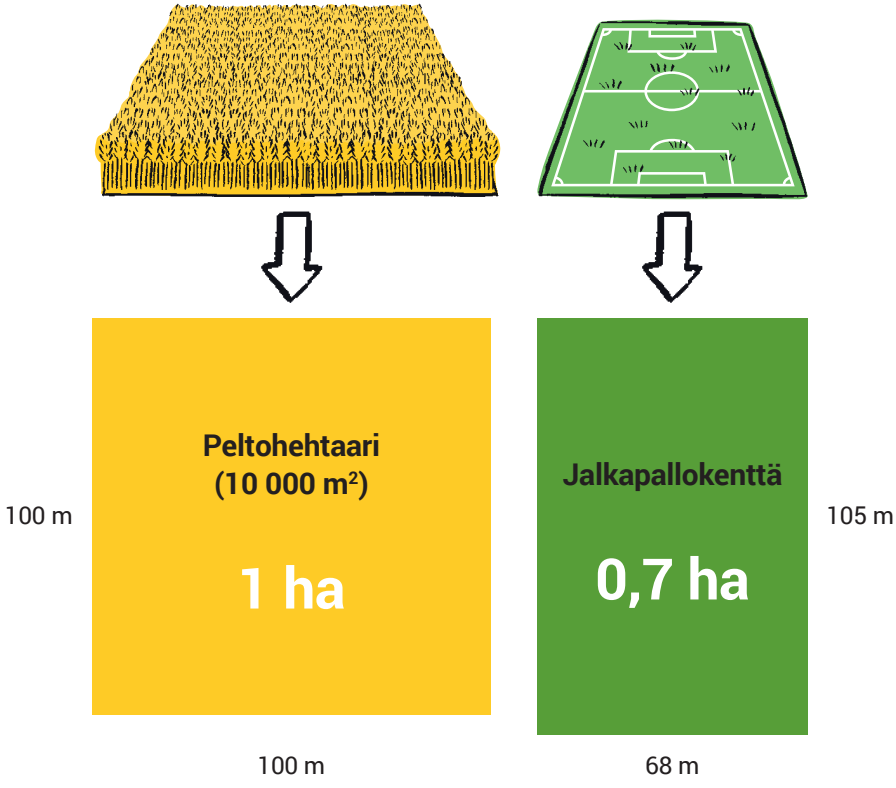
Miten maatalous hyödyntää uusinta tekniikkaa ja teknologiaa viljelyn suunnittelussa ja päätöksenteossa?

6.1 Tehokkaat ja energiaviisaat maatilat

Ruoantuotanto on tehostunut – ja tehostuu edelleenkin, mutta nyt ympäristön ehdoilla

Maatalous on muuttunut kuluneen sadan vuoden aikana merkittävästi. Suomen itsenäistyessä vuonna 1917 suomalaisia oli 3,1 miljoonaa. Suomi oli tuolloin maatalousyhteiskunta, jossa yli 70 % väestöstä sai toimeentulonsa maataloudesta. Vuonna 1920 Suomessa oli 185 000 pinta-alaltaan yli kahden hehtaarin (hehtaari = 10 000 m^2) maatilaa, ja viljelty peltopinta-ala oli 1,9 miljoonaa hehtaaria (ha). Nyt maamme on 5,3 miljoonan kansalaisen jälkiteollinen palveluyhteiskunta. Viljelty peltopinta-ala on kasvanut 2,3 miljoonaan hehtaariin ja maatilojen määrä vähentynyt 50 000:een. Tuotantomenetelmät ovat muuttuneet merkittävästi. Vuonna 1960 yhden henkilön ruokkiminen vaatii keskimäärin 0,45 hehtaarin peltoalan, kun nyt vastaava ala on vihreän vallankumouksen seurauksena 0,2 ha.

Tulevaisuudessa on tuotettava samalla tai pienemmällä viljelyalalla enemmän kuin nyt. Jotta tämä onnistuu, maan fysikaalisen, kemiallisen ja biologisen kunnon on oltava hyvä. On todennäköistä, että tuotanto keskittyy parhaimmille pelloille ja osa nykyisestä peltoalasta siirtyy reserviin esimerkiksi luonnonhoitopelloiksi. Osa voidaan myös metsittää. Luonnonhoitopelto tarkoittaa, että pellolla ei viljellä myyntiin tarkoitettuja viljelykasveja vaan esimerkiksi nurmea, eikä siitä korjata satoa. Pelto voidaan kuitenkin ottaa tarvittaessa takaisin viljelykäyttöön.



Viljelyn **kestävä tehostaminen** edellyttää, että energiaa ja tuotantopanoksia käytetään nykyistä tehokkaammin, jotta hukkaan menee mahdollisimman vähän. Tämä on tärkeää ympäristökuormituksen vähentämisen ja tuotannon kannattavuuden kannalta. Tuotettu biomassa, esimerkiksi viljelykasvien kaikki osat, tulisi käyttää hyväksi mahdollisimman tarkkaan.

Tulevaisuudessa maatilojen koko kasvaa edelleen, mutta samalla osa tiloista keskittyy tuottamaan erikoistuotteita. Nämä tilat eivät ole välttämättä pinta-alaltaan suuria, mutta erikoistuotteilla on lisäarvoa, joka nostaa tuotteiden hintaa. Maatilat ovat itsenäisiä yrityksiä, mutta ne voivat olla myös usean tilan ja jatkojalostajien muodostamia yhtiöitä, jotka tuottavat esimerkiksi lähiruokaa ja hyödyntävät toistensa sivuvirtoja kierrätettävänä raaka-aineena ja energiana. Tällaisia sivuvirtoja ovat eläinten lanta ja biomassan prosessointijäännös.

Maatilat jo nyt kohti monimuotoisempaa tuotantoa

Maatilat ovat osa ruokajärjestelmää, jossa ne tekevät kiinteää yhteistyötä kuluttajien, teollisuuden ja kaupan kanssa. Osa maatiloista voi tuottaa myös muuta kuin ruokaa kuten **biopohjaisia raaka-aineita** esimerkiksi lääke- ja kosmetiikkateollisuudelle. Maataloudessa tuotetaan myös **täsmäraaka-aineita** elintarviketeollisuuden käyttöön. Esimerkiksi pakasteherneen tuotanto on tarkoin säädeltyä. Herneet ovat vientituote, jonka menestyminen markkinoilla perustuu korkeaan laatuun. Palkokasveista ja kaurasta valmistetaan Nyhtökauraa. Kotieläinten ruokinta vaikuttaa maidon ja lihan laatuun. Rypsiporsaan® ruokavalio on tarkkaan suunniteltu. Rypsiporsas syö kotimaisen viljan lisäksi rypsiä, joka parantaa lihan rasvahappokoostumusta. Lypsylehmän ruokinta puna-apilavaltaisella säilörehulla parantaa maidon rasvan koostumusta ja lisää sen omega-3- ja -9 -rasvahappojen pitoisuutta. Tulevaisuudessa täsmätuotanto laajenee ja sen merkitys maataloudessa kasvaa. Kuluttajien ruokavalion ja ruokailutottumusten muutokset vaikuttavat maatalouden tuotteiden kysyntään. Esimerkiksi Nyhtökauran, Härkiksen ja gluteiinittoman Kaurapuuterin suosion kasvu lisää härkäpavun, herneen ja kauran kysyntää viljamarkkinoilla.

/ kuva / Laura Alakukku

Erikoistuminen on keino kehittää maataloutta. Tässä viljellään ruusua, jonka terälehdistä valmistetaan muun muassa hilloa.

Maatilat voivat tuottaa **uusiutuvaa energiaa** muun yhteiskunnan käyttöön. Samalla ne ovat osa hajautetun energiantuotannon järjestelmää. Muiden tuotteiden tuotanto pitää toteuttaa niin, ettei se vaaranna maatalouden päätehtävää ruoantuotantoa. Peruselintarvikkeiden tuotannon ohella maatilat tuottavat jo nyt aineettomia palveluja yhteiskunnalle. Tästä on esimerkkinä avoin **maalaismaisema. Aineettomien palvelujen** tarjoaminen muulle yhteiskunnalle voi tulevaisuudessa olla yksi maatalouden tuotantotapa.

Leväkasvatusta lehmien rehuksi. Suomessa levien ulkokasvatus onnistuu kasvukauden aikana. Muulloin alhainen lämpötila ja valon määrä käytännössä estävät levien tuotannon ulkoaltaissa.

/ kuva / Marjukka Lamminen

Kasviperäisen valkuaisen ja öljyn tuotanto monipuolistaa kasvinvuorotusta. Monipuolinen kasvivuorotus parantaa Suomen valkuaisomavaraisuutta, kun tuontisoijaa korvataan palko- ja öljykasveilla. Kasvinvuorotuksessa palkokasvit vähentävät lannoitetypen käyttötarvetta ja sen valmistuksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Monipuolinen kasvinvuorotus edistää peltojen biodiversiteettiä eli biologista monimuotoisuutta, ja se voi vähentää kasvitautien torjuntapainetta ja edistää biologista torjuntaa.

