/ 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

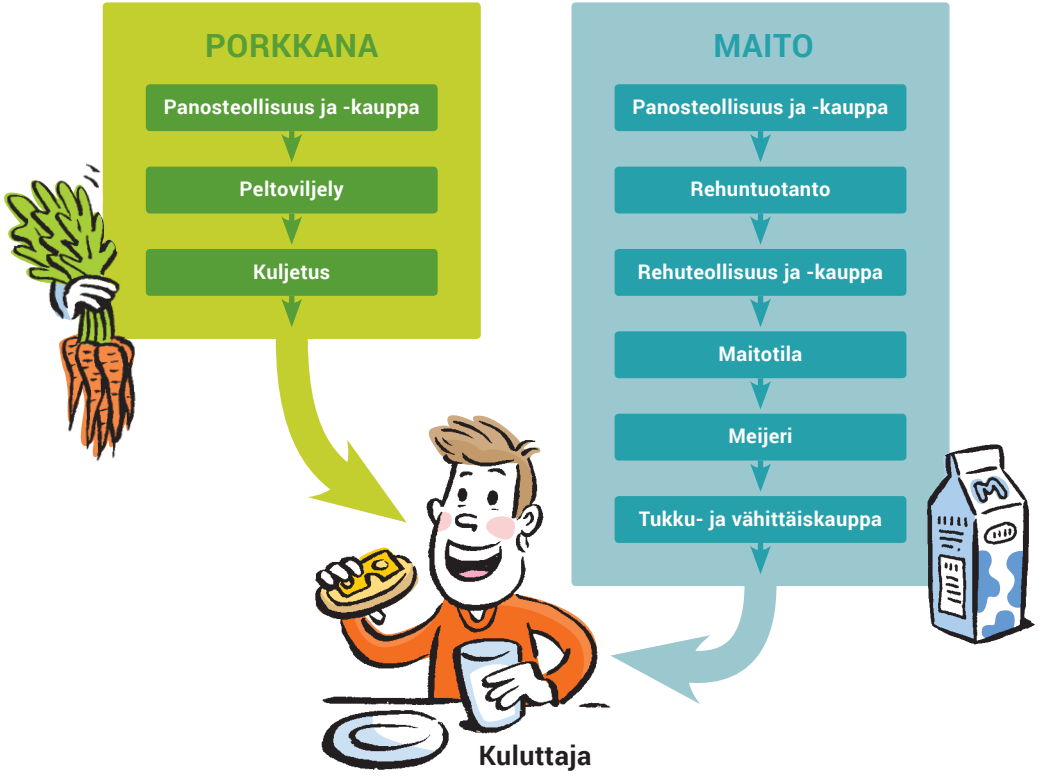
Elintarvikkeiden valmistukseen liittyy monia vaiheita. Maatiloilla ja puutarhoissa tapahtuva alkutuotanto tuottaa raaka-aineet, jotka kuljetetaan erilaisia jakelureittejä pitkin joko suoraan kuluttajalle, kauppaan tai teollisuuden prosessoitavaksi. **Elintarvikkeiden elinkaari** alkaa maatiloilta ja 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.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Kotitaloudesta syntynyt biojäte voidaan kompostoida.

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.

