

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Energia- ja ympäristötekniikan laitos

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

**TOIMINTAOHJEISTON LAATIMINEN HSY:N JÄTEHUOLLON  
ELINKAARIMALLINNUSPALVELUIDEN HANKKIMISEKSI**

Työn tarkastajat: TkT Risto Soukka

TkT Mika Horttanainen

## **TIIVISTELMÄ**

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Energia- ja ympäristötekniikan laitos

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Eeva Perälä

### **Toimintaohjeiston laatiminen HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnuspalveluiden hankkimiseksi**

Diplomityö

2012

89 sivua, 11 kuvaa

Tarkastajat: TkT Risto Soukka

TkT Mika Horttanainen

Hakusanat: elinkaariarviointi, kuntavastuullinen jätehuolto

Keywords: life cycle assessment, municipal waste management

Elinkaariarviointi on menetelmä, missä tuotejärjestelmän aikaiset syötteen ja tuotteet koostetaan yhteen ja tuloksena saadaan sen ympäristökuormitus. Elinkaariarviointi on päätöksentekoa tukeva työkalu. Jätelain kokonaisuudistuksen myötä elinkaariarvioinnin käyttö tulee lisääntymään kuntavastuullisessa jätehuollossa.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY:n jätehuollon tavoitteena on rakentaa elinkaarimalli, jonka avulla voidaan selvittää koko toiminnan aiheuttama ympäristökuormitus ja taloudelliset vaikutukset. HSY:n jätehuolto on päättänyt toteuttaa elinkaarimallin rakentamisen konsulttityönä. Työn tavoitteena on ollut laatia toimintaohjeisto HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnuspalveluiden hankkimiseksi.

Elinkaarimalli voidaan tehdä kaupallista ohjelmistoa käyttämällä. Tähän selvitykseen on valittu arvioitavaksi kolme elinkaariarvioinnin työkalua: EASEWASTE, WRATE ja GaBi 4.4. Ohjelmistojen ominaisuuksia on arvioitu kirjallisuuden ja haastattelun perusteella. Työssä on laadittu kriteeristö näiden ohjelmistojen arviointiin. Kirjallisuuden perusteella on selvitetty elinkaariarvioinnin soveltamiskohteet kuntavastuullisessa jätehuollossa. HSY:n jätehuollon elinkaariarvioinnin soveltamiskohteet ja mallinnustarpeet on tunnistettu haastattelemalla HSY:n jätehuollon asiantuntijoita.

HSY:n jätehuollossa rakennettavan mallin päivittämistä, käyttöä ja kehittämistä tulisi hallita HSY:n jätehuollon toimesta. Työssä arvioidut mallit soveltuvat kaikki HSY:n jätehuollon tunnistettujen mallinnustarpeiden laskentaan. Elinkaarimallinnuspalveluiden toimintaohjeistolla pyritään varmistamaan HSY:n jätehuollon tarpeisiin soveltuvan mallin hankinta ja jatkotoimenpiteiden suunnittelu.

## **ABSTRACT**

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Energia- ja ympäristötekniikan laitos

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Eeva Perälä

### **Title**

Master's thesis

2012

89 pages, 11 figures

Examiners: D.Sc. (Tech.) Risto Soukka

D.Sc. (Tech.) Mika Horttanainen

Keywords: life cycle assessment, municipal solid waste management

## ALKUSANAT

Tämä työ on tehty toimeksiantona Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY:n jätehuollolle. Haluan kiittää työni tarkastajia professori Risto Soukkaa ja professori Mika Horttanaista sekä työn ohjaajia kehittämissinööri Reetta Andersonia ja kehittämissinööri Kimmo Koivusta sekä projektipäällikkö Kirsi Karhua HSY:n jätehuollosta. Kiitän myös Jätelaitosyhdistyksen kehityspäällikkö Esa Nummelaa ja kehityssinööri Timo Hämäläistä keskustelusta, saamastani palautteesta ja materiaalista.

Helsingissä

2012

Eeva Perälä

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Tutkimuksen tausta.....	7
1.2	Tutkimusongelma.....	8
1.3	Tutkimuksen tavoite .....	8
1.4	Rajaukset.....	8
1.5	Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY .....	9
2	ELINKAARIARVIOINTI JA KESTÄVÄ KEHITYS .....	9
2.1	Elinkaariarvioinnin hyödyntämisen näkökulmat .....	13
2.1.1	Kuntavastuullinen jätehuolto.....	14
2.1.2	Elinkaariarviointi kunnallisessa jätehuollossa.....	17
2.2	Elinkaarikustannukset.....	22
2.3	Sosiaalinen näkökulma .....	25
2.4	Ympäristö- ja talousriskien hallinta .....	28
3	ELINKAARIARVIOINNIN TYÖKALUT.....	30
3.1	Ohjelmistot.....	31
3.1.1	EASEWASTE .....	31
3.1.2	WRATE.....	32
3.1.3	GaBi 4.4 .....	32
3.2	Vaikutusarviointimenetelmät .....	33
3.3	Tietokannat .....	36
3.4	Parametrisointi .....	37
3.5	Elinkaariohjelmistojen mahdollisuudet ja haasteet .....	39
3.6	Kriteeristö ohjelmiston valintaan .....	42
4	HSY:N JÄTEHUOLLON ELINKAARIVASTUU .....	43
4.1	HSY:n päätöksentekoprosessi.....	44
4.1.1	Hankinnat ja ostotoiminta .....	46
4.2	HSY:n jätehuollon ympäristövastuu ja ympäristönäkökohtien riskienhallinta	47
4.2.1	Kasvihuonekaasupäästöt .....	48
4.3	HSY:n jätehuollon taloudellinen vastuu ja taloudellisten vaikutusten riskienhallinta.....	49
4.4	HSY:n jätehuollon sosiaalinen vastuu.....	49

5	ELINKAARIMALLINTAMISEN HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET	
	HSY:N JÄTEHUOLLOSSA .....	53
5.1	Kunnan vastuulla olevan jätehuollon tunnistetut sovelluskohteet .....	53
5.2	Haastattelututkimus HSY:n jätehuollon erityispiirteiden tunnistamiseksi .....	55
5.2.1	Aluepalvelut .....	56
5.2.2	Kuljetuspalvelut .....	58
5.2.3	Käsittelypalvelut .....	59
5.2.4	Ympäristöpäällikön haastattelu .....	61
5.2.4	Taluspäällikön haastattelu .....	62
5.3	Kriteerit elinkaariarvioinnin tuottamalle tiedolle .....	64
6	TOIMINTAOHJEISTO ELINKAARIPALVELUJEN HANKKIMISEKSI .....	68
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	75
7.1	Keskeiset johtopäätökset .....	75
7.2	Tulosten hyödynnettävyys ja yleistettävyys .....	77
7.3	Jatkoselvitettävät aiheet .....	78
8	YHTEENVETO .....	79
	LÄHTEET .....	81

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän jätehuollon toimiala, myöhemmin HSY:n jätehuolto, on mukana Materiaalitehokas jätehuolto -hankkeessa, jonka tavoitteena on ehkäistä jätteen syntyä ja edistää jättemateriaalien uudelleenkäyttöä. Materiaalitehokkuuden edistämisen tavoitteena HSY:n jätehuollossa on vaikuttaa kulutukseen, jätteiden synnyn vähentämiseen, kierrätyksen ja hyötykäytön tehostamiseen sekä lisätä ympäristötietoutta. Elinkaarimallin rakentaminen on osa hanketta, ja tavoitteena on kehittää kuntavastuullisen jätehuoltojärjestelmän elinkaaren aikaisten ympäristö- ja kustannusvaikutusten laskentamalli.

Uusi jätelaki tuli voimaan toukokuussa vuonna 2012, ja se toi muutoksia kuntavastuulliseen jätehuoltoon esimerkiksi pakkausten tuottajavastuun laajentuessa osittaisesta tuottajavastuusta täydeksi tuottajavastuuksi. Muuttuva lainsäädäntö asettaa vaatimuksia toimijoille yhä paremmasta ja läpinäkyvämmästä ympäristöasioiden hallinnasta. Jätelaki sisältää vaatimuksen elinkaariarvioinnin toteuttamisesta kun niin sanotusta etusijajärjestyksestä aiotaan poiketa.

Elinkaariarvioinnin avulla voidaan kehittää toimintaa ympäristöystävällisempään suuntaan. Se on strategista päätöksentekoa tukeva työkalu, jonka avulla kunnan vastuulla olevan jätehuollon päättäjät saavat tietoa esimerkiksi erilaisten jätteen käsittelyvaihtoehtojen ympäristökuormituksista toiminnan koko elinkaaren ajalta.

HSY:n jätehuolto on tehnyt elinkaariperusteisia tutkimuksia pakkausjätteiden, kartongin ja metallin, ympäristövaikutusten osalta. Lisäksi HSY:n jätehuolto on teettänyt selvityksen lasin elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Biojätteen käsittelyvaihtoehdoille on laskettu kasvihuonekaasupäästöt elinkaariperusteisesti. Nämä selvitykset perustuvat eri jätteenkäsittelyvaihtoehtojen vertailuun ympäristövaikutusten näkökulmasta. Kartongin, metallin ja lasin osalta on ollut tavoitteena saada tietoa erilliskeräysjärjestelmän laajuuden ympäristöhaitoista ja -hyödyistä HSY:n jätehuollon alueella. Selvityksen tuloksia on käytetty uusien jätehuoltomääräysten valmistelussa.

## 1.2 Tutkimusongelma

HSY:n jätehuollon toiminnan kokonaisvaikutuksia ympäristölle ei ole vielä selvitetty. Elinkaariarviointi antaa tietoa toiminnan ympäristövaikutuksista ja taloudellisista vaikutuksista olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän osalta. Toisaalta toimintaa kehitettäessä voidaan elinkaariarvioinnin tuloksia käyttää päätöksenteon tukena, jolloin ne perustuvat koko jätehuoltojärjestelmän ja sen elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin, eivätkä yksittäisiä järjestelmiä koskeviin tietoihin. Samalla voidaan tehdä eri jätehuoltoratkaisujen kustannustarkastelua.

## 1.3 Tutkimuksen tavoite

Työn tavoitteena on ollut laatia toimintaohjeisto HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnuspalveluiden hankkimiseksi. Työssä on tunnistettu HSY:n jätehuollon elinkaariarviointitarpeet sekä olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän osalta että uusien toimintojen osalta tarkastelemalla ympäristönsuojelullisia, taloudellisia ja sosiaalisia näkökulmia.

HSY:n jätehuollon elinkaarimallintamisen erityistarpeet on tunnistettu haastattelemalla HSY:n jätehuollon asiantuntijoita. Työssä on tarkasteltu kolmea kaupallista elinkaariarviointiohjelmistoa sekä niiden mahdollisuuksia ja heikkouksia jätehuollon mallintamiseen. HSY:n jätehuolto on tehnyt päätöksen rakentaa malli konsulttityönä ja sen kilpailutus tapahtuu syksyllä 2012. Elinkaariarviointi on tuore menetelmä kuntavastuullisen jätehuollon päätöksenteon yhtenä näkökulmana Suomessa ja erityisesti HSY:n jätehuollon toiminnassa. Työssä esitettyjen haastattelujen pohjalta esille nousseiden mallinnustarpeiden tunnistaminen ja ohjelmistojen ominaisuuksien tarkastelu ovat olleet lähtökohtana toimintaohjeiston laatimisessa, jotta voitaisiin varmistua mahdollisimman hyvin HSY:n jätehuollon tarpeisiin vastaavan mallin hankinnasta.

## 1.4 Rajaukset

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon prosessiketju alkaa jätteen synty pisteestä ja päättyy jätteen loppusijoitukseen tai jätteen päädyttyä prosessoiduksi raaka-aineeksi, ener-



giahötykäyttöön tai valmiiksi tuotteeksi. Tässä työssä tarkastellaan kuntavastuullisen jätehuollon elinkaarimallin sovelluskohteita. Tuottajavastuun piiriin kuuluvien pakkausjätteiden (lasi, metalli ja kartonki) osalta elinkaarimallinnusta ja sen sovelluksia tarkastellaan niiltä osin kun HSY:n jätehuolto on antanut niistä jätehuoltomääräykset. Yritysten päätöksentekoon vaikuttavat lisäksi muutkin näkökulmat ja siksi tässä työssä on pyritty mahdollisuuksien mukaan tarkastelemaan HSY:n jätehuollon toiminnan taloudellisia näkökohtia ja sosiaalisia vaikutuksia sekä niiden sisällyttämistä hankittavaan elinkaarimalliin.

## **1.5 Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY**

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY jakautuu jätehuollon ja vesihuollon toimialueisiin, seutu- ja ympäristötiedon tulosalueeseen sekä hallintopalvelukeskus tulosalueeseen. HSY:n visio on ympäristövastuullinen metropoli, ja kuntayhtymän perustehtävänä on tuottaa ja järjestää korkealaatuisia vesi- ja jätehuoltopalveluja sekä ajantasaista seudullista tietoa kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. (HSY 2011, 6, 11.) HSY:n jätehuolto järjestää Espoon, Helsingin, Kauniaisen ja Vantaan sekä Kirkkonummen asuinkiinteistöjen ja julkisten palvelujen sekajätteen, biojätteen ja energiajätteen keräyksen, kuljetuksen ja kyseessä olevan jätteen käsittelyn. Lisäksi HSY:n jätehuolto vastaa muun muassa vaarallisen jätteen keräyksestä ja käsittelystä. (Kiinteistön jätehuolto 2011).

