



# Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset FOODCHAIN



Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset  
FOODCHAIN

Juha-Matti Katajajuuri

Yrjö Virtanen

Pasi Voutilainen

Hanna-Riikka Tuhkanen

Sirpa Kurppa

MTT

Maa- ja metsätalousministeriö  
MMM:n julkaisu 6/2003

Julkaisun nimi: Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset FOODCHAIN

Julkaisija: Maa- ja metsätalousministeriö

Tekijät: Juha-Matti Katajajuuri, Yrjö Virtanen, Pasi Voutilainen,  
Hanna-Riikka Tuhkanen, Sirpa Kurppa MTT

Kannen kuva: Antero Aaltonen

MMM:n julkaisu 6/2003

Taitto: PixPoint ky

Paino: Hakapaino Oy, Helsinki 2003

ISSN 1238-2531

ISBN 952-453-133-X

# Kuvailulehti

Julkaisija	Maa- ja metsätalousministeriö	Päivä	15.10.2003
Tekijä(t)	Juha-Matti Katajajuuri, Yrjö Virtanen, Pasi Voutilainen, Hanna-Riikka Tuhkanen, Sirpa Kurppa		
Julkaisun nimi	Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset FOODCHAIN		
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksessa kehitettiin toimintoverkkointegroitua elinkaariarviointia ja sovellettiin sitä <i>Emmental juuston, Elovena kaurahiutaleiden, Kesäpöytä Juustokermaperunoiden ja Pirkka perunajauhon</i> ympäristövaikutusten arviointiin. Emmental juuston tapaustutkimuksessa esitettiin lisäksi parannusmahdollisuuksia mallintamalla tilan eri toimien ja järjestelmämuutosten ympäristövaikutuksia. Arvioissa otettiin huomioon tarkasteltujen kuluttajatuotteiden olennaisten tuote- ja jakelujärjestelmien eri vaiheet aina maatilatuotannon panostuotannosta ja sen raaka-aineista kaupan hyllyyn ja valmiiksi ruoaksi asti.</p> <p>Hankkeen käynnistämiseen vaikutti kasvava tarve tuottaa luotettavia ympäristövaikutustietoja elintarvikesektorin tuotteista ja kehittää elintarvikkeita ja niiden tuotantoprosesseja ympäristöä vähemmän rasittaviksi. Tutkimuksella haluttiin vastata kuluttajien lisääntyneeseen kysyntään saada ympäristötietoa päivittäisten valintojen ja ostopäätösten tueksi.</p> <p>Tutkimuksessa kehitetty ja sovellettu toimintoverkkointegroitu ympäristövaikutusten arviointimenetelmä perustuu teollisen ekologian ideologiaan, standardoituun elinkaariarviointiin sekä toimintoverkon ja innovaatioiden hallinnan toimintatapoihin. Tällä yhdistelmällä tavoiteltiin hyvää kohdentuvuutta todellisiin toimintoihin ja täten tulosten parempaa laatua ja hyödynnettävyyttä.</p> <p>Ensikäden hyöty hankkeesta oli ympäristötiedon hallinnan ja sen vaatiman yhteistyön kehittyminen tuotejärjestelmän toimijoiden keskuudessa. Useat osallistuneet yritykset ovat hankkeen perusteella päättäneet lisätä prosessiensa mittaamista, jotta prosessien ja tuotteiden arviointiin ja kehittämiseen olisi jatkossa käytettävissä ajanmukaista ja entistä luotettavampaa tietoa.</p> <p>Tutkittujen elintarvikkeiden ympäristövaikutukset ja niiden jakaumat vaihtelivat vaikutusluokittain tuotteiden ja ketjujen vaiheiden välillä. Tuotteiden tyyppi- ja fosforikuormitus ja rehevöityminen aiheutuivat valtaosin alkutuotannosta, erityisesti peltoviljelystä. Tutkituissa tapauksissa uunia tai keittolevyä käytettäessä ruoanlaiton hiilidioksidipäästöt olivat ketjun aiheuttaman ilmaston lämpenemisen kannalta suurimpia tekijöitä.</p> <p>Kuluttajien näkökulmasta jonkinlaisen arvoasteikon tai mittarin asettaminen saattaisi olla tarpeen tuotteiden ympäristövaikutustietojen havainnollistamiseksi ja ymmärtämiseksi. Tutkimuksessa käsiteltiin myös elintarvikkeiden ympäristövaikutusten mittaamista, elinkaariarvioinnin sovellettavuuden parantamista sekä tuotteiden vertailtavuutta.</p> <p>Tutkimuksen tuloksien perusteella ei voida suoraan vertailla esimerkiksi eläinperäistä ja kasvisruokaa, sillä tutkimuksessa käytetyt toiminnalliset yksiköt olivat tuotteiden massoja eivätkä siten ole toiminnallisesti yhteismitallisia. Tulokset ovat tuotantoketju- ja tapauskohtaisia. Niiden perusteella ei tulisi suoraan tehdä johtopäätöksiä muissa yhteyksissä.</p>		
Asiasanat	elintarvikkeet, ruoka, kulutus, tuotantoketju, ympäristövaikutukset, elinkaari-analyysi, jatkuva parantaminen, yhdenmennyttämisen tuotepolitiikka		
Julkaisusarjan nimi ja numero	MMM:n julkaisuja 6/2003		
Julkaisun teema	Elintarviketalous		
	ISSN	1238-2531	ISBN 952-453-133-X
	Sivuja	52	Kieli Suomi
	Luottamuksellisuus	Julkinen	Hinta
Julkaisun myynti/jakaja	Maa- ja metsätalousministeriö		
Julkaisun kustantaja	Maa- ja metsätalousministeriö		
Painopaikka ja -aika	Hakapaino Oy, 10/2003		
Muut tiedot			



# Documentation page

Publisher	Ministry of Agriculture and Forestry	Date	15.10.2003	
Author(s)	Juha-Matti Katajajuuri, Yrjö Virtanen, Pasi Voutilainen, Hanna-Riikka Tuhkanen, Sirpa Kurppa			
Title of publication	Environmental impacts of foodstuffs FOODCHAIN			
Abstract	<p>Supply web management based life cycle assessment was developed and applied to the assessment of environmental impacts of cheese, oat flakes, IQF cheese cream potatoes and potato flour. In the last case the method was also applied to the search for several alternative improvement options by modelling environmental impacts of different actions and changes in the system. The assessment took account of all the stages of the most important product and distribution systems of the consumer products concerned from the production of farm inputs and raw materials to the retail stores and, finally, to the food consumed.</p> <p>The project was based on the growing need to produce reliable information on the environmental impacts of the food products and to develop foodstuff and related production systems and processes to decrease environmental burdens of them. There is also a growing need to respond to the increasing demands by the consumers to obtain environmental information to support their every-day choices and buying decisions.</p> <p>The supply web integrated assessment of environmental impacts developed and applied in the study is based on the ideology of industrial ecology, standardised life cycle assessment and practices for supply web and innovation management. This combination aimed at to direct the focus on the real operations and, through this, better quality and applicability of the results.</p> <p>One major benefit produced by the project was that it improved the management of environmental information and increased the cooperation needed in this among the operators in the product systems. Based on the project many of the companies involved decided to continue gauging their processes to make sure that in the future updated and even more reliable data will be available for assessing and developing the processes and products.</p> <p>Based on the LCA results, the environmental impacts and their distributions vary considerably between the products and phases of systems in the different impact categories. Nitrogen and phosphorous emissions and corresponding eutrophication were caused by primary production, especially from cultivation. In the cases household cooking was included, when using the oven or hot plate, carbon dioxide emissions from cooking had major contribution to the global warming potential of the systems.</p> <p>From the consumer perspective it might be appropriate to set up some kind of scale of indicators or benchmarks to illustrate and provide a better understanding of the issue. Measuring environmental impacts of foodstuff, improvement of applicability of life cycle assessment and comparability of products were also discussed in the study.</p> <p>The results of the present study do not allow a direct comparison, for example, between food derived from animals and vegetarian food, because the functional units used in the study represent masses of products, and thus they are not operatively commensurable. Results are production chain and case specific. Direct conclusions should not be made in other context.</p>			
Keywords	Foods, meal, consumption, production chain, environmental impacts, life cycle analysis, LCA, continuous improvement, integrated product policy, IPP			
Publication series and number	Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 6/2003			
Theme of publication	Food sector			
	ISSN	1238-2531	ISBN	952-453-133-X
	No. of page	64	Language	Finnish
	Retrictions	None	Price	
Financier of publication	Ministry of Agriculture and Forestry			
Financier of publication	Ministry of Agriculture and Forestry			
Printing place and year	Hakapaino Oy, 10/2003			
Other information				

# Sisällysluettelo

<b>Alkusanat</b> .....	9
<b>1. Johdanto</b> .....	10
<b>2. Tapaustutkimukset ja niiden yleiset lähtökohdat</b> .....	12
2.1. Tutkitut tuotteet .....	12
2.2. Sovellettu menetelmä .....	12
Teollinen ekologia .....	13
Elinkaariarviointi .....	14
Toimintoverkkojen ja innovaatioiden hallinnan toimintatavat .....	16
2.3. Yleiset rajaukset ja tietolähteet .....	17
2.4. Tutkimuksen hyödyntäminen .....	19
2.5. Tulosten sovellettavuus ja vertailtavuus .....	20
<b>TAPAUSTUTKIMUKSET</b>	
<b>3. Case Emmental Sinileima juusto</b> .....	21
3.1. Rajaukset ja tietolähteet .....	21
3.2. Tulokset nykyjärjestelmästä .....	23
3.3. Viljelijän toimenpidemahdollisuuksia vesistökuormituksen pienentämiseen .....	25
3.4. Johtopäätökset .....	30
<b>4. Case Elovena kaurahiutaleet ja kaurapuuro</b> .....	32
4.1. Rajaukset ja tietolähteet .....	32
4.2. Tulokset .....	33
<b>5. Case Kesäpöytä Juustokermaperunat</b> .....	36
5.1. Rajaukset ja tietolähteet .....	36
5.2. Tulokset .....	37
<b>6. Case Pirkka Perunajauho</b> .....	41
6.1. Rajaukset ja tietolähteet .....	41
6.2. Tulokset .....	41

<b>7. Johtopäätökset</b> .....	44
7.1. Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset .....	45
7.2. Parannustoimenpidevaihtoehtojen etsintä ja arviointi .....	46
7.3. Elintarvikkeiden ympäristövaikutusten mittaaminen .....	47
7.4. Toimintoverkkoon integroidun arvioinnin hyödyt ja toteutuminen ...	49
7.5. Tuotteiden vertailtavuus .....	51
<b>8. Tuotekohtainen vs. pinta-alakohtainen näkökulma maatalouden</b> .....	54
<b>    ympäristövaikutuksiin</b>	
<b>9. Jatkon näköaloja</b> .....	58
9.1. Sovellusalueen laajentaminen .....	58
9.2. Kuluttajainformoinnin tehostaminen .....	59
9.3. Elintarvikkeiden ympäristölaadun parantaminen kansallisen .....	59
laatustrategian lähtökohdista	
9.4. Ympäristöasioiden hyödyntäminen kilpailukeinona .....	59
<b>Kirjallisuus</b> .....	61
<b>Liite: Tutkimuksen johtoryhmä</b> .....	64





# Alkusanat

Tämä on vuosina 2000-2003 toteutetun hankekokonaisuuden *Ympäristövaikutukset ruokakorissa - FOODCHAIN* tiivistelmä- ja johtopäätösraportti. Projektin taustalla on ollut kasvava tarve tuottaa luotettavia ympäristötietoja elintarvikkeista. Elinkeinoelämä on sitoutunut aloitteeseen tunteakseen omien tuotteidensa ympäristövaikutukset ja kehittääkseen tuotteitaan ja prosesseitaan ympäristöä vähemmän rasittaviksi. Taustalla on myös ajatus vastata kuluttajien lisääntyneeseen tarpeeseen saada ympäristötietoa päivittäisten valintojen ja ostopäätösten tueksi. Todellisen tuotantoketjun kattava elinkaariarviointi tarjoaa hyvät mahdollisuudet arvioida lopputuotteiden välittömiä ja välillisiä ympäristövaikutuksia koko tuotantoketjusta aina maatilatuotannon panostuotannosta ja sen raaka-aineista kaupan hyllyyn ja valmiiksi ruoaksi asti. Hanke otti merkittävän askeleen laatu- ja jäljitettävyyden edistämiseksi sekä tuotantohistorian ja sen ympäristövaikutusten määrittämisessä siirtymällä kohti todellisiin tuotantolaitoksiin ja maataloihin perustuvaa tiedontuotantoa.

FOODCHAIN-tutkimuksen päärahoittajina toimivat Ympäristöklusterin tutkimusohjelma, maa- ja metsätalousministeriön Elintarviketalouden laatustrategia, Kemira GrowHow, Lännen Tehtaat/Apetit, Raisio Yhtymä, Ruokakesko, Suomen Rehu, Valio, MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) ja VTT. Tutkimuksen toteuttivat MTT:n ja VTT:n asiantuntijoista koottu tutkijaryhmä. FOODCHAIN-tutkimuksen vastuullisina johtajina toimivat professori Sirpa Kurppa MTT:ltä ja tutkimuspäällikkö Torsti Loikkanen VTT:ltä sekä projekti-päällikkönä vanhempi tutkija Juha-Matti Katajajuuri MTT:ltä. Hankkeen pää-tutkijoina toimivat tutkijat Juha-Matti Katajajuuri, Pasi Voutilainen ja Hanna-Riikka Tuhkanen MTT:ltä sekä Yrjö Virtanen ja Niina Honkasalo VTT:ltä.

Tutkimustiimi haluaa kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita lukuisia tutkijoita ja yritysten edustajia sekä kaikkia tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä!

# 1. Johdanto

Kasvava kulutus ja kansalaisten käyttämät tuotteet ovat välittömästi tai välillisesti useimpien teollisuusmaiden ympäristöongelmien takana. YK:n Johannesburgin kokouksessa 2002 hyväksyttiin tuotannon ja kulutuksen työohjelma. Yksi sen haasteista on kulutuksen ympäristövaikutusten luotettava arviointi.

Elintarvikkeet ovat iso kulutuserä. Niiden osuus kotitalouksien menoista on Suomessa keskimäärin noin 14 prosenttia. Kotitalouksien kulutuksesta muodostuvasta raaka-aineiden käytöstä lankeaa elintarvikkeille vielä paljon suurempi osa, samaa luokkaa kuin kotitalouksien infrastruktuureista kuten asunto, lämmitys, valaistus, jne. (Jalas 2002). Siksi elintarvikkeiden ympäristövaikutusten tuntemus ja hallinta ovat keskeisiä kestävä kehityksen haasteita.

Tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka ja -hallinta perustuu elinkaariajatteluun. Sen keskeinen lähtökohta on, että kaikki tuotteen valmistamiseen, jakeluun, käyttöön ja käytöstä poistoon liittyvät toiminnot aiheuttavat ympäristöhaittoja. Riittävän tiedon hankkimiseksi tuotteen ympäristövaikutuksista on siis tarkasteltava kaikkia tuotteen suoraan ja välillisesti vaatimien toimintojen aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Suppeammat tarkastelut sisältävät epätäydellisen tiedon riskin, eli tarkastelun ulkopuolelle jätettyihin toimintoihin saattaa kätkeytyä olennaisia ympäristöhaittoja.

Tuotteen korostaminen on merkittävä ajattelu- ja lähestymistavan muutos. Ympäristöongelmien lähestyminen tuotenäkökulmasta tarjoaa uusia mahdollisuuksia. Se siirtää huomion valmistusvaiheesta itse tuotteeseen ja koko sen tuotantoketjuun, sekä ketjun loppupäässä niihin ihmisten tarpeisiin, joita tuotteen käyttö tyydyttää. Nykyaikaisessa liiketoiminnassa tuotelähtöinen kestävyys- ja ympäristöhallinta ovat osa kilpailukyvyllä tärkeän liiketoimintaketjun hallintaa.

Tutkimuksessa sovellettu ympäristövaikutusten arviointimenetelmä on perinteisen, standardoidun elinkaariarvioinnin täsmäsovellus, jolla tavoiteltiin ketjun työnjaon, organisaatioiden oppimisen ja omatoimisuuden lisääntymisen kautta tulosten parempaa laatua ja hyödynnettävyyttä. Vaikka LCA-tekniikka on standardoitu, standardit eivät sisällä ohjeita LCA-projektien tai tuotteiden elinkaarten hallintaan eivätkä vastaa moniinkaan käytännön mallinnus- ja tiedonkäsitteilykysymyksiin. Siksi tarvitaan uutta, poikkitieteellistä systeemianalyttistä osamista sekä uusia toimintamuotoja tutkimusprojektien hallintaan. Lisäksi mene-

telmän soveltaminen käyttökelpoisena työkaluna edellyttää ketjun toimijoiden aktiivista sitoutumista työhön.

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa todellisiin elintarvikkeiden tuotantoketjuihin, toimintoverkkoihin perustuvaa elinkaaripohjaista ympäristötietoa. Ketjujen ja niiden toimijoiden parannustoimien arvioinnin ja kohdentamisen ohella näitä tietoja voidaan käyttää asiakasinformaationa ketjun toimijoiden välillä. Koko elinkaaren kattavat tuotteiden ympäristötiedot soveltuvat hyvin kuluttajien päivittäisten kulutus- ja ostoalintojen päätöksenteon tueksi. Toistaiseksi tietoa on verrattain vähän saatavilla, joten tutkimus toimi ennen kaikkea kuluttajien tuotekohtaisen ympäristötiedon tuottajana. Maataloustuotannon ympäristövaikutuksia on tutkittu jo pitkään, mutta ruokaketjujen kokonaisympäristövaikutuksia ei ole tutkittu kuin jokusen vuoden ajan. Kuluttajalla ei ole toistaiseksi ollut mahdollisuuksia hahmottaa ostamiensa ja valmistamiensa ruokien ympäristövaikutuksia.

Yrityksissä elinkaariarviointia käytetään tuote- ja järjestelmäkehityksessä etsittäessä tuotantoprosessien parannuskohteita ja tuotevertailuissa, sekä strategisen päätöksenteon tukena esimerkiksi tuotekehitys- ja innovaatiotoiminnassa. Elinkaaritutkimuksissa yrityksiin kertyvä osaaminen palvelee myös yritysten IPP (Integrated Product Policy) - ja IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) toimintoja.

Muita tutkimuksen hyödyntäjätahoja ovat julkinen hallinto, neuvontajärjestöt, opetustoimi sekä tutkimus. Tutkimustulokset palvelevat mm. maatalousneuvontaa, yleistä ympäristökasvatusta, ympäristötieteellistä opetusta sekä elintarvikkeiden ympäristövaikutusten arviointia ja järjestelmäkehitystä.

## 2. Tapaustutkimukset ja niiden yleiset lähtökohdat

### 2.1. Tutkitut tuotteet

Tuotteet valittiin yhteistyössä hankkeen rahoittajien, yritysosaajien ja tutkimuslaitosten edustajien kesken painottaen seuraavia valintakriteerejä:

- tuotteen ja tuotantoketjun kotimaisuusaste
- liiketoimintaketjun kattavuus ja sitoutuminen
- tutkimuksellinen relevanssi ja innovatiivisuus
- relevanssi ympäristön ja luonnonvarojen käytön kannalta
- tuotteen peruselintarvike/raaka-aine -luonne
- myyntivolyymi, liiketaloudellinen merkitys
- kokonaisuuden hallittavuus
- aiemman tutkimuksen hyödyntäminen
- yritysten ja hallinnonalojen edustajien kiinnostus

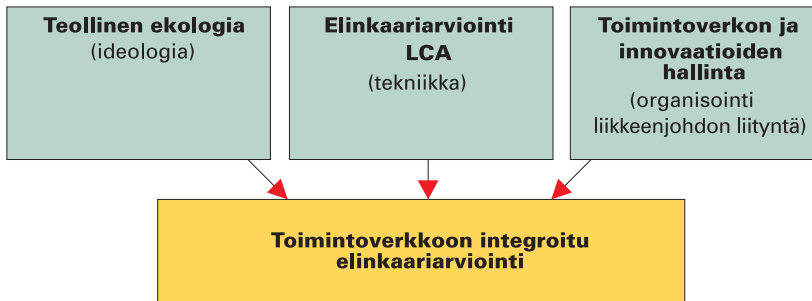
Tutkimuksessa selvitettiin seuraavien tuotteiden ympäristökuormitukset ja -vaikutukset maatilojen panostuotannosta lopputuotteiksi saakka:

- Valion Toholammin tuotantolaitoksella valmistettu ja Vantaan tuotantolaitoksella paloitettu ja pakattu **Emmental Sinileima juusto** (350 g/pakkaus) tuhatta kuluttajan ostamaa juustokiloa kohden
- RavintoRaision elintarviketoimialan Nokian tuotantolaitoksella valmistetut **Elovena kaurahiutalet** (1 kg/pakkaus) 10 000 kuluttajan ostamaa kaurahiutaalekiloa kohden, ja niistä kotitaloudessa valmistettu kaurapuuro
- Lännen Tehtaiden Säkylän tuotantolaitoksella valmistetut **Kesäpöytä Juustokermaperunat** (750 g/pakkaus) 10 000 kuluttajan ostamaa gratiinipakkausta kohden, ja niistä kotitaloudessa valmistetut annokset
- Finnamylin Kokemäen tuotantolaitoksella valmistettu **Pirkka perunajauho** (600 g/pakkaus) 10 000 kuluttajan ostamaa jauhopakkausta kohden

### 2.2. Sovellettu menetelmä

Tutkimuksessa sovellettu ympäristövaikutusten arviointimenetelmä on perinteisen, standardoidun elinkaariarvioinnin (Life Cycle Assessment, LCA, ISO 14040 -sarja) sovellus, joka on kiinteämmin toimintoverkkoon (engl. Supply Web) integroitu kuin perinteiset, ulkopuolisesti toteutetut elinkaariarvioinnit.

