

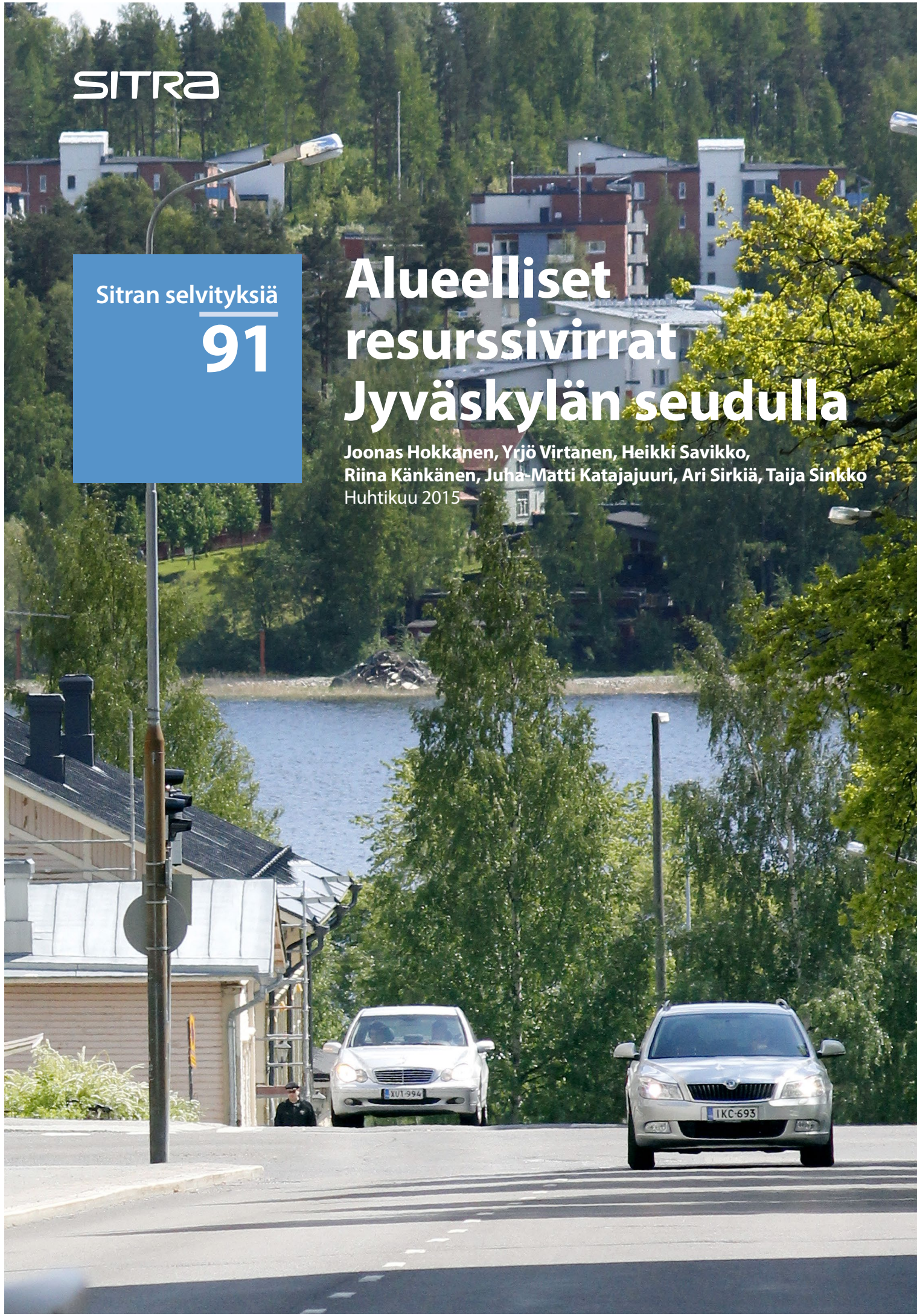
SITRA

Sitran selvityksiä

91

Alueelliset resurssivirrat Jyväskylän seudulla

Joonas Hokkanen, Yrjö Virtanen, Heikki Savikko,
Riina Känkänen, Juha-Matti Katajajuuri, Ari Sirkiä, Taija Sinkko
Huhtikuu 2015



© Sitra 2015

Sitran selvityksiä 91

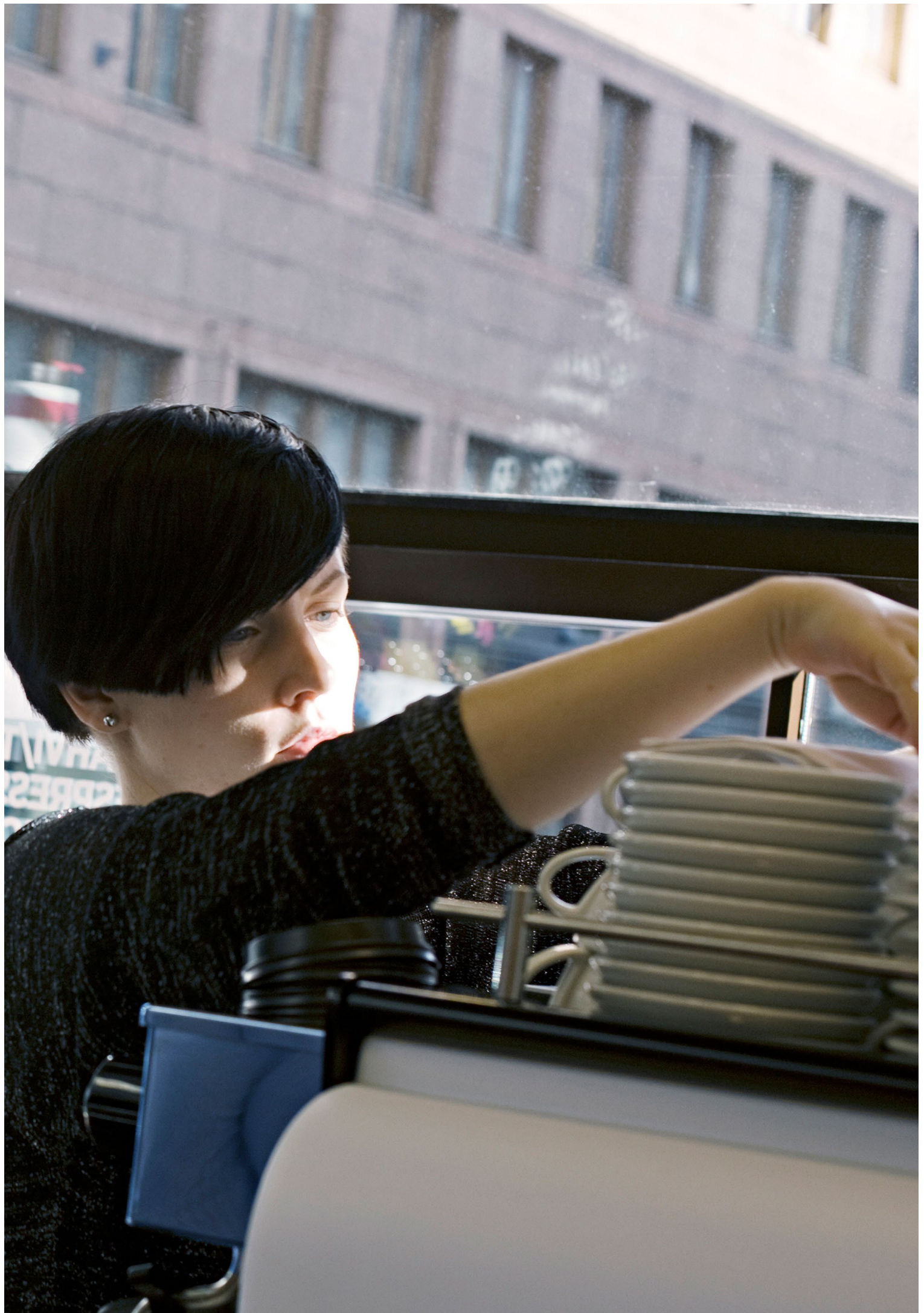
Joonas Hokkanen, Yrjö Virtanen, Heikki Savikko, Riina Känkänen,
Juha-Matti Katajajuuri, Ari Sirkiä, Taija Sinkko

ISBN 978-951-563-909-7 (PDF) www.sitra.fi

ISSN 1796-7112 (PDF) www.sitra.fi

Julkaisua koskevat tiedustelut:
julkaisut@sitra.fi

Sitran selvityksiä -sarjassa julkaistaan
Sitran tulevaisuustyön ja kokeilujen tuloksia.



Esipuhe

VÄESTÖN KASVUSTA JA KAUPUNGISTUMISESTA sekä varallisuuden kasvusta on seurannut merkittävää kulutuksen määrän kasvua ja näiden seurauksena huoli luonnonvarojen riittävydestä ja niiden kestävästä käytöstä on noussut yleiseen tietouteen. Yhtenä kestävästä kehityksen lähtökohdista on palauttaa nykyinen luonnonvarojen ylikulutus yhden maapallon asettamiin rajoihin.

Tieto raaka-ainevirroista ja luonnonvarojen käytöstä mahdollistavat niiden tehokkaamman käytön, resurssitehokkuuden parantamisen ja nykyistä tehokkaamman kiertämisen. Luonnonvarojen käyttöä tilastoidaan ja mallinetaan laajasti kansallisella tasolla. Kansalliset toimet resurssitehokkuuden parantamiseksi ovat tärkeitä, mutta kaupungeilla ja alueilla on kasvava rooli resurssitehokkuuden jalkauttamisessa jokapäiväiseksi toiminnaksi tuotannossa ja kulutuksessa. Kaupunkiseuduista halutaan tehdä resurssiviisaita.

Alueellisen resurssiviisauden edistämiseksi tarvitaan tietoa todellisista raaka-ainevirroista ja tapoja virtatietojen hallitsemiseksi. Alueellinen tieto mahdollistaa mm. konkreettisten resurssitehokkuustavoitteiden paremman asettamisen ja tuo uuden näkökulman aluetalouden kehittämiseen.

Jyväskylän alueella vuosina 2013-15 toteutetun Resurssiviisias alue -hankkeen rinnalla haluttiin selvittää alueellisten resurssitietojen saatavuutta, läpivalaista luonnon-

varojen käyttöä ja kehittää menetelmä resurssivirtojen kuvaamiseksi.

Alueelliset resurssivirrat -malli tarjoaa uudenlaisia eväitä ja sovellusmahdollisuuksia luonnonvarojen kestävästä käytön suunnitteluun ja käyttöönottoon, biotalouden ja kiertotalouden edistämiseen sekä valtakunnan, alue- ja paikallistason suunnitelmien, ohjelmien ja hankkeiden vaikutusten arviointiin.

Alueelliset resurssivirrat -hanke toteutettiin Jyväskylän seudulla pääosin vuonna 2014. Sen toteuttajaksi valittiin syksyllä 2013 kilpailutuksen kautta Ramboll Finland Oy, joka vastasi toteutuksesta yhteistyössä MTT:n (nyk. Suomen Luonnonvarakeskus) kanssa. Hankkeen projektijohtajana toimi FT Joonas Hokkanen Ramboll Oy:sta. Hankkeella oli sen rahoittajien - Sitran, maa- ja metsätalousministeriön, työ- ja elinkeinoministeriön ja ympäristöministeriön edustajien muodostama ohjausryhmä.

Vastaavaa hanketta ei ole aiemmin tehty Suomessa. Kiitänkin hankkeen keskeisiä tekijöitä Ramboll Finland Oy:n Joonas Hokkasta, Riina Känkästä, Ari Sirkiää ja Heikki Savikkoa sekä MTT:n Yrjö Virtasta, Juha-Matti Katajajuurta ja Taija Sinkkoa ansiokkaasta työstä. Samalla toivon, että kehitettyä mallia tullaan soveltamaan ja kehittämään edelleen kiinnostavaksi työkaluksi alueellisten resurssivirtojen selvittämisessä.

Helsingissä 9 maaliskuuta, 2015

Jukka Noponen

Ohjausryhmän puheenjohtaja,
vanhempi neuvonantaja
Sitra

Sisältö

Esipuhe	3
Yhteenveto	6
1. Johdanto	8
1.1 Alueelliset resurssivirrat	9
1.2 Resurssien käytön tehostaminen	9
1.3 Tieto alueellisista resurssivirroista avaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia	10
1.4 Hankkeen toteutus ja ohjaus	10
2. Alueellisen resurssivirtamallin kuvaus	11
3. Resurssivirrat jyvaskylän seudulla	15
3.1 Alueellisen resurssitehokkuuden tunnusluvut	15
3.2 Jyväskylän alueen resurssivirrat	16
3.3 Toimialojen raaka-aineiden käyttö suhteessa kokonaistuotokseen	19
3.4 Tuotannon arvonlisäys, kerrannaisvaikutukset ja työllisyys	24
3.5 Resurssien käytöstä aiheutuvat päästöt	26
3.5.1 Kasvihuonekaasupäästöt	26
3.5.2 Rehevöittävät päästöt	30
3.5.3 Happamoituminen	34
3.5.4 Alailmakehän otsonin muodostuminen	38
3.5.5 Ympäristövaikutukset suhteessa tuotannon arvoon	42
3.6 Teknologiassa ja kysynnässä tapahtuvien muutosten simulointi resurssivirtamallilla	42
4. Kustannustehokkaimmat keinot alueen resurssitehokkuuden parantamiseen	45
4.1 Resurssitehokkuuden parantaminen	45
4.2 Panosten käytön tehostaminen	45
4.3 Sivu- ja jätevirtojen hyötykäyttö	47
4.4 Kierrätysmateriaalien jalostusarvon nostaminen	48
5. Mallin yleistettävyys	50
6. Mallin hyödyt ja käyttömahdollisuudet	52
7. Johtopäätökset	54
8. Lähdeluettelo	57

Liite 1 Alueellisen resurssivirtamallin kuvaus	59
1. Mallin rakenne ja rajaukset	59
1.1 Tarkastelun rajaukset	59
1.2 Fyysisiin materiaalivirtoihin perustuva mallin ydin ja tarkasteltavien toimialojen valinta	59
1.2.1 Toimialojen kattavuuden tarkistus	60
1.2.2 Mallin ytimen muodostaminen	65
1.2.3 Materiaalivirtojen määrittäminen mallin ytimeen kuuluvilla toimialoilla	66
1.2.4 Toimialakohtaiset taulukot	69
1.2.5 Ympäristövaikutusten arviointi osaksi mallin ydintä	71
1.3 Mallin ytimen muuttaminen rahamääräiseksi panos-tuotostaulukoksi	73
1.4 Mallin ytimen ulkopuolinen osa	73
1.5 Ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko	73
2. Panos-tuotostaulukot	74
2.1 Menetelmän kuvaus	74
2.2 Kerrannaisvaikutusten laskenta panos-tuotostaulukossa	78
2.3 Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi	82
2.4 Aiemmin Suomessa tehtyjä panos-tuotostarkasteluja	82
2.5 Panos-tuotosmallin rajoitukset ja ongelmat	84
3. Elinkaariarviointi	85
3.1 Menetelmän kuvaus	85
3.2 Hyödyt ja mahdolliset ongelmat	86

Yhteenvedo

TYÖN TAVOITTEENA OLI kehittää kokonaisvaltainen alue-tason todellisia resurssivirtoja kuvaava malli. Mallin tavoitteena oli antaa luotettava kuva alueen luonnonvarojen käytöstä sekä sen vaikutuksista aluetalouteen, työllisyyteen ja ympäristöön. Työssä luotu alueellinen resurssivirtamalli on laatuaan ensimmäinen Suomessa ja sen pilottialueena toimi tässä työssä Jyväskylän seutu.

Alueellisella resurssivirtamallilla voidaan selvittää alueen erilaiset fyysiset resurssivirrat ja konkretisoida niiden merkitys taloudelle, työllisyydelle ja hyvinvoinnille. Mallin avulla hahmotetaan alueen resurssiverkko: resurssivirtojen ominaisuudet ja keskinäiset riippuvuudet, resurssien käytön kokonaisympäristövaikutukset sekä hyödyntämättömät sivuvirrat. Mallilla on mahdollista myös simuloida alueen maankäytössä, toimiala- ja palvelurakenteessa, teknologiasa ja kysynnässä tapahtuvien muutosten aluetalous-, työllisyys- ja ympäristövaikutuksia.

Alueellinen resurssivirtamalli tarjoaa uutta näkökulmaa biotalouden ja kiertotalouden edistämiseen. Mallilla saatu tieto voidaan aluetasolla sisällyttää muun muassa maankäytön suunnitteluun ja kaavoitukseen, lupamenettelyihin, kehittämissuunnitelmiin sekä suunnitelmien, ohjelmien ja hankkeiden vaikutusten arviointiin. Malli auttaa hallintoa tunnistamaan keinoja lisätä alueen houkuttelevuutta elinkeinonharjoittajien näkökulmasta, parantaa yritysten toimintaedellytyksiä alueella sekä luoda uudenlaista liiketoimintaa, joka perustuu alueen vahvuuksiin.

Jyväskylän seutua kuvaava alueellisen resurssivirtamallin pilotti muodostettiin viidessä keskeisessä vaiheessa, joissa muodostettiin 1) alueen euromääräinen panos-tuotostaulukko, 2) alueen keskeisten toimialojen materiaalimääräiset tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukot sekä ympäristömoduuli 3) alueen keskeisten toimialojen euromääräinen panos-tuotostaulukko sekä ympäristömoduuli, 4) ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko ja lopuksi 5) laskentaosio, jossa laskettiin alueen resurssitehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja.

Mallin avulla alueen keskeiset materiaalivirrat pystyttiin kuvaamaan fyysisinä ja rahamääräisinä suureina. Näistä suureista ilmeni alueen tuotannossa käytettyjen panosten laatu (uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat, kierrätysmateriaalit), panosten maantieteellinen alkuperä (alueelta, muualta Suomesta, ulkomailta). Lisäksi määritettiin, mikä

osa alueen tuotannosta jää väli- tai lopputuotekäyttöön alueelle, ja mikä osa tuotannosta viedään alueelta muualle Suomeen tai ulkomaille.

Määrällisesti eniten raaka-aineita tulee alueen tuotantoon muualta Suomesta. Elintarviketeollisuus käyttää tarkastelluista toimialoista suhteessa eniten alueen ulkopuolelta tuotavia raaka-aineita: vain noin 7 % toimialan käyttämistä raaka-aineista tuotetaan alueella, sillä alueella on eläintuotantoon perustuvaa elintarviketeollisuutta, joka tarvitsee paljon pinta-alaa raaka-aineiden tuotantoon. Lisäksi maatalousmaan osuus tarkastelun alueen kokonaispinta-alasta on Suomen keskiarvoa pienempi. Tarkastelun alueen keskeisten toimialojen raaka-aineiden käytössä suurin kotimaisuusaste (n. 96 %) on energiahuollossa ja paperiteollisuudessa. Sen sijaan muiden koneiden ja laitteiden valmistus käyttää toimialoista suhteessa eniten (31 %) ulkomailta tuotavia raaka-aineita. Alueelta saatavista tuotannon raaka-aineista suurin osa on kierrätysmateriaaleja ja teollisuuden sivuvirtoja. Alueelta viedään tuotteita muualle Suomeen ja ulkomaille eniten elintarviketeollisuudessa ja paperiteollisuudessa. Runsaan ulkomaille suuntautuvan viennin vuoksi alueella toimivien yritysten yhteenlaskettu vaihtotase on 100 miljoonaa euroa ylijäämäinen.

Alueen luonnonvarojen käytön tehokkuutta arvioitiin toimialoittain raaka-aineiden käytön ja kokonaistuotoksen suhteena (t/M€). Tarkastelusta käy ilmi perusteellisuuden ja jalostavan teollisuuden välinen ero raaka-aineiden, erityisesti kierrätysmateriaalien käytössä. Jyväskylän seudun keskeisistä toimialoista energiahuolto käyttää eniten raaka-aineita suhteessa tuotokseen. Esimerkiksi muiden koneiden ja laitteiden valmistus -toimialan raaka-aineiden käyttö suhteessa tuotokseen on vain noin 0,025 % energiahuollon raaka-ainetarpeesta. Perusteellisuudessa raaka-aineiden sataprosenttinen kierrätysaste ei ole käytännössä mahdollista, koska nykyinen kierrätysjärjestelmä ei mahdollista materiaalien sataprosenttista kierrätystä. Esimerkiksi paperiteollisuudessa kierrätystä häiritsevät materiaaleissa olevat lisäaineet, joilla muun muassa parannetaan tuotteiden laatua.

Alueellisella resurssivirtamallilla arvioitiin, kuinka suuri kerrannaisvaikutus ja arvonlisäys käytetyillä resursseilla tuotetaan. Tuotannon kerrannaisvaikutuksilla saadaan esille, miten kysynnän muutokset jollakin tietyllä toimialalla vaikuttavat ko. toimialan ohella myös muiden toimialojen tuotan-

tomääriin ja päästöihin. Tarkastelluista toimialoista paperiteollisuus on Jyväskylän seudun talouden näkökulmasta tärkein, sillä se tuottaa eniten välillisiä tuotannon kerrannaisvaikutuksia. Samalla se on alueen suurin toimiala. Toimialojen arvonlisäyksen tarkastelussa on otettava huomioon, että perusteollisuuden rooli taloudessa on tuottaa panoksia seuraaviin tuotannon jalostusvaiheisiin. Perusteollisuuden arvonlisäyksen täytyy olla matala, jotta luodaan edellytykset jalostavalla teollisuudelle. Perusteollisuuden panos, jonka se tuottaa seuraaviin jalostusvaiheisiin, mahdollistaa myös työllisyyden tuotantoketjun myöhempisiin vaiheisiin kuuluvilla toimialoilla.

Työssä arvioitiin resurssien käytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt, happamoittavat päästöt, rehevöittävät päästöt ja alailmakehän otsonipäästöt. Laskennassa otettiin huomioon alueen tuotannosta, kuljetuksista ja alueen tuotantoon tulevien raaka-aineiden valmistuksesta ja kuljetuksista aiheutuvat päästöt. Suurin osa kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä aiheutuu energiahuollon toimialalla. Tämä johtuu lähinnä turpeen suuresta osuudesta energiantuotannon raaka-aineena. Rehevöittävistä päästöistä suurin osa aiheutuu alueen elintarviketeollisuuden käyttämien kotimaisten tuontituotteiden elinkaaripäästöistä. Rehevöittävistä päästöistä vain 15 % aiheutuu alueella tapahtuvasta tuotannosta. Happamoittavista päästöistä suurin osa aiheutuu tuontituotteiden elinkaaripäästöistä. Alailmakehän otsonipäästöistä suurin osa aiheutuu kotimaisten tuontituotteiden elinkaaripäästöistä.

Päästöjä aiheutuu suhteessa tuotokseen eniten maataloudessa, paperiteollisuudessa, energiahuollossa, maaliikenteessä sekä kuljetuksessa ja varastoinnissa (pl. maaliikenne). Näillä toimi-aloilla tuotetaan joko alhaisen jalostusasteen tuotteita tai palveluita ja käytetään runsaasti polttoaineita. Maatalouden korkeat päästöt aiheutuvat pääosin lannoitteiden käytöstä viljelyssä, nautojen ruoansulatuksen metaanipäästöistä sekä tuotantoeläinten lannan varastoinnista ja peltokäytöstä. Päästöjä aiheutuu suhteessa tuotokseen vähiten muiden sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa, koneiden ja laitteiden sekä huonekalujen valmistuksessa, majoitus- ja ravitsemustoiminnassa sekä teknisissä ja liikkeenjohdon palveluissa kaikilla eri päästölajeilla tarkasteltuina. Syynä on tuotannon korkea jalostusaste tai vähäinen raaka-aineiden käyttö tuotannossa.

Jyväskylän seudun resurssivirtojen tarkastelussa kolme keskeisintä osa-aluetta, joilla voidaan parantaa alueen resurssitehokkuutta ja kiertotalouden edellytyksiä sekä vähentää päästöjä ja muita ympäristövaikutuksia ovat seuraavat: 1) Pyritään tehostamaan panosten käyttöä, 2) pyritään vähentämään jätteitä ja hyödyntämään tuotannosta aiheutuvia sivuvirtoja ja 3) pyritään nostamaan kierrätysmateriaalien jalostusarvoa.

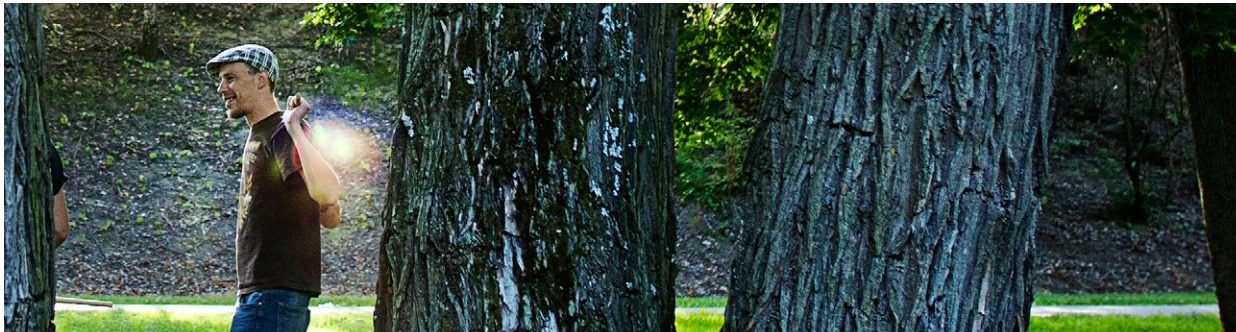
Tässä esitetyn menetelmän ja mallin soveltaminen on yleispätevä. Alueellinen tarkastelu tuo esiin alueen tuotannon

erityispiirteet, joita kansallisilla resurssitehokkuusmalleilla ei saada esille. Mikäli vastaavia tarkasteluja toteutetaan muilla alueilla Suomessa, myös alueiden väliset erot raaka-aineiden hankinnassa saadaan esille. Mallia sovellettaessa tulee tarkastelun alkuvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota tarkastelualueen rajaukseen ja alueen tuotantorakenteeseen. Yleisten tilastotietojen hyödynnettävyys on tärkeää, koska vain harvoin yrityksistä saadaan kattavat tiedot niiden tuotannosta ja sen rakenteesta. Malliin keskeisiin toimialoihin tulee valita toimialat, jotka käyttävät, käsittelevät tai hyödyntävät suurimman osan alueen resurssivirroista. Mallilla tuotettujen tulosten tarkkuustaso voidaan parantaa, kun tarkastelualueella toimivien yritysten toiminnasta, erityisesti raaka-aineiden käytömääristä ja alkuperästä, saadaan kattavampaa tietoa. Malli toimii tässä muodossaan erityisen hyvin alueilla, joissa liikkuu suuria fyysisiä materiaalivirtoja. Jatkossa mallia tulisi kehittää soveltumaan nykyistä paremmin myös alueille, joissa suuret materiaalivirrat puuttuvat ja toiminta koostuu pääasiassa hallinnosta ja palveluista. Tällöin alueen keskeiset toimialat muodostavat malliin ns. immateriaalisen ytimen.

Resurssitehokkuuden mittaamiseen ja seurantaan tarvitaan jatkossa alue- ja yritystason indikaattoreita. Alueen keskeisiin toimialoihin kuuluvien yritysten haastatteluissa kävi ilmi, ettei yrityksillä ole vielä kovinkaan yleisesti käytössä toiminnan resurssitehokkuutta kuvaavia indikaattoreita. Haastattelujen mukaan yritykset seuraavat resurssien käytön laatua ja tehokkuutta oman toimintansa näkökulmasta ja suhteessa omaan toimialaansa. Yrityksillä on myös tuotantoketjuissa omat roolinsa: perusteollisuus on energia- ja materiaali-intensiivistä, ja näillä toimialoilla syntyy myös suhteessa enemmän päästöjä tuotosta kohden kuin jalostavassa teollisuudessa. Yrityksille suunnattujen resurssitehokkuusindikaattorien tulisi olla kullekin toimialalle ja tuotantoketjun vaiheelle ominaisia. Indikaattoreiden liiallista yhdistämistä tulisi välttää, jotta niiden luotettavuus ja ymmärrettävyys säilyvät. Yritystason indikaattoritiedon tulisi olla aggregoitavissa aluetasolle.

Alueellisen resurssivirtamallin kehittämiseen liittyy jatkossa myös aineiston ja aluetilastoinnin kehittämistarpeita. Haasteiksi tunnistettiin erityisesti alueellisen panos-tuotos-aineiston puuttuminen (tiedon tuotannon organisointi), eri lähteistä olevien aineistojen yhdistäminen (toistettavuus, laadun arviointi) sekä olemassa olevan tiedon ja menetelmien hyödyntäminen (vertaisarviointi). Mallin sovellusmahdollisuuksien kehittämiseksi ja mallin käytön edistämiseksi mallin vaatima lähtöaineisto tulisi mahdollisuuksien mukaan koota keskitetysti esimerkiksi osaksi Tilastokeskuksen alue- ja ympäristötilinpitoa.

1. Johdanto



Työn tavoitteena oli kehittää kokonaisvaltainen aluetason todellisia materiaalmääriä kuvaava malli.

1.1 Alueelliset resurssivirrat

Luonnonvarojen käyttö ja taloudellinen toiminta tehdään alue- ja paikallistasolla. Alue- ja paikalliset tasot muodostavat yhdessä kansallisen tason. Myös maankäytön, asu- misen, liikenteen ja energiantuotannon sekä -kulutuksen ratkaisut tehdään pääosin alue- ja paikallistasolla. Tästä syystä resurssien käytön tarkastelu vaatii konkretisoi- mista sekä fyysisten resurssivirtojen tuntemista ja niistä syntyvien päästöjen ja ympäristövaikutusten arviointia alueellisella tasolla. Tiedot alueellisista energia- ja mate- riaalivirroista, sivuvirroista ja jätteistä tulee saada entistä paremmin näkyviksi.

Sitran toimeksiannosta tämän työn tavoitteena oli ke- hittää kokonaisvaltainen **aluetason todellisia materiaa- limääriä kuvaava malli**. Mallin tavoitteena on antaa luot- tettava kuva alueen luonnonvarojen käytöstä, toiminnan tehokkuudesta ja kokonaispäästöistä sekä ymmärryk- sen alueen toimialarakenteesta ja aluetalouden tilasta. Alueellinen resurssivirtamalli on laatuaan ensimmäinen Suomessa. Aiemmin massamme kehitetyt resurssivirta- mallit ja kansalliset panos-tuotomallit ovat kansallisen tason yleistyksiä ja siksi ne soveltuvat varsin rajoitetusti alueellisiin tarkasteluihin. Alueellinen tarkastelu edellyt- tää kansallista tasoa yksityiskohtaisempaa tietoa muun

muassa tuotannonrakenteesta, hyödykepohjasta, toimi- alojen välisestä vuorovaikutuksista, käytetyistä panoksista ja ympäristövaikutuksista.

Jo työn alkuvaiheessa päätettiin, että alueellinen mal- li kehitetään jo pitkään käytetyn panos-tuotos ajattelun perustalle. Panos-tuotomalli ilmaisee, miten rahamää- räiset resurssivirrat ohjautuvat alueen tuotantoon, toimi- alojen välillä ja kulutukseen sekä alueelta vientinä pois, millaista arvonnäytystä resurssivirroissa tapahtuu, ja kuin- ka suuri työllistävä vaikutus alueen tuotannosta syntyy. Nyt tavoitteena on laajentaa panos-tuotomallia aluetasolle siten, että se kattaa fyysiset materiaalivirrat, kuvaa kierrätyksen osuutta siinä ja samalla se kuvaisi fyysistä vir- roista syntyvät päästöt ja hyödyntämättömien sivuvirtojen ja jätteiden määrät.

Mallin pilottialueena toimii Jyväskylän seutu: Jyväskylä, Jämsä, Äänekoski, Laukaa ja Muurame. Tarkastelualue on toimeksiantajien valmiiksi määrittämä. Työssä testataan tarkastelualueen valintaa ja pohditaan muun muassa, min- kälaisille alueille ja aluetasoille materiaalivirtoihin perus- tuva resurssivirtamalli soveltuisi parhaiten ja mikä olisi mallin yleistettävyyden.

Luonnonvarojen kestävän käytön ja resurssitehokkuuden merkitys yhteiskunnassa kasvaa jatkuvasti sekä kestävän kehityksen että ihmisten hyvinvoinnin kannalta.

1.2 Resurssien käytön tehostaminen

Tieto resurssivirroista luo pohjan niiden käytön tehostamiselle. Resurssitehokkuuden lähtökohtana on käyttää maapallon resursseja kestäväällä tavalla ja vähentää niiden ympäristövaikutuksia (Euroopan komissio). Resurssitehokkuus on myös yksi tärkeimmistä keinoista tavoitteen saavuttamiseen ja siirtymään vähähiiliseen ja niukka-resurssiseen eli vihreään talouteen. Resurssitehokkuus kattaa mm. materiaalien ja energian käytön tehostamisen sekä tuotteiden tai jätteen kierrätyksen ja uudelleen käytön. Resurssitehokkuus laajassa merkityksessään sisältää materiaalin ja energian käytön lisäksi ilman, veden, maan ja maaperän käytön. Resurssitehokkuuden edistäminen liittyy oleellisesti EU:n energia- ja ilmastotavoitteisiin: kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen 60–80 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä.

Resurssiviisaus on resurssitehokkuutta laajempi käsite: Resurssiviisaus on kykyä käyttää erilaisia resursseja (luonnonvarat, raaka-aineet, energia, tuotteet ja palvelut, tilat ja aika) harkitusti ja hyvinvointia sekä kestävästi kehitystä edistävällä tavalla. Resurssiviisautta voidaan edistää muun muassa kierrätystalouden, materiaalien elinkaarihallinnan, energiatehokkuuden ja eri yhteisöjen yhteistoiminnan kautta.

Luonnonvarojen kestävän käytön ja resurssitehokkuuden merkitys yhteiskunnassa kasvaa jatkuvasti sekä kestävän kehityksen että ihmisten hyvinvoinnin kannalta. Materiaalien tuotanto ja kulutus korostuvat paitsi luonnonvarojen riittävyyden näkökulmasta, myös ilmastomuutoksen hillintätoimissa sekä muiden ympäristöongelmien torjunnassa. Tulevaisuudessa luonnonvarojen säästäminen ja niiden tehokkaampi käyttö nivoutuvat itsestään selvyytensä ihmisten arkielämään, yhdyskuntien kehittämiseen ja menestyvään liiketoimintaan: resurssien käyttöä

tehostamalla voidaan vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia, saavuttaa kustannussäästöjä ja parantaa toiminnan tehokkuutta ja tuottavuutta.

EU-komission resurssitehokkuustiekartan (2011) mukaan tuotannon ja kulutuksen, erityisesti elintarvikealan, asumisen ja liikenteen, kokonaisvaikutuksia ympäristöön on vähennettävä. Jätettä on käsiteltävä resurssina. Jättemäärää tulee vähentää absoluuttisesti ja kierrätettävien materiaalien energiahyödyntäminen ja sijoittaminen kaatopaikoille on lopetettava.

EU:n resurssitehokkuustiekartan mukaisesti resurssitehokkuuden lisääminen koskee laajasti koko yhteiskuntaa ja kattaa seuraavat osa-alueet:

- **käytettävän materiaalin** määrän vähentäminen
- **jätteen** määrän minimointi
- **luonnonvarakannan** kestävä hallinta
- **kulutustottumusten** muutokset
- **tuotantoprosessien** optimointi
- **liiketoimintamallien** kehittäminen
- **logistiikan** parantaminen.

Suomelle resurssitehokkuus on erityisen tärkeä tekijä, koska materiaalien ja energian kulutus henkeä kohden on korkea johtuen korkeasta kulutustasosta, energiaintensivisestä luonnonvarojen jalostavasta teollisuudesta, perustuotannon suuresta määrästä, kylmästä ilmastosta, pitkistä kuljetusmatkoista ja harvasta asutuksesta. Toisaalta Suomessa on runsaat luonnonvarat ja myös siksi meidän on huolehdittava, että näistä resursseista saadaan mahdollisimman suuri hyöty irti vahingoittamatta ekosysteemien kantokykyä ja ekosysteemipalveluiden tuotantoa.

1.3 Tieto alueellisista resurssivirroista avaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia

Toteutuessaan alueellinen resurssivirtamalli tarjoaisi uudenlaisia eväitä ja sovellusmahdollisuuksia kestäväan alue-suunnitteluun ja rakentamiseen, biotalouden ja kiertotalouden edistämiseen sekä suunnitelmien, ohjelmien ja hankkeiden vaikutusten arviointiin. Mallin avulla voitaisiin arvioida mm. erilaisten kysynnässä tai teknologiassa tapahtuvien muutosten kokonaisvaikutuksia alueen teollisuuden tuotantomääriin, aluetalouteen, työllisyyteen ja päästöihin. Näin toteutuessaan arvioinnilla saatu tieto voitaisiin aluetasolla sisällyttää muun muassa maankäytön suunnitteluun ja kaavoitukseen, lupamenettelyihin, kehittämissuunnitelmiin, suunnitelmien ja ohjelmien vaikutusten arviointeihin sekä hankearviointeihin. Kaikilla näillä välineillä voidaan aluetasolla vaikuttaa siihen, että resurssit käytetään aiempaa tehokkaammin ja ympäristön

kannalta vähäisemmin vaikutuksin. Tämä edellyttää yritysten, kuntapäätäjien, kotitalouksien ja viranomaisten yhteistyön lisäämistä ja tietoisuutta resurssitehokkuudesta.

Malli voisi myös avata kiinnostavia mahdollisuuksia yritysten liiketoiminnan kehittämiseen ja päätöksentekoon. Yritykset voisivat hyödyntää mallia toiminnan resurssitehokkuuden arvioinnissa ja vertailussa omaan toimialaansa nähden. Jo nyky muodossaan panos-tuotomallilla voidaan tunnistaa yritysten merkitys aluetaloudelle, työllisyydelle ja kerrannaisvaikutukset aluetalouteen. Laajennettuna aluemalli kuvaisi uusina ominaisuuksina kokonaispäästöjä, yritysten roolia kiertotalouden edistämässä ja erilaisia resurssitehokkuutta kuvaavia tunnuslukuja. Näitä kaikkia voidaan hyödyntää uudenlaisen liiketoiminnan kehittämisessä.

1.4 Hankkeen toteutus ja ohjaus

Hanke toteutettiin osana Sitran Resurssiviisas ja vähähiilinen yhteiskunta strategista teema-alueetta, jonka tavoitteena on luoda edellytyksiä ekologisesti kestäväälle yhteiskunnalle. Selvitys auttaa Sitraa suuntaamaan lähivuosien toimintaansa ja tukee vuoden 2013 alussa käynnistyneiden hankekokonaisuuksien ”Teolliset symbioosit” ja Resurssiviisas alue” toteuttamista.

Hankkeen rahoituksesta ja ohjauksesta vastasi Sitran vanhemman neuvonantajan Jukka Noposen johdolla ohjausryhmä, johon kuuluivat asiantuntijoina Laura Järvinen, Lari Rajantie ja Lilli Linkola Sitrasta, Outi Pakarinen

Jyväskylän kaupungilta, neuvotteleva virkamies Anne Vehviläinen maa- ja metsätalousministeriöstä, ylitarkastaja Erja Fagerlund työ- ja elinkeinoministeriöstä ja neuvotteleva virkamies Merja Saarnilehto ympäristöministeriöstä. Työn toteutuksesta vastasi Ramboll Finland Oy yhteistyössä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen kanssa (MTT). Hankkeen projektipäällikkönä toimi Joonas Hokkanen ja projektikoordinaattorina Riina Känkänen Rambollista. Asiantuntijoina työssä toimivat Ari Sirkiä ja Heikki Savikko (Ramboll) sekä Yrjö Virtanen, Taija Sinkko ja Juha-Matti Katajajuuri (MTT).

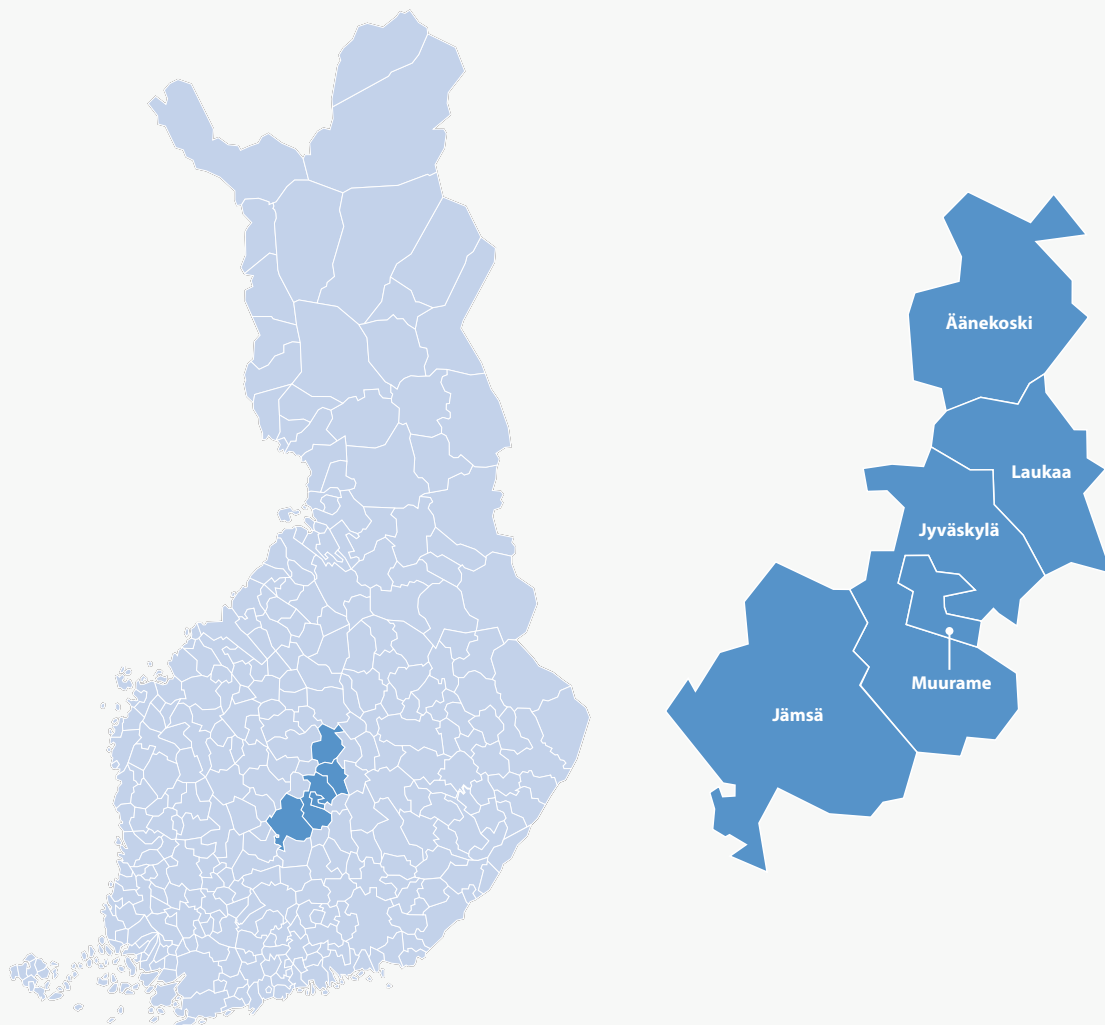
2. Alueellisen resurssivirtamallin kuvaus

Hankkeessa kehitettiin kokonaisvaltainen **aluetason tarkasteluihin soveltuva ja materiaalien käyttömääriin perustuva resurssivirtojen arviointimalli**. Mallin piltialueena toimi Jyväskylän seutu. Tarkastelu oli rajattu

toimeksiannossa Jyväskylän kaupunkiseudun kaupunkeihin ja kuntiin: Jyväskylä, Jämsä, Äänekoski, Laukaa ja Muurame (kuva 1).