Vuonna 2010 HSY:n jätehuollon jätteenkäsittelykeskuksessa Ämmässuolla vastaanotettiin jätteitä ja maa-aineksia yhteensä 612 863 tonnia, josta 257 264 tonnia (42,0 %) oli sekajätettä, 56 708 tonnia (9,3 %) biojätettä ja 130 835 tonnia (21,3 %) maa-aineksia. Vastaanotetusta biojätteestä 96 % käsiteltiin kompostointilaitoksilla ja 4 % loppusijoitettiin kaatopaikalle. Vuoden 2010 aikana jätteen vastaanottoasemilla, Sortti-asemilla, kävi yhteensä 297 710 asiakasta. (HSY 2011, 8.)

## **2 ELINKAARIARVIOINTI JA KESTÄVÄ KEHITYS**

Elinkaariarviointi (life cycle assessment, lyhennettynä LCA) on yksi ympäristöasioiden hallinnan tekniikoista, jossa tuotejärjestelmän elinkaaren aikaiset syötteet ja tuotokset

koostetaan ja arvioidaan (SFS-EN ISO 14040:2006, 12). Elinkaariarvioinnilla tarkoitetaan elinkaariarvioinnin toteuttamista mallintamalla käyttämällä esimerkiksi valmista laskentaohjelmaa. Elinkaarimallinnus on järjestelmien, tuotantoprosessien ja tuoteketjujen kehittämistä ympäristöystävällisen teknologian keinoin. (Tonteri et al. 2010, 13 & Soukka 2011.) Elinkaariarvioinnin standardit ISO 14040 ja ISO 14044 määrittelevät kehyksen elinkaariarvioinnin toteuttamiselle. Se sisältää neljä eri vaihetta: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyn, inventaarioanalyysin, vaikutusarvioinnin ja tulosten tulkinnan. Standardeissa ISO 14040 ja ISO 14044 on määritelty termi tuote sisältämään myös palvelut. (SFS-EN ISO 14040:2006, 8 & SFS-EN ISO 14044:2006, 8.)

Tuotejärjestelmällä tarkoitetaan yksikköprosessien sarjaa, joissa on kuvattuna tuote- ja perusvirrat ja siten siinä on kuvattuna tuotteen elinkaari. Tuotevirtoja ovat tuotteet, jotka tulevat tai lähtevät jostain toisesta tuotejärjestelmästä. Perusvirralla tarkoitetaan tarkasteltavaan järjestelmään tulevaa materiaalia tai energiaa, jota ihminen ei vielä ole jalostanut tai järjestelmästä lähtevää ympäristöön poistuvaa materiaalia tai energiaa, jota ihminen ei enää käytä. (SFS-EN ISO 14044, 18.)

Toiminnallinen yksikkö on tuotejärjestelmän määrällinen suorituskyky, jota käytetään elinkaariarvioinnissa referenssiyksikkönä kun vertaillaan erilaisia tuotejärjestelmiä. Toiminnallisen yksikön tarkoitus on muodostaa vertailuyksikkö, jonka suhteen syöte- ja tuotostiedot voidaan normalisoida. Kun elinkaariarvioinnissa puhutaan järjestelmän rajoista, tarkoitetaan kriteeristöä, jolla määritetään mitkä yksikköprosessit kuuluvat tuotejärjestelmään. Karakterisointikerroin on karakterisointimallista johdettu kerroin. Sen avulla muunnetaan inventaarioanalyysin tulokset vaikutusluokkaindikaattorin yhteiseen yksikköön. (SFS-EN ISO 14044, 16, 18, 20, 24.)

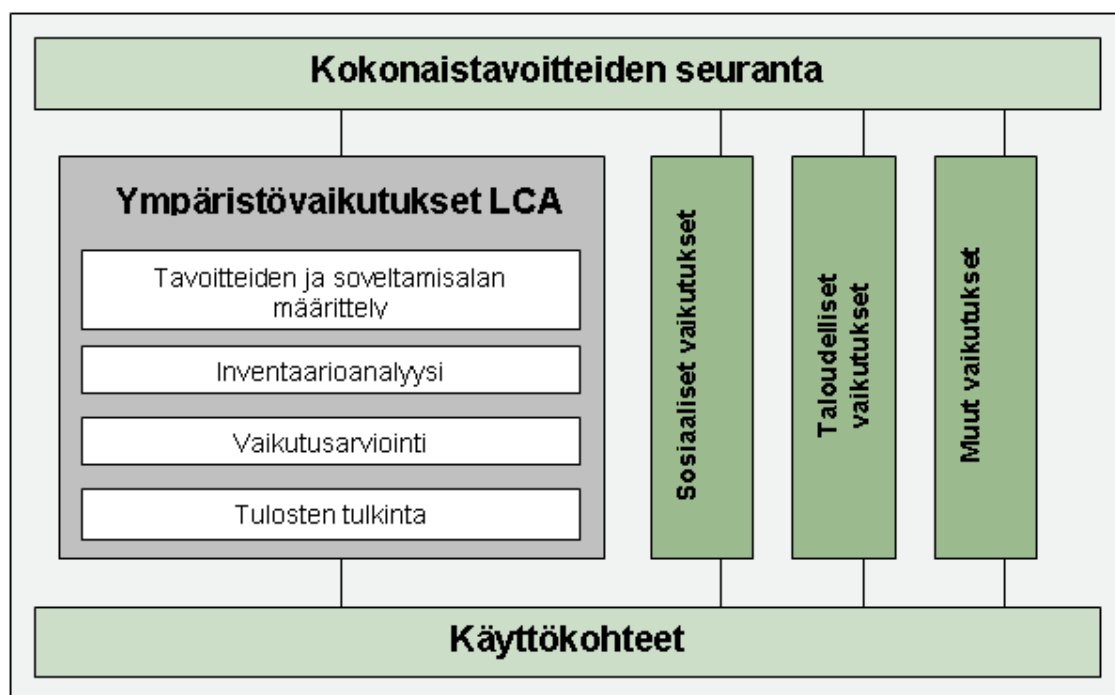
Vaikutusarviointi (life cycle impact assessment, lyhennettynä LCIA) on elinkaariarvioinnin vaihe, jonka tarkoituksena on ymmärtää ja arvioida tuotejärjestelmän potentiaalisten ympäristövaikutusten laajuutta ja merkittävyyttä koko tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana. Elinkaariarvioinnin tulosten tulkintavaihe koostuu muun muassa inventaarioanalyysi- ja vaikutusarviointivaiheiden tuloksiin perustuvien merkittävien asioiden tunnistamisesta. (SFS-EN ISO 14044, 14, 54.) Inventaarioanalyysi (life cycle inventory analysis, lyhennettynä LCI) on elinkaariarvioinnin vaihe, jossa annetun tuotteen elin-

kaaren aikaiset syötteet ja tuotokset koostetaan ja kuvataan määrällisinä. Inventaarioanalyysin tuloksella eli LCI-tuloksella tarkoitetaan lopputulosta, jossa luetellaan järjestelmän rajat ylittävät virrat ja joka toimii lähtökohtana vaikutusarvioinnille. (SFS-EN ISO 14044, 12, 18.)

Elinkaariarviointi on laaja lähestymistapa tuotteen tai palvelun ympäristökuormituksen selvittämiseen. Elinkaarianalyysi on yleensä vertaileva tutkimus, ja vertailu voidaan suorittaa kahden tai useamman saman tarpeen tyydyttävän tuotteen tai palvelun välillä. (Linnanen et al. 1994, 116, 119.) Käytännössä elinkaariarviointi tehdään usein skenaarioperusteisesti, jossa tutkitaan useamman skenaarion ympäristövaikutuksia vertailuvirtaan.

Elinkaarianalyysin käyttökohteet voidaan jakaa yrityskohtaisiin sovelluksiin tai yleisiin sovelluksiin, ja ne voivat olla joko strategisia, taktisia tai operationaalisia. Ne voidaan luokitella myös sen mukaan, pyritäänkö saamaan muutos vai tuottaa uutta tietoa. (Linnanen et al. 1994, 113.) Elinkaariarviointia voidaan hyödyntää tarkastelemalla vaikutuksia yksityisen sektorin kautta joko sisäisesti tai asiakasnäkökulmasta. Niitä voidaan tarkastella myös julkisen sektorin tai yhteiskunnan näkökulmasta, jolloin kustannuksia ja hyötyjä tarkastellaan koko yhteiskunnan laajuisesti (Norris 2000, 1).

Elinkaariajattelu voidaan jakaa kuvan 1 mukaisesti ympäristövaikutusten arviointiin, taloudellisten vaikutusten arviointiin, sosiaalisten vaikutusten arviointiin ja muuhun elinkaariarviointiin. Päätöksenteko on kokonaisvaltainen prosessi, jossa tarkastellaan päätöksen kohteena olevan tuotteen, toiminnan tai palvelun ympäristövaikutusten lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia. Lisäksi ympäristövaikutuksia laajemmasta tarkastelusta voi käydä ilmi ympäristöön kohdistuvan parannuksen taloudelliset ja sosiaaliset kustannukset (Loikkanen et al. 1999, 12).



**Kuva 1.** Elinkaariajattelun suhteet. (Loikkanen et al. 1999, 13).

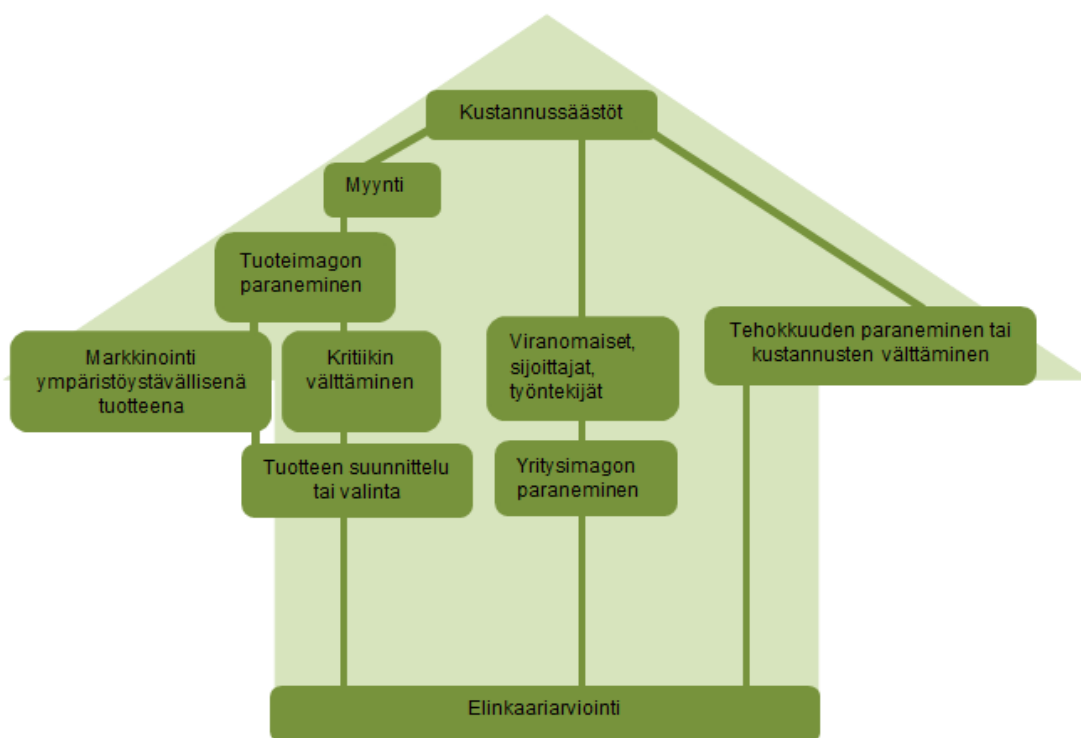
Taloudellinen elinkaariarviointi eroaa perinteisestä elinkaariarvioinnista. Sen tarkoitus on määrittää kustannustehokkaita investointivaihtoehtoja taloudellisen päätöksentekijän, kuten kuluttajan tai tuotannollisen yrityksen näkökulmasta. Rahallisesti määritellyillä kustannus- ja hyötyvirroilla on vaikutusta suoraan päätöksentekoprosessiin. (Norris 2001b, 118.)

Sosiaalisten vaikutusten elinkaariarvioinnin tarkoituksena on arvioida tuotteiden tai palveluiden sosiaalisia ja sosioekonomisia näkökohtia ja niiden potentiaalisia positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia koko elinkaaren aikana käsittäen raaka-aineiden jalostuksen, tuotannon, levinneisyyden, käytön, uudelleenkäytön, huollon, kierrätyksen ja loppusijoituksen. Nämä vaikuttavat suoraan sidosryhmien mielipiteisiin joko positiivisesti tai negatiivisesti. Ne voivat vaikuttaa yrityksen käyttäytymiseen, sosioekonomisiin prosesseihin tai sosiaaliseen pääomaan. (Manfredi & Pant (toimit.) 2011, 32.)

## 2.1 Elinkaariarvioinnin hyödyntämisenäkökulmat

Norrisin mukaan elinkaariarviointia hyödyntämällä yritykset voivat saavuttaa myönteisiä liiketaloudellisia vaikutuksia. Organisaation liikevaihdon kasvu voidaan saavuttaa parantuneen yritysimagon avulla, koska sillä on positiivisia vaikutuksia työntekijöiden työmoraliin (tuottavuus, sitoutuminen, rekrytointi), viranomaissuhteisiin ja investoijien asenteisiin. Elinkaariarvioinnilla avulla voidaan vaikuttaa parempaan tuotesuunnitteluun ja -valikoimaan, saadaan perusteet vihreään markkinointimalliin sekä vältetään negatiivista kritiikkiä. Näillä keinoilla on positiivisia vaikutuksia yrityksen tuottaman tuotteen imagoon ja sitä kautta myyntiin. Kritiikkiä voidaan välttää valitsemalla esimerkiksi jätteen käsittelyssä elinkaariarvioinnilla selvitetty avulla ympäristön kannalta paras käsittelymenetelmä. Elinkaariarvioinnilla voidaan vaikuttaa suoraan yrityksen kustannusten vähenemiseen ja suorituskyvyn paranemiseen. (Norris 2000, 2.)