Kotieläintuotannossa eläinten ruokinta on tarkempaa ja suunnitellumpaa kuin useimpien ihmisten ruokavalio. Rehuvalkuainen, sen määrä ja aminohappokoostumus, on tärkeä osa ruokintaa. Palko- ja öljykasvien viljelyn lisääntyminen parantaa rehuvalkuaisen omavaraisuutta. Tulevaisuudessa maatilat voivat tuottaa myös korkealaatuista valkuaista kasvattamalla levää (esimerkiksi Spirulina-mikrolevä). Levät tuottavat biomassaa jopa tuhat kertaa maan päällä kasvavia kasveja nopeammin. Kilossa levää on 500–700 grammaa valkuaista, kun rypsirehuissa sitä on noin 300–400 g. Valkuaisen tuottajina levät ovat monta kertaa tehokkaampia kuin palkokasvit. Levien ohella hyönteisten ja toukkien kasvatus ruoaksi ja rehuksi yleistyy myös Suomessa. FAO:n arvion mukaan kaksi miljardia ihmistä maailmassa käyttää hyönteisiä ruokavaliossaan. Ruoaksi käytetään muun muassa heinäsirkkoja, kovakuoriaisia, eri hyönteislajien toukkia ja muurahaisia. Kaikkiaan ruoaksi on raportoitu käytetyn 1 900 hyönteislajia. Hyönteisten ja levien käyttö valkuaisen tuotantoon vähentää valkuaisen tuotantoon tarvittavaa peltopinta-alaa. Ainakaan toistaiseksi vaihtoehtoiset valkuaislähteet eivät kuitenkaan pärjää hintakilpailussa kasvivalkuaiselle.

Tulevaisuuden maatalouteen kohdistuu monia erilaisia odotuksia, vaatimuksia ja muutospaineita. Miten ja kuka tuottaa ruoan maapallon kasvavalle väestölle? Miten tuotantomenetelmiä kehitettäessä yhdistetään monialaista tietoa ja otetaan huomioon ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset näkökohdat? Miten voimme vähentää varastoinnin ja kuljetuksen aikana syntyviä tappioita globaalissa ruokaketjussa?

Mitä raaka-ainekasveja tulevaisuudessa viljellään – ja globaaleille markkinoille vai lähiruoaksi?

Miten tuotantopanosten, kuten kasvinravinteiden, energian ja rehujen, käyttöä tehostetaan?

Jatkaako globaali kotieläintuotteiden kysyntä kasvuaan?

Miten ravinteiden kierto suljetaan? Miten esimerkiksi palautetaan pellolta poisviedyt ravinteet ja miten vähennetään ravinteiden huuhtoutumista?

Miten maatalouden aiheuttamaa ympäristökuormitusta vähennetään?

Miten suomalaisen maatalous ottaa vastuuta globaalista ruokaturvasta?

Miten maatalous saavuttaa ilmastokestävyyden?

Miten globaali ruokaturva toteutuu?

Miten poliittiset päätökset edistävät maatalouden kestävän toimintaympäristön rakentamista?

Miten huolehditaan eläinten hyvinvoinnista? Miten saavutetaan hyvinvointi kasvatettujen kalojen ja äyriäisten sekä uusien tuotantoeläinten, kuten hyönteisten, osalta?

Miten tilojen välillä muodostetaan verkostoja, jotka yhtäältä varmistavat resurssien käytön tehokkuutta ja ravinnekiertojen sulkemista ja toisaalta edistävät tuotteiden markkinointia?

Miten maatalouden omavaraisuutta kasvinravinteiden ja energian osalta parannetaan?

Miten maatalouden taloudellista asemaa, oikeudenmukaista hyödynjakoa markkinoilla ja kannattavuutta parannetaan?

Maatalouden energiankulutus jaetaan suoraan ja epäsuoraan kulutukseen

Vielä sata vuotta sitten maataloudessa käytettiin hyvin vähän uusiutumatonta energiaa. Peltotyöt tehtiin pääosin hevosilla, joita kutsuttiin leikillisesti kauramoottoreiksi. Lannoitteena käytettiin pääasiassa kotieläinten lantaa, mutta ulkomailla myös guanoa, joka on kivettynyttä merilintujen ja lepakoiden ulostetta. Siinä on runsaasti typpeä ja fosforia. Teollisesti valmistettuja lannoitteita käytettiin vähän. Maatalouden koneellistumisen ja sähköistymisen sekä teollisesti valmistettujen lannoitteiden ja muiden kemikaalien käytön lisäännyttyä maataloustuotanto on tullut riippuvaiseksi uusiutumattomasta energiasta.

Maatalouden energiankulutus jaetaan **suoraan ja epäsuoraan kulutukseen**. Tuotantopanosten valmistuksen vaatima energia on epäsuoraa energiankulutusta. Esimerkiksi koneiden valmistus, tuotantorakennusten rakentaminen, lannoitteiden, kalkin ja torjunta-aineiden valmistus kuluttaa energiaa. Epäsuoran kulutuksen osuus maatalouden kaikesta energiankulutuksesta on suurempi kuin suoran kulutuksen. Suora energiankulutus tarkoittaa energian käyttöä traktoreiden polttoaineena, tuotantorakennusten lämmityksessä, viljan kuivauksessa tai maidon jäähdytyksessä. Maatalouden energiankulutuksesta tunnetaan hyvin vain suora energian kulutus, koska epäsuora energiankulutus tilastoidaan monien eri teollisuussektoreiden energiankulutukseksi. Se saadaan esiin vain maataloustuotteiden elinkaarilaskennan avulla. Maatalouden osuus Suomen suorasta energian kulutuksesta vuonna 2013 oli 3 %.

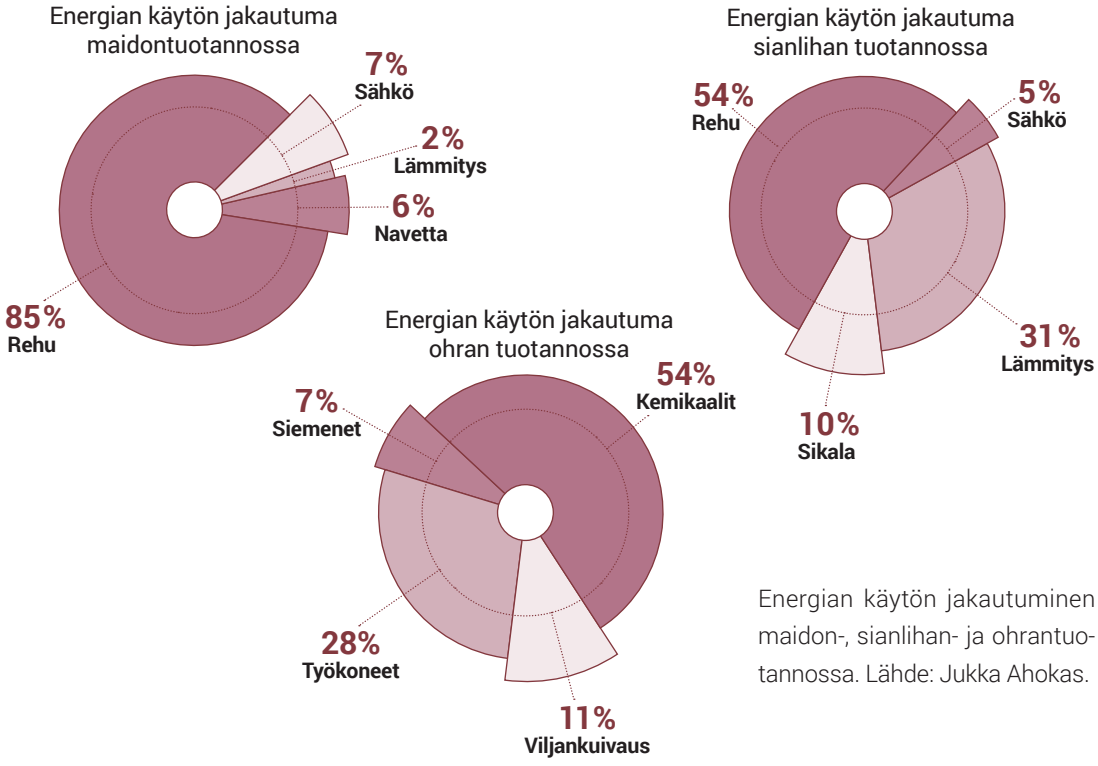
Peltoviljelyssä epäsuoraa energiaa kuluu eniten **typpilannoitteiden valmistamiseen**. Yhden typpikilon valmistamiseen kuluu energiaa 49 MJ.