Kuva 1. Jyväskylän seudun tarkastelualue sisältäen kunnat: Jyväskylä, Jämsä, Laukaa, Muurame ja Äänekoski

Muokattu lähteestä Paikkatietoikkuna.fi

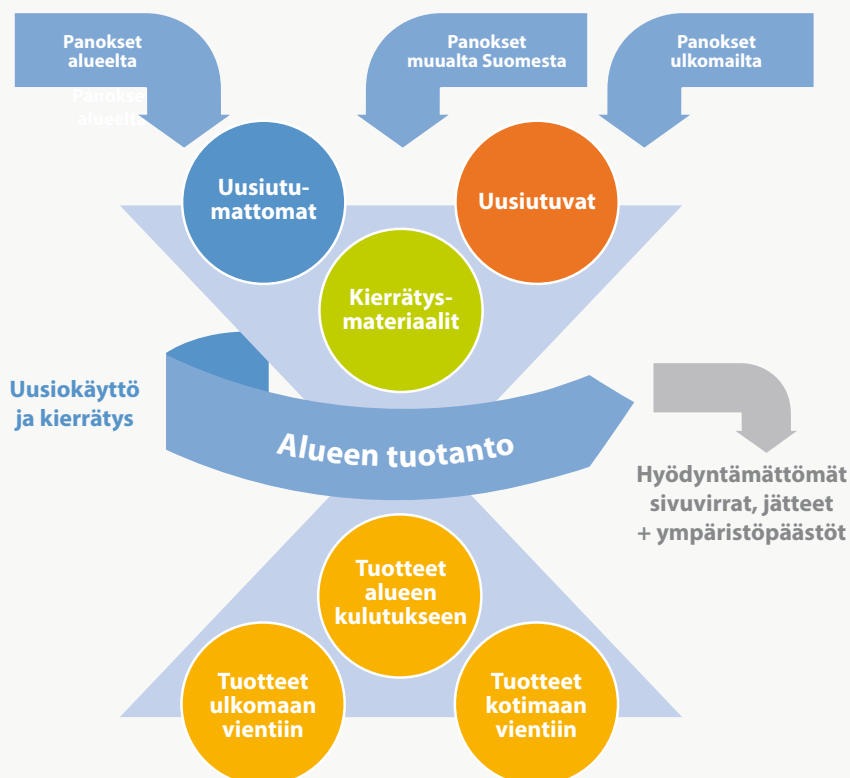


Mallin avulla analysoitiin aluetasolla:

- Mitä raha- ja materiaalimääräisiä resursseja (€, tonni, m³) käytetään alueen tuotannossa ja miltä maantieteelliseltä alueelta käytetyt panokset ovat peräisin.
- Miten raha- ja materiaalimääräiset resurssivirrat (€, tonni, m³) ohjautuvat alueella toimialojen välillä ja kulutukseen sekä alueelta pois?
- Kuinka suuri osuus alueen tuotannon panoksista on uusiutuvia tai uusiutumattomia luonnonvaroja taikka kierrätysmateriaaleja?
- Miltä maantieteelliseltä alueelta panokset ovat peräisin?
- Kuinka suuri arvonlisäys käytetyillä resursseilla tuotetaan?
- Kuinka suuret kokonaispäästöt resurssien käytöstä aiheutuu?
- Kuinka suuri osuus alueen tuotannosta jää kulutukseen alueella ja kuinka suuri osuus viedään kotimaahan tai ulkomaille?
- Miten erilaiset teknologiset ja kysynnän muutokset vaikuttavat mm. toimialojen välisiin vuorovaikutussuhteisiin, tuotantomääriin, arvonlisäykseen, työllisyyteen ja ympäristövaikutuksiin?
- Mikä on hyödyntämättömien sivuvirtojen/jätteiden materiaalimäärä?

Mallin viitekehys on esitetty seuraavassa kaaviossa (kuva 2).

Kuva 2. Alueellisen resurssivirtamallin viitekehys



Jyväskylän seutua kuvaava alueellinen resurssivirtamalli muodostettiin viidessä keskeisessä vaiheessa (kuva 3):

- 1. Alueellinen panos-tuotostaulukko euromääräisenä**
 - Alueellisen panos-tuotostaulu tuotettiin osana työtä, koska riittävän ajantasaista alueen panos-tuotostaulukkoa ei ollut saatavilla valmiina.
- 2. Alueen keskeisten toimialojen (= mallin ytimen) materiaalimääräiset tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukot sekä ympäristömoduuli**
 - Valittiin alueen keskeiset toimialat, eli mallin ytimen muodostavat toimialat, ja niiden resurssivirrat kuvattiin fyysisinä suureina. Toimialalla toimivien yritysten päästöt saatiin julkisista viranomaislähteistä (esim Vahti-tietokanta) ja/tai kyselyillä suoraan yrityksiltä.
 - Kuljetuksista (valmiiden tuotteiden ja käytettyjen panosten) sekä alueen ulkopuolella tuotettujen panosten tuotannosta aiheutuvat päästöt laskettiin elinkaarimalleilla.
- 3. Mallin ytimen euromääräinen panos-tuotostaulukko sekä ympäristömoduuli**
 - Alueen materiaalimääräinen panos-tuotostaulukko muunnettiin euromääräiseksi tuotteiden perushintojen avulla, jotka saatiin määriteltyä Tilastokeskuksen teollisuustietojen avulla.
- 4. Ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko**
 - Yhdistettiin keskeisistä yrityksistä muodostuva ydin ja ytimen ulkopuolinen osa. Ytimen ulkopuolinen osa saatiin euromääräisenä suoraan ensimmäisen vaiheen panos-tuotostaulukosta ja siihen liittyvät päästöt laskettiin yleisesti käytävissä olevien sekä asiantuntijoiden arvioimien kertoimien avulla.
- 5. Tulosten laskenta: Laskentaosiossa laskettiin erilaiset tunnusluvut tarkastellusta ajankohdasta sekä tehtiin erilaisia tarkasteluja tuotantomäärien tai teknologioiden muutosten vaikutuksista. Työssä laskettiin mm:**
 - Toimialojen toiminnasta aiheutuvat päästöt ja ympäristövaikutukset sekä niiden haitallisuus: ominaisvaikutus/tuotos, ominaisvaikutus/työllistetty
 - Minkä verran toimialan panoksista tulee alueen sisältä ja minkä verran alueen ulkopuolelta
 - Materiaalivirtojen tehokkuuksia: neitseellisten materiaalien käyttö/tuotos, kiertotalouden materiaalien käyttö/tuotos.

Lisäksi mallilla laskettiin perinteiset panos-tuotostaulukoiden tulokset, kuten esimerkiksi:

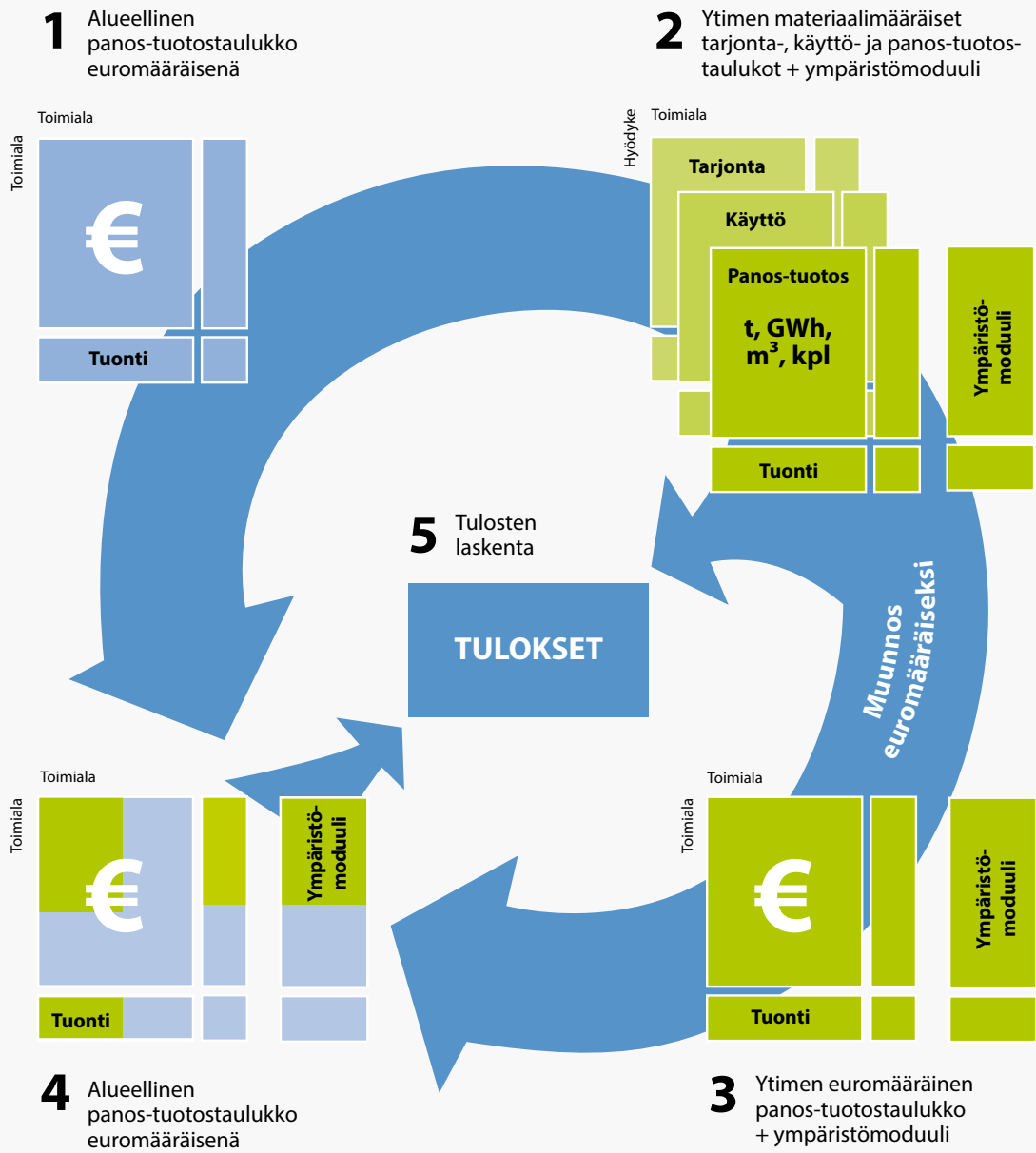
- Mitkä ovat päälähteet alueen asukkaiden tuloista
- Paljonko eri toimialoilla on työpaikkoja ja liikevaihtoa
- Tuotannon kerrannaisvaikutukset
- Mitkä toimialat tuovat alueelle tuloja ja mitkä toimialat kierrättävät jo alueella olevaa rahaa

Näiden lisäksi olisi mahdollista muodostaa erityyppisiä esimerkiksi ympäristövaikutuksia yhdistäviä indikaattoreita. Tämä edellyttäisi näiden erilaisten ympäristövaikutusten painottamista. Yhdistäviä indikaattoreita ei tässä työssä muodostettu.

Mallin muodostaminen, menetelmät ja aineistot on kuvattu raportin liitteessä 1.

Laskentaosiossa laskettiin erilaiset tunnusluvut tarkastellusta ajankohdasta sekä tehtiin erilaisia tarkasteluja tuotantomäärien tai teknologioiden muutosten vaikutuksista.

Kuva 3. Alueellisen ympäristölaajennetun panos-tuotsmallin muodostaminen. Ytimellä tarkoitetaan tässä alueen keskeisimpiä toimialoja.



3. Resurssivirrat Jyväskylän seudulla



3.1 Alueellisen resurssitehokkuuden tunnusluvut

Tällä hetkellä ei ole yhtä yhtenäistä määritelmää resurssitehokkuudelle. Tässä työssä resurssitehokkuutta tarkasteltiin luonnonvarojen käytön, päästöjen, jätteiden muodostumisen ja kierrätyksen sekä alueellisen hyvinvoinnin näkökulmasta.

Euroopan komission esittämä alustava pääindikaattori on "luonnonvarojen tuottavuus", jolla mitataan resurssitehokkuuden etenemissuunnitelman päätavoitetta eli talouden suorituskyvyn parantamista samalla, kun luonnonvaroihin kohdistuvaa painetta vähennetään. Kansallisen tason resurssitehokkuus lasketaan tällä hetkellä resurssien käytön ja taloudellisen hyödyn (BKT) suhteena.

Tässä hankkeessa Jyväskylän seudun tarkasteluun valittiin seuraavat tunnusluvut:

- **Raaka-aineiden käyttö**
suhteessa kokonaistuotukseen toimialoittain
- **Luonnonvarojen ja kierrätysmateriaalien osuus**
käytetyistä raaka-aineista
- **Ulkomaisen ja kotimaisen tuonnin osuus**
käytetyistä raaka-aineista
- **Alueellisen käytön ja viennin osuus**
kokonaistuotoksesta
- **Tuotannon arvonlisäys**
suhteessa käytettyihin panoksiin
- **Ympäristövaikutukset** suhteessa tuotannon arvoon
- **Päästöt** suhteessa tuotokseen

Näillä tunnusluvuilla lasketut tulokset Jyväskylän seudulle on esitetty seuraavissa luvuissa 3.2.–3.7.

Tässä työssä resurssitehokkuutta tarkasteltiin luonnonvarojen käytön, päästöjen, jätteiden muodostumisen ja kierrätyksen sekä alueellisen hyvinvoinnin näkökulmasta.

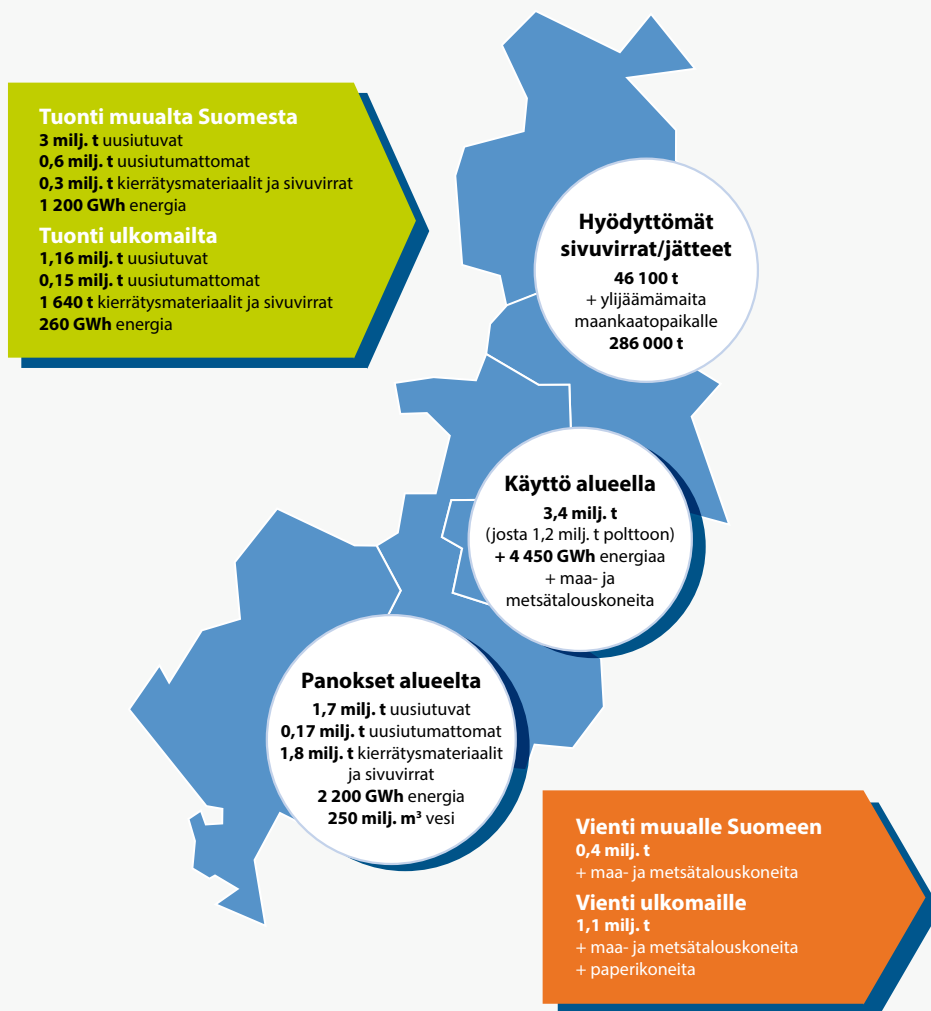
3.2 Jyväskylän alueen resurssivirrat

Kuvassa 4 on kuvattu alueen teollisuuden ja palveluiden keskeiset materiaalivirrat Jyväskylän seudulla poikkileikkausvuonna 2012. Kaaviosta ilmenee tuotannossa käytettyjen panosten laatu (uusiutuvat, uusiutumattomat, kierrätysmateriaalit, sivuvirrat ja energia), panosten alku-

perä (alueelta, muualta Suomesta, ulkomailta). Lisäksi esitetään, mikä osa alueen tuotannosta jää käyttöön alueella (väli- tai lopputuotekäyttöön) ja mikä osa on vientiä alueelta muualle Suomeen tai ulkomaille.

Kuva 4. Jyväskylän seudun keskeisten toimialojen materiaalien käyttö ja tuotanto poikkileikkausvuonna 2012.

Toimipaikkojen sisäiset materiaalin siirrot eivät tule esille fyysisten virtojen tarkastelussa. Vesi pitää sisällään raaka- ja talousveden käytön.



Sininen varjostus = kuvaa alueen keskeisiin toimialoihin kuulumattomien toimialojen materiaalien käyttöä ja tuotantoa, joiden määrää ei ole työssä selvitetty. Kuvassa on ilmoitettu vain alueen keskeisten toimialojen materiaalien käyttö ja tuotanto.

Määrällisesti eniten panoksia pilottialueelle tulee muualta Suomesta (3,9 milj. t). Näistä noin kolme miljoonaa tonnia on uusiutuvia materiaaleja, joista suurin osa on puunjalostus- ja energiateollisuuden raaka- ja polttoaineina käyttämiä raakapuuta, puuhaketta ja -lastuja. Elintarviketeollisuuden käyttämät eläinperäiset raaka-aineet ovat toinen suuri osa uusiutuvista raaka-aineista, joita käytetään alueella panoksina. Muualta Suomesta tulevat uusiutumattomat raaka-aineet ovat pääosin turvetta, jota käytetään polttoaineena energiateollisuudessa ja pienissä määrin paperiteollisuudessa. Muualta Suomesta tulevat kierrätysmateriaalit sekä sivuvirrat ovat suurimmilta osin kierrätyspaperia ja kartonkia sekä puun kuorta, jotka menevät paperiteollisuuden ja energiateollisuuden käyttöön. Muualta Suomesta tuontina tuleva energia on sähköä. Osa Jyväskylän seudulla toimivista yrityksistä on keskittänyt koko konserninsa energianhankinnan, jolloin Jyväskylän seudulla sijaitseville toimipisteille sähkö tulee muualta Suomesta yritysten välisten sopimusten mukaisesti.

Ulkomailta alueen tuotantoon tulevat uusiutuvat raaka-aineet ovat pääosin raakapuuta, jota tuodaan Jyväskylän seudulle nykyisellään 0,16 milj. t. Ulkomailta tulevat uusiutumattomat raaka-aineet ovat puolestaan kivihiiltä, polttoöljyä sekä alueen teollisuuden käyttämiä kemikaaleja. Ulkomailta tuotavat kierrätysmateriaalit ja sivuvirrat ovat marginaalisia verrattaessa muihin ulkomailta tuotaviin raaka-aineisiin tai muualta Suomesta ja alueelta tuleviin kierrätysmateriaaleihin ja sivuvirtoihin.

Alueen omista panoksista suurin osa on kierrätysmateriaaleja ja teollisuuden sivuvirtoja. Alueen sisällä hyödynnettävät kierrätysmateriaalit ja sivuvirrat voidaan karkeasti jakaa kolmeen käyttökohteeseen: uusiokäyttö energiantuotannossa, uusiokäyttö kuituna paperiteollisuudessa sekä uusiokäyttö raaka-aineena metalliteollisuudessa. Energiantuotannossa käytettäviä sivuvirtoja ovat muun muassa 0-kuitu/bioliete, mustalipeä, puun kuori sekä REF-kierrätyspolttoaine. Jätepaperia ja kartonkia kerätään alueen teollisuudelta sekä kotitalouksilta alueella toimivan paperiteollisuuden raaka-aineeksi. Metalliteollisuuden käyttöön tulevat kierrätysmateriaalit ja sivuvirrat

ovat metalliromua, joka sulatetaan ja muokataan uusiksi alueella toimivilla valimoilla.

Jyväskylän seudun uusiutuvat raaka-aineet ovat raakapuuta, puuhaketta ja -lastuja sekä elintarviketeollisuuden tuotannossa käytettäviä eläinperäisiä raaka-aineita. Lisäksi alueella kiertää uusiutuvia, jo jalostettuja raaka-aineita, kuten selluloosaa sekä hierrettä. Alueen uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö on melko vähäistä suhteessa uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön. Uusiutumattomissa luonnonvaroissa on pääosin soraa, hiekkaa, savea sekä turvetta. Jyväskylän seudulla käytettiin poikkileikkausvuonna vettä noin 250 milj. m³, joka pitää sisällään raaka- ja talousveden käytön. Suurin osa vedestä käytetään energiateollisuudessa ja paperiteollisuudessa prosessivetenä ja lasketaan käytön jälkeen takaisin vesistöön.

Jyväskylän seudun tuotannosta muualle Suomeen kohdistuvaa vientiä syntyy eniten elintarviketeollisuudessa ja paperiteollisuudessa. Muualle Suomeen vietiin lisäksi maa- ja metsätaloukskoneita. Ulkomaan vienti perustuu pääasiassa samojen toimialojen tuotteisiin kuin kotimaan vienti. Paperiteollisuuden tuotteita viedään ulkomaille määrällisesti eniten ja loppuosa ulkomaan viennistä koostuu elintarviketeollisuuden sekä puu- ja metalliteollisuuden tuotteiden viennistä. Lisäksi maa- ja metsätaloukskoneita sekä paperikoneita vietiin Jyväskylän seudulta ulkomaille.

Jyväskylän seudulla muodostuu hyödyntämättömiä sivuvirtoja ja jätteitä kaikkiaan noin 46 100 tonnia. Tämä määrä pitää sisällään: 1) Rakentamisessa ja purkamisessa muodostuvat jätteet (18 700 t), 2) puun käsittelyssä sekä levyjen ja huonekalujen, massan, paperin ja kartongin valmistuksessa syntyvät jätteet (12 000 t), 3) termisissä prosesseissa syntyvät jätteet (5 900 t), 4) metallien ja muovien muovaamisessa sekä fysikaalisessa ja mekaanisessa pintakäsittelyssä syntyvät jätteet (4 120 t). Hyödyntämättömien sivuvirtojen ja jätteiden määrä Jyväskylän seudulla on varsin vähäinen verrattuna alueella käytettyjen raaka-aineiden määrään. Edellä esitettyjen lisäksi rakentamisessa syntyy ylijäämämaita, joita ei ole hyödynnetty muussa rakentamisessa. Näiden ylijäämämaiten määrä oli tarkasteluvuonna noin 286.000 tonnia.

Materiaalivirtoja voidaan kuvata myös rahamääräisinä. Kuvassa 5 on kuvattu rahavirtojen kulku Jyväskylän seudulla poikkileikkausvuonna 2011.

Jyväskylän seudulla tapahtuva tuotanto käytti vuonna 2011 panoksinaan tuontituotteita noin 3,9 miljardin euron arvosta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että 2,7 miljardia euroa siirtyi vuonna 2011 Jyväskylän seudulta muualle Suomeen ja 1,2 miljardia euroa ulkomaille raaka-aine- ja

palveluhankintoina. Mikäli ulkomaisia tuontituotteita pystytään korvaamaan kotimaisella tuotannolla, tämä hyödyttää Suomen kansantalotta. Vastaavasti alueellisen tuotannon osuutta kasvattamalla parannetaan aluetaloutta, kun rahat on käytettävissä alueella.

Jyväskylän seudulta tapahtuva vienti muualle Suomeen oli noin 1,5 miljardia euroa ja vienti ulkomaille noin 2,5 miljardia euroa. Kotimainen vienti alueelta oli noin 1,2 miljardia

Kuva 5. Rahavirtojen kulku Jyväskylän seudulla poikkileikkausvuonna 2011

Lähde: Aluetilinpito 2011.

Tuontituotteiden ostot vievät rahaa alueelta pois. Vientituotteiden myynti tuo rahaa alueelle. Runsaan ulkomaille suuntautuvan viennin vuoksi alueella toimivien yritysten yhteen laskettu vaihtotase on 100 miljoonaa euroa ylijäämäinen.



euroa vähemmän kuin kotimaan tuonti väli tuotekäyttöön alueelle. Vienti ulkomaille oli noin 1,3 miljardia euroa enemmän kuin tuonti ulkomailta väli tuotekäyttöön. Runsaan ulkomaille suuntautuvan viennin vuoksi alueella toimivien yritysten yhteen laskettu vaihtotase on 100 miljoonaa euroa ylijäämäinen. Resurssivirtamallissa valmiiden tuotteiden ja palveluiden tuonti yksityiseen kulutukseen on tässä pilottihankkeessa rajattu pois. Tämän vuoksi Jyväskylän seudun vaihtotasetta ei voida laskea nykyisellä mallilla ilman yksityisen kulutuksen tarkempaa tarkastelua.

Tarkastelualueelta saatavat panokset väli tuotekäyttöön (2,6 mrd €) kiertävät alueella toimialalta ja toimijalta

toiselle synnyttäen arvonlisäystä sekä työllisyyttä alueella. Alueellisten panosten käyttö ei kuitenkaan synnytä uutta rahavirtaa alueella, vaan kierrättää alueella jo olevaa rahaa. Samoin kuin alueelta tulevat panokset väli tuotekäyttöön, Jyväskylän seudulla valmistettujen lopputuotteiden käyttö alueella (5,0 mrd €) kierrättää jo alueella olevaa rahaa synnyttäen samalla työllisyyttä alueelle. Pääoman bruttomuodostus (1,5 mrd €) pitää sisällään myös investoinnit. Uusi investointi voi tuoda rahaa alueelle investoinnin tullessa alueen ulkopuolelta tai ulkoisilta rahoittajilta.

Runsaan ulkomaille suuntautuvan viennin vuoksi alueella toimivien yritysten yhteen laskettu vaihtotase on 100 miljoonaa euroa ylijäämäinen.

3.3 Toimialojen raaka-aineiden käyttö suhteessa kokonaistuotokseen

Jyväskylän seudun keskeisistä toimialoista energiahuolto käyttää eniten raaka-aineita (14 317 t/M€) suhteessa tuotokseen (kuva 6). Sen sijaan ostoenergian käyttö suhteessa tuotokseen on energiahuollossa toimialoista pienin (0,01 GWh/M€). Energiahuolto on kokonaistuotoksen ja liikevaihdon perusteella alueen toimialoista 12. suurin. Muiden koneiden ja laitteiden valmistus käyttää tarkastelluista toimialoista vähiten raaka-aineita ja toiseksi vähiten energiaa tuotosta kohden. Toimialan raaka-aineiden käyttö suhteessa tuotokseen on vain noin 0,025 % energiahuollon raaka-ainetarpeesta. Muiden koneiden ja laitteiden valmistus on alueen toiseksi suurin toimiala paperiteollisuuden ja painamisen jälkeen.

Elintarviketeollisuus käyttää tarkastelluista toimialoista suhteessa eniten alueen ulkopuolelta tuotavia raaka-aineita: vain noin 7 % toimialan käyttämistä raaka-aineista tuotetaan alueella, 92 % tuodaan muualta Suomesta ja noin prosentti ulkomailta. Tämä johtuu siitä, että alueella on eläintuotantoon perustuva elintarviketeollisuutta, meijereitä ja lihanjalostusteollisuutta. Eläintuotanto tarvitsee huomattavasti enemmän maatalousmaata verrattuna

kasvintuotantoon, sillä eläinten kuluttaman rehumäärän kasvattamiseen tarvitaan paljon tuotantoalaa. Esimerkiksi yhden sianlihakilon tuottaminen vaatii kolme kiloa rehua (Ruokatieto Yhdistys ry 2014). Maatalousmaan osuus alueen maapinta-alasta on myös hieman alhaisempi kuin Suomen keskimääräinen, alueen maa-alasta 6,9 % on maatalouskäytössä, kun koko Suomen keskiarvo on 7,4 %. Lisäksi alueen maatalousmaasta hieman suurempi osa, 14,5 %:a, on kesannolla tai muuten viljelemättä verrattuna koko Suomen tasoon, jolla maatalousmaasta viljelemättä on noin 11 % (TIKE 2014). Kaikki maatalousmaa alueella ei kuitenkaan ole sidottu eläintuotantoon, alueella viljellään myös esimerkiksi ruokohelpeä ja perunaa. Lisäksi osa viljanviljelyn pinta-alasta käytetään muuhun tarkoitukseen kuin eläinten rehuksi.

Puuteollisuuden käyttämistä raaka-aineista 48 % on peräisin alueelta ja 39 % muualta Suomesta. Raaka-aineista 13 % tuodaan ulkomailta. Paperiteollisuuden käyttämistä raaka-aineista 47 % on peräisin alueelta, 48 muualta Suomesta ja vain 5 % ulkomailta. Tarkastelluista toimialoista muiden koneiden ja laitteiden valmistus käyttää suhteessa

eniten (31 %) ulkomailta tuotavia raaka-aineita. Raaka-aineiden käytössä suurin kotimaisuusaste (n. 96 %) on energiateollisuudessa ja paperiteollisuudessa.

Paperiteollisuuden talousveden kulutus tuotettua miljoonaa euroa kohden on 20-kertainen energiateollisuuden verrattuna ja 126-kertainen muiden koneiden ja laitteiden valmistukseen verrattuna. Paperiteollisuuden talousveden käyttö on 1,5-kertaista suhteessa raakaveden käyttöön. Energiateollisuudessa talousvettä käytetään

noin prosentti suhteessa raakaveden käyttöön. Energiateollisuuden raakaveden kulutus suhteessa tuotettua miljoonaa kohden on 93-kertainen suhteessa paperiteollisuuden raakaveden käyttöön.

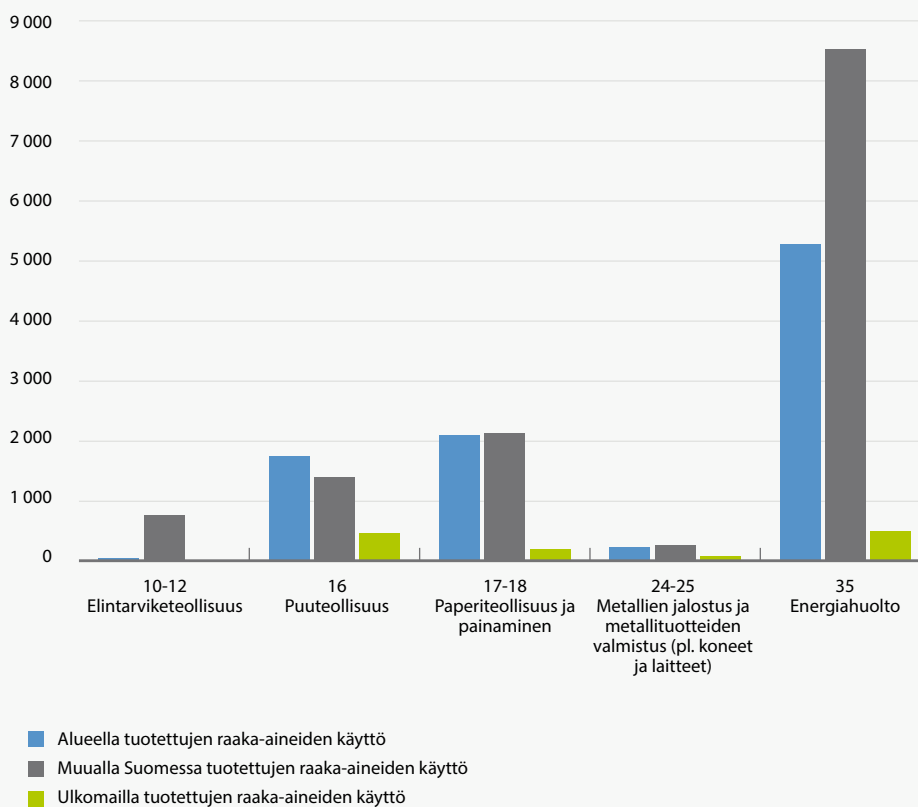
Uusiutuvia luonnonvaroja käytetään keskeisistä toimialoista eniten elintarviketeollisuudessa, puuteollisuudessa sekä paperiteollisuudessa ja painamisessa (kuva 7). Kierrätysmateriaalien osuus käytetyistä tuotannon raaka-aineista on suurin metallien jalostuksessa ja metallituotteiden

Kuva 6. Jyväskylän seudun keskeisten toimialojen raaka-aineiden käyttö suhteessa kokonaistuotokseen (t/milj. €).

Paperiteollisuus ja painaminen (17-18) -toimialalla vaikutukset aiheutuvat pääasiassa paperiteollisuudessa.

Raaka-aineiden käyttö tuotoksen suhteen

t/Milj. €



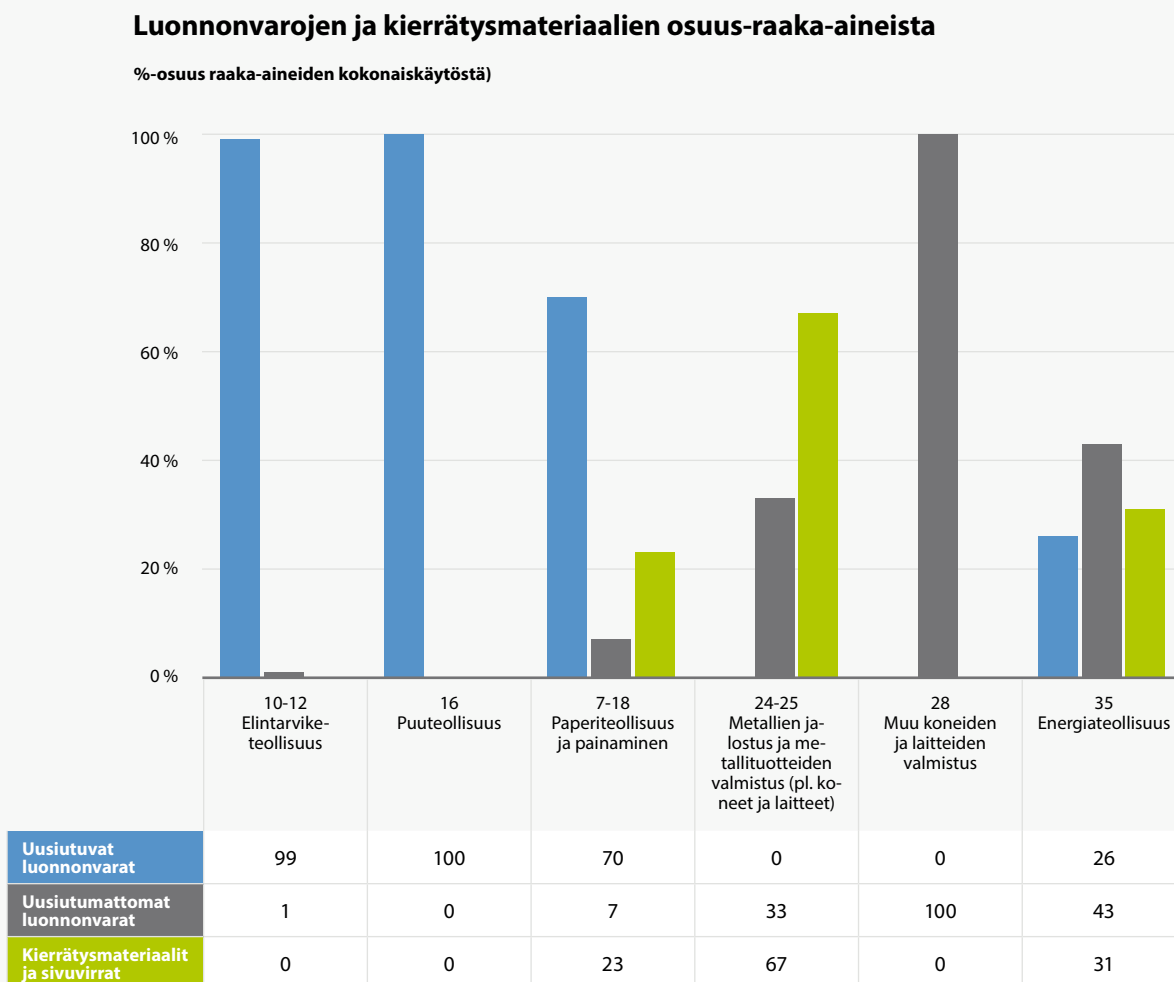
valmistuksessa. Osittain kierrätysmateriaalien jäljet hukuvat tuotantoketjuissa, minkä vuoksi muun muassa koneiden ja laitteiden valmistus perustuu kerättyjen tietojen perusteella pelkästään uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön. Tämä siitä huolimatta, että esimerkiksi valimoilla tuotetut harkot sisältävät jonkin verran kierrätysmetalleja.

Tarkastelusta käy ilmi perusteellisuuden ja jalostavan teollisuuden ero raaka-aineiden, erityisesti kierrätysmateriaalien käytössä. Perusteellisuudessa raaka-aineiden

sataprosenttinen kierrätysaste ei ole käytännössä mahdollista, koska nykyinen kierrätysjärjestelmä ei mahdollista materiaalien sataprosenttista kierrätystä. Esimerkiksi paperiteollisuudessa kierrätystä häiritsevät materiaaleissa olevat lisäaineet, joilla parannetaan tuotteen laatua.

Tarkastelluista toimialoista erityisesti energiahuollossa uusiutumattomia energianlähteitä on mahdollista korvata uusiutuvilla energianlähteillä (ks. luku 4.3 Panosten käytön tehostaminen ja päästöjen vähentäminen).

Kuva 7. Jyväskylän seudun keskeisten toimialojen uusiutuvien ja uusiutumattomien luonnonvarojen sekä kierrätysmateriaalien käyttö (%-osuus raaka-aineiden kokonaiskäytöstä)



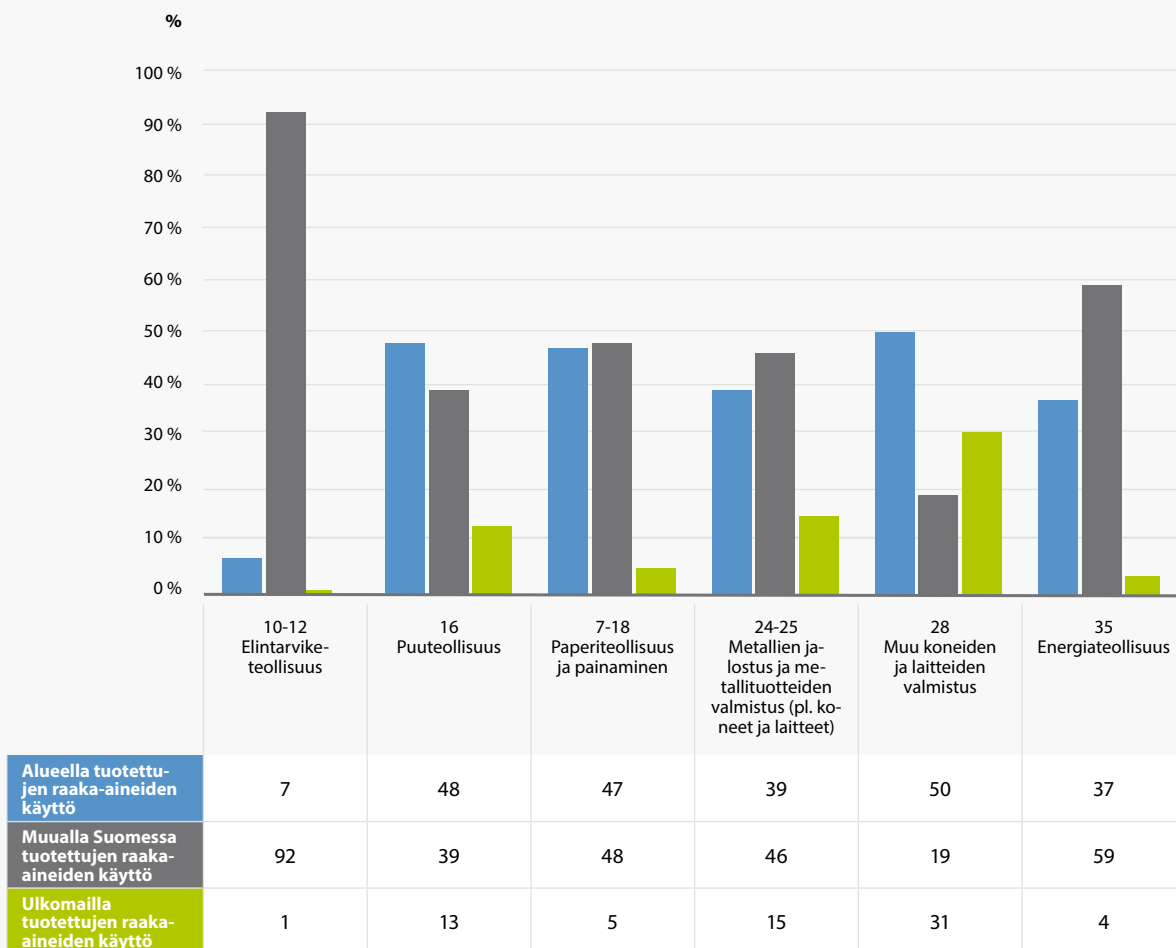
Kuvasta 8 käy ilmi tarkastelualueen asemoituminen raaka-aineiden käytössä muuhun Suomeen nähden. Esi-merkiksi maatalousmaan hieman keskimääräistä alhaisempi osuus tarkastelualueen maapinta-alasta näkyy elintarviketeollisuuden raaka-aineiden hankinnassa: suurin osa elintarviketeollisuuden raaka-aineista tuodaan muualta Suomesta, koska alueelta ei riitä raaka-aineita alueen elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Tähän vaikuttaa myös

alueen elintarviketeollisuuden keskittyminen eläinperäisiin tuotteisiin, maitoon ja lihaan, sillä eläintuotanto vaatii kasvintuotantoa enemmän pinta-alaa.