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

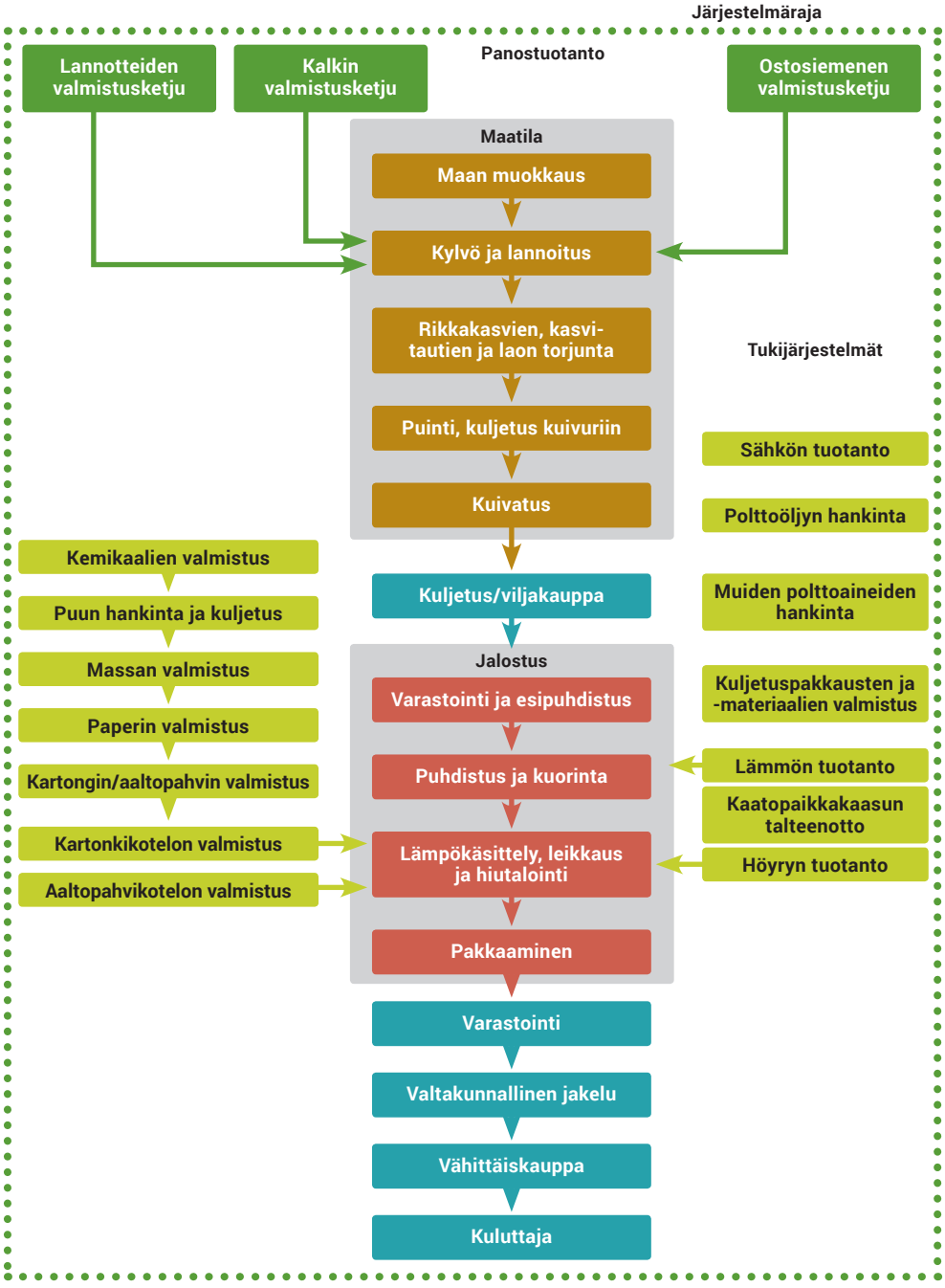
Resursseilla tarkoitetaan raaka-aineita, materiaaleja ja energiaa, jotka tarvitaan ruoan valmistukseen. Aineellisten resurssien ohella mukaan voidaan lukea myös aineettomat resurssit, kuten tekniikat, työmenetelmät, ammattitaito, toimintaan liittyvät yhteistyösuhteet ja verkostot sekä ruokakulttuuri.

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

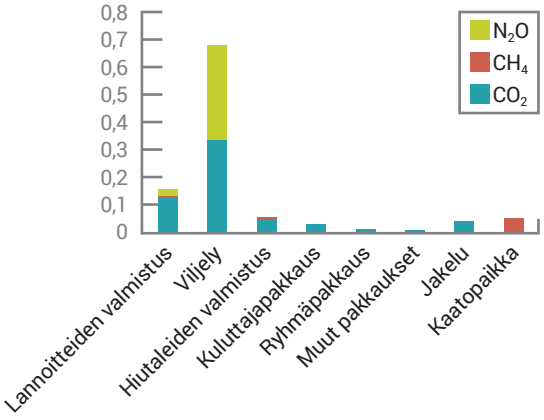
Elinkaarianalyysissä elintarvikkeiden valmistuksen vaiheet tunnistetaan ja niiden ilmastonmuutosvaikutus lasketaan. Kauran viljelyssä lannoitteet ja viljely itsessään eri työvaiheineen aiheuttaa merkittävän osan kasvihuo-

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.