Maataloustuotannossa käytettävä energia jaetaan suoraan ja epäsuoraan osaan. Suora energia käytetään maatilalla suoraan tuotantoon. Esimerkiksi sähkö ja nestemäiset polttoaineet ovat suoria energiapanoksia. Epäsuora energia käytetään tilan ulkopuolella esimerkiksi koneiden, rakennusten ja maatalouskemikaalien valmistukseen sekä palvelujen tuottamiseen. Epäsuora energia kohdistuu kuitenkin maataloustuotantoon, kun koneita, rakennuksia tai kemikaaleja käytetään maatilalla. Ilman maataloustuotantoa näitä energiapanoksia ei käytettäisi.

/ suorakylvö / kuva / Sakari Alasuutari

Tämä energiamäärä vastaa 1,4 litrasta polttoöljyä saatavaa energiamäärää. Kun viljan lannoituksessa käytetään 90 kg typpeä hehtaarille, typpilannoitteen valmistamiseen käytetty energiamäärä vastaa 2 520 km ajoa dieselautolla, joka kuluttaa polttoainetta 5 l/100 km. Kotieläintuotannossa **rehuntuotanto** vaatii paljon energiaa. Broilerin- ja sianlihantuotannossa energiaa kuluu paljon myös **tuotantorakennusten lämmittämiseen**. Maidontuotannossa lypsykone ja maidon **jäähdyttäminen** kuluttavat suuren osan tuotannon vaatimasta suorasta energiasta.

Maataloudessa kehitetään jatkuvasti **energiatehokkaampia menetelmiä**. Esimerkiksi viljankuivauksessa kuivurin lämpöeristäminen vähentää energiankulutusta jopa 20 %. Rehuvilja voidaan varastoida kuivauksen sijaan tuoreena ilmatiiviissä siilossa tai happokäsiteltynä, mikä säästää energiaa merkittävästi. Maidon jäähdytyksessä voidaan käyttää lämmönvaihdinta, jolla maidon lämpöenergia siirretään käyttöveden lämmitykseen. Traktoreiden polttoaineenkulutus on pieni osa maatalouden energiankulutuksesta, mutta siinäkin voidaan säästää. Ajotapa ja peltolohkojen väliset siirtymäetäisyydet vaikuttavat kulutukseen, ja koulutuksella sekä logistiikan suunnittelulla kulutusta voidaan vähentää aivan kuten auton ajossakin.



Energian käytön jakautuminen maidon-, sianlihan- ja ohrantuotannossa. Lähde: Jukka Ahokas.

Maatalous energian tuottajana ja uusiutuvan energian käyttäjänä

Tulevaisuuden maatila käyttää nykyistä enemmän **uusiutuvia energialähteitä**. Tällä tavoitellaan parempaa **energiaomavaraisuutta, pienempiä kasvihuonekaasupäästöjä** sekä **hiilineutraalimpaa** tuotantoa. Oman käytön ohella maatilat voivat tuottaa uusiutuvaa energiaa myös myyntiin. Tulevaisuuden maatilat ovatkin osa **hajautettua energian tuotannon verkkoa**. Tämä edellyttää sekä uusien tekniikoiden että tuotantomenetelmien kehittämistä ja käyttöönottoa. Fossiilisen energian kulutusta pyritään vähentämään monin eri keinoin esimerkiksi hyödyntämällä auringonenergiaa ja biokaasua lämmityksessä ja korvaamalla osa väkilannoitteiden typestä palkokasvien viljelyllä.

Teknisen kehityksen ohella maatalouden energian käyttöön vaikuttavat myös muut asiat kuten kuluttajien ruokailutottumukset sekä maatalouden ympäristökysymysten ratkaiseminen. Siirtyminen nykyistä kasvipainottei-

/ kuva / Mervi Seppänen

Tulevaisuuden pelto tuottaa biomassaa ja tuulisähköä.

sempaan ruokavalioon vaikuttaa viljelykasvien valintaan ja sitä kautta peltoviljelyn energiankäyttöön. Ravinteiden kierrätys vähentää uusiutumattomien ravinnevarojen käyttötarvetta.

Peltoviljelyssä maahan voidaan sitoa ilmakehän typpeä (N_2) biologisesti viljelemällä palkokasveja. Ne elävät yhdessä *Rhizobium*-bakteerien kanssa. Nämä kasvin juurinystyröissä elävät bakteerit kykenevät sitomaan ilmasta typpeä, jota palkokasvit käyttävät itse ja jota jää maahan myös seuraavalle viljelykasville. Herne, härkäpapu ja apilat ovat typensitojakasveja, jotka voivat sitoa ilmasta typpeä 40–100 kiloa hehtaarille vuodessa. Palkokasvien lisääminen kasvinvuorotukseen vähentää teollisesti tuotetun typpilannoitteen käyttöä. Jos palkokasveja käytetään vain typensidontaan lannoitteen korvaajaksi, niiden viljelyala vähentää ruoan ja rehun tuotantoon käytettävissä olevaa peltoalaa, mikä taas vähentää maatilalta myytävien tuotteiden määrää. Kasvinvuorotuksessa keskitytäänkin tulevaisuudessa ratkaisuihin, joissa biologisen typensidonnan ohella tuotetaan valkuaispitoista ravintoa ihmisille ja eläimille.

Kun aurinkopaneelien tehokkuus paranee ja hinta laskee, niiden käyttö maatiloilla yleistyy. Maatiloilla on paljon kattopinta-alaa, jota voidaan hyödyntää **aurinkosähkön** tuotannossa. Aurinkoenergian hyödyntämisen haasteena on, että sähkön tuotanto vaihtelee päivittäin ja vuodenajoittain. Aurinkoisina kevät- ja kesäpäivinä tuotanto on suurimmillaan, ja talvikuukausina se on käytännössä nolla. Aurinkoenergian varastoiminen esimerkiksi kemialliseksi energiaksi on asia, jota tulee kehittää edelleen. Sillä on ratkaiseva merkitys aurinkoenergian hyödyntämisessä tulevaisuuden maatiloilla.

Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa on maatiloja, joiden pelloilla tuotetaan kasvinviljelyn ohella **tuulisähköä**. Tilat saavat tuulisähköstä lisäansiota. Suomalaisilla tiloilla tuulivoiman käyttö voi olla tulevaisuudessa paikallisesti merkittävä tapa tuottaa sähköä.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Uusiutuvaa energiaa bioprosessien kautta

Kotieläintuotannossa syntyy vuosittain 17 miljoonaa tonnia lantaa. Lannassa on jäljellä rehussa eläimille syötettyä energiaa ja ravinteita. Lannasta voidaan tuottaa mikrobiologisen prosessin avulla biokaasua, joka on pääasiassa metaanin (CH_4) ja hiilidioksidin (CO_2) seos. Kaasun koostumus riippuu mädätettävästä biomassasta ja mädätysprosessista. Mädätys on hapeton mikrobiologinen prosessi.

Biokaasua voidaan käyttää lämmityksessä, jolloin hyötysuhde on jopa 90 %. Biokaasusta voidaan tuottaa myös lämpöä ja sähköä (CHP, combined heat and power -tuotanto). Tällöin energian muunnon hyötysuhde on noin 85 %. Jos kaasulla tuotetaan pelkästään sähköä, hyötysuhde supistuu 35–40 prosenttiin. Biokaasu voidaan puhdis-

Biokaasussa on metaania (CH_4, 55–75 %) ja hiilidioksidia (CO_2, 25–45 %) sekä pieniä määriä muita kaasuja.

Navetan tai sikalan yhteyteen rakennetun biokaasulaitoksen biokaasu voidaan käyttää lämmitykseen tai sähkön tuotantoon ja jäljelle jäävä mädäte on arvokas kierrätyslannoite pellolle. Mädätteen ravinnepitoisuuteen vaikuttaa luonnollisesti biokaasulaitoksessa käytetty raaka-aine.

taa siten, että se soveltuu ajoneuvojen polttoaineeksi.

Mädättämällä pelkästään lantaa saadaan vain vähän biokaasua. Kun lantaan sekoitetaan erilaisia ylijäämäbiomassoja, kaasuntuotto kasvaa. Esimerkiksi viljelemättömiltä alueilta korjattu kasvibiomassa sopii biokaasun raaka-aineeksi. Samoin eläinten ruokinnassa yli jäänyt rehu sekä muualla tuotettu teuras- ja ruokajäte ovat energiapitoisia raaka-aineita biokaasuntuotannossa. Tulevaisuuden maatilalla tämä on yksi tapa hyödyntää biomassaa nykyistä paremmin.