Alueellinen tarkastelu tuo esiin alueen tuotannon erityispiirteet, joita kansallisilla resurssitehokkuusmalleilla ei saada esille. Mikäli vastaavia tarkasteluja toteutettaisiin muilla alueilla Suomessa, myös alueiden väliset erot raaka-aineiden hankinnassa saataisiin esille.

Kuva 8. Jyväskylän seudun keskeisten toimialojen ulkomaisen ja kotimaisen tuonnin (%) osuus raaka-aineiden kokonaiskäytöstä

Ulkomaisen ja kotimaisen tuonnin osuus käytetyistä raaka-aineista



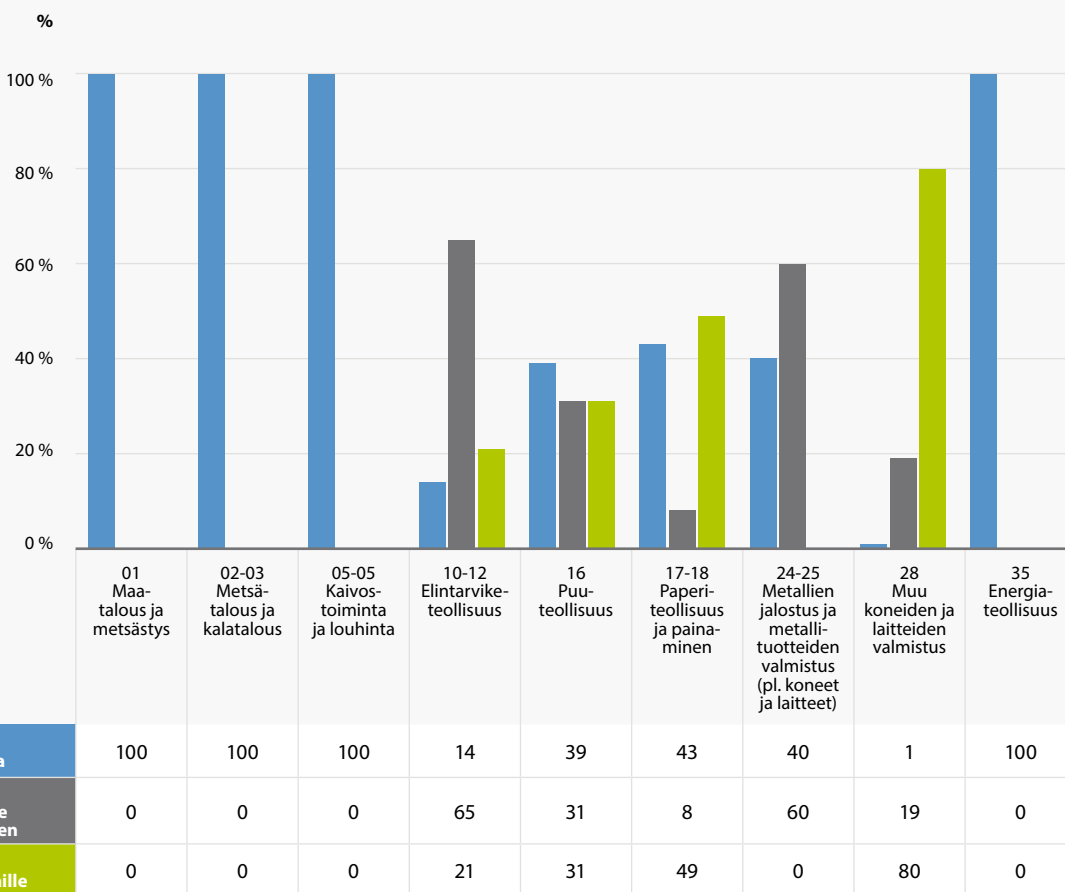
Neljällä kuvan 9 mukaisella toimialalla: maatalous ja metsästys, metsätalous ja kalastus, kaivostoiminta ja louhinta sekä energiahuolto kaikki alueen tuotanto käytetään myös alueella. Todennäköisesti tuotanto näillä aloilla on niin pientä, ettei siitä riitä tuotteita vientiin. Alueella valmistetuista koneista ja laitteista suurin osa viedään

ulkomaille. Elintarviketeollisuuden tuotannosta suurin osa suuntautuu muualla Suomessa tapahtuvaan kulutukseen. Metallien jalostuksessa metalli valetaan harkoiksi, jotka viedään raaka-aineiksi koneiden ja laitteiden valmistukseen alueella ja muualle Suomeen.

Kuva 9. Alueella tapahtuvaan kulutukseen, kotimaan vientiin ja ulkomaan vientiin menevä osuus alueella tapahtuvasta tuotannosta.

Maatalous ja metsästys (01) -toimiala sisältää pääasiassa maatalouden tuotteita.

Alueellisen käytön ja viennin osuudet



3.4 Tuotannon arvonlisäys, kerrannaisvaikutukset ja työllisyys

Alueellisella resurssivirtamallilla voidaan tarkastella, kuinka suuri arvonlisäys käytetyillä resursseilla tuotetaan. Tuotannon kerrannaisvaikutuksilla saadaan esille, miten kysynnän muutokset jollakin tietyllä toimialalla vaikuttaa ko. toimialan ohella myös muiden toimialojen tuotantomääriin ja päästöihin.

Mitä suuremmat tuotannon kerrannaisvaikutukset toimialalla ovat, sitä suuremmat ovat myös kysynnän muutoksen aiheuttamat vaikutukset muilla toimialoilla. Jyväskylän seudun aluetalouden näkökulmasta paperiteollisuus ja painaminen -toimiala on tarkastelluista toimialoista tärkein, koska se tuottaa eniten välillisiä tuotannon kerrannaisvaikutuksia. Samalla se on alueen suurin toimiala.

Kun tuotannon arvonlisäys suhteutetaan välituotekäyttöön, saadaan selville, kuinka taloudellista tuotanto on (kuva 10). Välituotekäyttö pitää sisällään alueelta, muualta Suomesta ja ulkomailta tulevat raaka-aineet sekä muilta toimialoilta ostetut palvelut. Mitä suuremman arvon toimiala saa, sitä enemmän lisäarvoa se pystyy tuottamaan käyttämistään raaka-aineista ja palveluista. Esimerkiksi paperiteollisuuden ja painamisen, maatalouden ja kivistöiminnan arvonlisäykset ovat alle puolet välituotekäytön arvosta, mikä johtuu näiden toimialojen tuotteiden matalasta jalostusasteesta. Arvonlisäys suhteutettuna

välituotekäyttöön ei suoraan kerro tuotannon resurssitehokkuudesta, koska esimerkiksi käytettyjen raaka-aineiden hinta ei sisällä tietoa käytetyn raaka-aineen määrästä ja sen käyttöönoton ympäristövaikutuksista. Siksi rahamääriin virtoihin on liitettävä tieto virtojen ympäristövaikutuksista.

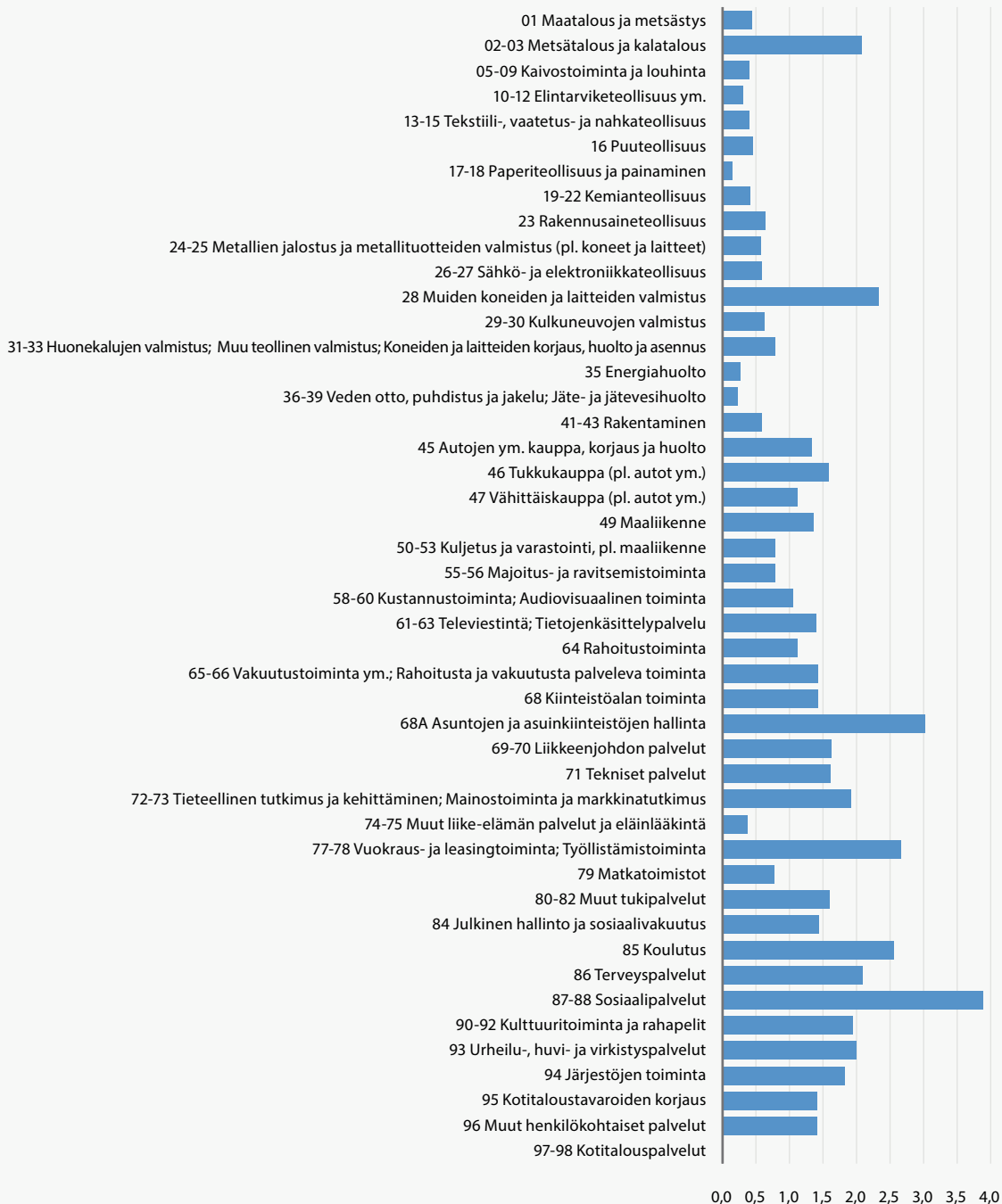
Perusteellisuuden arvonlisäyksen tarkastelussa on otettava huomioon perusteellisuuden rooli talouden tuotantoketjussa. Perusteellisuuden rooli taloudessa on tuottaa panoksia seuraaviin tuotannon jalostusvaiheisiin. Perusteellisuuden arvonlisäyksen täytyy olla matala, jotta luodaan edellytykset jalostavalla teollisuudelle. Perusteellisuuden panos, jonka se tuottaa seuraaviin jalostusvaiheisiin, mahdollistaa myös työllisyyden. Esimerkiksi maitokartonkipakkauksen tuotantoketjussa perusteellisuuden sellun hinta on 0,49 €/kg ja valmiin suodatinpaperin, kartongin ja pahvin hinta määrämuotoon leikattuna on 3,36 €/kg (Teollisuuden tuotantotilasto, Tilastokeskus 2012).

Perusteellisuuden merkitystä tulee myös tarkastella Jyväskylän seutua laajemman alueen näkökulmasta. Alueita ei voida tarkastella eristyneinä rajauksina muusta kansantaloudesta. Perusteellisuuden taloudellisesta vaikutuksesta osa palaa alueelle jalostettuina tuotteina.

**Mitä suuremman arvon toimiala saa,
sitä enemmän lisäarvoa se pystyy tuottamaan
käyttämistään raaka-aineista ja palveluista.**

Kuva 10. Arvonlisäys suhteessa välituotekäyttöön toimialoittain. Välituotekäyttö pitää sisällään alueelta, muualta Suomesta ja ulkomailta tulevat raaka-aineet sekä muilta toimialoilta ostetut palvelut.

Arvonlisäys/ Välituotekäyttö



3.5 Resurssien käytöstä aiheutuvat päästöt

Työssä arvioitiin resurssien käytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt, happamoittavat päästöt, rehevöittävät päästöt ja alailmakehän otsonipäästöt. Laskennassa otettiin huomioon alueen tuotannosta, kuljetuksista ja alueen tuotantoon tulevien panosten valmistuksesta aiheutuvat päästöt.

Alueen keskeisiin toimialoihin kuuluvien yritysten päästöt saatiin suoraan yrityksiltä tai viranomaisseurannasta ja muista tilastoista. Alueelle tuleville materiaaleille ja raaka-aineille laskettiin elinkaaritarkastelun mukaiset päästöt. Tarkempi kuvaus laskennasta on liitteen 1 luvussa 1.1.5.

3.5.1 Kasvihuonekaasupäästöt

Energiahuollossa aiheutuu eniten (40 %) suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Tähän syynä on turpeen suuri osuus energiantuotannon raaka-aineesta. Turpeen poltosta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt lasketaan täysimääräisenä, toisin kuin puupohjaisista polttoaineista, jotka luokitellaan hiilineutraaleiksi. Suorat kasvihuonekaasupäästöt paperituoteteollisuudesta ovat vain 6 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Kun otetaan huomioon tuotannosta

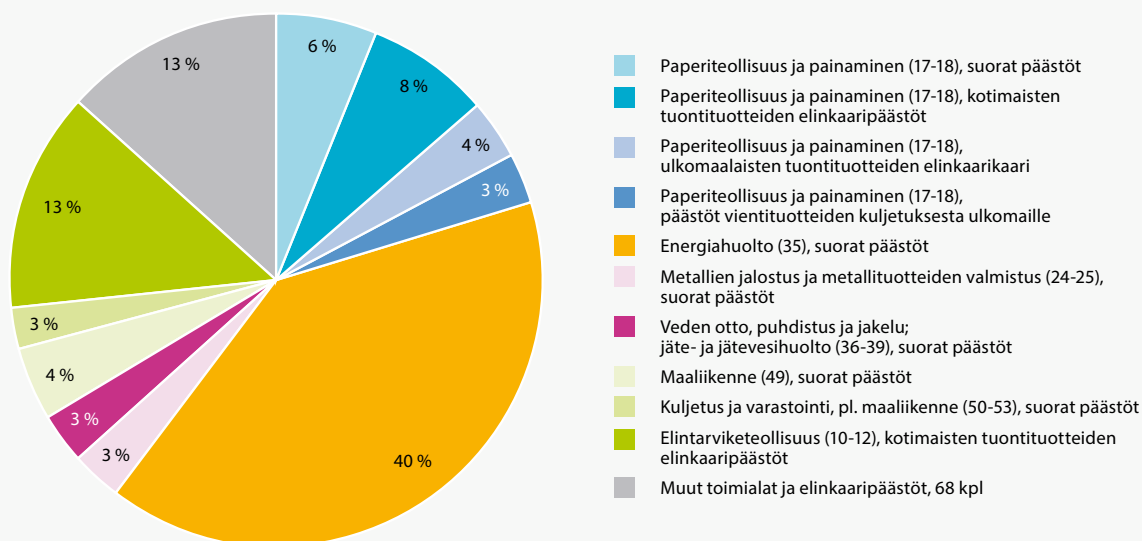
aiheutuvat koko elinkaaren aikaiset päästöt, mukaan lukien tuontituotteiden valmistus sekä tuonnin ja viennin kuljetukset, päästöt ovat 21 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Merkittävä osa paperiteollisuuden kotimaisten tuontituotteiden aiheuttamista päästöistä aiheutuu ostosellusta.

Elintarviketeollisuudessa alueelle tulevien kotimaisten tuontituotteiden elinkaaren aikaiset päästöt ovat myös korkeat. Syynä tähän on se, että alueella on erityisesti eläintuotantoon perustuva elintarviketeollisuutta. Eläintuotannon kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat pääasiassa nautojen ruoan sulatuksen metaanipäästöistä, lannan varastoinnista sekä rehujen viljelystä.

Energiahuolto aiheuttaa tarkastelluista toimialoista eniten suoria kasvihuonekaasupäästöjä myös suhteessa tuotokseen (kuva 12). Muiden toimialojen suorat päästöt ovat huomattavasti alhaisemmat, sillä suorissa päästöissä ovat mukana ainoastaan alueella tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvat päästöt. Esimerkiksi elintarviketeollisuuden päästöt aiheutuvat lähes kokonaan raaka-aineiden tuotannosta, joka ei sisälly elintarviketeollisuuden suoriin päästöihin.

Kuva 11. Kymmenen suurinta kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavaa tekijää tarkastelualueen toimialoilla

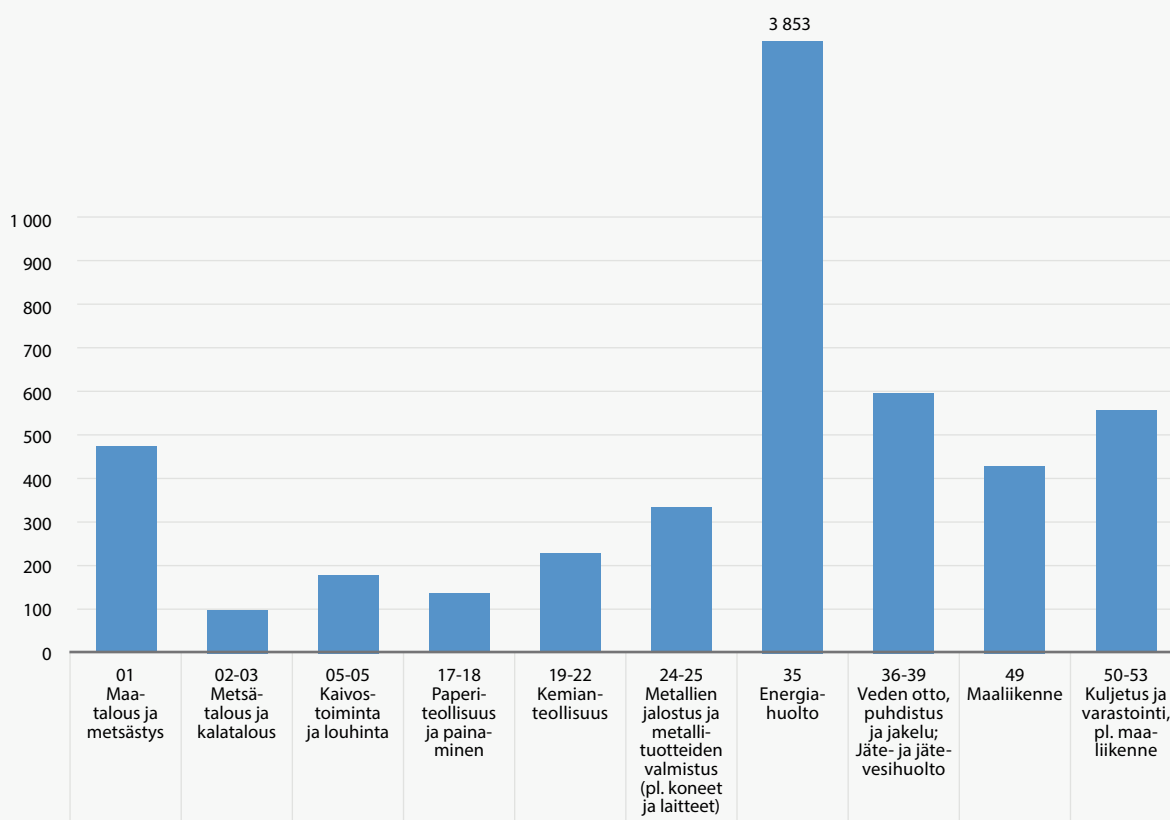
Kokonaiskasvihuonepäästöt (% kokonaispäästöistä), 10 suurinta aiheuttajaa



Energiahuolto aiheuttaa tarkastelluista toimialoista eniten suoria kasvihuonekaasupäästöjä myös suhteessa tuotokseen.

Kuva 12. Toimialaan kuuluvan tuotannon suorat kasvihuonepäästöt suhteessa tuotokseen. Kymmenen eniten päästöjä aiheuttavaa toimialaa

Kasvihuonekaasupäästöt (kg CO₂-ekv.) / 1 000 € tuotos

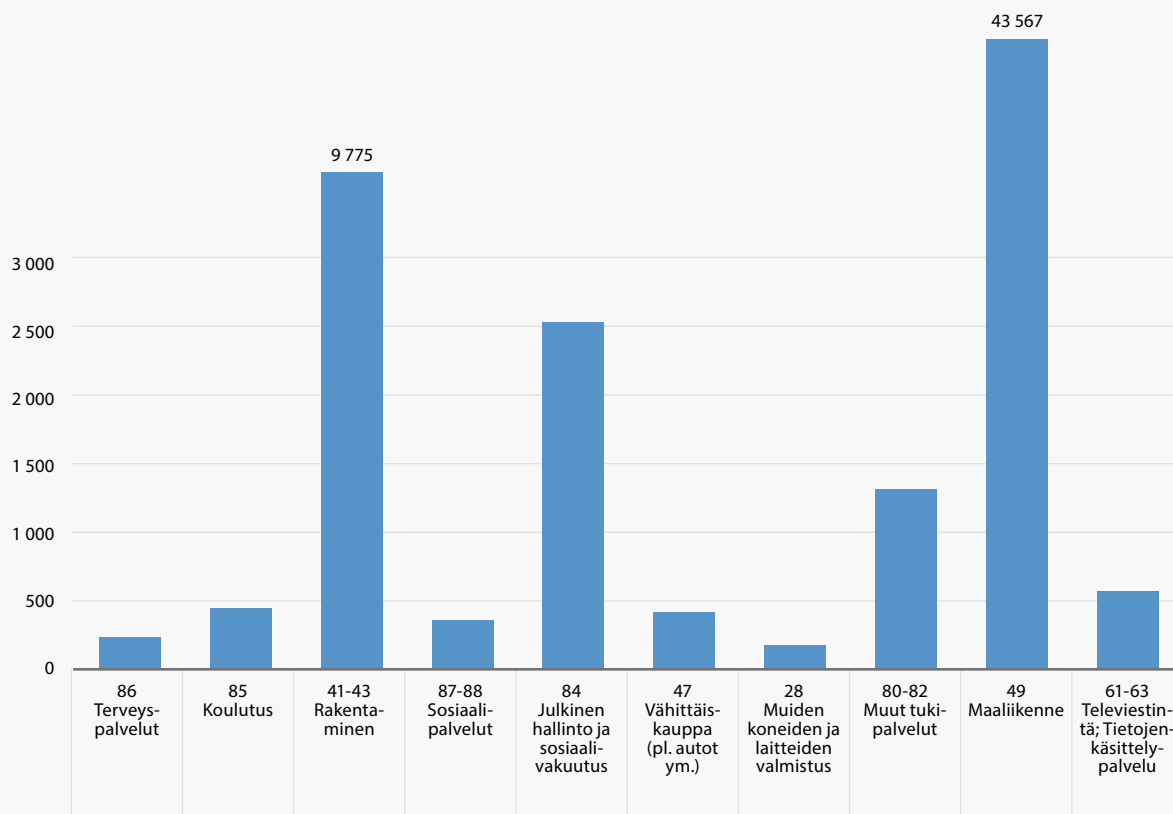


Kuvassa 13 on esitetty tuotannon kasvihuonekaasupäästöt suhteessa henkilötyövuosiin kymmenen alueella eniten työllistävän toimialan osalta. Maaliikenne aiheuttaa näistä toimialoista eniten kasvihuonekaasupäästöjä toimialan työllistävään vaikutukseen suhteutettuna. Kymmenen eniten työllistävän toimialan joukossa ei ole perusteellisuuden toimialoja, koska perusteellisuus tuottaa tyypillisesti vähän työllisyyttä, sillä tuotanto on pitkälle automatisoitua. Perusteellisuuden työllisyysvaikutukset näkyvät kuitenkin välillisesti tuotantoketjun myöhemmissä vaiheissa työllistävinä vaikutuksina jalostavan teollisuuden ja palvelutuotannon aloilla.

Kuvassa 14 on esitetty kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat henkilötyövuotta kohden suurimmat tarkastelluista toimialoista. Näiden toimialojen joukossa on sekä perusteellisuuden että jalostavan teollisuuden toimialoja. Hyvin työllistävästä palvelutoimialoista mukana on vain kiinteistöalan toiminta ja asuntojen vuokraus. Toimialoista korostuu selvästi energiahuolto, jonka työllistävä vaikutus on pieni ja toimialan tuotannosta aiheutuu huomattava määrä kasvihuonekaasupäästöjä.

Kuva 13. Kymmenen alueella eniten työllistävää toimialaa ja niiden kasvihuonekaasupäästöt henkilötyövuotta kohden.

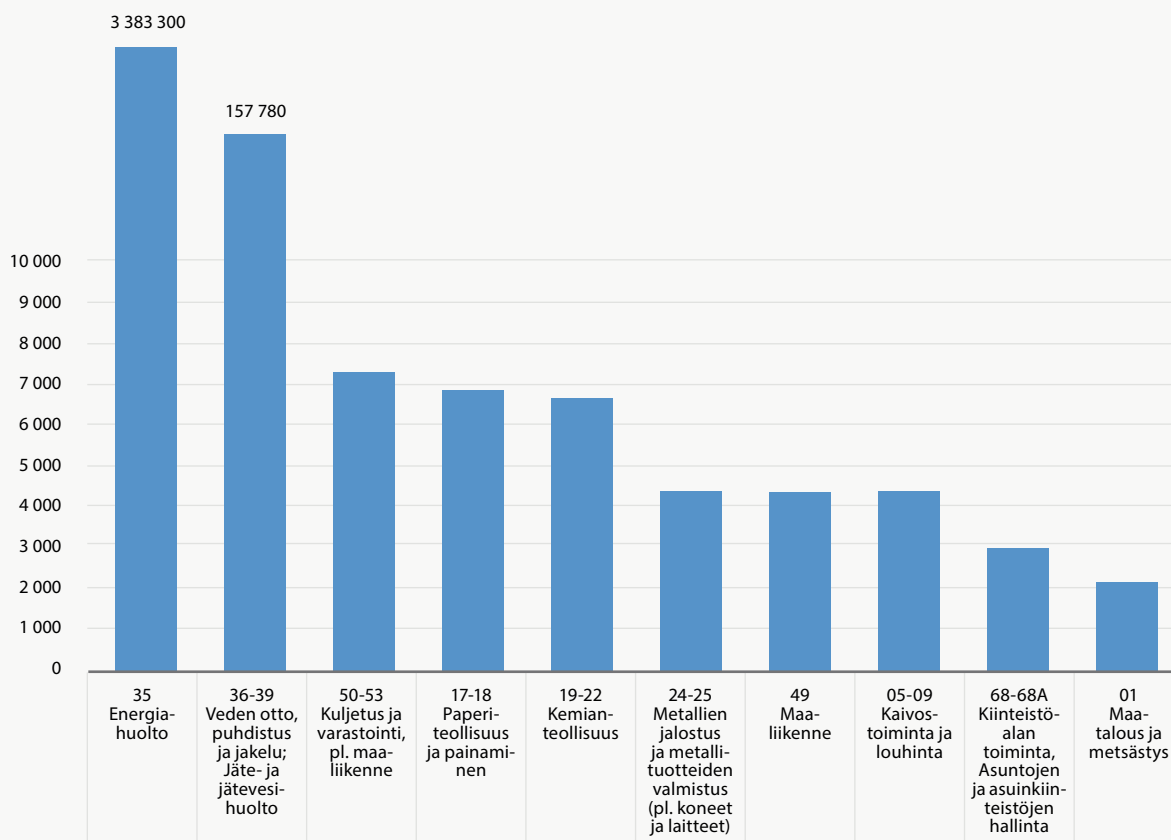
Kasvihuonekaasupäästöt (kg CO₂-ekv.) / henkilötyövuodet



Toimialoista korostuu selvästi energiahuolto, jonka työllistävä vaikutus on pieni ja toimialan tuotannosta aiheutuu huomattava määrä kasvihuonekaasupäästöjä.

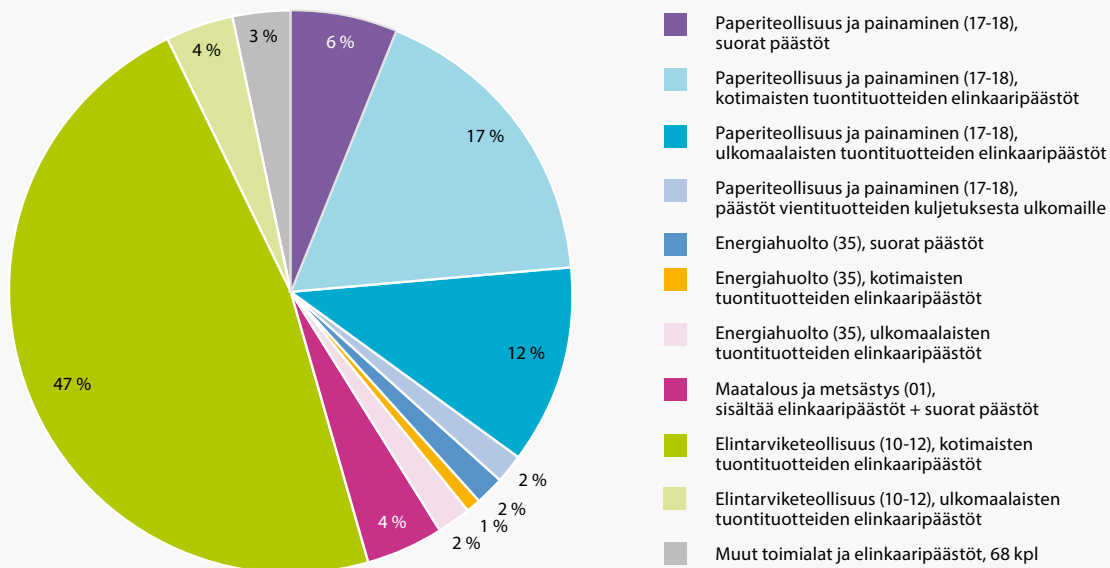
Kuva 14. Kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat henkilötyövuotta kohden suurimmat tarkastelluista toimialoista.

Kasvihuonepäästöt (kg CO₂-ekv.)/ henkilötyövuodet



Kuva 15. Kymmenen suurinta rehevöittäviä päästöjä aiheuttavaa tekijää tarkastelualueen toimialoilla

Rehevöittävät kokonaispäästöt (% päästöistä), 10 suurinta aiheuttajaa



3.5.2 Rehevöittävät päästöt

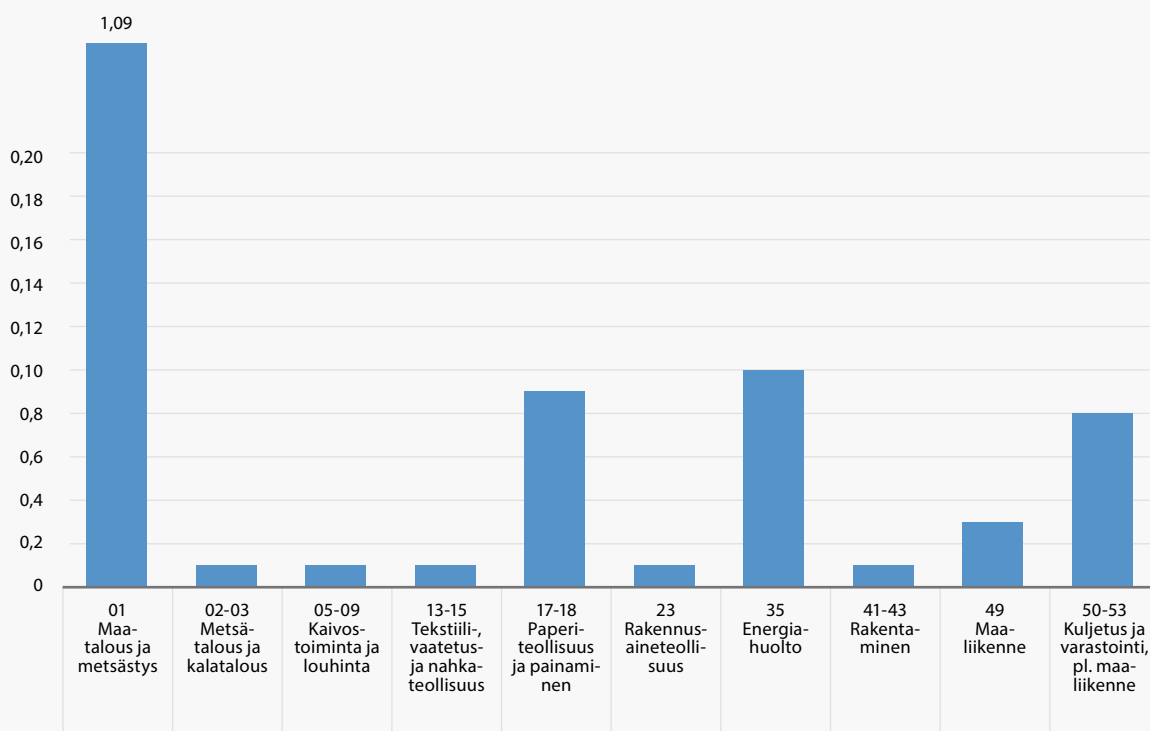
Rehevöittävästä päästöistä vain 15 % aiheutuu alueella tapahtuvasta tuotannosta. Loput päästöistä aiheutuvat tuontituotteiden elinkaaren aiemmissa vaiheissa, pääasiassa raaka-aineiden valmistuksessa. Alueen elintarviketeollisuuden käyttämät kotimaiset tuontituotteet aiheuttavat suurimman osan (47 %) kaikista elinkaaren aikaisista rehevöittävästä päästöistä. Nämä aiheutuvat pääosin elintarviketeollisuuden käyttämien raaka-aineiden tuotannosta, eli maataloudesta, vaikka alueen elintarviketeollisuus on vähäistä verrattuna moneen muuhun toimialaan. Tämä johtuu siitä, että maatalous on merkittävä rehevöittävien päästöjen aiheuttaja koko Suomessa, aiheuttaen 60 % fosforin ja 52 % typen kuormasta, joka päättyy Itämereen ihmistoiminnan seurauksena (Uusitalo ym. 2007). Alueen maatalouden aiheuttamat rehevöittävät päästöt ovat 4 % kokonaispäästöistä.

Paperiteollisuus ja painaminen nousevat merkittäväksi rehevöittävien päästöjen aiheuttajaksi lähinnä kotimaisten ja ulkomaisten tuontituotteiden elinkaaren aikaisten päästöjen vuoksi. Myös toimialan suorat päästöt ovat muita toimialoja korkeammat, sillä paperiteollisuudessa on merkittävä rooli alueella. Suuri osa paperiteollisuuteen tulevien kotimaisten tuontituotteiden rehevöittävästä elinkaaripäästöistä aiheutuu ostosellusta.

Kun suorien rehevöittäviä päästöjen määrää verrataan toimialan tuotokseen, huomataan että maatalouden aiheuttamat päästöt ovat huomattavasti korkeammat verrattuna muihin toimialoihin. Maatalouden rehevöittävät päästöt aiheutuvat pääosin peltojen typpi- ja fosforihuuhtoumista (kuva 16).

Kuva 16. Toimialaan kuuluvan tuotannon suorat rehevöitymistä aiheuttavat päästöt suhteessa tuotokseen. Kymmenen eniten päästöjä aiheuttavaa toimialaa

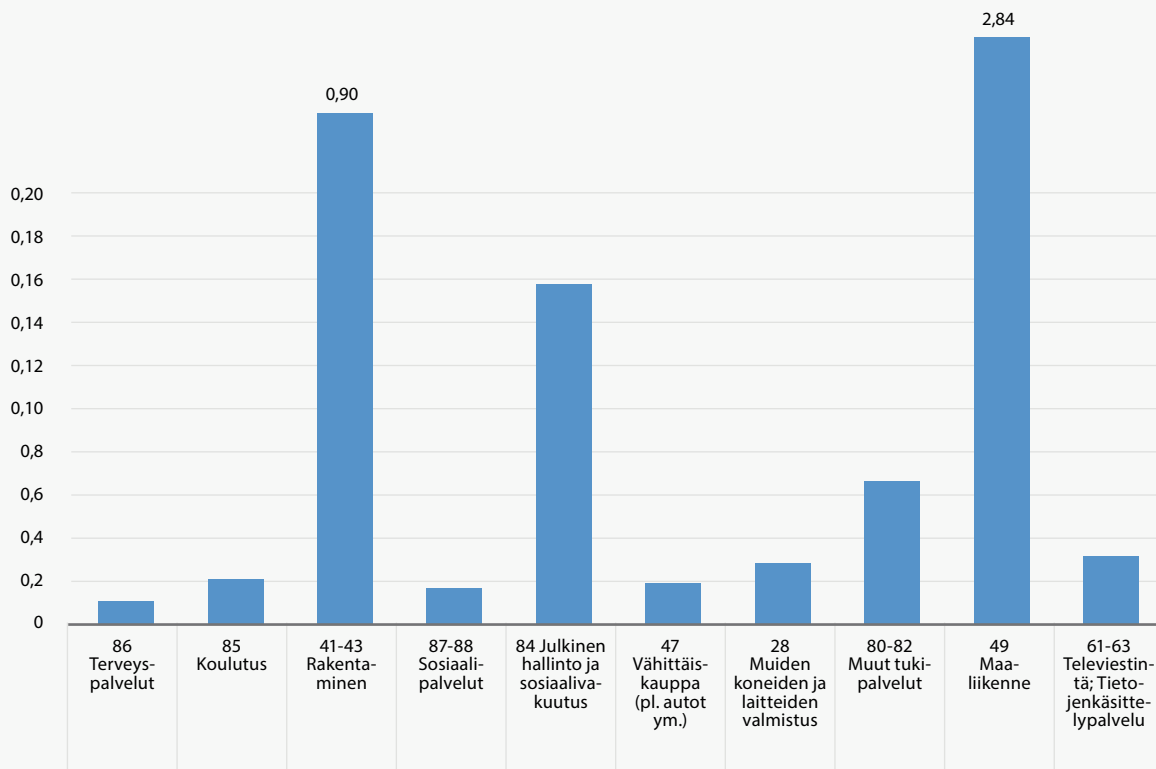
Rehevöittävät päästöt (kg PO₄³⁻-ekv.) / 1 000 € tuotos



Kun suorien rehevöittäviä päästöjen määrää verrataan toimialan tuotokseen, huomataan että maatalouden aiheuttamat päästöt ovat huomattavasti korkeammat verrattuna muihin toimialoihin.

Kuva 17. Kymmenen alueella eniten työllistävää toimialaa ja niiden rehevöitymistä aiheuttavat päästöt henkilötyövuotta kohden

Rehevöittävät päästöt (kg PO₄³⁻-ekv.) / henkilötyövuodet



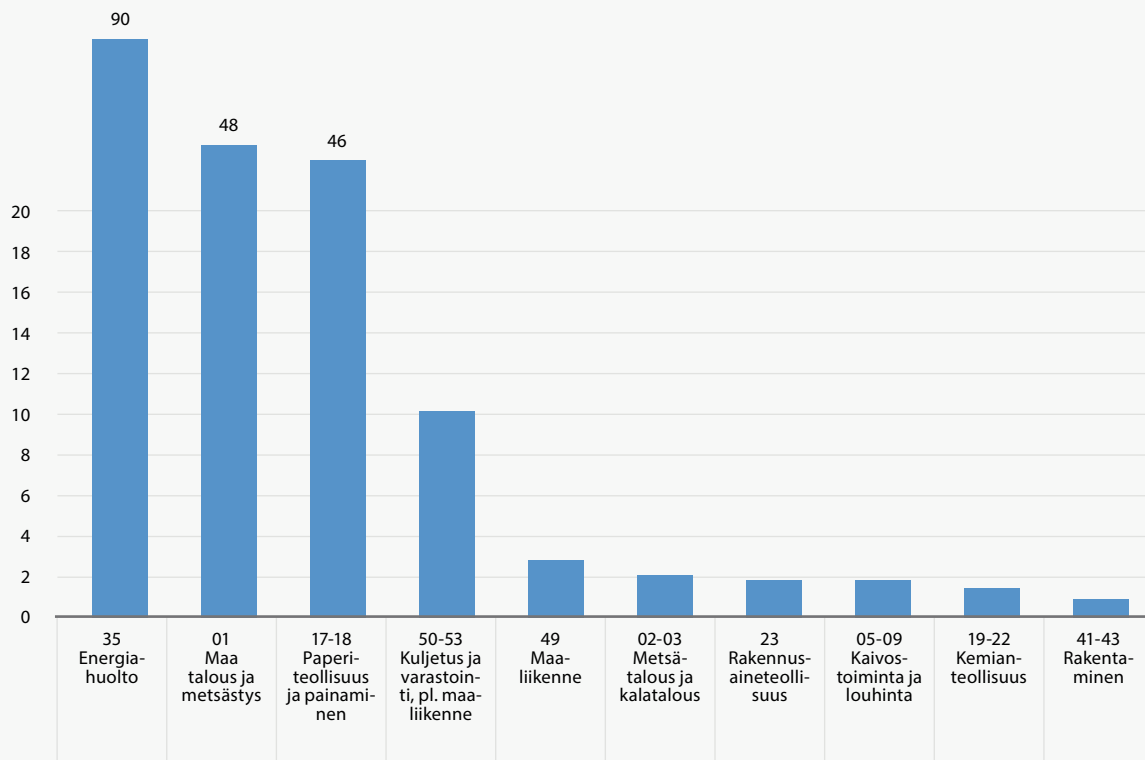
Kuvassa 17 on esitetty rehevöitymistä aiheuttavat tuotannon päästöt suhteessa henkilötyövuosiin kymmenen alueella eniten työllistävän toimialan osalta. Kuten kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelussa edellä, maaliikenne aiheuttaa näistä toimialoista eniten myös rehevöittäviä päästöjä toimialan työllistävään vaikutukseen suhteutettuna.