Menetelmä nojaa teollisen ekologian ideologiaan<sup>1</sup>, elinkaariarvioinnin tekniikkaan sekä toimintoverkkojen ja innovaatioiden hallinnan toimintatapoihin (kuva 1). Merkittävä paino on tuoteyhdenntyn toiminnan eri osa-alueiden, kuten vertikaalisen ja horisontaalisen organisoinnin, tiedon ja skenaarioiden hallinnan, päätöksenteon, jatkuvan parantamisen, organisaatioiden oppimisen, prosessi- ja tuoteinnovaatiotoiminnan sekä näiden vaatimien tietoteknisten järjestelmien ja välineiden kehittämisessä.



Kuva 1. Toimintoverkkoon integroidun elinkaariarvioinnin pääkomponentit (Poikkimäki & Virtanen 2003).

## Teollinen ekologia

Teollinen ekologia on teollisten ja ekologisten järjestelmien vuorovaikutusten tutkimusta ja hallintaa. Sen keskeinen tavoite on globaalin ympäristön kuormittumisen vähentäminen kehittämällä teollisia järjestelmiä suljetummiksi. Keskeisiä kehityselementtejä ovat tuotteiden rakenne ja toiminnallinen tehokkuus, teknologiat ja niiden käyttötavat, tuotannon rakenteet sekä tuote- ja järjestelmäinnovaatiot. Teollisuutta tarkastellaan kysyntä-tarjonta -suhteiden muodostamina tuotantoprosessien järjestelminä. Vertauskuvallisesti teolliset järjestelmät sisältävät täten toimintoketjuja kehdestä hautaan.

Keskeistä teollisessa ekologiassa on selvittää aineen ja energian virrat, niiden muodot ja kulkureitit. Tähän pyritään seuraamalla materiaalien ja energian virtoja, niiden muuntumista ja kulumista teollisissa systeemeissä ja niiden välillä sekä tutkimalla teollisten järjestelmien ja globaalin ekologisen järjestelmän välisiä aine- ja energiavirtoja. Näin pystytään löytämään tärkeimmät ympäristöä kuormittavat kohteet, suunnittelemaan niihin parannuksia ja arvioimaan paran-

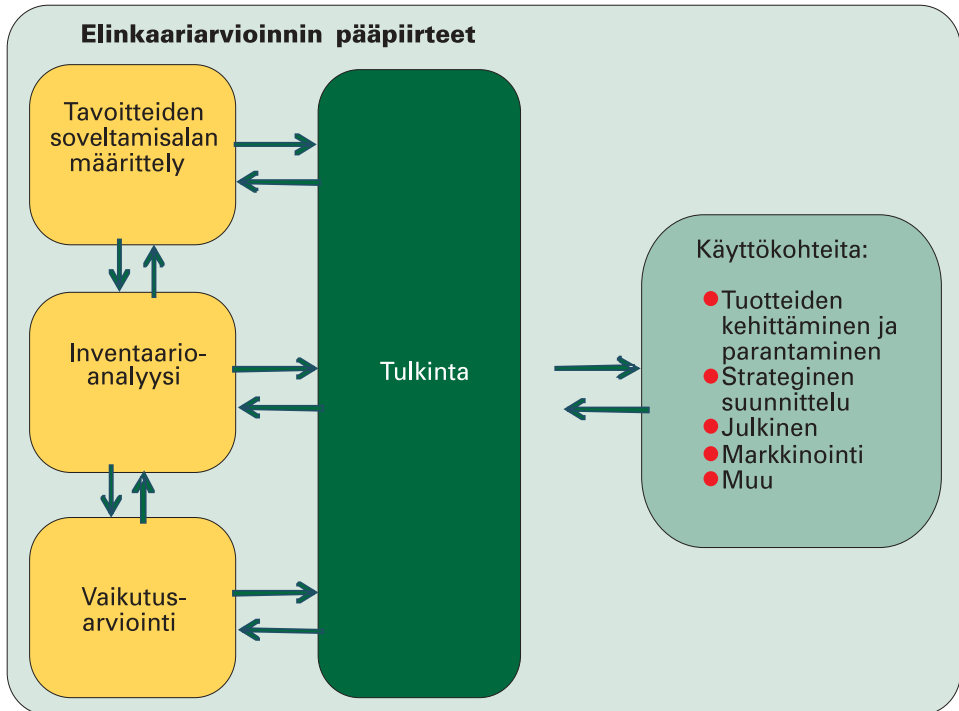
<sup>1</sup> Ideologialla tarkoitetaan nykyisin yleisesti ideoita itseään eikä oppia ideoista kuten sen alkuperäinen määritelmä kuului. Ideologian rooli on tavoitteellinen suhteissa sosiaalisiin, taloudellisiin, ekologisiin, poliittisiin ja laillisiin järjestelmiin

nusvaihtoehtojen toteuttamisen hyötyjä ja kustannuksia sekä toteuttaa järjestelmäparannuksia.

Teollisen ekologian tarkastelukulma on laajempi kuin tyypillisen elinkaariarvioinnin. Siinä tarkastellaan samanaikaisesti useampia teollisia järjestelmiä ja tavonomaisten ympäristökuormitusten lisäksi mm. kierrätyksen optimointia, sekundäärimateriaalien ja niiden energiasisältöjen hyödyntämistä, jätteen muodostumisen minimointia sekä jätteiden uusiokäyttömahdollisuuksia. Elinkaariarviointi on yksi näissä tarkasteluissa käytettävistä työkaluista, mutta ei ainoa.

### Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on tuotteiden, materiaalien tai palveluiden ympäristövaikutusten arviointiin kehitetty menetelmä. Siinä tarkastellaan tuotteen ympäristövaikutuksia sen elinkaaren alueella, toisin sanoen kaikissa sen välittömästi ja välillisesti vaatimien toimintojen muodostamassa järjestelmässä. Elinkaariarviointimenetelmä on kansainvälisesti standardoitu (ISO 14040 -sarja). Sen päävaiheet ovat tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta (kuva 2).



Kuva 2. Elinkaariarvioinnin päävaiheet (ISO 14040: 1997).

Standardoidun elinkaariarvioinnin soveltuvuus sellaisenaan osaksi normaalia liiketoimintaa on ollut varsin huono. Standardit tarjoavat yleis menetelmän tuotteen ympäristövaikutusten yksityiskohtaiseenkin arviointiin. Ne eivät kuitenkaan sisällä ohjeita LCA-projektien tai tuotteiden elinkaarten hallintaan, minkä johdosta soveltaminen on ollut melko kirjavaa ja tulosten käytännöllinen merkitys suhteellisen vähäinen. LCA:n harjoittajat mainitsevat elinkaariarvioinnin merkittävimmiksi ongelmiksi tulosten kiistanalaisuuden, tietojen huonon saatavuuden ja laadun sekä kustannukset ja kapean suoran sovellettu alueen. LCA-tutkimusten asiakkaat pitävät korkeita kustannuksia ja tutkimustulosten luotettavuutta tehokkaan hyödyntämisen pahimpina esteinä (esim. Loikkanen et al. 1999). Tiettyyn yhteyteen tehtyä elinkaaritutkimusta ei voida yleensä suoraan soveltaa samantapaisen järjestelmän toiseen yhteyteen ilman erehtymisriskin huomattavaa kasvua. Esimerkiksi Ruotsissa tehtyä ruisleivän tutkimusta ei voida sellaisenaan suoraan soveltaa Suomeen. Myöskään samantapaisista järjestelmistä eri yhteyksissä tehtyjä tutkimuksia ei voida riskittömästi verrata suoraan toisiinsa. Esimerkiksi 1990-luvulla tehtyä maitopakkausten ympäristövaikutustutkimusta ei voida verrata 2000-luvun vastaavaan tutkimukseen. Yleisiin tietokantoihin perustuvaa tutkimusta ei myöskään voi verrata samasta asiasta tehtyyn, todellisen järjestelmän tietoihin perustuvaan tutkimukseen.

Elinkaariarviointiin liittyy sekä menetelmällisiä että käytännöllisiä ongelmia, jotka vähentävät sen sovellettavuutta. Edellisiin kuuluvat kohdentamis- ja hyvityssääntöjen heikkoudet ja kirjavuus, vaikutusarviointimenetelmien ja -tietojen epävarmuudet ja suoranainen puuttuminen sekä tieteellisten tai muunlaisten yleisesti hyväksytyjen menetelmien puuttuminen ympäristövaikutusluokkien yhteismitallistamiseksi. Näille LCA:n 'ominaispuutteille' ei voida yksittäisten tutkimushankkeiden puitteissa paljoa tehdä. Esimerkiksi allokointi- ja hyvityssääntöjen kehittämiseksi tehdään jatkuvasti työtä, jonka tuloksena käytännöt hiljalleen yhtenäistyvät. Myös vaikutusarviointimenetelmien kehitystyö on vilkasta, ja tuottaa jatkuvasti luotettavampia menetelmiä arvioida potentiaalisia ympäristövaikutuksia.

Sen sijaan inventaariotiedon eli prosessien aine- ja energiavirtatietojen saatavuutta ja kohdentavuutta voidaan parantaa ja kustannusrasituksia pienentää kohdentamalla tiedonhankintaa järjestelmien todellisiin toimijoihin sekä jakamalla tiedonhankinnan vaatimat voimavarat, kuten tässä ja muissa vastaavissa tutkimuksissa on voitu havaita.



Hyvät inventaarioanalyysitulokset sekä luotettaviin ympäristövaikutusluokkiin kohdistuvat arviot auttavat tekemään johtopäätöksiä järjestelmien ongelmakohdista ja niiden parantamisesta.

### Toimintoverkkojen ja innovaatioiden hallinnan toimintatavat

Tässä tutkimuksessa elinkaariarvioinnin käyttöarvoa pyrittiin lisäämään toimintoverkkojen hallinnasta (engl. Supply Web Management) ja innovaatioiden (engl. Innovation Management) hallinnasta omaksutuilla toimintatavoilla. Näin tavoiteltiin työnjaon ja omatoimisuuden lisääntymisen kautta hyvää kohdentuvuutta tutkittaviin ketjuihin ja sitä kautta tulosten parempaa laatua ja hyödynnettävyyttä.

Yritysten talouden hoito ja johtaminen vaativat järjestelmänäkökulmaa, jolla tuotteen tuottamiseen, jakeluun ja käytön jälkeiseen huolehtimiseen osallistuva toimintoverkko voidaan kokonaisuudessaan huomioida toiminnan suunnittelussa ja johtamisessa. Kuluttajatuotteita myyvät yritykset joutuvat ensimmäiseksi vastaamaan tuotevastuukysymyksiin ja kantamaan niistä mahdollisesti koituvat seuraamukset koko toimintoverkon puolesta. Yritysten tuotannon ja logistiikan ohjaus tarvitsevat myös koordinaatiota edeltäviin ja seuraaviin toimintovaiheisiin. Nykyisin yritysälämässä ajatellaankin jo yleisesti, että verkottumisen kautta yritykset voittavat enemmän kuin yksinään. Toimintoverkkojen hallinta on vakiinnuttanut asemansa nykyaikaisissa yrityksissä.

Toimintoverkko on tietyn tuotteen tai palvelun tuottamiseen liittyvien kytkentöjen kautta muodostuva organisaatioiden yhteenliittymä. Tuotannon ja logistiikan ohjaukseen tarvittavan toimintoverkon laajuus vaihtelee tarpeiden mukaan. Toiminnan tavoite on verkoston toiminnan optimointi kustannuksia minimoimalla ja lisäarvon tuotantoa maksimoimalla kaikkialla verkostossa. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää tehokasta yhteistyöorganisaatiota ja tiedon hallintajärjestelmiä, joiden avulla ongelmien ratkaisu ja päätöksenteko voidaan hoitaa koordinoitusti. Toimintoverkkojen yhteistyön tuloksellisuus riippuu sosiaalisista suhteista. Ne säätelevät yksilöiden välistä yhteydenpitoa ja vaikuttavat sitä kautta luottamuksellisen yhteistyöilmapiirin muodostumiseen. Keskeisten toimijoiden oppiminen, motivoituminen ja tavoitteisiin sitoutuminen ovat kriittisiä tekijöitä muutosten suunnittelun ja toteutuksen kannalta erityisesti verkostoissa. Tästä syystä sosiaalisten toimintaedellytysten luomiseen tulee panostaa riittävästi.

Ympäristöhallinnan ja tuotteiden kestävyys hallinnan näkökulmasta toimintaverkon tulisi käsittää kaikki olennaiset materiaali-, tuote- ja palvelutoimittajat

sekä ympäristötiedon tuottajat ja käyttäjät lähtien raaka-aineista ja päätyen kuluttajatuotteen käytön jälkeisiin vaiheisiin. Yhteisen toimintatavoitteen tulisi vastaavasti olla ekotehokkuuden parantaminen taloudellisen tehokkuuden rinnalla. Myös lopputuotteen käyttövaihe eli kuluttajien toiminnot olennaisine liittäistöimintoineen (esimerkiksi energia ja polttoaineet) on tärkeää huomioida toimintoverkkojen ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa. Tässä tutkimuksessa olivat mukana kaikki olennaiset elinkaaren vaiheet, kuluttajien ruoanvalmistus mukaan lukien.

Tuotteen ympäristövaikutusten vähentämiseen johtavat parannukset ovat joko asteittaisia tai radikaaleja tuotteiden, palvelujen, teknologioiden tai toimintatapojen ja -rakenteiden muutoksia ja ne voidaan täten käsittää innovaatioiksi. Ympäristöparannusten etsintä, evaluointi ja käynnistäminen liittyvät siis yritysten innovaatioiden hallintaan.

Siinä missä liiketoiminnallisten innovaatioiden tavoite on taloudellinen, ympäristöinnovaatioiden tavoite on ekotehokkuuden kasvu. Elinkaarinäkökulmasta katsottuna menestyksenkäs ympäristöinnovaatio voidaan määritellä tuotejärjestelmän ympäristövaikutusten pienentymänä tai ympäristövaikutustiedon ja -tietämyksen kasvuna. Ympäristöinnovaation taloudellinen tulos voi toisaalta olla välitön yrityksen taloudellisen tehokkuuden kasvu nopeavaikutteisten teknologia- ja toimintatapaparannusten avulla ja toisaalta välillinen talouden parantuminen ympäristötietämyksen kasvun ja sen seurauksena tehostuneen liiketoiminnan ansiosta. Ympäristöinnovaatiot voivat myös parantaa riskien hallintaa ja tuoda imagoetuja. Ympäristöinnovaatiot olivat myös tämän tutkimuksen tavoitteena. Erityisesti tavoiteltiin ympäristötietämyksen kasvun tuomia hyötyjä.

### 2.3. Yleiset rajaukset ja tietolähteet

Tuotteiden ympäristövaikutuksia ja toimintoverkon kehittämismahdollisuuksia tarkasteltiin koko elintarvikeketjussa, alkaen lannoitteiden ja muiden viljelypönnösten sekä niiden raaka-aineiden tuotannosta ja päätyen viljelyn, jalostuksen, kuljetusten ja kaupan kautta aina kuluttajan ruokapöytään saakka. Tapaustutkimusten yksityiskohtaiset rajaukset on esitelty tutkimuksen osaraporteissa, Katajajuri et al. (2003), Voutilainen et al. (2003a) ja Voutilainen et al. (2003b). Tapaustutkimuksien ulkopuolelle rajattiin järjestelmän infrastruktuuri, ihmistyö, koneiden, laitteiden ja rakennusten valmistus. Kuluttajan kauppamatkaa ei sisällytetty mukaan.

Seuraavissa tapaustutkimuskohtaisissa kuvauksissa esitettyjen järjestelmien rungon lisäksi elinkaariin sisällytettiin mm. kuljetukset sekä polttoaineiden- ja energiantuotanto. Työkoneiden polttoaineenkulutukset pohjautuivat Työtehoseuran työmenekkilaskelmiin, ja niiden käyttämistä pidettiin tarkoituksenmukaisena luotettavimpana lähteenä. Polttoaineiden käytön päästöjen laskennassa sovellettiin moottorivalmistajalta ja VTT:ltä saatuja työkoneiden päästötietoja. Sähkön tuotannon päästötiedot perustuivat suomalaiseen keskimääräiseen verkkosähköön. Lämmön ja höyryn tuotannon päästöt määritettiin kyseisen paikallisen energiantuotannon mukaisesti.

Tiedonkeruussa selvitettiin järjestelmärajojen sisälle kuuluvien kaikkien prosessien syöte- ja tuotostiedot niin kattavasti kuin mahdollista. Suuria epävarmuuksia liittyi mm. raskasmetalli- ja hiukkaspäästöjen sekä haitallisiin aineisiin liittyvien päästöjen arviointiin, joten niitä ei tuloksissa esitetä. Toisaalta niiden vaikutusten arviointiin ei ole olemassa luotettavia menetelmiä. Tutkimuksen johtopäätökset perustuvat järjestelmistä luotettavimmin kvantitatiivisesti määriteltävissä olleisiin tekijöihin, kuten kasvihuonekaasupäästöihin, happamoittaviin ja rehevöittäviin päästöihin sekä näiden vaikutuspotentiaaleihin.

Järjestelmiin ja erityisesti viljelyyn liittyviä maisema- ja monimuotoisuuskysymyksiä, torjunta-aineiden vaikutusta tai maan laadun muuttumista ei tutkimuksessa otettu huomioon, vaikka esimerkiksi luonnon monimuotoisuutta voidaan pitää alkutuotannon osalta yhtenä keskeisenä ympäristövaikutusluokkana. Tämä johtuu ennen kaikkea kahdesta tekijästä: ensinnäkään näihin näkökulmiin liittyville asioille ei toistaiseksi ole olemassa tuotenäkökulmasta hyödyllisenä pidettyjä kvantitatiivisia lähtötietoja tai mittareita, ja vaikka näin olisi (esimerkiksi torjunta-aineiden käyttöä voidaan luokitella tehoaineiden perusteella), niiden vaikutusten arvioinniksi ei ole olemassa tieteellisiä menetelmiä.

Käsiteltäessä järjestelmiä, joiden prosesseista syntyy useampia tuotteita, prosessin panokset ja tuotokset täytyy kohdentaa eri tuotteille, mikäli prosessia ei voida jakaa sellaisiksi erillisiksi osaprosesseiksi, joiden panosten ja tuotosten vasteet tunnetaan. Elintarvikkeiden alkutuotannossa, toimittaessa biologisessa ympäristössä, eri prosesseilla on usein tavanomaista laajempi vaikutus moniin muihin prosesseihin. Tästä johtuen prosessin panos- ja tuotosvirtojen kohdentaminen tutkittavaan tuotejärjestelmään on viljelyprosessissa ongelmallisempaa kuin teollisuudessa. Tutkimuksessa sovellettuja kohdentamisen periaatteita on esitelty yksityiskohtaisemmin Katajajuuren ja Voutilaisen (2002) julkaisussa sekä hankkeen tutkimusraporteissa.

## 2.4. Tutkimuksen hyödyntäminen

### Yritykset

Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää yrityksissä välittömästi tuote- ja järjestelmäkehityksessä etsittäessä ratkaisuja nykyisen tuotantojärjestelmän kestävyys- ja kestävyyden lisäämiseksi. Tulosten perusteella arvioidaan toimintatapoihin ja prosesseihin järjestelmän eri tahoilla tehtävissä olevien muutosten ympäristövaikutuksia, muutosten vaatimia kustannuksia ja niiden mahdollisia muita vaikutuksia. Tutkimuksessa syntyvä osaaminen toimii perustana jatkokehitykselle, joka tähtää kestävyys- ja kestävyyden hallinnan saamiseen osaksi elintarvikkeiden tuotannon normaalia liiketoimintaa. Vaikuttavuudeltaan yksi tärkeimmistä liiketoiminnan alueista on tässä mielessä yritysten innovaatiotoiminta. Tutkimuksissa kertyvä osaaminen palvelee myös yritysten IPP (Integrated Product Policy)- ja IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) -toimintoja.

Yritykset voivat käyttää tuloksia hyväkseen ympäristöraportoinnissaan, muussa tiedotuksessa ja markkinoinnissa sekä perusteina maatalous- ja ympäristöpoliittisista ohjaus- ja tukijärjestelmistä käytävissä julkisissa keskusteluissa.

### Kuluttajat

Tutkimustulokset kertovat ruoan kokonaisympäristövaikutuksista ja tukevat osaltaan kuluttajien ympäristöperusteisia valintoja.

### Julkinen hallinto

Julkinen hallinto voi käyttää tuloksia esimerkiksi kansallisen elintarviketalouden laatustrategian tiedotukseen ja jatkotoimenpiteiden arviointiin, mm. elintarvikkeiden ympäristötutkimuksen suuntaamiseen. Lisäksi tuloksia voidaan hyödyntää tuotelähöisen ympäristöpolitiikan ja ympäristöohjausjärjestelmien suunnittelussa ja mitoituksessa sekä muussa elintarviketuotannon kestävänsä kehityksen edistämisessä.