Kuvassa 2 on kuvattu Norrisin määrittelemät potentiaaliset hyödyt, joita yritykset voivat elinkaariarvioinnin avulla saavuttaa. Kaikki esitetyt asiakasvaikutukset voivat esiintyä joko suorina tai potentiaalisina tulevaisuudessa esiintyvien tapahtumien seurauksena.



**Kuva 2.** Elinkaariarvioinnin potentiaaliset hyödyntämisperiaatteet asiakasnäkökulmasta (Norris 2000, 2).

Elinkaariarvioinnin hyödyntämisen asiakasvaikutukset johtavat kustannusten vähenemiseen joko välittömästi tai välillisesti. Potentiaalisia kustannussäästöjä syntyy esimerkiksi siitä, kun varaudutaan erilaisiin riskeihin ja lisääntyviin säädöksistä johtuviin kustannuksiin jo ennakolta. (Norris 2000, 2.) Näiden voidaan ajatella olevan elinkaariarvioinnin hyötyjä kuntavastuullisen jätehuollonkin toimialalla.

Tarkasteltaessa elinkaariarvioinnin taloudellista arvoa yhteiskunnallisesta näkökulmasta, potentiaaliset kokonaiskustannukset ja -hyödyt voidaan tyypitellä rahamääräisiin kustannuksiin ja ei-rahamääräisiin kustannuksiin. Kustannukset, joilla ei ole taloudellista arvoa, voidaan koettaa selvittää arvioimalla ihmisten maksuhalukkuutta torjua ympäristön pilaantumista tai vastaavasti saada ympäristöhyötyjä. Yhteiskunnallisten kustannusten kokonaisarvoa voidaan arvioida joko edellä mainitun kaltaisesti jakamalla ne rahamääräisiin ja ei-rahamääräisiin taloudellisiin kustannuksiin tai sisäisiin ja ulkoisiin kustannuksiin (Norris 2000, 2-3.)

Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaisten ympäristöhaittojen arvottamisen tuloksia voidaan soveltaa taloudellisten ohjaukeinojen tason määrittämiseksi ja siten myötävaikuttaa kestävämpään kulutukseen. Elinkaarikustannustarkastelussa pyritään arvottamaan ympäristöä sisällyttämällä siihen kaikki mahdolliset kustannukset. Toimintaan liittyvät vastuut ja riskit saattavat myöhemmin aiheuttaa seurauksia ympäristöön ja aiheuttaa kustannuksia, joita yritykset tulevat todennäköisesti tulevaisuudessa maksamaan yhä enemmän. (Tulenheimo 1995, 8, 44.)

### **2.1.1 Kuntavastuullinen jätehuolto**

Jätelaissa on määritelty vastuut eri viranomaisille jätelainsäädännön valmistelusta, jätehuollon toimijoiden ympäristölupien myöntämisestä ja jätehuollon ohjauksesta, suunnittelusta sekä valvonnasta. Kuntavastuulliset jätehuollon toimijat toteuttavat kansallista jätelainsäädäntöä ja muita viranomaismääräyksiä toiminnassaan. Kansallista jätelainsäädäntöä ohjaa Euroopan Unionin jätedirektiivi. Jätehierarkian mukaan jätteiden syntyä tulisi ensisijaisesti välttää, tämän jälkeen jäte tulisi uudelleen käyttää tuotteena, siten kierrättää materiaalina tai hyödyntää muulla tavoin, ja vasta viimeisenä vaihtoehtona loppusijoittaa kaatopaikalle. Kuntavastuullinen jätehuolto vastaa jätehuollon järjestämi-

sestä kuntien vastuulle kuuluvan jätteen osalta jätelain hierarkian ja viranomaismääräysten puitteissa siten, että haitalliset vaikutukset ympäristöön ovat minimaaliset. Yritykset vastaavat itse omasta jätteestään. (YmVM 23/2010 vp - HE 199/2010 vp.)

Elinkaariajattelumalli ja elinkaariarviointi-työkalu antavat tiedepohjaista tietoa päätöksentekoprosessia varten, kun tavoitteena on kestävä jätetuollon toteuttaminen. Elinkaariajattelua ja -arviointia voidaan käyttää päätöksenteon tukena, mutta tuloksia tulisi täydentää lainsäädännöllisellä, taloudellisella, sosiaalisella ja operatiivisella tarkastelunäkökulmalla ennen päätöksentekoa. Päätöksentekoprosessiin voi sisällyttää kustannus- ja ympäristövaikutusanalyysin, sosiaalisen elinkaariarvioinnin, materiaalivirta-analyysin, elinkaari- ja ympäristökustannukset sekä syöte- ja tuotosanalyysin. (Manfredi et al. 2011, 937–939.)

Kuntien jätetuollomääräykset voivat sisältää paikallisia velvoitteita jätteen keräyksestä, lajittelusta, säilyttämisestä, kuljetuksesta, hyödyntämisestä ja käsittelystä sekä näihin liittyvistä teknisistä vaatimuksista. Yksittäisen kunnan sisällä taajamia ja haja-asutusalueita voivat koskea lisäksi erilaiset velvoitteet muun muassa jätteiden kiinteistökohtaisesta erilliskeräyksestä ja jätteiden kuljetuksesta. (Suomen ympäristö 2009, 20.) Uuden jätelain viisiportaisesta hierarkiasta, etusijajärjestyksestä, voidaan poiketa, jos se on tuotteen tai jätteen elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten vuoksi perusteltua. Orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto uudessa jätelaissa on olennainen ensisijaisuusjärjestyksen soveltamiseen liittyvä asia. (YmVM 23/2010 vp & HE 199/2010 vp.)

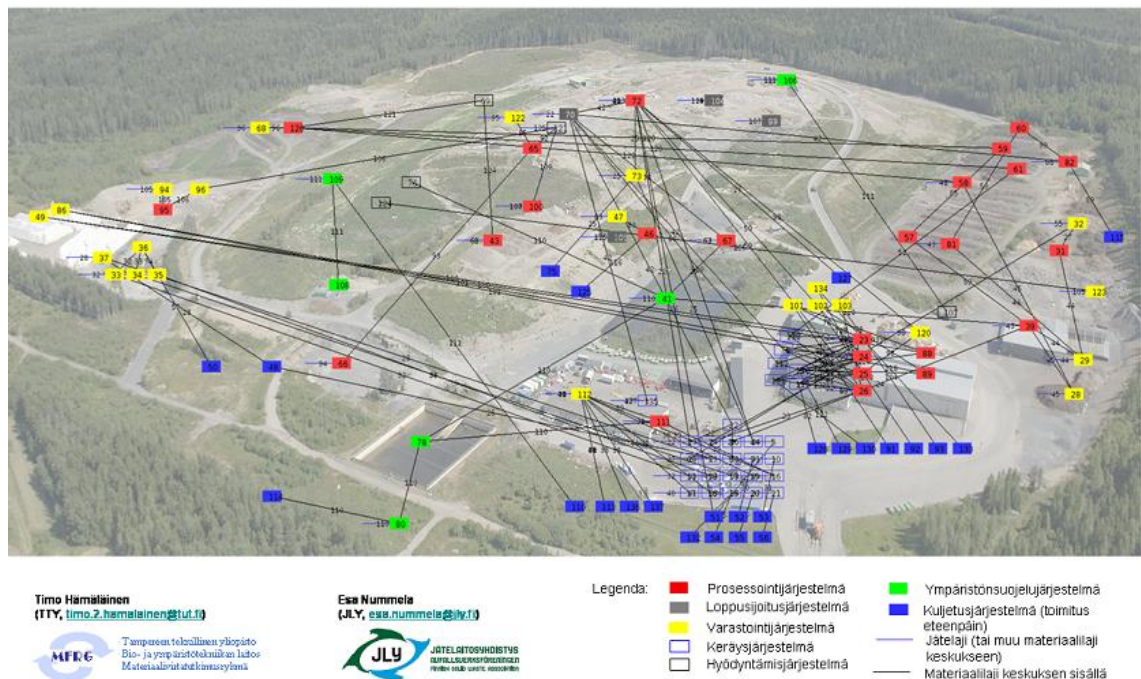
Teollisuus, kaupat, yksityinen palvelutoiminta ja muu elinkeinotoiminta voivat järjestää jätteen haltijana jätetuollonsa itse tai hankkia jätetuolltopalvelut haluamiltaan palveluntarjoajilta. Yksityisten henkilöiden, yritysten ja yhteisöjen tehtävänä on tunnistaa, lajitella ja varastoida sekä toimittaa toiminnassaan syntyneet jätteet asianmukaiseen vastaanottoon. (Suomen ympäristö 2009, 18.)

Kuntavastuullisen jätetuollon päätöksenteossa eri vaihtoehtoja tulisi arvioida useammasta näkökulmasta, jotta vertailu olisi mahdollisimman kokonaisvaltaista kun huomioidaan vaihtoehtojen erilaisia vaikutuksia. Kunnan kannalta jätetuollon vaikutuksia voidaan tarkastella kustannusten, ympäristövaikutusten ja toteutettavuuden kannalta

sekä tarkastelemalla vaikutuksia kunnan jätepoliittisten tavoitteiden toteuttamiseen. Lisäksi päätöksenteossa on huomioitava riskinäkökulma. (Kaila et al. 2006, 43.)

Jätehuollossa olisi pystyttävä seuraamaan materiaalivirtojen kulkeutumista jätteentuottajalta suoritettavasta keräyksestä aina jätelajien loppusijoitukseen ja hyödyntämiseen saakka. Materiaalivirtojen järjestelmäkuvaus on myös perusta jätehuollon elinkaariarastelujen suorittamisessa. Kuvassa 3 on havainnollistettu tyypillisen jätteenkäsittelykeskuksen materiaalivirtojen järjestelmäkuvausta. (Nummela & Hämäläinen 2012.)

**Jätteenkäsittelykeskuksen järjestelmäkuvaus vuonna 2004**  
– Tarastenjärvi, Pirkanmaan Jätehuolto Oy



**Kuva 3.** Materiaalivirtojen järjestelmäkuvaus.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy:lle tehdyssä kuvauksessa tunnistettiin keskukselta yhteensä 116 järjestelmää, joilla jätelajeja hallitaan. Järjestelmävisualisoinnissa erityyppiset järjestelmät merkittiin kukin omalla tunnuskvällä: käsittely punaisella, loppusijoitus harmaalla, varastointi keltaisella, keräys sinisellä reunaviivalla, hyödyntäminen mustalla reunaviivalla, ympäristönsuojelujärjestelmät vihreällä ja kuljetukset sinisellä. Materiaalilajien kuljetukset keskuksen näkyvät vaakasuuntaisina sinisinä nuolina ja jätelajien



siirrot järjestelmien välillä mustina nuolina. Järjestelmäkuvaus määrittelee jätelajien ohjautumisen eri toimintojen kautta. (Nummela & Hämäläinen 2012.)

### **2.1.2 Elinkaariarviointi kunnallisessa jätehuollossa**

Euroopassa on tehty useita kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariarviointeja. Tässä luvussa on tarkoitus esittää joitain esimerkkejä, miten elinkaariarviointi-menetelmää voitaisiin hyödyntää jätehuollossa ympäristökuormituksen ja kustannusvaikutusten selvityksissä.

Tanskan Aarhusissa on tutkittu kierrätettävien jätėjakeiden jätehuollon ympäristövaikutuksia ja kustannuksia. Tarkoituksena on ollut tutkia mitä ympäristöhyötyjä jätehierarkian mukaisella kierrättämisellä voidaan saavuttaa, ja miten se vaikuttaa jätehuollon kustannuksiin. Tutkimuksessa on vertailtu viittä eri pakkausjätėjakeiden keräilyn skenaariota olemassa olevaan tilanteeseen. Lisäksi on mallinnettu näiden skenaarioiden kustannuksia laskemalla keräily ja käsittelyn kustannukset sekä kierrätysmateriaalin myynnistä ja energian myynnistä saatavat tulot. Tutkimuksen skenaariot on muodostettu yhteistyössä yhdyskuntajätehuollon toimijoiden kanssa reagoiden tulevaisuuden keräilyvaatimukseen. (Larsen et al. 2010, 744-745.)

Selvityksessä mallinnettiin edellä lueteltujen skenaarioiden ympäristövaikutukset EDIP1997-menetelmällä EASEWASTE-ohjelmistoa käyttämällä. Mallinnuksen avulla on saatu selvitettyä jätteiden käsittelyn sekä kuljetusten ja keräysten vaikutukset toisiinsa suhteutettuna ja nettovaikutukset ympäristöön valituissa vaikutusluokissa. Näkökulmana tutkimuksessa on seurausvaikutuksellinen, sillä tavoitteena on arvioida keräilyjärjestelmän muutosten vaikutuksia. Tutkimuksen toiminnallisena yksikkönä on käytetty koko tutkimusalueen keskimääräinen kotitalouksien vuosittain tuottama pakkausjätteiden määrä. Kustannustarkastelun tulokset osoittavat, että keräämällä ja hyödyntämällä kierrätettävät jätėjakeet saadaan alennettua jätehuollosta aiheutuneita kustannuksia. Jos päätöksentekijät kuitenkin toteavat, että kaikki tutkitut skenaariot on mahdollista toteuttaa, voitaisiin päätöksenteossa painottaa ympäristö ja talousvaikutusten lisäksi muitakin näkökulmia, esimerkiksi työympäristöä tai palvelutasoa. (Larsen et al. 2010, 746-747, 749-753.)