Kuvassa 18 on kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat rehevöittävät päästöt (kg PO₄³⁻-ekv)

ovat henkilötyövuotta kohden suurimmat tarkastelluista toimialoista. Energiahuolto aiheuttaa toimialoista selvästi eniten rehevöittäviä päästöjä henkilötyövuotta kohden, johtuen lähinnä siitä, että polttoaineiden poltosta syntyy typen oksideja huomattavat määrät sekä energiahuolto työllistää vähän Jyväskylän seudulla. Rehevöitymistä aiheuttavissa päästöissä henkilötyövuoteen suhteutettuna korostuvat lisäksi maatalous ja paperiteollisuus.

Kuva 18. Kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat rehevöittävät päästöt ovat henkilötyövuotta kohden suurimmat tarkastelluista toimialoista

Rehevöittävät päästöt (kg PO₄³⁻-ekv.) / henkilötyövuodet



Rehevöitymistä aiheuttavissa päästöissä henkilötyövuoteen suhteutettuna korostuvat lisäksi maatalous ja paperiteollisuus.

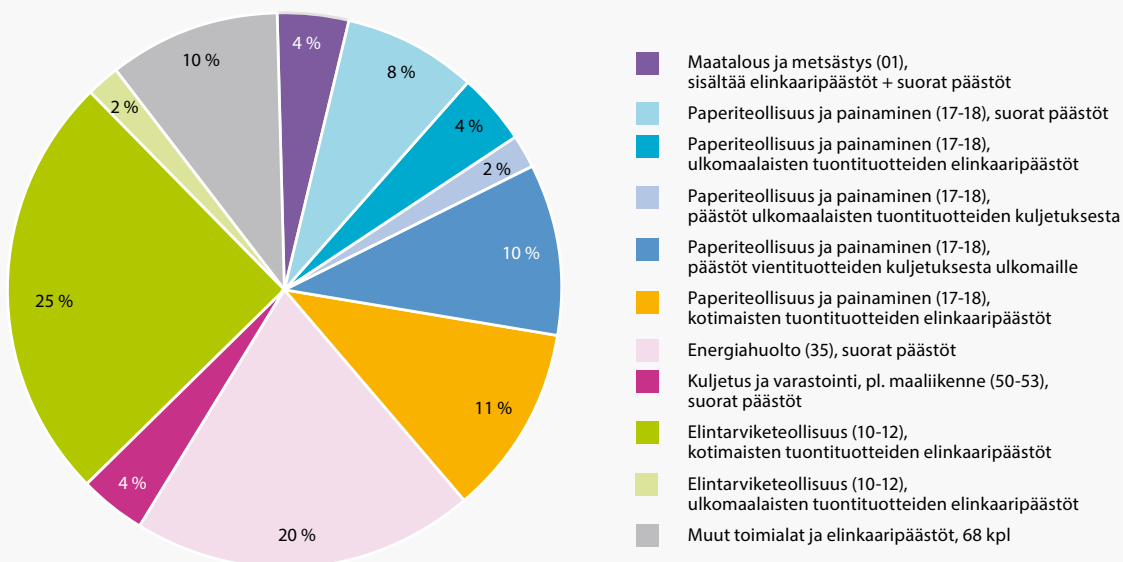
3.5.3 Happamoituminen

Tarkastelualueella käytettyjen tuontituotteiden valmistuksesta ja niiden kuljetuksista alueelle aiheutuu suurin osan (54 %) elinkaaritarkastelujen mukaisista happamoittavista päästöistä (kuva 19). Alueen teollisuudessa suurimmat elinkaaritarkastelun mukaiset happamoittavat päästöt aiheutuvat alueen paperiteollisuudesta (35 %) ja elintarviketeollisuudesta (27 %). Elintarviketeollisuuden käyttämistä raaka-aineista aiheutuvat elinkaaren aikaiset

happamoittavat päästöt syntyvät suurelta osin eläinten lannan ammoniakkipäästöistä (varastointi ja lannoitekäyttö), mutta myös maatalouden energiankulutuksella on oma osansa (esim. polttoaineen kulutus peltoviljelyssä, viljan kuivaus, eläinsuojien energiankulutus). Energiahuollon tuotannosta itsessään aiheutuu 20 % päästöistä, joka aiheutuu suorista puun ja turpeen polton tyyppien oksidien päästöistä sekä turpeen polton rikkipäästöistä.

Kuva 19. Kymmenen suurinta happamoittavia päästöjä aiheuttavaa tekijää tarkastelualueen toimialoilla

Happamoittavat kokonaispäästöt (% päästöistä)
Kokonaispäästöt 6,6 milj. kg AE-ekv.



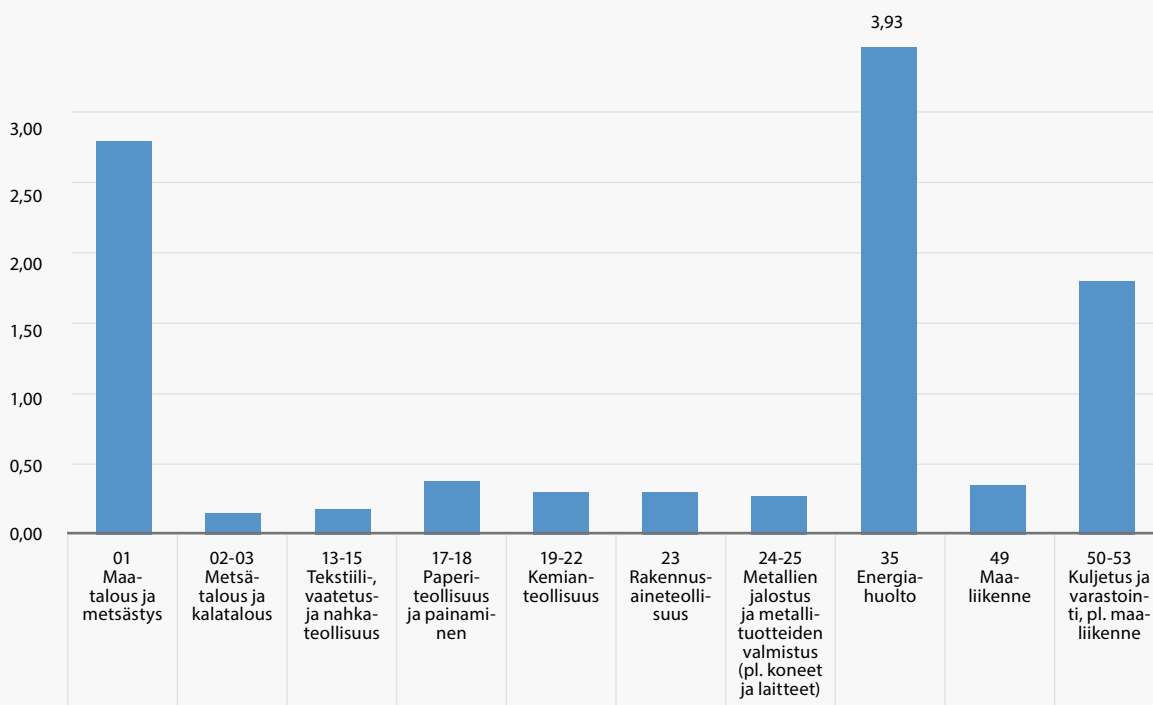
Tarkasteltuna alueen tuotannosta aiheutuvien suorien päästöjen määrää suhteessa tuotannon arvoon (tuotokseen) nähden ovat suurimpia happamoitumista aiheuttavia toimialoja energiahuolto, maatalous ja metsästys sekä kuljetus ja varastointi (kuva 20). Syynä tähän ovat

edellä esitetyt puun ja turpeen poltosta aiheutuvat rikki- ja typpioksidipäästöt (energiahuolto), lannasta aiheutuvat ammoniakkipäästöt sekä energian käyttö maataloudessa. Happamoitumista aiheutuu lisäksi kuljetuksissa käytettyjen autojen tyyppien oksidipäästöistä.

Suurimpia happamoitumista aiheuttavia toimialoja energiahuolto, maatalous ja metsästys sekä kuljetus ja varastointi.

Kuva 20. Tuotannosta seuranneet suorat happamoitumista aiheuttavat päästöt suhteessa tuotokseen alueella toimialoittain. Kymmenen eniten päästöjä aiheuttavaa toimialaa

Happamoittavat päästöt (kg AE-ekv.) / 1 000 € tuotos



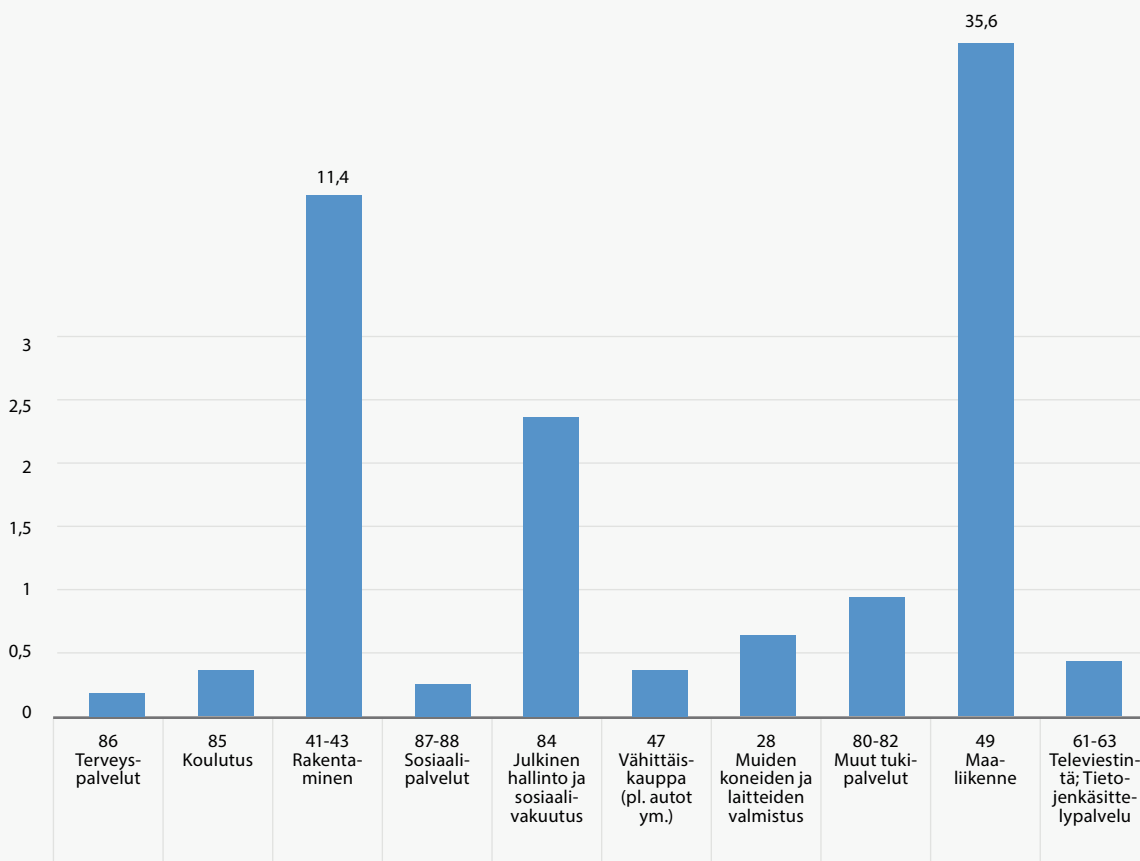
Kuvassa 21 on esitetty alueen tuotannosta seuranneet suorat happamoitumista aiheuttavat tuotannon päästöt suhteessa henkilötyövuosiin alueella kymmenen suurimman työllistäjän osalta toimialoittain. Maaliikenteestä aiheutuu eniten happamoitumista aiheuttavia päästöjä suhteessa henkilötyövuosiin (35,6).

Kuvassa 22 on esitetty kymmenen toimialaa, joiden tuotannosta aiheutuvat suorat happamoittavat päästöt

(kg AE -ekv) ovat henkilötyövuotta kohden suurimmat tarkastelluista toimialoista alueella. Energiahuollosta aiheutuu toimialoista selvästi eniten happamoittavia päästöjä henkilötyövuotta kohden, koska polttoaineiden poltosta aiheutuu rikki- ja typpioksidipäästöjä ilmaan huomattavat määrät. Toimiala on seitsemänneksi vähiten työllistävä toimiala Jyväskylän seudulla, joten sen päästöjen kokonaismäärä ei kuitenkaan ole suurimpia alueella.

Kuva 21. Kymmenen alueella eniten työllistävää toimialaa ja niiden suorat tuotannosta seuranneet happamoitumista aiheuttavat päästöt henkilötyövuotta kohden toimialoittain

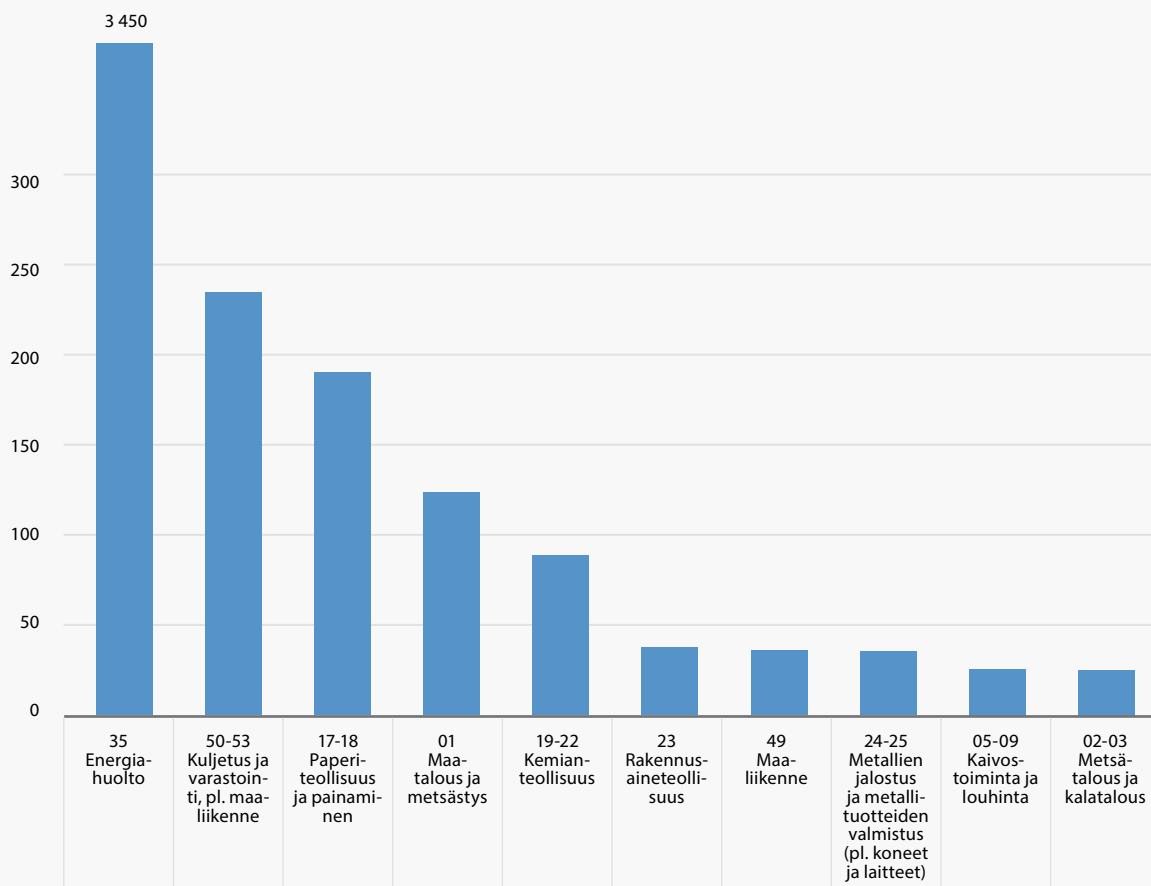
Happamoittavat päästöt (kg AE-ekv.) / henkilötyövuodet



Energiahuollosta aiheutuu toimialoista selvästi eniten happamoittavia päästöjä henkilötyövuotta kohden.

Kuva 22. Kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat happamoittavat päästöt ovat henkilötyövuotta kohden suurimmat tarkastelluista toimialoista

Happamoittavat päästöt (kg AE-ekv.) / henkilötyövuodet



3.5.4 Alailmakehän otsonin muodostuminen

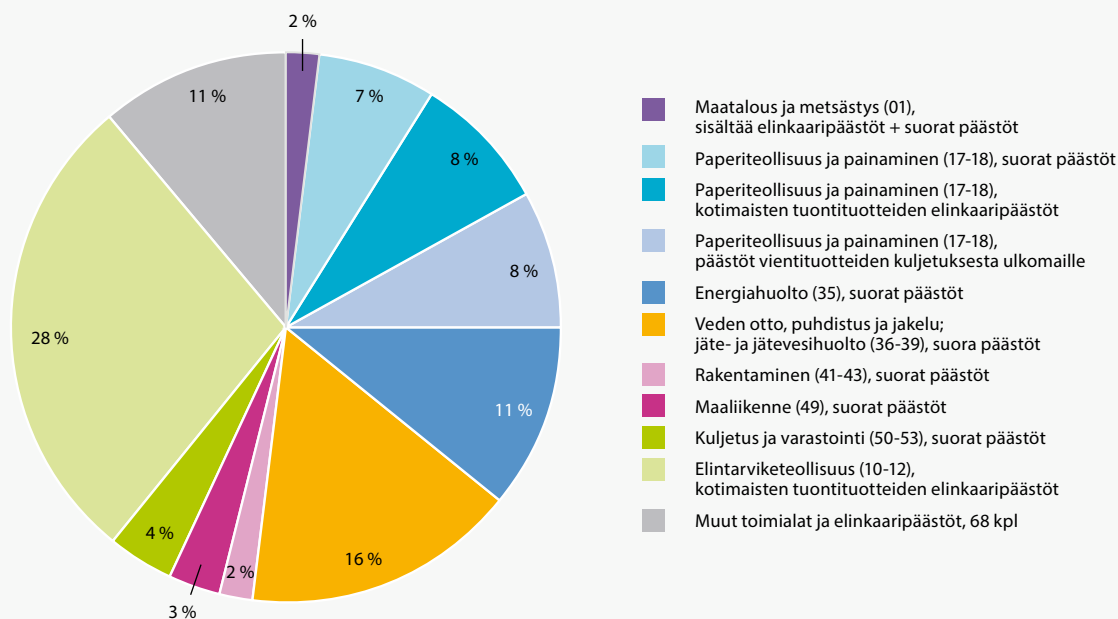
Alueella käytettyjen kotimaisten tuontituotteiden tuotannosta aiheutuu selvästi eniten (36 %) alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavia päästöjä (kuva 23). Toimialoista elintarviketeollisuus on päästöjen osalta merkittävin toimiala. Elintarviketeollisuuden käyttämistä kotimaisten tuontituotteiden tuottamisesta aiheutuu 28 % päästöistä, jotka aiheutuvat suurimmalta osaltaan eläintuotannon

metaanipäästöistä. Suoria päästöjä aiheutuu eniten jätehuollossa (16 %), jotka ovat pääosin kaatopaikkojen metaanipäästöjä. Energiahuolto on melko merkittävä päästöjen aiheuttaja (11 %) typen oksidipäästöjen takia.

Toimialan tuotosta (€) kohden suurimpia suoria alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavia päästöjä aiheuttavat alueella jätehuolto, energiahuolto, maatalous ja metsästys sekä kuljetus ja varastointi (kuva 24).

Kuva 23. Kymmenen suurinta alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavien päästöjen lähdeä tarkastelualueen toimialoilla

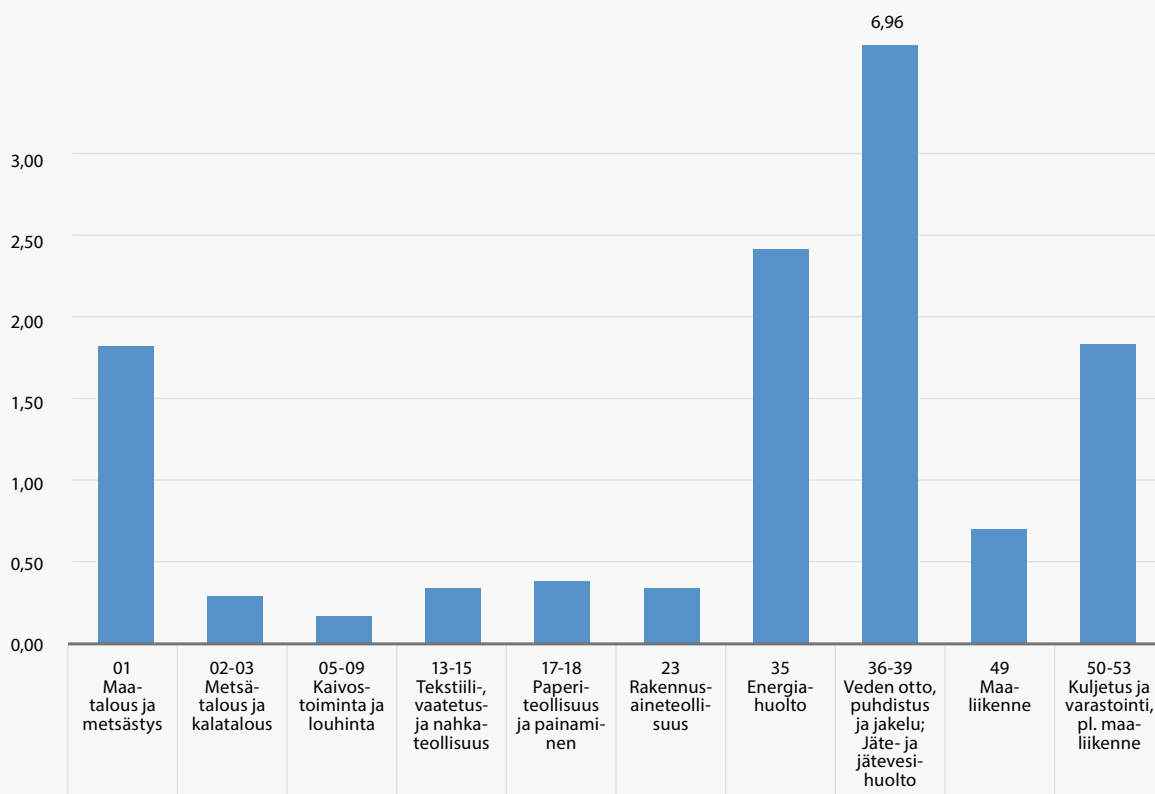
Alailmakehän otsonipäästöt (% kokonaispäästöistä), 10 suurinta aiheuttajaa
 7,4 milj. 1 000 m² * ppm * h



Suoria päästöjä aiheutuu eniten jätehuollossa, jotka ovat pääosin kaatopaikkojen metaanipäästöjä.

Kuva 24. Toimialan tuotannosta aiheutuvat suorat alailmakehän otsonipäästöt suhteessa tuotokseen alueella tarkastelluilla toimialoilla. Kymmenen eniten päästöjä aiheuttavaa toimialaa

Alailmakehän otsonipäästöt (1 000 m²* ppm * h) / 1 000 € tuotos



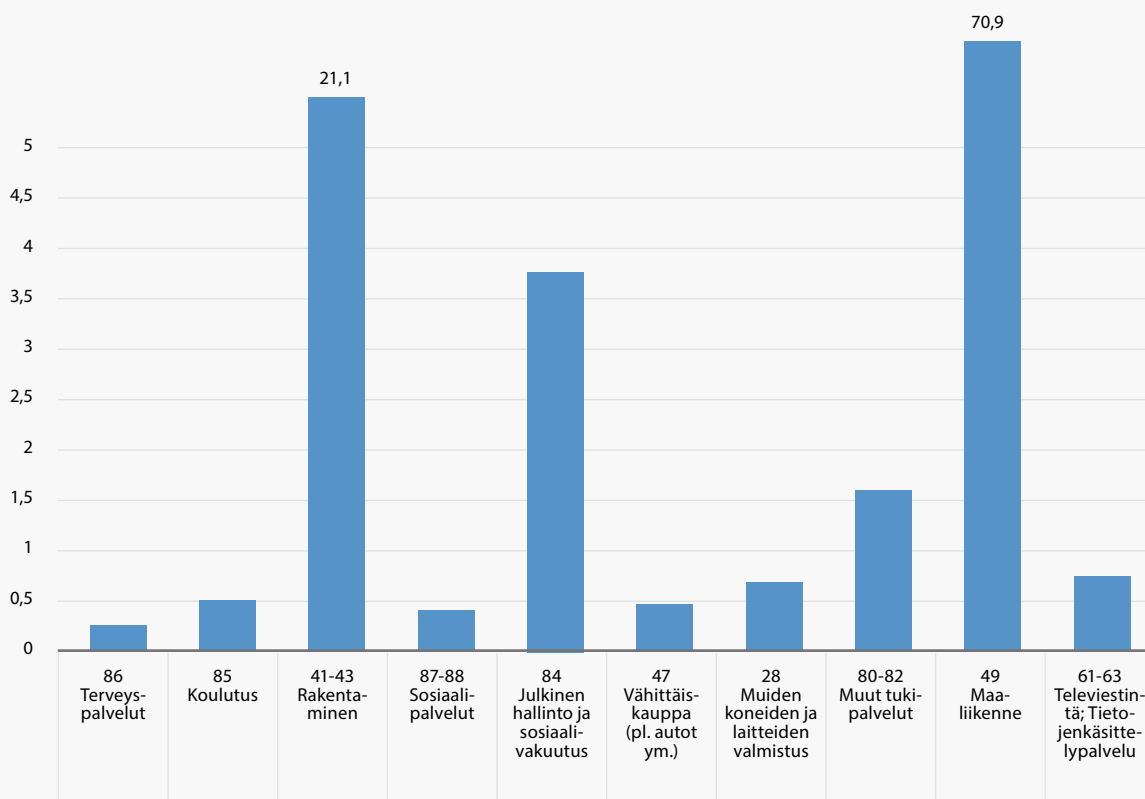
Kuvassa 25 on esitetty toimialoittain alueen tuotannosta aiheutuvat suorat alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavat päästöt suhteessa henkilötyövuosiin kymmenen alueella eniten työllistäjän osalta. Maaliikenteestä aiheutuu näistä toimialoista eniten alailmakehän otsonipäästöjä henkilötyövuosiin suhteutettuna.

Kuvassa 26 on esitetty kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat suorat alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavat päästöt (1000 m²*ppm*h) henkilötyövuotta kohden ovat alueella suurimmat tarkastelluista

toimialoista. Tuloksissa korostuvat energianhuolto sekä vedenotto, puhdistus ja jakelu; jäte- ja jätevesihuolto. Energiahuolto nousee alueella jälleen suurimmaksi päästö- ja aiheuttavaksi toimialaksi suhteutettuna toimialan henkilötyövuosiin. Toimiala työllistää ainoastaan 375 työntekijää Jyväskylän seudulla, joten kokonaismäärä jää kuitenkin alhaiseksi. Vedenotto, puhdistus ja jakelu; jäte- ja jätevesihuolto on alueella toiseksi suurin alailmakehän otsonipäästöjä aiheuttava toimiala jätehuollossa tyypillisesti runsaasti syntyvien metaanipäästöjen vuoksi.

Kuva 25. Kymmenen eniten työllistäjää ja niiden alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavat päästöt henkilötyövuotta kohden alueella toimialoittain

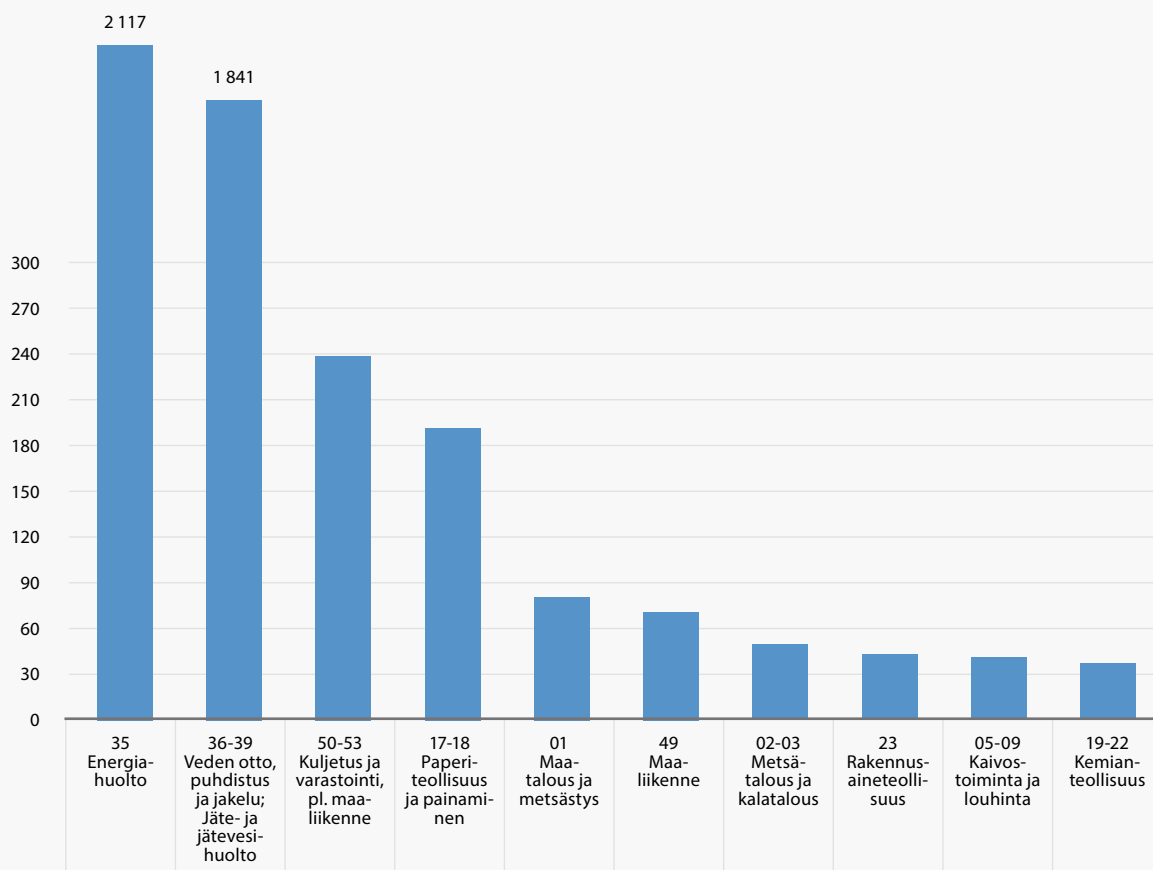
Alailmakehän otsonipäästöt (1 000 m²* ppm* h) / henkilötyövuodet



Energiahuolto nousee alueella jälleen suurimmaksi päästöjä aiheuttavaksi toimialaksi suhteutettuna toimialan henkilötyövuosiin.

Kuva 26. Alueen kymmenen toimialaa, joilla tuotannosta aiheutuvat suorat alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttavat päästöt henkilötyövuotta kohden ovat suurimmat tarkastelluista toimialoista

Alailmakehän otsonipäästöt / henkilötyövuodet



3.5.5 Ympäristövaikutukset suhteessa tuotannon arvoon

Suurimmat ympäristövaikutukset alueella suhteessa tuotokseen aiheutuvat maataloudessa ja metsästyksessä, paperiteollisuudessa ja painamisessa, energiateollisuudessa, maaliikenteessä sekä kuljetuksessa ja varastoinnissa (pl. maaliikenne) kaikilla päästölajeilla tarkasteltuina. Näillä toimialoilla tuotetaan joko alhaisen jalostusasteen tuotteita tai palveluita ja käytetään runsaasti polttoaineita. Maatalouden korkeat päästöt aiheutuvat pääosin lannoitteiden käytöstä viljelyssä, nautojen ruoansulatuksen metaanipäästöistä sekä tuotantoeläinten lannan varastoinnista ja peltokäytöstä.

Vähiten ympäristövaikutuksia suhteessa tuotokseen aiheutuu muiden sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa, koneiden ja laitteiden sekä huonekalujen valmistuksessa, majoitus- ja ravitsemustoiminnassa sekä teknisissä ja

liikkeenjohdon palveluissa kaikilla eri päästölajeilla tarkasteltuina. Syynä on tuotannon korkea jalostusaste tai vähän raaka-aineita vaativa toiminta.

Jätehuolto on suurin alailmakehän otsonin muodostumista aiheuttava toimialan tuotokseen suhteutettuna (19-kertaiset päästöt keskiarvoon verrattuna) sekä toiseksi suurin kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja. Jälkimmäiseen on todennäköisesti syynä jätehuollossa syntyvät metaanipäästöt. Suurimmat kasvihuonekaasupäästöt ja happamoittavat päästöt tuotokseen suhteutettuna aiheutuvat alueella energiahuollosta: kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 23-kertaiset ja happamoittavat päästöt 15-kertaiset toimialojen tuotannosta aiheutuviin keskimääräisiin päästöihin verrattuna. Suurimmat rehevöittävät päästöt suhteessa tuotokseen aiheutuu maataloudesta: päästöt ovat noin 32-kertaiset toimialojen keskimääräisiin rehevöittäviin päästöihin verrattuna.

3.6 Teknologiassa ja kysynnässä tapahtuvien muutosten simulointi resurssivirtamallilla

Mallilla on mahdollista arvioida mm. erilaisten teknologisten ja kysynnässä tapahtuvien muutosten tuotanto-, työllisyys- ja ympäristövaikutuksia. Havainnollistaaksemme mallin käyttömahdollisuuksia simuloimme kuvitteellisen elintarviketeollisuudessa tapahtuvan kysynnän muutoksen, jossa elintarviketeollisuuden ulkomaanviennin vähenee 40 milj. euron arvosta ja muilla toimialoilla lopputuotekysyntä pysyy samana. Elintarviketeollisuuden ulkomaanviennin vähentyessä, toimialan lopputuotekysyntä muuttuu sekä aiheuttaa kerrannaisvaikutuksia myös muille toimialoille. Kuvassa 27 on esitetty kysynnän muutoksesta aiheutuvia vaikutuksia tarkasteltavalle alueelle ja muualle Suomeen.

Teknologiassa tapahtuvien muutosten vaikutusten arviointia havainnollistettiin kahdella laskentaesimerkillä. Ensimmäisessä teknologista muutosta kuvaavassa laskennassa oletettiin, että yhdessä alueen voimalaitoksessa siirryttäisiin käyttämään pelkästään biopolttoaineita (puuta ja haketta). Nykyisin kyseisessä polttolaitoksessa käytetään polttoaineena pääosin turvetta sekä kivihiiltä. Laskennassa oletettiin tuotannon pysyvän samana sekä puuraaka-aineiden tulevan suurimmilta osin muualta Suomesta (85 % käytettävästä puuraaka-aineesta). Kuvassa 28 on esitetty teknologisen muutoksen aiheuttamia taloudellisia sekä ympäristövaikutuksia.

Mikäli polttolaitoksen raaka-aine vaihdetaan turpeesta ja kivihiilestä biopolttoaineisiin, tuotannosta aiheutuvat päästöt vähenevät huomattavasti. Lisäksi kaikki energiahuollon toimialan elinkaari- ja otsonipäästöt vähenevät lukuun ottamatta alailmakehän otsonipäästöjä, jotka pysyvät lähes samansuuruisina kuin nykytilanteessa. Muutoksen tuotantovaikutukset ovat Jyväskylän seudulla negatiiviset. Tämä johtuu pienestä tarkastelualueesta sekä oletuksesta, että suurin osa käytettävästä puusta tulee alueen ulkopuolelta. Tarkasteltaessa tuotantovaikutuksia Jyväskylän seudulla sekä muualla Suomessa, huomataan tuotannon kasvavan yhteensä noin 3 milj. €.

Toisessa teknologista muutosta kuvaavassa simulointiesimerkissä oletettiin tarkastelualueelle rakennettavan täysin hypoteettinen uusi sellutehdas sekä sille voimalaitos. Simuloinnin yhteydessä oletettiin, että Jyväskylän seudun muilla toimialoilla on rajallisesti mahdollisuuksia lisätä tuotantoaan, jolloin lisääntyvä raaka-aineiden tarve katetaan kotimaisella tuonnilla. Simulointiesimerkissä myös oletettiin kuljetusten määrän kasvavan samassa suhteessa paperiteollisuuden tuotoksen kanssa ja ympäristöpäästöistä huomioitiin vain suorat päästöt tarkastelualueella. Uudessa tuotantolaitoksessa raaka-aineiden käyttöksi oletettiin seuraava: puuraaka-aineita 7 milj. m³, polttoöljyä 47 000 t, kemikaaleja 260 000 t sekä vettä 250 milj. m³. Käytettävien

Kuva 27. Tarkastelualueen elintarviketeollisuuden lopputuotekysynnän muutoksesta aiheutuvat tuotanto-, työllisyys- ja ympäristövaikutukset

Tuotanto-vaikutukset alueella:	Suorat vaikutukset elintarviketeollisuuteen Jyväskylän seudulla – 40 miljoonaa €	Tuotannon kerrannaisvaikutukset muille toimialoille Jyväskylän seudulla – 12,5 miljoonaa €	Kokonaisvaikutukset Jyväskylän seudulla – 52,5 miljoonaa €
Työllisyysvaikutukset alueella:	Suorat vaikutukset Elintarviketeollisuuteen Jyväskylän seudulla – 170 työntekijää	Tuotannon kerrannaisvaikutukset muille toimialoille Jyväskylän seudulla – 140 työntekijää	Vaikutukset työntekijöiden tarpeeseen Jyväskylän seudulla – 310 työntekijää
Muut vaikutukset	Tuotantovaikutukset muualle Suomeen – 22 miljoonaa €	Palkkoja maksetaan vähemmän Jyväskylän seudulla (vähemmän kulutusta alueella) – 9,5 miljoonaa €	Tuotantovaikutukset ulkomaille – 2 miljoonaa €
Ympäristövaikutukset	Kasvihuonekaasupäästöt kaikilla toimialoilla – 4,2 M kg CO ₂ -ekv.	Rehevöittävät päästöt kaikilla toimialoilla – 2,1 kg PO ₄ ³⁻ -ekv.	
	Happamoittavat päästöt kaikilla toimialoilla – 7,6 t AE -ekv.	Alailmakehän otsonipäästöt kaikilla toimialoilla – 7,0 t 1000 m ² *ppm*h	

Kuva 28. Paikallisessa polttolaitoksessa käytettävän polttoaineen muutoksesta aiheutuvat tuotanto-, työllisyys- ja ympäristövaikutukset.

Taloudelliset vaikutukset:	Tuotantovaikutukset Jyväskylän seudulla – 3,5 miljoonaa €	Tuotannonvaikutukset muualla Suomessa + 6,5 miljoonaa €	Vaikutukset työntekijöiden tarpeeseen Jyväskylän seudulla + 10 työntekijää
Suorat ympäristövaikutukset:	Jyväskylän seudun kasvihuonekaasupäästöt – 16,5 % (– 360 M kg CO ₂ -ekv.)	Jyväskylän seudun rehevöittävät päästöt – 1,3 % (– 3,7 t kg PO ₄ ³⁻ -ekv.)	
	Jyväskylän seudun happamoittavat päästöt – 7,8 % (– 220 t kg AE -ekv.)	Jyväskylän seudun alailmakehän otsonipäästöt – 2,7 % (100 t 1000 m ² ppm*h)	
Energiateollisuuden elinkaari- ja ympäristövaikutukset muuttuvat aikaisemmasta:	Kasvihuonepäästöt – 33,4 % (– 5,5 M kg CO ₂ -ekv.)	Rehevöittävät päästöt – 65,9 % (– 9,5 t kg PO ₄ ³⁻ -ekv.)	
	Happamoittavat päästöt – 26,4 % (– 8,8 t kg AE -ekv.)	Alailmakehän otsonipäästöt + 0,6 % (+ 0,2 t 1000 m ² *ppm*h)	

raaka-aineiden perusteella sellutehtaan tuotannoksi oletettiin: 1,3 milj. t sellua, 60 000 t mäntyöljyä ja 2 000 t tärpättiä. Uudesta sellutehtaasta syntyvät ilmanpäästöt oletettiin olevan: rikkipäästöjä 325 t, typpipäästöjä 2 715 t, hiukkaspäästöjä 286 t sekä hiilidioksidipäästöjä 60 000 t. Kuvassa 29 on esitetty uudesta sellutehtaasta aiheutuvia taloudellisia sekä ympäristövaikutuksia.

Taloudellisia vaikutuksia arvioitaessa, suorat vaikutukset paperiteollisuuteen ovat selkeästi suurimmat (410 milj. €). Välilliset tuotantovaikutukset muille toimialoille Jyväskylän

seudulla ovat 3 milj. €, mikä johtuu tarkastelualueen koosta, sekä oletuksesta ettei alueen muilla toimialoilla ole mahdollista lisätä tuotantoaan merkittävästi. Laajennettaessa tarkastelua muualle Suomeen, huomaetaan tuotannon kerrannaisvaikutusten olevan 125 milj. €. Ympäristövaikutusten osalta kasvihuonekaasupäästöt Jyväskylän seudulla laskevat 6,2 % vaikka tuotantomäärät kasvavat huomattavasti. Muut tarkasteltavat ympäristövaikutukset kasvavat, mikä on seurausta lisääntyneestä tuotannosta.

Kuva 29. Uudesta sellutehtaasta syntyvät tuotanto ja ympäristövaikutukset.

Taloudelliset vaikutukset

Suorat vaikutukset
Paperiteollisuuteen
Jyväskylän seudulla
+ 410 miljoonaa €

Välilliset tuotantovaikutukset
muille toimialoille
Jyväskylän seudulla
+ 3,0 miljoonaa €

Tuotantovaikutukset
muualle Suomeen
+ 125 miljoonaa €

Tuotantovaikutukset
ulkomaille
+ 65 miljoonaa €

Suorat ympäristövaikutukset

Jyväskylänseudun
kasvihuonepäästöt
- 6,2 %
(- 135 M kg CO₂ -ekv.)

Jyväskylän seudun rehevöittävät
päästöt
+ 26,7 %
(+ 80 t kg PO₄³⁻ -ekv.)

Jyväskylän seudun
happamoittavat päästöt
+ 9,9 %
(+ 280 t kg AE -ekv.)