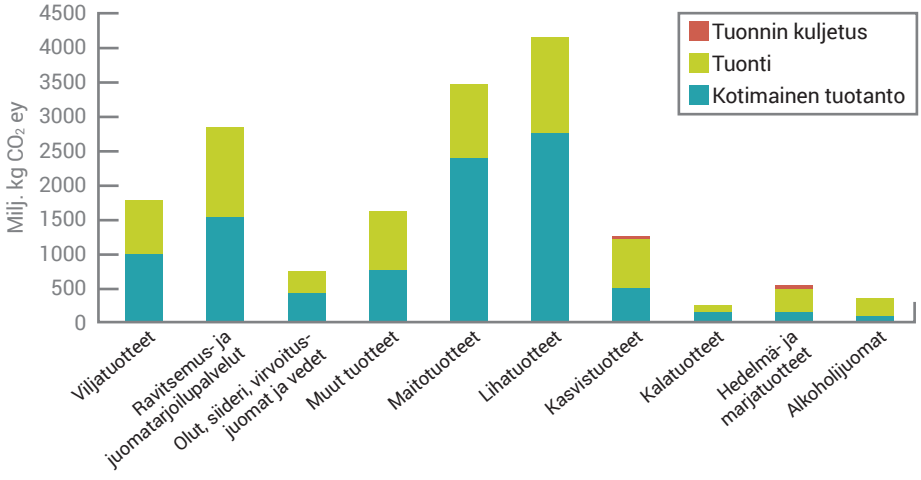


Kaurahiutaleiden elinkaaren eri vaiheista lannoitus ja viljely aiheuttavat tällä hetkellä eniten ilmastonmuutosvaikutusta. Lannoitteiden valmistuksen ja viljelytekniikoiden kehittäminen ovatkin olleet viime vuosina tärkein keino hiilijalanjäljen pienentämisessä, ja lannoitteiden valmistuksen osalta siinä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

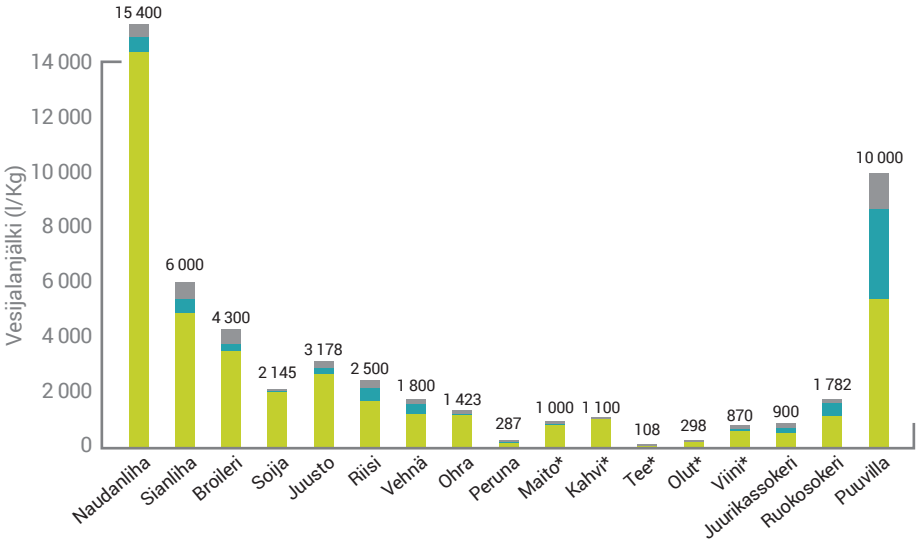
Ruoantuotanto käyttää 70 % maapallon makean veden varoista. Suomi on tässä suhteessa onnekkaassa asemassa, sillä olemme **yksi maailman vesirikkaimmista maista**. Viileän ilmastomme ja riittävien sateidemme ansiosta suomalaisen maataloustuo-

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?

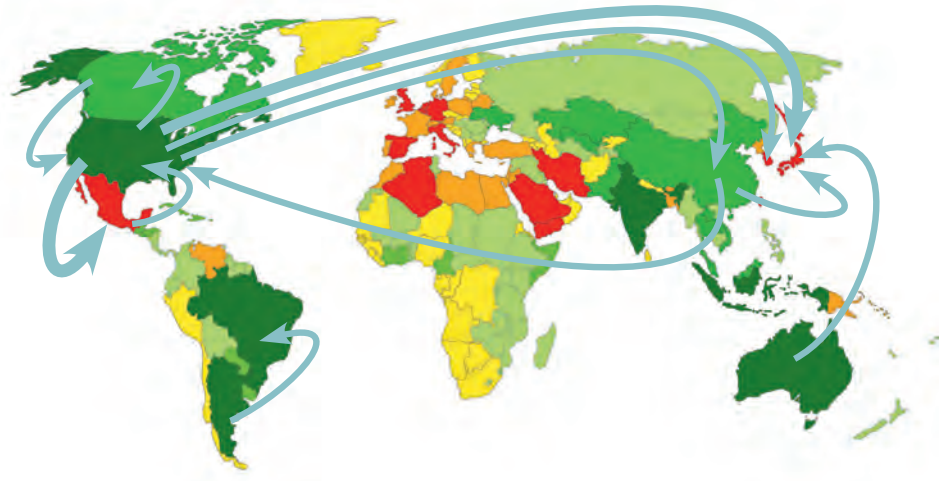
tannon kasteluveden tarve on vielä vähäinen, ja peltokasveille riittää luonnon kierrossa oleva vihreä vesi. Kastelujärjestelmiä käytetään yleisemmin vain erikoistuotannossa kuten perunaviljelyksillä, avomaan vihannesviljelyksillä sekä marja- ja taimitarhoissa, mutta ne voivat yleistyä tulevaisuudessa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

