

## **Jäljitettävyyttä ja vastuullisuutta palvelevan elinkaari pohjaisen ympäristötiedon hallintamallin määrittely ja käytön kehittäminen elintarvikeketjussa**

*Hierarchical network-LCA model for managing environmental information and promote traceability and CSR in food system (HierarchyNet)*

### **1. Hankkeen tavoitteet**

Tutkimus kuuluu hankekokonaisuuteen, jonka tavoitteena on hierakkinen tiedonhallinta, joka antaa mahdollisuuden ottaa elintarvikeketjuista eri tason näkymiä, lähtien maatilatasolta, ja päätyen jalostavan teollisuuden ja elintarvikkeiden kaupan kautta loppukulutuksen tasolle. Tiedonhallinnan avulla tuotetaan yhtäältä kansallisen tason raaka-ainetuotannon elinkaaritietoja sekä toisaalta rajatumpaa ja yksilöidympää tuotantoa kuvaavia elinkaaritietoja käytettäväksi elintarvikkeiden jalostusprosessien kestävyuden parantamisessa ja tiedonhallinnassa, elintarvikkeiden tuotekehityksessä ja markkinoinnissa sekä kuluttajille sunnatun ympäristövaikutustiedon tuottamisessa.

Tiedonhallinnan pitkän tähtäyksen tavoite on, että elintarvikeketjun pääprosessien materiaali virrat kuvataan todellisesta toiminnasta kerättyihin mittaushavaintoihin nojautuen. Tavoite on hyvin korkealla, ja kokonaan sitä ei käytännössä ole ehkä mahdollista saavuttaa koskaan, sillä muun muassa peltoviljelyn kasvihuonekaasupäästöjen ja ravinnehuuhtoumien lohko kohtainen mittaus vaatii kalliit mittausjärjestelmät ja paljon työtä. Prosessitietojen keruujärjestelmiä ja päästömalleja kehittämällä voidaan kustannustehokkaasti parantaa päästömallinnuksen tulosten luotettavuutta nykytasosta, jossa mittauksiin perustuvia prosessitietoja on hyvin vähän olemassa erityisesti maataloustuotannosta, mutta myös jalostavasta teollisuudesta.

Keskipitkän tähtäyksen kehitystavoitteena on hallintamallin valmius toimia lähtötiedon tuottajana elintarviketaloutta varten kehitetyssä vastuullisuuden 7 dimensiota käsittävässä arviointikehikossa. Tässä hankkeessa keskitytään kvantitatiivisen ympäristötiedon tuottamiseen eräänlaisena pilottina, yhtenä seitsemästä vastuullisuuden dimensiosta. Sen jälkeen kun vastuullisuuden mittaristo on kauttaaltaan valmiina, aloitetaan verkostomallin soveltaminen muiden vastuullisuusdimensioiden tietojen tuotantoon.

MMM:n vuodelle 2010 myöntämän rahoituksen avulla tehdyn osatutkimuksen tavoitteet olivat hierarkkisen tiedonhallinnan kokonaiskuvauksen laatiminen, mautilojen fysikaalisten panos- ja tuotosvirtatietojen hallinnan kuvauksen laatiminen sekä raaka-ainetuotannon prosessien tiedonkeruujärjestelmien kehittäminen, prosessitietojen liittäminen lohko-, tuotelinja- ja tilamalleihin sekä tiedonkeruujärjestelmien testaus.

### **2. Hankeosapuolet ja yhteistyö**

Hankkeen toteuttivat yhteistyössä MTT:n kasvintutkimuksen (MTT/KTL, materiaali virtatietojen keruujärjestelmät), taloustutkimuksen (MTT/TAL, kirjanpitotilajärjestelmä) ja biotekniikan ja elintarviketutkimuksen (MTT/BEL, systeemimallinnus) tutkijat. Hankkeen vastuullisena johtajana toimi vanhempi tutkija Yrjö Virtanen MTT/BEL yksiköstä.

### 3. Hankkeen vaiheet

#### 3.1. Menetelmät

Hankkeessa käytetyt päämenetelmät olivat relaatiomallinnus (engl. Entity-relationship modelling ERM), pilotointi ja bench marking, sisältäen eri järjestelmähierarkkian tasoilla prosessimallinnuksen, tuotantolinjojen mallinnuksen, tilakokonaisuuksien mallinnuksen. Kaikki hierarkkiatasojen väliset liittynyt ovat siis relaatiomalleja, jotka kuvaavat ylemmän tason objektien, kuten tuotantolinja, muodostumisen alemman tason objekteista, kuten prosesseista.

#### 3.2. Hierarkkisen tiedonhallinnan kuvaus

Hankkeessa kehitettävällä hierarkkisella tiedonhallinnalla muodostetaan näkyviä elintarvikkeiden tuotantoketjujen ympäristövaikutuksiin eri tasoilla. Tiedonhallinnan kuvauksessa käytetään taulukossa 1 selostettuja käsitteitä

*Taulukko 1. Hierarkkisen tiedonhallintamallin käsitteet.*

Käsite	Merkitys
Systeemi, järjestelmä	Systeemi muodostuu hierarkkisesti toisiinsa kytketyistä osasysteemeistä. Osasysteemit voivat edelleen sisältää toisia, yksilöidymiä osasysteemejä, kunnes on saavutettu hierarkkian perustaso, prosessi, joka on jakamaton. Hierarkkian korkein taso on elintarvikeketju.
Panosvirta, panos, syöte, input	Systeemiin syötetty virta. Alemmilla systeemitasoilla panokset ovat yleensä ainetta, energiaa tai maan käyttöä. Elintarvikeketjun EIOLCA mallissa panokset ovat yksinomaan rahapanoksia. Kaikki panokset ovat tarkoituksellisesti systeemiin syötettyjä tavoitellun tuotoksen aikaansaamiseksi.
Tuotusvirta, tuotos, tuote, output	Systeemistä ulostuleva virta. Alemmilla systeemitasoilla tuotokset ovat yleensä ainetta tai energiaa. Elintarvikeketjun EIOLCA mallissa tuotokset ovat yksinomaan rahapanoksia. Systeemin päätuotokset ovat tavoiteltuja ja hallitusti tuotettuja. Systeemi tuottaa usein myös rinnakkais- ja sivutuotteita (engl. co-products ja by-products). Kaikki systeemit tuottavat ilmaan ja vesiin päätyviä päästöjä sekä erilaatuisia kiinteitä, nestemäisiä ja kaasumaisia jätevirtoja.
IO	Lyhenne englanninkielisestä termistä Input-Output. Suomenkielisenä vastineena käytetään termiä "panos-tuotos" eli PT.
EIOLCA	Lyhenne englanninkielisestä termistä Economic Input-Output Life-Cycle Assessment. Sillä tarkoitetaan ympäristö-laajennettua taloudellista panos-tuotos -analyysiä. Malliin on lisätty tuotetasoisia elinkaaritietoja tuontituotteista, mistä juontuu nimitys LCA.
Prosessi	Systeemihierarkkian ja tiedonhallinnan perusyksikkö, josta yleisemmän tason systeemit muodostuvat. Prosesseja ovat esimerkiksi peltolohkon kyntö, itse peltolohko, viljasadon kuivaus, ja vierteen keitto panimoilla.
Tuotantolinja	Tuotantolinjat ovat tuotantoketjujen osia. Niillä on määrätty päätuote, ja niiden panoksista yleensä osa on välituotteita. Tyypiltään tuotantolinjat gate-to-gate osajärjestelmiä, joiden systeemirajat mukailevat kyseessä olevan toimijan tai toimijajoukon hallinta-alueen rajoja. Tuotantolinjoja ovat esimerkiksi mallasohran tuotanto tilalla ja oluen tuotanto panimolla.
Tuotantoketju	Tuotantoketjut ovat gradle-to-gate -tyyppisiä elinkaarien osia Ne alkavat luonnon raaka-aineista ja päättyvät valmiisiin tuotteisiin. Tuotantoketjun tuotteet ovat tyypillisesti välituotteita, kuten esimerkiksi lannoitteet ja elintarvikeraaka-aineet.
Elintarvikeketju	Elintarvikeketju on suomalaisen kulutukseen ja vientiin menevien elintarvikkeiden tuotantoketju. Se sisältää kaikki vaiheet luonnon raaka-aineista käyttövalmiiksi elintarvikkeeksi, mutta ei sisällä elintarvikkeiden hankintaan, käyttöön eikä käytöstä syntyvien jätteiden poistoon liittyviä kuluttajien toimintoja.