Jyväskylän seudun
alailmakehän otsonipäästöt
+ 4,9 %
(- 175 t 1000 m² ppmh)

4. Kustannustehokkaimmat keinot alueen resurssitehokkuuden parantamiseen



4.1 Resurssitehokkuuden parantaminen

Kun tarkastellaan pilottialueen keskeisiä materiaalivirtoja, löydetään kolme keskeistä osa-aluetta, joilla voidaan parantaa alueen resurssitehokkuutta ja kiertotalouden edellytyksiä sekä vähentää päästöjä ja muita ympäristövaikutuksia (kuva 30):

1. Pyritään tehostamaan panosten käyttöä
2. Pyritään vähentämään jätteitä ja hyödyntämään tuotannosta aiheutuvia sivuvirtoja
3. Pyritään nostamaan kierrätysmateriaalien jalostusarvoa

4.2 Panosten käytön tehostaminen

Tarkastelualan nykyisessä taloudellisessa rakenteessa eräs tehokkaimmista tavoista vähentää luonnonvarojen käyttöä olisi vähentää prosesseihin sisään menevien panosten käyttöä suhteessa tuotokseen. Panosten käyttöä tulisi tehostaa erityisesti materiaali- ja päästöintensiivisillä toimialoilla. Teollisuus käyttää tarkastelluista toimialoista eniten raaka-aineita suhteessa tuotokseen. Suurimmat päästöt suhteessa tuotokseen aiheutuu maataloudessa, paperiteollisuudessa, energiateollisuudessa, maaliikenteessä sekä kuljetuksessa ja varastoinnissa (pl. maaliikenne). Näillä toimialoilla tuotetaan joko alhaisen jalostusasteen tuotteita tai käytetään runsaasti polttoaineita. Maatalouden korkeat päästöt aiheutuvat pääosin lannoitteiden käytöstä viljelyssä, nautojen ruoansulatuksen metaanipäästöistä sekä tuotantoeläinten lannan varastoinnista ja peltokäytöstä.

Panosten käytön tehostamisen ja päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ovat edellä mainituilla toimialoilla erilaiset. Osaan edellä mainittujen toimialojen prosesseista on tarjolla korvaavia menetelmiä, jotka vähentävät päästöjä merkittävästi. Esimerkki tällaisesta on metalliteollisuuden masuunikuonan käyttäminen sementinvalmistuksessa kalkin sijaan. Tuontikemikaalien käytön vähentäminen voi leikata päästöjä paperiteollisuudessa sekä kotimaisessa kemikaalien valmistuksessa.

Kuva 30. Kolme keskeistä osa-alueetta, joilla resurssitehokkuutta voidaan parantaa alueellisesti



Sininen varjostus = kuvaa alueen keskeisiin toimialoihin kuulumattomien toimialojen materiaalien käyttöä ja tuotantoa, joiden määrää ei ole työssä selvitetty. Kuvassa on ilmoitettu vain alueen keskeisten toimialojen materiaalien käyttö ja tuotanto.

Teollisuuden prosessien panosten käyttöä ja päästöjä voidaan vähentää tehokkaimmin seuraavin keinoin:

- **käyttämällä metalliteollisuuden masuunikuonaa** sementin tuotannossa
- **kehittämällä korvaavia menetelmiä** typpihapon valmistuksen prosesseihin
- **kehittämällä korvaavia menetelmiä** elektroniikkateollisuuden prosesseissa

- **parantamalla** tuotannon ja tuotteiden energiatehokkuutta
- **siirtymällä vähäpäästöisempiin** energianlähteisiin
- **ottamalla käyttöön** uusia energiantuotantoteknologioita esim. hiilidioksidin talteenotto ja varastointi
- **tehostamalla** materiaalien käyttöä
- **ohjaamalla tuotannon jätteet** uusiokäyttöön tai kierrätykseen

Energiahuolto on teollisuuden toimialoista selvästi materiaali- ja päästöintensiivisin. Uusiutuvien energiateknologioiden käyttöönotolla energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää huomattavasti. Uusiutuvien energiateknologioiden fossiilisia polttoaineita korkeammat kustannukset hidastavat kuitenkin niiden laajamittaista käyttöönottoa. Jotkut teknologiat, kuten vesivoima ja maalämpö ovat jo kustannuksiltaan lähellä fossiilisia polttoaineita. Aurinko- ja tuulienergia ovat resurssitehokasta sähköntuotantoa. Teknologian kehittyessä näistä energiamuodoista tulee taloudellisesti yhä kannattavampia.

Maatalouden osalta kustannustehokkain tapa vähentää päästöjä olisi lannoitteiden käytön optimointi, eli lannoitetaan juuri sen verran, että saadaan hyvä sato, mutta ei lannoiteta liikaa. Isoilla lohkoilla voi myös ottaa huomioon

lohkon sisäiset erot lannoitteiden tarpeessa, eli käyttää ns. täsmälannoitusta. Lannan varastoinnin päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi lantavarastojen kattamisella. Myös lannan biokaasutus vähentää lannan varastoinnin päästöjä, sillä lanta kuljetetaan tilalta biokaasulaitoksen tiiviisiin säiliöihin, joissa päästöjä ei enää synny. Samalla saadaan lannasta energiaa, jolla voidaan korvata fossiilista energiaa. Mädätysjäätös puolestaan on aivan yhtä hyvä lannoite kuin lanta, sillä biokaasuprosessi ei hukkaa lannan ravinteita. Lannan peltokäytön päästöjä voidaan vähentää lannanlevitystekniikalla, esimerkiksi käyttämällä sijoituslannoitusta tai muokkaamalla maa nopeasti lannan levityksen jälkeen. Kaikkiin maataloudesta aiheutuviin päästöihin ei voida vaikuttaa erilaisilla tekniikoilla ja käytännöllä, esimerkiksi nautojen ruoansulatuksen metaanipäästöihin ei juuri voida vaikuttaa.

4.3 Sivu- ja jätevirtojen hyötykäyttö

Tarkastelusta käy ilmi, että hyödyntämättömiä sivuvirtoja ja jätteitä muodostuu alueella tuotannon käyttämiin panoksiin nähden suhteellisen vähän. Sivuvirtoja ja jätteitä käytetään uudelleen, jäte kierrätetään takaisin tuotantoprosessiin, hyödynnetään raaka-aineena tai energianlähteenä tai käytetään uudelleen uusien tuotteiden valmistukseen. Jätteiden uusiokäytöllä ja materiaalien kierrätyksellä vähennetään neitseellisten luonnonvarojen käyttöä ja sitä kautta myös tuotteiden koko elinkaaren aikaisia päästöjä ja muita ympäristövaikutuksia.

Sivu- ja jätevirtojen lisäksi tuotannossa voi syntyä piilovirtoja, jotka eivät tule esiin tarkastelussa. Piilovirtoja ovat esimerkiksi kotimaisten luonnonvarojen oton tai rakentamisen yhteydessä tehdyt luonnonainesten siirrot ja muunnot. Piilovirtoihin kuuluvat myös muun muassa puun korjuun yhteydessä metsään jäävät hakkuutähteet sekä malmikaivosten sivukivi. Jyväskylän seudulla ei ole kaivannaistoimintaa.

Jyväskylän seudun tuotannon jätteiden ja sivuvirtojen määrä tulee lähivuosina vähenemään entisestään, kun jätteenpolttolaitoksia käynnistyy lähialueella. Jätehuollon etusijajärjestyksen ja kiertotalouden tavoitteiden näkökulmasta jätteiden mahdollisimman suuri hyödyntäminen määrällisesti joko raaka-aineena tai energiana ei kuitenkaan riitä. Tärkeää on jätteen synnyn ehkäisy sekä materiaalien käytön tehostaminen niin, että sekä arvo että raaka-aineet säilyvät kierrossa entistä paremmin. Sivuvirtojen

ja jätteiden kierrätys, uusiokäyttö ja tuotteiden uudelleenvalmistus ovat resurssitehokkuuden parantamisessa tärkeitä osa-alueita. Kun tuote tai materiaalit kierrätetään uusiokäyttöä tai uudelleen valmistamista varten, kierrätys säilyttää suuremman osan tuotteen arvosta talouden kierrossa. Tuotteiden kierrätys, uusiokäyttö ja uudelleen valmistus tarjoavat yrityksille runsaasti mahdollisuuksia pienempiin kustannuksiin, uuden liiketoiminnan kehittämiseen ja kasvattamiseen sekä strategiseen uudelleen asemointiin.

Jyväskylän seudun rakentamisessa muodostuvia ylijäämämaita päätyy maankaatopaikalle 286 000 tonnia vuodessa. Ylijäämämaat ovat kaivumaita, joita ei pystytä hyödyntämään rakennustoiminnassa ja ne sijoitetaan maankaatopaikoille tai muille läjitysalueille. Ylijäämämaat muodostavat Jyväskylän seudulla merkittävän virran, joka voitaisiin nykyistä tehokkaammin hyödyntää ja säilyttää kierrossa. Maa- ja kiviaineisten hyödyntämiseen liittyy tärkeitä ympäristökysymyksiä, kuten pohja- ja pintavesien suojeleminen, maiseman muutosten hallinta sekä melu- ja pölyhaittojen ehkäisy. Lisäksi maa- ja kiviaineisten kuljettamiseen kuluu huomattavasti energiaa ja suunnitteleman välivarastointi heikentää ympäristön viihtyvyyttä.

Rakennushankkeiden resurssitehokkuuden parantaminen edellyttää asenteellisia ja konkreettisia muutoksia suunnittelukäytännöissä ja työmenetelmissä. Rakentamisen jätevirtojen ja niiden hyödyntämisen tarkastelu tulee

entistä paremmin kytkeä myös muiden teollisuudenalojen ja elinkeinosektorin jätevirtoihin. Esimerkiksi energiantuotannossa syntyy sivutuotteena huomattavia määriä tuhkia, joiden tehokkaampi hyödyntäminen maarakentamisessa säästäisi neitseellisiä luonnonvaroja. Resurssitehokkaissa rakennuskohteissa kohteen maan muokkausta vältetään ja kaivumaat hyödynnetään sopivissa paikoissa rakennuskohdetta. Maa-ala, joka päätetään käyttää rakentamiseen, käytetään tehokkaasti ja muut alueet jätetään mahdollisuuksien mukaan luonnontilaisiksi.

Rakentamisen ylijäämämaiden hyötykäytön lisääminen edellyttää muun muassa kaivamattomien ja lajittelevan

kaivun menetelmien kehittämistä ja maa-ainesten jalostusmenetelmien käyttöä lähellä kaivumaiden syntypaikkaa. Työnaikaiseen massojen ohjaukseen liittyvää tiedotusta on kehitettävä niin, että alan toimijat saavat tietoa saatavilla olevista ja saataville tulevista maa-aineksista rakennuskohteissa. Maa- ja kiviaineisten esikäsittely- ja välivarastointialueille tulisi varata alueita kaavoituksessa ja hankekohtaiset materiaalivehitykset kytkeä osaksi kaavoituksen yhteydessä tehtäviä selvityksiä ja suunnittelukäytäntöjä hankkeen koko elinkaaren ajaksi.

4.4 Kierrätysmateriaalien jalostusarvon nostaminen

Resurssitehokkuuden parantamisessa yksi keskeinen painopiste tulisi tämän tarkastelun mukaan olla kierrätysmateriaalin jalostusarvon nostaminen, Jyväskylän seudun tuotannossa käytetään kierrätysmateriaaleja kaikkiaan 1,8 milj. tonnia. Tästä 1,1 milj. tonnia on jätevesilietteitä (0-kuitulietteitä ja mustalipeää), 400 000 tonnia muuta tavanaomaista jätettä (pääosin puunkuorta ja energiajätettä), 65 000 tonnia paperi- ja kartonkijätettä sekä loput metalli- ja biojätettä ja muita erikseen määrittelemättömiä jätteitä, kuten tuhkia.

Yritysten ilmoittamien tietojen sekä Vahti-tietokannan perusteella Jyväskylän seudulla muodostuvista massa- ja paperiteollisuuden lietteistä 1,2 milj. tonnia ohjautuu vuosittain energiahyötykäyttöön (polttoon). Tästä 890 000 tonnia on mustalipeää ja 210 000 tonnia nollakuitua ja biolietettä. Polttoon ohjautuvista virroista osa olisi mahdollista hyödyntää muilla tavoin materiaalien jalostusarvoa nostamalla.

Nollakuidun ja biolietteen seos sisältää nimensä mukaisesti pääasiassa puusta peräisin olevia kuituja ja ligniiniä sekä teollisuuslaitosten biologisten jätevedenpuhdistamoiden biolietettä (vedenpuhdistukseen käytettyjä hyödyllisiä mikrobeja). VTT:n ja Oulun yliopiston tekemien tutkimusten mukaan lietteet sisältävät hyödyntämiskelpoisia kuituja ja täyteaineita (Kyllönen ym. 2010). Tutkimusten mukaan puhtaiden materiaalien erottaminen on tästä mahdollista, mutta haastavaa. Mikäli materiaaleja halutaan hyödyntää, tulisi ne erottaa lähellä syntypistettä mahdollisimman puhtaina rejekteinä eikä vasta lieteseoksesta. Esimerkiksi mustalipeä on sulfaattisellun keiton yhteydessä muodostuva runsaasti ligniiniä sisältävä puuperäisen aineksen ja keittokemikaalien seos, joka on erotettavissa.

Puuperäisistä raaka-aineista voidaan valmistaa monenlaisia tuotteita, kuten alla olevasta kuvasta ilmenee (kuva 31). Massa- ja paperiteollisuuden sivuvirroista ja jätteistä voidaan myös valmistaa monenlaisia tuotteita. Esimerkiksi Ruotsissa SCA:n Lilla Edetin tehtaalla lietteenpoltosta tulevaa tuhkaa käytetään metsäteiden rakennusaineena, asfaltin sidosaineena sekä maaperän pH:n nostoon maataloudessa. Suomessa lietteenpoltossa muodostuvan tuhkan hyötykäyttö rakentamisessa on ympäristöluvanvaraista toimintaa. Suomessa Metsä Forestin lietteenpoltton tuhkaa käytetään metsälannoitteena sen sisältämien fosforin ja kaliumin takia. SAPP:n tehtaiden lietettä on käytetty sementin ja tiilien valmistukseen, minkä lisäksi sitä on käytetty kuivikkeena karjatiljoilla.

Edellä mainittujen lietetuotteiden jalostusarvo lisäys ei toistaiseksi ole kovin suuri. Paras hyöty olisi saavutettavissa, jos teollisuuslaitosten tuotantoprosesseja modifioidaan siten, että kierrätettävät ja uusiokäyttöön kelpaavat materiaalit saadaan mahdollisimman puhtaina käyttöön.

Puuperäisistä raaka-aineista kuten tärkkelyksestä ja selluloosasta voidaan myös tuottaa bioetanolia. Bioetanolia voidaan valmistaa monenlaisista käymiskelpoisista hiilihydraateista, ja sulfittisprii eli *tikkuviina*, jota aikanaan valmistettiin sulfittiselluloosatehtaiden jäteliemestä, olikin eräänlaista bioetanolia. Bioetanolin jalostusarvo on hyvä, mikäli sille on kysyntää teollisuuden raaka-aineena tai liikennepolttoaineena. Suomessa St1:n rakentaa Kajaaniin uutta tuotantolaitosta, joka tuottaa bioetanolia liikennekäyttöön selluloosaa sisältävistä raaka-aineista (Cellunolix™), kuten sahanpurusta, oljesta ja kierrätyskuiduista.

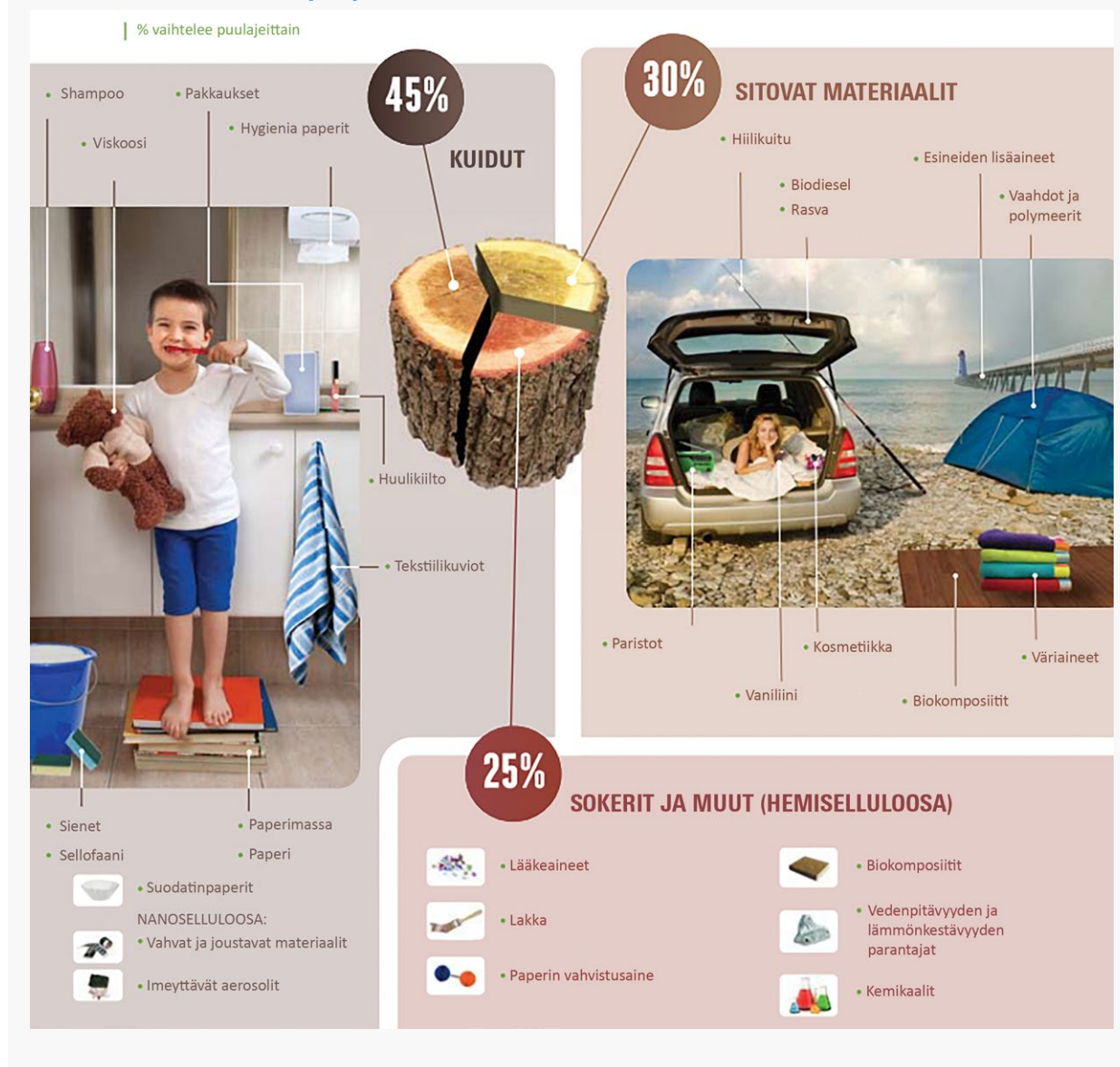
Mustalipeän haihdutusprosessissa sulfaattisellutehtaalla erottuu mustalipeän pinnalle saippuuituneita uu-

teaineita ns. raakasuopana. Suovasta saadaan keittämällä mäntyöljyä ja glaubersuolaliuosta. Raakamäntyöljystä voidaan tuottaa biodieseliä alkoholin avulla (Alakangas 2000). Mäntyöljyä käytetään nykyisin muun muassa maali- ja liimateollisuudessa, saippuoissa ja hydraulikkaöljyissä, ja uusia tuotteita kehitetään jatkuvasti.

Ruotsissa on myös tutkittu ja kehitetty mustalipeän kaasutustekniikkaa. Tuotekaasu voidaan esimerkiksi polttaa

kaasuturbiinissa ja tuottaa siitä sähköä. Siitä voidaan myös katalyyttisen prosessin avulla tuottaa erilaisia kemikaaleja tai liikennepolttoainetta. (BioDME 2014: Production of DME from biomass and utilisation of fuel for transport and industrial use).

Kuva 31. Esimerkkejä puun eri osista saatavista tuotteista (Muokattu Confederation of European Paper Industries: Resource Efficiency in Pulp and Paper Industry – Making More from Natural Resources pohjalta)



5. Mallin yleistettävyys



TUOTANNOLLISEN TOIMINNAN KÄYTTÄMIEN erityyppisten resurssien kuvaamiseksi kehitetty menettely mahdollistaa käytettyjen resurssien tunnistamisen ja niiden määrän arvioinnin. Arviointi perustuu yksittäisen ajanhetken tarkasteluun, mutta kehitetyllä tarkastelumenettelyllä on mahdollista tarkastella myös erityyppisten muutosten vaikutuksia.

Arviointimenettely sisältää viisi eri osiota, joiden sisältöä on tarkennettava tapauskohtaisesti. Arviointien yksityiskohtainen sisältö on riippuvainen käytettävissä olevista yleisistä lähtötiedoista ja tarkastelualueella toimivista yrityksistä kyselyillä saatavista yrityskohtaisista tiedoista. Jyväskylän alueelle tehdyn tarkastelun vaiheet on kuvattu yleisellä tasolla luvussa 2.

Mallilla tuotettujen tulosten tarkkuustaso paranee, kun tarkastelualueella toimivien yritysten toiminnasta saadaan yksityiskohtaista tietoa, erityisesti materiaalien käytöstä ja niiden hankinnasta ja hankinta-alueesta. Malli tässä muodossaan toimiikin hyvin alueilla, joissa liikkuu suuria materiaalivirtoja. Soveltaminen alueilla, joissa suuret materiaalivirrat puuttuvat ja toiminta keskittyy enemmän hallintoon, (alueella esim. paljon IT-teknologiaa, terveydenhuoltoa, poliisi, jne.) ja myös rahavirrat keskittyvät nykymallin generiseen osioon, niin mallin ydin tulisivikin laajentaa suuremmille palvelualueille ja kyselyt painottua panostuotosten tarkentamiseen. Ytimen perustan muodostaisi immateriaalinen ydin.

Kehitetty menettely koostuu itse mallista ja siinä käytävästä tietoaineistosta. Keskeisenä lähtökohtana on yleismaailmallinen panos-tuotosmenetelmä, jota hyödyntäen voidaan tehdä laajasti erityyppisiä tarkasteluja ja analyysejä. Panos-tuotostaulut tehdään pääasiassa taloudellisesta

näkökulmasta, mutta resurssien käyttö ja tuotannosta aiheutuva päästötarkastelu perustuu materiaalmääräiseen lähtökohtaan. Materiaalikohtaisesti kerättyjen tietojen pohjalta voidaan laatia panos-tuotostaulut materiaalmääräisinä. Mitä enemmän on yrityksistä saatua yksityiskohtaista tietoa, sitä vähemmän on tarpeen hyödyntää yleistä talouspohjaista tietoa.

Tässä esitetyn analyysimenetelmän soveltaminen on yleispätevä. Sovellettaessa menetelmää tulee tarkastelun alkuvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota tarkastelualueen rajaukseen ja alueen tuotantorakenteeseen. Yleisten tilastotietojen hyödynnettävyys on tärkeää, koska vain harvoin yrityksistä saadaan kattavat tiedot niiden tuotannosta ja sen rakenteesta. Tarkasteluissa on tarpeen kiinnittää erityistä huomiota toimialoihin, jotka käyttävät, käsittelevät tai hyödyntävät suuria materiaalmääriä. Tuotannon sitomat resurssit ovat suoraan riippuvaisia tuotantomääristä, mutta erityisen tärkeää on tunnistaa alat, joiden toiminnasta seuraa merkittäviä materiaalmääriä, joiden hyötykäyttö on vajavaista tai olematonta.

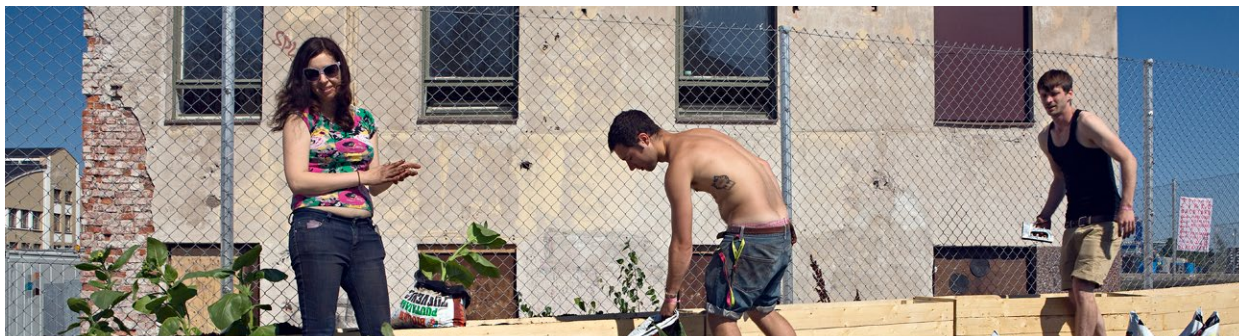
Tarkasteluissa on testialueena käytetty Jyväskylän seutua. Kun tarkasteluja tehdään Suomessa muille kuin Jyväskylän alueelle, tarkentuu samalla alueelle muilta alueilta tuotavat resurssit. Tarkastelu ei suoraan ota huomioon miltä alueelta resursseja alueella tuodaan muuten kuin erottelemalla tuonti muualta Suomesta ja ulkomailta. Kun alueiden välinen vuorovaikutus tunnetaan nykyistä paremmin, saadaan tarkempia arvioita elinkaaritarkasteluista. Elinkaaritarkastelujen mukaiset resurssien käytöstä aiheutuvat päästöt ovat usein merkittävät suhteessa tarkastelualueen teollisesta tuotannosta aiheutuviin päästöihin.

Tässä esitetyn analyysimenetelmän soveltaminen on yleispätevä. Sovellettaessa menetelmää tulee tarkastelun alkuvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota tarkastelualueen rajaukseen ja alueen tuotantorakenteeseen.

Tarkastelujen perusteella tunnistetaan erityisesti hyödyntämätön materiaali. Lisäksi tunnistetaan alueella hyötykäyttävä materiaali, jonka käytön tehostamista ja arvonnäkökulman kasvattamista tulisi alueellisesti laajentaa. Materiaalien uusiokäyttökertoja tulisi lisätä ja estää materiaalin ainoa hyötykäyttö energiantuotannossa.

Ytimen toimialoihin kuuluvia yrityksiä haastateltaessa nähtiin, ettei yrityksillä ole vielä kovinkaan kattavasti käytössä resurssitehokkuutta kuvaavia indikaattoreita. Niistä keskustelu on vasta alullaan. Haastattelujen mukaan yritykset katsovat indikaattoreita oman toimintansa näkökulmasta; perustuotannon toimialat katsovat ja vertailevat päästöjä ja materiaalin käyttöä muihin perustuotannon yrityksiin nähden, korkeamman jalostusasteen toimialat vastaavasti suhteessa oman toimialansa yrityksiin. Indikaattoreiden tulisikin olla kullekin tuotantoketjun osalle ominaisia. Yritykset ovat tuotantoketjussa omassa roolissaan. Perusteellisuus on energiantensiivistä ja siellä syntyy enemmän päästöjä, kuin jalostavalla teollisuudella. Jos resurssitehokkuus on kaikissa tuotantoketjun osissa korkealla tasolla, se on sitä myös kulutuksessa. Indikaattoreiden liiallista yhdistämistä tulisi myös välttää, jotta niiden luotettavuus ja ymmärrettävyys säilyvät.

6. Mallin hyödyt ja käyttömahdollisuudet



RESURSSITEHOKKUUS ON YKSI KEINO edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä, talouden tehokkuutta sekä luoda hyvinvointia ja työtä. Resurssitehokkuuden edistäminen on horisontaalinen kysymys, joka vaatii hallinnon eri tasojen ja toimialojen huomioon ottamista ja vuorovaikutussuhteiden tunnistamista. Lisäksi se vaatii fyysisten materiaalivirtojen esiin tuomista sekä oikeaa tietoa ja ymmärrystä resurssivirtojen merkityksestä yhteiskunnan hyvinvoinnin lisäämisessä.

Jyväskylän alueella testattu alueellinen resurssivirtamalli tarjoaa työkalun:

- Resurssien käytön ja ympäristön kuormituksen tunnistamiseen arvoketjujen näkökulmasta
- Panosten käytön tehostamiseen, sivuvirtojen hyödyntämiseen, kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön
- Uudenlaisten yhteistyökuvioiden ja arvoketjujen luomiseen
- Alueellisten vahvuuksien, kehittämistarpeiden ja mahdollisuuksien tunnistamiseen
- Investointipäätöksiin, alueiden kehittämiseen, toimintasuunnitelmiin jne. liittyvien vaikutusten simulointiin
- Päästöjen vähentämiseen, ilmastomuutoksen hillintään ja luonnonvarojen kestäväää käyttöön

Alueellinen resurssivirtamalli antaa luotettavan kuvan tarkastelualueen luonnonvarojen käytöstä, talouden tehokkuudesta ja kokonaisympäristövaikutuksista. Mallin avulla voidaan arvioida aluetalouden tilaa ja alueen eri toimialojen roolia resurssien käytössä ja hyvinvoinnin luonnissa. Malli kertoo, miten raha- ja materiaalmääräiset

resurssivirrat ohjautuvat alueen tuotantoon, toimialojen välillä ja kulutukseen sekä alueelta vientinä pois, millaista arvonlisäystä resurssivirroista tapahtuu, ja kuinka suuri työllistävä vaikutus alueen tuotannosta syntyy. Mallin avulla voidaan laskea, kuinka suuret kokonaispäästöt resurssivirtojen käytöstä aiheutuu, ja mikä on hyödyntämättömien sivuvirtojen ja jätteiden määrä. Mallilla voidaan selvittää resurssien käytön suhdetta alueen tuloihin ja työpaikkoihin ja tunnistaa käyttämättömiä resursseja.

Samankaltaista materiaalmääräisiin resurssivirtoihin perustuvaa resurssivirtamallia ei ole koskaan aiemmin tehty Suomessa. Mallin keskeisten toimialojen muodostaman ytimen materiaalmääräisten taulukoiden ansiosta malli poikkeaa muista maailmalla tehdyistä ympäristölaajennetuista panos-tuotosmalleista. Materiaalmääräisillä taulukoilla saadaan tärkeää tietoa toimialojen välituotekäytöstä. Lisäksi nähdään alueella muodostuvat hyödyntämättömät jätteet ja sivuvirrat. Alueella muodostuvien hyödyntämättömien jätteiden ja sivuvirtojen tunnistaminen on yksi parhaista resurssivirtamallin eduista perinteisiin ympäristölaajennettuihin panos-tuotosmalleihin verrattuna. Hyödyntämättömät jäte- ja sivuvirrat kuormittavat ympäristöä ja niihin liittyy paljon uudenlaisen liiketoiminnan kehittämismahdollisuuksia.

Resurssien käytön ympäristövaikutusten arviointi antaa kokonaiskuvan alueellisista ja globaaleista vaikutuksista. Arvioinnissa on mukana sekä suorat pistemäiset päästöt alueella että alueen ulkopuolella tapahtuvat vaikutukset (elinkaari-päästöt). Mallilla voidaan simuloida esimerkiksi tuotannossa ja kulutuksessa tapahtuvien muutosten vaikutukset ympäristökuormitukseen. Yksityisen kulutuksen ympäristökuormitus voidaan jatkossa liittää malliin mukaan.

Erityisen hyödyllistä olisi tunnistaa yrityskohtaisesti resurssien käyttö ja verrata sitä verrokkiryhmään, joka tässä tapauksessa olisi ensisijaisesti toimiala, jolla yritys toimii.

Resurssitehokkuuden edistäminen tulee kytkeä osaksi kestävien ja älykkäiden kaupunkiseutujen kehittämistä. Malli auttaa hallintoa tunnistamaan keinoja lisätä alueen houkuttelevuutta elinkeinonharjoittajien näkökulmasta, parantaa yritysten toimintaedellytyksiä alueella ja luoda uudenlaista liiketoimintaa, joka perustuu alueen vahvuuksiin. Malli tarjoaa uutta näkökulmaa aluesuunnitteluun, biotalouden ja kiertotalouden edistämiseen, suuriin investointeihin rakentuvien kehitysympäristöjen tarkasteluun sekä suunnitelmien, ohjelmien ja hankkeiden vaikutusten arviointiin. Aluesuunnittelussa mallia voidaan hyödyntää korkean tason laskelmissa päätöksenteon tueksi esimerkiksi osana tarveselvityksiä, sijaintipaikkaselvityksiä, ympäristövaikutusten arviointia (YVA) tai kaavatalous- ja investointilaskelmia. Mallin avulla voidaan arvioida erilaisen kysynnässä tai teknologiassa tapahtuvien muutosten kokonaisvaikutukset tuotantomääriin, aluetalouteen, työllisyyteen ja ympäristöön.

Malli avaa kiinnostavia uusia mahdollisuuksia myös yritysten liiketoiminnan kehittämiseen, yritysjohtamiseen ja päätöksentekoon. Yritykset voivat hyödyntää mallia toiminnan resurssitehokkuuden arvioinnissa. Erityisen hyödyllistä olisi tunnistaa yrityskohtaisesti resurssien käyttö ja verrata sitä verrokkiryhmään, joka tässä tapauksessa olisi ensisijaisesti toimiala, jolla yritys toimii. Mallilla voidaan myös tunnistaa yritysten merkitys aluetaloudelle, työllisyydelle ja ympäristölle sekä yritysten rooli kiertotalouden edistämässä. Yritysten ja tutkimuslaitosten yhteistyö voi mahdollistaa uudenlaisten tuote-palvelukonseptien ja arvoketjujen luomisen ja myös kiertotalouden mahdollisuuksien hyödyntämisen.

Alueellinen resurssivirtamalli on sovellettavissa eri alue-tasoilla, kaikilla kaupunkiseuduilla, ja sitä hyödyntämällä voidaan tehdä vastaavia alueellisia resurssitehokkuuden kokonaistarkasteluja eri puolille Suomea. Resurssitehokkuuden mittaaminen aluetasolla on vielä kehitysvaiheessa. Tästä syystä tarvitaan useita vastaavia tarkasteluja eri alueilla ja aluetasoilla parhaiden tunnuslukujen ja menetelmien löytämiseksi ja tietotarpeiden selvittämiseksi. Eri alueiden samojen toimialojen välisellä vertailulla voidaan tunnistaa alueiden välisiä eroja toimialojen sisällä. Erot voivat johtua tuotantojärjestelmien tehokkuuseroista tai tuotantorakenteen erosta. On hyvä tunnistaa mahdolliset eroavaisuuksien syyt ja sitä kautta tunnistaa keinoja, joilla resurssien käyttöä voidaan tehostaa tai vähentää toiminnasta aiheutuvia päästöjä.

7. Johtopäätökset



TÄLLÄ HETKELLÄ SUOMESSA EI OLE ajantasaista työkalua, jolla voitaisiin kuvata ja arvioida alueellisia resurssivirtoja. Tuorein Tilastokeskuksen tekemä maakuntien taloudellista rakennetta ja riippuvuutta tarkasteleva tutkimus, jonka yhteydessä muodostettiin maakuntakohtaiset alueelliset panos-tuotostaulukot, on vuodelta 2002. Resurssien käytön tehokkuus on kuitenkin noussut merkittäväksi tekijäksi ja samalla yhteiskunnan eri tasoilla tapahtuvassa päätöksenteossa ja arvioinnissa tarvitaan yhä enemmän tietoa resurssin käytöstä sekä niiden ympäristövaikutuksista ja merkityksestä taloudelle ja hyvinvoinnin edistämiseksi.

Työssä kuvattiin keinot muodostaa alueellinen resurssivirtamalli, jolla voidaan tarkastella ja arvioida aluetaloutta ja sen resurssivirtoja niin materiaalmääräisestä, euromääräisestä kuin ympäristönäkökulmastakin. Tarkastelualueena toimineelle Jyväskylän seudulle muodostettiin mallin prototyyppi, jolla muodostettiin kokonaiskuva tarkastelualueen resurssivirroista ja niistä aiheutuvista ympäristövaikutuksista.

Resurssivirtamalli koostuu viidestä osasta: 1) alueellinen panos-tuotostaulukko, 2) materiaalmääräiset tarjonta- ja käyttötaulukot, 3) euromääräinen keskeisten toimialojen panos-tuotostaulukko ja ympäristömoduuli 4) yhdistetty alueellinen ympäristölaajennettu panos-tuotostaulukko ja 5) tulosten laskenta.

Tarkastelualueelta ei ollut käytettävissä ajantasaista panos-tuotostaulukkoa, minkä vuoksi se luotiin aluetilipidon sekä FLQ-sijaintiosamäärämenetelmän avulla kansallisesta panos-tuotostaulukosta (vaihe 1). Keskeisten toimialojen materiaalivirrat kuvattiin todellisina suureina (t, m³, kWh, jne). Tarkempaan tarkasteluun valituilta keskei-

siltä toimialoilta kerättiin materiaalmääräiset tiedot käytetyistä panoksista, syntyneistä tuotoksista, päästöistä ilmaan ja veteen sekä tuotantolaitoksilta lähtevistä jätteistä/sivuvirroista. Mallia muodostettaessa tärkein työvaihe oli materiaalmääräisten tietojen keräys sekä toimialojen valinta tarkempaan tarkasteluun. Mallin tulosten tarkkuus varmistetaan valitsemalla tarkempaan tarkasteluun riittävän kattava määrä toimialoja, joilta kerätään materiaalmääräiset tiedot (vaihe 2).

Materiaalmääräiset taulukot muutettiin euromääräisiksi kertomalla hyödykkeiden määrä hyödykettä vastaavalla yksikkökohtaisella perushinnalla (vaihe 3). Perushinnat määriteltiin Tilastokeskukselta saatujen teollisuuden tuotantotilastojen sekä maatalouden tuottajahintatilastojen perusteella.

Tarkemmin määriteltäviä toimialoja kuvaavien tarjontakäyttö- ja panos-tuotostaulukoiden ollessa euromääräisiä, pystyttiin mallin eri osat yhdistämään sekä täydentämään haastatteluihin vastaamattomien yritysten osuus kertomilla (vaihe 4). Yhdistettyyn panos-tuotostaulukkoon lisättiin ympäristömoduuli, joka muodostettiin keskeisten toimialojen osalta mitatuista todellisista ympäristöpäästöistä ja muiden toimialojen osalta yleisesti toimialakohtaisia ympäristöpäästöjä kuvaavien kertomien avulla. Keskeisten toimialojen osalta tuonnin ja viennin kuljetuksille sekä tuontituotteiden elinkaarenaikaisille ympäristövaikutuksille määriteltiin oma taulukko elinkaariarvioinnin avulla.

Lopuksi alueellisesta ympäristölaajennetusta panostuotostaulukosta muodostettiin kerroinmatriisi ja Leontief'n kääntematriisi (vaihe 5). Tämän jälkeen mallilla laskettiin tarkasteluun valitut tunnusluvut ja arvioitiin ympäristövaikutukset.

Jyväskylän alueella testattu alueellinen resurssivirtamalli antaa luotettavan kuvan alueen luonnonvarojen käytöstä, toiminnan tehokkuudesta ja kokonaisympäristövaikutuksista sekä ymmärryksen alueen toimialarakenteesta ja aluetalouden tilasta.

Jyväskylän alueella testattu alueellinen resurssivirtamalli antaa luotettavan kuvan alueen luonnonvarojen käytöstä, toiminnan tehokkuudesta ja kokonaisympäristövaikutuksista sekä ymmärryksen alueen toimialarakenteesta ja aluetalouden tilasta. Materiaalimääräisillä taulukoilla saadaan tärkeää lisätietoa toimialojen välituo-tekäytöstä. Lisäksi niistä nähdään alueella muodostuvat hyödyntämättömät jätteet ja sivuvirrat.

Eri alueiden samojen toimialojen välisellä vertailulla voidaan tunnistaa alueiden välisiä eroja toimialojen sisällä. Erot voivat johtua tuotantojärjestelmien tehokkuuseroista tai tuotantorakenteen erosta. Toimialojen välinen resurssitehokkuuden vertailu toisiinsa nähden ei ole resurssivirtamallin keskeinen tarkoitus. Toimialojen välisellä tarkastelulla pyritään ensisijassa tuomaan esille, miten alueen toimialat asemoituvat toisiinsa nähden. Alueen perustuotanto käyttää paljon resursseja suhteessa tuotukseen. Perustuotannon toimialat eivät yleensä tuota suurta arvonlisäystä, mutta ne luovat tärkeän pohjan muulle teollisuudelle ja palvelusektorille.

Resurssien käytön tehostaminen voidaan toteuttaa pääsääntöisesti kolmella tavalla: sivu- ja jätevirtojen aiempaa tehokkaampi hyödyntäminen, resurssien käytön tehostaminen tuotannossa ja kierrätysmateriaalien jalostusarvon nostaminen. Näiden keinojen kustannustehokkuuden tarkastelussa on otettava huomioon yksityisen yrityksen etu ja resurssien käytön optimointi sekä alueen etu ja alueellisen tason optimointi, jotka voivat olla toisiinsa nähden ristiriitaiset. Haasteena voi olla se, että jokin resurssi poistuu kiertokierrosta esimerkiksi polton kautta, vaikka jokin toinen taho voisi vielä hyödyntää sitä omassa toiminnassaan. Syynä tähän voi olla se, että systeemi ei kannusta riittävän hyvin

resurssin uudelleen käyttöön tai kierrätykseen ja poltto on resurssista luopuvalle taloudellisempi vaihtoehto.

Mallia testattiin Jyväskylän kaupunkiseudulla. Malli on sovellettavissa eri aluetasoilla ja sen avulla voidaan tehdä vastaavia resurssitehokkuuden kokonaistarkasteluja eri puolille Suomea. Jatkossa tarkastelu voitaisiin tehdä tätäkin laajemmalla alueella, kuten maakuntatasolla. Malli soveltuu myös esimerkiksi kaupunkiseutu- ja yleiskaavatasoihin tarkasteluihin.

Jatkossa vastaavia alueellisia resurssivirtamalleja voidaan tehdä rahamääräisenä pienemmällä työpanoksella, mutta materiaalimääräisten tietojen koonti vie aikaa ja vaatii tarkasteltavan alueen yrityksiltä yhteistyötä. Ilman yritysten yhteistyötä sekä halukkuutta luovuttaa tietoja käytetyistä panoksista ja valmistetuista tuotteista, mallin tarkkuus kärsii ja sillä saavutettava hyöty pienenee. Mallia esiteltiin hankkeen kuluessa seminaarissa ja työpajassa, joka oli suunnattu hankkeen pilottialueeseen kuuluville yrityksille, kaupungeille, kunnille, viranomaisille, yhdistyksille sekä aiheesta kiinnostuneille kehittämistyön ammattilaisille. Hankkeen aikaisella vuorovaikutuksella pyrittiin herättämään yritysten kiinnostusta mallista. Mallin tarkkuutta voitaisiin jatkossa parantaa lisäämällä tätä yhteistyötä ja parantamalla erityisesti pienempien yritysten vastausprosenttia materiaalimääräisten tietojen hankinnassa. Vaadittavan työn määrä mallin rakentamiseksi vaihtelee alueittain ja riippuu muun muassa tarkastelualueen koosta sekä alueen teollisuuden rakenteesta ja keskeisten toimialojen määrästä.