### Muut tahot

Muita tutkimustuloksista hyötyviä tahoja ovat mm. neuvontajärjestöt, opetustoimi sekä tutkimusyhteisö. Tutkimustulokset palvelevat mm. maatalousneuvontaa, yleistä ympäristökasvatusta, ympäristötieteellistä opetusta sekä elintarvikkeiden ympäristövaikutusten arviointia ja järjestelmäkehitystä.

## 2.5. Tulosten sovellettavuus ja vertailtavuus

Tutkimuksessa saadut tulokset edustavat tutkittujen järjestelmien tilaa tutkimuksen suoritusajaksi ja ehkä neljästä viiteen vuotta eteenpäin olettaen, että keskeisimmässä teollisuus- ja alkutuotantoprosesseissa ei tapahdu poikkeuksellisen suuria muutoksia. Tulosten perusteella ei tulisi suoraan tehdä johtopäätöksiä muissa yhteyksissä. Tulokset eivät päde suoraan esimerkiksi samantapaisiin tuotteisiin toisissa yhteyksissä.

Vertailuja tehtäessä on huomioitava tutkimuksen kohteina olleiden järjestelmien ja mallien eroavuudet järjestelmärajoitusten, kohdentamisen, hyvityspäätösten, yksikkövaikutuspotentiaalien, geografian ja kohdeajankohdan osalta. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan mielekkäästi verrata vain vertailukelpoisesti tehtyjen elinkaaritutkimusten tuloksiin.

# TAPAUSTUTKIMUKSET

## 3. Case Emmental Sinileima juusto

Tutkimuksessa selvitettiin *Emmental Sinileima juuston* tuotannon koko elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset sisältäen kaikki tuotantovaiheet maatilapainosten tuotannosta juuston jakeluun kaappoihin juustokylmähylykköön asti. Tuotantoketjun ympäristökuormitusten selvittämisen ohella erityistavoitteena oli etsiä toimenpidevaihtoehtoja, joiden avulla juuston tuotannon ympäristökuormitusta voitaisiin vähentää.

Toiminnallinen yksikkö oli 1000 kiloa kuluttajan ostamaa *Emmental Sinileima juustoa* 350 gramman pakkauksissa. Juusto valmistettiin Valion Toholammin tuotantolaitoksella ja paloiteltiin sekä pakattiin Vantaan tuotantolaitoksella. Juuston tuotannon raaka-aine, maito, tuotettiin pääosin Keski-Pohjan Juustokunnan alueella.

### 3.1. Rajaukset ja tietolähteet

Panostuotannossa sekä lannoitteiden että kalkin valmistustiedot sisälsivät tiedot louhoksilta valmiiksi tuotteiksi saakka. Tiedot saatiin valmistajilta. Maitotilan rehujen tuotanto sisälsi pelloilla tapahtuvat prosessit (kyntö, äestys, kylvö, kasvin-suojeluaineiden levitys, korjuu ym.) ja vastaavasti viljelymaalta aiheutuvat kuormitukset sekä viljan kuivauksen ja sadon muun käsittelyn. Tilojen pääkasvit olivat nurmirehut (säilörehu, kuivaheinä, laidun), ohra ja kaura. Viljelyn panoksia ja tuotoksia tarkasteltiin 20 tilan haastatteluotantaan perustuvalla tiedonkeruulla yhden keskimäärin kolmivuotisen viljelykierron ajalta, joista määritettiin syntyneet ympäristökuormitukset, kuten typpi- ja fosforihuuhtoumat,  $\text{NH}_3$ - ja  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt. Kuormitusten laskentaperiaatteet on esitetty Voutilaisen et al. (2003b) julkaisussa.

Tiloille ostettavien väkirehujen valmistusketjut selvitettiin viljanviljelyn panosten tuotannosta valmiiksi väkirehuiksi. Viljelyn ympäristökuormitukset arvioitiin samoin periaattein kuin maitotilojen peltoviljelyn osalta. Teolliset rehut jaettiin täysrehuihin (viljapohjainen), puolitiivisteisiin (valkuainen 20-30 %), tiivisteisiin (valkuainen >30 %) ja kivennäisrehuihin.

Karja, navetta kuvasi maidontuotantoa tilalla eli eläinten ruokintaa ja märehdintää, lannan käsittelyä sekä maidon käsittelyä, kuten lypsämistä ja jäähdytys-

tä tilalla. Ruokinta perustui Keski-Pohjan Juustokunnan alueen 714 tilan tietoihin. Navetan päästöihin laskettiin pääsääntöisesti eläimistä syntyvät päästöt, ja ne arvioitiin IPCC:n (1997) kansallisten laskentasovellusten avulla. Maidon keräilylogistiikka tiloilta selvitettiin Valion edustajien kanssa.

Maidon jalostus juustoksi selvitettiin Valion Toholammin ja Vantaan tuotantolaitoksen todellisten prosessien mukaisesti: maidon separointi ja vakiointi, juustomassan valmistus, puristus juustoksi, suolaus ja kypsytys sekä pakkaaminen kuluttaja-, ryhmä- ja kuljetuspakkauksiin. Juuston siirtokuljetus tuotantolaitosten välillä sisällytettiin tuotteiden jakelulogistiikan laskelmiin.

Kuluttaja- ja ryhmäpakkauksien sekä ketjun muiden pakkausten valmistus sisältyi tutkimukseen. Tiedot saatiin valmistajilta ja tuottajien eurooppalaisten keskusjärjestöjen ekoprofiileista. Tuotteiden varastointi ja jakelu aluemyyntipisteisiin, ja niistä edelleen valtakunnallinen jakelu kauppoihin selvitettiin. Kaupasta selvitettiin lisäksi erikseen juustohyllykön keskimääräinen kylmäsäilytyksen energiankulutus tuoteyksikköä kohden.

Kerätyt tiedot edustivat pääosin tuotantoketjun toimintaa vuosina 2000-2001, lukuun ottamatta viljelyprosessia, jonka osalta tiedot kerättiin yhdeltä viljelykierrolta, vuosilta 1997-2001. Tiedot olivat todellisen ketjun toimintaan perustuvia ja ne kuvasivat sekä dokumentoivat kyseisen tuotantoketjun ympäristölaatua. Tiedot eivät edustaneet keskimääräistä maidon ja juuston tuotantoa Suomessa. Pääosa viljelyn ympäristökuormitustiedoista määritettiin 20 tilalla tehdyistä yksityiskohtaisista haastattelu- ja viljelytiedoista. Siten tulokset eivät välttämättä täysin kuvanneet kyseiseen juustonvalmistukseen toimitettavaa keskimääräistä maidon tuotantoa.

Tuotantoeläinten panosten käyttö kohdennettiin energiantarpeen mukaisesti pääasiassa maidolle, koska lehmä kasvatetaan maidontuotantoa varten. Maidontuotannon sivutuotteena syntyvälle lihalle kohdennettiin vain se osa kasvatuksen rehuntarpeesta, jonka tuotantokustannukset saadaan takaisin lihan myynnillä. Vasikoiden kasvatuksen energiankulutus kohdennettiin vasikoille rehuntarpeen mukaan. Juustolassa ympäristökuormitukset kohdennettiin päätuotteille eli juustoille ja kermalle. Näin ollen esimerkiksi sivutuotteena syntyvä hera on käyttäjälleen ympäristömielessä ”ilmaista” eli sitä eivät rasita lainkaan ne ympäristökuormitukset, jotka syntyvät ennen kuin hera erotetaan juuston valmistusprosessista. Juuston ja kerman tuotannon ympäristökuormitukset kohdennettiin tuotteiden kuiva-aineosuuksien suhteessa.

## 3.2. Tulokset nykyjärjestelmästä

Juuston tuotantoketjusta, 1000 kiloa juustoa kohden tarkasteltuna, aiheutui 3670 kiloa hiilidioksidipäästöjä ( $\text{CO}_2$ ). Suurin osa juuston tuotantoketjun hiilidioksidipäästöistä syntyi alkutuotannossa sekä maitotilan että ostorehujen tuotannossa työkoneiden käytöstä, viljan kuivaamisesta ja kalkin käytöstä sekä navetaprosessien sähkön käytöstä. Juuston valmistus oli toiseksi suurin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja ketjussa, noin 15 prosenttia hiilidioksidipäästöistä.

Vertailun vuoksi todettakoon, että bensiinikäyttöisellä henkilöautolla hiilidioksidipäästöt ovat keskimäärin noin 2,7 kiloa polttoainelitraa kohden. Yhden juustokilon ja sen raaka-aineiden tuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt keskimääräisellä polttoaineenkulutuksella (8 l/100 km) laskettuna vastaisivat siis noin 17 kilometrin ajomatkan  $\text{CO}_2$ -päästöjä. Tämän kaltaisia vertailuja tulisi käyttää lähinnä päästöjen suuruusluokkien hahmottamiseksi, kuten luvussa 7.3 on esitetty.

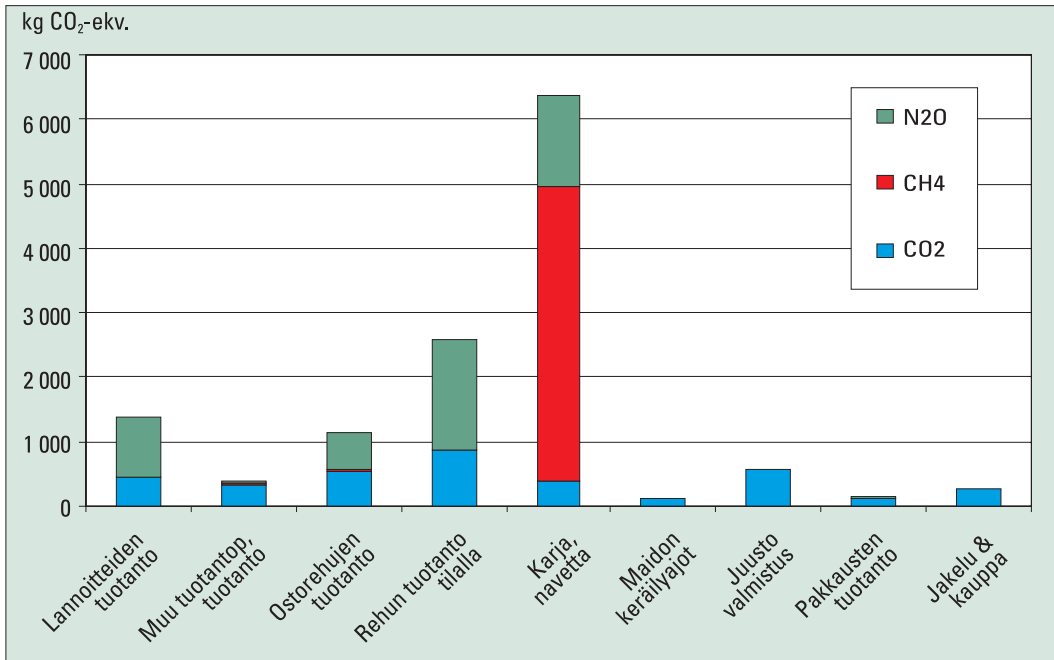
Typenoksidipäästöjä aiheutui eniten rehun tuotannosta tiloilla sekä ostorehujen ja lannoitteiden tuotantoketjuista. Rikkidioksidipäästöjä aiheutui eniten juuston valmistusprosessissa käytettävän höyryn tuotannosta polttoaineen ollessa raskas polttoöljy.

Jätevesien orgaanisen aineen hajottamista kuvaava biokemiallinen hapenkulutus (BOD) aiheutui pääosin alkutuotannosta, viljelystä ja maitohuoneiden käsittelemättömistä jätevesistä, lähinnä maidosta. Typpi- ja fosforikuormitus aiheutui pääosin rehujen tuotannosta maitotiloilla, jossa suurin osa rehuista tuotettiin. Ravinnehuuhtoumia aiheutui myös ostorehujen tuotannossa tarvittavien kasvien viljelystä. Koska suurin osa Suomen järvistä on fosforirajoitteisia, fosforia pidetään ongelmallisimpana rehevöittäjänä ravinteena Suomen järvissä, mutta toisaalta molempien ravinteiden vähentämiseen tulisi joka tapauksessa pyrkiä. Noin puolet Suomen sisävesistöjä rehevöittävästä ravinteista on peräisin maataloustuotannosta.

Ilmastonmuutos on eräs keskeisimpiä maailmanlaajuisia ympäristöongelmia. Juuston tuotannon ilmaston lämpenemisestä suurin osuus, noin 33 prosenttia (kuva 3) aiheutui lehmien ruoansulatuksen metaanipäästöistä ( $\text{CH}_4$ ). Ruoansulatuksen ja lannan käsittelyn metaanipäästöt on esitetty kuvassa 3 yhteenlasketuina. Maitotilojen ja väkirehujen viljelyn lannoittamisen typpioksiduulipäästöt ( $\text{N}_2\text{O}$ ) olivat toiseksi suurin ilmaston lämpenemiseen vaikuttanut tekijä. Alkutuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt olivat kaiken kaikkiaan selvästi suurin ketjun ilmaston lämpenemispotentiaalia aiheuttava tekijä. Maitotilojen



lannoitteiden tuotantoketjusta aiheutuvat typpioksiduuli- ja hiilidioksidipäästöt olivat yhteenlaskettuina alkutuotannon jälkeen seuraavaksi suurin ilmastoa lämmittävä tekijä. Hiilidioksidin osuus ilmaston lämpenemistä aiheuttavista päästöistä oli yhteensä noin 28 prosenttia. Se aiheutui ketjun monista osista, paljolti fossiilisten polttoaineiden käytöstä kuten edellä on kuvattu. Yhden juustokilon tuotannosta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt vastaisivat luvun 7.3 oletuksien mukaan laskettuna noin 60 kilometrin henkilöautolla ajon kasvihuonekaasupäästöjä.



*Kuva 3. Emmental Sinileima juuston ilmaston lämpenemispotentiaali 1000 juustokiloa kohti tuotantoketjun eri vaiheissa. Kuvassa eritelty hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöjen yhteisvaikutus ilmaston lämpenemispotentiaaliin 100 vuoden aikajänteellä tarkasteltuna. Laskentaperiaatteet on esitetty Voutilaisen et al. (2003b) julkaisussa.*

Rehevöittäviä päästöjä syntyi eniten rehujen viljelystä maitotiloilla, noin 80 prosenttia kaikista rehevöittävästä päästöistä. Väki rehujen viljelystä ja maitohuoneen jätevesistä aiheutuivat miltei loput rehevöittävät päästöt.

Suomen olosuhteiden mukaan laskettu happamoituminen aiheutui pääosin lehmien lannan varastoinnin ja levittämisen yhteydessä haihtuvista ammoniakkipäästöistä, yhteensä noin 90 prosenttia ketjun happamoittavista päästöistä.

Tarkastelluissa ympäristövaikutusluokissa suurin kuormitus aiheutui alkutuotannosta eli eläimistä aiheutuvista päästöistä, peltoviljelystä ja maitohuoneen jätevesistä. Tämän vuoksi juuston tuotantoketjua päätettiin tarkastella lähemmin alkutuotannon näkökulmasta pohtien, mitkä tekijät vaikuttivat eniten ympäristövaikutusten syntyyn ja miten viljelijät voisivat asiaan vaikuttaa.

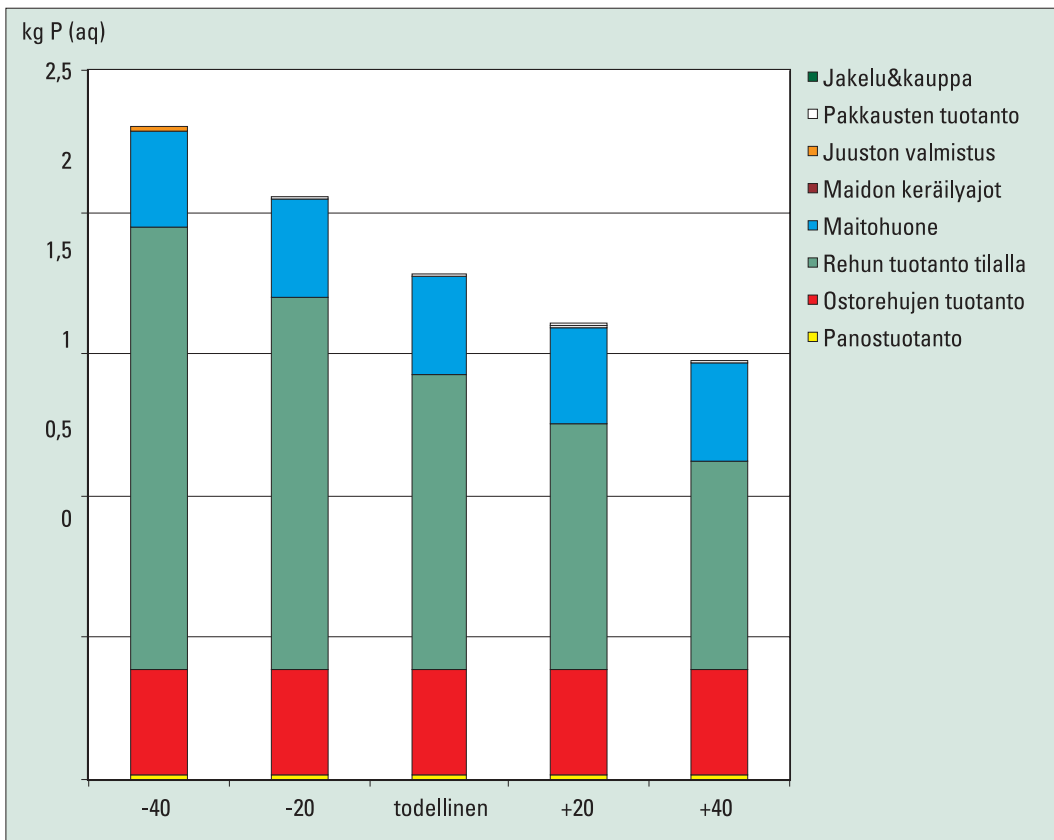
### 3.3. Viljelijän toimenpidemahdollisuuksia vesistökuormituksen pienentämiseen

Alkutuotannon toimenpidevaihtoehtojen tarkasteluissa rajauduttiin ravinnehuuhtoumien (typpi ja fosfori) käsittelyyn. Tilan kokonaisviljelyalan oletettiin olevan vakio, haastatteluissa havainnoidun 2,5 hehtaaria perustapauksen (nykytilanteen) tuottavaa eläintä kohden. Lanta oletettiin levitettävän koko maitotilan viljelyalalle, mutta juuston ravinnekuormituksia laskettaessa otettiin huomioon ainoastaan se ala, joka tarvittiin rehuntuotantoon kussakin vaihtoehdossa juustotonna kohden.

Eri intensiteettimuuttujia tarkasteltaessa haluttiin saada esille valittujen muuttujien vaikutus koko tuotantoketjun ympäristökuormitukseen. Muut tekijät pyrittiin pitämään vakioina, jotta yhden muuttujan vaikutus saataisiin esille. Monessa tapauksessa tällainen asettelu johtaa tuloksiin, jotka eivät käytännössä koskaan toteudu. Esimerkiksi tuotantoalan ja eläinmäärän suhteen muuttuessa, tuotantoalan vähetessä todennäköisesti vähennettäisiin teollisten lannoitteiden käyttöä peltohehtaaria kohden. Mutta koska haluttiin nähdä yhden tekijän muutosten suunta ja suuruus, oli välttämätöntä valita muut tekijät vakioiksi.

Yhtenä intensiteettimuuttujana tarkasteltiin todellisia maitotuotoksia, jotka olivat Toholammin juustolalle toimittaneiden tilojen karjan tuotostietoja vuodelta 1998 ja niitä vastaavia rehunkulutustietoja. Tilat jaettiin matalan (keskituotos 6409 kg), korkean (keskituotos 7906 kg) ja perustason (keskituotos 7155 kg) tuotoksen tiloihin. Tuotostason nousu aiheutuu yleensä usean eri tekijän yhteisvaikutuksena. Tarkastelun merkitys oli hahmottaa tuotostason merkitystä kokonaisuutena ketjun ympäristövaikutuksiin kohdentamatta sitä toimintatapaan, jolla se saadaan aikaan. Todellisten tuotosten noustessa 1000 juustokilon tuottamisen typpi- ja fosforikuormituksen havaittiin pienenevän, varmastikin usean eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Tuotostason noustessa 1000 juustokilon tuottamiseen tarvittavien eläinten määrä laski, samoin kuin eläinten rehuntarpeen täyttämiseen tarvittavan pinta-alan määrä pieneni. Tässä todellisiin tuotoksiin perustuvassa tapauksessa myös lannan typpi- ja fosforipitoisuudet laskivat tuotostason noustessa.

Seuraavaksi tarkasteltiin peltoviljelyn muuttujia, satotason vaihtelua ja säilörehun tyypilannoitusta. Maitotiloilla tuotettavan rehun satotason vaikutusta tarkasteltiin käyttämällä vertailtavina satotasoina 20 ja 40 prosenttia matalampaa ja korkeampaa satotasoa kaikille viljelykasveille verrattuna kohdealueelta määritettyihin keskimääräisiin satotasoihin. Kuvassa 4 on esitetty ketjun fosforikuormitus eri satotasolla. Satotasoihin vaikuttavat erityisesti sääolosuhteet sekä maan rakenteelliset ja kemialliset ominaisuudet. Lannoituksella ja kalkituk- sella voidaan satotasoon jonkin verran vaikuttaa. Tässä tarkasteltiin satotason nousua teoreettisesti olettaen, että maitotilojen satotaso nousee esimerkiksi pel- lon kasvukunnon parantamisen vaikutuksesta. Satotasolla oli hyvin olennainen merkitys koko juuston tuotantoketjun rehevöittäviin päästöihin. Satotason nous- tessa ja lannoituksen pysyessä samana rehevöittävä typpi- ja fosforikuormitus vähenivät hehtaaria ja juustotonna kohden kasvien ravinteiden oton noustessa. Vastaavasti satotason laskiessa kuormitukset kasvoivat.