Kreikassa on mallinnettu sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollon kustannuksia. Tutkimuksessa ei sovelleta elinkaariarviointi-menetelmää, mutta se on toteutettu skenaarioperusteisesti sisällyttäen siihen sähkö- ja elektroniikkaromun keräyksen ja kuljetusten, varastoinnin sekä jätejakeen lajittelun ja käsittelyn kustannukset. Tutkimuksessa on mallinnettu matemaattisesti kustannukset laadituille skenaarioille, jotka tarkastelevat erilaisia logistisia verkostoja. Suurin osa kustannuksista aiheutuu kuljetuksista riippumatta tutkittavista logistiikkaverkostoista. (Achillas et al. 2011, 963.)

Kierrätettävien jätteiden vastaanottoaikkojen palvelutasoa voidaan määrittää kustannustarkastelun avulla. Tutkimuksen mukaan sähkö- ja elektroniikkajätteen logistiikka on mahdollista suunnitella kustannustehokkaasti, sillä juuri logistiikkakustannukset ovat avainparametri sähkö- ja elektroniikkajätteen käsittelyn kustannuksia tarkasteltaessa, ollen 50 - 70 %:a kokonaiskustannuksista. (Achillas et al. 2011, 963-964.) Suomessa sähkölaiteromu on tuottajavastuun piirissä eli tuottajayhteisöt vastaavat keräyksestä, kuljetuksesta ja kierrätyksestä. Kunnat ylläpitävät vastaanottopisteitä tuottajayhteisöjen kanssa tekemiensä sopimusten mukaisesti

Antamalla rahallisia arvoja eri ympäristövaikutuksille voitaisiin niitä ymmärtää helpommin, ja siten myös vertailla keskenään eri toimintojen haitallisten ympäristövaikutusten aiheuttamia kustannuksia (Tulenheimo 1995, 44). Suomessa tehdyn kuntavastuullisen jätehuollon elinkaaritarkastelua koskevan selvityksen mukaan inventaarioanalyysi osoittaa, että suuri osa eri jätehuoltovaihtoehtojen välisistä eroista ympäristövaikutuksissa johtuu CO<sub>2</sub>-päästöistä. Näiden päästöjen rajoittamisen kustannukset arviointiin keskimäärin suuremmaksi muiden päästöjen vähentämiseen verrattuna. Ympäristövaikutusten hinnoittelussa voidaan käyttää rahallisena arvona kasvihuonekaasupäästöille esimerkiksi Euroopan Unionin päästökaupan mukaista tonnihintaa hiilidioksidipäästölle. (Myllymaa et al. 2005, 74.)

Myllymaan ym. selvityksen perusteella on saatu näyttöä siitä, että kunnan vastuulla olevan jätehuollon ympäristövaikutuksia ja taloudellisia vaikutuksia tulisi vertailla toisiinsa mahdollisimman monipuolisesti. Lopullinen valintapäätös vaihtoehtojen kesken voidaan tehdä vertailemalla tapauskohtaisesti eri ratkaisuvaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia ekologisesta sekä kustannuksia näkökulmasta. Selvitys osoittaa, että taloudellista ja eko-

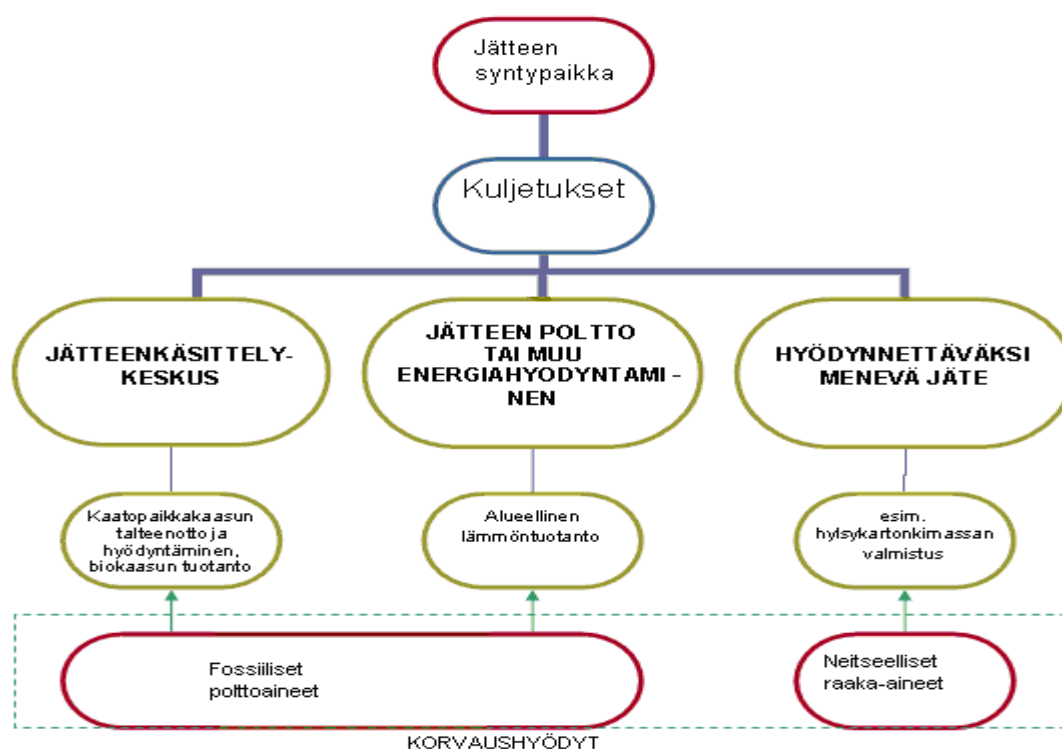
logista tietoa olisi syytä välttää yhdistämästä yhdeksi kokonaiskertoimeksi tai indikaattoriluvuksi, sillä riskinä on se, että olennaista tietoa jää liikaa näkymättömiin. Selvityksessä todetaan, että ympäristövaikutuksiltaan suotuisin jätehuoltoratkaisu ei ole välttämättä taloudellisesti parhain. Ympäristöystävälliset ratkaisut vaativat yleensä taloudellista panostusta nostoen niiden kustannuksia huomattavasti. Elinkaariarvioinnin tuloksia arvioitaessa on oleellista painottaa *elinkaaren aikaisia* kustannuksia ja *elinkaaren aikaisia* ympäristövaikutuksia, jolloin päätöksenteossa voidaan arvioida ympäristön arvottamista ja halukkuutta kantaa vastuuta ympäristön tilasta. (Myllymaa ym. 2005, 75.)

Ruotsin Upsalassa on kaupungin jätehuoltojärjestelmän ympäristö- ja talousvaikutukset mallinnettu menetelmällä, joka koostuu elinkaaren aikaisista taloudellisista vaikutuksista, elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista ja elinkaaren aikaisista ympäristövaikutusten kustannustarkastelusta. Yhdistämällä ympäristövaikutustarkastelu taloustarkasteluun saadaan toisiaan täydentävät selvitykset toiminnan aiheuttamasta ympäristökuormituksesta ja taloudellisista vaikutuksista päätöksenteon tueksi. Ympäristövaikutuksia ei ole tarpeen integroida taloudelliseen elinkaarikustannuslaskentamenetelmään, paitsi jos näillä ympäristövaikutuksilla on taloudellisia vaikutuksia, kuten esimerkiksi päästöveroilla on. Reichin tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, minkälaisia mahdollisuuksia ja rajoituksia sisältää taloudellisten vaikutusten yhdistäminen elinkaariarviointiin kunnallisessa jätehuoltotoiminnassa. (Reich 2005, 253-254.)

Perinteistä elinkaariarviointia voidaan tehdä rinnakkain taloudellisen elinkaarikustannuslaskennan kanssa. Molemmat menetelmät tarkastelevat samaa kysymystä, mutta eri näkökulmista. (Reich 2005, 255.) Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannuslaskennan yhdistelmällä voidaan selvittää mikä muokattavissa oleva prosessi tai millä tuotteen tai palvelun suunnittelulla tai valinnalla voidaan saavuttaa suurimmat ympäristö- ja kustannusedut. Menetelmällä voidaan tutkia investointikustannusten määrää, jolla voitaisiin saavuttaa ympäristöparannuksia mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Eriksson 2004.)

Kuvassa 4 on esitetty kunnan vastuulla olevan jätehuollon yksi mahdollinen elinkaari-malli. Riippuen tutkittavan alueen jätehuoltojärjestelmästä malli voi sisältää jätteiden keräilyä, johon sisältyvät kiinteistöittäinen keräys, alueellinen keräys esimerkiksi tuotta-

javastuun piiriin kuuluvien jätteiden osalta sekä mahdolliset hyödynnettävien jätteiden vastaanottopisteet. Jätteet kuljetetaan jättejakeittain käsittelyyn tai hyödynnettäväksi. Kotitalouksien sekajäte kuljetetaan joko kaatopaikalle tai jätevoimaloihin. Kaatopaikat sijoittuvat yleensä jätteenkäsittelytoimintojen keskittymiin, joissa on muitakin toimintoja, esimerkiksi biojätteen käsittely ja pilaantuneiden maiden vastaanotto sekä hyödynnettävien jätteiden vastaanotto. Suoraan kierrätettäväksi menevä jäte, kuten sanomalehdet ja paristot, luovutetaan tuottajayhteisöille suoraan niiden keräyspisteistä. Kerättyjen jätteiden käsittely- ja hyödyntämisprosessit voivat tuottaa sekä haitallisia ympäristöpäästöjä että vastaavasti ympäristöhyötyjä, joista voidaan käyttää nimitystä korvaushyödyt. Kuntavastuullisen jätehuoltojärjestelmän kustannuksia voidaan tarkastella kun toimintaa kehitetään ja suunnitellaan uusia investointeja. Kustannustehokkuustarkastelu voidaan sisällyttää esimerkiksi silloin, kun mallinnetaan jätteen keräilyä ja kuljetuksia sekä tehdään erilaisia jätteenkäsittelymenetelmien investointisuunnitelmia.



**Kuva 4.** Yksinkertaistettu esimerkki kunnan vastuulla olevan jätehuollon elinkaarimallista, missä on huomioitu ympäristövaikutukset ja kustannusvaikutukset.

Päijät-Hämeen jätehuolto on teettänyt elinkaariselvityksen toiminta-alueensa jätteenkäsittelystä aiheutuvista ympäristövaikutuksista ja erityisesti vaikutuksista kasvihuonekaa-

supäästöihin Päijät-Hämeessä. Selvityksessä tarkastellaan jätteen keräilyn ja kuljetuksen sekä käsittelyn kasvihuonekaasupäästöjä vuosina 1990 ja 2009. Työn tarkoituksena on ollut selvittää, miten yhdyskuntajätteen käsittelyn muutokset ovat vaikuttaneet ympäristöön, erityisesti on tarkasteltu vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Selvitys on tehty käyttämällä EASEWASTE-laskentaohjelmaa ja kaikki kasvihuonekaasupäästöt on laskettu EDIP '97 -menetelmällä, joka laskee kasvihuonekaasuvaikutukset hiilidioksidiekvivalenteina. EASEWASTE-ohjelman sisältämää tietokantaa on prosessitiedoissa joko sellaisenaan tai niitä on muokattu Suomesta saatujen lähtötietojen mukaisesti. (Törn 2012, 4-6.)

Suomen ympäristökeskus on selvittänyt elinkaarimenetelmään perustuen käytetyn sanomalehtipaperin käsittelyn ympäristö- ja kustannusvaikutuksia. Tavoitteena on ollut ensisijaisesti kehittää käyttökelpoinen menetelmä vaihtoehtoisten jätteenkäsittelymenetelmien ympäristövaikutusten ja kustannusten arviointiin ja testata jätehierarkiaa käynteille sanomalehtipaperille. Selvityksessä tuotejärjestelmän toiminnalliseksi yksiköksi on määritelty yksi tonni kuluttajille toimitettua sanomalehtipaperia. Tulokset osoittavat, että sanomalehtien sijoittaminen kaatopaikalle on huonoin vaihtoehto ympäristön kannalta. Erot materiaali- ja energiahyödyntämisen välillä ovat melko pieniä ympäristövaikutusten kannalta. Kustannusten osalta kaatopaikkasijoitusta sisältävä vaihtoehto on halvin. Selvityksessä tuli ilmi, että erilliskerätyn paperin materiaalihyödyntäminen on halvempaa kuin energiahyödyntäminen. (Dahlbo ym. 2005, 11, 85.)

HSY:n jätehuollon tekemissä elinkaariperusteisissa selvityksissä on arvioitu skenaario-perusteisesti jättejakeiden erilliskeräyksestä aiheutuvia ympäristövaikutuksia kartongin osalta kolmessa vaikutusluokassa: ilmastonmuutos, maaperän rehevöityminen ja hiukkaspäästöt sekä metallin osalta: ilmastonmuutos, vesien rehevöityminen ja happamointuminen sekä hiukkaset. Kartongin osalta on huomioitu ainoastaan syntyvät ilmapäästöt. Kartonki- ja metallitutkimuksissa elinkaari on rajattu alkamaan siitä, kun kuluttajat heittävät jätteen joko sekajätteeseen tai erilliskeräykseen aluekeräyspisteeseen tai kiinteistökohtaiseen keräysastiaan. Tuotejärjestelmät sisältävät jätteiden kuljetukset sekä hyödyntämisvaihtoehdot. Hyvitysten määrä on laskettu vertaamalla eri skenaarioissa syntyviä päästöjä vaihtoehtoiseen tapaan tuottaa sama toiminto tai hyödyke. Kartongin osalta on otettu huomioon kierrätyskuitujen korvaukset neitseellisten raaka-aineiden käytössä

hylsykartonkimassan valmistuksessa ja kartongin poltossa syntyneen energian päästöjen korvauksessa Suomen keskimääräistä sähkön- ja lämmöntuotantoa. Metallin osalta hyvitykset on laskettu valmistuksen netitseellisen tuotannon kautta. (Kiviranta 2009, 27, 65 & Kuusiola 2010, 43, 47-50.)