Elintarvikeketjun ympäristövaikutukset arvioidaan Ketjuvastuu- hankkeessa alkuaan kehitetyllä EIOLCA mallilla. Tässä hankkeessa rakennetaan liityntä kotimaisen maatalouden tuotantolinjojen panos- ja tuotostietojen siirtämiseksi elintarvikeketjun malliin. Tuotantolinjatietoja ei siirretä sellaisenaan suoraan EIOLCA malliin, vaan liitynnän avulla maatalouden alkuperäiset toimiala-aggregaatit disaggregoidaan tuotantolinjojen kansallisia keskiarvoja hyväksikäyttäen. Alkuperäiset toimiala-aggregaatit on muodostettu Tilastokeskuksen kansantalouden tilinpidon tarjonta- ja käyttötiedoista yhdistämällä toimialoihin eri lähteistä koottu ympäristökuormitustieto. Elintarvikeketjun raaka-ainetuotantoon kokonaan kuuluvia alkuperäistoimialoja on kolme kappaletta: Kasvinviljely, puutarhatalous ja varsinainen kotieläintalous. Maatilojen toimintapiiriin kuuluvia ja osittain myös elintarvikeketjun raaka-ainetuotantoon liittyviä toimialoja on vastaavasti seitsemän: Muu kotieläintalous, maataloutta palveleva toiminta, metsästys ja riistanhoito, metsän kasvatusta, puunkorjuu, muu metsätalous sekä kalastus ja kalanviljely. Näiden lisäksi maataloilla harjoitetaan muun muassa koneurakointia ja matkailuun liittyvää toimintaa.

Elintarviketeollisuuden sekä kaupan toimiala-aggregaattien disaggregoimiseksi kehitetään vastaava liityntä ja siihen tarvittava tuotantolinjakohtainen tiedonhallinta jatkohankkeissa. Koko elintarvikeketjun mallia ei sen laajuuden vuoksi ole käytännössä mahdollista muodostaa hierarkkisen tiedonhallinnan keinoin. Malli päivitetään tarvittaessa erikseen kansantalouden uusia tilinpitotietoja ja toimialojen kokonaisympäristökuormitusarvioita käyttäen.

Maatalouden tuotantolinjojen panos-tuotos –tiedot tuotetaan MTT Taloustutkimuksen kirjanpitojärjestelmään tehtävällä laajennuksella. Tiedot lasketaan painotettuina keskiarvoina kirjanpitoilajien tuotantolinjatiedoista. Painotuksessa käytetään samaa tilaluokitukseen perustuvaa järjestelmää, jolla kirjanpitoilajijärjestelmässä lasketaan maataloustuotannon taloudellisten tunnuslukujen keskiarvoja. Maatalouden tuotantolinjojen panos-tuotos –tietojen avulla disaggregoidaan kansantalouden tilinpidon alkuperäiset toimialat taulukosta 2 ilmeneviin osatoimialoihin. Alkuperäistoimialojen panosten käytöt ja ympäristökuormitukset disaggregoidaan kohdentamalla maataloustuotannon kokonaismäärät alatoimialoille referenssiarvojen suhteessa. Referenssiarvot ovat maatalouden tuotantolinjamalleilla laskettuja vuosi-arvoja ositettaville erille, jotka siis ovat panoksia ja ympäristökuormituksia. Kohdennuksen yleiskaava on

$$Q_i = \frac{\tilde{Q}_i}{\sum_i \tilde{Q}_i} Q, \quad (1)$$

missä  $Q$  on alkuperäistoimialan kokonaismäärä (panoksille €, kuormituksille kg),  
 $\tilde{Q}_i$  on maatalouden tuotantolinjamallilla laskettu alatoimialan ( $i$ ) fysikaalisen kokonaismäärän estimaatti,  
 $Q_i$  on alatoimialalle ( $i$ ) ositettu kokonaismäärä (panoksille €, kuormituksille kg).