*Kuva 4. Samoilla tuotantopanoksilla saavutetun maitotilan satotason muutoksen vaikutus ( $\pm 20\%$  ja  $\pm 40\%$ ) rehevöittävään fosforikuormitukseen 1000 juustoki- loa kohti. Satotason jäädessä matalaksi huuhtoumariski kasvaa.*

Säilörehun typpilannoitteiden käytön merkitystä mallinnettiin käyttämällä säilörehun ostolannoitemääränä tiloilla keskimääräisen 153 kg/ha lisäksi tasoja 140, 160, 180, 200 ja 220 kg/ha. Typpilannoitusta lisättäessä satotasot nousivat. Kuitenkaan satotason nousun seurauksena kasvien typenotto ei kasva yhtä paljon kuin pellolle tuleva typpilannoitus. Kasvit eivät siis pysty hyödyntämään kaikkea lannoitetyyppeä ja tästä johtuen typpikuormitus kasvoi jonkin verran juustotonna kohden typpilannoitusta lisättäessä. Typpilannoituksen aiheuttama satotason nousu nosti myös kasvien fosforinottoa, ja rehevöittävä fosforikuormitus pieneni juustotonna kohden satotason noustessa ja siitä seuraavasta rehuntuotantoalan pienenemisestä johtuen.

Lisäksi tarkasteltiin kahta ruokinnallista intensiteettimuuttujaa, väkirehun osuutta ja väkirehun valkuaispitoisuutta. Ruokinnallisten intensiteettien tarkastelussa käytettiin tila-aineiston sijasta kontrolloiduissa olosuhteissa toteutettujen ruokintakokeiden tuloksia ja tilastollisia menetelmiä. Näin vältettiin vertailua häiritsevät karjojen väliset erot eläinaineksessa, tarjotun karkearehun määrät suhteessa sen vapaaseen syöntiin sekä erot karkearehun sulavuudessa ja säilönällisessä laadussa. Eri väkirehu- ja valkuaisruokintaryhmistä laskettiin vuodessa lantaan tuleva typen ja fosforin määrä rehuista saadun ja maitoon sekä vasikkaan menevien määrien erotuksena. Ruokintaa muutettaessa, joko lisäämällä tai vähentämällä väkirehujen määrää tai väkirehun valkuaispitoisuutta, lannan ravinnepitoisuus muuttui. Jos lantaa levitetään taulukkoarvojen mukaisesti, todellinen pelloille levitettävä ravinnemäärä voi poiketa huomattavasti taulukkoarvojen mukaan lasketuista määristä. Aliarvioitaessa ravinteiden määrä lannassa, pelloille levitetyn lannan ravinnemäärät voivat olla huomattavastikin suurempia ja peltojen ravinneylijäämä nousee, jolloin myös huuhtoumariski kasvaa.

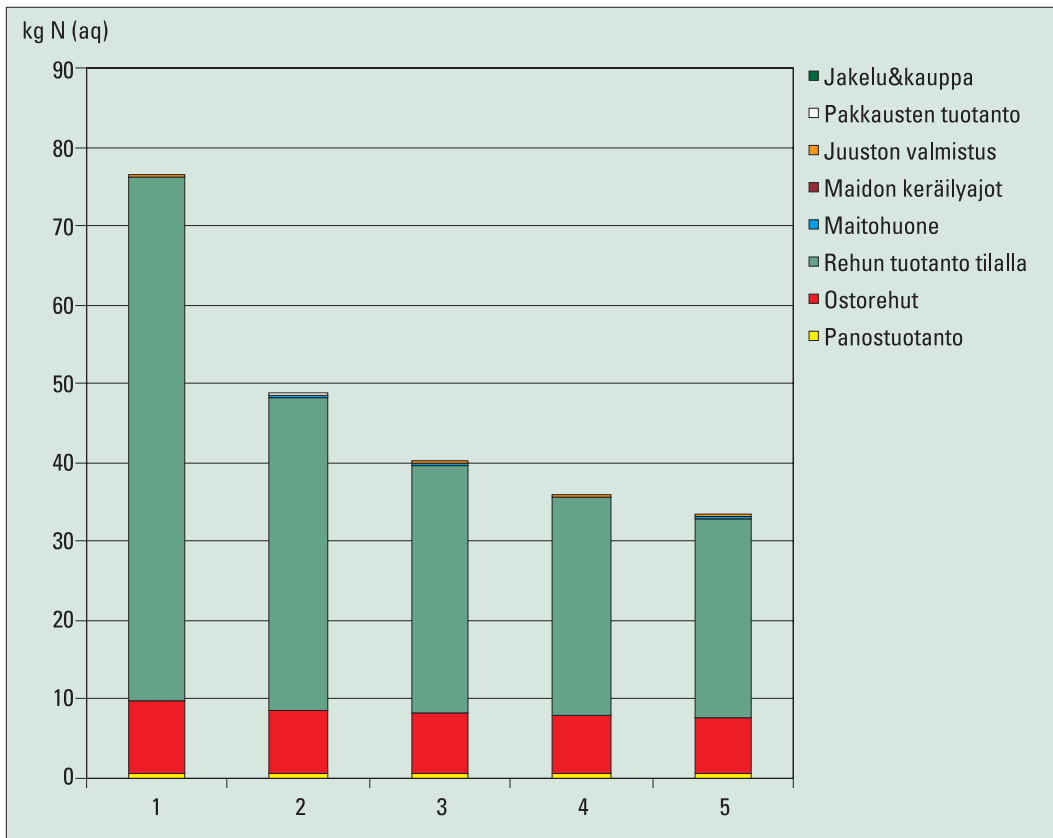
Väkirehun osuuden noustessa eläinten tuotos nousi. Ruokintaintensiteetin nostaminen väkirehun määrää lisäämällä johtaa kuitenkin vähenevään rajatuotokseen, jolloin ravinteiden määrä lannassa kasvoi. Kun tarkasteltiin väkirehun lisäämisen vaikutuksia pinta-alaperusteisesti, tilan oman rehuntuotannon ympäristökuormitus kasvoi. Väkirehun lisäyksen myötä juustolle kohdennettava rehevöittävä typpi- ja fosforikuormitus kasvoivat, kun viljojen osuus ruokinnassa nousi. Juustolle kohdistui sitä enemmän ostorehujen kuormituksia, mitä enemmän väkirehun osuutta ruokinnassa nostettiin. Ruokinnan vaikutuksesta tuhanen juustokilon valmistuksessa käytettävän maidon tuottamiseen tarvittiin vähemmän eläimiä. Koska eläimet saavat ravintoaineita enemmän kuin eläin voi niitä hyödyntää, nousivat lannan ravinnemäärät ja sitä kautta ravinneylijäämä pelloilla kasvoi.

Väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutusta tarkasteltiin muuttamalla eläinten ruokintaa usealla eri tavalla. Väkirehun valkuaispitoisuuden nosto on biologisesti tehokkain ruokinnallinen tapa lisätä maitotuotosta ja maidon valkuaisen tuotosta. Kun tuotos nousi, 1000 kg juuston valmistamiseen käytettävän maidon tuotantoon tarvittava eläinmäärä väheni. Väkirehun valkuaispitoisuutta nostettaessa typen ja fosforin hyväksikäyttöaste pieneni, jolloin lantaan erittyvien ravinteiden määrä kasvoi. Käytännössä valkuaispitoisuuden muutos toteutettaisiin useimmiten viljan ja tiivisteiden suhdetta muuttamalla. Jos tilalla on mahdollisuus käyttää omaa viljaa, sitä myös käytetään ja ostorehut ostetaan mahdollisimman konsentroituna eli tiivisteinä. Tällöin väkirehun valkuaispitoisuuden nostaminen vähensi viljan määrä ruokinnassa. Viljojen viljelyssä käytettävän lannan typpimäärä kasvoi, ja tämän seurauksena viljojen typpikuormituskin kasvoi. Kun ostorehujen määrää ruokinnassa samalla nostettiin, kasvoi niiden tuotannosta aiheutuva typpikuormitus. Näiden yhteisvaikutuksesta tarkastellun juustontuotannon typpikuormitus kokonaisuudessaan kasvoi ruokinnan valkuaispitoisuuden noustessa.

Toisin kuin typpikuormituksessa tiivisteiden ja viljan osuutta muuttaen toteutettu valkuaispitoisuuden nosto vähensi juustolle kohdennetun, tilan oman rehuntuotannon fosforikuormitusta. Hehtaarisolla tarkasteltuna kuormitus tilalla kasvoi hieman, sillä lannan mukana tulevan fosforin määrä nousi. Tiivisteiden ja viljan suhteen muutoksella toteutetun väkirehun valkuaisen nostaminen kuitenkin lisäsi enemmän ostorehujen fosforikuormitusta kuin oman tilan kuormitus suhteessa pieneni, jolloin juustolle kohdennettava fosforikuormitus jonkin verran kasvoi.

Eläinten tuotantoiaan vaikutusta juustontuotannon ympäristövaikutuksiin typpikuormituksen osalta on esitetty kuvassa 5. Mikäli lehmän kasvatukseen käytetyt panokset ei hyödynnetä riittävästi, vaan tuotetaan maitoa esimerkiksi vain vuoden ajan, käytetyt panokset ovat suuria suhteessa tuotoksiin. Tällainen ympäristötehokkuusajattelu kuvaa sekä taloudellista että ympäristöllistä hyötyä. Ympäristökuormitus pienenee, kun lehmän kasvatukseen tarvittava energiamäärä jakaantuu tuotantoiaan jatkuessa suuremmalla maitomäärällä. Pääosa eläimen kasvatukseen tarvitsemasta rehumäärästä kohdennettiin maidolle. Kasvatukseen käytetyt panokset kohdentuvat tällöin suuremmalle tuotetulle maitomäärälle.

Tuotantoalan suhdetta eläintä kohden tarkasteltiin kuudella eri rehupinta-alalla (0,5...3,0 ha/tuotantoeläin). Tarkoituksena oli kuvata rehualan ja samalla lannan levitysalan merkitystä ympäristökuormituksiin. Siirryttäessä yhä suurempiin



*Kuva 5. Lehmän tuotantoiän vaikutus (1, 2, 3, 4 ja 5 lypsykautta) typpikuormitukseen 1000 juustokiloa kohti. Maitotiloilla havainnoitiin lehmien tuottavan maitoa keskimäärin 2,5 lypsykauden ajan. Mallinnusperiaatteet ja tehdyt oletukset on esitetty Voutilaisen et al. (2003b) julkaisussa.*

yksiköihin ja lisättäessä tilan ulkopuolelta tulevan rehun käyttöä, peltoalalle käytettävä lantamäärä sekä ravinnekuormitus nousevat ellei tilalla ole riittävästi viljelyalaa lannan levitykseen. Kokonaistyyppihuuhtouma pieneni tuotantoalan kasvaessa eläinmäärää kohden. Tämä johtui karjanlannan mukana tulevan tyypin määrän vähenemisestä pinta-alaa kohden. Pinta-alan kasvaessa rehuntuotantopinta-ala nousi suuremmaksi kuin tilalla tarvittavien rehujen viljelyyn tarvittiin ja tästä johtuen maidon tuotannolle allokoitavan typpikuormituksen määrä pieneni.

Rehuntuotantoalan ollessa pieni tilan eläinmäärään nähden kuormitus oli hehtaaria kohden huomattavasti suurempaa kuin suuremmilla pinta-alan ja eläinmäärän suhteilla. Paikallisesti pieni tuotantopinta-ala onkin suurempi ympäristöriski kuin lopputuotteen ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa. On myös huomi-

oitava se, että pienillä pinta-aloilla ei pystytä tuottamaan maidontuotantoon tarvittavaa rehumäärää, vaan se on ostettava tilan ulkopuolelta. Tämä ei saisi johtaa siihen, että vilja ja maito tuotetaan eri puolella Suomea. Ravinteiden kierron ja riittävän ravinteiden levitysalan varmistaminen käytännössä vaatisi maidontuotantoalueella riittävää viljantuotantoa.

Lannanlevitysalan pienentyessä rehevöittävä fosforikuormitus tuhatta juustokiloa kohden pysyi lähes vakiona. Vaikka hehtaarikohtaiset huuhtoumat nousivat, on tuotantopinta-alan väheneminen suhteellisesti suurempi kuin hehtaarikohtaisen kuormituksen muutos. Kun tilalla tuotettavan rehun määrä laski pinta-alan pienentyessä, tarvittiin enemmän ostorehujä. Käytettyjen oletusten puitteissa fosforikuormitus kokonaisuudessaan ei juuri muuttunut. Pinta-alakohtainen, paikallinen fosforikuormitus kasvoi jonkin verran lannanlevitysalan pienentyessä. Maan fosforivarat ovat kuitenkin kohtalaisen suuret verrattuna vuosittain jäävään fosforylijäämään. Liiallinen ja pitkäaikainen fosforilannoitus johtaa maan saturoitumiseen, jolloin fosforikuormitus ei enää ole lineaarinen, kuten tässä on oletettu, vaan se kasvaa huomattavasti jyrkemmin. Tässä tutkimuksessa käytettiin alkuarvona haastateltujen tilojen keskimääräistä maan helppoliukaisen fosforin arvoa (viljavuusluokka tyydyttävä), jolloin 10 vuoden tarkastelussa määrä ei noussut saturaatiotasolle.

### 3.4. Johtopäätökset

Tarkastelluissa ympäristövaikutusluokissa suurin kuormitus aiheutui alkutuotannosta, eläimistä aiheutuvista päästöistä, peltoviljelystä ja maitohuoneen jätevesistä. Tämän vuoksi juuston tuotantoketjua tarkasteltiin lähemmin alkutuotannon näkökulmasta pohtien mitkä tekijät, ns. intensiteettimuuttujat, vaikuttivat eniten ympäristövaikutusten syntyyn ja miten viljelijät voisivat asiaan vaikuttaa. Eläinten ruuansulatuksessa vapautuvan metaanin määrään ei käytännössä voida vaikuttaa esimerkiksi ruokinnan muutoksilla, vaan tuotosta kohden metaanipäästöt ovat lähes vakioita. Maitotiloilla suoritetun tiedonkeruun perusteella tilojen viljakasvien satotasot olivat keskimääräistä alhaisempia. Tämä johtui mahdollisesti siitä, että tiloilla oli keskitytty eläinten ruokintaan ja eläinainekseen tehtäviin panostuksiin. Tehokas toimenpide ympäristövaikutusten vähentämiseksi olisi peltoviljelyyn panostaminen esimerkiksi maan kasvukunnon ylläpidolla, peltojen kalkituksella ja salaojituksen parantamisella. Satotasojen nousun kautta suurempi määrä lannoituksessa pellolle siirtyvistä ravinteista siirtyisi kasveihin ja ravinneylijäämät ja potentiaaliset huuhtoumat vesistöihin pienensivät. Myös lehmien tuotantoian, lypsykausien määrän kasvattaminen vähentäisi

käytettyjen oletusten puitteissa rehevöittävää ravinnekuormitusta kasvatuksen tuotantokustannusten jakautuessa pidemmälle aikavälille. Tuotantoalan vaikutuksen tarkastelu osoitti, että ravinteiden kierron ja riittävän ravinteiden levitysalan varmistaminen vaatii maidontuotantoalueella käytännössä riittävää viljan- tuotantoalaa, jolle lanta voidaan levittää. Tuotenäkökulmaa selvemmin tämä tuli esiin tarkasteltaessa pientä tuotantopinta-alaa eläintä kohden paikallisesti, minkä tuloksena hehtaariohtaiset rehevöittävät kuormitukset kasvoivat, varsinkin typen osalta.



## 4. Case Elovena kaurahiutaleet ja kaurapuuro

Tutkimuksessa selvitettiin *Elovena kaurahiutaleiden* tuotannon koko elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset sisältäen kaikki tuotantovaiheet maatalapannosten tuotannosta kaurahiutaleiden jakeluun kauppoihin asti. Lisäksi arvioitiin vaihtoehtoisten puuronvalmistustapojen energiankulutusta ja siitä aiheutuvia ympäristökuormituksia kotitaloudessa.

Toiminnallinen yksikkö oli 10 000 kulutettua *Elovena kaurahiutalekiloa*, jotka valmistettiin ja pakattiin kilon pakkauksiin RavintoRaision Nokian tuotantolaitoksella. Kaura tuotettiin pääasiassa Pirkanmaalla, ja osin myös Hämeen ja Satakunnan alueella.

### 4.1. Rajaukset ja tietolähteet

Panostuotannossa sekä lannoitteiden että kalkin valmistustiedot sisälsivät tiedot louhoksilta valmiiksi tuotteiksi saakka. Tiedot saatiin valmistajilta. Kauran viljely sisälsi pelloilla tapahtuvat prosessit (kyntö, äestys, kylvö, kasvinsuojeluaineiden levitys, korjuu ym.) ja vastaavasti viljelymaalta aiheutuvat kuormitukset sekä viljan kuivauksen. Viljelyn panoksia ja tuotoksia tarkasteltiin 19 tilan haastatteluotantaan perustuvalla tiedonkeruulla yhden viljelykauden ajalta, josta määritettiin syntyneet ympäristökuormitukset, kuten typpi- ja fosforihuuhtoumat,  $\text{NH}_3$ - ja  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt. Fosforihuuhtoumat mallinnettiin ja typpihuuhtoumat laskettiin lohkotietojen taseen ylijäämästä. Kaurakuljetukset tiloilta tuotantoon selvitettiin RavintoRaision edustajien kanssa.

Kauran jalostus kaurahiutaleiksi selvitettiin todellisen tuotantoprosessin mukaisesti: raaka-kauran puhdistus, kauran kuorinta, lämpökäsittely, jyvien leikkaus, hiutalointi ja valmiiden kaurahiutaleiden pakkaaminen kuluttaja-, ryhmä- ja kuljetuspakkauksiin.

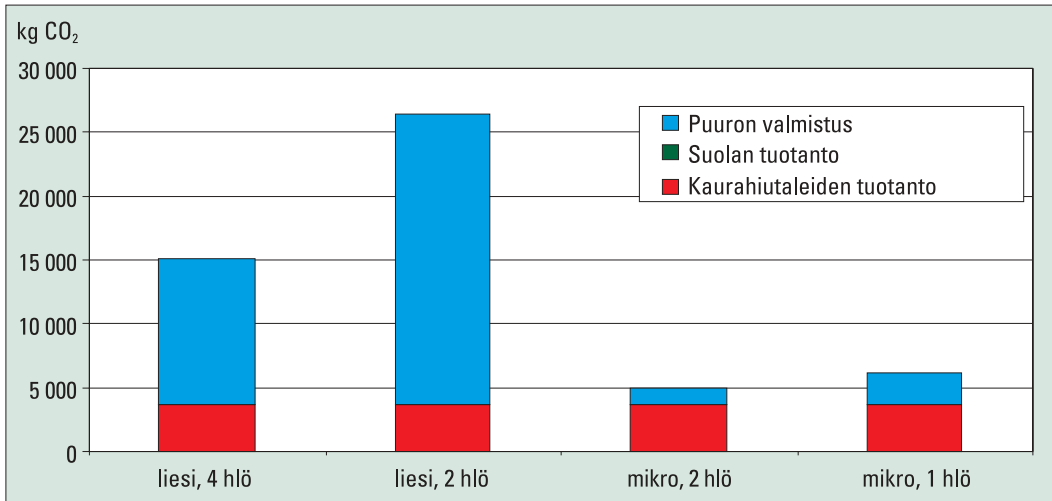
Kuluttaja- ja ryhmäpakkauksien sekä ketjun muiden pakkausten valmistus sisältyi tutkimukseen. Tiedot saatiin valmistajilta ja eurooppalaisten keskusjärjestöjen ekoprofiileista. Tuotteiden varastointi ja jakelu aluemyyntipisteisiin, ja niistä edelleen valtakunnallinen jakelu kauppoihin selvitettiin. Puuron valmistus kaurahiutaleista kotitaloudessa arvioitiin erikseen. Vaihtoehtoisina valmistustapoina selvitettiin valmistus mikroaaltouunissa ja perinteisesti keittolevyllä.

Hankkeessa kerätyt tiedot edustivat pääosin tuotantoketjun toimintaa vuosina 2000-2001. Viljelyn ympäristökuormitustiedot määritettiin parinkymmenen tilan lomakekyselyin yhden viljelykauden ajalta ja kirjallisuuteen perustuen, joten tulokset eivät täysin kuvanneet Elovena kaurahiutaleisiin keskimäärin toimitettua kauraa. Tiedot olivat muutoin todellisen toimintoverkon toimintaan perustuvia ja ne kuvasivat ja dokumentoivat kyseisen tuotantoketjun ympäristölaadun, mutta eivät edustaneet keskimääräistä kauran viljelyä ja jalostusta Suomessa.