Nämä elinkaariarviointiin perustuvat tutkimukset on tehty Excel-työkalulla. Tavoitteena on, että pakkausjätteitä käsittelevien selvitysten inventaaritietoja voitaisiin hyödyntää koko HSY:n jätehuollon tulevassa elinkaarimallin rakentamisessa. Vaikutusarviointi on kartonki- ja metallityössä tehty käyttämällä kansallisia karakterisointikertoimia, joissa on otettu huomioon Suomen ja päästöjen vaikutusalueen ympäristöolosuhteet. Nämä karakterisointikertoimet eivät sisälly työssä tarkasteltaviin elinkaariarviointiohjelmistoihin, joten niiden suora hyödyntäminen tulevassa mallissa ei tästäkään syystä ole mahdollista.

HSY:n jätehuolto on selvittänyt biojätteen erilliskeräyksen eri kattavuuksien, sekä eri keräys- ja kuljetusvaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjä. Selvityksessä on huomioitu biojätteen erilliskeräys kiinteistöiltä, joissa asuinhuoneistojen lukumäärät ovat vähintään 5, 10 tai 20. Selvityksen mukaan biojätteen erilliskeräys on kannattamatonta alle 10 asuinhuoneistoa käsittäviltä kiinteistöiltä ja melko kannattamatonta alle 20 asuinhuoneiston kiinteistöiltä, sillä biojätteen saanto jää vähäiseksi ajorasituksen ollessa suuri. (Virtavuori 2009, 87-93.)

## **2.2 Elinkaarikustannukset**

Elinkaaren aikaisten kustannusten laskenta mahdollistaa kustannustehokkaan päätöksenteon kaikissa vaiheissa, kun toiminnan kehittämisen edellytyksenä ovat suuret investoinnit tai täytetään lakisääteisiä velvollisuuksia. Kuten tuotteelle voidaan laskea ekologinen optimointi, voidaan elinkaarikustannuslaskennalla laskea tuotteen tai palvelun taloudellinen optimi. Teollisuuden erilaisissa prosessiteknisissä investoinneissa elinkaarikustannuslaskenta on myös erittäin käyttökelpoinen kestävän kehityksen ja erityisesti sen taloudellisen ulottuvuuden, arvioinnin työkalu, sillä sen avulla voidaan tunnistaa tuotannon kustannustekijät. Erilaisia tuotantomenetelmiä ja niiden kustannuksia voidaan verrata tehokkaasti. Tuotteen tuotannon aikaiset, käytön aikaiset ja kierrätyksen kustan-

nukset voidaan optimoida varhaisessa vaiheessa. Ehtona elinkaarikustannuslaskennan tulosten käytettävyydelle on se, että niitä käytetään yhdenmukaisesti perinteisen elinkaariarvioinnin ja työympäristön vaikutusten arvioinnin kanssa. (Life cycle costing 2012.)

Norrisin mukaan elinkaariarvioinnin rahallinen arvo voidaan jakaa asiakasnäkökulmaan ja yhteiskunnalliseen näkökulmaan. Kuntavastuullisen jätehuollon näkökulmasta asiakkaana on yhteiskunta, sillä toiminta rahoitetaan jätteen tuottajilta perittävillä jätemaksuilla. Tämän vuoksi tässä selvityksessä nämä kaksi lähestymistapaa on käsitelty yhdessä.

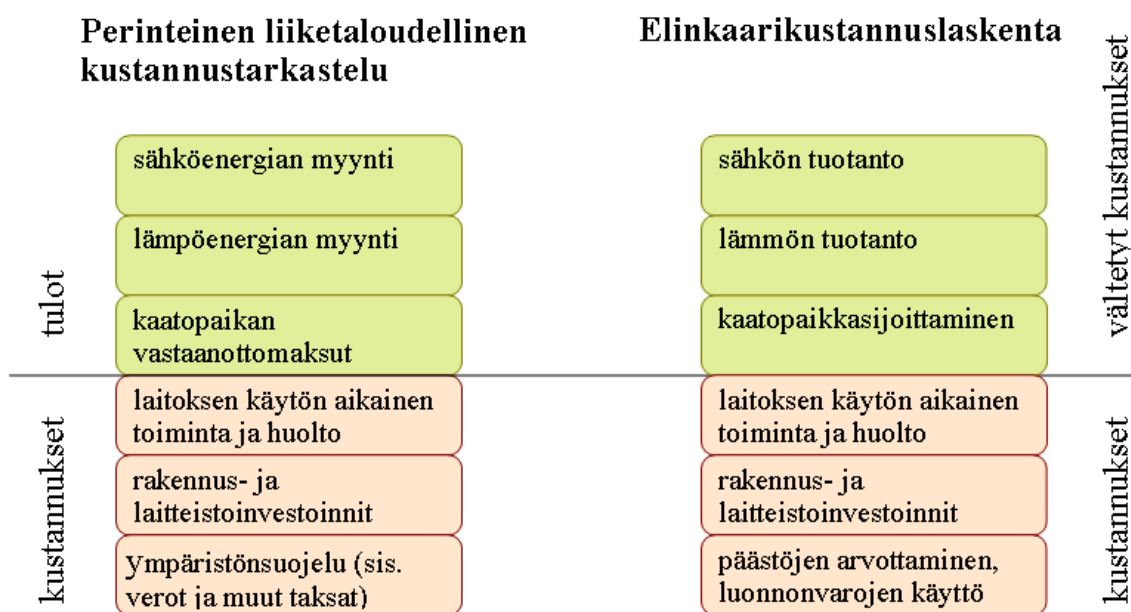
Jätehuollossa merkittävimmät kustannukset aiheutuvat jätteen käsittelystä, hyödyntämisestä sekä jätteen keräilystä ja kuljetuksista. Kustannuksia aiheutuu myös kaatopaikan sulkemisesta ja jälkihoidosta, tarkkailu- ja valvontatoimista, hallinnon, talouden ja jäte-neuvonnan järjestämisestä, vakuutuksista, investointien pääomakuluista sekä alihankintoina ostetuista palveluista, kuten kaatopaikkojen koneurakoinneista. (Hauta-Heikkilä 2006, 12).

Elinkaaren aikaisten kustannusten laskenta, Life-cycle Costing eli LCC, koostuu sisäisistä kustannuksista, ulkoisista kustannuksista ja hyötyjen summasta. Ympäristökustannukset sisältävä kokonaiskustannus sisältää suorat kustannukset, joita ovat pääoma-, käyttö- ja lainsäädännölliset kustannukset. Lisäksi kokonaiskustannukseen kuuluu epäsuorat aineettomat kustannukset. Epäsuoria kustannuksia ovat esimerkiksi koulutus-, auditointi- ja sakkokustannukset. Aineettomia kustannuksia ovat esimerkiksi vastuukustannukset, jotka liittyvät tuotteeseen tai prosessin osaan. (Tulenheimo 1995, 8, 13-14.)

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon elinkaaritarkasteluun voidaan ja kannattaakin liittää taloudellisten vaikutusten arviointi. Menetelmä koostuu elinkaarikustannuslaskennasta ja ympäristövaikutusten kustannusten tarkastelusta tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana. Kunnan vastuulla oleva jätehuolto rahoitetaan jätteen tuottajille määrätyn maksun mukaan, joten toiminnan taloudelliset näkökohdat ovat merkittävät jätehuoltoratkaisuista päätettäessä. Taloudellisia vaikutuksia tulisikin arvioida yhtä järjestelmällisesti kuin toiminnan ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajalta. Reichin tutkimuksen

mukaan saavutetaan etuja, jos ympäristö-taloudellinen näkökulma yhdistetään perinteiseen elinkaariarviointiin päätöksentekoprosessissa. (Reich 2005a, 253.)

Kuvassa 5 on esitetty perinteisen liiketaloudellisen kustannuslaskennan periaate ja elinkaarikustannuslaskennan periaate kun tarkastellaan kaatopaikkasijoittamisen korvaamista jätteen poltolla. Perinteinen liiketaloudellinen tarkastelu erottelee projektin tulot ja kustannukset. Elinkaarikustannuslaskennassa kustannukset jaotellaan vältettyihin kustannuksiin ja kustannuksiin. Elinkaarikustannuslaskennassa huomioitavat kustannukset ovat ne kustannukset, jotka vältetään kun kaatopaikalle ei sijoiteta jätettä eikä tuoteta lämpö- ja sähköenergiaa uusiutumattomilla luonnonvaroilla. Lisäksi tarkasteluun sisällytetään laitoksen käytön aikaiset toiminta- ja huoltokustannukset sekä laitoksen rakentamisen ja laitteistojen investointikustannukset. Myös päästöjen rahallinen arvottaminen ja luonnonvarojen käytöstä koituvat kustannukset ovat osa elinkaarikustannuslaskentaa. (Eriksson 2004.)



**Kuva 5.** Perinteisen liiketaloudellisen kustannustarkastelun ja elinkaarikustannuslaskennan periaatteet.

Ulkoisia kustannuksia ei huomioida kunnan vastuulla olevan jätehuollon kustannustarkastelussa, sillä niille ei ole asetettu markkinahintaa. Kunnallisessa jätehuollossa on lukuisia ulkoiskustannuksia, jotka liittyvät esimerkiksi jätteenkeräykseen ja -siirtoon.



Usein on lähes mahdotonta sisällyttää niitä kaikkia ulkoisiin kustannuksiin. Keräyksellä ja siirrolla on vaikutuksia muun muassa ilmanlaatuun, ilmastonmuutokseen, ruuhkiin, teiden kuntoon ja meluun. (Eunomia Research & Consulting 2002, 157.) Päästöillä on vaikutusta ympäristöön ja asukkaiden terveyteen sekä hyvinvointiin. Näiden edellä mainittujen haasteiden vuoksi ulkoiset kustannukset voidaan rajata ulos kunnan vastuulla olevan jätehuollon elinkaarikustannuslaskennasta.

### **2.3 Sosiaalinen näkökulma**

Sosiaaliset vaikutukset ovat kasvavassa roolissa tuotannon ja teollisuuden toiminnassa. Yritysten toiminta on usein globaalia ja toimitusketjut voivat ulottua useammalle mantereelle. Elinkaariarviointiin perustuvaa vaikutusarviointia tekevät yritykset ja päättäjät ovat tuoneet julkisuuteen keskustelun sosiaalisten vaikutusten ja terveyteen vaikuttavien sosioekonomisen näkökulmien sisällyttämisestä elinkaariarviointiin. (Norris 2006, 97–98.)

Sosiaalinen ulottuvuus on kehittyvä aihepiiri, jossa eri alueet ovat hyvinkin erilaisissa lähtöasemissa. Suomessa keskustellaan jaksamisesta ja ikääntyvistä työntekijöistä, kun taas kehitysmaiden haasteena on lapsityövoima. Suomessa yritykset keskittyvät yhteiskuntavastuun sosiaalisen ulottuvuuden toteuttamisessa koulutuksen ja työkyvyn sekä työhyvinvoinnin edistämiseen. (Moilanen & Haapanen 2006, 19.)

Vasta viime vuosina jätehuollon toimintasuunnitelmiin ja politiikkoihin on sisällytetty sosiaaliset näkökohdat ja kestävän jätehuoltotoiminnan indikaattorit, jotka huomioivat haasteet viestinnässä, toiminnan yleisen hyväksynnän (NIMBY eli Not In My Back Yard -ilmiö), julkisen osallistamisen suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä sukupolvien väliset tekijät ja arvojärjestelmien muutokset (Morrissey & Browne 2004, 304). Suomessa Työterveyslaitos on julkaissut jätehuollon riskiprofiilin, missä on keskitytty tarkastelemaan jätehuollon tapaturmia ja altistumista työympäristön haittatekijöille. Selvitys keskittyy tarkastelemaan jätehuollossa työskentelevien henkilöiden tapaturmia, riskejä, ammattitauteja ja työterveyden piiriin kuulumista. Työterveyslaitos antaa selvityksessään työturvallisuuteen ja -terveyteen liittyviä suosituksia jätehuoltoalalla toimiville

tahoille muun muassa rokotuksista ja hengityssuojaimien käytöstä biokaasulaitoksissa ja kompostointilaitoksissa. (Priha ym. 2009, 16.)

Suomessa lainsäädäntö velvoittaa yrityksiä huolehtimaan toimintansa sosiaalisista näkökohdista ja yritysetiikasta ainakin minimitasolla. Yleensä suorituskykyä arvioidaan tunnusluvulla, jotka on valittu operatiivisten tekijöiden perusteella. Sosiaalisen vastuun tunnusluvut ovat vakiintumattomampia kuin esimerkiksi ympäristönäkökohtien arvioinnin. Sosiaalisten vaikutusten selvittäminen tukee yhteiskunnallista päätöksentekoa, ja sen avulla voidaan parantaa kansalaisten mahdollisuuksia päästä arvioimaan hankkeen vaikutuksia ja vaikuttamaan heitä koskevaan päätöksentekoon. Kunnan vastuulla olevan jätehuollon sosiaalisia vaikutuksia tarkastellaan ympäristövaikutusten arvioinnin, YVA:n yhteydessä, missä yhtenä näkökulmana on sosiaalisten vaikutusten arviointi. (Sosiaali- ja terveysministeriö 1999, 24.)