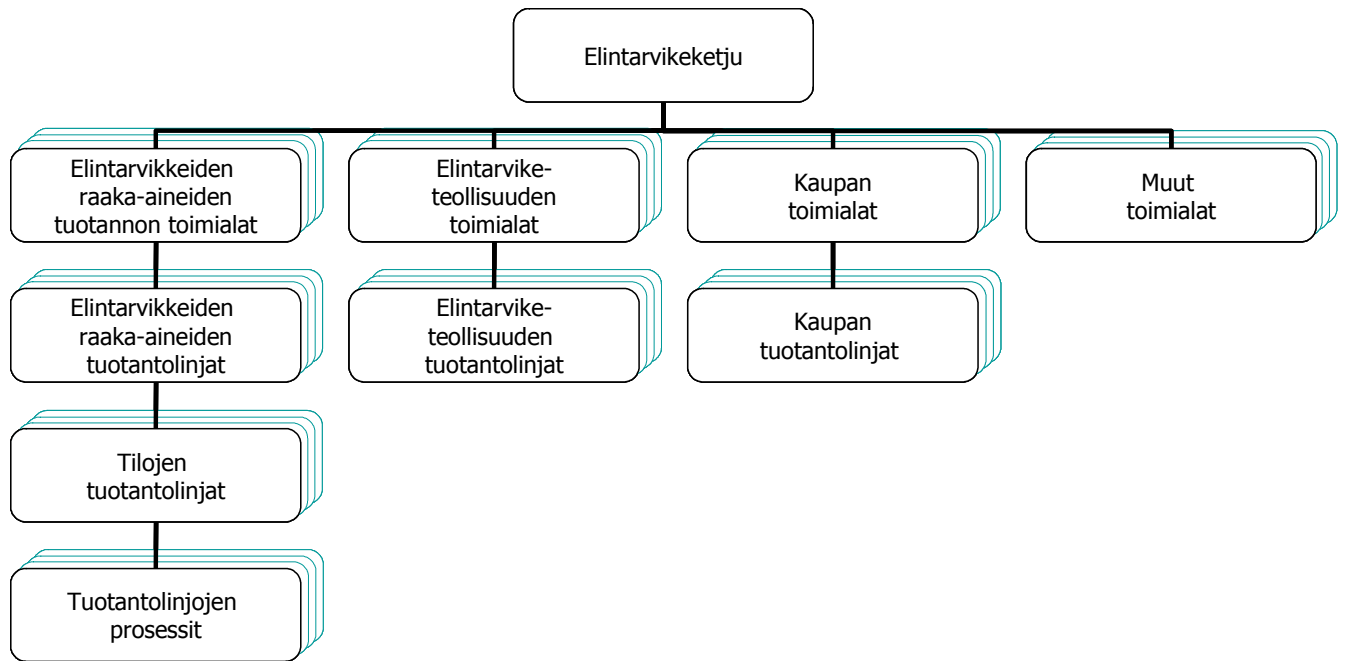
Tilojen tuotantolinjojen panos- ja tuotostiedot perustuvat prosessitietoihin. Liityntöinä prosessien ja tuotantolinjojen tietojen välillä toimivat tuotantolinjamallit. Tuotantolinjamalleja ja prosessitiedon keruumalleja käsitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa.

Tuotantoketjujen malleihin tarvitaan hierarkkisen tiedonhallinnan piiriin kuuluvien tuotantolinjojen lisäksi myös välituotekuljetusten sekä eräiden panosketjujen tiedot. Nämä tiedot hankitaan erikseen.

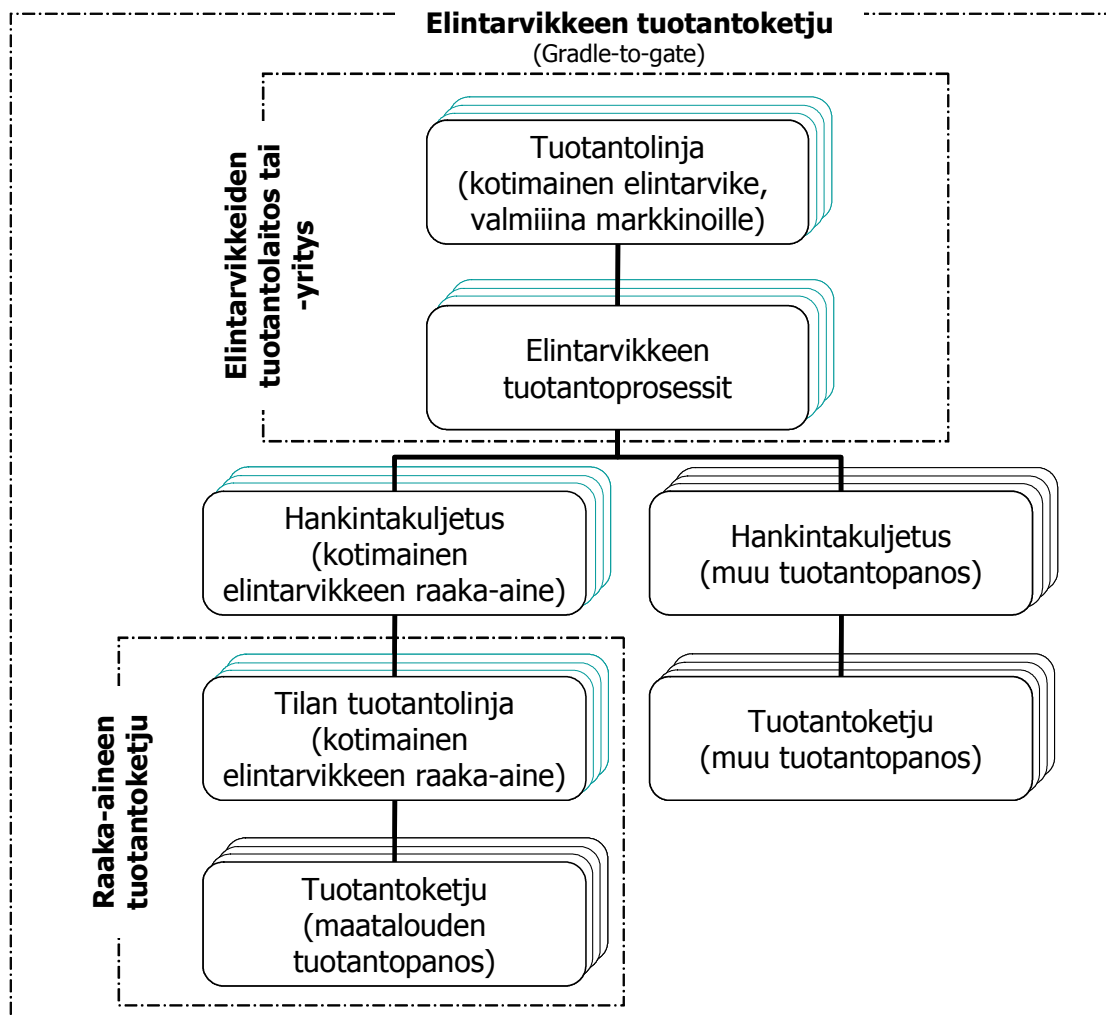
**Taulukko 2.** Kansantalouden tilinpidon alkuperäisten toimialojen disagregointi. Suluissa oleva tuotenimi kertoo tuotantosolmun päätuotteen. HUOM! Kaikki alatoimialat eivät kuulu elintarvikeketjuun.