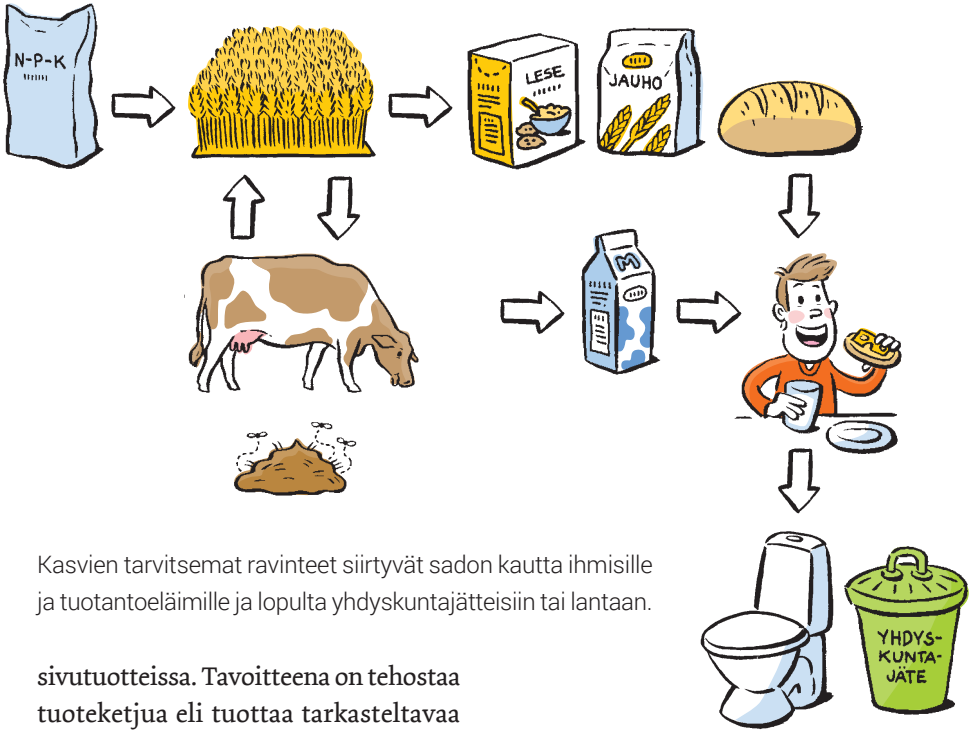


Virtuaaliveden tase maapallolla. Virtuaalivedellä eli piilovedellä tarkoitetaan tuotteen kasvatuksen, tuotannon ja jalostuksen aikana kulutettua kokonaisvesimäärää. Vihreällä merkityiltä alueilta viedään pois enemmän vettä kuin tuodaan, ja punaisille alueille tuodaan enemmän vettä kuin sieltä viedään. 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 %

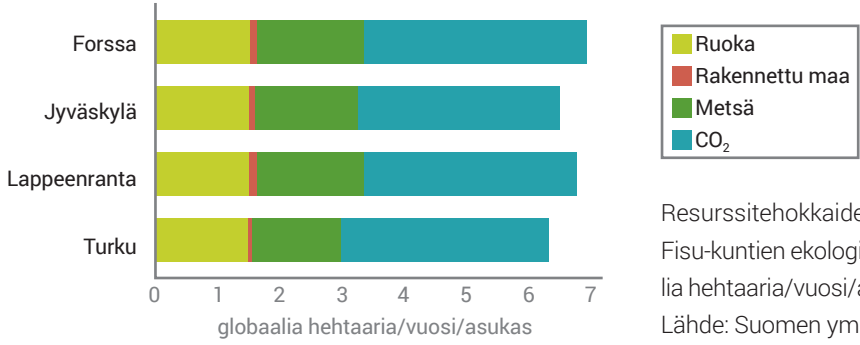
Ravinteiden hyötykäyttöaste = (päätuotteen ravinteet + sivutuotteiden ravinteet) / ketjun käyttöön ottamat ravinteet

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.