Maatilalla voidaan tuottaa tulevaisuudessa metaania biometanointi-menetelmällä. Siinä metaanimikrobit tuottavat reaktorissa metaania hiilidioksidista ja vedystä. Tätä menetelmää voidaan käyttää muun muassa biokaasun metaanipitoisuuden kasvattamiseen. Metanoinnissa tarvittava vety tuotetaan aurinko- tai tuulienergialla, jolloin ne saadaan muutettua kemialliseksi energiaksi. Biometaani sopii ajoneuvojen polttoaineeksi, ja sitä voidaan käyttää maakaasun korvaajaksi myös muualla.

Biomassoista saatavan biokaasun määrä ja laatu vaihtelevat. Naudan lietelannasta saadaan biokaasua 0,2–0,3 m^3 kuiva-ainekiloa kohden. Nurmesta kaasua muodostuu 0,6 ja ruokajätteestä 0,5–0,6 m^3 kuiva-ainekiloa kohden. Kuutiossa biokaasua on energiaa 5–7 kWh.

6.2 Maatilat kierrättävät ravinteita ja vettä

Maatilat ovat ravinteiden kierrätyksen tärkeä lenkki. Sata vuotta sitten ravinteiden kierto oli lähes suljettu. Karjanlanta oli pääasiallinen lannoite ja tilalle tuli vain vähän ravinteita ulkopuolelta. Nykyään maatilalle tuodaan runsaasti ravinteita lannoitteiden, rehujen ja maanparannusaineiden mukana. Toisaalta myytävän sadon mukana tilalta puolestaan poistuu ravinteita kaupunkeihin ja asutuskeskuksiin. Ravinteita kulkee maatilan läpi eikä kierto ole enää suljettu. Tulevaisuuden yhteiskunnan yksi tärkeimmistä haasteista on päästä nykyistä suljetumpaan ravinteiden kiertoon.

Maataloudessa typpi ja fosfori ovat kaksi tärkeintä kasvinravinnetta, joiden kiertoa kehitetään suljetummaksi periaatteella **pellolta takaisin pellolle**. Ravinnekierron pienetkin hävikit vaikuttavat sekä ravinteiden käytön tehokkuuteen että ympäristökuormitukseen. Ravinteiden huuhtoutuminen ja kasvihuonekaasupäästöt ovat osa ravinteiden kiertoa.

> Ravinteiden käytön tehokkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon esimerkiksi viljaa pystytään tuottamaan ravinnekiloa kohden. Jos ravinteiden käytön tehokkuus on alhainen, pienempi osa ravinteista päätyy satoon ja suurempi osa altistuu joutumaan ympäristössä väärään paikkaan, esimerkiksi huuhtoutumaan vesistöihin.

/ kuva / Sakari Alasuutari

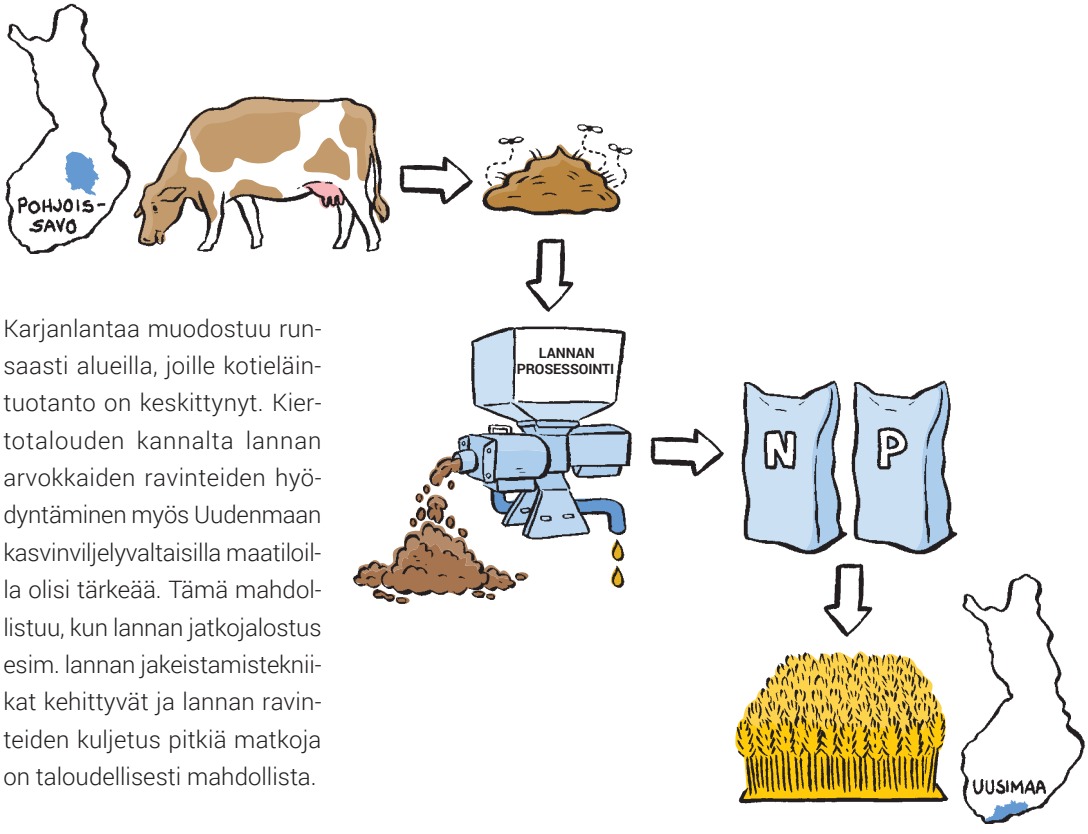
Kasvihuonekaasupäästöt ovat osa ravinteiden kiertoa. Esimerkiksi kasvusto sitoo yhteyttäessään eloperäisen aineksen hajotuksen yhteydessä syntyneen hiilidioksidin uudelleen biomassaan. Globaali ravinteiden kierto on suljettu, sillä aine ei häviä kierrosta, vaikka se vaihtaa olomuotoaan ja/tai siirtyy paikasta toiseen.

Ravinteiden matka ruokaketjussa

Kun pellolta korjattua kasvibiomassaa käytetään ruoan ja rehujen raaka-aineena, biomassaan sitoutuneet ravinteet lähtevät kiertoon. Merkittävä osa ravinteista palaa pellolle karjanlannassa. Lannan hyötykäyttö on kuitenkin haasteellista. Peltoviljely ja kotieläintuotanto ovat keskittyneet Suomessa osin eri alueille. Lannan ravinteita syntyy kotieläinvaltaisilla alueilla liikaa peltopinta-alaan nähden. Lannassa on kuitenkin vähän ravinteita lantakiloa kohden, joten lantaa ei ole taloudellista kuljettaa pitkiä matkoja.

Lannasta voidaan erottaa **jakeita**, joiden fosfori- tai typpipitoisuus on suurempi kuin raakalannan vastaavat pitoisuudet. Prosessointi lisää myös monesti ravinteiden käyttökelpoisuut-

Separoinnissa lietelannasta erotetaan kuiva- ja nestejakeet erilleen. Kuivajakeessa on suurin osa lannan fosforista ja eloperäisestä aineesta. Nestejakeessa on liukoisia ravinteita kuten ammoniumtyppeä.



Karjanlantaa muodostuu runsaasti alueilla, joille kotieläintuotanto on keskittynyt. Kiertotalouden kannalta lannan arvokkaiden ravinteiden hyödyntäminen myös Uudenmaan kasvinviljelyvaltaisilla maatiloilla olisi tärkeää. Tämä mahdollistuu, kun lannan jatkojalostus esim. lannan jakeistamistekniikat kehittyvät ja lannan ravinteiden kuljetus pitkiä matkoja on taloudellisesti mahdollista.