Alkuperäinen toimiala	EIOLCA-mallin toimiala	
Kasvinviljely	Kasvinviljely ( Tavallinen vehnä sekä vehnän ja rukiin sekavilja)	
	Kasvinviljely ( Ohra)	
	Kasvinviljely ( Ruis)	
	Kasvinviljely ( Kaura)	
	Kasvinviljely ( Muu vilja)	
	Kasvinviljely ( Perunat)	
	Kasvinviljely ( Kuivattu, silvitty palkovilja)	
	Kasvinviljely ( Öljykasvien siemenet ja hedelmät)	
	Kasvinviljely ( Sokerijuurikas)	
	Kasvinviljely ( Sokerijuurikkaan ja rehukasvien siemenet)	
	Kasvinviljely ( Tekstiileissä käytetyt raat kasviaineet)	
	Puutarhatalous	Puutarhatalous ( Porkkanat)
		Puutarhatalous ( Muut juurekset)
Puutarhatalous ( Tomaatit)		
Puutarhatalous ( Kurkut)		
Puutarhatalous ( Muut hedelmää kantavat vihannekset (pavut, herne)		
Puutarhatalous ( Salaatit)		
Puutarhatalous ( Kaalit)		
Puutarhatalous ( Muut vihannekset (maustekasvit))		
Puutarhatalous ( Sienet, viljellyt)		
Puutarhatalous ( Muut hedelmät ja pähkinät)		
Puutarhatalous ( Marjat, viljellyt)		
Puutarhatalous ( Metsämarjat)		
Puutarhatalous ( Metsäsienet)		
Puutarhatalous ( Taimet, sipulit, mukulat ja juuret)		
Puutarhatalous ( Koristekasvit)		
Puutarhatalous ( Hedelmä- ja kasvismehut)		
Varsinainen kotieläintalous		Varsinainen kotieläintalous ( Nautakarja)
		Varsinainen kotieläintalous ( Maito, jalostamaton)
		Varsinainen kotieläintalous ( Lampaat, vuohet)
	Varsinainen kotieläintalous ( Hevoset)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Elävät siat)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Elävä siipikarja)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Kuorelliset munat)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Villa ja eläimenkarva)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Ohra)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Kaura)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Oljet ja rehukasvit)	
	Varsinainen kotieläintalous ( Sokerijuurikkaan ja rehukasvien siemenet)	
	Muu kotieläintalous	Muu kotieläintalous ( Poronliha ja -vuodat)
		Muu kotieläintalous ( Luonnonhunaja)
Muu kotieläintalous ( Raat turkisnahat)		
Muu kotieläintalous ( Muut kalatalouden tuotteet)		
Kasvinviljely	Maataloutta palveleva toiminta (Muu toiminta)	
Puutarhatalous		
Varsinainen kotieläintalous		
Muu kotieläintalous		

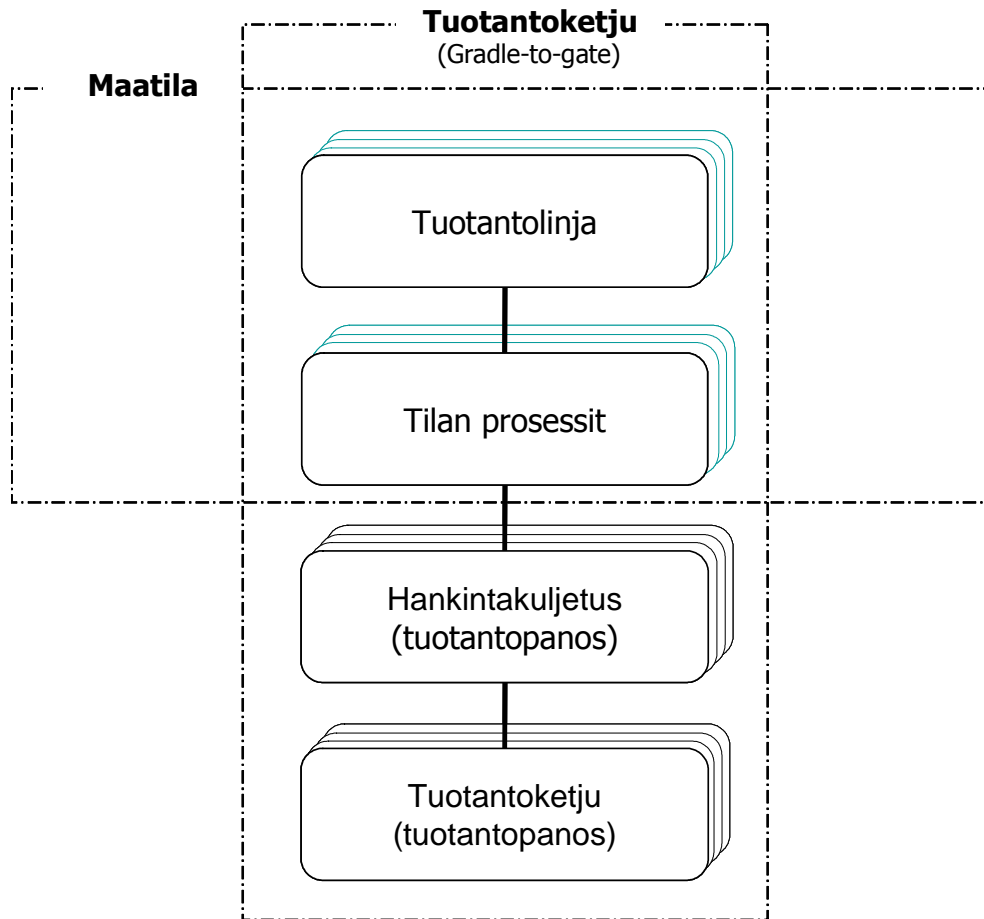
Hierarkkisella tiedonhallintamallilla voidaan toteuttaa hyvin monen tyyppisiä tuotantolinja- ja tuotantoketjumalleja. Kuvissa 1, 2 ja 3 on esimerkin omaisesti kuvattu sovellusta elintarvikeketjun, elintarviketeollisuusyrityksen tai tuotantolaitoksen tuotantoketjun sekä maatalon tuotantoketjun malliin.