## 4.2. Tulokset

Kaurahiutaleiden tuotantoketjussa, 10 000 kiloa hiutaleita kohden tarkasteltuna, syntyi kokonaisuudessaan noin 3680 kiloa hiilidioksidipäästöjä ( $\text{CO}_2$ ), josta noin 45 prosenttia aiheutui maataloilla työkoneilla tapahtuvasta viljelystä ja viljan kuivauksesta.  $\text{CO}_2$ -päästöjä havainnollistamiseksi tulokset suhteutettiin henkilöautolla ajoon. Yhden kaurahiutalekilon tuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt vastasivat noin kahden kilometrin autolla ajomatkan hiilidioksidipäästöjä. Tarkastellut 10 000 kaurahiutalekiloa vastaavat valmistusohjeen mukaisina yhden hengen annoksina laskettuna noin 253 000 kaurapuuroannosta. Siten kaurahiutaleiden tuotannon  $\text{CO}_2$ -päästöt vastaisivat noin 17 000 kilometrin henkilöautolla ajomatkan  $\text{CO}_2$ -päästöjä. Vastaavasti esimerkiksi kahden hengen aamupuuron hiutaleiden tuottaminen vastaisi periaatteessa henkilöautolla tehtävää 140 metrin ajomatkaa, mikäli jo auton käynnistys ei aiheuttaisi suhteessa suurempia päästöjä. Henkilöauton polttoainekulutus ei ole missään tapauksessa kuitenkaan riittävä mittari maataloustuotteiden ympäristövaikutuksille, koska se ei ota huomioon mitenkään esimerkiksi vesistökuormitusta (ks. luku 7.3.) Myös kauraketjun typenoksidipäästöistä ( $\text{NO}_x$ ) suurin osa tuli viljelystä, pääosin työkoneiden käytöstä. Rehevöittävä typpi- ja fosforikuormitus aiheutui käytännössä kokonaan viljelystä.

RavintoRaision tuotantolaitos Nokiella, jossa kaurahiutaleet valmistettiin, käyttää nykyisin bio- ja maakaasulla tuotettavaa höyryä kauran jalostusprosessissaan. Höyryn käyttö on tutkimuksen mukaan kilowattitunneissa mitattuna suurin energian kulutuskohde tuotannossa. Kauran jalostuksen päästöt, erityisesti rikkidioksidi- ja hiilidioksidipäästöt putosivat kymmeniä prosentteja siirryttäessä käyttämään uutta polttoainetta raskaan polttoöljyn sijaan höyryn tuotannossa. Osittain tämän johdosta kaurahiutaleiden valmistuksen osuus tuotantoketjun ilmapäästöistä oli suhteellisen pieni. Suoria vesistöjä tuotannosta ei tule olla, koska prosessissa ei käytetä vettä, ei edes pesuissa.



*Kuva 6. Kaurahiutaleiden ja suolan tuotantoketjun sekä puuron valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöt 10 000 kulutettua kilon pakkausta kohden. Puuron valmistus eri annoskokojen ja valmistustapojen mukaan jaoteltuna.*

Kuvassa 6 on esitetty puuron valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt suhteutettuna kaurahiutaleiden tuotantoketjun hiilidioksidipäästöihin, jotka olivat noin 3700 kg. Puuron valmistustavalla oli erittäin suuri merkitys CO<sub>2</sub>-päästöihin. Valmistettaessa puuro sähköliedellä neljälle henkilölle puuron valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöt olivat yli kolminkertaiset suhteessa kaurahiutaleiden tuotantoketjuun. Valmistettaessa puuro liedellä vain kahdelle henkilölle puuron valmistuksen päästöt kaksinkertaistuivat tuoteyksikköä kohden. Puuron valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöjen suuruusluokan havainnollistamiseksi todettakoon, että neljän hengen puuroannoksen kaurahiutaleiden tuottaminen ja puuron valmistus yhdellä valmistuskerralla liedellä vastaisivat hiilidioksidipäästöiltään noin 1,1 kilometrin henkilöautolla ajon CO<sub>2</sub>-päästöjä.

Mikroaaltouunin sähkönkulutus puuron valmistuksessa oli huomattavasti pienempi kuin sähköliedellä valmistettaessa. Sähköliedellä valmistus kulutti yli 18 kertaa enemmän sähköä kuin mikroaaltouunissa valmistettaessa puuro samalle annosmäärälle. Valmistettaessa puuro mikroaaltouunissa, annoskoolla ei ollut niin suurta merkitystä kuin liedellä valmistettaessa.

Viljelyn osuus kaurahiutaleiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamasta ilmastun lämpenemispotentialista oli yli 50 prosenttia, joista suurin osa aiheutui viljelymaan lannoitetypeistä aiheutuvista suorista ja epäsuorista typpioksiduulipäästöistä, joihin on vaikea vaikuttaa. Lisäksi viljelyn kasvihuonekaa-

suihin vaikuttivat aiemmin mainitut viljelystä ja viljan kuivauksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt. Lannoitteiden tuotantoketjun osuus ilmaston lämpenemisestä oli noin 23 prosenttia.

Kasvihuonekaasupäästöjen suuruusluokan havainnollistamiseksi ne suhteutettiin henkilöautolla ajoon. Tässä esimerkinomaisessa vertailussa neljän hengen puuroannoksen kaurahiutaleiden tuottaminen ja puuron valmistus yhdellä valmistuskerralla liedellä vastaisivat kasvihuonekaasupäästöiltään noin 1,5 kilometrin henkilöautolla ajon CO<sub>2</sub>-päästöjä.

Happamoitumispotentialista noin 40 prosenttia aiheutui viljelyn eri vaiheista, pääosin lannoitteista haihtuvasta ammoniakista ja työkoneiden käytön rikki-dioksidi- ja typenoksidipäästöistä. Viljelystä aiheutuvia päästöjä ei ole kovin helppoa olennaisesti vähentää, koska viljely vaatii määrättyt työvaiheet satotavasta riippumatta. Viljelymaalta huuhtoutuvat typpi- ja fosforiravinteet dominoivat kaurahiutaleiden tuotannon rehevöittävä vaikutusta.

## 5. Case Kesäpöytä Juustokermaperunat

Tutkimuksessa selvitettiin APETIT/Kesäpöytä *Juustokermaperunoiden* tuotannon koko elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset sisältäen kaikki vaiheet maatilapanosten tuotannosta tuotteiden jakeluun kaappoihin pakastealtaisiin asti. Lisäksi arvioitiin ruoan valmistuksen energiankulutusta ja siitä aiheutuvia ympäristökuormituksia kotitaloudessa.

Toiminnallinen yksikkö oli 10 000 kulutettua 750 gramman *Kesäpöytä Juustokermaperunat* -gratiinipakkausta, jotka valmistettiin Lännen Tehtaiden Säkylän tuotantolaitoksella. Tuotteisiin käytetty peruna tuli lähialueen sopimusviljelijöiltä

### 5.1. Rajaukset ja tietolähteet

Panostuotannossa sekä lannoitteiden että kalkin valmistustiedot sisälsivät tiedot louhoksilta valmiiksi tuotteiksi saakka. Tiedot saatiin valmistajilta. Perunan viljely sisälsi pelloilla tehtävät prosessit (kyntö, kylvö, kasvinsuojeluaineiden levitys, nosto ym.) sekä vastaavasti viljelymaalta aiheutuvat kuormitukset, kuten typpi- ja fosforihuuhtoumat,  $\text{NH}_3$ - ja  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt. Perunan viljelytiedot perustuivat Lännen Tehtaiden sopimusviljelijöiden viljelykirjanpitoon. Kastikkeen maitopohjaisten raaka-aineiden osalta hyödynnettiin juuston tapaustutkimuksen raakamaidon tuotantoketjua (Voutilainen et al. 2003b), jota täydennettiin jalostuksella maitojauheeksi ja kermaksi. Juuston osalta käytettiin *Emmental juuston* ympäristövaikutustietoja, minkä tyyppistä juustoa kastikkeen valmistuksessa käytetäänkin.

Ruokaperunan jalostus lopputuotteeksi selvitettiin todellisen prosessin mukaisesti: puhdistus, kuorinta, ryöppäys, pakastus, päällystys kastikkeella, kastikkeen valmistus ja tuotteiden pakkaaminen. Kuluttaja- ja ryhmäpakkauksien sekä ketjun muiden pakkausten valmistus sisältyi tutkimukseen. Tiedot saatiin valmistajilta ja tuottajien eurooppalaisten keskusjärjestöjen ekoprofiileista. Tuotteiden varastointi ja jakelu aluemyyntipisteisiin, ja niistä edelleen valtakunnallinen jakelu kaappoihin selvitettiin. Kaupasta selvitettiin lisäksi erikseen pakastealtaan keskimääräinen energiankulutus tuoteyksikköä kohden.

Hankkeessa kerätyt tiedot perustuvat lähtökohtaisesti tuotantoketjun toimintaan vuosina 2000-2001. Perunanviljelyn ympäristökuormitustiedot määritettiin kattavasti perustuen sopimustilojen lohkokirjanpitoon vuonna 2001.

## 5.2. Tulokset

*Juustokermaperunoiden* ympäristövaikutuksia tarkastellaan tässä ensin tuotantoketjun näkökulmasta, ilman kuluttajan ja kaupan osuutta. Tuotannon hiilidioksidipäästöistä suurin osa muodostui perunan ja muiden raaka-aineiden jalostuksesta lopputuotteeksi. Jalostusprosessissa aiheutui hiilidioksidipäästöjä eniten tuotteiden pakastustypen valmistuksesta. Kastikeraaka-aineiden (juusto, kerma ja maitojauhe) osuus oli toiseksi suurin hiilidioksidipäästöjen lähde. Sinne sisältyi koko tuotantoketju maatilalla tarvittavien panosten valmistuksesta, rehuviljelystä, maidontuotannosta, kuljetuksista ja jalostuksesta lopputuotteiksi asti. Yhden 750 gramman gratiinin tuotannosta syntyvät hiilidioksidipäästöt vastasivat noin 2,5 kilometrin henkilöautolla ajomatkan CO<sub>2</sub>-päästöjä. *Juustokermaperunoiden* tuotantoketjussa suurimmat typenoksidipäästöt aiheutuivat tuotteiden valtakunnallisesta jakelulogistiikasta, pääosin tuotteiden kuljetuksista. Happamoittavia päästöjä dominoivat kastikeraaka-aineiden tuotanto, lehmien lannasta haihtuva ammoniakki.

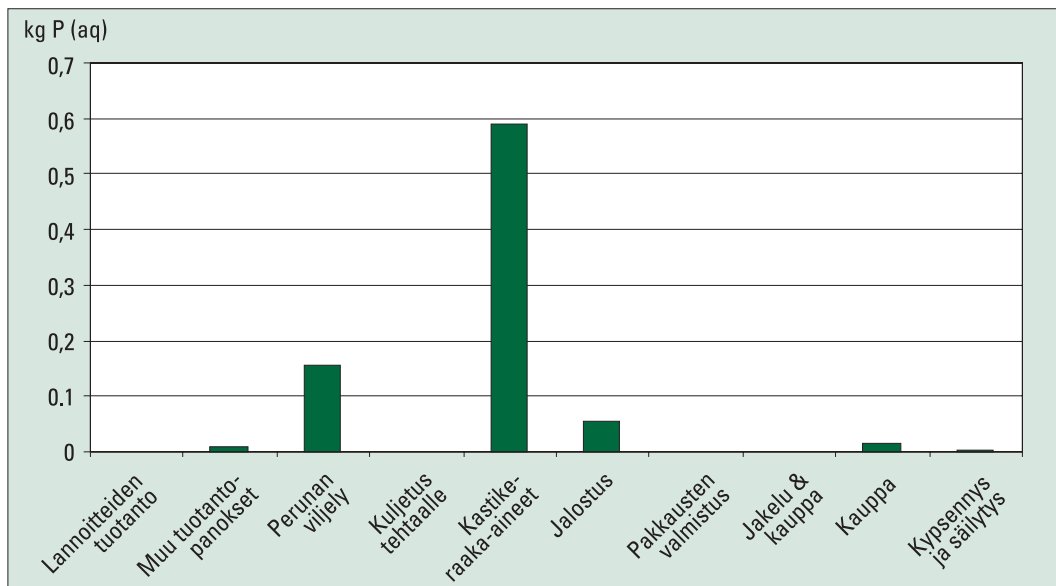
Ketjun suurimmat typpikuormitukset muodostuivat maitopohjaisten kastikeraaka-aineiden tuotannosta, eli pääosin maidontuotantoeläimille viljellyistä rehuista ja maito huoneiden jätevesistä, eivätkä esimerkiksi perunanviljelystä. Tämä selittyy osittain sillä, että rehujen hehtaarisadot ovat huomattavasti pienemmät kuin perunan, ja perunan viljelyssä käytettiin hehtaarilla vähemmän typpilannoitusta kuin viljanviljelyssä. Rehujen tuotantoon tarvittava viljelyala oli huomattavasti suurempi kuin perunantuotannossa yhtä tutkittua lopputuotetta kohden, vaikka suurin osa gratiinin raaka-aineesta oli perunaa. Perunan jalostuksen typpikuormitus oli lähes yhtä suuri kuin mitä perunan viljelystä aiheutui. Suurin rehevöittävä fosforikuormitus aiheutui kastikeraaka-aineiden tuotannosta kuten edellä, vaikka hehtaariohtainen fosforikuormitus perunan viljelylohkoilta oli viljan ja nurmen tuotantoa suurempi. Perunan viljelylohkojen fosforipitoisuudet olivat korkeita, ja siten nostivat fosforihuuhtoumia. Korkeat fosforipitoisuudet selittyvät osittain sillä, että fosfori on tärkeä ravinne perunalle, minkä vuoksi fosforilannoitusta oli käytetty reilusti.

Kastikeraaka-aineiden tuotannolla oli suurin osuus tuotteen aiheuttamaan ilmaston lämpenemiseen. Vaikuttavia tekijöitä maidon tuotannon osalta on jo käsitelty juuston tapaustutkimuksen yhteydessä. Kasvihuonekaasupäästöistä hiilidioksidia aiheutui lisäksi maidon jalostuksesta maitojauheeksi, kermaksi ja juustoksi. Tuotteiden jalostuksella oli myös suhteellisen suuri osuus (ks. kuva 8) ilmaston lämpenemiseen, suurimpana tekijänä jähdytystypen valmistus. Kastikeraaka-

aineiden typpioksiduulipäästöjen muodostumista maaperästä sekä eläinten metaanipäästöjä ei voida helposti vähentää.

Tuotteen aiheuttamaan rehevöitymiseen suurin vaikuttava tekijä oli kastikeraaka-aineiden tuotanto, aivan kuten huuhtoutumienkin osalta (kuvassa 7 esimerkkinä fosforihuuhtoumat). Maidontuotannon typpi- ja fosforihuuhtoumat vaihtelivat olosuhteiden mukaan, ja ovat riippuvaisia erityisesti ravinteiden käytön tehokkuudesta. Gratiinin tuottamiseen tarvittavan perunan viljelystä aiheutuva rehevöittävä fosforikuormitus oli noin 0,8 kg/ha (kokonaisfosforikuormitus 2,7 kg/ha) ja typpikuormitus noin 2,4 kg/ha. Vastaavasti maitopohjaisten raaka-aineiden tuotannossa maitotilan rehujen viljelyn rehevöittävä fosforikuormitus oli keskimäärin noin 0,5 kg/ha (kokonaisfosforikuormitus 1,7 kg/ha) ja typpikuormitus keskimäärin noin 15 kg/ha. Kastikeraaka-aineiden tuotantoon tarvittavan pinta-alan ollessa moninkertainen gratiiniin tarvittavan perunan viljelypinta-alan verrattuna, kastikeraaka-aineiden tuotannon osuus rehevöitymispotentialista nousi pääraaka-ainetta perunaa suuremmaksi

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon, että hehtaarikohtainen rehevöittävä fosforikuormitus perunapelloilta oli maidontuotannon rehuviljelyn kuormitusta suurempi. Vaikka tuotekohtaiset päästöt ovat pienemmät, on tärkeää ottaa huomioon myös alueellinen näkökulma.

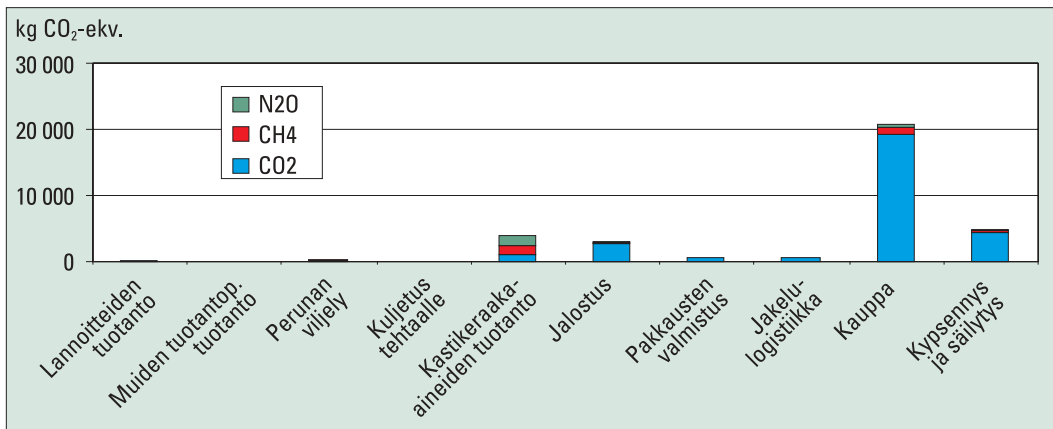


Kuva 7. Juustokermaperunoiden rehevöittävä fosforikuormitus tuotantoketjun eri vaiheissa 10 000 kulutettua tuotetta (a' 750 g) kohti.

Kuvassa 8 on tarkasteltu tapausta, jossa ruoka tuotetaan kahdelle henkilölle sähköuunissa. Kuluttajan osuus sisältää ruoan valmistuksen ja tuotteen säilytyksen pakastimessa yhden vuorokauden ajan. Kuluttajan osuus lisää koko ketjun hiilidioksidipäästöt kaksinkertaisiksi. Ilmaston lämpenemisen kannalta ruoanvalmistus osoittautui tässä tapauksessa suhteellisen suureksi tekijäksi. Annoskoon kasvaessa energian kulutus ei kasva oleellisesti, koska huomattava osa energias- ta kuluu uunin ja sen rakenteiden lämmitykseen, jolloin valmistettaessa yhdellä kertaa tai samalla uunin lämmittämällä suurempi annos ruokaa, valmistuksen päästöt tuoteyksikköä kohden pienenevät olennaisesti.

Tuotteiden, joiden valmistaminen on mahdollista mikroaaltouunilla, energian tarve on usein suhteellisen pieni verrattuna perinteisen sähköuunin tarvitsemaan energiaan. Ympäristörasituksen vähentämisen kannalta olisi hyödyllistä, että kuluttajat ottaisivat huomioon ympäristöä vähemmän rasittavat ruoan tuotantotavat kuten ruoan valmistamisen suurina annoksina.

Yhden 750 gramman gratiinin tuotannosta ja kotona ruoan valmistuksesta, ilman kaupan jäähdyttämistä, syntyvät kasvihuonekaasupäästöt vastaisivat noin kuuden kilometrin henkilöautolla ajomatkan hiilidioksidipäästöjä. Tämän kaltaisia vertailuja tulisi käyttää lähinnä kasvihuonekaasupäästöjen suuruusluokan hahmottamiseksi, kuten luvussa 7.3 on esitetty.



Kuva 8. Juustokermaperunoiden tuotantoketjun, jakelun ja kaupan sekä kotitaloudessa tapahtuvan säilytyksen ja kypsennyksen ilmaston lämpenemispotentiali 10 000 kulutettua tuotetta (a' 750 g) kohti. Kuvassa eritelty hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöjen yhteisvaikutus ilmastonmuutokseen 100 vuoden aikajänteellä tarkasteltuna. Laskentaperiaatteet on esitetty Voutilaisen et al. (2003a) julkaisussa.



Kuvaan 8 on sisällytetty myös kaupan pakastinaltaan energiankulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Nykyaikaisen pakastinaltaan energiankulutus laskettiin teoreettisesti kylmälaitetoimittajan kanssa, ja energia suhteutettiin *Juustokermaperunoiden* todelliseen menekkiin ja läpivirtaukseen hyllymetriä kohden. Tuloksen mukaan kyseisen tuotteen kaupan pakastinaltaassa säilyttäminen olisi tuotteen ja ruoan valmistusketjussa kaikkein suurin ilmaston lämpenemistä aiheuttava tekijä. Lasketut energiankulutustiedot olivat yhdensuuntaisia muutamissa kaupoissa aiemmin mitattujen kylmälaitteiden kulutustietojen kanssa. Tuoteyksikölle kohdennettu energiankulutus oli selvästi suurempi, kuin mitä vastaavan tyyppisissä tutkimuksissa on aiemmin esitetty, joskin kaupan prosessin sisällyttäminen elinkaaritutkimuksiin on aiemmin kansainvälisestikin ottaen ollut heikkoa. Kylmälaitteet ovat kehittyneet vähemmän sähköä kuluttaviksi, mm. kalusteita, säätöjärjestelmiä ja kylmäkoneistoja kehittämällä sekä lisäämällä tietotaitoa laitteiden asennuksessa, käyttöönnotossa, säädössä ja huollossa, vaikka lämpötilavaatimukset ovat samanaikaisesti kiristyneet ja kalusteiden kaupalliset vaatimukset (tuotteiden näyttävä esilläolo kuluttajalle) lisääntyneet. Saatu tulos viittaisi siihen, että tutkimuksissa ei olisi aiemmin riittävän hyvin huomioitu kylmälaitteiden energiankulutusta tuotekohtaisten todellisten läpivirtaus- tai mitoitus-tietojen perusteella, ja että tuotekohtaisen energiankulutuksen kannalta tuotteiden vaihtuvuus tai läpivirtaus kalusteissa olisi kalusteiden kehittymisen myötä tullut suhteellisesti ottaen aiempaa merkittävämmäksi tekijäksi ympäristövaikutusten kannalta. Tutkittu tuote ei edustanut keskimääräistä pakastetta, vaan oli suhteellisen hitaasti kiertävä tuote.