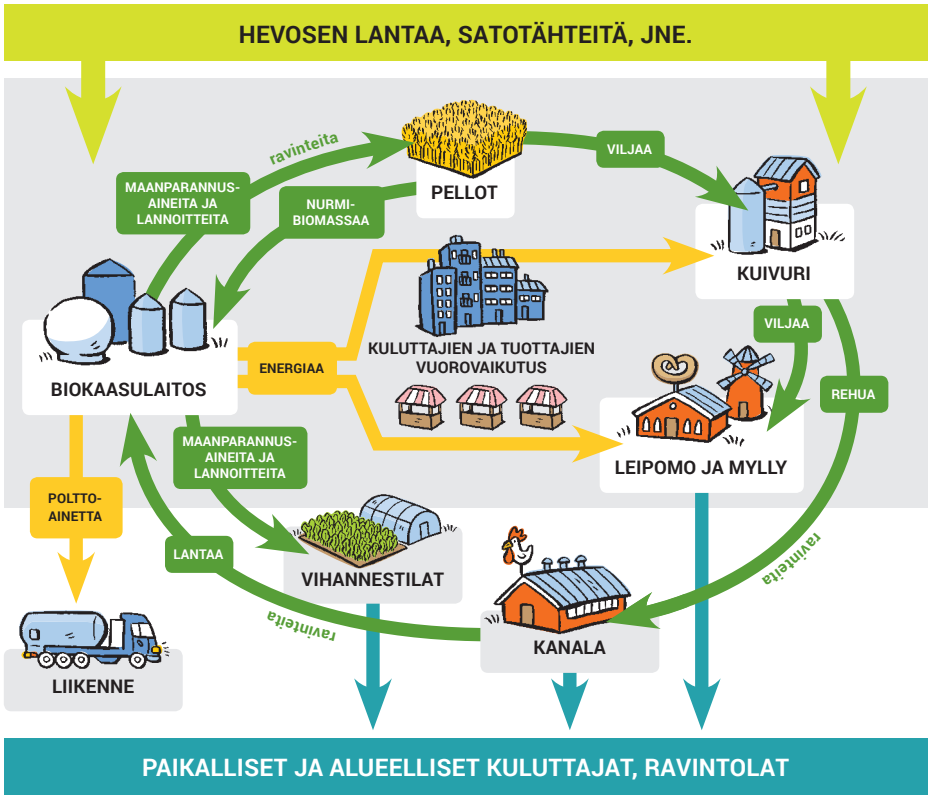
ta kasveille. Esimerkiksi lietelannasta voidaan **jakeistaa mineraalityppilannoitetta**. Lietelannassa on mukana kotieläinten sontaa, virtsaa ja pesuvesiä. Tulevaisuuden tilat hyödyntävät kehittyviä lannankäsittelyteknologioita ja esimerkiksi jakeistavat karjanlantaa. Tämä edistää ravinteiden kiertoa, sillä arvokkaimpien lannoitejakeiden kuljetus kauemmaksi on taloudellisesti kannattavampaa kuin raakalannan kuljetus.

Maatilan ulkopuolelle kuljetetuista ravinteista pieni osa palaa takaisin tilalle. Elintarviketeollisuuden **sivuvirtoja** käytetään eläinten ruokinnassa, jolloin osa maatiloilta lähteneistä ravinteista palaa takaisin. Esimerkiksi etanolin valmistuksessa syntyvää rankkia ja oluen valmistuksessa syntyvää mäskiä käytetään rehuna. Elintarviketeollisuuden sivuvirroista tehdään myös lannoitevalmisteita. Teurastamojätteestä valmistetaan lannoitekäyttöön sopivaa

Hyvinkään Palopurossa on muodostunut maatilojen ja elintarvikejalostajien sopimuksenvarainen yhteisö, joka tuottaa lähiruokaa. Pilottiprojektin toimijat sijaitsevat lähellä toisiaan. Yhteisön tavoitteena on kierrättää ravinteet ja energia mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena on tuottaa ruokaa ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävästi.

Palopuron agroekologisen symbioosin ytimen muodostaa 385 hehtaarin luomumaatila, jonka läheisyydessä toimivat kanala, vihannestila ja leipomo, joka jalostaa tuotetun viljan leiväksi. Kokonaisuuteen kuuluu myös biokaasulaitos, joka tuottaa energiaa hevosen- ja kananlannasta sekä viherlannoitusnurmen biomassasta. Energia käytetään maatilalla ja leipomossa. Tarkoitus on myös jalostaa biokaasusta metaania liikennekäyttöön. Biokaasulaitoksen mädätysjäte käytetään pelloilla lannoitteena.

VOIT TUTUSTUA TOIMINTAMALLIIN TÄÄLLÄ
http://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/
https://www.youtube.com/watch?v=V5dPw2P6rRE



lihaluujauhoa. Kun näitä lannoitteita käytetään kasvintuotannossa, osa peltobiomassaan sidotuista ravinteista palautuu pelloille. Maataloudesta peräisin olevien ravinteiden kiertojen tehostaminen nykyisestä edellyttää kaikkien ruokajärjestelmän toimijoiden yhteistyötä.

Maatalous osallistuu myös muiden kuin pelloilta lähteneiden biopohjaisten materiaalien kierrätykseen. Metsäteollisuuden kuitupitoiset ylitteet kuten paperiteollisuuden nollakuitu ja puun kuivatislauksen eli pyrolyysin sivuotteena syntyvä biohiili ovat esimerkkejä materiaaleista, joita voidaan käyttää hiilipitoisena maanparannusmateriaalina pelloilla.

Osa ruoan ravinteista päätyy viemäriverkoston kautta **jätevedenpuhdistamolle** tai **biojätteeksi**. Biojäte on syötäväksi kelpaamattomia kuoria ja muita kasvinosia, luita, nahkaa ja vanhentunutta ruokaa. Ruokahävikki päätyy myös biojätteeksi. Jätevesiliietteessä on eloperäistä ainesta ja ravinteita, jotka ovat peräisin yhdyskuntien, kotitalouksien ja teollisuuden jätevesistä. Lietettä voidaan käyttää lannoitevalmisteissa, mutta liete on käsiteltävä ennen käyttöä, jotta se täyttää säädöksissä asetetut hygieniakriteerit ja muut laatuvaatimukset. Useimpia viljelijöitä koskevat maatalouden tukiehdot, joiden mukaan maatalouskäytössä saa käyttää ainoastaan käsiteltyä puhdistamolietettä. Näin varmistetaan, ettei lietteen mukana peltomaahan ja sieltä edelleen ruokaketjuun kulkeudu haitallisia aineita.

Ruokahävikillä tarkoitetaan ravinnoksi kelpaavaa ruokaa, joka kuitenkin syystä tai toisesta päätyy jätteeksi. **Ruokahävikki** on merkittävä jätebiomassa. Suomessa kotitalouksissa ruokahävikkiä kertyy vuodessa 20–25 kiloa henkeä kohden. Kotitalouksien ostamasta ruoasta kuusi prosenttia päätyy roskiin. Tämän lisäksi ruokahävikkiä syntyy elintarvikkeiden valmistuksen ja kaupan eri vaiheissa sekä ammattikeittiöissä. Ruokahävikin biojätteestä voidaan tuottaa energiaa (bioetanoli, biokaasu) ja maanparannusaineeksi sopivaa kompostia. Ravinteiden kierron kannalta ruokahävikin vähentäminen on järkevin vaihtoehto. Tässä kotitaloudet ovat avainasemassa, sillä niissä ruokaa menee hukkaan eniten.

Veden kierto suunnitellaan tarkemmin

Maatalous on mukana **veden kierrossa**. Suomessa sataa enemmän kuin haihtuu. Viljeltäviä peltoja on **kuivatettava** ojittamalla, jotta peltotyöt voidaan tehdä ajallaan ja jotta kasvit eivät kärsi maan märkyydestä. Toisaalta kasvukauden

/ kuva / Mervi Seppänen

Traktori ja kylvölannoitin.

aikana kasvit tarvitsevat sadonmuodostukseen vettä. Viljakasvit käyttävät yhtä tuotettua kuiva-aine kiloa kohden 400 kg (0,4 m^3) vettä. Tämän perusteella 5 000 kg:n hehtaarisadon tuottaminen on kuluttanut 2 000 m^3 vettä.

Suomessa peltoviljely on lähes kokonaan **luonnon sateiden varassa**. Kasvukauden aikana sateen määrä, ajoitus ja intensiteetti vaikuttavat merkittävästi kasvintuotantoon. On ennustettu, että ilmaston muuttuessa Suomessa äärevät sääolot, kuten talviaikaiset runsaat sateet ja kuivuus keväällä, ovat selvästi aiempaa todennäköisempiä. Mikäli kevätkuivuus yleistyy, se haittaa merkittävästi viljelykasvien kasvua ja ravinteidenottoa. Onkin todennäköistä, että tulevaisuuden maatilalla **kastellaan** peltoja nykyistä enemmän sadon ja tehokkaan ravinteiden hyötykäytön varmistamiseksi. Nyt Suomen viljelyalasta kastellaan vain noin kolme prosenttia, mutta puutarhakasveja ja avomaan vihanneksia kastellaan yleisemmin. Koko maailman mittakaavassa viljelyalasta kastellaan noin 20 % ja maatalous onkin maailmanlaajuisesti suurin yksittäinen makean veden käyttäjä.