**Kuva 1.** Hierarkkisen tiedonhallinnan sovellus elintarvikeketjuun.



**Kuva 2.** Hierarkkisen tiedonhallinnan sovellus elintarviketeollisuusyrityksen tai tuotantolaitoksen tuotantoketjuun.

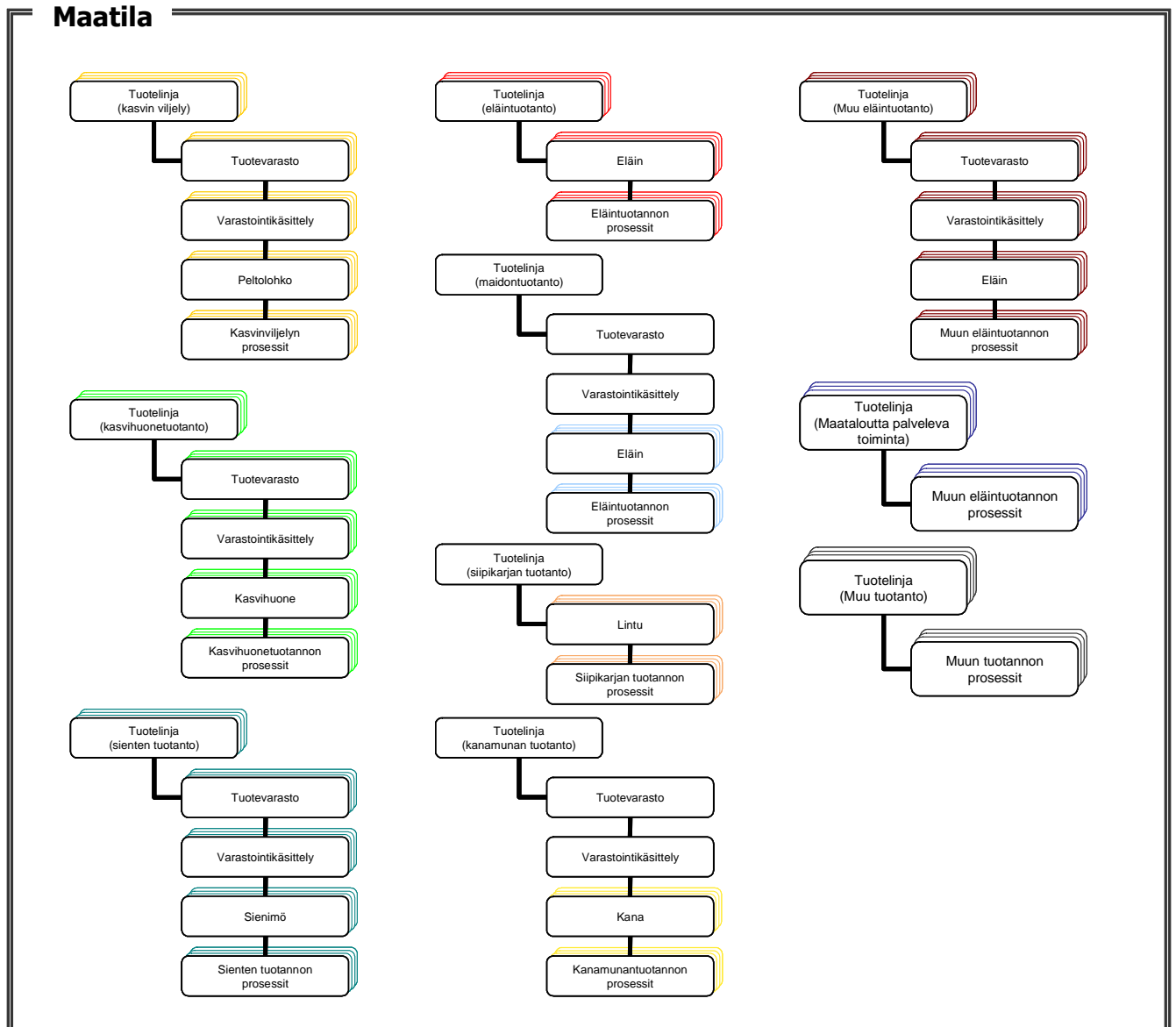


*Kuva 3. Hierarkkisen tiedonhallinnan sovellus maatilan tuotantoketjuun.*

### 3.3. Maatilojen fysikaalisten panos- ja tuotos -tietojen hallinnan kuvaus

Maatilojen fysikaalisten panos-tuotos -tietojen hallinta voidaan toteuttaa tietojen kokonaishallintakonseptin mukaisesti kuvassa 4 esitetyllä hierarkkisella mallilla. Hierarkian ylin taso on tilan koko tuotanto. Se muodostuu tuotantolinjoista, joita on yleensä useampia. Tuotantolinjat muodostuvat prosesseista, joiden tiedonkeruujärjestelmien kehittämistä tarkastellaan lähemmin luvussa 3.3. Hierarkkiatasojen välisenä liityntänä toimii tuotantolinjamalli, jolla kuvataan prosessien väliset kytkennät, ja lasketaan tuotantolinjan panosten ja tuotosten kokonaisarvot.

Kaikilla tuotantolinjoilla on tietty yksilöllinen päätuote. Pääosa tuotantolinjoista voi tuottaa elintarvikeketjun raaka-aineita, kuten ruokaperunaa, sikoja tai meijerimaitoa, mutta myös non-food raaka-aineita, kuten puuta, ruoko-helppiä ja turkiksia tuotetaan sekä harjoitetaan koneurakointia jne. Säännönmukaisesti tiloilla tuotetaan myös yleisiä sisäisiä palveluja, kuten markkinointia, hankintapalveluja, taloushallintoa, tuotannon suunnittelua jne, jotka palvelevat kaikkea tilan tuotantotoimintaa, ja jotka kuluttavat mm. polttoaineita ja sähköä. Tuotantolinjojen joukko on yleensä erilainen eri vuosina. Tästä johtuen jokainen tuotantolinja määritellään ja talletetaan tilan tietojärjestelmään vuosittain. Määrittely tapahtuu tuotantolinjan prosessien kautta ja etenee tuotantokauden mittaan vaiheittain. Esimerkiksi viljelysuunnittelun yhteydessä määritellään päätuotteen, kuten esimerkiksi mallasohran, tuotantoon käytettävät peltolohkot. Toukotöiden yhteydessä määritellään lohkoilla suoritettavat maanmuokkaustyöt, lannoitukset ja kylvöt. Kasvukaudella määritellään lohkoilla tehdyt tauti-, tuholais- ja rikkakasvitorjunnat. Sadon korjuuprosessit määritellään korjattaessa lohkoilta satoa, ja kuivaus ja varastointi kyseisten vaiheiden kuluessa. Prosessin määrite käsittää prosessin nimen, teknisen kuvauksen sekä panos- ja tuotevirtojen määrä ja tarpeelliset laatu tiedot, kuten kuivuriin syötettävän viljan kosteus jne.



Kuva 4. Maatilan panos- ja tuotosvirtojen tietojärjestelmä.

### 3.4. Raaka-ainetuotannon prosessien tiedonkeruujärjestelmien kehittäminen

Elintarvikkeiden ja niiden raaka-aineden tuotanto maataloilla on elintarvikeketjun kokonaisympäristövaikutusten kannalta ensisijaisen tärkeä. Ketjuvastuu hankkeen tulosten perusteella kotimaisen maatalouden osuus elintarvikeketjun kotimaisesta ilmastomuutosvaikutuksesta on 70%, ja vesistöjen rehevöitymisvaikutuksesta 95%. Toisaalta maatalouden päästöarvioihin sisältyy suurimmat epävarmuudet, jotka juontuvat pääasiassa todellisten prosessitietojen puuttumisesta, ja puuttuvia havaintotietoja korvaavien estimaattien generointiin käytettyjen mallien epävarmuudesta. Maatilojen prosessien fysikaalisten panos- ja tuostietojen keruujärjestelmien parantaminen on siis ilman muuta ensisijaista pyrittäessä parantamaan maatalouden ympäristövaikutusarvioiden laatua, ja edistämään kestävyuden hallinnan yleistymistä maataloilla ja sitä kautta parantaa elintarvikkeiden tuotannon ympäristövastuun raportoinnin edellytyksiä.