Sosiaali- ja terveysministeriön oppaan mukaan sosiaalisten vaikutusten arviointi ei ole yksiselitteistä, sillä hankkeen eri vaihtoehtojen aiheuttamia mahdollisia vaikutuksia on lukuisia. Kutakin hanketta ja sen sosiaalisia vaikutuksia tulisi tarkastella esimerkiksi yhteiskuntatieteen määrittelemän viitekehikon mukaisesti tarkastelemalla kuitenkin hankkeen erityispiirteitä. Sosiaalisten vaikutusten arvioinnin tulisi perustua eri sidosryhmille tärkeiden vaikutusten selvittämiseen. Kansalaisten ja erilaisten yhteisöjen merkittäviksi pitämille vaikutuksille tulisi antaa suuri arvo. (Sosiaali- ja terveysministeriö 1999, 24.)

Jätteiden ympäristövaikutuksia on tutkittu runsaasti, mutta jätehuoltotoiminnan taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia ei juurikaan (Helén 2007, 64). Lainsäädäntö ei velvoita kunnallisia jätehuoltotoimijoita laatimaan sosiaalisten vaikutusten arviointia kaikista hankkeista, vaan ainoastaan silloin kun jätteenkäsittelykeskusta perustetaan tai toimintaa laajennetaan. Tämän vuoksi se pelkästään ei ole riittävä menetelmä kunnan vastuulla olevan jätehuollon sosiaalisten vaikutusten arviointiin. GRI-ohjeistossa sosiaalisen vastuun tunnusluvut on jaettu neljään eri luokkaan: työntekijät ja työolosuhteet, ihmisoikeuksia koskevat käytännöt, vaikutukset yhteiskuntaan (jonka osana raportoiija toimii ja siihen liittyvät riskienhallintakäytännöt ja tuotevastuu) sekä tuotteiden ja palveluiden vaikutus asiakkaiden oikeuksiin (Helén 2007, 38).

Sosiaalisen vastuun GRI-tunnusluvuista seuraavat henkilöstövastuuta käsittelevät tunnusluvut soveltuvat Helén mukaan kunnalliselle jätehuollolle:

- työntekijöiden määrä työsuhteen ja työsopimuksen mukaan
- työntekijöiden keski-ikä, sukupuolijakauma ja vaihtuvuus
- työsuojelutoiminnan kuvaus
- työtapaturmataajuus ja sairauspoissaolot
- koulutus henkilöstöryhmittäin (Helén 2007, 76.)

Näiden lisäksi tunnusluvuista soveltuvat kuntavastuullisen jätehuollon raportointiin:

- toimintojen vaikutukset yhdyskuntiin
- asiakastyytyväisyyteen liittyvät käytännöt
- asiakastyytyväisyyskyselyt (Helén 2007, 76.)

Kansainvälisten raportointistandardien, esimerkiksi Global Reporting Initiative GRI:n mukaan sosiaalinen ulottuvuus sisältää ihmisoikeudet, työhön liittyvät käytännöt ja kunnolliset työolot sekä yhteiskunnan. Työoloihin liittyvät tarkasteltavat asiat ovat työntekijöiden ja johdon väliset hyvät suhteet, terveys ja turvallisuus, koulutus, monimuotoisuus ja tasa-arvo. Yhteiskunnallinen näkökulma tarkastelee lahjontaa ja korrup-tiota sekä kilpailun ja hinnoittelun eettisyyttä. (Moilanen & Haapanen 2006, 19–20.)

Lisäämällä sosiaaliset ja taloudelliset näkökohdat elinkaariarviointiin, saadaan arviointi paremmin sidotuksi käytännön seikkoihin. Toisaalta taas päätöksentekoprosessi vaikeutuu, kun taloudelliset ja sosiaaliset näkökulmat rinnastetaan ympäristöarviointiin varhaisessa vaiheessa. Päätettäessä lopullisesti tuotteesta tai palvelusta tulisi huomioida nämä kaikki näkökulmat yhdessä. Elinkaariarviointia voidaan hyödyntää selvitetessä laajemmassa mittakaavassa ympäristöparannusten taloudellisia ja sosiaalisia kustannuksia, ja saadaan tietoa markkinamuutoksia edistävän ympäristöpolitiikan seurauksista alueellisesti. (Loikkanen et al. 1999, 12.)

Suomessa ei ole tutkittu kunnan vastuulla olevan jätehuollon sosio-ekonomisia vaikutuksia koko jätehuoltojärjestelmän osalta. Viime vuosina jätevoimalahankkeiden myötä ympäristövaikutusten arviointiselostuksissa on käytetty olemassa olevaa sosio-ekonomista taustatietoa yhtenä näkökulmana hankkeiden sosiaalisia vaikutuksia tunnistessa ja arvioitaessa.

## 2.4 Ympäristö- ja talousriskien hallinta

Yleisellä tasolla riskien hallinnan tavoitteena on tunnistaa toimintaa tai suunnitelmaa uhkaavat merkittävimmät riskit ja ehkäistä näiden toteutuminen sekä varautua mahdollisesti toteutuvien riskien seurauksiin. Jätehuollossa on monenlaisia riskejä, sekä taloudellisia että ympäristöön liittyviä. Merkittäviä riskejä, jotka liittyvät kuntavastuulliseen jätehuoltoon ovat lupiin ja kaavoitukseen, jätemääriin, yhteistyö- ja palvelusopimuksiin sekä tekniikan kehittymiseen liittyvät riskit. (Kaila et al. 2006, 46.)

Jätteenkäsittelyn käyttökuluista merkittävä osa koostuu suurista investoinneista johtuvista pääomakustannuksista. Jätteenkäsittelylaitoksen talous on voimakkaasti riippuvainen siitä tuleeko todellisuudessa käsiteltäväksi suunniteltu jätemäärä, koska vajaakapasiteetilla käyttökulut eivät vähene läheskään siinä määrin kuin määräperusteiset käsitteilytulot. Erityisesti jätteen käsittelyn tekniikka kehittyy voimakkaasti, ja valittavat ratkaisut ja niistä seuraavat investoinnit tehdään tavallisesti yli kymmenen vuoden käyttöajalle. Tekniikan kehittymiseen liittyy riski, että tällä hetkellä tehty investointi on kokonaan tarpeeton tulevaisuudessa. Käsittelytekniikkaa suunniteltaessa tekninen joustavuus ja ennakkoon suunnitellut vaihtoehtoiset käyttötavat pienentävät tätä riskiä. Käsittelytekniikkaan investoitaessa olisi aina pohdittava, muuttuvatko käsiteltäväksi suunniteltujen jätteiden määrä ja laatu tulevaisuudessa. Tällä hetkellä kaatopaikalle menevä jätemäärä ei takaa automaattisesti samaa materiaalivirtaa jätteenkäsittelylaitokseen, jonka käsitteilymaksu tulee todennäköisesti korkeammaksi kuin kaatopaikkamaksu. (Kaila et al. 2006, 48.)

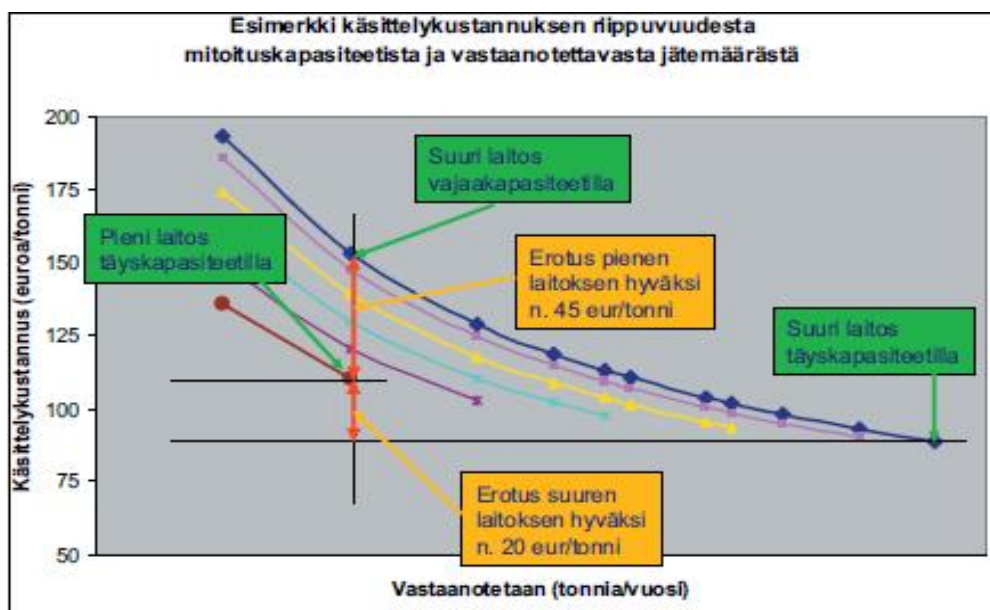
Yhteistyössä urakoitsijoiden ja yhteisyritysten ynnä muiden tahojen kanssa on aina olemassa riskejä. Yhteistyösopimuksissa ja pitkäaikaisissa palvelusopimuksissa tyypillinen riski on, ettei kaikkia kuntia velvoittavia oleellisia seikkoja voida ottaa huomioon

sopimusta tehtäessä. Kuntavastuullinen jätehuolto on toimiala, jossa olosuhteet muuttuvat, eikä sopimus enää sovellu kaikilta osin uuteen tilanteeseen. (Kaila et al. 2006, 48.)

Elinkaariarviointi ei ole riskienarviointityökalu eikä sen avulla voida selvittää olemassa olevia riskejä eikä niiden tämän hetkisiä vaikutuksia tai tulevaisuuden riskejä ja turvallisuusnäkökulmia. Elinkaariarviointi on toiminnalliseen yksikköön perustuva, suhteellinen lähestymistapa, ja eroaa siten riskienarvioinnista. Elinkaariarvioinnin tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää riskien hallinnan suunnittelussa ja sen jälkeisessä riskien hallinnassa. (Owens 1997, 360, 364, SFS-EN ISO 14040, 26.)

Herkkyystarkastelut ovat oleellinen osa elinkaariarviointia, sillä menetelmän avulla ei saada absoluuttista tietoa päätöksenteon tueksi. Herkkyystarkastelut toimivat siten yhtenä riskien hallinnan menetelmänä, sillä tyypillisesti niissä tutkitaan ”entä jos” -tilanteita. Tarkasteluissa yhtä tai useampaa mallinnettavan prosessin muuttujista, joilla on vaikutusta ympäristökuormitukseen tai talouteen, muutetaan alkuperäisestä suunnitelman mukaisesta arvosta. Esimerkiksi projektien talouteen vaikuttaa tyypillisesti useampi toistaan riippumaton tekijä. Herkkyystarkasteluun on oleellista valita lopputuloksen mahdollisen muuttumisen kannalta merkittävimmät lähtöarvomuuttujat. Yhteen herkkyyslaskelmaan on vaikeaa ottaa havainnollisesti mukaan enemmän kuin kaksi muuttujaa. Useamman oleellisen muuttujan tapauksessa onkin tarkoituksenmukaista tehdä rinnakkaisia herkkyystarkasteluja. (Kaila et al. 2006, 50.)

Kuvassa 6 on jätteenkäsittelylaitoksen käsittelykustannusten herkkyystarkastelu laitoksen mitoituskapasiteetin ja käsiteltävän jätemäärän suhteen. Eriväristen käyrien avulla voidaan tarkastella käsittelykustannusten muuttumista eri tapauksissa ja optimoida laitoksen koko käsiteltäväksi tulevaan jätemäärään ja sen arvioituihin muutoksiin nähden. (Kaila et al. 2006, 50.)



**Kuva 6.** Jätteenkäsittelylaitoksen herkkyystarkastelu. (Kaila et al. 2006, 50.)

Kunnallisessa jätehuollossa voitaisiin hyödyntää yllä olevan kuvan mukaista herkkyystarkastelua, kun suunnitellaan toimintaa. Jätehuollon investointeja suunniteltaessa tulisi huomioida taloudelliset riskit, joita saattavat aiheuttaa muutokset jätteiden määrissä ja koostumuksessa sekä kierrätyspolttoaineen kysynnässä.

### 3 ELINKAARIARVIOINNIN TYÖKALUT

Elinkaariarvioinnin vakiintuneimmat lähestymistavat ovat haitanjaollinen ja seurausvaikutuksellinen lähestymistapa. Haitanjakoelinkaariarviointi on perinteinen tapa tehdä elinkaariarviointia. Siinä perusvirrat ja potentiaaliset ympäristövaikutukset kohdennetaan tuotejärjestelmään tietyn tuotteen historian kuvauksena. (Antikainen (toim.) 2010, 32.) Elinkaariarviointi perustuu suhteelliseen lähestymistapaan, eli se rakentuu toiminnallisen yksikön ympärille ja kaikki analyysit tehdään suhteessa tähän. Absoluuttisia tuloksia mallinnuksella ei saada. Elinkaariarvioinnissa päätökset tehdään ensisijaisesti luonnontieteen perusteella, mikäli se on mahdollista. Muussa tapauksessa voidaan käyttää esimerkiksi yhteiskunnallisia tai taloudellisia lähestymistapoja ja viimeisenä vaihtoehtona, jos se on perusteltua, voidaan tukeutua asianmukaisiin arvovalintoihin. (SFS-EN ISO 14040, 22). Elinkaariarvioinnin tuloksena saadaan potentiaalisia ympäristövaikutuksia, ja ne voidaan esitellä päättäjille suositusten muodossa.