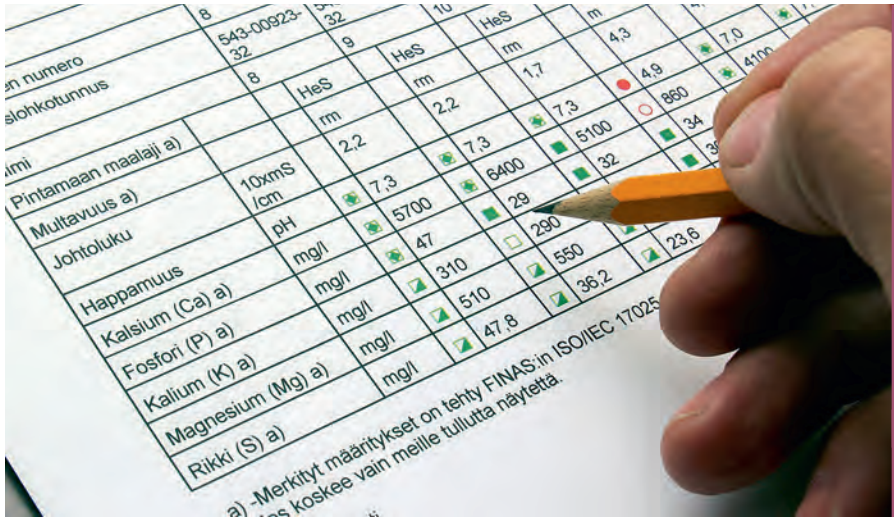
Kun peltoa kastellaan 30 millimetrin sadetta vastaava määrä, yhden hehtaarin kastelu kuluttaa 300 kuutiometriä vettä. Jotta kastelu onnistuu, käytettävissä on oltava riittävästi vettä. Veden saannin varmistaminen edellyttää, että **peltojen kuivatusvesiä varastoidaan kasteluvedeksi**. Peltojen vesitalouden järjestäminen ja hallinta onkin iso haaste tulevaisuuden suomalaisella maatilalla.

6.3 Älykkäät koneet, älykkäät maatilat

Maatalouden teknologinen kehitys on korvannut hevoset polttomoottorilla kulkevilla koneilla ja käsityötä sähkökäyttöisillä työkoneilla. Nykyaikainen traktori voi liikkua satelliittipaikannusta hyväksi käyttäen. Peltotöitä tehtäessä voidaan mitata paikkaan sidottua tietoa, jota käytetään työkoneen ajonaikaiseen säätöön tai myöhemmin viljelyn suunnitteluun. Esimerkiksi viljan korjuun yhteydessä leikkuupuimuriin asennettu mittausjärjestelmä mittaa sadon määrän, puintikosteuden ja sadon typpipitoisuuden. **Konenäköä** käytetään rikkakasvien tunnistuksessa, ja pienoishelikopteriin (drooni) kiinnitetyllä multi- tai hyperspektrikameralla mitataan kasvuston tilasta kertovia muuttujia. Mittaustiedosta tehdään pellon kattava **kartta**, josta nähdään kasvuston ja sadon vaihtelu pellon eri osissa. Parhaillaan kehitetään itsenäisesti pellolla kulkevia **robotteja**, jotka ovat askel kohti peltotöiden automaatiota.

Mittaukset ja tiedonkeruu mahdollistavat älykkään toiminnan

Jo ennen kevättöiden aloittamista maatilalla on kerätty viljelyn suunnittelua tukevaa tietoa, josta esimerkkinä maasta kolmen tai viiden vuoden välein tehtävä viljavuusanalyysi. Kasvustoja, säätä ja maaperää tarkkaillaan kesän mittaan ja havaitut ongelmat pyritään korjaamaan jo ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa merkittäviä sadon menetyksiä. Lopulta kerätään tietoa sadon muodostumisesta ja tutkitaan sadon



/ tiedonkeruu / kuva / Sakari Alasuutari

laatua ja kaikkien näiden havaintojen perusteella säädetään seuraavan kesän viljelytoimenpiteitä. Tulevaisuudessa tiedon yhdistämisessä käytetään entistä enemmän **matemaattisia menetelmiä ja malleja**, jotta monipuolinen mittaustieto hyödynnetään päätöksenteossa mahdollisimman hyvin.

Perinteisin viljelysuunnittelua ohjaava tutkimus on viljavuusanalyysi. Pellolta kerätään rasiallinen maata, joka lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. Tulosten perusteella voidaan todeta, mitä ravinteita maasta puuttuu ja osataan valita oikeanlaiset lannoitteet. Tämän lisäksi usein tutkitaan myös maalaji ja multavuus, jotta pellon käyttäytymistä osataan ennakoida entistä paremmin.

Keväällä viljelykasvien kasvua rajoittaa usein kuivuus. Tavalliseen kesään verrattuna noin puolitoistakertainen ja enimmäkseen kesäkuulle osuva sademäärä olisi olosuhteisiimme optimaalisin. Tästä syystä on tärkeää pyrkiä säilyttämään maa keväällä mahdollisimman kosteana, muttei liian märkänä. Pohjaveden korkeutta voidaan seurata maahan asennettavilla tarkkailuputkilla. Jatkuvatoimiset **maan kosteusanturit** ovat kuitenkin parempi menetelmä, sillä niillä saadaan tallennettua pellon kosteus koko vuoden kattavaksi sähköiseksi aineistoksi. Mittausten perusteella voidaan säädellä salaojia, keinokastella peltoa tai esimerkiksi muuttaa lisälannoituksen suunnitelmia veden saatavuuden mukaan. Kun pelto on kylvetty, aletaan ha-

/ kuva / Sakari Alasuutari

Viljelijä ottaa pelloiltaan säännöllisesti viljavuusnäytteet, joista analysoidaan maan ravinnepitoisuus. Näytekairalla otetaan maan kyntökerroksesta osanäytteitä, jotka yhdistetään ja lähetetään näyterasiassa laboratorioon. Tulevaisuudessa maan kemialliset ominaisuudet analysoidaan suoraan pellolla.

vainnoida kasvustoa. Kasvustosta voidaan teettää laboratorioanalyysejä ja sitä voidaan kuvata erilaisilla laitteilla.

Peltoviljely tapahtuu edelleenkin aina sään armoilla ja muuttuvien olosuhteiden seurauksena kasvien ravinnetarpeet ja toisaalta maassa olevien ravinteiden saatavuus vaihtelevat. Joskus ravinteet, joita pitäisi viljavuusanalyysin mukaan olla maassa riittävästi, eivät olekaan kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kasvustosta voidaan ottaa näytteitä ja teettää laboratoriossa niin sanottu kasvianalyysi, jossa tutkitaan, miten paljon kasvi sisältää eri ravinteita. Tuloksia verrataan tietokantoihin, jotta saadaan selville, minkälaiset näiden ravinteiden optimaaliset pitoisuudet ovat terveessä kasvustossa. Näin saadaan tarkkaa tietoa siitä, mitä ravinteita kasvilta puuttuu jo ennen

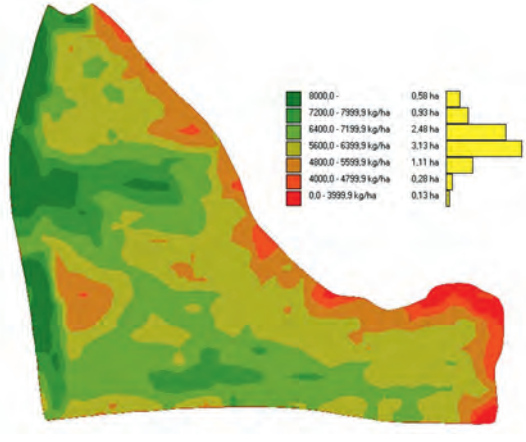
kuin puutos alkaa näkyä kasvuhäiriöinä. Hivenravinteiden puutokset voidaan korjata liuottamalla ravinteita veteen ja levittämällä liuos kasvinsuojeluruiskulla. Jos kasvustolta puuttuu pääravinteita (typpi, fosfori, kalium), niitä voidaan lisätä lannoitteenlevittimellä mutta ennen kaikkea ottamalla huomioon havaitut puutokset tulevien vuosien lannoituksen suunnittelussa.

/ sääasema / kuva / Niina Pitkänen / Luke

Satelliittipaikannus mahdollistaa paikkaan kiinnitetyn tiedon tuottamisen viljelyominaisuuksista

Jo pitkään on tiedetty, etteivät pellon kaikki kohdat ole yhtä hyviä kasvupaikkoja. Kuitenkin vasta **satelliittipaikannuksen** yleistyminen on tehnyt mahdolliseksi mitata tarkasti eri pellonosien kasvustoja. Peltolohkon sisäisen vaihtelun hallintaa kutsutaan **täsmäviljelyksi**.