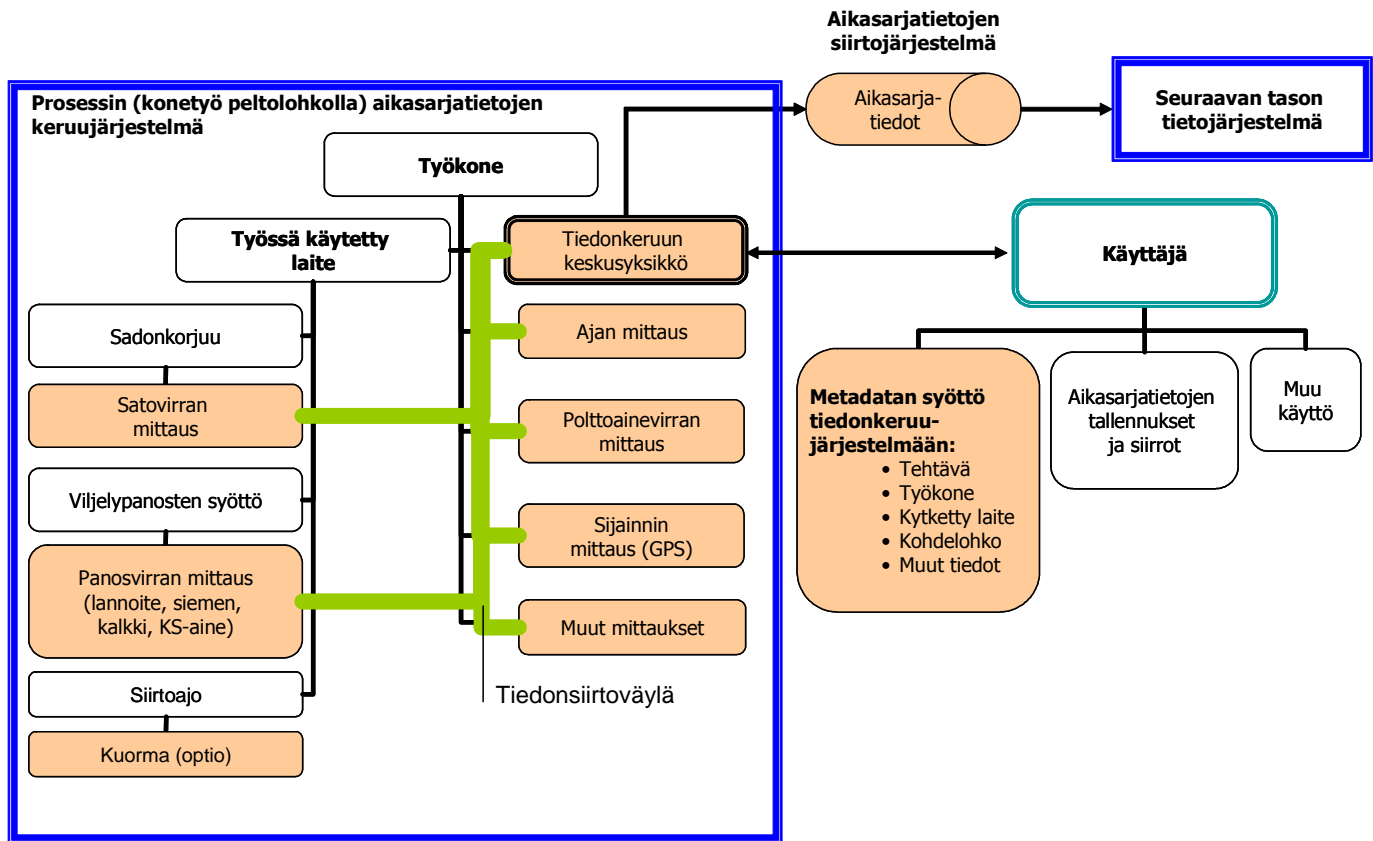
## *HierarchyNet -loppuraportti vuodelta 2010*

Tilan prosessitietojen hallinnan peruslähtökohta on, että tilan kaikkien tuotantolinjojen prosessit ja niiden panos- ja tuotosvirrat identifioidaan, virtojen suuruudet mitataan tai arvioidaan mahdollisimman luotettavilla menetelmillä, ja talletetaan tilan tietojärjestelmään. Tallennuskausi on tuotantolinjojen muutosrytmiä vastaavasti yksi vuosi. Prosessitietojen avulla mallinnetaan tilan tuotantolinjat, lasketaan estimaatit eri tuotantolinjojen kokonaispanoksille ja -tuotoksille, erotetaan non-food tuotanto elintarvikkeiden raaka-aineiden tuotannosta sekä kohdennetaan tilan sisäisten yleisten palvelujen panokset ja tuotokset, ympäristökuormitukset mukaan lukien, tuloja tuottaville tuotantolinjoille.

Tässä työpaketissa kehitettiin konetyöprosessien materiaalivirtatietojen automaattisia keruujärjestelmiä sekä menetelmiä näillä keruujärjestelmillä hankittujen tietojen liittämiseksi viljelylohkojen malleihin. Lisäksi testattiin järjestelmien toimintaa käytännössä.

Konetyöprosessien tiedonkeruujärjestelmien periaate ilmenee kuvasta 5. Materiaali- ja energiavirtatietojen keruu perustuu mittauksiin. Järjestelmä mittaa ja tallentaa tiedonkeruun keskusyksikössä olevaan muistiin työkoneen käyttämän polttoaineen virran, koneen sijainnin sekä suoritettavasta tehtävästä riippuen joko peltoon syötettävien panosten virrat tai korjattavan sadon virran lyhyin (2 sekunnin) välein. Tiedot tehtävästä, työkoneesta ja siihen kytketyistä laitteista sekä siitä, mihin peltolohkoon prosessi suorituksen kuluessa milloinkin liittyy, annetaan mittausjärjestelmään tässä vaiheessa manuaalisesti. Myöhemmin lohkokohdennuksessa on tarkoitus hyödyntää mitattuja sijaintitietoja ja lohkojen paikkatietoja. Mittaus aloitetaan tehtävää suorittamaan lähdeäessä ja päätetään vastaavasti, kun tilakeskukseen (tai vastaavaan tukikohtaan) on palattu tehtävän tultua suoritetuksi. Mittaus käsittää siis koko työrupeaman eli siirtymät ja varsinaiset työsuoritteet peltolohkoilla.

Konetyörupeama voi käsittää useampia peltolohkoja. Mittaustiedoista muodostuu aikasarjoja, joista integroidaan materiaalien kokonaismäärät ja kohdennetaan ne työrupeaman kohteena olleille peltolohkoille. Integrointi ja kohdennukset suoritetaan erityisellä lohkotietojärjestelmään kuuluvalla ohjelmistolla. Lohkoille kohdennetaan työkoneen käyttämän polttoaineen määrä, syötettyjen panosten (lannoitteet, kalkitusaineet, lanta ja siemenet) määrät sekä korjatut satomäärät. Aikasarjoista voidaan laskea lisäksi eräitä muita tuotannon suunnittelussa ja hallinnassa hyödyllisiä suureita, kuten työhön käytetty aika sekä siirtymissä ja lohkoilla kuljetut matkat.