Vastaavissa tarkasteluissa tulee jatkossa kiinnittää erityistä huomiota materiaalimääräisinä tarkasteltavien keskeisten toimialojen valintaan. Valinta kannattaa tehdä

aluetilinpidon ja alueellisen panos-tuotostaulukon tietojen perusteella. Tämän työn näkökulmasta alueellisen resurssitehokkuuden tarkastelussa tulee lähteä mahdollisimman yksityiskohtaisesta tiedosta, jota aggregoidaan toimialojen tarkkuudelle. Materiaalimääräisiä tietoja selvitettäessä on tärkeää saada tiedot selville yritysten tasolla mahdollisimman tarkasti, jotta työn myöhemmissä vaiheissa tehtävät laskennat voidaan suorittaa riittävän tarkkaan ja etulla hyödykeluokituksella. Jos tietoja ei saada tarpeeksi yksityiskohtaisilla nimikkeillä selville, yhdistettäessä tiedot toimialakohtaisesti, päädytään liian karkealle tasolle. Tämä puolestaan heikentää mallin tarkkuutta.

Malli on kytkettävissä muiden samakantaisten panos-tuotos mallien kanssa toisiinsa. Kytkettäessä mallit yhdeksi kokonaisuudeksi, mallissa ei synny päällekkäistä laskentaa ympäristövaikutusten osalta, koska elinkaarilaskennat ovat jaoteltu raakadatassa riittävän tarkasti, jolloin kotimaisten tuontituotteiden elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset on mahdollista korvata muiden alueellisten mallien tuloksilla.

Tuotannollinen toiminta käyttää resursseja jatkuvana virtana ja resurssien käyttö muuttuu yleensä suorassa suhteessa tuotannon määrään. Tuotantojärjestelmän perustaminen tai merkittävä muuttaminen puolestaan aiheuttaa ajoittain suuria resurssitarpeita, kuten investoinnit koneisiin ja laitteisiin tai rakennuksiin. Kun tarkastellaan vuotuista resurssien käyttöä, aiheutuu investointiluonteisista käytöistä suurta vaihtelua yritysten ja toimialojen resurssien käyttöön ja niiden tarpeeseen. Vertailun tasapuolistamiseksi tulisi olla menettely kertaluonteisten suurten resurssien käyttöjen arvioimiseksi. Yksi hyvä menettely olisi investointiluonteisten resurssien käytön jaksottaminen vastaavan tyyppisesti kuin yritykset tekevät kirjanpidossaan.

Mallin avulla voidaan arvioida erilaisten kysynnässä tai teknologiassa tapahtuvien muutosten kokonaisvaikutuk-

set tuotantomääriin, aluetalouteen, työllisyyteen ja ympäristövaikutuksiin. Kun simuloidaan teknologiassa tai kysynnässä tapahtuvien muutosten vaikutusta aluetasolla, tämän hetkellä prototyypillä muuttuneet tiedot täytyy syöttää mallin ja laskea tulokset uudelleen. Jatkossa mallia voitaisiin kehittää integroimalla mallin tiedot valmiiseen laskentaohjelmaan, jolloin lopputuotekysynnän, investointien tai työntekijöiden määrää muuttamalla saataisiin suoraan tiedot muutoksista sekä muutosten vaikutuksista ympäristövaikutuksiin.

Mallin kehittämiseen liittyy jatkossa myös aineiston ja aluetilastoinnin kehittämistarpeita. Haasteiksi tunnistettiin erityisesti alueellisen panos-tuotos aineiston puuttuminen (tiedon tuotannon organisointi), eri lähteistä olevien aineistojen yhdistäminen (toistettavuus, laadun arviointi) sekä olemassa olevan tiedon ja menetelmien hyödyntäminen (vertaisarviointi). Mallin sovellusmahdollisuuksien kehittämiseksi ja mallin käytön edistämiseksi mallin vaatima lähtöaineisto voitaisiin koota keskitetysti esimerkiksi osaksi Tilastokeskuksen alue- ja ympäristötilinpitoa.

Vielä ei ole käytössä yleisesti hyväksytyjä alueellisia tai toimialakohtaisia resurssitehokkuusindikaattoreita, sillä keskustelu indikaattoreista on vasta aluillaan. Yrityshaastattelujen mukaan talouden mikro- ja makrotasolle tulisi kehittää omat indikaattorikonseptit, jotka mittaavat kunkin tason keskeisiä toimintoja. Mikrotasolla erilaisten tehokkuuksia kuvaavien tunnuslukujen arveltiin olevan hyviä. Indikaattoreiden pitäisi sisältää myös ohjausvaikutusta ja olla helposti ymmärrettäviä koko hankintaketjussa. Kansallisen tason indikaattoritietoa ei voida johtaa alue- tai toimialatasolle, sillä kansallisen tason indikaattoritieto sisältää keskiarvostuksia, joilla ei saada alueiden ja toimialojen välisiä ominaispiirteitä ja eroja esille.

8. Lähdeluettelo

- Aluetilinpito. 2011.
Jyväskylän, Jämsän ja Äänekosken seutukunta.
Erillistilauksena Tilastokeskukselta.
- Ainali, S. (2000).
Alueellisen panos-tuotostutkimuksen mahdollisuudet. Helsinki.
Sisäasiainministeriö, Aluekehitys-osaston julkaisu 7/2000.
- Antikainen, R. (toim). 2010.
Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet.
Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010.
- Armstrong, H., Taylor, J. 2000.
Regional Economics and Policy, 3rd Edition. Cornwall: MPG Books Ltd.
- Baumol, W. J. 2000.
Leontief's Great Leap Forward: Beyond Quesnay, Marx and von
Bortkiewicz. Economic Systems Research, Volume 12, Issue 2,
pp. 141-152.
- Brand, S., Hills, S., Munday, M. 2000.
Assessing the impact of foreign manufacturing on regional
economics: The case of Wales, Scotland and the West Midlands.
Regional Studies, Volume 34, Issue 4, pp. 343-55.
- Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R.,
Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S. 2009.
Recent developments in Life Cycle Assessment. Journal of
Environmental Management, Volumen 91, Issue 1, pp. 1-21.
- Flegg, A. T., Tohmo, T. 2013.
Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of
Finland. Regional Studies, Volume 47, Issue 5, pp. 703-721.
- Flegg, A. T., Webber, C. D. 2000.
Regional Size, Regional Specialization and the FLQ Formula. Regional
Studies, Volume 34, Issue 6, pp. 563-569.
- Forssell, O. 1985.
Panos-tuotosmallit. Helsinki. ETLA Elinkeinoelämän tutkimuslaitos.
130 s.
- Guinée, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P.,
Buonamici, R., Ekvall, T., Rydberg, T. 2011. Life Cycle Assessment:
Past, Present, and Future. Environmental Science & Technology,
Volume 45, Issue 1, pp. 90-96.
- Hauschild, M., Bastrup-Birk, A., Hertel, O., Schöpp, W. & Potting, J. 2004.
Photochemical ozone formation. Teoksessa: Potting, J. & Hauschild,
M. (toim.). 2004. Background for spatial differentiation in life cycle
assessment – the EDIP 2003 methodology. Institute of Product
Development, Copenhagen. Environmental news 80.
- Hewings, G. J. D., Jensen, R. C. 1986.
Regional, interregional and multiregional input-output analysis.
Teoksessa: Nijkamp, P. (ed.). Handbook of Regional and Urban
Economics. Volume I, Elsevier Science Publishers BV. 703 p.
- Jenssen, A. A., Hoffman, L., Möller B. T., Schmidt, A., Christiansen, K.,
Elkington, J. 1997.
Life Cycle Assessment (LCA). A guide to approaches, experiences
and information sources. European Environmental Agency.
Environmental Issues Series no. 6. 119 p.
- Kitzes, J. 2013.
An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis.
Resources, Volume 2, Issue 4, pp. 489-503.
- Klein, L. R. 1956.
A textbook of Econometrics. Evanston. Row, Peterson & Co. 355 s.
- Knuutila, M. 2004.
Elintarvikesektorin työllisyysvaikutukset: Panos-tuotosanalyysi
maakunnittain. Maa- ja elintarviketalous 56. 87 s.
- Kowalewski J. 2012.
Regionalization of national input-output tables: Empirical evidence
on the use of the FLQ formula. HWWI research paper, No. 126
- Kyllönen, H., Grönroos A., Pirkonen, P., Mäkinen, L., Suopajarvi, T.,
Ämmälä, A. 2010.
Business potential from sludges using fractionation.
Final Report VTT-R-07491-10. 47 p.
- Laaksonen, M. 2011. Talusmatematiikan perusteet orms.1030. Vaasan
Yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Matemaattisten tieteiden laitos.
- Mattila, T. J. 2013.
Input-output analysis of the networks of production, consumption
and environmental destruction in Finland. Aalto University
publication series Doctoral dissertations 124/2013. Helsinki, Unigrafia Oy
- Miller, R. E., Blair, P. D. 2009.
Input-Output Analysis Foundations and Extensions. 2nd Edition.
Cambridge. Cambridge University Press. 784 p.
- Nenonen, T. 1986.
Panos-tuotosmalliin perustuvat vaikutusanalyysit ja niiden
käyttökelpoisuus aluepolitiikan suunnittelussa.
Teoksessa: Alueellinen panos-tuotostutkimus Suomessa.
Sisäasiainministeriö aluepoliittisia artikkeleita 1/1986. Helsinki, 23–35.
- Okko, P., Oikarinen, E. ja Miettälä, A. (2001).
Säkylän varuskunnan taloudelliset vaikutukset. Sarja keskusteluja ja
raportteja. Turun kaupparokkeakoulu 2:2001. Turku.
- Robison, H. M. 2009. Input-Output Guidebook A practical guide for
regional economic impact analysis. Economic Modeling Specialists
Inc. Saatavilla: [http://www.economicmodeling.com/wp-content/
uploads/emsi-io-guide-1.pdf](http://www.economicmodeling.com/wp-content/uploads/emsi-io-guide-1.pdf)
- Saurio, S. 1986. Nonsurvey- ja survey-menetelmien optimaalinen
yhdistäminen panos-tuotostaulun rakentamisessa:
paikallistaloudellinen sovellutus. Teoksessa: Alueellinen panos-
tuotostutkimus Suomessa. Sisäasiainministeriö aluepoliittisia
artikkeleita 1/1986. Helsinki, 61–87.
- Seppälä, J., Knuutila, S. & Silvo, K. 2004.
Eutrophication of aquatic ecosystems. A new method for
calculating the potential contributions of nitrogen and phosphorus.
International journal of life cycle assessment 9(2): 90-100.
- Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri,
J.-H., Härmä, T., Korhonen, M.-R., Saarinen, M., Virtanen, Y. 2009.
Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten
arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009, Helsinki
- Seppälä, J., Posch, M., Johansson, M. & Hettelingh, J.-P. 2006.
Country-dependent characterisation factors for acidification and
terrestrial eutrophication based on accumulated exceedance as
an impact category indicator. International journal of life cycle
assessment 11(6): 403-416.
- Seppänen, L. Aro-Heinilä, E. Helenius, J. Hietala-Koivu, R. Ketomäki,
H. Mikkola, M. Risku-Norja, H. Sinkkonen, M. Virtanen, H. 2006.
Paikallinen ruokajärjestelmä: ympäristö- ja talous-vaikutuksia sekä
oppimishaasteita. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
Raportteja 9. 115 s.

- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R.B., Berntsen, T., Bindoff, N.L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J.M., Hegerl, G.C., Heimann, M., Hewitson, B., Hoskins, B.J., Joos, F., Jouzel, J., Kattsov, V., Lohmann, U., Matsuno, T., Molina, M., Nicholls, N., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, V., Ren, J., Rusticucci, M., Somerville, R., Stocker, T.F., Whetton, P., Wood, R.A. & Wratt, D. 2007. Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. Pages 19-91.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Alueellinen panos-tuotos. 2002. [www]. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 27.3.2014]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/apt/2002/apt_2002_2006-10-04_tie_001.html
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Panos-tuotos. 2011. [www]. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 2.6.2014]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/pt/2011/pt_2011_2013-12-17_laa_001_fi.html
- TIKE. 2014. Käytössä oleva maatalousmaa 2013. [www]. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 29.4.2014. [viitattu 16.7.2014]. Saatavilla: <http://www.maataloustilastot.fi/tilasto/35/tilastojulkaisulistaus>
- Tilastokeskus. Toimialaluokitus 2008. [www]. [Viitattu 11.7.2014]. Saatavilla: <http://www.stat.fi/meta/luokitukset/toimiala/001-2008/index.html>
- Tohmo T. 2004. New developments in the use of location quotients to estimate regional input-output coefficients and multipliers. *Regional Studies*, Volume 38, Issue 1, pp. 43-54.
- Tukker, A., Huppes, G., van Oers, L., Heijungs, R. 2006. Environmentally extended input-output tables and models for Europe. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies.
- Uusitalo, R., Ekholm, P., Turtola, E., Pitkänen, H., Lehtonen, H., Granlund, K., Bäck, S., Puustinen, M., Räike, A., Lehtoranta, J., Rekolainen, S., Walls, M., Kauppila, P. 2007. Maatalous Itämeren rehevöittäjänä. *Maa- ja elintarviketalous* 96. 34

Liite 1 Alueellisen resurssivirtamallin kuvaus

1. Mallin rakenne ja rajaukset

1.1 Tarkastelun rajaukset

Alueellinen resurssivirtamalli kattaa tuotannon kaikki eri toimialat, mutta fyysisten virtojen kuvaamisessa keskityttiin mallin ytimen muodostamiseen. Mallin ytimellä tarkoitetaan tässä tarkastelualueen keskeisimpiä toimialoja, joiden toiminnasta aiheutuu suurin osan alueeseen liittyvistä merkittävimmistä materiaalivirroista.

Resurssivirtamalli ei sisältänyt kattavasti yksityistä kulutusta, vaan sisältyi tarkasteluihin vain siltä osin, kun alueen

tuotanto ohjautuu yksityiseen kulutukseen. Käytettävissä olevien resurssien puitteissa ei ollut mahdollista tarkastella yksityistä kulutusta riittävän tarkasti, mutta jatkossa se on mahdollista liittää malliin mukaan.

Resurssivirtamallin taustalla olevaa tuotantomallia käytettiin kiinteähintaisena, jolloin panoskertoimien oletettiin pysyvän muuttumattomina kuvaamaan toimialojen välisiä suhteita. Ilman tätä rajausta tuotantomallissa täytyisi ottaa huomioon hintojen porrastus, pääoman ikärakenne, rahoitusolosuhteet, kulutustottumukset sekä suhdannevaihtelut.

1.2 Fyysisiin materiaalivirtoihin perustuva mallin ydin ja tarkasteltavien toimialojen valinta

Työn alussa määritettiin seitsemän päätoimialaa, joiden materiaalivirroista muodostettiin resurssivirtamallin ydin. Toimialat jaettiin ydintoimialoihin ja ytimen ulkopuolisiin toimialoihin käyttämällä TOL:2008-luokituksen mukaisia toimialaluokkia. Ytimen ulkopuolelle jäivät toimialat eivät käytännössä valmista juuri mitään tuotteita, vaan myyvät palveluita sekä muiden toimialojen valmistamia tuotteita, jolloin ytimen ulkopuolisten toimialojen aiheuttamat fyysiset materiaalivirrat ovat niin marginaalisia, etteivät ne juuri vaikuta ympäristökuormitukseen, kuljetuksia lukuun otta-

matta, tarkasteltaessa Jyväskylän seutua kokonaisuutena. Tämän vuoksi ytimeen kuulumattomat toimialat jätettiin vähemmälle tarkastelulle, eikä niiltä toimialoilta kerätty yrityskohtaisia tietoja materiaalivirroista, syntyneistä jätteistä sekä päästöistä ilmaan ja veteen.

Ytimeen kuuluvat toimialat kattavat merkittävimmän osan (arviolta 80 %) tarkasteltavan alueen materiaalivirroista. Taulukossa 1 on esitetty ytimeen kuuluvat toimialat sekä toimialoja vastaavat TOL:2008-luokituksen mukaiset luokat.

Taulukko 1. Mallin ytimeen valitut toimialat sekä niitä vastaavat TOL:2008 -luokituksen mukaiset luokat (Tilastokeskus: Toimialaluokitus 2008)

Toimiala	TOL:2008 mukainen toimialaluokka kahden numeron tasolla
Energiantuotanto	35
Kaivostoiminta ja louhinta, käytännössä turvetuotanto	05–09
Metsäteollisuus	02, 16, 17
Metalliteollisuus	24–30
Jätehuolto	37–39
Maatalous	01
Elintarviketeollisuus	10–12

1.2.1 Toimialojen kattavuuden tarkistus

Mallin ytimeen valittiin toimialat siten, että ne edustavat mahdollisimman suurta osaa alueen fyysisistä materiaali-
virroista. Tämän työn alkuperäinen tavoite oli saavuttaa 80 % kattavuus materiaali-
virroista. Mallin ytimeen kuulu-
vien toimialojen kattavuutta voidaan tarkistaa useilla eri
tavoilla. Tarkistus voidaan tehdä mm. vertailemalla toimi-
aloiden työllistävyyttä Jyväskylän seudulla sekä työntekijöi-
den määrän suhdetta toimialojen työntekijöiden määrään
koko Suomessa. Toimialojen tarkat työntekijäluvut Jyväskylän seudulla saadaan aluutilinpidosta ja ne saadaan tilastokeskuksesta 46 toimialan tarkkuudella, joka on paras tarkkuus, millä Tilastokeskus voi tietoja luovuttaa. Taulukossa 2 on esitetty työlliset 46 toimialan jaolla Suomessa ja Jyväskylän seudulla sekä toimialojen tuotos perushintaan Jyväskylän seudulla.

Työntekijälukujen perustella voidaan todeta, että toimialat 86 Terveyspalvelut, 65 Koulutus, 41–43 Rakentaminen, 87–88 Sosiaalipalvelut, 84 Julkinen hallinto ja sosiaalivakuutus, 47 Vähittäiskauppa (pl. autot ym.) sekä 28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus ovat merkittävimmät työllistäjät Jyväskylän seudulla. Edellä mainitut seitsemän toimialaa työllistävät noin 50 % Jyväskylän seudun työllisistä. Terveyspalvelut, koulutus, sosiaalipalvelut sekä julkinen hallinto ja sosiaalivakuutus ovat toimialoja, joiden toiminnassa käytetään suhteellisen vähän materiaaleja. Tästä syystä ne jätettiin fyysisiin materiaali-
virtoihin perustuvan mallin ytimen ulkopuolelle.

Toimiala vähittäiskauppa (pl. autot ym.) jätettiin fyysisiin materiaali-
määriin perustuvan ytimen ulkopuolelle, koska vähittäiskauppa ei valmista itse myymiään tuotteita ja panos-tuotosajattelussa vähittäiskaupan käyttämiä panoksia ovat vain omaan toimintaan hankitut tuotteet. Toimialojen lopputuotteet, jotka myydään asiakkaille vähittäiskaupan kautta, merkittiin panos-tuotostaulukossa tuotteita valmistavan toimialan lopputuotekäytöksi.

Tämän vuoksi tuotteista aiheutuvat materiaali-
virrat sekä niistä syntyvät ympäristökuormitukset eivät kohdistu Vähittäiskaupan kohdalle.

Toimiala Rakentaminen tuotantomäärät vaihtelevaa merkittävästi vuosittain ja Jyväskylän seudun kokoisella alueella materiaali-
virrat vaihtelevat huomattavasti tarkasteluajankohdasta riippuen. Välttääkseen vaihtelusta sekä tarkasteluajankohdasta mahdollisesti aiheutuvaa virhetta, toimiala Rakentaminen jätettiin ytimen ulkopuolelle ja malliin se sisällytettiin pelkästään kertoimien sekä alueellistetun panos-tuotostaulukon avulla. Lisäksi toimiala Rakentaminen on CPA:2008 hyödykeluokituksen mukaan palvelua ja toimialan suurimmat ympäristökuormitukset aiheutuvat energian käytöstä sekä kuljetuksista. Rakennusmateriaalien valmistuksen aikaiset ympäristövaikutukset on otettu huomioon jo aikaisemmassa vaiheessa rakennustuotteita valmistettaessa.

Huomioitaessa kaikki toimialat, Jyväskylän seudulla työskentelee noin 3,9 % kaikista Suomessa työssä käyvis-
tistä työntekijöistä. Vertailemalla toimialojen työntekijöiden määrän suhdetta koko Suomen työntekijöiden määrään samalla toimialalla, huomattiin toimialojen 68A Asuntojen ja asuinkiinteistöjen hallinta, 28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus, 17–18 Paperiteollisuus ja painaminen, 29–30 Kulkuneuvojen valmistus sekä 16 Puuteollisuus olevan toimialoja, joilla koko Suomen työntekijöistä työskentelee yli 5 % Jyväskylän seudulla. Toimialat, joilla Jyväskylän seudulla työskentelee yli 5 % kaikista Suomen työntekijöistä, ovat mukana ytimen toimialoissa Asuntojen ja kiinteistöjen hallintaa lukuun ottamatta. Toimialalla Asuntojen ja kiinteistöjen hallinta ei kuitenkaan liiku materiaali-
virrat, jonka vuoksi sen mukaan ottaminen ytimen toimialoihin ei lisää syntyvän mallin tarkkuutta.

Vertailemalla työllisten osuutta eri toimialoilla Jyväskylän seudulla sekä koko Suomessa, saatiin selville, kuinka merkittävä toimiala on tarkasteltavalla alueella suhteessa

Taulukko 2. TOL:2008 mukaisen 46 toimialan jaon mukainen työllisten määrä Suomessa ja Jyväskylän seudulla sekä toimialojen tuotos perushintaan Jyväskylän seudulla. (Muokattu Aluutilinpidon tiedoista)

TOL: 2008 mukainen toimialajako	Työlliset (hlöä)		Toimialojen tuotos, Jyväskylän seutu (milj. €)
	Koko Suomi	Jyväskylän seutu	
Toimialat yhteensä	2 526 000	97 463	13058,7
01 Maatalous ja metsästys	90 000	1 989	88,1
02_03 Metsätalous ja kalatalous	28 000	1 061	182,6
05_09 Kaivostoiminta ja louhinta	7 000	276	67,2
10_12 Elintarviketeollisuus ym.	39 000	1 525	360,6
13_15 Tekstiili-, vaatetus- ja nahkateollisuus	12 000	204	8,7
16 Puuteollisuus	28 000	1 555	241,3
17_18 Paperiteollisuus ja painaminen	35 000	2 861	1450,0
19_22 Kemianteollisuus	35 000	840	249,6
23 Rakennusaineteollisuus	17 000	484	60,7
24_25 Metallien jalostus ja metallituotteiden valmistus (pl. koneet ja laitteet)	63 000	2 286	299,4
26_27 Sähkö- ja elektroniikkateollisuus	52 000	628	126,5
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	51 000	4 348	1295,5
29_30 Kulkuneuvojen valmistus	17 000	1 258	170,4
31_33 Huonekalujen valmistus; Muu teollinen valmistus; Koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus	38 000	1 761	199,5
35 Energiahuolto	12 000	375	329,5
36_39 Veden otto, puhdistus ja jakelu; Jäte- ja jätevesihuolto	13 000	627	165,9
41_43 Rakentaminen	190 000	7 851	1264,8
45 Autojen ym. kauppa, korjaus ja huolto	45 000	1 642	156,8
46 Tukku kauppa (pl. autot ym.)	93 000	1 791	161,8
47 Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)	166 000	6 691	422,0
49 Maaliikenne	88 000	3 062	311,1
50_53 Kuljetus ja varastointi, pl. maaliikenne	65 000	1 184	154,7
55_56 Majoitus- ja ravitsemistoiminta	80 000	2 966	235,3
58_60 Kustannustoiminta; Audiovisuaalinen toiminta	31 000	751	87,5
61_63 Televiestintä; Tietojenkäsittelypalvelu	67 000	2 970	457,6
64 Rahoitustoiminta	32 000	626	90,7
65_66 Vakuutustoiminta ym.; Rahoitusta ja vakuutusta palveleva toiminta	16 000	231	60,7
68 Kiinteistöalan toiminta	22 000	838	209,7
68A Asuntojen ja asuinkiinteistöjen hallinta	1 000	88	966,8
69_70 Liikkeenjohdon palvelut	37 000	1 370	119,0
71 Tekniset palvelut	45 000	1 748	152,4
72_73 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen; Mainostoiminta ja markkinatutkimus	29 000	878	70,8
74_75 Muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä	15 000	563	77,4
77_78 Vuokraus- ja leasingtoiminta; Työllistämistoiminta	37 000	918	67,6
79 Matkatoimistot	5 000	98	13,9
80_82 Muut tukipalvelut	80 000	3 585	194,6
84 Julkinen hallinto ja sosiaalivakuutus	174 000	6 705	635,3
85 Koulutus	169 000	8 234	584,1
86 Terveyspalvelut	183 000	8 811	591,1
87_88 Sosiaalipalvelut	188 000	6 988	376,6
90_92 Kulttuuritoiminta ja rahapelit	26 000	910	55,2
93 Urheilu-, hovi- ja virkistyspalvelut	22 000	922	72,4
94 Järjestöjen toiminta	45 000	1 451	96,6
95 Kotitaloustavaroiden korjaus	6 000	237	10,7
96 Muut henkilökohtaiset palvelut	22 000	834	57,2
97_98 Kotitalouspalvelut	10 000	443	8,8

koko Suomeen. Taulukossa 3 on esitetty toimialojen työllistävyyttä Jyväskylän seudulla suhteessa koko Suomeen. Taulukon 3 indeksin ollessa yksi (1), toimiala on Jyväskylän seudulla yhtä työllistävä kuin Suomessa keskimäärin.

Kuten toimialojen työllistävyyttä kuvaavasta taulukosta käy ilmi, Jyväskylän seudulla 68A Asuntojen ja kiinteistöjen hallinta, 28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus, 17–18 Paperiteollisuus ja painaminen, 29–30 Kulkuneuvojen valmistus sekä 16 Puuteollisuus ovat toimialoja, jotka työllistävät huomattavasti enemmän Jyväskylän seudulla kuin keskimäärin Suomessa. Asuntojen ja kiinteistöjen hallintaa lukuun ottamatta ytimeen valitut toimialat kattavat edellä mainituista toimialoista kaikki. Kuten aikaisemmin perusteltiin, Asuntojen ja kiinteistöjen hallinnan ytimeen sisällyttäminen ei kuitenkaan lisäisi mallin tarkkuutta.

FLQ-sijaintiosamäärämenetelmällä vuoden 2011 valtakunnallisesta panos-tuotostaulukosta muodostetun ei-kyseleypohjaisen Jyväskylän seutua kuvaavan panos-tuotostaulukon tiedot osoittavat ytimeen valittujen toimialojen olevan tärkeitä Jyväskylän seudulle. FLQ-sijaintiosamäärämenetelmällä alueellistetusta panos-tuotostaulukosta määriteltiin Leontief'n käänteismatriisi, josta saatiin selville eri toimialojen tuotantokertoimet. Tuotantokertoimien perusteella nähdään, kuinka paljon toimiala tarvitsee tuotantoa muilta toimialoilta valmistakseen yhden yksikön omaa tuotettaan. Taulukossa 4 on kuvattu TOL:2008-toimialajaon mukaisten 46 toimialan tuotantokertoimet tarkasteltavalla alueella. On kuitenkin huomioitava, että

tuotantokertoimet on muodostettu myös ytimen osalta sijaintiosamäärää sekä matemaattisia kaavoja hyväksi käyttäen. Lopullisessa mallissa ytimen toimialojen tuotantokertoimet on tuotettu yrityksiltä saaduista käyttö- ja tarjontatiedoista.

Tarkastelemalla taulukon 4 tuotantokertoimia sekä taulukon 2 tuotoksia perushintaan, huomataan toimialojen 17–18 Paperiteollisuus ja painaminen, 41–43 Rakentaminen, 28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus sekä 10–12 Elintarviketeollisuus olevan toimialoja, jotka synnyttävät euromääräisesti eniten tuotannon kerrannaisvaikutuksia Jyväskylän seudulla sekä ovat sitä kautta tärkeitä toimialoja aluetaloudelle. Rakentamisen toimialaa lukuun ottamatta, kaikki edellä mainituista toimialoista ovat mukana ytimen toimialoissa. Näiltä toimialoilta saatiin yrityskyselyllä tarkemmin selville tuotannon aiheuttamat kerrannaisvaikutukset. Rakentamisen toimialan jääminen ytimen ulkopuolelle on perusteltavissa toimialan tuotannon voimakkaalla vuosittaisella vaihtelulla.

Edellä tehtyjen tarkasteluiden perusteella ytimeen valittiin tarkastelualueen materiaalivirtojen kannalta merkittävimmät toimialat, tosin sieltä puuttuu 19–22 Kemiateollisuus (tuotos 250 milj. €), 23 Rakennusaineteollisuus (tuotos 60,7 €) sekä 31–33 Huonekalujen valmistus; Muu teollinen valmistus; Koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus (tuotos 200 milj. €). Luotava malli on kuitenkin prototyyppi ja siinä esitetään keinot muodostaa alueellinen resurssivirtamalli.

Taulukko 3. Toimialojen yleisyys Jyväskylän seudulla suhteessa toimialojen yleisyyteen keskimäärin Suomessa (muokattu Aluetilinpidon tiedoista)

TOL: 2008 mukainen toimialajako, Indeksi 1 = yhtä työllistävä kuin Suomessa keskimäärin	Toimialan suhteellinen osuus Jyväskylän seudulla
01 Maatalous ja metsästys	0,57266041
02_03 Metsätalous ja kalatalous	0,98162334
05_09 Kaivostoiminta ja louhinta	1,02336894
10_12 Elintarviketeollisuus ym.	1,01370449
13_15 Tekstiili-, vaatetus- ja nahkateollisuus	0,44146053
16 Puuteollisuus	1,43962167
17_18 Paperiteollisuus ja painaminen	2,11819599
19_22 Kemianteollisuus	0,62224090
23 Rakennusaineteollisuus	0,73818990
24_25 Metallien jalostus ja metallituotteiden valmistus (pl. koneet ja laitteet)	0,94055653
26_27 Sähkö- ja elektroniikkateollisuus	0,31275382
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	2,20958948
29_30 Kulkuneuvojen valmistus	1,91728132
31_33 Huonekalujen valmistus; Muu teollinen valmistus; Koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus	1,20100089
35 Energiahuolto	0,81035220
36_39 Veden otto, puhdistus ja jakelu; Jäte- ja jätevesihuolto	1,24981908
41_43 Rakentaminen	1,07094987
45 Autojen ym. kauppa, korjaus ja huolto	0,94541091
46 Tukkukauppa (pl. autot ym.)	0,49903628
47 Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)	1,04472296
49 Maaliikenne	0,90183883
50_53 Kuljetus ja varastointi, pl. maaliikenne	0,47217603
55_56 Majoitus- ja ravitsemistoiminta	0,96095417
58_60 Kustannustoiminta; Audiovisuaalinen toiminta	0,62753666
61_63 Televiestintä; Tietojenkäsittelypalvelu	1,14883923
64 Rahoitustoiminta	0,50725305
65_66 Vakuutustoiminta ym.; Rahoitusta ja vakuutusta palveleva toiminta	0,37402117
68 Kiinteistöalan toiminta	0,98721915
68A Asuntojen ja asuinkiinteistöjen hallinta	2,27036844
69_70 Liikkeenjohdon palvelut	0,95950595
71 Tekniset palvelut	1,00669127
72_73 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen; Mainostoiminta ja markkinatutkimus	0,78458371
74_75 Muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä	0,97259543
77_78 Vuokraus- ja leasingtoiminta; Työllistämistoiminta	0,64324304
79 Matkatoimistot	0,50746363
80_82 Muut tukipalvelut	1,16149043
84 Julkinen hallinto ja sosiaalivakuutus	0,99864097
85 Koulutus	1,26280848
86 Terveyspalvelut	1,24779057
87_88 Sosiaalipalvelut	0,96332948
90_92 Kulttuuritoiminta ja rahapelit	0,90750941
93 Urheilu-, huvi- ja virkistyspalvelut	1,08582326
94 Järjestöjen toiminta	0,83592409
95 Kotitaloustavaroiden korjaus	1,02503506
96 Muut henkilökohtaiset palvelut	0,98191786
97_98 Kotitalouspalvelut	1,14917964

Taulukko 4. FLQ-sijaintiosamäärämenetelmän avulla määritetyt Jyväskylän seutua kuvaavat tuotanto-kertoimet ja välilliset tuotantokertoimet.

TOL: 2008 mukainen toimialajako	Tuotantokerroin	Välillinen tuotantokerroin
01 Maatalous ja metsästys	1,4167	0,4167
02_03 Metsätalous ja kalatalous	1,1449	0,1449
05_09 Kaivostoiminta ja louhinta	1,3083	0,3083
10_12 Elintarviketeollisuus ym.	1,4779	0,4779
13_15 Tekstiili-, vaatetus- ja nahkateollisuus	1,2801	0,2801
16 Puuteollisuus	1,3184	0,3184
17_18 Paperiteollisuus ja painaminen	1,3048	0,3048
19_22 Kemianteollisuus	1,1701	0,1701
23 Rakennusaineteollisuus	1,3087	0,3087
24_25 Metallien jalostus ja metallituotteiden valmistus (pl. koneet ja laitteet)	1,2403	0,2403
26_27 Sähkö- ja elektroniikkateollisuus	1,3498	0,3498
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	1,2090	0,2090
29_30 Kulkuneuvojen valmistus	1,1393	0,1393
31_33 Huonekalujen valmistus; Muu teollinen valmistus; Koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus	1,2004	0,2004
35 Energiahuolto	1,2116	0,2116
36_39 Veden otto, puhdistus ja jakelu; Jäte- ja jätevesihuolto	1,1892	0,1892
41_43 Rakentaminen	1,2926	0,2926
45 Autojen ym. kauppa, korjaus ja huolto	1,1766	0,1766
46 Tukkukauppa (pl. autot ym.)	1,3683	0,3683
47 Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)	1,1980	0,1980
49 Maaliikenne	1,2369	0,2369
50_53 Kuljetus ja varastointi, pl. maaliikenne	1,3918	0,3918
55_56 Majoitus- ja ravitsemistoiminta	1,2873	0,2873
58_60 Kustannustoiminta; Audiovisuaalinen toiminta	1,3956	0,3956
61_63 Televiestintä; Tietojenkäsittelypalvelu	1,2438	0,2438
64 Rahoitustoiminta	1,2879	0,2879
65_66 Vakuutustoiminta ym.; Rahoitusta ja vakuutusta palveleva toiminta	1,3058	0,3058
68 Kiinteistöalan toiminta	1,2102	0,2102
68A Asuntojen ja asuinkiinteistöjen hallinta	1,0537	0,0537
69_70 Liikkeenjohdon palvelut	1,2176	0,2176
71 Tekniset palvelut	1,2209	0,2209
72_73 Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen; Mainostoiminta ja markkinatutkimus	1,2138	0,2138
74_75 Muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä	1,3073	0,3073
77_78 Vuokraus- ja leasingtoiminta; Työllistämistoiminta	1,2102	0,2102
79 Matkatoimistot	1,5163	0,5163
80_82 Muut tukipalvelut	1,1846	0,1846
84 Julkinen hallinto ja sosiaalivakuutus	1,2065	0,2065
85 Koulutus	1,1148	0,1148
86 Terveyspalvelut	1,1615	0,1615
87_88 Sosiaalipalvelut	1,1179	0,1179
90_92 Kulttuuritoiminta ja rahapelit	1,2435	0,2435
93 Urheilu-, huvi- ja virkistyspalvelut	1,1944	0,1944
94 Järjestöjen toiminta	1,2297	0,2297
95 Kotitaloustavaroiden korjaus	1,1537	0,1537
96 Muut henkilökohtaiset palvelut	1,1863	0,1863
97_98 Kotitalouspalvelut	1,0000	0,0000

1.2.2 Mallin ytimen muodostaminen

Kuvaus alueen keskeisten toimialojen, eli mallin ytimen, materiaalivirroista määritettiin alueelliseen materiaalivirta-analyysiin ja panos-tuotoslaskentaan perustuvalla mallilla (RMFA input-output; regional Material Flow Analysis). Yleensä panos-tuotostallin määrittely toteutetaan top-down -menetelmällä, jossa tiedot kootaan aluetilinpidon tiedoista jakamalla tietoja pienempiin ryhmiin sekä etenemällä ylhäältä alaspäin tarkempiin toimialajakoihin. Tässä työssä panos-tuotostaulukko määritettiin kuitenkin ytimen osalta bottom-up -menetelmällä, jossa tietojen keräys aloitettiin mahdollisimman tarkoista yrityskohtaisista tiedoista ja yhdistämällä tietoja päästiin halutulle tarkkuustasolle. Bottom-up -menetelmän ansiosta ytimen yrityksiltä saatiin tarkat tiedot käytetyistä raaka-aineista, valmistetuista tuotteista, jätteistä sekä päästöistä ilmaan ja veteen (kuva 32).

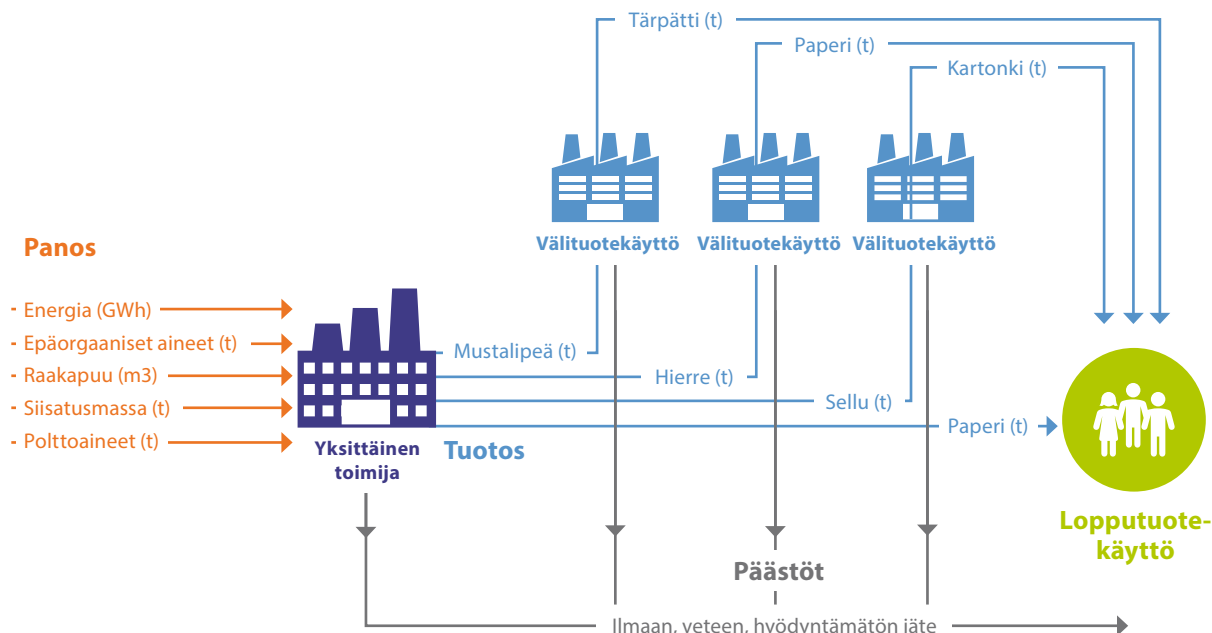
Tässä hankkeessa alueellinen ympäristölaajennettu materiaaliperusteinen panos-tuotostallin poikkeaa myös kerättyjen tietojen osalta aikaisemmin Suomessa tehdyistä alueellisista panos-tuotostalleista, koska panos-tuotostaulukot koottiin rahavirtojen sijaan toimialojen välisistä materiaalivirroista. Muunnos materiaalivirroista rahavirroiksi toteutettiin

vasta lopuksi, jotta ympäristövaikutukset saatiin selvitettyä tarkemmin sekä puuttuvat ympäristötiedot pystyttiin arvioimaan elinkaariarvioinnin avulla.

Kerättyjen tietojen pohjalta mallin ytimen toimialoilta muodostettiin CPA:2008 -luokituksen mukainen panos-tuotostaulukko, josta käy ilmi, mitä hyödykkeitä ja kuinka paljon toimialat tarvitsevat valmistakseen omia tuotteita, sekä kuinka paljon mallin ytimen yritysten toiminnasta aiheutuu ympäristökuormitusta. Hyödyke/hyödyke -luokituksen mukaisen panos-tuotostaulukon avulla pystyttiin myös selvittämään alueen ulkopuolelta tulevien hyödykkeiden ja palveluiden aiheuttamat ympäristökuormitukset elinkaariarviointia käyttäen. Hyödykepohjaisen taulukon ansiosta mallilla on mahdollista arvioida eri raaka-ainevaihtoehtojen ja yhdistelmien käytön vaikutuksia ympäristökuormitukseen Jyväskylän seudulla.

Lopuksi hyödyke/hyödyke -luokituksellinen panos-tuotostaulukko muutettiin vastaamaan yleisemmin käytettyä TOL:2008-luokitusta sekä fyysiset materiaalmäärät muutettiin rahamääräisiksi. Edellä mainittujen muutosten ansiosta mallin ydin ja ytimen ulkopuolinen osa voitiin yhdistää malliin kuvaamaan Jyväskylän seutua.