Yhden 750 gramman gratiinin tuottamisen, kaupan pakastinaltaassa säilytyksen ja kotona uunissa valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt vastaisivat noin 16 kilometrin henkilöautolla ajomatkan hiilidioksidipäästäjä

# 6. Case Pirkka Perunajauho

Tutkimuksessa selvitettiin *Pirkka Perunajauhon* tuotannon koko elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset sisältäen kaikki vaiheet maatilapanosten tuotannosta tuotteiden jakeluun kauppoihin asti.

Toiminnallinen yksikkö oli 10 000 kuluttajan ostamaa 600 gramman *Pirkka perunajauhopakkausta*, jotka valmistettiin Finnamylin Kokemäen tuotantolaitoksella

## 6.1. Rajaukset ja tietolähteet

Panostuotannossa sekä lannoitteiden että kalkin valmistustiedot sisälsivät tiedot louhoksilta valmiiksi tuotteiksi saakka. Tiedot saatiin valmistajilta. Perunan viljely sisälsi pelloilla tehtävät prosessit (kyntö, kylvö, kasvinsuojeluaineiden levitys, nosto ym.) sekä vastaavasti viljelymaalta aiheutuvat kuormitukset, kuten typpi- ja fosforihuuhtoumat,  $\text{NH}_3$ - ja  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt. Tärkkelysperunan viljelytiedot perustuivat katetuottolaskelmiin.

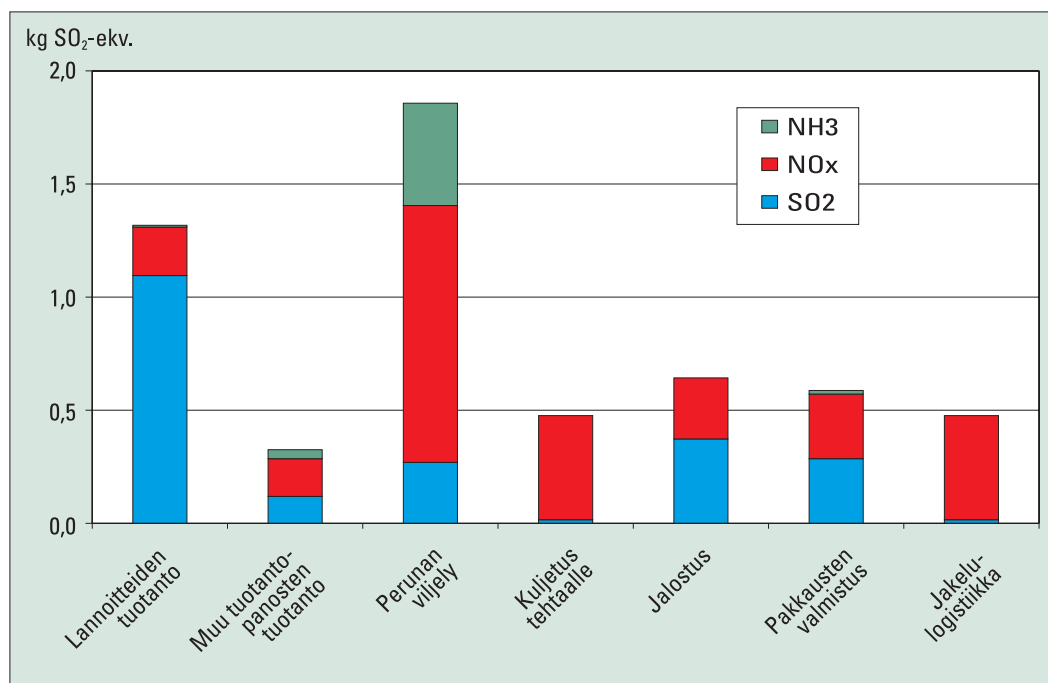
Perunan jalostus perunajauhoksi selvitettiin todellisen prosessin mukaisesti: puhdistus, murskaus, tärkkelyksen erotus, pesu, kuivaus ja pakkaaminen. Kuormitukset kohdennettiin kokonaisuudessaan perunajauholle, eikä esimerkiksi sivutuotteena suuria määriä syntyvälle solunesteelle kohdennettu tuotannon kuormituksia. Kuluttaja- ja ryhmäpakkauksien sekä ketjun muiden pakkausten valmistus sisältyi tutkimukseen. Tiedot saatiin valmistajilta ja tuottajien eurooppalaisten keskusjärjestöjen ekoprofiileista. Tuotteiden varastointi ja jakelu aluemyyntipisteisiin, ja niistä edelleen valtakunnallinen jakelu kauppoihin selvitettiin.

Tärkkelysperunan viljelyn osalta käytettiin Finnamylin määrittämiä katetuottolaskelmia, joten laskelman taustalla olevia viljelyn lähtötietoja ei ollut dokumentoitu todellisen tärkkelysperunan tuotannon perusteella. Perunan jalostukselle käytettiin tuotantolaitoksen toiminnan mukaisia tietoja.

## 6.2. Tulokset

Perunajauhon tuotantoketjun hiilidioksidipäästöistä 33 prosenttia aiheutui perunan jalostuksesta lopputuotteeksi, mm. tuotteen kuiva-ainepitoisuuden nostamisesta. Suurin osa perunan solunesteestä saadaan poistettua puristamalla. Loppuosa kosteudesta poistettiin haihduttamalla riittävän korkeassa lämpötilassa. Pe-

runan viljelystä, työkoneiden käytöstä ja kalkituksesta aiheutui noin 27 prosenttia tuotantoketjun hiilidioksidipäästöistä. Ketjun aiheuttamaan ilmaston lämpenemispotentiaaliin suurin osuus oli perunan viljelyllä, noin 35 prosenttia. Perunan jalostusprosessin osuus ilmaston lämpenemisestä oli noin 25 prosenttia. Viljelyn kasvihuonekaasupäästöt muodostuivat viljelyn hiilidioksidipäästöistä ja lannoittamisen typpioksiduulipäästöistä. Järjestelmän hiilidioksidipäästöjen suuruusluokan hahmottamiseksi todettakoon, että perunajauhokilon tuotantoketjun CO<sub>2</sub>-päästöt vastasivat noin kahden kilometrin henkilöautolla ajon CO<sub>2</sub>-päästöjä, ja vastaavasti tuotannon kasvihuonekaasupäästöt yhteensä noin kolmen kilometrin ajomatkaa. Typenoksidipäästöistä (NO<sub>x</sub>) suurin osa tuli viljelystä, pääosin työkoneiden käytöstä. Rikkidioksidipäästöt (SO<sub>2</sub>) aiheutuivat pääosin lannoitteiden ja niiden raaka-aineiden tuotannosta.



*Kuva 9. Pirkka perunajauhon happamoitumispotentiaali tuotantoketjun eri vaiheissa 10 000 kulutettua pakkausta (a' 600 g) kohti rikkidioksidiekvivalentteina (SO<sub>2</sub>-ekv) ilmaistuna.*

Ketjun suurimmat typpi- ja fosforikuormitukset ja rehevöitymispotentiaali muodostuivat perunan viljelyn ravinnehuuhtoumista. Tässä yhteydessä on huomattava, ettei jalostuksen sivuvirtana syntyvän solunesteen ja sen peltovetyksen ravinnehuuhtoumia tutkimuksessa kohdennettu perunajauholle, vaan solunesteen käytölle lannoitteena. Soluneste luokiteltiin siis sellaiseksi sivutuotteeksi, että sen

käytöstä lannoitteena aiheutuvat ympäristökuormitukset kohdentuvat sille itselleen, mutta ettei sille myöskään kohdennettu perunajauhon valmistuksen tai viljelyn ympäristökuormituksia.

Perunajauhotuotannon suurimmat happamoitumiseen vaikuttavat tekijät olivat perunan viljely sekä lannoitteiden ja niiden raaka-aineiden tuotanto (kuva 9). Viljelyn osalta suurin vaikutus oli työkoneiden typenoksidipäästöillä ja lannoitteiden tuotantoketjusta rikkidioksidipäästöillä.

Perunajauholla on korkea kuiva-ainepitoisuus, joten lopputuotteen tuottamiseksi tarvitaan paljon perunaraaka-ainetta ja tuotantopinta-alaa. Tästä johtuen tuotteen ympäristöprofiilissa korostuu alkutuotannon osuus kaikissa vaikutusluokissa, ja lisäksi ilmaston lämpenemisen suhteen jalostuksen osuus, eli tärkkelysmassan kuivattamiseen käytetyn propaanin polttaminen.

## 7. Johtopäätökset

Tutkimuksen keskeiset teemat olivat elintarvikkeiden ympäristövaikutusten määrä, laatu ja syntykohdat, tuotteiden ympäristölaadun parannustoimenpidevaihtoehtojen etsintä ja arviointi, elintarvikkeiden ympäristövaikutusten mittaaminen, elinkaariarvioinnin sovellettavuuden parantaminen erityisesti elintarvikkeiden osalta sekä tuotteiden vertailtavuus.

Elintarvikkeiden ympäristövaikutusten tuntemus ja hallinta ovat keskeisiä kestävä kehityksen haasteita. Elinkaariarviointi on menetelmä, jota käyttäen näihin haasteisiin vastaaminen helpottuu. Se kattaa koko arvoketjun ja mahdollistaa ympäristölaadun parantamiseen käytettävissä olevien resurssien kohdentamisen arvoketjun potentiaalisimpiin kohteisiin. Se antaa tehokkaasti organisoituna ja opittuna myös valmiudet tuottaa yhteistyönä kuluttajille luotettavaa ympäristövaikutustietoa, jonka perusteella nämä voivat tuotevalinnoiltaan vaikuttaa kestävämmän elintarvikekulutuksen syntymiseen. Luotettava ympäristötieto palvelee myös julkista keskustelua maatalouden ympäristöpoliittisesta roolista.

Kuluttajien näkökulmasta jonkinlaisen arvoasteikon tai mittarin asettaminen eri ympäristövaikutusluokille vaikuttaa kiinnostavalta ajatukselta. Mittarien laatimisen tiellä on ainakin toistaiseksi suuria menetelmällisiä esteitä, mutta ehdotelmia niistä on tehty sekä meillä että muualla muun muassa energiankäyttöön.

Elinkaariarvioinnin soveltavuus osaksi normaalia liiketoimintaa on ollut toistaiseksi melko huono. Siksi tässä tutkimuksessa kehitettiin uusia toimintamuuotoja, joiden avulla menetelmän soveltaminen käyttökelpoisena työkaluna edellyttää ketjun toimijoiden aktiivista sitoutumista tehtävään työhön.

Mahdollisuus vertailla eri elintarvikkeiden ympäristökuormituksia voisi helpottaa kuluttajien valintapäätöksiä. Elinkaariarviointitekniikan kehittymisen myötä on elinkaaritutkimusten ja niiden tulosten luotettavuus lisääntynyt niin, että ainakin samantapaisten tuotteiden kohdalla vertailuja voitaisiin ajatella mahdolliseksi. Vertailuihin tulee kuitenkin edelleenkin suhtautua varauksella, varsinkin eri tutkimusten välillä ja käyttöominaisuuksiltaan erilaisten tuotteiden välillä.

## 7.1. Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset

Laajassa hankkeessa selvitettiin yksityiskohtaisesti neljän tuotantoketjun, kolmen erityyppisen pääraaka-aineen ympäristökuormitukset ja -vaikutukset. Vaikutukset laskettiin luotettavimpina pidettyjen ympäristövaikutusluokkien suhteen eli ilmaston lämpenemis-, rehevöitymis- ja happamoitumispotentiaaleina. Tulosten yhteenvedot on esitetty tapaustutkimuskohtaisissa luvuissa. Tutkimuksen ja Suomessa aiemmin toteutettujen tutkimusten pohjalta (esim. Grönroos ja Seppälä 2000) elintarvikkeiden typpi- ja fosforihuuhtoumat ja rehevöityminen aiheutuvat valtaosin alkutuotannosta, erityisesti peltoviljelystä. Sitä vastoin energiantuotantoon liittyvien päästöjen, kuten hiilidioksidin ja typenoksidien, pääasialliset lähteet riippuivat useista systeemin tekijöistä, kuten käytetyistä energiatuotantomuodoista ja polttoaineista, tuotteiden jalostusasteesta, ketjun eri vaiheiden prosessoinnin tehokkuudesta sekä tuotteen jäähdytys- ja kylmävarastointitarpeesta ja tehokkuudesta, erityisesti kaupassa ja kotitaloudessa sekä ruoanlaittavasta kotitaloudessa.

Ruoanlaiton, valmistustavan ollessa uuni tai keittolevy, hiilidioksidipäästöt olivat tutkituissa tapauksissa suhteellisen suuret verrattuna raaka-aineiden tuotannon aiheuttamaan ilmaston lämpenemiseen. Tulosten mukaan mikroaaltouunin käyttö ainakin puuron valmistuksessa olisi ympäristöä selvästi vähemmän rasittava valmistustapa. Myös esimerkiksi kaupan pakastealtaan energiankulutuksen huomattiin vaikuttavan huomattavan paljon tutkitun, hitaasti kiertävän tuotteen aiheuttamaan ilmaston lämpenemiseen. Jo mainitut esimerkit osoittavat hyvin, että keskeisiä kuormittavia tekijöitä saattaa löytyä ketjun eri osista, ehkä hie-man yllättäenkin. Tämä vain osoittaa sen tosiseikan, että tarkastelemalla vain jotain osaa tai valittuja osia tuotannosta tai tuotantoketjusta, saatetaan kokonaisuuden kannalta saada harhaan johtava kuva ympäristövaikutuksista.

Sekä pakkausten (käsittäen mm. kuluttaja-, ryhmä- ja kuljetuspakkaukset) valmistuksen että tuotteiden valtakunnallisen jakelulogistiikan osuus elintarvikkeiden tuotantoketjujen ilmaston lämpenemispotentiaalista vaihteli tuotteittain noin prosentista kahdeksaan prosenttiin. Sisällytettäessä järjestelmään kaupan mahdollinen kylmäsäilytys ja kuluttajan osuus ketjussa, pakkausten ja jakelun suhteellinen osuus pieneni. Teollisten lannoitteiden valmistusketjujen osuus järjestelmien happamoittavista ja kasvihuonekaasupäästöistä vaihteli noin prosentista reiluun pariin kymmeneen prosenttiin. Happamoittavia päästöjä aiheutui eniten alkutuotannosta, mutta sen suhteellinen merkittävyys vaihteli paljon tutkittujen järjestelmien välillä.

Tulokset osoittivat myös sen, että tarkastelemalla vain tiettyjä päästöjä, kuten hiilidioksidia, saatetaan tuotejärjestelmän ilmaston lämpenemisestä saada kokonaisuuden kannalta riittämätön kuva, koska voimakkaita kasvihuonekaasuja, metaania ja typpioksiduulia, aiheutui useista elintarvikeketjun osista suhteellisen suurina määriä. Esimerkiksi metaanipäästöjä havaittiin syntyvän suhteellisen paljon muuhun ketjuun nähden lypsykarjasta, lannoituksesta ja kaatopaikoilta riippuen elintarvikkeen raaka-aineesta ja pakkausmateriaalista. Näin ollen esimerkiksi energiankäyttö ympäristövaikutusten mittarina ei kata läheskään kaikkia elintarvikkeiden olennaisia ympäristövaikutuksia. Asiaa on tarkasteltu lisää luvussa 7.3.

Keskeistä jatkuvan parantamisen kannalta ympäristövaikutusten arvioinnissa on se, miten ympäristövaikutuksia voidaan vähentää. Juuston tuotantoketjusta valittiin maitotiloilta muutamia toimenpidevaihtoehtoja ja tekijöitä parannustoimien arvioinnin kohteeksi. Toteutustapa oli elinkaariarviointiin liitetty merkittävä metodologinen uutuus, jota lyhyesti käsitellään luvussa 7.2. Itse sovellus on kuvattu raportin luvussa 3.3.

Usein on esitetty väitteitä siitä, että noin 80-90 prosenttia elintarviketuotannon ympäristövaikutuksista aiheutuu maataloudesta. Hankkeen tutkimustulosten perusteella eri tuotteiden ympäristövaikutukset ja niiden jakaumat vaihtelevat kuitenkin vaikutusluokittain merkittävästi tuotteiden välillä. Tutkimattomien tuoteryhmien osalta ei siis voida mielekkäästi ennustaa mikä ketjun osa aiheuttaa suurimmat ympäristövaikutukset ja ennen kaikkea, missä olisivat suurimmat parannusmahdollisuudet. Tutkituista tapauksista ainoastaan juuston tuotannon tulokset osoittivat, että selvästi suurin osa ympäristövaikutuksista syntyi jokaisessa tutkitussa vaikutusluokassa tosiaan alkutuotannosta. Tämä pitää erityisesti paikkansa juuston kaltaiselle tuotteelle silloin kun sitä ei kotona prosessoida tai kypsennetä, vaan käytetään sellaisenaan. Elinkeinoelämä näkee tehtäväkseen vähentää kaikkien tuotteiden ympäristövaikutusta ketjun kaikissa eri osissa. Haastetta lähestyttiin toimintoverkkoon integroitua arviointia soveltamalla. Parantamistoiminnan kannalta ei myöskään ole välttämättöntä lähteä arvottamaan yhteismitattomia vaikutuksia, vaan toimintafilosofiana on kaikkien vaikutusten pienentäminen ja oman ketjun toiminnan tiivistäminen yhteisvoimin, jolloin usein myös saavutetaan taloudellisia säästöjä.

## 7.2. Parannustoimenpidevaihtoehtojen etsintä ja arviointi

Juuston tuotannosta suurimmat ympäristövaikutukset aiheutuivat alkutuotannosta. Tämän vuoksi juuston tuotannon ympäristövaikutusten vähennysmahdollisuuksia arvioitiin alkutuotannon osalta erillisellä mallinnuksella. Luvussa 3.3.

on esitetty mallinnetut viljelijän toimenpidevaihtoehdot sekä mallinnuksen perusteet ja vaikutukset lyhyesti. Viljojen satotasot olivat keskimääräistä alhaisempia tutkituilla maitotiloilla, ja mahdollisesti johtuivat siitä, että eläinten ruokintaan ja eläinainekseen tehtävillä panostuksilla on nähty saatavan parempaa tuottoa. Tehokas toimenpide ympäristövaikutusten vähentämiseksi olisi peltoviljelyyn panostaminen esimerkiksi maan kasvukunnon ylläpidolla, peltojen kalkituksella ja salaojituksen parantamisella. Satotasojen nousun kautta suurempi määrä lannoituksessa pellolle siirtyvistä ravinteista siirtyisi kasveihin ja ravinneylijäämät sekä mahdolliset huuhtoumat vesistöihin pienenisivät. Myös lehmien tuotantoiän, lypsykausien määrän kasvattaminen vähentäisi tutkimuksessa käytettyjen oletusten puitteissa ravinnekuormitusta kasvatuksen tuotantokustannusten ja kautuessa pidemmälle aikavälille.

Parannustoimenpidearvioiden mallintaminen järjestelmätasolla sekä periaatteiden kehittäminen ja liittäminen staattiseen elinkaariarviointitekniikkaan todettiin erittäin hyödylliseksi järjestelmien kehittämisen kannalta, mutta samalla haastavaksi metodologiseksi uutuudeksi, jota jatkossa tulee edelleen kehittää. Nykytilanteen ympäristövaikutusten arvioinnin ja samalla toimenpidevaihtoehtojen lähtökohtatason tulisi ensisijaisesti perustua todelliseen kentältä havainnointuun tilanteeseen (kuten ruokinnan ja tuotoksen suhde). Sitä vastoin yksittäisen tekijän (esim. ruokinnan raakavalkuaispitoisuus) tuotosvastetta ei voida määrittää luotettavasti tila-aineistoista, koska tuotokseen vaikuttavat monet ruokintaan liittyvät ja muut tekijät, kuten lypsykarjan geneettinen tuotantokyky. Luotettavan vasteen määrittämiseksi tarvitaan erillisiä kontrolloiduissa olosuhteissa tehtyjä tutkimuksia, joissa muutetaan yhtä tekijää ja pidetään muut vakioina. Tällaisia tuloksia esimerkiksi erityyppisten ruokintastrategioiden tuotos- ja lantavasteista tarvitaan lisää erilaisten ruokintastrategioiden ympäristövaikutusten arvioimiseksi eri eläintuotantosuunnissa tätä tarkoituspäätä varten. Siirryttäessä nykytilan todelliseen tietoon pohjautuvasta arvioinnista ja kuvaamisesta skenaariomallinnukseen joudutaan tekemään yksinkertaistavia oletuksia. Mallinnuksen tuloksia ei tulisi tulkita liian yksioikoisesti. Ne antavat kuitenkin erinomaisia eväitä järjestelmien kehittämissuuntien linjaamiseksi.