Täsmäviljelyn ensiaskel on **satokartoitus**. Leikkuupuimuriin asennetaan laitteisto, joka mittaa satoa ajon aikana ja tuloksena saadaan yksityiskohtainen satokartta. Siinä missä kasvukauden aikaisten havaintojen perusteella pyri-



Satokartta paljastaa peltolohkolla olevat hyvin ja huonosti kasvavat ja satoa tuottavat kohdat. Kartassa punaisella merkityissä kohdissa sato-odotus on puolta pienempi kuin tummanvihreissä osissa. Punaisella merkityille alueille ei siten kannata käyttää yhtä suurta lannoitemäärää.

tään ohjaamaan kasvustoa, satokartta on lopullinen kooste toimenpiteiden onnistumisesta. Kun karttoja kerätään monelta eri vuodelta, opitaan vähitellen, miten pellon eri osat reagoivat muuttuviin olosuhteisiin. Toisaalta viljelijä voi kokeilla erilaisia toimenpiteitä vain osassa peltoa, jolloin satokartta paljastaa, miten kannattavia kokeiltavat toimenpiteet olivat.

Satokartalta tunnistetaan hyvin ja huonosti kasvavia kohtia, jotta niiden maanäytteet voidaan tutkia erikseen ja vertailla tuloksia. Tätä kautta saadaan arvokasta tietoa siitä, tulisiko pellon eri kohtia lannoittaa eri tavoin, jotta pellon heikot kohdat voidaan kohentaa parhaiden veroisiksi. Vastaavasti kohdistetaan pellon kasvustonäytteet ja pellon kosteusmittaukset. Täsmävilje-

Maatalouden menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Kehitystyö edellyttää **monitieteistä tutkimusta** ja **monialaista yhteistyötä**. Esimerkiksi kehitettäessä uutta kylvömenetelmää tarvitaan tietoa maasta ja koneista ja niiden lisäksi kehitetyn menetelmän vaikutuksista sadon määrään eri vuosina ja erilaisissa sääoloissa. Myös menetelmän vaikutukset rikkakasvien, kasvitautien ja -tuholaisten esiintymiseen tulee tietää. Uuden menetelmän ympäristövaikutukset arvioidaan laskemalla vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja vesistökuormitukseen. Uuden menetelmän tulee olla myös taloudellisesti kestävä, eli sen käyttöönotto ei saa ainakaan huonontaa tilan taloudellista tulosta vaan pikemminkin parantaa sitä.

lyyn ryhtyneellä maatilalla satokartta ohjaa kaikkia viljelmän hallintaan liittyviä toimia.

Kasvustoa voidaan myös kuvata ilmasta tai satelliitista, tai vaihtoehtoisesti traktoriin asennetulla kameralla ajon aikana. Kameroilla, jotka havaitsevat myös silmälle näkymättömiä infrapuna-aaltoja, voidaan tehdä niin sanottu NDVI-kuva (normalized difference vegetation index), joka kertoo valokuvaa tarkemmin kasvuston hyvinvoinnista eri pellon osissa. NDVI-karttaa voidaan ajatella välietappina kohti lopullista satokarttaa.

Edistyneimmät peltokoneet osaavat ottaa huomioon ennalta laadittuja suunnitelmakarttoja, havainnoida kasvustoa ja automaattisesti säätää esimerkiksi levitettävän lannoitteen määrää ajon aikana eri kohtiin peltoa. Peltoekosysteemi on kuitenkin niin monimutkainen ja arvaamaton, ettei sitä toistaiseksi ole yrityksistä huolimatta pystytty mallin-

Drooneja hyödynnetään maataloudessa yhä enemmän. Niiden avulla voidaan tehdä havaintoja kasvustosta, ja niihin asennetuilla hyper- tai multispektrikameroilla voidaan määrittää vaikkapa kasvuton tilaa kuvaava NDVI-indeksi. Kuva: Sakari Alasuutari.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Lantarobotti siivoamassa pihattonavetassa lantakäytäviä.

tamaan algoritmeillä. Siksi kaikkein hienostuneimmatkin automaatit ja laitteet viime kädessä vain tuottavat taitavalle viljelijälle entistä parempaa tietoa ja toteuttavat hänen päätöksensä entistä täsmällisemmin.

Kotieläintuotannossa **automaatiota** käytetään jo laajasti. Tuotantorakennuksissa automatiikka säätää ilmanvaihtoa. Automaattiruokkija valmistaa ja jakaa rehun eläimille tietokoneelle ohjelmoidun reseptin ja aikataulun mukaan. Vapaana pihatossa kulkeva lehmä menee lypsyrobotille halutessaan lypsettäväksi. Samalla robotti mittaa monia asioita lypsytapahtumasta ja lehmästä sekä ottaa maidosta näytteen laboratorioanalyysiin. Nykyaikaista mittausteknologiaa hyödynnetään myös eläinten terveyden ja hyvinvoinnin tutkimuksessa ja seurannassa. Esimerkiksi lehmän liikkumista ja lepoaikaa tutkitaan jalkaan kiinnitettävän kiihtyvyysanturin tuottamasta mittaustiedosta. Tulevaisuudessa tämä ala kehittyy merkittävästi. Eläinten terveyttä ja hyvinvointia seurataan käyttämällä mittaukseen perustuvaa tietoa samoin kuin ihmisilläkin.

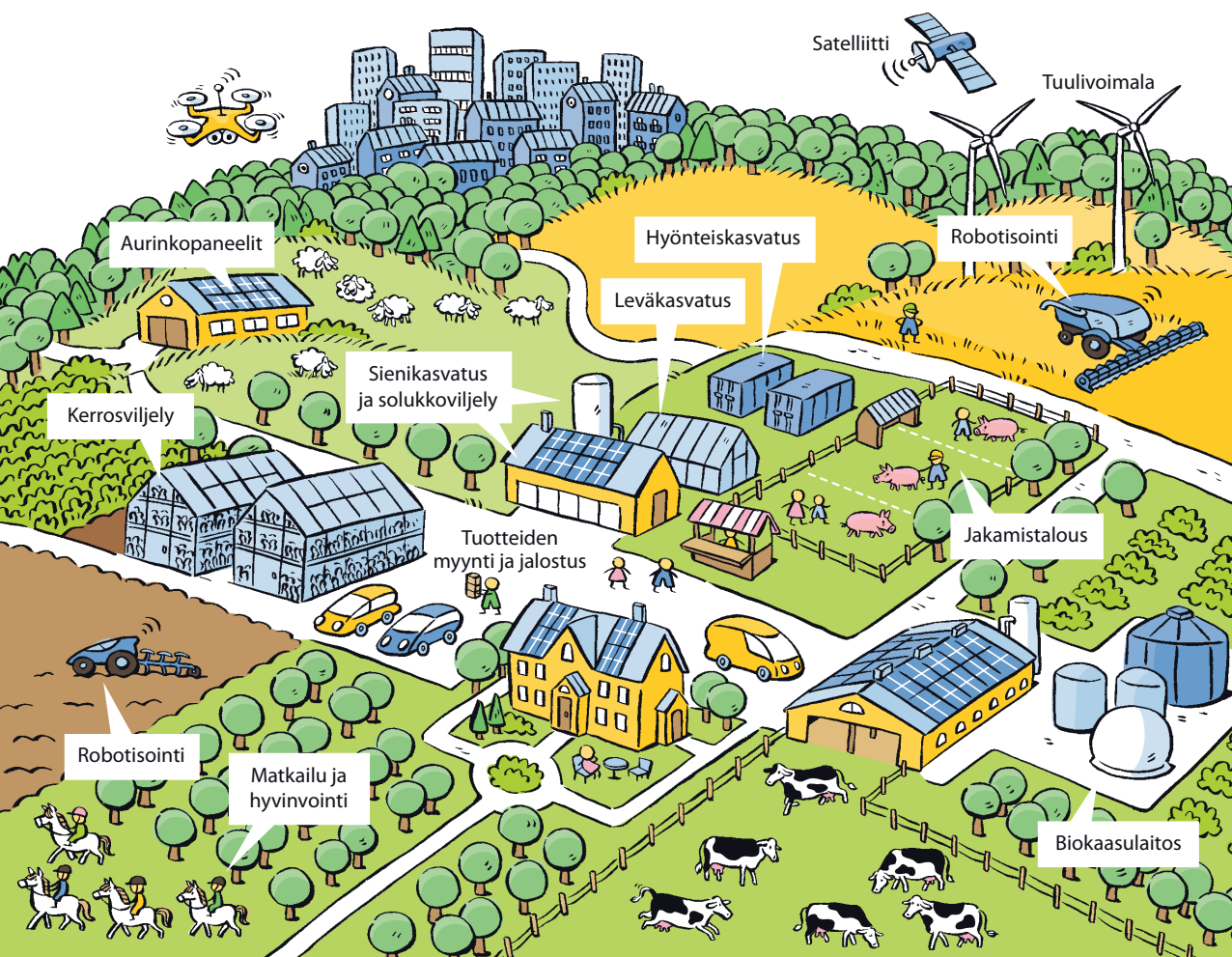
Lopuksi

Maatalouden kehityskulku runsaasta resurssien käytöstä kohti kestävää ja ilmastoviisasta ruoantuotantoa on ollut nopeaa. Kehitystä on nopeuttanut monialainen kestävyyteen liittyvän tutkimustiedon lisääntyminen ja sen soveltaminen käytäntöön sekä tuotantoa ohjaavan lainsäädännön kestävyyttä tukevat kannusteet. Perinteisen maatiloilla tapahtuvan ruoantuotannon rinnalle on kehittymässä uusia vaihtoehtoisia tapoja, joiden ilmastokestävyys, taloudellisuus ja turvallisuus testataan lähitulevaisuudessa. Pelloilla viljelykasvimme muuntavat yhteyttäessään auringon energiaa tehokkaasti kemialliseksi energiaksi ja siksi perinteinen maataloustuotanto tulee olemaan tärkein tapa tuottaa suuria määriä ruokaa myös tulevaisuudessa. Toimenpiteitä ruoantuotannon kestävyyden lisäämiseksi tarvitaan jatkossakin. Jotta saavuttaisimme kestävyystavoitteet