### 3.1 Ohjelmistot

Elinkaariarviointia voidaan tehdä esimerkiksi kaupallisella mallinnustyökalulla. Euroopan komission mukaan elinkaariarvioinnin ohjelmistoja on tarjolla yli 40 (Antikainen (toim.) 2010, 22). Tähän tutkimukseen on valittu tarkasteltavaksi Tanskan yliopiston kehittämä EASEWASTE, Saksalaisen PE-Internationalin omistama GaBi 4.4 ja Iso-Britannian ympäristöhallinnon omistama WRATE. Näistä EASEWASTE ja WRATE on kehitetty kuntavastuullisen jätehuollon mallintamiseen, kun GaBi 4.4 soveltuu laajempaan käyttöön erilaisten tuotantoprosessien ja tuotteiden mallintamiseen.

Nämä ohjelmistot on valittu työhön sillä perusteella, että EASEWASTE ja WRATE ovat kehitetty yhdyskuntajätteen elinkaariarviointiin ja lisäksi niitä on käytetty elinkaariarvioinnissa Suomessa. GaBi 4.4 -ohjelmisto valikoitui yhdeksi tarkasteltavaksi vaihtoehdoksi, sillä sen käytännön kokeiluun oli mahdollisuus tämän työn tekemisen aikana.

GaBi 4.4 -ohjelmistoa koskevien tietojen osalta on kirjallisuudesta löydetyn tiedon lisäksi haastateltu professori Risto Soukkaa.

#### 3.1.1 EASEWASTE

EASEWASTE (Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies) on Tanskan teknillisessä yliopistossa jätehuollon mallintamista varten kehitetty elinkaariarvioinnin työkalu, jonka avulla voidaan laskea jätevirrat, luonnonvarojen kulutus ja jätehuollosta aiheutuvat päästöt ympäristöön. EASEWASTE-ohjelmisto sisältää lukuisia vaikutusarviointimetodologioita, kuten TRACI 2.0, CML 1996, 2001 ja 2007, Ecoindicator 95 ja 99, Ecological Scarcity Method (UBP), EDIP, USEtox ja ReCiPe. Tutkimuksen tuloksia voidaan tarkastella seuraavissa vaikutusluokissa: ilmastonmuutosta kiihdyttävä vaikutus, happamoittava vaikutus, ravinteiden rikastumisen vaikutus, otsoniaukon suureneminen, alailmakehän otsonia lisäävä vaikutus, makeanveden ekotoksisuus, ihmisen terveyteen vaikuttava ekotoksisuus, meriveden ekotoksisuus, radioaktiivinen säteily ja maaperän ekotoksisuus. (Impact Methodologies (LCIA) 2012.) EASEWASTE-ohjelmisto on tarkoitettu ympäristövaikutusten arviointiin, eikä se vielä

sisällä mahdollisuutta tuotteen tai palvelun taloudellisten tai sosiaalisten vaikutusten laskentaan. (EASEWASTE 2011.)

### **3.1.2 WRATE**

WRATE (Waste and Resources Assessment Tool for the Environment) on kuntavastuullisen jätehuollon vaihtoehtoisten jätehuoltoratkaisujen inventaarioanalyysin ja elinkaaren vaikutusten laskentaan tarkoitettu työkalu. Ohjelma mallintaa jätteen elinkaaren alkaen keräilystä käsittelyyn kautta lopulliseen käsittelyyn. WRATE-laskentaohjelma ei sisällä tuotteiden tai palvelujen elinkaaren aikaisten taloudellisten tai sosiaalisten vaikutusten arviointia. WRATE mahdollistaa jätehuoltojärjestelmän nykytilanteen vertailun vaihtoehtoihin skenaarioihin määrittellen ympäristökuormitusta prosessien eri vaiheissa ja koko järjestelmän eri vaiheissa. Ohjelmisto sisältää yleisimmät prosessit, joiden lisäksi käyttäjä voi määrittää omia prosesseja. Ympäristökuormitus ryhmitellään ohjelmiston standardiversiossa seuraaviin vaikutusluokkiin: ilmastonmuutosta kiihdyttävä vaikutus, lajirikkautta köyhdyttävä vaikutus, happamoittava vaikutus, vaikutukset ihmisen terveyteen (myrkyllisyys), raaka-aineiden ehtymistä aiheuttava vaikutus ja makean veden myrkyttyneisyysvaikutukset. WRATE sisältää 300 muutakin vaikutusarviointimetodia. (Environment Agency Wales 2006, 4-6 & Golder Associates 2011, 7.)

### **3.1.3 GaBi 4.4**

Elinkaarimallinnustyökalu GaBi 4.4 Software on saksalaisen PE International GmbH:n tarjoama ohjelmisto, jolla voidaan analysoida ja vertailla tuotteiden, prosessien ja palveluiden elinkaaren aikaisia vaikutuksia ympäristöön. Se vastaa elinkaariarvioinnin ISO-standardin vaatimuksia, ja se käsittää koko tuotteen tai palvelun elinkaaren raaka-aineista loppukäyttöön. GaBi 4.4 -ohjelmiston avulla voidaan laskea tuotteen tai palvelun kokonaiskustannukset koko sen elinkaaren ajalta, jolloin voidaan arvioida ja vertailla eri vaihtoehtojen taloudellisia näkökohtia paremmin keskenään. Sen avulla yritys saa tietoa investointien, projektien ja hankkeiden kustannustekijöistä ja tarvittavista resursseista. (GaBi Software 2011, 12.)



GaBi 4.4 -ohjelmistossa on myös sosiaalisten vaikutusten arviointi integroitu osaksi elinkaariarviointia siten, että sen avulla voidaan mallintaa työympäristöön liittyviä vaikutuksia. Prosessikohtainen data on peräisin tilastoista, ja metodologia koostuu työn määrään ja laatuun liittyvien eri tasojen sekä työterveyteen ja turvallisuuteen liittyvien näkökohtien arvioinnista. (GaBi-software 2011, 12.)

Työympäristöön liittyvien vaikutusten arvioinnin tuloksia voidaan käyttää samaan tapaan kuin perinteisen ympäristönäkökohtien elinkaaritarkastelun tuloksia. Päätöksenteossa myös työympäristöön liittyvien vaikutusten arvioinnin tuloksia on käytettävä varovasti, sillä taustalla oleva data on tilastollista, ja siten sen käyttäminen jossain tietyssä erityistapauksessa ei anna relevanttia tulosta. (GaBi-software 2011, 12.)

## **3.2 Vaikutusarviointimenetelmät**

Elinkaariarvioinnin vaikutusarviointimenettely koostuu neljästä vaiheesta: luokittelu, karakterisointi, normalisointi ja painotus. Käyttäjä valitsee selvityksen vaikutusluokat, vaikutusluokkaindikaattorit ja karakterisointikertoimet. Elinkaariarvioinnin vaikutusarviointivaiheella voi olla vaikutusta tutkimuksen tavoitteisiin ja soveltamisalaan sekä inventaariovaiheeseen. Koska selvityksen teettäjä voi itse päättää selvityksessä käytettävistä vaikutusluokista, on läpinäkyvyys erittäin tärkeää elinkaariarvioinnissa. Yleensä ne valitaan olemassa olevista luokista ja vain erityistapauksissa ne voidaan määritellä uudelleen. (SFS-EN ISO 14044, 28, 42.)

Vaikutusarviointimallit voivat erota toisistaan lähestymistavaltaan, normalisointitekijöiden tai painotuskertoimien osalta. Lähestymistapoja on kaksi: keskipistemalli ja loppupistemalli. Keskipistemallissa vaikutusindikaattorit on valittu alkutilanteen ja loppupisteen väliltä kuvaamaan potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Indikaattoreiden määrä riippuu valitusta menetelmästä. Loppupistemallissa tulokset esitetään aina kolmen tai neljän suojeltavan kohteen kautta, joilla kuvataan toiminnan aiheuttamia vahinkoja. Yleensä keskipistemallinnusta pidetään loppupistemallinnusta luotettavampana tapana kuvata vaikutuksia. (Dahlbo ym. 2005, 44-45 & Antikainen (toim.) 2010, 24). Mitä lähemmäksi loppupistettä mennään, sitä suuremmaksi epävarmuudet muodostuvat. Toisaalta millään menetelmällä ei pystytä muodostamaan kovin varmoja tuloksia. Ohjel-

mistot ovat jatkuvasti kehittyneet, mutta haasteellisuutta niissä on edelleen. Toksiset päästöt ovat hyvä esimerkki siitä miten vaikutukset voivat vaihdella paljonkin eri ympäristöissä. Maaperään tai toksisten yhdisteiden kulkeutumiseen vaikuttavat asiat tulisi olla selvillä kuten myös maaperän rakenteen vaihtelut eri alueilla. Voidaan ajatella, että loppupistemenetelmä on liian yksiselitteiseen ja ”täydelliseen” vastaukseen pyrkivä. Sopiva kompromissi olisikin järkevä tapa toteuttaa elinkaariarviointia. (Soukka 2012.)

Selvitykseen valittu vaikutusluokka kuvaa jonkin sovitun haitan ympäristölle, esimerkiksi happamoitumisen. Happamoitumista aiheuttavat päästöt, kuten  $\text{NO}_x$  ja  $\text{SO}_2$  sijoitetaan kyseiseen vaikutusluokkaan karakterisointimallin mukaan. Kyseiset päästöt kerrotaan karakterisointikertoimella, jonka jälkeen vaikutus näkyy vaikutusluokkaindikaattorina. Esimerkiksi  $\text{SO}_2$ -päästö kerrotaan karakterisointikertoimella ja indikaattorina voisi olla  $\text{H}^+$ -kationin vapautuminen veteen. (SFS-EN ISO 14044, 44.)

Elinkaariarvioinnin vaikutusarviointiluokat voidaan jakaa kolmeen luokkaan: luonnonvarojen käyttö, vaikutukset terveyteen ja ekologiset vaikutukset. Luonnonvarojen käyttöön sisältyvät energian ja materiaalin käyttö, veden kulutus ja maankäyttö. Terveysvaikutuksiin sisältyvät myrkylliset ja ei-myrkylliset vaikutukset sekä vaikutukset ympäristöön. Ekologisia vaikutuksia ovat ilmastonmuutos, rehevöityminen, happamoituminen, ekotoksisuus ja biologinen monimuotoisuus, otsoniaukon suureneminen ja fotokemiallisen hapettimen muodostuminen. Elinkaariarvioinnissa erilaisten vaikutusarviointimethodien vaikutusluokat voidaan jakaa näihin kolmeen luokkaan. (Eriksson 2004.)

Toisena esimerkkinä voidaan tarkastella toimintaa, mistä aiheutuu  $\text{CO}_2$ -päästöjä. Vaikutusluokkana on ilmastonmuutos. Inventaarioanalyysin tulokset sisältävät muun muassa tämän hiilidioksidipäästön. Vaikutusluokan loppupisteitä ovat koralliriutat, metsät ja sato. Vaikutusluokkaindikaattori voidaan valita mistä ympäristömekanismien kohdasta tahansa inventaarioanalyysin tuloksen ja vaikutusluokan loppupisteen väliltä. Tässä esimerkissä vaikutusluokkaindikaattorina on infrapunasäteilypakote ( $\text{W/m}^2$ ). Valinnoissa tulisi minimoida arvovalinnat ja oletukset sekä välttää päällekkäiset laskennat. (SFS-EN ISO 14044, 44-45.) Suomen ympäristökeskuksen kehittämän DAIA-vaikutusarviointimenetelmä perustuu Suomen ilmatieteen laitoksen tekemään episodimalliin, jonka perustana ovat tulokset suomalaisten typen oksidipäästöjen ja haihtuvien

orgaanisten päästöjen (VOC-päästöjen) päästövähennysten vaikutuksista alailmakehän otsonipitoisuuden vähenemiseen Suomessa (Seppälä (toim.) 2004, 15).

Painotus on osa vaikutusarviointimenetelmää, mutta sen käyttö on elinkaariarvioinnin ISO-standardien mukaan vapaaehtoista, kuten normalisoinnin ja vaikutusluokkien ryhmittelykin. Painotuksessa eri vaikutusluokkien indikaattoritulokset muunnetaan arvovallintoihin perustuvia menetelmiä käyttämällä eli niillä ei ole tieteellistä perustaa. Joissain tapauksissa voi olla suositeltavaa käyttää useampia painotusmenetelmiä ja herkkyystarastelujen muodossa tarkastella näiden menetelmien vaikutuksia tuloksiin. (SFS-EN ISO 14044, 50, 52.)

Elinkaarikustannuslaskentaan ei ole olemassa standardeja tai sertifiointimenettelyä. On kuitenkin olemassa lukuisia joukko esimerkkejä, mitä menetelmässä tulisi huomioida. Kuntavastuullisen jätehuollon taloudellisten vaikutusten elinkaariarviointia on tutkimusten mukaan tehty kahdesta eri näkökulmasta: liiketaloudellista elinkaarikustannuslaskentaa ja ympäristönsuojelullista painotusta. Reichin mukaan eri menetelmiä käyttämällä saadaan samansuuntaiset ympäristönsuojelua koskevan elinkaarikustannuslaskennan tulokset tarkasteltavalla alueella. (Reich 2005, 254, 258, 262.)

Kaupallisten elinkaariarviointiohjelmistojen sisältämien vaikutusarviointimenetelmien, kuten hollantilaisen Eco-indicator 99 -menetelmän, avulla vaikutusarvioinnin voi periaatteessa toteuttaa nopeasti ja helposti. Eco-indicator 99 -menetelmä pohjautuu keskieu-rooppalaisiin olosuhteisiin. EPS 2000 -menetelmä on näkökulmaltaan globaali. Eco-indicator 99 ja EPS 2000 ovat molemmat lähtökohdiltaan päätepistemalleja, jotka pyrkivät arvioimaan tuotejärjestelmästä aiheutuvien kuormitustekijöiden potentiaalisia ympäristövaikutuksia vaikutusketjun loppupäässä. Esimerkiksi Eco-indicator 99 -menetelmä arvioi hiilidioksidipäästöjen potentiaalista vaikutusta ihmisten terveyteen muun muassa tulvien ja luonnonkatastrofien lisääntymisen seurauksena. Jotta tuloksia voidaan pitää oikeellisina, tulee mallin soveltuvuus tutkittavaan ongelmaan olla selvitetty. (Myllymaa et al. 2005, 71–72, 75.)