### 7.3. Elintarvikkeiden ympäristövaikutusten mittaaminen

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen ympäristövaikutusluokkien lisäksi mainittakoon vielä sellaiset tuotteiden kestävyyskannalta kiinnostavat vaikutusluokat kuin ekotoksisuus, muutokset maan laadussa ja käytössä sekä monimuotoisuusvaikutukset, joiden mukaan ottaminen elinkaariarvioihin ei vielä ole mahdollista



yhteisesti hyväksytyjen menetelmien puuttumisen vuoksi. Näitä ympäristövaikutuksia käsittelevä tutkimus on vilkasta, joten niiden liittämistä tuotelähtöisiin ympäristökestävyysarvioihin omina vaikutusluokkina tulee lähteä kehittämään.

Eri ympäristövaikutusluokkia ei voida tieteellisesti yhteismitallistaa, mutta kuluttajien näkökulmasta jonkinlaisen arvoasteikon tai mittarin asettaminen saataisi olla tarpeen asian havainnollistamiseksi ja ymmärtämiseksi. Elintarvikkeiden tuotannolla on yhteys moniin erityyppisiin merkittäviin ja yhteismitattomiin ympäristövaikutusluokkiin. Kuluttajille pitäisi jättää mahdollisuus antaa näille omat painoarvot, kuten haluavatko välttää esimerkiksi globaalia ilmastonmuutosta, vesistöjen rehevöitymistä tai torjunta-aineiden käyttöä ja missä suhteessa kutakin. Yhteiskunnan näkökulmasta vaikutusluokkien painotus edellyttää myös aluetasoisien kestävyiden huomioon ottamista, jotteivät esimerkiksi globaalisti tai kansallisesti tuotetasolla tehdyt järjestelmäparannukset tai kulutusmuutokset johtaisi paikallisten tai alueellisten vaikutusten haitalliseen lisääntymiseen.

Ruotsissa on tutkittu paljon ruoan valmistuksen ja myös sen tuotantoketjujen ympäristövaikutuksia. Erityisesti Annika Carlsson-Kanyama (1999, 2001, 2003) on julkaissut tutkimuksia ruoan tuotannon ja valmistuksen ympäristövaikutuksista ja saanut paljon kansallista näkyvyyttä Ruotsissa. Näiden tutkimusten hyödynnettävyyttä voidaan kyseenalaistaa, koska niiden lähtötiedot eivät juuri perustu todelliseen tuotantoon, vaan ovat pääsääntöisesti kirjallisuudesta kerättyjä. Lisäksi tutkimuksissa on rajauduttu tarkastelemaan vain ilmaston lämpenemistä aiheuttavia kasvihuonekaasuja, ja niissäkin keskitytty usein energiankäyttöön mittarina. Suuri hyöty näistä tutkimuksista on kuitenkin ollut elintarvikkeiden tuotannon ja erityisesti ruoanvalmistuksen ympäristövaikutuksiin liittyvän keskustelun herättäjänä. Ruoanvalmistustietojen tutkimustuloksia voidaan josain laajuudessa hyödyntää myös Suomessa.

Eri tahojen ja tekijöiden tekemissä tutkimuksissa on päädytty esimerkiksi kustannusten vähentämiseksi käyttämään vain jotain tiettyä ympäristövaikutusmittaria, kuten materiaalin- tai energiankäyttöä, ilmastonmuutosta tai rehevöitymistä. Tällaiset tutkimuksen rajaukset kuuluvat sinänsä tieteellisen vapauden piiriin. Ne aiheuttavat kuitenkin vajaan tietämyksen riskin, joko niin, että olennaisia ympäristövaikutuksia jää tulematta esille tai käytetyt tunnusluvut, kuten kokonaisenergia- tai -massavirrat eivät kuvaa oikein ympäristövaikutusten suhteita. Esimerkiksi energiantuotannon ympäristövaikutukset vaihtelevat tuotantoteknologioista, energialähteistä ja niiden tuotanto-osuuksista riippuen huomatta-

vasti (uusiutuvat ja sekundääriset (kierrätys) polttoaineet, fossiiliset polttoaineet, potentiaalienergia, auringon lämpösäteily, ydinenergia, jne.)

Uusiutuviin tai sekundäärisiin energialähteisiin painottuva energia on ympäristövaikutuksiltaan aivan toisenlainen kuin fossiilisiin lähteisiin painottuva. Esimerkiksi Ruotsissa vesi- ja ydinvoiman osuus on huomattavan suuri. Siellä kulutettu ja sieltä hankittu sähköenergia on ympäristövaikutuksiltaan huomattavasti pienempi kuin Suomessa tuotettu. Toisaalta tuotantopaikkojen energiantuotanto vaihtelee tuotejärjestelmittäin. Jossakin yhteydessä voidaan käyttää esimerkiksi uusiutuvia tai kierrätyspolttoaineita, toisessa taas öljyä, kolmannessa maakaasua jne. Ympäristövaikutukset kulutettua energiayksikköä kohden ovat hyvin erilaiset.

Tässä tutkimuksessa käytettiin henkilöautoilun hiilidioksidipäästöjä vertailukohtana hahmottamaan tuotantoketjujen hiilidioksidipäästöjen ja ilmaston lämpenemispotentiaalin suuruusluokkaa. Ravinnehuhtoumille ei edes tällaista vastaavaa kuluttajalle läheistä mittaria ollut saatavilla. Maatalouden ravinnekuormituksen osuus suhteessa koko Suomen typpi- ja fosforikuormitukseen tunnetaan, mikä antaa mielikuvan niiden merkittävydestä. Autoilun hiilidioksidipäästöjen käyttämiseen mainittuna vertailukohtana tulee suhtautua varauksin, koska polttoaineen kulutus ja päästöt riippuvat hyvin paljon esimerkiksi ajotavasta. Laskennan pohjana käytettiin karkeaa oletusta, että auto kuluttaisi bensiiniä keskimäärin 8 litraa 100 kilometrillä. Lisäksi autoilusta ei aiheudu käytännössä kovinkaan suuria vesistökuormituksia, joita elintarviketuotannosta taas puolestaan aiheutuu. Siten käytettyä henkilöautovertausta tulee käyttää ainoastaan hahmottamaan elintarviketuotteiden hiilidioksidipäästöjen ja muiden kasvihuonekaasupäästöjen suuruusluokkaa, eikä varsinaisena vertailukohtana.

#### 7.4. Toimintoverkkoon integroidun arvioinnin hyödyt ja toteutuminen

Toimintoverkkoon integroidun elinkaariarvioinnin menetelmää on jo yleisesti tarkasteltu yleisesti kohdassa 2.2. Tuotteiden ympäristövaikutusten vähentäminen voidaan tehokkaimmin toteuttaa toimintoverkon yhteistyönä. Näin varmistetaan, että yksittäisten vaiheiden parannuksilla aikaansaatu tulos on kokonaisuuden kannalta optimaalinen. Tässä tutkimuksessa kehitettiin ja sovellettiin integroidun tuotepolitiikan hengen mukaista toimintoverkkointegroitua elinkaariarviointia kohteena olleiden tuotteiden ympäristövaikutustietojen tuottamiseen ja ekotehokkuuden parannusmahdollisuuksien kartoittamiseen.

Menetelmävalinnan tavoitteena oli työnjaon, sitoutumisen ja omatoimisuuden lisääntymisen kautta vähentää elinkaariarvioinnin kustannusrasituksia sekä lisätä sen tulosten käytettävyyttä parantamalla ympäristötietojen kohdentuvuutta tutkittaviin tuotteisiin ja lisäämällä tietojen saatavuutta ja luotettavuutta. Sillä pyrittiin lisäksi elinkeinoelämän kilpailukyvyn kehittämiseen ketjuyhteistyön avulla.

Toimintoverkkoon integroidun elinkaariarvioinnin kokeilu osoitti, että sillä voidaan helpottaa monia elinkaariarvioinnin käytännöllisiä ongelmia. Onnistuminen vaatii sopivan kattavaa vertikaalista (peräkkäisten vaiheiden toimijoita) ja sopivan laajaa horisontaalista (rinnakkaisia toimijoita) osanottoa hankkeeseen. Toisaalta tietojen saatavuuden ja laadun parantaminen edellyttävät mahdollisimman laajaa osanottoa. Yhteistyön käytännön sujuvuus pakottaa toisaalta taas rajoittamaan osanottoa. Tässä hankkeessa osanotto rajattiin tuotantoketjujen ydintoimijoihin eivätkä esimerkiksi energian, kemikaalien, pakkausmateriaalien ym. oheistuotteiden toimittajat olleet mukana tiedonhallintayhteistyössä, vaan ainoastaan olivat tiedon toimittajia.

Tärkeä havainto oli, että arviointiin tarvittavaa dataa ei useinkaan ollut heti saatavilla käyttökelpoisessa muodossa. Valmiuksia tietojen hankintaan ei osallistujien tahoilla liioin heti ollut. Ensikäden hyöty hankkeesta olikin ympäristötiedon hallinnan ja sen vaatiman yhteistyön kehittyminen tuotejärjestelmien toimijoiden keskuudessa. Kun organisaatiot olivat käyneet läpi useampia tietojen hankinta- ja varmennuskierroksia, toiminnassa alettiin lähestyä tasoa, jota edellytetään kustannustehokkaan ja laadullisesti kelvollisen elinkaaritutkimuksen tekemiseen. Tiedonhankinnasta vastaaville tahoille oli muodostunut riittävän selkeä käsitys siitä mihin tiedot tulevat, varmuus siitä, miten, mistä ja missä muodossa tiedot tulisi hankkia ja toimittaa, sekä motivaatio työskennellä yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Useat osallistuneet yritykset ovat hankkeen perusteella päättäneet lisätä prosessiensa mittarointia, jotta prosessien ja tuotteiden arviointiin ja kehittämiseen olisi jatkossa käytettävissä entistä luotettavampaa ja ajanmukaista tietoa.

Sitoutuminen hankkeeseen ja työnjako toimivat lopulta varsin hyvin. Hankkeeseen osallistuneet yritykset ja niiden edustajat sekä tutkijat ovat yhteistyössä tehneet laajan työn valittujen tuotantoketjujen ympäristövaikutusten selvittämiseksi. Kaikki hankkeeseen osallistuneet ovat oppineet uutta tuotelähtöisestä ympäristöhallinnasta, sen vaatimasta tiedon hallinnasta ja yhteistyöstä. Teollisuudelle tämä merkitsee kokonaisvaltaiseen ympäristöhallintaan pätevoitymistä tuote- ja prosessituntemuksen täydentymisen ohella. Hankittuun osaamiseen voi-

daan perustaa pitkäjänteisiä ja jatkuvia tuotteiden parantamistoimenpiteitä. Hanke on näin antanut konkreettista sisältöä yritysten yhteiskuntavastuun ja tuotteiden kestäväen kehityksen mukaisille toiminnoille kansallisen laatustrategian linjausten mukaisesti.

Toimintoverkkointegroitua elinkaariarviointia on edelleen kehitettävä. Yleisvaikutelmaksi tutkimuksesta jäi, että se on toimiva ratkaisu ympäristövaikutustiedon kohdentuvuuden ja luotettavuuden kasvattamiseksi. Sen avulla voidaan harjaantumisen myötä ehkä saavuttaa jopa taso, jolla tuotteiden elinkaarten ympäristövaikutusten hallinta on osa yritysten ympäristöhallinnan rutiinistyötä. Tällä kertaa tulokset jäivät tässä suhteessa kuitenkin vielä enemmän kertaluonteisiksi.

## 7.5. Tuotteiden vertailtavuus

Hankkeen aikana keskusteltiin useaan otteeseen mahdollisuuksista eri elintarvikkeiden ympäristöprofiilien määrittämiseksi ja vertailemiseksi helpottamaan esimerkiksi kuluttajavalintoja. Tässä hankkeessa keskityttiin ketjun suurimpien ympäristökuormitus- ja vaikutuskohtien määrittämiseen sekä juuston osatutkimuksessa suurimpien ympäristövaikutusten vähentämismahdollisuuksien eli tilatason parannus- ja kehitysmahdollisuuksien arviointiin. Elinkaariarviointitekniikka on rajoitteistaan huolimatta kehittynyt paljon viime vuosien aikana kansainvälisen ja kansallisen tutkimusverkostoitumisen ja -yhteistyön myötä. Suomalainen lähestymistapa lähteä sieltä, missä asiaa tehdään eli kentällä, on ollut omiaan lisäämään tutkimusten ja niiden tulosten luotettavuutta. Tiedon luotettavuus parantuu ja on jo tämän hankkeen tapaustutkimusten osalta parantunut huomattavasti, kun on siirrytty soveltamaan prosesseista mitattuja ja laskettuja todellisia tietoja. Tietyistä maatalouspäästöistä, kuten N<sub>2</sub>O-päästöistä saadaan jatkossa nykyisiä arviota varmempia tietoja todellisista päästöistä. Myös ravinteiden mallinnus- ja arviointimenetelmät ovat tarkentumassa koko ajan. Uusin Suomen ympäristökeskuksen ja MTT:n tutkimus erilaisten maatalouskäytäntöjen ravinnehuuhtoumien arvioinnista valmistuu loppuvuodesta 2003.

Samankaltaisia tuotteita on periaatteessa jo hyvinkin mahdollista vertailla toisiinsa eri vaikutusluokkien tai päästöjen suhteen, kun vertailuarvot perustuvat nykyaikaisiin vastikään toteutettuihin, samoin oletuksiin ja mallinnusperiaattein tehtyihin tutkimuksiin. Kenties keskeisimmäksi haasteeksi ruokakorin samankaltaistenkin tuotteiden vertailemiseksi toisiinsa asettuu kysymys ympäristövaikutusten kohdentamisesta yhdestä ja samasta prosessista syntyville eri tuotteille ja sivutuotteille silloin, kun prosessia ei voida jakaa selvästi sellaisiin osiin, joissa

prosessien syötteiden ja tuotteiden suhde tunnettaisiin. Hyvä esimerkki tästä on maidon ja lihan ympäristövaikutusten kohdentaminen. Systemirajojen laajentamista on ehdotettu tämän ongelman ratkaisuksi ja siitä on jo esitetty muutamia mielenkiintoisia ehdotelmia kansainvälisissä julkaisuissa (Cederberg & Stadig 2001 ja Weidema 2001). Systemirajojen laajentaminen johtaa tarkastelun pois yksittäisistä tuotteista tuoteryhmien tarkasteluun ja palautuu helposti allokointikysymykseksi sovitettaessa tuotantosuhteita, kuten lihan ja maidon suhde tuotannossa, kyseisten tuotteiden suhteisiin kulutuksessa.

Kysymys käyttöominaisuuksiltaan erilaisten tuotteiden ympäristövaikutusten vertailusta on monitahoinen ja sen mielekkyys voidaan kyseenalaistaa erityisesti puhuttaessa elintarvikkeista, joiden käyttöominaisuudet vaihtelevat suuresti ravitsemuksen ja terveellisuuden suhteen. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan (1998) antamissa ravitsemussuosituksissa korostetaan ruokavalion kokonaisuutta. Tasapainoinen ravintoaineiden saanti sekä energian saannin ja kulutuksen tasapainottaminen mainitaan niissä keskeisinä tavoitteina. Kun syödään monipuolisesti, vaihtelevasti ja kohtuudella, saadaan riittävästi energiaa ja kaikkia suojaravintoaineita.

Tämän tutkimuksen tuloksien perusteella ei voida suoraan vertailla esimerkiksi eläinperäistä ja kasvisruokaa, sillä tutkimuksessa käytetyt toiminnalliset yksiköt ovat tuotteiden massoja eivätkä siten ole toiminnallisesti yhteismitallisia. Jotain voidaan kuitenkin päätellä karkealla tasolla ravintoaineiden eläin-kasvis-koostumuksen vaikutuksista niiden ympäristövaikutukseen.

Tarkasteltaessa *Juustokermaperunoiden* ympäristövaikutuksia havaittiin, että suurimmat typpi- ja fosforikuormitukset sekä ammoniakki-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt muodostuivat maitopohjaisten kastikeraaka-aineiden tuotannosta, eli eläinperäisistä raaka-aineista eivätkä perunan viljelystä, joka tuottaa loppu-tuotteen pääraaka-aineen. Ammoniakkipäästöt aiheutuivat pääosin lannan varastoinnista ja levittämisestä. Ne olivat selvästi suurin yksittäinen happamoitumiseen vaikuttava tekijä koko tuotantoketjussa. Eläinperäisten raaka-aineiden tuotannon metaanipäästöt aiheutuivat pääosin lehmien ruoansulatuksesta. Ilmaston lämpenemiseen oli suuri osuus kuitenkin myös kryogeenisen prosessin jäädytystypen valmistuksella. Raaka-aineiden osalta kastikkeen osuus ilmaston lämpenemiseen oli huomattavasti suurempi kuin perunan tuotannon. Eläinpohjaisten kastikeraaka-aineiden tuotannon osuus *Juustokermaperunoiden* rehevöittävästä typpi- ja fosforikuormituksesta oli selvästi suurin. Nämä selittyvät osittain seuraavilla syillä. Yksi lisäporras ravintoketjussa kuluttaa energiaa tuotan-

non ylläpitoon. Lypsykarjan märehdinnästä ja lannan käsittelystä aiheutuu muutamien vaikutusluokkien kannalta tuoteyksikköä kohden suhteellisen suuria päästömääriä (metaani ja ammoniakki), joita ei esimerkiksi peltoviljelystä samassa suhteessa aiheudu. Lisäksi esimerkiksi perunan viljelyssä sadot ovat moninkertaiset viljoihin verrattuna, ja perunan viljelyn hehtaariohtainen ympäristökuormitus jakaantui näin suuremmalle tuotemäärälle. Rehujen tuotannossa käytettiin myös enemmän typpilannoitusta kuin perunantuotannossa. Maitopohjaisten raaka-aineiden tuottamiseen tarvittava viljelyala oli moninkertainen perunaraaka-aineen tuottamiseen tarvittavaan viljelyalaan verrattuna 10 000 kappaletta *Juustokermaperunat* -pakastetta kohden, vaikkakin suurin osa gratiinin raaka-aineesta on perunaa.

Yllä kuvatusista esimerkistä voidaan tehdä karkea yleistys, että eläinperäisen raaka-aineen osuuden kasvattaminen elintarvikkeessa lisää tiettyjä, viljelylle, karjalle ja lannan käsittelylle ominaisia ympäristökuormituksia edellyttäen, että kyseiset päästöt ovat kasvisraaka-ainekiloa kohden pienemmät kuin eläinperäisen raaka-aineen kiloa kohden. Ottaen kuitenkin huomioon ravitsemuksesta annetut, tieteellisesti perustellut suositukset kestävyiden kannalta on tärkeämpää tuottaa monipuolista ruokaa pienillä ympäristörasituksilla paikalliset tuotantoedellytykset mahdollisimman hyvin hyväksikäyttäen kuin esimerkiksi pyrkiä merkittävästi muuttamaan ruokavalioita vähemmän ympäristöä kuormittavaan suuntaan.

## 8. Tuotekohtainen vs. pinta-alakohtainen näkökulma maatalouden ympäristövaikutuksiin

Ihminen tarvitsee tietyn määrän ruokaa, ja tyydyttääkseen tämän tarpeen hankkii elintarvikkeita. Tästä biologisesta välttämättömyydestä ei voida tinkiä. Elintarvikkeiden tuotantojärjestelmien tehtäväksi jää tuottaa kuluttajien valitsemat tuotteet mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Tästä johtuen mm. EU:n yhdenmetyt tuotepolitiikan (IPP, ks. esim. <http://europa.eu.int/comm/environment/ipp/> tai Euroopan yhteisön komissio 2003) linjaukset painottavat tuotekohtaista ympäristöasioiden tarkastelua ja pyrkivät siihen, että tuotetiedon taso olisi niin hyvä, että se voisi ohjata kuluttajia tekemään ympäristöystävällisiä valintoja.

Elinkaariajattelu avaa tuotelähtöisen näkökulman myös maatalouden ja yksittäisen tilan ympäristövaikutusten tarkasteluun. Aikaisemmin päästöjä on arvioitu yksittäisen tilan sisällä tase-näkökulmasta, tilan kokonais- tai hehtaarikohtaisesta taseesta. Tuotelähtöinen ajattelu lähtee tilan tuottamista tuotteista ja ottaa huomioon kokonaisuuden, myös ne ympäristövaikutukset, jotka syntyvät esimerkiksi eläinten tarvitsemasta lisärehutarpeesta, eli ostorehujen tuotannosta tilan ulkopuolella. Toisaalta, mikäli tilan rehuntuotannon satotasot ovat korkeita, tuotelähtöinen näkökulma ottaa huomioon kunkin tuotteen osalta vain ja täsmälleen sen peltoalan päästöt, mikä tarvitaan tarkasteltavan lopputuotteen tuottamiseen. Tämä antaa viljelijälle uuden työkalun ja tarkastelunäkökulman tuotteidensa tuotantoprosessien kehittämiseksi. Tehokkaat tuotantoprosessit ovat yleensä myös ympäristön kannalta hyviä, koska niissä ei hukata tuotantopanoksia.