mahdollisimman nopeasti ja pystyisimme samalla tuottamaan riittävästi ruokaa lisääntyvälle väestölle, on meidän ymmärrettävä maataloutta ja sen toimintaa. Sitä varten tarvitaan tietoa ja osaamista maataloustuotannosta. Ruoantuotanto on kokonaisuus, jossa ekologinen, sosio-kulttuurinen ja taloudellinen kestävyys yhdistyvät.

Tulevaisuuden Maatila 2.0 peltotöissä voi avustaa robotin ohjaama traktori samalla kun drooni tekee viljelijän päätöksenteon tueksi havaintoja kasvustoista. Vihanneksien kasvatukseen hyödynnetään LED-valoteknologiaa ja kasvuhuonekerrostaloissa tarvittava lämpöenergia tuotetaan tilan biokaasulaitoksella. Maatilan energian ja ravinteiden kierto on suunniteltu mahdollisimman suljetuksi. Kotieläinten valkuaisrehuksi tuotetaan erilaisia leviä, sieniä tai hyönteisiä. Maatila tuottaa myös virkistyspalveluja kaupunkilaisille ja myy tuotteitaan tilamyymälässä. Kaupunkilaiset osallistuvat myös ruoantuotantoon hankkimalla osuuksia ruoantuotannosta.

Kiinnostuitko?



KIITOKSET

Susanna Arolle kirjan tuottamisprosessin käynnistämisestä, rahoituksen järjestämisestä ja kirjan tekstin kommentoinnista.

Hanna-Riitta Kymäläiselle ja Liisa Pietolalle tekstin kommentoinnista.

Johannes Tiusaselle peltoviljelyn automaatioon liittyvän kappaleen kirjoittamisesta.

Hannu Mikkolalle konekapasiteetti-kappaleeseen liittyvän tekstin tuottamisesta ja kirjan kommentoinnista.

Tuure Parviaiselle hyönteisten kasvatukseen liittyvästä haastattelusta.

Pirjo Peltonen-Sainiolle ilmastonmuutoskuviin saadusta aineistosta.

Jarmo Jugalle ja Seija Jaakkolalle kotieläintuotannon historiaan ja nykypäivään liittyvästä haastattelusta.

Esa Mäntysaarelle kotieläinten jalostukseen liittyvien tekstien tuottamisesta ja kommentoinnista.

Liisa Voutilalle, Erja Koivuselle, Sini Perttilälle, Jaakko Monoselle ja Hilkka Siljander-Rasille yksimahaisia kotieläimiä koskevista tiedoista ja tekstien kommentoinnista.

Kaisa Kuoppalalle luomukotieläintuotantoa koskevan tekstin kommentoinnista.

Auli Bläureille ja Juha Kantaselle suomenkarjaa koskevan tekstin kommentoinnista.

Kristian Forsmanille käytännön maatalouteen liittyvistä haastatteluista ja kommenteista.

Ossi Paakille perunan jatkojalostukseen liittyvästä haastattelusta ja tekstin kommentoinnista.

Sakari Alasuutarille erityinen kiitos kuvitukseen osallistumisesta ja runsaan valokuvamateriaalin antamisesta kirjan käyttöön.

Lisäksi kiitämme valokuvien antamisesta kirjan käyttöön: EntoCube Oy, Lilli Frondelius, Aaro Kieppi, Johanna Kolehmainen, Marjukka Lamminen, Annu Palmio, Eeva Saarisalo, Anna-Maria Tyrisevä ja Anna-Leena Ylhäinen. Luonnonvarakeskusta kiitetään mahdollisuudesta käyttää valokuvia kirjan käyttöön kuvapankista.

LÄHTEET

Alakukku, L., Yli-Halla, M., Äijö, H., Peltonen, S. (toim.) 2017. Peltojen kunnostus. ProAgria Keskusten liiton julkaisuja, 96 s.

Evira 2018. www.evira.fi/kasvit, www.evira.fi/elintarvikkeet, www.evira.fi/eläimet

Hoekstra, A.Y. Mekonen, M.M. 2012. The water footprint of humanity. PNAS 109: 3232-3237

Helenius, J., Koppelmäki, K. ja Virkkunen, E. (toim.) 2017. Agroekologinen symbioosi ravinne- ja enerigiaomavaraisessa ruoantuotannossa. Ympäristökeskuksen raportteja 18. 66 s.

Huoltovarmuuskeskus 2017. Elintarvikehuolto. https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/elintarvikehuolto/

Ilmatieteen laitos 2018. Vuodenaikojen tilastot. http://ilmatieteenlaitos.fi/vuodenaikojen-tilastot

Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S., Harmoinen, T. 2007. Erikoiskasvien viljely. ProAgria Keskusten liiton julkaisuja, 96 s.

Knuuttila, M. ja Vatanen, E. 2017. Ruokaketjun merkitys kansantaloudelle ja alueille Suomessa 2013-2015. 62 s. http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201708228171.

Luonnonvarakeskus 2018. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Verkkosivu: www.luke.fi/rehutaulukot

Luonnonvarakeskus 2018. Maataloustilastot. http://stat.luke.fi/maatalous.

Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. ja Äijö, H. (toim.) 2016. Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. 2. täydennetty painos. Salaojayhdistys ry. http://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maan-vesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

Peltonen, S., Puurunen, T. ja Harmoinen, T. (toim.) 2010. Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Proagria Keskusten liiton julkaisuja, 100 s.

Reynolds, M. (ed.) 2010. Climate change and crop production. CABI Oxfordshire, United Kingdom. s. 292.

Ruosi, A. 1997. Auringonkukasta viiniköynnökseen. Ravintokasvit. WSOY, 390 s.

Seppänen M. ja Kymäläinen H.R. (toim.) 2017. Maailma muuttuu, muuttuuko maatalous. Yliopistopaino. 280 s.

Seppänen M.M., Mäkelä P., Yli-Halla M., Helenius J., Kallela M., Stoddard F. ja Teeri T. 2008. Peltokasvien tuotanto. Opetushallitus. 208 s.

Toukoluoto, N. ja Peltonen, S. (toim.) 2017. Viljelykiertojen monipuolistaminen. ProAgria keskusten liiton julkaisuja, 96 s.

World Bank 2010. World Development Report 2010. Washington DC . Softcover: ISBN: 978-0-8213-7987-5
ISSN: 0163-5085, eISBN: 978-0-8213-7988-2, DOI: 10.1596/978-0-8213-7987-5
Hardcover: ISSN: 0163-5085 ISBN: 978-0-8213-7989-5 DOI: 10.1596/978-0-8213-7989-5
http://www.worldbank.org/wdr.

Jokaisella on oikeus ruokaan. Itsenäiset valtiot pyrkivät ruokaturvaan, ja siksi maataloustuotantoa tuetaan kaikissa länsimaissa. Suomessa liki joka seitsemäs työikäinen on töissä ruoka-alalla.

Suomalainen ruoantuotanto alkoi aikoinaan kaskiviljelystä. Nyt se on matkalla kohti ilmastoviisasta hiilineutraaliutta. Viljelykasvit muuttavat auringon energiaa kemialliseksi energiaksi tehokkaasti ruokkien samalla maapallon kasvavaa väestöä.

Miten viljelijä saa pelloistaan parhaan mahdollisen sadon kestävällä tavalla? Miten ilmasto- ja maaperätekijät vaikuttavat pelto- ja puutarhakasvien valikoimaan nyt ja tulevaisuudessa? Miten kotieläinten ruokinta suunnitellaan ja niiden hyvinvointi turvataan? Millainen on tulevaisuuden maatila?

Ruokaa! opastaa kestävän maatalouden ja ruoantuotannon perusteisiin havainnollisesti. Teos soveltuu oppikirjaksi perusopetukseen, toisen aseen oppilaitoksiin ja korkeakoulujen johdantokursseille.

Maahenki
9 789523 011502