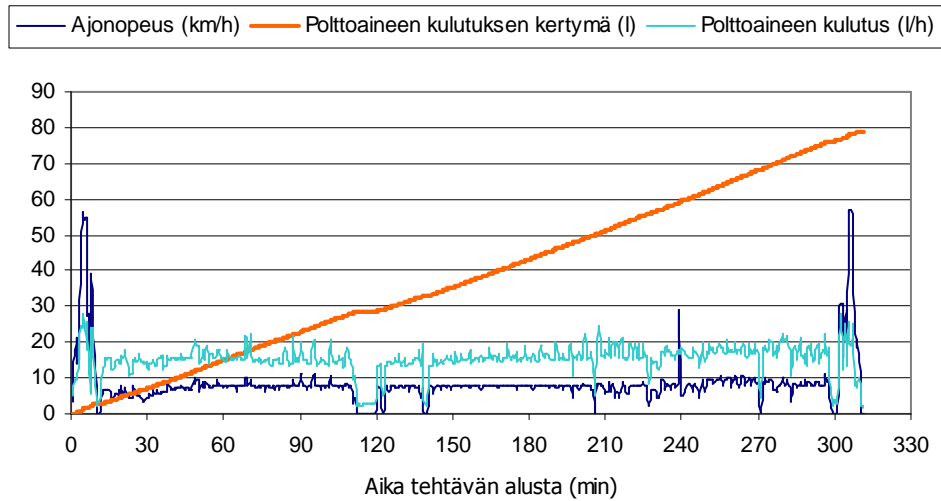
Kuva 5. Prosessitietojen keruujärjestelmän periaate.

Hankkeen toteutus sujui hyvin suunnitelmien mukaisesti. Olennaiset järjestelmäratkaisut tietojen hallitsemiseksi saatiin aikaan. Ongelmia hankkeen toteutuksessa ei esiintynyt.

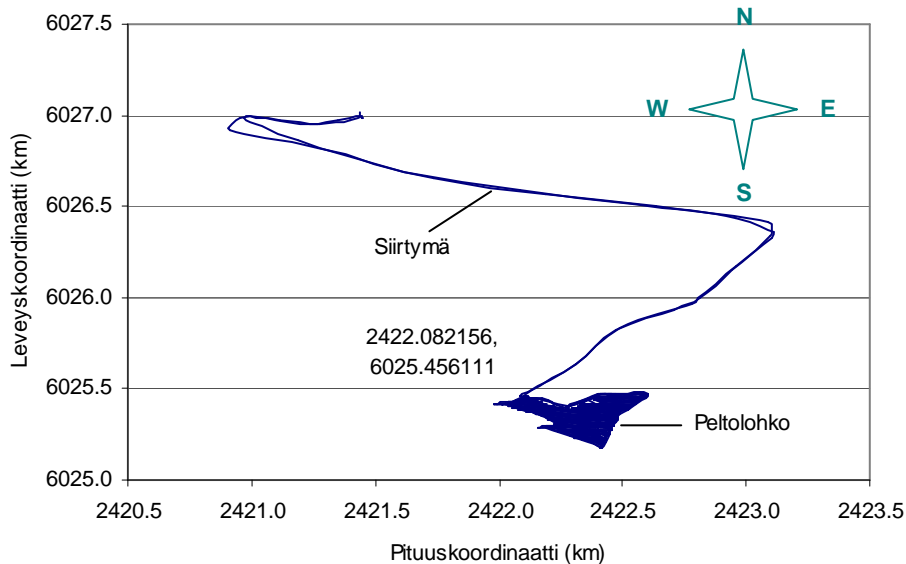
#### 4. Tulokset ja niiden arviointi

Raaka-ainetuotannon prosessien tiedonkeruu MTT Vihdin toimipisteen CropInfra-alustalla saatiin toteutetuksi tehdyn mittaussuunnitelman mukaisesti. Viljan ja nurmen viljelyn kaikissa työvaiheissa käytetyt tuotantopanokset on mitattu automaattisen tiedonkeruun ja täydentävien manuaalimittausten avulla. CropInfra-hankkeessa rakennettuja työkoneyhdistelmien tiedonkeruujärjestelmiä jatkokehitettiin niin, että automaattinen tiedonkeruu on helpommin toteutettavissa maatalan työntekijöiden voimin. Maatilojen raaka-ainetuotannon tiedonhallintaprosessista tehtiin kokonaissuunnitelma, jota tullaan jatkossa täydentämään uusilla prosessitietojen keruujärjestelmillä. Kasvintuotannon konetyöprosessien sekä viljelyyn käytettyjen panosten tiedot peltolohkoille paikkatiedon avulla kohdentavan järjestelmän prototyyppi saatiin aikaiseksi, kuten myös kerätyt panosten ja tuotosten aikasarjatiedot tilan panos- ja tuotosvirtojen (ml. ympäristökuormitukset) mallinnusjärjestelmään siirtävän järjestelmän pilot-versio. Kuvissa 6 on esimerkki prosessitiedonkeruujärjestelmällä kerätyistä aikasarjatiedoista ja kuvassa 7 vastaavista sijaintitiedoista. Taulukossa 3 on esitetty tiedonkeruujärjestelmän keräämien aikasarjatietojen perusteella muodostetut konetyöprosessien panostiedot.

## HierarchyNet -loppuraportti vuodelta 2010



**Kuva 6.** Prosessitietojen keruujärjestelmällä tuotettu aikasarja tasausäestyksestä.



**Kuva 7.** Prosessitietojen keruujärjestelmällä tuotettu koneyhdistelmän sijaintitieto tasausäestyksestä.

**Taulukko 3.** Esimerkki tiedonkeruun aikasarjoista integroituista prosessitiedoista. Lohkon pinta-ala on 15.24 ha.

Prosessi	Panos	Määrä	Yksikkö
Tasausäestys	Polttoaine	79	l
Äestys	Polttoaine	109	l
Kylvö	Polttoaine	189	l
Kylvö	Lannoite NK-2: 23-15	2332	kg
Kylvö	Lannoite NK-2: 20-15	2573	kg
Kylvö	Siemen	3505	kg
Rikkaruiskutus	Polttoaine	25	l
Siirtymä	Polttoaine	20	l

Hankkeen keskeisenä hyötynä voi pitää sitä, että siinä kehitetyn tiedonhallinnan avulla voidaan vastata esimerkiksi kysymykseen, mikä on tietyn tuotantoerän tai -lohkon/maatilan hiilijalanjälki.

Voidaan myös saada selville se, miten pieneksi hiilijalanjälki voidaan saada esim. tietyillä peltolohkotyypeillä.