Tuotekohtaisesti toimitettu ympäristövaikutusten arviointi on lopputuotteen kuluttajan näkökulmasta itsestään selvä välttämättömyys, koska muutoin ei ole mitään tapaa saada koko tuotantoketjun vaikutuksia sisällytettyä yhteiseen lopputulokseen. Maatalouden raaka-ainetuotannon ympäristövaikutuksia joudutaan käsittelemään myös alueellisesti. Maataloudesta tuleva raaka-aine muodostaa vain pienen osan tuotteen hinnasta, mutta maataloustoiminnan suorat alueelliset vaikutukset vesistöihin ovat poikkeuksetta suuremmat ja hajanaisemmat kuin minkään muun tuotantoketjun osan.

Maataloustuotannon ympäristövaikutukset pyrkivät kasautumaan ympäristössä. Valuma-alueen pintavesimuodostumiin kerääntyvä maatalouden ravinnekuormitus ja tiettyihin erikoistilanteisiin, kuten säilörehun ja lannan käsittelyyn liittyvät, veteen kulkeutuvat päästöt ovat tästä hyvänä esimerkkinä. Tärkeä ta-

voite vesistöjä koskevilla ympäristövaikutustarkasteluissa on varmistaa, ettei luonnon kantokyky ylitä. Tällöin on tarkasteltava vesistön tilaa, kantokykyä ja koko valuma-alueelta vesistöön tulevia päästöjä. Varsinkin Suomessa, jossa maanviljely on yksi suurimmista ravinnekuormituslähteistä, pelloilta tulevaa ravinnehuuhtoumaa on tarkasteltava valuma-alueella pinta-alaperusteisesti.

Maatalouden maisema- ja monimuotoisuusvaikutukset liittyvät avoimen maiseman laajuuteen, mutta myös maisema- ja elinympäristörakenteeseen. Arvokkaimmat komponentit maisema- ja monimuotoisuusalueilla ovat usein pellon ja metsän tai veden kohtaamisalueet ja maisemassa esiintyvät ekologiset käytävät. Alueellisen tarkastelun tekee vaativaksi se, että vaikutusprosesseilla on alueellisuuden lisäksi ajallinen ulottuvuus. Tarkasteltaessa maisema- ja monimuotoisuusvaikutuksia tehokas monokulttuuri aiheuttaa yhden - kahden vuoden tarkastelussa ainoastaan maisemavaikutuksia, mutta saattaa jatkuvana aiheuttaa ympäristön köyhtymisen (Benton et al. 2003), vaikeasti ennakoitavan maapohjan tiivistymisen sekä eroosion ja ravinnekuormituksen nousun (Zoebl 1996, de la Rosa et al. 2000), jopa pohjaveden pilaantumisen (Stoate et al. 2001) sekä tila- ja aluerakenteen yksipuolistumisen (Giampietro 1997). Myös yksivuotisten ja monivuotisten kasvustojen alueellinen kirjo on ympäristövaikutusten kannalta tärkeä.

Maatalouden alueelliset ympäristövaikutukset konkretisoituvat maatalouden ympäristötukiohjelmassa, jossa perustuen avulla pyritään tukemaan maatalouden yleistä ympäristön alueellisten vaikutusten parantamista ja erityistuen avulla tilakohtaisiin erityistilanteisiin liittyviä parantamistoimia. Maatalouden nykyinen ympäristötukiohjelma keskittyy erityisesti vesiensuojelukysymyksiin ja on valvontasyiden takia hieman jäykkä. Esimerkiksi tuotannon intensiteetin osalta se ei pysty ottamaan huomioon eri tuotantoalueiden erilaisia lähtökohtia ja ympäristön sietokykyä. Tukiohjelma ei pysty myöskään reagoimaan väärin toteutetun matalan intensiteetin aiheuttamiin ongelmiin. Tuotekohtaisen elinkaaritarkastelun näkökulmasta ympäristötuki ei anna riittävää joustoa optimoida tuotannon intensiteettiä tuotantoympäristön luontaisen tuottokyvyn ja ympäristön sietokyvyn rajoissa. Seuraava haaste maatalouden vesiensuojelussa on EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin toteuttaminen. Siinä asetetaan valuma-aluekohtaiset ympäristön parantamistavoitteet, joten sen myötä maataloudenkin näkökulmaa on tarkemmin alueellistettava ja paikallistettava.

EU:n yhteistä maatalouspolitiikkaa ollaan vahvasti suuntaamassa tuotantomääriin kiinnittyvistä tukijärjestelmistä pinta-alaan kiinnittyviin tukiin. Samalla tuotantoalaan liittyviin tukiin on suunniteltu liitettävän ympäristöä parantavia eh-



toja. Ehdoton määräys on, että peltoala on pidettävä viljelyssä, mutta tuotantomäärään liittyvien kannustimien poistuttua kaikissa viljelytoimenpiteissä saataan ruveta säästämään yli kaiken. Tuotekohtaisten ympäristövaikutustarkastelujen kannalta tällainen antaisi varsin huonon tuloksen ainakin viljan viljelyssä. Yksivuotisen kasvin viljely aiheuttaa jo varsin suuria alueellisia ympäristövaikutuksia, mm. eroosioriskiä, ja alentuneeseen satotasoon suhteutettuna vaikutukset tuoteyksikköä kohden olisivat vielä suhteellisesti suuremmat.

Tukijärjestelmien uudistuksen pelätään varsinkin matalatuottoisilla tuotantoaluilla johtavan näennäisviljelyyn. Pelko perustuu yhtäältä siihen, että jos maataloustuki todellakin muutettaisiin tuotantoperusteisesta kokonaan pinta-alaperusteiseksi ilman tehokkaaseen tuotantoon kannustavia lisäehtoja, taloudellinen yllälyke maataloustuotantoprosessien kehittämiseksi pienenee liian merkitykselliseksi. Maataloustuen osuus maatalousyrittäjien tuloista on huomattava. Tukiperusteen muutoksesta seuraisi, että tutkimuksessa esille tuodut ympäristöladun parantamiskeinot, kuten maitotilojen satotasojen nostaminen ravinnetaseiden optimoimiseksi, muuttuisivat taloudellisesti heikommin kannattaviksi. Ne vaatisivat investointeja pellon kasvukunnon parantamiseen mm. kalkituksen ja ojituksen avulla, mutta eivät tukiperusteiden muutoksen jälkeen toisi enää lisätuloja maataloustuen kasvun muodossa. Toisaalta tehokas tuotanto antaa suuremmat sadot ja korkeampi laatu lisää tuotteiden kilpailukykyä ja menekkiä markkinoilla. Myös korkeamman yksikköhinnan saanti hyvälaatuisesta tuotteesta voisi tarjonnan mahdollisesti pienentyessä näennäisviljelyn yleistyessä käydä mahdolliseksi. Näin ekotehokkaalle maataloustuotannolle olisi taloudellinen kannustin edelleenkin olemassa.

Maatalouden alueellisilla ympäristövaikutuksilla on rajankäyntirooli myös WTO-neuvotteluissa. Ympäristörajoitteet ja siihen liittyvä tukipolitiikka olisi saatava muotoiltua sellaiseksi, että ympäristökysymyksiä ei voida pitää kaupan esteenä eli sijoitettava ns. vihreään laatikkoon. Globaaleilla markkinoilla tuotekohtainen näkökulma on ainut, joka antaa ympäristövaikutus vertailuihin jonkinlaista yhteismitallisuutta, mutta taustalla tulisi kuitenkin olla myös raaka-ainneiden alkuperämaan aluevaikutusten tarkastelu. Alueellisten vaikutusten vertailussa yhtenäisyyttä on haastava löytää, koska kriittiset vaikutukset ovat hyvin erilaisia; meillä tärkeimmäksi koetaan usein maatalouden vesistövaikutukset, jo Keski-Euroopassa vaikutukset pohjavesiin, kuivilla alueilla ratkaisevia ovat veden riittävyysongelmat, monilla alueilla monimuotoisuuden vähentyminen. Lisäksi kansallinen ja alueellinen ympäristöpolitiikka on eri maissa hyvin eri tasolla.

Elintarvikeketjun ympäristöasioiden hallintaan liittyviä kysymyksiä tarkasteltaessa kokonaisuuden kannalta paras tulos saavutetaan, kun ympäristöasioita tarkastellaan yhtäaikaisesti sekä tuote- että pinta-alkohtaisesti.

## 9. Jatkon näköaloja

### 9.1. Sovellusalueen laajentaminen

Kotimaisista merkittävistä peruselintarvikeryhmistä mm. lihatuotteet ovat sellainen tuoteryhmä, jossa toimintoketjuun integroitua arviointia ei tekijöillä olevien tietojen mukaan ole toistaiseksi toteutettu eikä käynnistetty. Myös kotimaisten kasvien ryhmään kuuluu useita tärkeitä tuoteryhmiä, joiden tuotannosta ei vastaavaa tietoa ole toistaiseksi saatavilla. Kalatuotteiden ympäristövaikutuksista on Suomessa ollut meneillään erillistä tutkimusta (Seppälä et al. 2001). Jatkossa nämä tutkimukset olisi tarkoitus koordinoida muiden elintarvikesektorin tuotteiden kanssa, jotta menetelmät saataisiin yhdenmukaisemmiksi.

Alkutuotannossa mielenkiintoisia kysymyksiä ovat jatkossa erilaisten uusien tuotantotapojen ympäristövaikutukset. Urakointi suurilla ja tehokkailla koneketjuilla, kasvihuonetomaatin uudet tuotantoteknologiat ja niiden myötä saatavat sadonlisäykset sekä muut tehokkuutta parantamalla aikaansaavat tekijät tulevat olemaan mielenkiintoisia tulevaisuuden tutkimuskohteita. Usein ajatellaan, että tehokkuuden lisääminen ja taloudellinen tulos ovat ristiriidassa ympäristöasioiden kanssa. Asia on kuitenkin hyvin usein juuri päinvastoin. Tulevaisuuden tutkimustyötä tulisi olla näiden parannusten arviointi kokonaisvaltaisesta ympäristönäkökulmasta. Mikäli tulokset ovat positiivisia, tutkimusten tulisi kannustaa prosessien tehostamiseen ympäristöhyötyjen näkökulmasta. Suunnitelmia on laadittu hankkeeseen osallistuneiden ja muiden toimijoiden kanssa, jotta nyt luotu ja hyvään vauhtiin päässyt sektorin tuotelähtöisen ympäristöhallinnan innovaatioverkostomme säilyisi ja vahvistuisi entistä laajapohjaisemmaksi.

### 9.2. Kuluttajainformoinnin tehostaminen

Elintarvikkeiden ympäristövaikutustutkimuksessa aletaan nyt ensimmäistä kertaa lähestyä sitä tasoa, että luotettavaa, tuotelähtöistä ympäristövaikutustietoa olisi kerrottavaksi kuluttajille ja valmiudet koko ruokakorin ympäristövaikutusten arviointiin yhtenäisillä menetelmillä olisivat olemassa. Alan teollisuus, julkinen hallinto ja yrittäjät sidosryhmineen ovat samaan aikaan panneet merkille luotettavan ympäristötiedon innovatiivisen mahdollisuuden. Tutkimuksen jatkoon ovat ilmaisseet kiinnostuksensa muutamien jo tässä tutkimuksessa mukana olleiden tahojen lisäksi mm. catering-palvelujen tuottajat, joille aterioiden ympä-

ristövaikutustiedot ja valmiudet niiden hallintaan olisivat tuntuva lisä palvelun laatuun ja tuki kestävä kehityksen mukaisten raaka-ainehankintojen ja toimintatapojen suunnittelulle ja toteutukselle.

Kansalliset tutkimuslaitokset (MTT, Suomen ympäristökeskus, Riista- ja kalatalouden tutkimuskeskus sekä kuluttajatutkimuskeskus) ovat yhteistuumin päättäneet lähteä selvittämään mahdollisuuksia ja tapoja siitä, miten ja missä muodossa elinkaaritutkimusten tietoja saatettaisiin kuluttajille ymmärrettävään muotoon, tinkimättä kuitenkaan liiaksi riittävän pitävästä tieteellisestä pohjasta.

### 9.3. Elintarvikkeiden ympäristölaadun parantaminen kansallisen laatustrategian lähtökohdista

Kansallisen elintarviketalouden laatustrategian tavoitteena on hallinnon, tutkimuksen, koulutuksen ja neuvonnan sekä elintarvikeketjun yhteisin toimenpitein kehittää tuotteiden ja toiminnan laatua ja varmistaa laadun säilyminen pysyvästi korkealla tasolla ja samalla parantaa yritysten kilpailukykyä ja kannattavuutta. Strategian mukaan elintarviketalouden ympäristölaatu koostuu elintarvikkeen koko elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista ja elintarvikkeiden ympäristöominaisuuksien arvioinnissa hyödynnetään elinkaariarviointia. Elintarvikkeen koko elinkaaren kattavassa ympäristöhallinnassa tarvitaan alkutuotannon, teollisuuden, kaupan ja kuluttajien tietoista toimintaa paremman ympäristön hyväksi. Elintarvikeketjussa elinkaarisuunnitteluun sisällytetään raaka-aineiden valinta, tuotantoprosessien ja pakkausten kehittäminen, logistiikka sekä elintarvikkeen säilyvyys ([www.mmm.fi](http://www.mmm.fi), kansallinen laatustrategia 1999). Laatustrategiaa ollaan tämän raportin julkaisemishetkellä parhaillaan uudistamassa, ja siinä ympäristöasioiden hallintaan ja parantamiseen tullaan kiinnittämään jatkossa entistäkin enemmän huomiota.

### 9.4. Ympäristöasioiden hyödyntäminen kilpailukeinona

Kansallisen laatustrategian ympäristöasioita koskevat tavoitteet tukevat suomalaisten elintarvikkeiden kilpailukykyä. Tavoitteiden vieminen käytäntöön vaatii kuitenkin ympäristölaadun reaalista substanssia. Tämä tutkimus on osaltaan auttanut näiden tavoitteiden saavuttamisessa. Sen tuottama reaalinen substanssi on tietämystä ja luotettavaa tietoa tutkittujen tuotteiden ympäristövaikutuksista. Sen vaikuttavuus näkyy tuotteiden ympäristölaadun kvantitatiivisina perusteina sekä tuoteketjuissa tehtävinä parannuksina.

Yksi ympäristökilpailukyvyn perustekijöistä, oikea ja riittävä viestintä, jopa uusien tuotemerkkien luominen kansainvälisille markkinoille, on vielä tekemättä. Haettaessa täyttä hyötyä ympäristötekijöistä, ympäristökilpailukykyä, markkinointiviestintä on välttämätön osa alue. Tutkittujen tuotteiden kohdalla tällekin alkaa olla kestävä pohja. Ympäristövaikutustietojen tuotekattavuutta on vielä olennaisesti lisättävä. On myös pyrittävä kehittämään toimintoverkkojen ympäristötiedonhallinnasta yritysten rutiinitoimintoja, sillä järjestelmät muuttuvat ja kerran tuotetut tiedot vanhenevat melko nopeasti. Vasta jatkuvan hallinnan tasolla ympäristötiedon innovaatiomahdollisuus tulee tehokkaimmin tuotteiden kilpailukyvyn tueksi.

# Kirjallisuus

## FOODCHAIN-hankekokonaisuuden tapaustutkimusraportit:

Katajajuuri, J.-M., Voutilainen, P., Tuhkanen, H.-R. & Honkasalo, N. 2003. Elovena kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Maa- ja elintarviketalous 33. Jokioinen: MTT.

Voutilainen, P., Katajajuuri, J.-M., Tuhkanen, H.-R. & Honkasalo, N. 2003a. Kesäpöytä Juustokermaperunoiden ja Pirkka perunajauhon ympäristövaikutukset. Maa- ja elintarviketalous 34. Jokioinen: MTT.

Voutilainen, P., Tuhkanen, H.-R., Katajajuuri, J.-M., Nousiainen, J. & Honkasalo, N. 2003b. Emmental Sinileima juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja parannusmahdollisuudet. Maa- ja elintarviketalous 35. Jokioinen: MTT.

## Muu kirjallisuus

Benton, T. B., Vickery J., A. & Wilson, J. D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *TRENDS in Ecology and Evolution* 18: 182-188.

Carlsson-Kanyama, A. 1999. Consumption patterns and climate change: Consequences of eating and travelling in Sweden. Stockholm University, Doctoral thesis, 1999.

Carlsson-Kanyama, A. & Boström-Carlsson, K. 2001. Energy Use for Cooking and Other Stages in the Life Cycle of Food - A study of wheat, spaghetti, pasta, barley, rice, potatoes, couscous and mashed potatoes. fms (stockholms universitet) no 160, report January 2001. ISBN 91-7056-105-2. ISSN 1404-6520.

Carlsson-Kanyama, A., Ekström, M. & Shanahan, H. 2003. Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. *Ecological Economics* 00 (2003): 1-15.

Cederberg, C. & Stadig, M. 2001. System Expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. International conference on LCA in foods, Gothenburg, Sweden, 26-27 April, 2001. Conference Proceedings, s. 22-27.

Euroopan yhteisön komissio 2003. Komission tiedonanto neuvostolle ja parlamentille 18.6.2003. Yhdenmukainen tuotepolitiikka. Elinkaariajattelun politiikan perustana. [http://europa.eu.int/eur-lex/fin/com/cnc/2003/com2003\\_0302fi01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/fin/com/cnc/2003/com2003_0302fi01.pdf).

Giampietro M. 1997. Socioeconomic constraints to farming with biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62: 145-167.

Grönroos, J. & Seppälä, J. (toim.) 2000. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Suomen ympäristö 431. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

IPCC 1997. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I, Bonduki Y., Griggs D.J. & Callender B.A. 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Lontoo, IPCC, OECD & IEA. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>.

ISO 14040. Environmental management. Life Cycle Assessment. Principles and framework. SFS 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.

Jalas, M. 2002. Material underpinnings of Finnish patterns of everyday life. Paper prepared for the International Association for time use research - conference 2002. Lisbon, 15 -18 October, 2002.

Katajajuuri, J.-M. & Voutilainen, P. 2002. LCA case studies on Finnish food production chains - management of secondary inflows and outflows. SETAC Europe 10th LCA Case Studies Symposium "Recycling, close-loop economy, secondary resources", 2-3 December 2002, Barcelona, Spain.

Loikkanen, T., Mälkki, H., Virtanen, Y. Katajajuuri, J.-M., Seppälä, J., Leivonen J. & Reinikainen, A. Elinkaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnon päätöksenteon tukena – nykytila ja kehittämistarpeet. Helsinki, Teknologian kehittämiskeskus TEKES, s. 73. Teknologiakatsaus 68/99. ISBN 951-53-1432-1.

Poikkimäki, S. & Virtanen, Y. 2003. Supply web management integrated life cycle assessment. Introduction to a management model and experiences from a pilot project. Pakkausteknologia-PTR ry 2003.

de la Rosa, D., Moreno, J. A. & Bonsón M. T. 2000. Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelliERO model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81: 179-190.

Seppälä, J., Silvenius, F., Grönroos, J., Mäkinen, T. Silvo, K. & Storhammar, E. 2001. Kirjoloihen tuotanto ja ympäristö. Suomen ympäristö 529. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Rio Carvalho, C., Snoo, G. R. & Eden P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Suomalaiset ravitsemussuosituksset. Komi-teamietintö 1998:7. Edita: Helsinki, 1998.

Weidema, B. 2001. Avoiding co-product allocation in life-cycle assessment. *Journal of Industrial Ecology* 4(3): 11-33.

Xoebel, D. 1996. Controversies around resource use efficiency in agriculture: Shadow or substance? Theories of C.T. de Wit (1924-1993). *Agriculture Systems* 50: 415-424.



# LIITE

## Tutkimuksen johtoryhmä

ympäristöneuvos Heikki Latostenmaa, ympäristöministeriö

ylitarkastajat Jouko Tammio ja Marja Innanen, maa- ja metsätalousministeriö

kehityspäälliköt Seija Luomanperä ja Mikko Maisi, Kemira GrowHow

kehitysjohdaja Juhani Hvitfelt, Lännen Tehtaat/APETIT

kehitysjohdaja Pekka Heikkilä, Rehuraisio

ympäristöinsinöörit Sanna Kanerva, Eeva-Maria Koski ja Johanna Teinilä-Kurvinen, Ruokakesko

kehitysjohdaja Asko Haarasilta, Suomen Rehu

ympäristöpäällikkö Matti Pankakoski, Valio

kehityspäällikkö Susanna Monni, Proagria Maaseutukeskusten liitto

professori Sirpa Kurppa ja projektipäällikkö Juha-Matti Katajajuuri, MTT

tutkimuspäällikkö Torsti Loikkanen, VTT

Tutkimuskokonaisuuden tapaustutkimusten projektiryhmiin osallistuivat useat edellä mainittujen yritysten ja tutkimuslaitosten edustajat.

## Julkaisusarjassa aiemmin ilmestyneitä julkaisuja:

- 1/2003 Biologinen monimuotoisuus maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla  
ISBN 952-453-112-7
- 2/2003 Puhdistamolietteen ja lietevalmisteiden käyttö maataloudessa, hygieeninen laatu  
ISBN 952-453-113-5
- 3/2003 Suomen LEADER + -ohjelma täydennysosa  
ISBN 952-453-114-1
- 3a/2003 Leader+, seurantaraportti, ruotsinkielinen  
ISBN 952-453-116-X
- 4/2003 Ojitusoitusopas  
ISBN 952-453-126-7
- 5/2003 Elintarvikkeiden laatu- ja turvallisuusjärjestelmä ELATI  
Hankehallinnoinnin ohje  
Helsinki 2003  
ISBN 952-453-129-1



MAA- JA METSÄTALOUSMINISTERIÖ

PL 30, 00023 VALTIONEUVOSTO