Kuva 32. Yrityksiltä kerättiin tiedot käytetyistä raaka-aineista, valmistetuista tuotteista, jätteistä sekä päästöistä ilmaan ja veteen



1.2.3 Materiaalivirtojen määrittäminen mallin ytimeen kuuluvilla toimialoilla

Toimiala- ja yrityskohtaisia tietoja kerättiin julkisesti tiedonlähteistä, joita olivat:

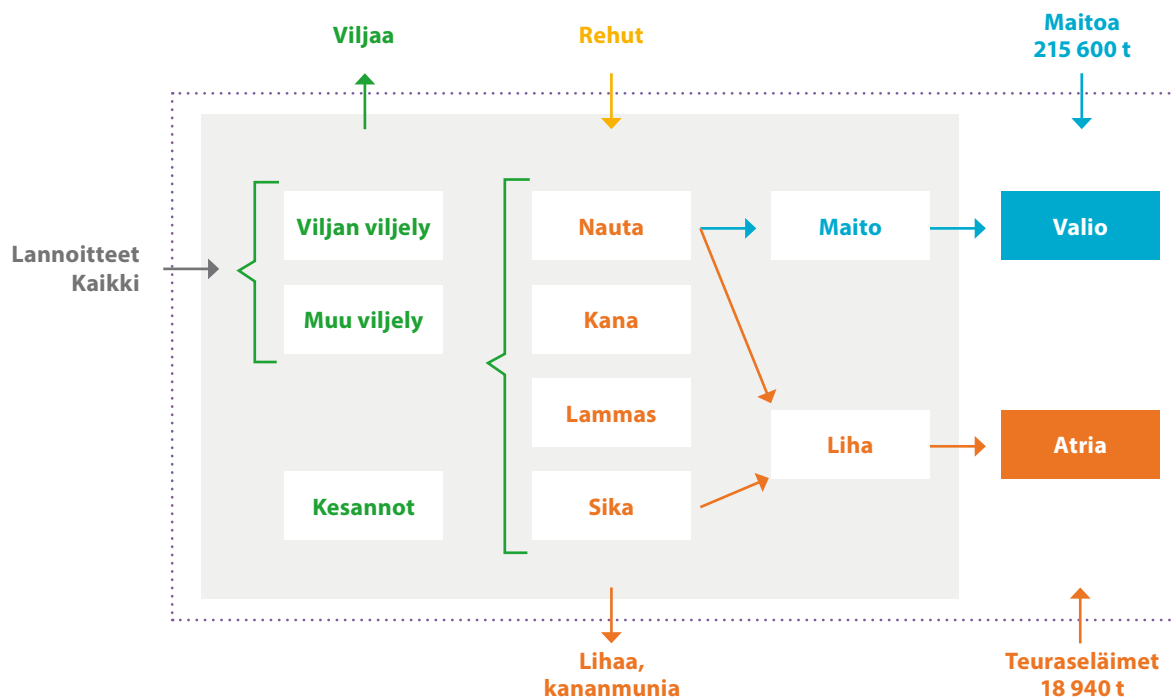
- VAHTI-tietokanta
- Keski-Suomen Energiatoimiston tilastot
- Elinkeinoelämän keskusjärjestöjen tilastot
- VTT Lipasto
- Kuljetusintensiteettitilastot
- Tilattavat Tilastokeskuksen aineistot
- ELY -keskusten aineisto; luvat ja seurannat
- Yritysten tilinpäätökset ja internetsivut
- Jätevesien puhdistamoiden tiedot
- Kuntaliiton tilastot
- Puutilastot.

Toimialan TOL:01 Kasvinviljely ja kotieläintalous, riistatalous ja niihin liittyvät palvelut materiaalivirrat muodostettiin MMM:n tietopalvelukeskus Tiken tilastojen perusteella. Tilastoista saatiin tiedot alueen viljelykasveista ja -aloista sekä eläintuotannosta (kuva 33).

Toimialalla TOL:02 Metsätalous ja puun korjuu alueelliset materiaalivirrat selvitettiin puutilastojen avulla, koska niistä on olemassa valmiit tilastot tarkasteluajankohdalta. Valmiista puutilastoista saatiin selville Jyväskylän seudulla puunkorjuun määrä ja sijainti, jolloin kyseisten tietojen perusteella pystytään arvioimaan, kertoimia hyväksi käyttäen, toimialalla käytettävät panokset kuten polttoaineet, koneet, kuljetukset sekä muut toiminnan edellyttämät palvelut.

Yrityksiltä ennakoon saadun sekä julkisesti saatavan tiedon määrästä riippuen, osalle yrityksistä lähetettiin esitäytetty kyselylomake, johon yritykset päivittivät tiedot vastaamaan tuoreinta saatavilla olevaa tietoa. Monet suurimmista yrityksistä valituilla toimialoilla ovat ympäristölupavelvollisia, jolloin tarvittavat tiedot päästöistä, jätteistä sekä käytetyistä raaka-aineista on saatavissa ympäristöluvasta sekä VAHTI-tietokannasta. Esitetyt tiedot olivatkin monen yrityksen kohdalla oikeat, mutta tiedot tarkistettiin suoraan yrityksiltä lisätäksemme laadittavan mallin luotettavuutta.

Kuva 33. Maatalouden mallinnuksen periaate



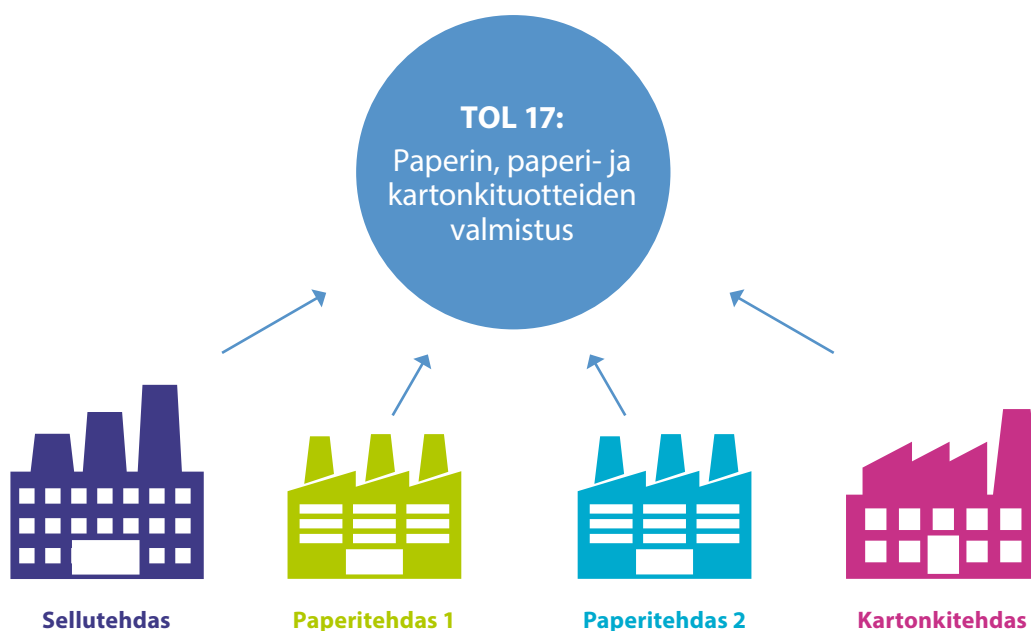
Yrityksille, joiden toiminnasta ei ollut saatavilla tietoa julkisista lähteistä, eikä materiaalivirtoja pystytty arvioimaan luotettavasti muiden tilastojen avulla, suoritettiin yritys-haastattelu. Haastatteluita tehtiin yrityksestä riippuen puhelimitse, sähköpostitse tai vierailamalla suoraan yrityksen toimipaikassa. Yrityshaastatteluilla yrityksiltä selvitettiin:

- Käytetyt raaka-aineet ja palvelut sekä niiden määrä ja alkuperä tarkkuudella: Jyväskylän alue, muu Suomi ja ulkomaat.
- Valmistetut tuotteet, tuotteiden määrä ja tuotteiden määränpää tarkkuudella: Jyväskylän alue, muu Suomi ja ulkomaat
- Jätteet ja hyötykäyttöön menevät sivuvirrat sekä niiden käsittely-/loppusijoituspaikka
- Päästöt ilmaan ja veteen
- Kuinka yritykset tällä hetkellä seuraavat toimintansa resurssitehokkuutta.

Haastatteluilla kerätyt tiedot yhdistettiin toimialan tarkkuudelle, jolloin yksittäisen yrityksen tieto-ja ei voida tunnistaa (kuva 34).

Tiedot yritysten käyttämistä raaka-aineista sekä valmistamista tuotteista muutettiin vastaamaan CPA:2008 tuoteluokitusta, jolloin eri yritysten käyttämät raaka-aineet sekä valmistamat tuotteet pystyttiin yhdistämään keskenään mallin edellyttämällä tarkkuudella. Taulukossa 5 on kuvattu esimerkki taulukkopohjasta, johon yritys kohtaisten haastatteluiden tulokset koottiin. Yhteenveto-taulukoiden pohjalta muodostettiin mallin ytimen materiaalmääräinen hyödyke/hyödyke -luokituksellinen panos-tuotostaulukko sekä mallin ydintä kuvaava ympäristömoduuli.

Kuva 34. Yrityksiä koskeneet tiedot yhdistettiin toimialan tarkkuudelle, jolloin yksittäisen yrityksen tietoja ei voida tunnistaa



Taulukko 5. Esimerkinomainen taulukkopohja yrityshaastatteluiden yhteenvedosta

Raaka-aineet ja palveluiden käyttö							
Toimialaluokitus (TOL 2008)	Tuoteluokitus (CPA 2008)	Arvioitu määrä		Käyttötarkoitus	Alkuperä (%)		
		Määrä	Yksikkö		Jyväskylä, Jämsä, Laukaa, Muurame, Äänekoski	Muualta Suomesta	Ulkomailta
Toimiala, jolta tuote tulee (TOL: 2008 koodi)	Tuote 1 (CPA: 2008 koodi)	X	kg, MWh, €, ym.	raaka-aine välituote sivuvirta investointi yms.	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus
Toimiala, jolta tuote tulee (TOL: 2008 koodi)	Tuote 2 (CPA: 2008 koodi)	X	kg, MWh, €, ym.	raaka-aine välituote sivuvirta investointi yms.	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus

Tuotteet							
Toimialaluokitus (TOL 2008)	Tuoteluokitus (CPA 2008)	Arvioitu määrä		Käyttötarkoitus	Alkuperä (%)		
		Määrä	Yksikkö		Jyväskylä, Jämsä, Laukaa, Muurame, Äänekoski	Muualta Suomesta	Ulkomailta
Toimiala, jonne menee (TOL: 2008 koodi)	Tuote 1 (CPA: 2008 koodi)	X	kg, MWh, €, ym.	lopputuote välituote sivuvirta yms.	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus
Toimiala, jonne menee (TOL: 2008 koodi)	Tuote 2 (CPA: 2008 koodi)	X	kg, MWh, €, ym.	raaka-aine välituote sivuvirta investointi yms.	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus	Prosentti-osuus

Ympäristövaikutukset							
Toimialaluokitus (TOL 2008)	Tuoteluokitus (CPA 2008)	Päästöt ilmaan		Päästöt veteen		Hyödyntämätön jäte	
		Määrä	Päästöt (yks.)	Määrä	Päästöt (yks.)	Määrä	Jätelaji (yks.)
Toimiala, joka valmistaa tuotetta (TOL: 2008 koodi)	Tuote 1 (CPA: 2008 koodi)	X	Hiilidioksidi (t)	X	BOD 7 (t)	X	Metallijäte (t)
		X	Hiukkaset (t)	X	COD (t)	X	Sekajäte (t)
		X	VOC-yhdisteet (t)	X	Kiintoaine (t)	X	Ongelmajäte (t)
		X	Rikkioksidit (t)	X	Kokonaistyyppi (t)	X	Puujäte (t)
		X	Typpioksidit (t)	X	Kokonaisfosfori (t)	X	Maa-ainekset (t)
Toimiala, joka valmistaa tuotetta (TOL: 2008 koodi)	Tuote 2 (CPA: 2008 koodi)	X	Hiilidioksidi (t)	X	BOD 7 (t)	X	Metallijäte (t)
		X	Hiukkaset (t)	X	COD (t)	X	Sekajäte (t)
		X	VOC-yhdisteet (t)	X	Kiintoaine (t)	X	Ongelmajäte (t)
		X	Rikkioksidit (t)	X	Kokonaistyyppi (t)	X	Puujäte (t)
		X	Typpioksidit (t)	X	Kokonaisfosfori (t)	X	Maa-ainekset (t)

1.2.4 Toimialakohtaiset taulukot

Valittaessa yrityksiä ytimen toimialoilla, jokaiselle päätoimialalle luotiin oma taulukko, johon kerättiin julkisesti saatavilla olevista lähteistä yrityksen nimi, liikevaihto, työntekijöiden määrä, tilastotietojen vuosiluku, tietojen lähde, yrityksen TOL:2008 -luokituksen mukainen toimialaluokitus neljän numeron tasolla. Toimialakohtaisten taulukoiden ansiosta oli helppo määrittää myöhemmässä vaiheessa suurimmat yritykset toimialoilla sekä kohdentaa yrityshaastattelut ja tarkempi tiedon keruu merkittävimpiin yrityksiin.

Toimialakohtaisten tietojen keräys aloitettiin yritysten y-tunnuksen ja sijainnin perusteella. Tässä työssä käytettiin kolmea eri menetelmää yritysten tietojen hakuun, jotka olivat Finder yritystieto hakukone, Yritystele hakukone sekä Kauppalehti.fi sivulta toimialakohtainen listaus yrityksistä, jotka käytiin läpi tarkasteluun valittujen kuntien osalta.

Osakeyhtiöiden osalta tiedot liikevaihdosta sekä työntekijöiden määrästä oli saatavissa helposti, koska osakeyhtiöt ovat velvollisia ilmoittamaan tilinpäätöstietonsa kaupparekisteriin, jossa tiedot ovat julkisia. Muiden yritysmuotojen osalta ei tarvittavia tietoja ollut saatavilla julkisista lähteistä, joten niiden yritysten osalta listattiin pelkästään yrityksen nimi sekä TOL:2008 -toimialaluokituksen mukainen 4 numeron toimialaluokitus.

Mikäli yrityksen päätoimipiste sijaitsi tarkastelualueen ulkopuolella, yritys ei ollut mukana hakukoneiden antamissa tuloksissa eikä Kauppalehti.fi toimialakohtaisessa listauksessa kunnittain. Tästä syystä yrityslistoihin lisättiin Jyväskylän seudulla toimivia yrityksiä, joiden päätoimipaikan tiedettiin olevan muualla. Tällaisia yrityksiä olivat lähinnä suuret kansainväliset yritykset, kuten Metsä Group, UPM sekä Valmet Oyj.

Taulukossa 6 on kuvattu esimerkiksi energiahuollon toimialalta muodostettu taulukko Jyväskylän seudulla. Vastaavat tiedot kerättiin kaikista mallin ytimen toimialoista maataloutta lukuun ottamatta, koska maatalous poikkeaa huomattavasti perinteisestä liiketoiminnasta. Maataloustoimi-alan kohdalla tarvittavat tiedot resurssivirtamalliin saatiin suoraan maa- ja metsätalousministeriön (MMM) tietopalvelukeskus Tiken keräämistä Suomen virallisista maataloustilastoista (SVT).

Tarkempaan tarkasteluun valittiin yritykset, joiden liikevaihto on suurempi kuin tarkastelun ulkopuolelle jäävien yritysten liikevaihto yhteensä toimialalla. Tarkemman tarkastelun ulkopuolelle jääneet yritykset otettiin malliin mukaan kertoimien sekä painotusten avulla suhteessa liikevaihtoon.

Taulukko 6. Esimerkki energiahuollon toimialan (TOL:35 Energiahuolto) taulukosta

Yritys	Liikevaihto (t€)	Työntekijät (hlö)	Tilastojen vuosiluku	Lähteet	Toimialaluokitus	Muu tieto
Jyväskylän Energia Oy	219 172	138	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35113	
Jyväskylän Voima Oy	47 714	37	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35113	Jyväskylän Energia Oy omistaa 81,4%
Jyväskylän Energiantuotanto Oy	35 573	48	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35113	Jyväskylän Energia Oy:n tytäryhtiö
Äänekosken energia Oy	20 612	36	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35113	
Äänevoima Oy	20 110	23	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35115	
Kumpuniemen Voima Oy	6 006	13	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35301	työntekijät 12/2009
Jämsän Aluelämpö Oy	5 831	7	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35301	
Koskienergia Oy	5 190	4	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35113	
Muuramen Lämpö Oy	1 705	10	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35301	työntekijät 12/2011
Lievestuoreen Lämpö Oy	1 160	6	7/2013	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35301	
Biomatti Oy	194		12/2010	Kauppalehti/ Finder yritystieto	TOL: 35301	
Sumergia Oy	108		12/2011	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35301	
Vakkalämpö osk	94		12/2011	Kauppalehti/ Yritystele	TOL: 35301	
Rokkalämpö Oy	37		12/2012	Kauppalehti/ Yritystele	TOL: 35301	
KS Energiavälitys Oy	9	1	12/2012	Kauppalehti/ Yritystele/ finder yritystieto	TOL: 35	
Fore Energia Oy				Kauppalehti	TOL: 35111	
Lämpösi Oy				Kauppalehti	TOL: 35301	

1.2.5 Ympäristövaikutusten arviointi osaksi mallin ydintä

Työssä arvioitiin tuotannollisen toiminnan resurssien käytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt, happamoittavat päästöt, rehevöittävät päästöt ja alilmakehän otsonipäästöt. Laskennassa otettiin huomioon alueen tuotannosta, kuljetuksista ja alueen tuotantoon tulevien pannon valmistuksesta aiheutuvat päästöt.

Päästöjen karakterisointikertoimet on esitetty taulukossa 7.

Tiedot tarkastelualueen tuotannosta aiheutuvista päästöistä saatiin mallin ytimeen kuuluvien toimialojen osalta suoraan yrityksiltä, olemassa olevista päästötilastoista, yritysten ympäristöluvista sekä ympäristövaikutusten arviointiselostuksista (YVA).

Alueen ulkopuolelta tuotaviin raaka-aineisiin liittyvät päästöt laskettiin elinkaarimallilla. Päästökertoimet valittiin Ecolnvent -tietokannasta vastaamaan mahdollisimman hyvin käytettyjä materiaaleja. Suurimmille materiaalivirroille määritettiin raaka-ainekohtaiset päästökertoimet ja pienimmät virrat laskettiin keskimääräisillä kertoimilla.

Alueella välituotteiden valmistuksesta aiheutuneet päästömäärät sisältyivät mallin ytimeen osalta toimialojen tuotantomääriin ja niistä aiheutuviin päästöihin. Kuvassa 35 on havainnollistettu resurssien käytöstä aiheutuvan ympäristökuormitusten laskentatapaa mallin ytimeen kuuluvien toimialojen osalta.

Kuljetuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin VTT:n ylläpitämän LIPASTO -tietokannan avulla, joka sisältää pääs-

tökertoimet eri kuljetustavoille (maantie, vesi, ilma) ja eri kuljetusmuodoille (esim. eri kokoluokan ajoneuvot). LIPASTO:n päästökertoimilla laskettuihin tietoihin lisättiin päästöt polttoaineen hankintaketjun Ecolnvent -tietokannan tietojen perusteella. Kotimaasta tulevat materiaalit oletettiin kuljetettavan täysperävaunuyhdistelmällä (40 t) ja ulkomailta laiva + täysperävaunuyhdistelmällä. Ulkomailta tulevissa kuljetuksissa oletuksena oli, että materiaalit kuljetetaan laivalla Travemundesta (Saksa) Helsingin tai Kotkan Satamaan, josta kuljetus jatkuu tiekuljetuksena Jyväskylän seudulle. Tiekuljetuksia Euroopassa ja niistä aiheutuvia päästöjä ei ole huomioitu. Kuljetuksissa otettiin huomioon sekä raaka-aineen kuljetus että tyhjä paluukuljetus, lukuun ottamatta laivakuljetuksia, joiden oletettiin olevan optimoitu siten, että myös paluukuljetuksessa kuljetetaan tavaraa. Kuljetusmatkat arvioitiin keskimääräisen hankintasäteen mukaan seuraavasti:

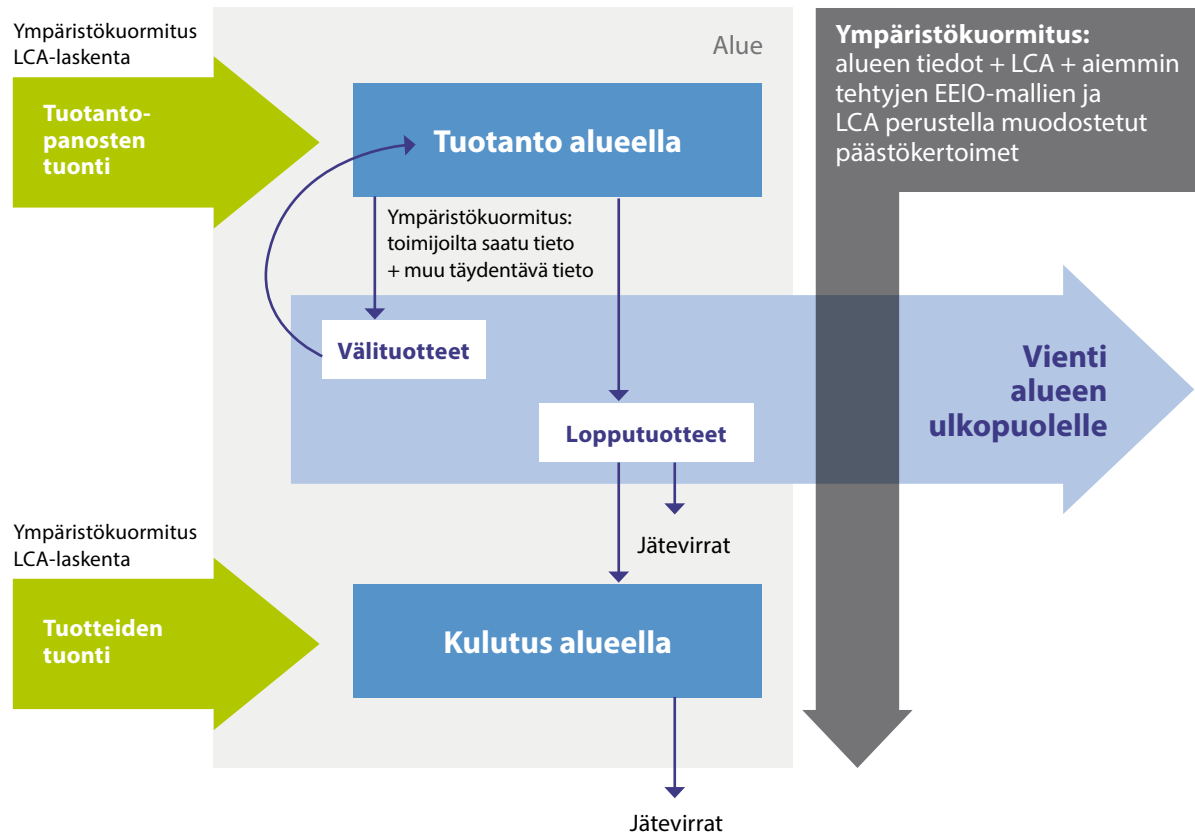
- alueen sisältä tulevat materiaalit: 70 km
- muualta Suomesta tulevat materiaalit: 350 km
- ulkomailta tulevat materiaalit: 1200 km laivalla ja 300 km rekalla.

Alueella tuotettujen tuotteiden vientikuljetukset alueen ulkopuolelle mallinnettiin samoilla kuljetustavoilla ja -matkoilla kuin alueelle tulevien raaka-aineiden kuljetukset.

Taulukko 7. Päästölaskennassa käytetyt karakterisointikertoimet

Päästömuuttuja	Karakterisointikerroin	Lähde
Ilmastonmuutos - CO ₂ - CH ₄ - N ₂ O	kg CO ₂ -ekv./kg - 1 - 25 - 298	Solomon ym., 2007
Rehevöityminen - NH ₃ ilmaan - NO _x ilmaan - N-tot (liukoinen) - P-tot (liukoinen)	kg PO ₄ ³⁻ -ekv./kg - 0,04 - 0,015 - 0,42 - 3,06	Seppälä ym., 2004
Happamoituminen - SO ₂ - NH ₃ - NO _x	kg AE-ekv./kg - 0,463 - 0,535 - 0,186	Seppälä ym., 2006
Alilmakehän otsoni - CH ₄ - NMVOC - NO _x	1 000 m ² * ppm * h/kg - 0,33 - 0,27 - 0,35	Hauschild ym., 2004

Kuva 35. Mallin ytimeen kuuluvien toimialojen tuotannosta aiheutuvan ympäristökuormituksen laskentatapa



1.3 Mallin ytimen muuttaminen rahamääräiseksi panos-tuotostaulukoksi

Mallin ydintä kuvaava materiaolimääräinen panos-tuotostaulukko muunnettiin rahamääräiseksi, jotta se voitiin yhdistää mallin ytimen ulkopuolisen rahamääräisen osan kanssa. Muunnos tehtiin kertomalla fyysiset materiaolimäärät muunnettavan toimialan tuotosten perushinnalla, jolloin saatiin selville materiaolimääriä vastaavat rahamääräiset arvot.

1.4 Mallin ytimen ulkopuolinen osa

Mallin ytimen ulkopuoliset toimialat sisällytettiin resurssivirtamalliin rahamääräisinä suureina. Tarkasteltavalta alueelta ei ollut saatavilla valmiina riittävän ajantasaista panos-tuotostaulukkoa, minkä vuoksi kansallinen panos-tuotostaulukko muutettiin vastaamaan Jyväskylän seutua Anthony T. Fleggin kehittämän FLQ-sijaintiosamäärämenetelmän avulla. Flegg & Webber (2000), Tohmo (2004) sekä Flegg & Tohmo (2013) ovat todistaneet aikaisemmissa tutkimuksissaan, että FLQ-sijaintiosamäärä -menetelmä on tarkin estimointimenetelmä alueellistettaessa valtakunnallisia panos-tuotostaulukoita.

Jyväskylän seudun aluetilinpidon sekä FLQ-sijaintiosamäärämenetelmällä muodostettujen kertomien avulla saatiin Tilastokeskuksen tekemä vuoden 2011 valtakunnallinen panos-tuotostaulukko alueellistettua vastaamaan Jyväskylän seutua. Vertailtaessa alueellistettua panos-tuotostaulukon ytimen ulkopuolista osaa Tilastokeskuksen tekemän vuoden 2002 Keski-Suomen panos-tuotostaulukon kanssa, joka oli vaihtoehtoinen tiedonlähde ytimeen kuulumattomien toimialojen euromääräisten tietojen määrittämisessä, havaittiin lukujen olevan samaa suuruusluokkaa. Yritystoiminnan tiedettiin myös muuttuneen Jyväskylän seudulla viimeisen 10 vuoden aikana. FLQ-sijaintiosamäärämenetelmällä alueellistettua panos-tuotostaulukon todettiin olevan riittävän tarkka sekä

ajantasaisempi kuvaus ytimen ulkopuolisten toimialojen toiminnasta kuin vuoden 2002 Keski-Suomen panos-tuotostaulukko.

Mallin ytimen ulkopuolisen osan ympäristökuormitukset sisällytettiin malliin käyttämällä kertoimia, jotka ilmaisevat päästöt suhteessa kulutettuihin euroihin toimialalla. Kertoimet estimoitettiin aiemmin tehdyistä ympäristölaajennetuista panos-tuotostaulukoista sekä elinkaariarvioinnin tietokannoista. Lisäksi mallin ytimen ulkopuolisen osan toimialoilta otettiin huomioon työpaikkaliikenteen sekä logistiikan aiheuttamat päästöt, jotka saatiin selville liikennetilastoja, elinkaariarvioinnin sekä asiantuntijarvioiden avulla. Tämän jälkeen ympäristöpäästöt karakterisoiattiin karakterisointikertoimien avulla tarkasteltaviin ympäristövaikutusluokkiin, kuten myös mallin ytimen osalta tehtiin.

1.5 Ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko

Ympäristökuormitustiedot (päästöt ja jätteet) liitettiin muodostettuun alueelliseen panos-tuotostaulukkiin omaksi moduuliksi. Mallin ytimen toimialojen osalta välituotekäytön aiheuttamat päästöt ilmaan ja veteen sekä hyödyntämätön jäte määritettiin kerättyjen tietojen perusteella. Tuonnin ja viennin sekä ytimen ulkopuolisten toimialojen osalta ympäristökuormitustiedot lisättiin mallin ympäristömoduuliin elinkaariarviointia sekä ympäristökuormitusta kuvaavia kertoimia käyttäen.

2. Panos-tuotostaulukot

2.1 Menetelmän kuvaus

Tarkastelualueen resurssivirtojen kuvaus perustuu mallissa panos-tuotostaulukoihin. Panos-tuotostaulukko kuvaa toimialojen välistä kausaliiteettia eli syy-seuraussuhdetta: mitä toimiala tarjoaa välituotekäyttöön omalle ja muille toimialoille ja loppukäyttöön sekä, mitä muut toimialat käyttävät omassa tuotannossaan muilta toimialoilta (kuva 36). Panos-tuotostaulukossa toimialojen väliset vuorovaikutussuhteet voidaan esittää rahamääräisinä virtoina tai fyysisinä todellisina materiaalivirtoina tonneina, kuutioina tms. fyysisinä suureina.

Panos-tuotostaulukko on Wassily Leontief'n 1930-luvulla kehittämä analyttinen viitekehys, josta hän sai taloustieteen Nobelpalkinnon vuonna 1973. Panos-tuotostaulukon keskeinen tarkoitus on analysoida eri teollisuudenalojen

keskinäistä riippuvaisuutta taloudessa, minkä vuoksi sitä kutsutaan myös joissain lähteissä keskinäiseksi riippuvuusanalyysiksi (interindustry analysis) tai panos-tuotostaulukon keksijän mukaan Leontief'n malliksi. Nykypäivänä Leontief'n kehittämät taloustieteen mallit ovat avainkomponentteja monissa nykypäivän analysointimenetelmissä ja panos-tuotostaulukko on yksi eniten käytetyistä malleista tarkasteltaessa taloutta valtioiden ja alueiden tasolla. (Baumol 2000)

Panos-tuotostaulukko on keino esittää materiaali- tai rahavirtoja taloudessa eri teollisuuden toimialojen välillä mukaan lukien julkisen ja yksityisten talouksien kuluksen sekä tuonin ja viennin tarkasteltavalla alueella. Toimiala on ryhmä yrityksiä, jotka tuottavat samanlaisia lopputuotteita tai palveluja. Kun virrat on määritelty mallissa,

Kuva 36. Panos-tuotostaulukon logiikka

		Panos							Lopputuotekäyttö				Käyttö yhteensä perushintaan	
		Maatalous	Kaivostoiminta	Puuteollisuus	Paperiteollisuus	Metalliteollisuus	Rakennusteollisuus	Muut toimialat	Yksityinen kulutus	Julkisen kulutus	Pääoman bruttomuutos	Vienti		
Tuotos	Maatalous				0									
	Kaivostoiminta				10									
	Puuteollisuus				3,3									
	Paperiteollisuus	0,1	0,1	0,5	115	1,5	1,5		2	0,5	6	600	1 450	
	Metalliteollisuus				10									
	Rakennusteollisuus				4									
	Muut toimialat													
Arvon lisäys														
Tuotos perushintaan					1 450									

- miljoonaa euroa (milj. eur)
- tuhatta tonnia (1 000 t)
- tuhatta kuutiota (t m³)

panos-tuotostaulukon käyttäjä voi muuttaa tekijöitä, kuten työntekijöiden tai kysynnän määrää, ja laskea niiden vaikutuksia eri toimialoille tai koko alueelle. (Robison 2009)

Panos-tuotostaulukossa yhden toimialan panokset (ostot) näkyvät toisen toimialan tuotoksena (myynnit). Panokset ja tuotokset kuvaavat panos-tuotostaulukosta riippuen joko materiaali- tai rahavirtaa yhdestä yksiköstä toiseen, jolloin saadaan selville eri teollisuuden toimialojen, kotitalouksien sekä valtion riippuvaisuudet toisistaan sekä rakennettua tarkasteltavalle alueelle panos-tuotostaulukko, joka esittää näitä riippuvuuksia. Panos-tuotostaulukko esittääkin, kuinka muutokset talouden yhdellä toimialalla vaikuttaa muihin talouden toimialoihin osto- ja myyntisuhteiden mukaan toimialojen välillä. (Robison 2009)

Alueellista panos-tuotostaulukkoa tehtäessä on tärkeää selvittää, kuinka paljon eri toimialoille tulee panoksia tarkasteltavan alueen ulkopuolelta ja kuinka paljon panoksista tulee alueen sisältä. Ilman tietoa tuonnista alueen ulkopuolelta, on mahdotonta määrittää tarkkoja virtoja alueella ja saada aikaan luotettavaa tietoa toimialojen kokonaisvaikutuksista alueelle. (Robison 2009)

Ideaalitilanteessa kaikille toimialoille ja yrityksille alueella tehtäisiin kysely käytetyistä panoksista ja suurimmista asiakkaista, mutta todellisuudessa tämä on mahdotonta monista syistä. Tehtäessä kysely kaikille tarkasteltavalla alueella toimiville yrityksille, panos-tuotostaulukon tekemisen kulut nousisivat suuremmiksi kuin siitä saatavan hyödyn. Yritykset eivät ole halukkaita luovuttamaan tarkkoja tietoja kaikkien saataville. Tämän vuoksi on kehitetty useita eri keinoja muodostaa alueellinen panos-tuotostaulukko. Alueellinen panos-tuotostaulukko voidaankin muodostaa kolmella eri tavalla: kyselypohjaisesti (survey methods), ei-kyselypohjaisesti (nonsurvey methods) tai osittaiskyselyllä (semi-survey methods), joka tunnetaan myös hybridimallina. Eri muodostustapojen erot ilmenevät muodostettavan panos-tuotostaulukon tarkkuutena suhteessa kansalliseen panos-tuotostaulukkoon. (Brand ym. 2000, Kowalewski 2012, Robison 2009)

Kyselypohjaiset alueelliset panos-tuotostaulukot muodostetaan puhtaasti keräämällä primääritiedot useilla eri tavoilla ja useista eri lähteistä. Kyselypohjainen lähestymistapa on syytä pitää kaksivaiheisena prosessina, jossa vaiheet lopuksi sulautuvat toisiinsa. Ensimmäisessä vaiheessa muodostetaan kaksi matriisia, toisen matriisin riville kerätään tietoa pelkästään myynnistä ja toisen matriisin sarakkeisiin ostoista. Sekä ostettujen että myytyjen tuotteiden ja palveluiden määrät saadaan kerätystä primäärimateriaalista. Toisessa vaiheessa nämä kaksi muodostunutta taulukkoa kootaan yhdeksi taulukoksi, alueelliseksi panos-tuotostaulukoksi. Kyselypohjaiset alueelliset

panos-tuotostaulukot antavat tarkimmat tulokset oikein muodostettuna, mutta ovat myös työläitä muodostaa sekä vievät aikaa ja rahaa. Tämän vuoksi on kehitetty vaihtoehtoisia tapoja alueellisten panos-tuotostaulukojen muodostamiseksi. (Hewings & Jensen 1986)

Vaihtoehtoina ovat niin sanotut ei-kyselypohjaiset taulukot. Ne saadaan muodostettu kansallisesta panos-tuotostaulukosta käyttämällä erilaisia muutostekniikoita sekä kertoimia. Ei-kyselypohjaiset menetelmät voidaan jakaa kolmeen luokkaan: sijaintiosamäärämenetelmät, hyödykemasemenetelmät ja iteratiiviset tekniikat. Sijaintiosamäärämenetelmästä on muodostettu eniten variaatioita, joista tunnetuimpia ovat yksinkertainen sijaintiosamäärämenetelmä (simple location quotient, SLQ), ristikkäissijaintiosamäärämenetelmä (cross-industry location quotient, CLQ) sekä Fleqqin sijaintiosamäärämenetelmä (Fleqq's location quotient, FLQ). (Hewings & Jensen 1986, Saurio 1986)

Ei-kyselypohjaisia alueellisia panos-tuotostaulukkoita pystytään muodostamaan nopeasti sekä edullisesti, mutta taulukoiden on havaittu antavan aluetalouden sisäiset osto- ja myyntivirrat systemaattisesti liian suuriksi. Liian suuret alueen sisäiset osto- ja myyntivirrat vääristävät alueellisen panos-tuotostaulukon panoskertoimia, minkä vuoksi ei-kyselypohjaisia panos-tuotostaulukkoita käytettäessä on otettava huomioon menetelmän tuottamat systemaattiset virheet. (Armstrong & Taylor 2000)

Ei-kyselypohjaisten panos-tuotostaulukoiden panoskertoimien luotettavuutta parantaakseen on kehitetty osittaiskyselymalli, jossa aineistoa täydennetään valittujen toimialojen osalta primääri-aineistolla kuvan 37 mukaisesti. Mitä suurempi tarkkuus alkuperäisellä ei-kyselypohjaisella mallilla on muodostetussa panos-tuotostaulukossa, sitä paremmat ovat lähtökohdat muodostaa osittaiskyselymalli. Osittaiskyselymallissa pitäisi keskittyä niihin toimialoihin, jotka poikkeavat alueella eniten kansallisesta keskiarvosta, jolloin malliin saadaan lisää oleellista tietoa alueen virroista. (Saurio 1986, Kowalewski 2012)

Muodostettaessa alueellista panos-tuotostaulukkoa voi syntyä useita mahdollisia virheitä. Riippuen alueellisen panos-tuotostaulukon muodostustavasta, primääriaineiston keräämisessä voi syntyä mittaus- ja luokitteluvirheitä ja ei-kyselymenetelmän soveltaminen aiheuttaa jo itsessään virhettä estimaateissa. Alueellisen panos-tuotostaulukon luotettavuutta arvioitaessa onkin otettava huomioon taulukon käyttötarkoitus. Taulukon kuvaillessa jo tapahtunutta toimintaa aluetaloudessa tunnetun loppukysynnän seurauksesta, ovat tarkkuusvaatimuksen pienemmät kuin taulukkoa käytetään arvioimaan kauppavirtoja tai ennustamaan aluetalouden tuotantoa ja työllisyyttä. (Saurio 1986, Nenonen 1986)

Alueellinen panos-tuotosmalli on hyödyllinen työkalu alueen päättäjille, sillä sen avulla sidosryhmät voivat vertailla investointikohteita ja selvittää, mitkä kohteet ovat hyödyllisimpiä tarkasteltavan alueen kannalta. Alueellisen panos-tuotosmallin avulla voidaan myös tunnistaa ne alueet, jotka eivät ole tärkeitä tarkasteltavan alueen kannalta sekä joilla investoinnit eivät lisää positiivisia vaikutuksia alueelle. (Robison 2009)

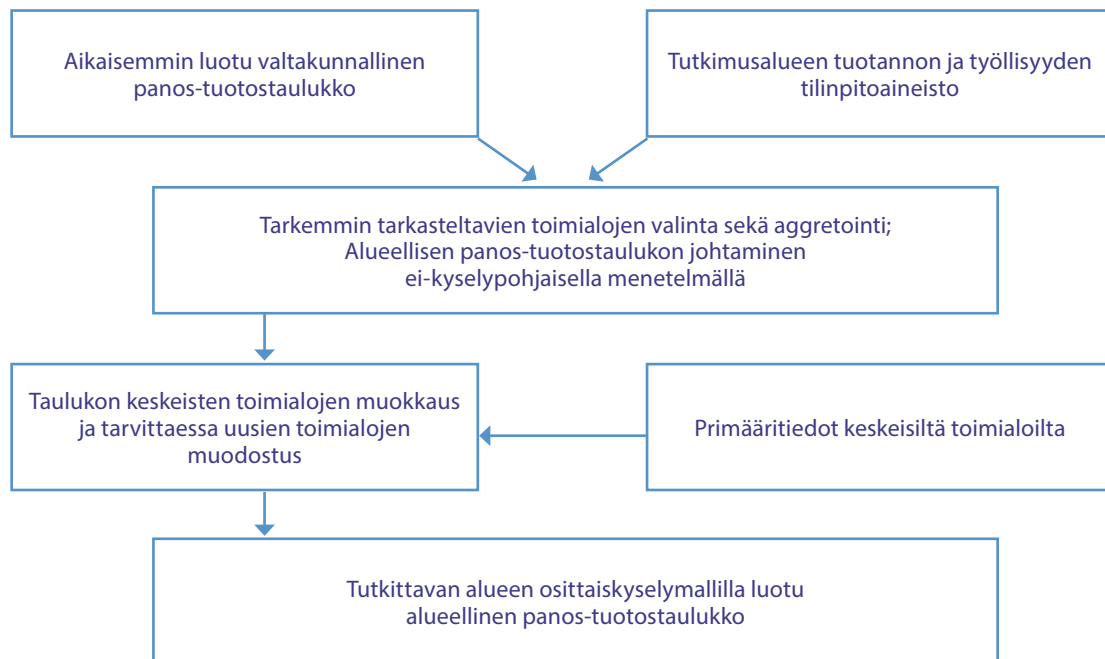
Käytännössä panos-tuotosmallia voidaan käyttää kahdella tavalla, kuvaamaan jo tapahtunutta tai ennustamaan tulevaa. Käytettäessä mallia kuvaamaan jo tapahtunutta, malli kuvaa nykyisestä alueellisesta taloudesta (Robison 2009):

- Paljonko eri toimialoilla on työpaikkoja ja tuloja
- Minkä verran toimialan panoksista tulee alueen sisältä ja minkä verran alueen ulkopuolelta
- Mitkä ovat päälähteet alueen asukkaiden tuloista
- Mitkä toimialat tuovat alueelle tuloja ja mitkä toimialat kierrättävät jo alueella olevaa rahaa
- Laajennetuilla panos-tuotos malleilla voidaan tarkastella materiaaliavirtojen tehokkuuksia, ympäristövaikutuksia ja niiden haitallisuutta (laajennettua mallia kuvataan jäljempänä).

Hyödyntämällä panos-tuotosmallia saadaan uutta tietoa alueen taloudesta, materiaaliavirroista sekä ympäristövaikutuksista, mitä olisi muuten mahdotonta saada tai malli voi vahvistaa empiirisiä todisteita. Malli tarjoaa hyvän lähtökohdan alueelliselle keskustelulle päätöksien teossa. Panos-tuotosmallia voidaan käyttää myös ennustamaan tulevaa sen lisäksi, että kuvataan olemassa olevaa tilannetta. Mallilla voidaan arvioida hypoteettisen tai todellisen muutoksen kokonaisvaikutuksia toimialoille ja sen vaikutukset voidaan kuvata tuotannon muutoksena, työpaikkojen määrän muutoksena tai tulojen muutoksena. Ilman panos-tuotosmallilla laskettuja kerrannaisvaikutuksia toiminnan kokonaisvaikutuksia olisi vaikeaa arvioida alueen eri toimialoille.