Hankkeen tulokset tukevat suoraan eri asiakkaiden kanssa meneillään olevaa ja suunniteltua työtä elintarvikeketjun ympäristövaikutusten arvioinnissa ja vastuun raportoinnissa (Climate Plus, Climate Communication, Foodprint, Food Chain CSR). Hierarkkinen tiedonhallinnan malli luo järjestelmäpuitteet vastata lyhyellä aikataululla ja kohtuulliseen hintaan sekä luotettavasti erilaisiin elintarvikkeiden ympäristöindikaattoreita koskeviin kysymyksiin ja toimeksiantoihin. Maatilojen raaka-ainetuotannon prosessien tiedonkeruujärjestelmien ja fysikaalisten panos- ja tuotos -tietojen hallinnan kehittäminen vastaavat muun muassa ruokastrategiassa esitettyyn haasteeseen tilatason ympäristötilinpitojärjestelmien ja niiden tukipalvelujen kehittämistä niin, että luotettavien tuotekohtaisten hiilijalanjälkiarvioiden teko tiloilla tulee metodisesti ja taloudellisesti mahdolliseksi.

## **5. Jatkotoimet**

Tässä hankkeessa aikaansaadut tulokset ovat rakentavia ja tarjoavat hyvän pohjan tilakohtaisten tilatason ympäristötilinpitojärjestelmien kehityksessä. Järjestelmän kehittämistyötä tulisi jatkaa. Jatkokehityksen päätehtäviä ovat:

- raaka-ainetuotannon prosessitietojen keruu- ja jatkokäsittelyjärjestelmien luotettavuuden lisääminen ja uusien järjestelmien kehittäminen,
- eläintuotannon prosessien tiedonkeruumallien luominen,
- kasvi- ja eläintuotannon integroidun mallin luominen
- ympäristökuormitusten tilakohtaisten arviointimallien luominen
- tilakohtaiseen ympäristövaikutusten arviointiin käytettävien olosuhde- ja tilatietojen keruumallin luominen ja testaus
- raaka-ainetuotannon jälkeisten vaiheiden (jalostava teollisuus-kauppa) tiedonkeruumallin luominen ja testaus yrityksissä.

## **6. Loppuraportin tiivistelmä**

Hankkeen tavoitteena on kehittää tiedonhallintaa, joka pystyy integroimaan raaka-ainetuotannon tiedon vertikaalisesti (elinkaarinakäkulmaisesti) yhtäältä sen taustalla olevaan raaka-ainetuottajayrityksen sisäiseen materiaalivirtaverkostoon ja toisaalta elintarvikkeiden jalostusprosessien tiedonhallintaan, tuotteistamistietoon ja markkinointitietoon ja edelleen kulutuksen prosessitietoon. Samalla tarvitaan mahdollisuus ottaa edellä mainitusta ketjusta hierarkiatasojen näkymiä, ainakin maatilatasolta, jalostavan teollisuuden tasolta, elintarvikkeiden markkinoinnin tasolta ja kulutuksen tasota (hierarkkinen verkostomalli). Lopullisena tavoitteena on tietopohjan linkittäminen elintarviketaloutta varten kehitettyyn, vastuullisuuden seitsemän ulottuvuutta käsittävään arviointikehikkoon.

Hankkeen toteuttivat yhteistyössä MTT:n kasvintutkimuksen (MTT/KTL, materiaalivirtatietojen keruujärjestelmät), taloustutkimuksen (MTT/TAL, kirjanpitolajärjestelmä) ja biotekniikan ja elintarviketutkimuksen (MTT/BEL, systeemimallinnus) tutkijat. Hankkeen vastuullisena johtajana toimi vanhempi tutkija Yrjö Virtanen MTT/BEL yksiköstä.

Hankkeessa käytetyt päämenetelmät olivat relaatiomallinnus (engl. Entity-relationship modelling ERM), pilotointi ja bench marking, sisältäen eri järjestelmähierarkian tasoilla prosessimallinnuksen, tuotantolinjojen mallinnuksen, tilakokonaisuuksien mallinnuksen. Kaikki hierarkiatasojen väliset liittynät ovat siis relaatiomalleja, jotka kuvaavat ylemmän tason objektien, kuten tuotantolinja, muodostumisen alemman tason objekteista, kuten prosesseista.

## *HierarchyNet -loppuraportti vuodelta 2010*

Hanke tuotti, konkreettisten tavoitteittensa mukaisesti, hierarkkisen tiedonhallinnan kokonaiskuvauksen, maatilojen fysikaalisten panos- ja tuotosvirtatietojen hallinnan kuvauksen sekä toimivia prosessien tiedonkeruujärjestelmien prototyyppinä. Hierarkkisen tiedonhallinnan malli on nelitasoinen. Ylin taso on elintarvikeketju, sen alla ovat maatalouden, elintarviketeollisuuden ja kaupan kansalliset tuotantolinjat, maatalouden alla maatilojen tuotantolinjat ja niiden alla maatilojen tuotantoprosessit. Tasojen väliset liittynät ovat relaatiomalleja, jotka kuvaavat ylemmän tason objektien, kuten tuotantolinja, muodostumisen alemman tason objekteista, kuten prosesseista.

Hankkeen toteutus sujui hyvin suunnitelmien mukaisesti. Olennaiset järjestelmäratkaisut tietojen hallitsemiseksi saatiin aikaan. Ongelmia hankkeen toteutuksessa ei esiintynyt.

Hankkeen keskeisenä hyötynä voi pitää sitä, että siinä kehitetyn tiedonhallinnan avulla voidaan vastata esimerkiksi kysymykseen, mikä on tietyn tuotantoerän tai –lohkon/maatilan hiilijalanjälki. Voidaan myös saada selville se, miten pieneksi hiilijalanjalki voidaan saada esim. tietyillä peltolohkotyypeillä.

Hankkeen tulokset tukevat suoraan eri asiakkaiden kanssa meneillään olevaa ja suunniteltua työtä elintarvikeketjun ympäristövaikutusten arvioinnissa ja vastuun raportoinnissa (Climate Plus, Climate Communication, Foodprint, Food Chain CSR). Hierarkkinen tiedonhallinnan malli luo järjestelmäpuitteet vastata lyhyellä aikataululla ja kohtuulliseen hintaan sekä luotettavasti erilaisiin elintarvikkeiden ympäristöindikaattoreita koskeviin kysymyksiin ja toimeksiantoihin. Maatilojen raaka-ainetuotannon prosessien tiedonkeruujärjestelmien ja fysikaalisten panos- ja tuotos -tietojen hallinnan kehittäminen vastaavat muun muassa ruokastrategiassa esitettyyn haasteeseen tilatason ympäristötilinpitojärjestelmien ja niiden tukipalvelujen kehittämistä niin, että luotettavien tuotekohtaisten hiilijalanjälkiarvioiden teko tiloilla tulee metodisesti ja taloudellisesti mahdolliseksi.