Panos-tuotosmallia ei nykyisin käytetä sen täydellä potentiaalilla, sillä sitä käytetään enimmäkseen vain poliittisen päätöksenteon tukena perustelemaan kannustimien ja tukien käyttöä alueella. Panos-tuotosmallin käytölle on kuitenkin paljon enemmän potentiaalia auttaa aluetalouden kehityksen kuvaamisessa, koska sillä pystytään mallintamaan sekä analysoimaan aluetalouden rakennetta, joka on tärkeää tietoa tarkasteltaessa talouden tilaa ja kasvupotentiaalia. Panos-tuotosmallilla kuvataan

Kuva 37. Panos-tuotostaulukon muodostaminen osittaiskyselymallilla



kerrannaisvaikutuksiin ja talouden virroin, kuinka arvokas yksi työntekijä on aluetaloudelle. Mallin avulla voidaan tunnistaa myös alueen talouden kannalta tärkeimmät toimialat (ei pelkästään suurimmat työllistäjät), alueelliset toimialaryhmät sekä aukot alueellisissa materiaalivirroissa sekä ympäristövaikutuksissa. (Robison 2009)

Tarkasteltaessa aluetaloutta päättäjien on tärkeää tietää, ennen kuin käytetään huomattava määrä rahaa ja resursseja, mitkä kehitysprojektit ja investoinnit oikeasti edistävät aluetaloutta. On myös tärkeää varmistua, että investointi on järkevä sekä toteutettavissa alueella. Ilman projektien ja investointien tarkempaa tarkastelua panos-tuotostmallin avulla, saattaa projektin pitkän aikavälin jopa negatiiviset hyödyt aluetaloudelle jäädä havaitsematta. Ottamalla huomioon päätoimialat sekä niiden aiheuttamat kerrannaisvaikutukset pelkästään päätoimialan työpaikkojen sijaan, saadaan paljon selkeämpi kuva toimialan tärkeydestä tarkasteltavan alueen taloudelle. Alueellisten päättäjien onkin tärkeää tietää, mitkä toimialat ovat tärkeitä tarkasteltavalle alueelle, ei pelkästään suorien vaikutusten kautta vaan myös kerrannaisten kautta, jotta aluetaloutta koskevat kehitysprojektit ja investoinnit osataan kohdentaa oikeisiin kohteisiin. (Robison 2009)

Panos-tuotostmallissa toimialat voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan, perus- ja ei-perustoimialoihin. Perustoimialoja ovat toimialat, jotka myyvät tuotteitaan tai palveluja alueen ulkopuolelle synnyttäen rahavirtaa alueelle. Ei-perustoimialat ovat puolestaan toimialoja, jotka myyvät palveluja tai tuotteitaan alueen sisällä, kierrättäen jo alueella olevaa rahaa. Talouden kehitysteorian mukaan alueelle

syntyy yleensä ensin perustoimialan yrityksiä, joita seuraavat myöhemmin ei-perustoimialan yritykset. Ajan kuluessa alkuperäiset perustoimialan yritykset menettävät tärkeytään ja tilalle syntyy uusia yrityksiä, jotka synnyttävät rahavirtaa alueelle. Talouden kehitysteoria korostaa perustoimialojen tärkeyttä aluetalouden tukijalkana, jota tukevat ei-perustoimialan yritykset. Perustoimialan yritykset käyttävät yleensä hyväkseen luonnonvaroja ja toiminta perustuu valmistukseen. Perustoimialan yrityksillä toiminta voi perustua myös aineettomaan palveluun, kuten tietopalveluihin, rahoituspalveluihin tai turismiin, jolloin toimialat tuovat rahavirtaa alueelle tarkasteltavan alueen ulkopuolelta. (Robison 2009)

Tarkasteltaessa toimialoja, monet toimialat ovat kuitenkin osittain perustoimialoja ja osittain ei-perustoimialoja. Esimerkiksi ravintolan asiakkaiden ollessa 80 % alueen asukkaita ja 20 % turisteja, toimii yritys osittain perustoimialalla ja osittain ei-perustoimialalla, koska ravintolan ansiosta rahaa tulee alueelle, mutta yritys myös kierättää jo alueella olevaa rahaa. (Robison 2009)

Teollisuudessa rahavirta tulee yleensä alueelle perustoimialojen tuotteiden ja palvelun vientinä tarkasteltavan alueen ulkopuolelle. Rahavirtaa voi kuitenkin syntyä alueelle myös muilla keinoilla, kuten tarkasteltavan alueen ulkopuolella käyvien työssäkävien työtulot tai valtion maksamat tuet. Muidenkin rahavirtojen kuin viennin ollessa merkittävä rahavirta, olisi tärkeää tunnistaa ja ottaa ne mukaan alueellisen talouden tarkasteluun. (Robison 2009)

2.2 Kerrannaisvaikutusten laskenta panos-tuotostaulukossa

Fyysisiin materiaalivirtoihin perustuvalla mallin ytimellä saadaan muodostettua taulukot, joilla kuvataan toimialojen väliset taloudelliset riippuvaisuudet. Niiden perusteella voidaan selvittää kerrannaisvaikutukset ja niistä saatavat

julkisen sektorin saamat tulot (kuva 38). Seuraavassa on kuvattu pelkistetyksi mallin teoriaa, jotta voi ymmärtää sen keskeiset laskentaperiaatteet ja tulosten johtaminen.

Kuva 38. Panos-tuotosmallilla selvittävät kerrannaisvaikutukset



Oletetaan, että talous voidaan jakaa n määrään toimialoja. Jos kokonaistuotanto toimialalla i ilmoitetaan muodossa x_i ja toimialan i lopputuotekysyntä ilmoitetaan muodossa y_i , voidaan kirjoittaa yksinkertainen yhtälö, joka kuvaa, miten toimialan i tuotteet jakautuvat muille toimialoille sekä loppukäyttöön. (Miller & Blair 2009)

$$x_i = x_{i1} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{in} + y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

Yhtälössä termi x_{ij} kuvaa toimialojen välituotekäyttöä toimialojen välillä ja y_i lopputuotekäyttöä toimialalla i . Panoskertoimet saadaan laskettua panos-tuotostaulukosta:

$$\frac{x_{ij}}{x_j} = a_{ij} \quad (2)$$

Panoskerroin a_{ij} ilmaisee, kuinka paljon toimialalla j tarvitaan toimialan i tuotantoa yhden tuotosyksikön valmistamiseen. Tuotantomalli voidaan nyt laatia sijoittamalla taseyhtälöön (1) panoskertoimien mukainen välituotekysynnän yhtälö

$$x_{ij} = a_{ij} * x_j \quad (3)$$

joka saadaan panoskertoimien määritelmästä (2). Tuotantomalli on:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} * x_j + y_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

tai $x = Ax + y$

kun käytetään matriisimerkintöjä

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = x, \quad \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = y, \quad \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = A$$

Tuotantomallin selitettävänä muuttujina ovat toimialojen kokonaistuotannot. Selittävinä muuttujina ovat toimialojen lopputuotteiden kysyntä. Parametreina ovat panoskertoimet, jotka ilmaisevat toimialojen välisen riippuvaisuuden. Panoskertoimien oletetaan pysyvän kiinteinä, kun mallilla arvioidaan, paljonko tuotantoa eri toimialoilla tarvitaan lopputuotteiden kysynnän kattamiseksi. (Forssell 1985)

Eri hyödykkeiden muodostaman tuotoksen mittamisessa käytetään rahaa mittayksikkönä, jolloin panoskertoimet ovat hinnoilla painotettujen määrien suhteita. Jos täydellisen kilpailun olosuhteet eivät vallitse, panoskertoimien kiinteys on riippuvainen myös hyödykkeiden tarjonta- ja kysyntäjousten kiinteystestä. Klein (1956) on todistanut, että panoskertoimet voidaan tulkita yksiselitteisesti teknisiksi parametreiksi, kun vallitsee täydellinen kilpailu.

Epätäydellisen kilpailun vallitessa panoskertoimia ei voida tulkita pelkästään tuotantofunktiosta riippuvaisiksi parametreiksi, koska tarjonta- ja kysyntäfunktiot tulevat myös mukaan. Tällöin panoskertoimet ovat tuotanto-, kysyntä- ja tarjontajousten funktioita. (Klein 1956)

Tästä johtuen panoskerrointa ei voida tulkita pelkästään panoskertoimen tekniseksi parametrisi, vaan siihen vaikuttaa myös hintojen porrastus, pääomakannan ikärahenne, rahoitusolosuhteet, kuluttajien kulutustottumukset ja suhdannevaihtelut. (Forssell 1985)

Tavallisesti tuotantomallia käytetään kiinteähintaisena, jolloin tuotantotekniikan muuttumattomuus edellyttää, että kiinteähintaiset panoskertoimet eivät muutu hintojen muuttuessa. Tällöin panoskertoimet tulkitaan määrien välisiksi suhteiksi ja panoskertoimet oletetaan kiinteiksi kiinteähintaisiin muuttujiin perustuvassa mallissa. (Forssell 1985)

Tuotantomallissa on lineaarisia yhtälöitä yhtä monta kuin ratkaistavia muuttujia. Toimialojen tuotanto voidaan laskea erikseen kulloinkin tunnetun lopputuotteiden kysynnän suhteen. Tarkoituksen mukaisempaa on kuitenkin laskea yhtälöryhmän

$$(I - A)x = y \quad (5)$$

yleinen ratkaisu:

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (6)$$

tai

$$x_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}y_j \quad (i = 1, \dots, n)$$

kun

$$(I - A)^{-1} = [b_{ij}]$$

Yhtälöt ovat ratkaistavissa kun ne ovat toisistaan lineaarisesti riippumattomia.

Leontief'n kääntematriisi $(I - A)^{-1}$ ilmaisee toimialojen kokonaistuotoksen ja lopputuotteiden kysynnän välisen riippuvaisuuden. Matriisin elementti b_{ij} ilmaisee kuinka paljon tarvitaan tuotantoa toimialalla i , jotta toimialalta j saadaan yksi yksikkö lopputuotetta. Panos-tuotomatriisin riviltä nähdään, paljonko tuotantoa tarvitaan tällä toimialalla, jotta muilla toimialoilla pystytään valmistamaan yksi yksikkö lopputuotetta. Sarakkeista nähdään,

kuinka paljon tuotantoa tarvitaan eri toimialoilta, jotta kyseisen toimialan yhden lopputuotteen kysyntä voidaan tyydyttää. Kun sarakkeiden esittämät toimialojen tuotantotarpeet lasketaan yhteen, saadaan selville kyseisen toimialan lopputuotteen kysynnän aiheuttama tuotantotoiminnan kerrannaisvaikutus. (Forssell 1985)

Seuraavaksi esitetään yksinkertaistettu esimerkki panos-tuotostaulukosta ja sen käyttömahdollisuuksista havainnollistamaan aikaisemmin esitettyä teoriaa. Esimerkki on muokattu Vaasan Yliopiston opintomonisteesta Talousmatematiikan perusteet orms.1030. Panos-tuotostaulukko esittää aluetaloutta, joka on jaettu kolmeen toimialaan T1, T2 ja T3. Toimialaa T1 vastaava rivi esittää: toimialan T1 tuotoksesta 240 yksikköä on välituotetta samalle toimialalle, 180 yksikköä T1 tuotoksesta myydään toimialan T2 yrityksille ja 144 yksikköä toimialan T3 yrityksille, jotka käyttävät sitä panoksena omassa tuotannossaan. 36 yksikköä toimialan T1 tuotoksesta päättyy lopputuotteeksi kuluttajille alueella. Näin toimialan T1 kokonaistuotos on $240 + 180 + 144 + 36 = 600$. Toimialan T2 kokonaistuotos on vastaavasti 360 ja toimialan T3 kokonaistuotos on 480. (Laaksonen 2011)

Panos-tuotostaulukon sarakkeista voidaan lukea, mistä toimialat hankkivat panoksensa. Peruspanokset sisältävät työn, luonnonvarat sekä tuonnin tarkasteltavan alueen ulkopuolelta. (Laaksonen 2011). Tässä työssä otetaan huomioon myös ympäristövaikutukset, jotka voidaan esittää omana sarakkeena lopputuotekäytön jälkeen.

Taulukko 8. Panos-tuotostaulukko

		Käyttö/toimiala			Lopputuotteet
		T1	T2	T3	
Tuotanto/toimiala	T1	240	180	144	36
	T1	120	36	48	156
	T1	120	72	48	240
Peruspanokset	p1	120	36	240	
	p1	60	18	96	

Seuraavassa taulukossa jätetään lopputuotteet pois ja jaetaan jokainen sarake kyseisen toimialan kokonaistuotannolla. Näin saadaan kerroinmatriisi, josta nähdään, mitä panoksia eri toimialat tarvitsevat valmistaessaan yhden tuoteyksikön. Kerroinmatriisin yläosa (3 X 3) kuvaa eri toimialojen keskinäisiä riippuvaisuuksia. Taulukon

yläosasta muodostetaan matriisi **A**, jota kutsutaan toimialojen panos-tuotomatriisiksi tai teknologiamatriisiksi. Taulukon alaosasta saadaan tuotannontekijöiden panos-tuotomatriisi **B**, joka ilmaisee, mitä tuotannontekijöitä tarvitaan kunkin tuotoksen tekemiseen. (Laaksonen 2011)

	T1	T2	T3
T1	240/600	180/360	144/480
T1	120/600	36/360	48/480
T1	120/600	72/360	48/480
p1	120/600	36/360	240/480
p1	60/600	18/360	96/480



	T1	T2	T3
T1	0,4	0,5	0,3
T1	0,2	0,1	0,1
T1	0,2	0,2	0,1
p1	0,2	0,1	0,5
p1	0,1	0,05	0,2

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,5 & 0,3 \\ 0,2 & 0,1 & 0,1 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,1 & 0,5 \\ 0,1 & 0,05 & 0,2 \end{pmatrix}$$

Merkitään toimialojen kokonaismuutoksia muuttujilla x_1 , x_2 ja x_3 sekä otetaan kerroinmatriisien **A** ja **B** lisäksi käyttöön kokonaistuotosektori \vec{x} ja kysyntävektori \vec{y} , jotka saavat nyt arvot

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 600 \\ 360 \\ 480 \end{pmatrix}, \quad \vec{y} = \begin{pmatrix} 36 \\ 156 \\ 240 \end{pmatrix}$$

Toimialan T1 tyydyttäessä kaiken tuotteisiin kohdistuvan kysynnän, T1:n kokonaistuotos = T1 tarvitsema panos + T2 tarvitsema panos + T3 tarvitsema panos + T1 lopputuotteiden kysyntä. Vastaavat yhtälöt saadaan toimialojen T2 ja T3 kokonaistuotannoille, siis

$$\begin{cases} x_1 = 0,4x_1 + 0,5x_2 + 0,3x_3 + 36 \\ x_2 = 0,2x_1 + 0,1x_2 + 0,1x_3 + 156 \\ x_3 = 0,2x_1 + 0,2x_2 + 0,1x_3 + 240 \end{cases} \rightarrow \vec{x} = \mathbf{A}\vec{x} + \vec{y}$$

Saadusta matriisiyhtälöstä saadaan yhteys kokonaistuotannon ja kysynnän välille:

$$\begin{aligned} \vec{x} &= \mathbf{A}\vec{x} + \vec{y} \\ \Leftrightarrow \mathbf{I}\vec{x} - \mathbf{A}\vec{x} &= \vec{y} \\ \Leftrightarrow (\mathbf{I} - \mathbf{A})\vec{x} &= \vec{y} \end{aligned}$$

Matriisi $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ on Leontief'n matriisi. Jos Leontief'n matriisi on säännöllinen, niin kokonaistuotanto saadaan kaavasta

$$\vec{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\vec{y}$$

Panos-tuotosanalyysin ajatus tiivistyy (Laaksonen 2011):

- kysyntä \vec{y} voi muuttua nopeasti ja kokonaistuotanto \vec{x} muuttuu vastaavasti.
- Toimialojen panos-tuotomatriisi **A** ja vastaava Leontief'n matriisi $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ muuttuvat hitaasti, joten ne voidaan estimoida edellisen kauden tiedoista.
- Kun tiedossa on perusteltu ennuste kysynnästä \vec{y} ja hyvä estimaatti Leontief'n matriisille $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$, saadaan hyvä ennuste tuotannolle \vec{x} .

Seuraavaksi esitetään, miten lopputuotekysynnän muutos vaikuttaa kokonaistuotantoon sekä resurssitarpeeseen. Alkuperäinen lopputuotekysyntä oli $(\bar{y}_0(36 \ 156 \ 240))^T$, kokonaistuotanto $(\bar{x}_0(600 \ 360 \ 480))^T$ sekä resurssitarvevektori

$$\begin{aligned}\bar{r}_0 &= B\bar{x}_0 \\ &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,1 & 0,5 \\ 0,1 & 0,05 & 0,2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 600 \\ 360 \\ 480 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 396 \\ 174 \end{pmatrix}.\end{aligned}$$

Loppukysynnän muuttuessa siten, että $(\bar{y}_1(77 \ 154 \ 231))$, muuttuneet kokonaistuotanto- ja resurssitarvevektorit saadaan laskettua

$$\begin{aligned}\bar{x}_1 &= (I - A)^{-1}\bar{y}_1 \\ &= \begin{pmatrix} 0,6 & -0,5 & -0,3 \\ -0,2 & 0,9 & -0,1 \\ -0,2 & -0,2 & 0,9 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 77 \\ 154 \\ 231 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 692,5 \\ 380 \\ 495 \end{pmatrix} \\ \bar{r}_1 &= B\bar{x}_1 \\ &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,1 & 0,5 \\ 0,1 & 0,05 & 0,2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 692,5 \\ 380 \\ 495 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 424 \\ 187,25 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

Lopputuotteiden kysynnän muutos

$$\Delta\bar{y} = \bar{y}_1 - \bar{y}_0 = \begin{pmatrix} 77 \\ 154 \\ 231 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 36 \\ 156 \\ 240 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 41 \\ -2 \\ -9 \end{pmatrix}$$

Saa aikaan muutokset kokonaistuotannossa ja resurssitarpeessa

$$\begin{aligned}\Delta\bar{x} &= \bar{x}_1 - \bar{x}_0 = \begin{pmatrix} 692,5 \\ 380 \\ 495 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 600 \\ 360 \\ 480 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 92,5 \\ 20 \\ 15 \end{pmatrix} \\ \Delta\bar{r} &= \bar{r}_1 - \bar{r}_0 = \begin{pmatrix} 424 \\ 187,25 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 396 \\ 174 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 28 \\ 13,25 \end{pmatrix}.\end{aligned}$$

Toimialan T1 kysyntä kasvoi, mutta toimialojen T2 ja T3 kysyntä pienenevät. Silti peruspanosten kulutus sekä kaikkien toimialojen kokonaistuotanto kasvoi, koska toimiala T1 veti muita toimialoja mukaan kasvuun.

2.3 Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi

Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi (Environmentally-extended input-output, EEIO) on kehitetty, koska halutaan yhä tehokkaammin tunnistaa, millä tavoin toimialat ovat toisistaan riippuvaisia, ja miten muutos vaikuttaa resurssivirtoihin ja edelleen päästöihin ja muihin ympäristövaikutuksiin välituotteiden ja lopputuotteiden valmistuksessa. Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi tarjoaa yksinkertaisen ja nopean keinon arvioida materiaali- ja energiavirtojen muutosten ympäristövaikutuksia ottaen huomioon myös tuonnista ja viennistä aiheutuvat ympäristövaikutukset. (Kitzes 2013)

Helpottaakseen ympäristölaajennetun panos-tuotostaulun tekemistä Eurostat on kehittänyt työkalun (National Accounting Matrix with Environmental Accounts, NAMEA), jonka avulla voidaan analysoida talouden ja ympäristön riippuvaisuutta. NAMEA on kuitenkin pelkkä yleiskatsaus ympäristön kuormitustekijöistä eri toimialoilla ja sen tarkoitus on pelkästään antaa ohjeistusta EU maille, mistä aloittaa ympäristölaajennetun panos-tuotostaulun tekeminen, jos resursseja on rajoitetusti. (Tukker ym. 2006)

Ympäristölaajennettu panos-tuotostaulukko on peruseriaatteiltaan sekä käytöltään samanlainen, kuin normaali panos-tuotostaulukko. Ympäristölaajennettuun malliin on kuitenkin lisätty uusi moduuli, josta käy ilmi toimialojen tuotannosta aiheutuvat ympäristövaikutukset. Ympäristölaajennetulla mallilla voidaan tarkastella eri ympäristövaikutusluokkia. Ympäristölaajennetulla panos-tuotostaulukoilla voidaan myös arvioida päästöjen lieventämiskeinojen vaikutuksia ympäristöön. (Kitzes 2013)

2.4 Aiemmin Suomessa tehtyjä panos-tuotostarkasteluja

Suomessa Tilastokeskus tekee vuosittain valtakunnallisia panos-tuotostaulukoita, jotka julkaistaan tilastokeskuksen internetsivuilla kahden vuoden viiveellä. Julkisesti saatavilla olevat taulukot julkaistaan yhtenäisellä Euroopan Unionissa käytettävällä 2-numeroisella NACE/TOL-luokituksella, jolloin panos-tuotostaulukot kattavat 60 toimialaa. (Suomen virallinen tilasto (SVT): Panos-tuotos 2011)

Tilastokeskus on tehnyt Suomessa kaksi maakuntien talouden rakennetta sekä niiden riippuvuutta kuvaavaa panos-tuotostutkimusta. Ensimmäinen tutkimus tehtiin vuonna 1995 ja tuorein julkaisu on vuodelta 2002. Tuorein alueellinen panos-tuotostutkimus noudattaa vuonna 2002 voimassa ollutta Euroopan tilinpitojärjestelmän (ESA95) ohjeistusta ja rahavirrat on koottu kansantalouden aluetilinpidoista. (Suomen virallinen tilasto (SVT): Alueellinen panos-tuotos 2002)

Suomessa on myös kehitetty Suomea kuvaava ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli (ENVI-MAT-malli) vuosina 2006–2009. ENVIMAT-malli on ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli, jolla voidaan laskea tuotteiden tuotamisen elinkaariset ympäristökuormitukset. Mallissa on käytetty elinkaari-inventaario (LCI) tietopankin tietoja tuontipanoksille ja elinkaariarvioinnin vaikutusarviointitekniikkaa (LCIA) ympäristövaikutusten arviointiin. ENVIMAT-mallissa lasketaan ympäristökuormitukset 150 toimialan perushintaiselle lopputuotteelle, minkä jälkeen laskelmia voidaan jatkaa kotitalouksien kulutustuotteiden osalta myös ostajahintaiseen luokitukseen, joka saadaan 69 kulutushyödykkeen jaotuksella. (Seppälä ym. 2009)

Tässä työssä materiaalivirrat määritettiin alueelliseen materiaalivirta-analyysiin ja panos-tuotosmalliin perustavalla mallilla (RMFA input-output; regional Material Flow Analysis). Mallissa hyödynnettiin mahdollisimman pitkälle todellisia materiaalivirtoja. ENVIMAT-mallin ytimen muodostavat kansantalouden tilinpidoista johdettu panos-tuotos-matriisi, jolla kuvataan toimialojen keskinäiset riippuvaisuudet euroina, toimialoille määritetyt päästökertoimet (kg/v,euro) sekä lopputuotekäyttövektori, joka muodostaa systeemin reunaehdon. ENVIMAT-mallin tiedot ovat 2000-luvun alkupuolelta. Malli käsittää sekä kotimaisen tuotannon että tuonnin ja viennin. Tuonti on kuvattu eri tietokannoista kerätyillä yksikköprosessimalleilla ja suomalaisilla oletusarvoilla.

ENVIMAT-malli kuvaa koko Suomea ja siksi se soveltuu varsin rajoitetusti alueellisiin tarkasteluihin. Alueelliseen tarkasteluun soveltuu paremmin konkreettisemmat mallit, joissa otetaan huomioon keskeiset alueen todelliset materiaalivirrat. Esimerkiksi nyt tarkastelun kohteena olevan Jyvässeudun tuotantorakenne poikkeaa huomattavasti maan keskimääräisestä rakenteesta mm. runsaan puunjalostusteollisuuden ja metalliteollisuuden vuoksi. Mikäli alueellisten materiaalivirtojen tarkasteluun haluttaisiin kuitenkin ehdottomasti käyttää menetelmältään ENVIMAT malliin yhtenevää mallia, olisi panos-tuotostuotematriisi ja päästökertoimet uusittava alueellisesta tilinpidoista lähtien. Tämä ei kuitenkaan ollut realistista hankkeelle annetun aikataulun puitteissa.

ENVIMAT-mallissa ympäristövaikutusten arviointi on toteutettu käyttämällä kansainvälisen standardointijärjestön suosittelemaa elinkaariarviointien vaikutusarviointimethodiikkaa (ISO 14041, 1998, ISO 14042, 2002), jonka perustana on ympäristövaikutuksia kuvaavien vaikutusluokkaindikaattoritulosten laskenta. Käytettävä indikaattori, jonka suhteen eri vaikutusluokkien seurauksia verrataan, on aina valintakysymys, jonka vuoksi ENVIMAT-mallissa on päädytty käyttämään neljää vaihtoehtoista menetelmäkokoaisuutta. (Seppälä ym. 2009). Valitut mallit ovat:

- ReCiPe+ -malli
- Kotimaa-malli
- Yhdistelmä-malli
- Eurooppa-malli.

Lisäksi ENVIMAT-mallissa on laskettu erillistarkasteluna tiedossa olevien luonnonvarantojen sekä niiden globaalin käytön avulla abiottisten luonnonvarojen vähenemisen indeksiarvot sekä mineraaleille että fossiilille polttoaineille. (Seppälä ym. 2009)

ReCiPe+-malli on päivitetty menetelmäkokoisuus CML2002-mallista, joka on elinkaariarviointiyhteisön suosittelema perusmenetelmä. Mallin karakterisointikertoimia käytetään vaikutusluokkien indikaattoritulosten laskennassa, jolloin eri aineiden päästöt voidaan muuttaa yhteismitallisiksi kunkin vaikutusluokan osalta. ReCiPe+-malli on paikkariippumaton arviointi, jolloin ympäristökuormitustekijöiden alueellisella sijainnilla ei ole merkitystä. Mallissa mukana olevat ympäristövaikutusluokat ovat ilmastonmuutos, yläilmakehän otsonin tuhoutuminen, happamoituminen, alailmakehän otsonin muodostuminen (terveysvaikutukset), vesiympäristön rehevöityminen, vesiympäristön (makea) ekotoksisuus, maaympäristön ekotoksisuus, toksisuus ihmiseen sekä pienhiukkaset. (Seppälä ym. 2009)

Kotimaa-mallin maakohtaisia karakterisointikertoimia käytetään vaikutusarvioinnissa Suomessa aiheutuville päästöille. Kotimaa-malli ottaa huomioon Suomen ja päästöjen vaikutusalueen ympäristöolosuhteet. Tuonnin osalta mallissa käytetään oletusta, että kuormituksella ulkomaille sekä kuormituksella Suomessa on yhtä suuret vaikutukset, jolloin kuormitustekijöille ulkomaille käytetään samoja karakterisointikertoimia kuin Suomessa. Yläilmakehän otsonin tuhoutumista lukuun ottamatta, kotimaa-mallissa on mukana samat ympäristövaikutusluokat kuin ReCiPe+-mallissa. Lisäksi uusina ympäristövaikutusluokkina ovat alailmakehän otsonin muodostuminen (kasvillisuusvaikutukset), maaympäristön rehevöityminen sekä luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen. (Seppälä ym. 2009)

Yhdistelmä-mallissa on yhdistetty ReCiPe+ -mallin ja kotimaa-mallin tulokset ottaen huomioon kyseessä olevien mallien painokertoimet ympäristövaikutusluokille sekä painottamalla mallin tuloksia samalla tärkeyspainolla. Niille vaikutusluokille, jotka ovat vain toisessa mallissa, yhdistäminen on tehty suhteessa ilmastonmuutoksen painoarvoon. (Seppälä ym. 2009)

Eurooppa-mallia on käytetty ENVIMAT-mallissa ekoindeksien laskennan herkkyytarkastelussa kuormitustekijöiden arviointiin ulkomailla. Eurooppa-malli on tiettyjen

vaikutusluokkien karakterisointikertoimia lukuun ottamatta identtinen kotimaa-mallin kanssa. Happamoitumisessa, maaympäristön rehevöitymisessä, alailmakehän otsonin muodostumisessa (terveys- ja kasvillisuus-vaikutukset) sekä pienhiukkasissa käytetyt karakterisointikertoimet ovat eurooppalaisia keskiarvoja. Toksisuudessa ihmiseen on käytetty oletusta, että päästöjen vaikutus ulkomailla on kaksinkertainen kotimaassa päästöihin verrattuna, koska haitallisten aineiden taustapitoisuudet ja väestötiheys on suurempi Euroopassa. (Seppälä ym. 2009)

2.5 Panos-tuotosmallin rajoitukset ja ongelmat

Yleensä panos-tuotosmallissa käytettävässä TOL:2008-toimialajaottelussa ei päästä täydelliseen tarkkuuteen, koska tuotantomenetelmät ja hyödykkeet vaihtelevat toimialan sisällä. Panos-tuotosmenetelmä on myös staattinen, eli se kuvaa talouden rakennetta tietyllä ajan hetkellä ja on poikkeikkaus yhden vuoden ajalta. Todellisuudessa toimialojen väliset riippuvaisuudet voivat muuttua nopeastikin muun muassa teknisen kehityksen seurauksena. Lisäksi tarkasteluvuodesta riippuen, toimialojen tuotannossa, investoinneissa sekä rakentamisessa voi olla huomattavaa vaihtelua. (Okko ym. 2001, Seppänen ym. 2006)

Panos-tuotosmalli on luonteeltaan puhdas kysyntämalli, jolloin siinä ei oteta huomioon tarjontaan liittyviä rajoituksia. Oletus tarjonnan täydellisestä joustosta aiheuttaa, ettei mallilla voida tarkastella riittävän tarkasti suuria investointeja sekä talouden rakenteisiin vaikuttavia muutoksia. (Okko ym. 2001, Seppänen ym. 2006)

Jos mallilla haluttaisiin ottaa huomioon tarjonnasta syntyviä rajoitteita, pitäisi jokaiselle toimialalla rakentaa omat pullonkaulafunktiot. Pullonkaulafunktiot kuitenkin kasvattaisivat mallin matemaattisen muodon hyvin suureksi ja monimutkaiseksi. Toinen vaihto sisällyttää tarjonnasta aiheutuvia rajoituksia panos-tuotosmalliin on rakentaa mallista dynaaminen tilastotietojen perusteella. Silloin tulevaisuutta kuvataan menneisyyden perusteella eli talous kehitty samalla tavalla kuin tähänkin asti. Dynaaminen muoto kuitenkin aiheuttaa mallissa yhtäkkisen poikkeaman tilastollisessa polussa, jonka jälkeen kehitys jatkuu samanlaisena, mutta uudella tasolla. (Seppänen ym. 2006)

Panos-tuotosmallissa panoskertoimien oletetaan olevan kiinteitä, mutta todellisuudessa kertoimet muuttuvat hintojen muutoksen sekä tuottavuuden seurauksena. Aiemmin tehtyjen tutkimusten perusteella panos-tuotostaulukoiden kokonaistarkkuus pysyy luotettavana 5–10 vuotta panos-tuotostaulukon tekemisestä. (Ainali 2000)

Malli ei myöskään ota huomioon eroja tuotantoprosessien tehokkuudessa. Panos-tuotosmalli ei ota huomioon tuotannon liiketaloudellista kannattavuutta, kun oletetaan talouden toiminnan muuttuvan ainoastaan kysynnän vaihtelusta. Mallissa tuotteiden hintojen oletetaan myös pysyvän vakiona, riippumatta kysynnästä ja tarjonnasta. (Seppänen ym. 2006)

Okon ym. (2001) mukaan panos-tuotosmallinnuksessa syntyy myös käytännön ongelmia, kuten; kuinka tiettyjen yritysten hankinnat voidaan kohdentaa tietyille alueille ja toimialoille sekä kuinka alueen työntekijöiden tulojen käyttö voidaan kohdistaa oikeille toimialoille. Ilman riittävän tarkkaa tulojen käytön sekä hankintojen kohdentamista, kulutuksen muutoksesta aiheutuvia kerrannaisvaiikutuksia on mahdoton selvittää.

Vaikka panos-tuotosmallilla on omat ongelmansa, se on hyödyllinen yhteiskuntasuunnittelun apuväline. Myöskään mikään muu mallintamistapa ei esitä toimialojen välisiä tuotantovaikutuksia yhtä havainnollisesti, jonka vuoksi panos-tuotosmalli on laajasti käytetty kuvaillaessa taloutta valtioiden ja alueiden tasolla. (Knuuttila 2004)

3. Elinkaariarviointi

3.1 Menetelmän kuvaus

Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment) on tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointi- ja arviointityökalu, joka on kehitetty 1960-luvulla (Guinée ym. 2011). Elinkaariarviointi on kehittynyt huomattavasti sen keksimisen jälkeen ja nykyisin elinkaariarviointi on standardoitu ja kehittynyt metodi analysoida tuotteiden, palveluiden, alueiden tai elintapojen aiheuttamia ympäristökuormituksia. Elinkaariarvioinnissa elinkaari kattaa materiaalin hankinnan luonnosta aina kierrätykseen ja tuotteen hylkäämiseen asti sisältäen tuotteen tai palvelun prosessoinnin, kuljetuksen, valmistuksen, jakelun, käytön, uudelleenkäytön sekä huollon aiheuttamat ympäristökuormitukset. (Jenssen ym. 1997, Finnveden ym. 2009)

Elinkaariarviointi voidaan tehdä yksinkertaistettuna tai yksityiskohtaisena arviointina. Yksinkertaistetussa elinkaariarvioinnissa tarkastellaan joitain tiettyjä päästöjä, esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä, tai rajattua tuotejärjestelmäosaa, jolloin tarkastelu on yksinkertaisempi toteuttaa. Tuotejärjestelmä on sarja yksikköprosesseja, joita yhdistävät materiaali- ja energiavirrat. Yksikköprosessit yhdessä kuvaavat tuotteen elinkaarta.

Yksityiskohtaisen elinkaariarvioinnin helpottamiseksi on luotu kansainvälisen standardisointijärjestön ISO:n 14040-sarjan standardit, jossa on viisi eri standardia (Antikainen 2010):

1. ISO 14040:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.
2. ISO 14044:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja.
3. ISO/TR 14047 Environmental management. Life cycle impact assessment.
4. ISO/TS 14048 2002 Environmental management. Life cycle assessment. Data documentation format.
5. ISO/TR 14049:2000: Environmental management. Life cycle assessment. Examples of application of ISO 140414 to goal and scope definition and inventory analysis.

ISO 14040 standardissa esitellään elinkaariarvioinnin pääpiirteet ja periaatteet. ISO 14044 määrittelee elinkaariarvi-

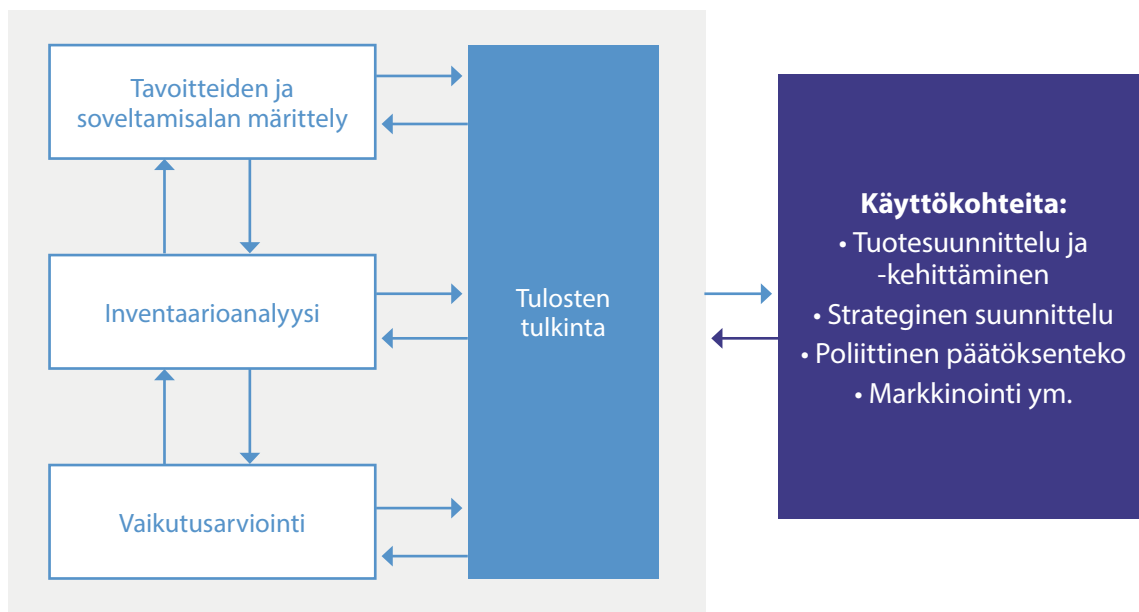
oinnin vaatimukset ja opastaa muun muassa tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyssä, inventaarion tekemisessä ja vaikutusarvioinnissa. ISO/TR 14047 ja ISO/TR 14049 ovat teknisiä raportteja, joiden tarkoituksena on selventää ISO 14040:n ja ISO 14044:n soveltamista esimerkkien avulla. ISO/TS 14048:ssa on esitetty yleiset kehykset ja vaatimukset inventaariotietojen raportointiin. (Antikainen 2010)

ISO 14040:2006 standardin mukaan tehdyssä elinkaariarvioinnissa on tyypillisesti neljä eri työvaihetta (kuva 39): Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, Inventaarioanalyysi (LCI), Vaikutusarviointi (LCIA) sekä Tulosten tulkinta. (Mattila 2013)

Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely on tärkeää, koska se määrittelee muun muassa sen, miten yksityiskohtainen tutkimus on ja mitä ajanjaksoa siinä tarkastellaan. Tavoitteet ja soveltamisala määritteleekin tutkimuksen laajuuden, rajaukset ja raportointivaatimukset. Inventaarioanalyysissä kerätään tarvittavat tiedot koko tuotejärjestelmästä. Inventaarioanalyysi sisältää ne laskennan menettelytavat, joilla tuotejärjestelmän syötteet ja tuotokset saatetaan määrälliseen muotoon ja teoriassa inventaarioanalyysi pitää sisällään kaikki tuote- ja palveluvirrat. Vaikutusarvioinnissa arvioidaan potentiaalisten ympäristövaikutusten merkittävyyttä inventaarioanalyysin tulosten perusteella. Vaikutusarviointi ja inventaarioanalyysi eroavat monista muista laskentamenetelmistä, koska ne ovat toiminnalliseen yksikköön perustuvia suhteellisia lähestymistapoja. Toiminnallisella yksiköllä tarkoitetaan vertailuyksikköä, minkä suhteen panos- ja tuotostiedot normalisoidaan, eli se on tarkasteltavan tuotejärjestelmän tuotosten tai toiminnallisten tuotosten suorituskyvyn mittayksikkö. (Antikainen 2010, Mattila 2013)

Tulosten tulkinnassa tunnistetaan tuloksiin vaikuttavat merkittävät tekijät, arvioidaan tulosten täydellisyyttä, herkkyyttä ja johdonmukaisuutta sekä tehdään tulosten pohjalta johtopäätökset. Tulosten arviointiosassa myös määritellään elinkaariarvioinnin tai inventaarion tulosten luotettavuus ottaen huomioon kaikki rajoitukset ja seuraukset, jotka aiheutuvat käytetyistä menetelmistä. (Antikainen 2010)

Kuva 39. Elinkaariarvioinnin vaiheet ISO 14040:2006 mukaan. (Antikainen 2010)



3.2 Hyödyt ja mahdolliset ongelmat


Elinkaariarvioinnilla saadaan arvioitua tuotteen koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ennakkoon määrittelyllä tarkkuudella, jonka ansiosta elinkaariarviointia voidaan käyttää hyväksi erittäin monipuolisesti. Elinkaariarvioinnin ansiosta yritykset ja organisaatiot pystyvät:

- kohdentamaan kehitystyön niille osa-alueille, missä pystytään vähentämään tehokkaimmin ympäristökuormitusta
- saamaan selville, missä toimitusketjun vaiheessa syntyy eniten päästöjä sekä vaatimaan alihankkijoilta ympäristöystävällisempiä raaka-aineita ja tuotteita
- vertaamaan samaan käyttötarkoitukseen käytettävien tuotteiden ympäristökuormitusta sekä tekemään tietojen pohjalta päätöksiä ja käyttämään tuloksia hyödyksi markkinoinnissa
- arvioimaan ympäristövaikutuksia jo tuotekehitysvaiheessa ja tarvittaessa etsimään vaihtoehtoisia valmistustapoja sekä alihankkijoita.

Huolimatta elinkaariarvioinnin monista eduista, on myös muistettava, että elinkaariarvioinnilla saatavat tulokset ovat riippuvaisia rajauksista, käytetyistä tietokannoista

sekä elinkaari-laskentaohjelmaan syötetyistä tiedoista. Tämän vuoksi elinkaariarvioinnista saatavia tuloksia on tarkasteltava kriittisesti. Rajauksen tekeminen on yksi haasteellisimmista vaiheista elinkaariarvioinnissa, koska yksinkertaisenkin tuotteen tai palvelun analysoimiseksi on tutkittava teoriassa valtava määrä eri prosesseja. Käytännössä prosessien määrää rajataan, joka johtaa ympäristövaikutusten aliarviointiin. Prosessiketjut ovat myös usein syklisiä, jolloin syntyy kerrannaisvaikutuksia, jotka on vaikea ottaa huomioon perinteisellä elinkaariarvioinnilla. (Antikainen 2010)

Elinkaariarvioinnin rajausongelmien vuoksi onkin kehitetty keinoja yhdistää perinteinen panos-tuotoslaskenta, joka ottaa huomioon toimialojen väliset riippuvaisuudet ja niistä syntyvät kerrannaisvaikutukset, sekä elinkaariarviointi. Yhdistämällä elinkaariarviointi sekä panos-tuotoslaskenta, rajauksia ei tarvitse tehdä niin paljon kuin perinteisessä elinkaariarvioinnissa, jonka ansiosta saavutettavat tulokset ovat todennäköisesti lähempänä todellisuudessa syntyviä ympäristövaikutuksia. (Antikainen 2010)



Yhteiskunnan resurssiviisauden edistämiseksi tarvitaan alueellista tietoa ja menetelmiä todellisista materiaali- ja energiavirroista ja niiden hallinnasta. Alueellinen tieto mahdollistaa konkreettisten resurssitehokkuustavoitteiden asettamisen ja tuottaa näkökulmaa aluetalouden kehittämiseen.

Ramboll ja MTT (nyk. LUKE) ovat Sitran toimeksiantosta toteuttaneet ensimmäistä kertaa Jyväskylän seudun todellisista materiaali- ja energiavirroista kokonaisvaltaisen katsauksen. Hankkeessa kehitetty alueellinen resurssivirtamalli on ainutlaatuinen avaus resurssivirtojen hallintaan aluetasolla. Jatkossa mallia voivat hyödyntää muutkin alueet.

Resurssivirrat rakennetaan malliin alueelliseen materiaalivirta-analyysiin ja panos-tuotos-menetelmään perustuen. Malli kuvaa, miten raha- ja materiaalmääräiset virrat ohjautuvat alueen tuotantoon, toimialojen välillä ja kulutukseen sekä alueelta pois. Malli antaa luotettavan kuvan alueen toimialojen välisistä vuorovaikutuksista, luonnonvarojen käytöstä, aluetalouden tehokkuudesta, työllistävyydestä, arvonlisäyksistä ja ympäristövaikutuksista. Lisäksi nähdään resurssien käytöstä ja investoinneista aiheutuvat hyödyntämättömät jäte- ja sivuvirrat.

Sitran selvityksiä 91

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra on tulevaisuusorganisaatio, joka tekee töitä Suomen kilpailukyyn ja suomalaisten hyvinvoinnin edistämiseksi. Ennakoimme yhteiskunnan muutosta, etsimme käytännön tekemisellä uusia toimintamalleja ja vauhditamme kestävään hyvinvointiin tähtäävää liiketoimintaa.