Perinteisessä elinkaariarvioinnissa ympäristövaikutuksen oletetaan olevan kaikkialla sama paikasta riippumatta. Globaaleissa vaikutusluokissa, esimerkkeinä ilmastonmuu-

tosta kiihdyttävä vaikutus ja alailmakehän otsonia lisäävä vaikutus, se ei ole ongelma, mutta paikallisesti ympäristöllä voi olla jopa suurempi merkitys kuin itse päästöillä. Esimerkiksi happamoitumisen vaikutuksen ero Euroopan eri alueilla voi olla kolminkertainen. Jos elinkaariarvioinnin tuloksia käytetään päätöksenteossa, tulisi niiden kuvata oikein päästöjen vaikutuksia. (Antikainen (toim.) 2010, 26.)

Suomen ympäristökeskuksen tekemässä elinkaariselvityksessä käytettyjen sanomalehtien käsittelyvaihtoehdoista pääkaupunkiseudulla on käytetty kolmea vaikutusarviointimallia: suomalaista DAIA-vaikutusarviointimenetelmää, hollantilaista Eco-Indicator 99 -menetelmää ja ruotsalaista EPS 2000 -menetelmää. Mallit eroavat toisistaan muun muassa lähestymistavaltaan, vaikutusluokiltaan ja painokertoimiltaan. DAIA-menetelmä on keskipistelähestymistapa kun taas EcoIndicator 99 ja EPS 2000 ovat lähestymistavaltaan loppupistemenetelmiä. DAIA:n ja EcoIndicator 99:n painokertoimet ovat kansallisiin asiantuntijapaneelisiin perustuvia. EPS 2000 -menetelmän painotuksen taustalla on päästöjen välttämisen maksuhalukkuus. (Dahlbo ym. 2005b, 44-45.)

### **3.3 Tietokannat**

Elinkaariarvioinnin taustalla olevat tietokannat voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden tiedollisen kattavuuden ja maksullisuuden perusteella: 1) ilmaiset kattavat tietokannat, 2) ilmaiset tiettyyn alaan keskittyvät tietokannat ja 3) maksulliset kattavat tietokannat. Elinkaarianalyysin onnistumiseen vaikuttaa oleellisesti inventaariotiedon laatu ja relevanttius. Monet näistä tietokannoista sisältävät prosessikohtaista tietoa, jossa yksittäisiä tuotantovaiheita on vaikea erottaa toisistaan. Eräissä tietokannoissa, esimerkiksi Ecoinventissä, myös yksikköprosessikohtaista tietoa on saatavilla, jolloin omien tuotantoketjujen rakentaminen on mahdollista. Myös tuloksiin merkittävästi vaikuttavan energiantuotantoprofiilin vaihtaminen tapauskohtaisesti on helppoa. Haasteena tietokantojen käytössä on niiden ajanmukaisuus, erityisesti uusista teknisistä prosesseista on hankalaa saada tietoa. (Antikainen (toim.) 2010, 21–22 & Angerman 2011.)

Ensisijaisesti elinkaariarvioinnissa tulisi käyttää primääritietoa eli spesifistä prosessikohtaista tietoa ja vasta sitten sekundäärisiä tietolähteitä eli tietokantoja. Suuri osa tietokannoista perustuu keskimääräiseen tietoon ja näin ollen niiden sisältämä tieto edustaa

tuotteiden ja palveluiden keskimääräisiä tuotanto-olosuhteita. Sekundääristen tietojen lähteenä voidaan käyttää myös maakohtaisia ympäristölaajennettuja panos-tuotosmallien tuloksia, jos niiden tarkkuustaso on hyväksyttävissä elinkaariarviointiin sopivaksi. Inventaariotiedon lähteeksi soveltuvia panos-tuotosmalleja on tehty tähän mennessä Suomelle, USA:lle, Kanadalle, Kiinalle ja Japanille. Tulevaisuudessa näiden maakohtaisten mallien määrä tulee todennäköisesti lisääntymään. (Antikainen (toim.) 2010, 22.)

Suuri osa elinkaariarviointi-ohjelmistoista sisältää yhden tai useamman ulkopuolisen tietokannan, joita voi käyttää inventaario- ja vaikutusarviointivaiheissa. Elinkaariarviointia voidaan tehdä hyödyntämällä ainoastaan tietokantaa, hyödyntämällä sekä tietokantaa että ohjelmistoa tai hyödyntämällä ohjelmistoa, joka sisältää useita tietokantoja. Suomessa tunnettuja tietokantoja ovat muun muassa Ecoinvent, World Steel Associationin terästiedot, ELCD ja Plastics European eco-profiilit. Varsinaista Suomi-tietoa ei tietokannoissa ole saatavilla lukuun ottamatta Ecoinventin sähköntuotanto- ja metsäteollisuustietoja. Tietokantoja voi kuitenkin hyödyntää tehokkaasti varsinkin sekundäärisen tiedon haussa. Monet Suomen teollisuuden käyttämät raaka-aineet prosessoidaan tai valmistetaan maan rajojen ulkopuolella ja näiden tietojen hankkimiseen tietokannat ovat hyviä lähteitä. (Antikainen (toim.) 2010, 22-24.)

Uudet, päästöjä vähentävät jätehuoltotekniikat saattavat tuottaa prosessista uudenlaisia jätteen sivuvirtoja, esimerkiksi pölyä, tuhkaa ja lietettä. Näitä jätteitä on usein hankala käsitellä, ja ne saatetaan viedä pois käsittelyalueelta tai ne sekoittuvat muihin pienempiin jätevirtoihin ja niiden ympäristövaikutuksia on vaikeaa mallintaa. Jos näitä toissijaisia jätevirtoja on loppusijoitettu, tulisi niiden metaanintuottopotentiaali tai suotovesien ominaisuuksien arviointi sisällyttää mallinnukseen. Sitä on kuitenkin vaikea toteuttaa, sillä luotettavaa dataa on niukasti saatavilla. (Christensen et al. 2007, 260.)

### **3.4 Parametrisointi**

Viime vuosina on kiinnitetty huomiota ilmastonmuutokseen ja kasvaviin kasvihuonekaasupäästöjen määrään. Kirjallisuuden mukaan elinkaariarviointiohjelmistot ovat oivallisia työkaluja esimerkiksi yksittäisten prosessien aiheuttamien kasvihuonekaasu-

päästöjen laskentaan. Tässä luvussa on esitetty jätehuollon prosessien kasvihuonekaasupäästökuormituksen liittyviä näkökohtia, sillä elinkaariarviointi-ohjelmistot voivat erota ominaisuuksiltaan toisistaan paljonkin.

Laskentaohjelmille on määritelty jotain kriteereitä, jotka sen olisi hyvä täyttää. Jätteen koostumuksen määrittely on yksi elinkaariarvioinnin kulmakivistä. Jätejakeiden ominaisuudet voivat vaihdella alueittain ja eri vuosina. Näillä muutoksilla voi olla merkittävä vaikutus tuloksiin. Myös muut jätteen ominaisuudet, kuten lämpöarvo ja kosteuspitoisuus ovat mallinnuksen tulosten kannalta oleellisia parametreja, joita olisi perusteltua käyttää selvityksen lähtötietoina. Elinkaariarvioinnin ohjelmistojen tulisi sisältää mahdollisuus prosessien korvaushyötyihin. Esimerkiksi fossiilisen energialähteen korvaaminen jollain toisella prosessilla, ja siitä aiheutuvat päästöt tulisi olla mallinnettavissa. Laskentaohjelmien käyttämät energiantuotannon päästötiedot olisi hyvä olla maakohtaiset. (Gentil et al. 2010, 2637, 2640.)

Selvityksissä kuljetusten päästöjä tarkastellaan polttoaineen kulutuksen kautta. Se riippuu keräilyreitistä, asumustyyppistä, kuljetusmuodosta (raide, maantie, vesi). Liikenteessä polttoaineen kulutukseen vaikuttavat kuorman paino ja tilavuus, etäisyyksistä ja tieliikenteen tyyppistä (maantie, kaupunki, moottoritie). Päästöttekijät ovat riippuvaisia pääasiassa moottorin tehokkuudesta ja käytetystä polttoaineesta sekä kuljetusmallista. (Gentil et al. 2010, 2642.)

Alla olevassa listassa on esitetty elinkaariarviointi-työkalujen parametrisointiin liittyviä seikkoja, joilla on vaikutusta mallinnuksen tuloksiin. On huomioitava, että näiden lisäksi on olemassa muitakin seikkoja, jotka vaikuttavat tuloksiin.

- ohjelmiston kehitysajankohta
- energian ja materiaalin / aineksen korvaushyödyt ja niiden osuudet
- tietokannan käytön osuus
- maakohtainen energiantuotannon profiili / ohjelmiston oletama profiili

- käsittelyprosessien tekniset oletukset ja käytetty elinkaari-inventaariotieto
- neitseellisen ja kierrätetyn materiaalin korvaavuusaste tai -luku, joka riippuu esimerkiksi käytettävän tekniikan monimutkaisuudesta
- selvityksen rajaukset (esimerkiksi jätteen kuljetusmatkat voivat olla jopa 20 000 km, eikä niitä välttämättä sisällytetä tuotejärjestelmään)
- jätteen energiahyödyntämisen laskennassa prosessikohtaisten päästöjen ja spesifistä jätekoostumuksesta syntyvien päästöjen laskenta vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöjen määrään
- loppusijoittamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen kuormitustulokseen vaikuttavat kaatopaikkakaasun keräystehokkuus sekä kaasuntuotannon luonnollinen väheneminen / heikkeneminen ja sen huomioiminen laskennassa (Gentil 2008, 1-3.)

### **3.5 Elinkaariohjelmistojen mahdollisuudet ja haasteet**

Erilaisia elinkaariarvioinnin laskentaohjelmia voidaan arvioida ja vertailla tietyin kriteerein. Mallinnuksen tekijälle on tärkeää, että ohjelmisto on käyttäjäystävällinen. Tulosten tulisi olla sellaisessa sekä muodossa, että käyttäjä kykenee analysoimaan ja tulkitsemaan valtavaa tietomäärää ja tekemään tiedosta johtopäätöksiä. Teollisuuden ja tutkimuslaitosten kehittämät laskentaohjelmat ovat usein yliopistojen kehittämisiä laskentaohjelmia käyttäjäystävällisempiä. Yliopistojen ohjelmistot on usein tarkoitettu sisäiseen käyttöön tutkimustarkoituksessa, ja niiden kiinnostuksen kohteena on mallintaa tutkittavia kohteita, eikä niinkään kehittää ohjelmiston käytettävyyttä. Lisäksi ohjelmistoissa saattaa olla rajoituksia, jotka liittyvät mallintamisen laajuuteen. Esimerkiksi jossain ohjelmistoissa voi olla mahdollista laskea samanaikaisesti ainoastaan kolmen eri prosessin ympäristökuormitus. (Winkler et al. 2007, 1022.)

Elinkaariarvioinnin metodologiaa on tutkittu paljon, mutta sen menettelytavoista ei ole vielä päästy yksimielisyyteen. Haasteet liittyvät siihen, että elinkaaritutkimuksien laa-

juudet vaihtelevat kuten myös käytetyn tiedon laatu, jolloin tutkimuksia on vaikea tulkit-  
ta yhdenmukaisiksi. Myös tutkimusten eroavaisuuksien huomaamiseen kuluva aika on  
menetelmän heikkous. Tavoitteena on pystyä tunnistamaan eri ohjelmistojen käyttötär-  
koitukset. Elinkaariarviointiin liittyvät epävarmuudet liittyvät käytettävään menetel-  
mään, parametrisointiin tai malliin. Herkkyystekijöitä ovat tilallinen ja ajallinen vaihte-  
levuus sekä lähteiden ja kohteiden vaihtelevuus. (Reap et al. 2008, 290-300 & Soima-  
kallio 2010.)

Tuotteiden elinkaaren mallintamiseen kehitettyjä ohjelmia voidaan käyttää myös jäte-  
huollon mallintamisessa. Prosessi on hyvin työläs, sillä ne eivät sisällä parametrisoituja  
jätteen käsittelyprosesseja. Ongelmia saattaa tuottaa se, ettei käyttäjän ole mahdollista  
syöttää esimerkiksi jätteen kemiallista koostumusta, lajiteltavia jätejakeita tai lajittelute-  
hokkuutta lähtötietoihin. Tuotteiden elinkaarimallinnusohjelmien sisältämiin tietokan-  
toihin ei sisälly valmiita jätehuoltoprosesseja tai ne eivät välttämättä muuten sisällä re-  
levanttia dataa jätehuollon elinkaaren mallintamiseen. Siksi jätehuollon mallintamiseen  
onkin kehitetty useampia laskentaohjelmia, kuten EASEWASTE ja WRATE. Myös  
näihin ohjelmistoihin liittyy epäkohtia. Esimerkiksi EASEWASTE-ohjelmisto on kehi-  
tetty kunnan vastuulla olevan kotitalousjätteen elinkaarilaskentaan, joten se ei sovellu  
muiden jätejakeiden, kuten purkujätteen tai kaupallisen jätteen ympäristövaikutusten  
arviointiin. Lisäksi ohjelmisto mallintaa kotitalousjätteen käsittelyjärjestelmien ympä-  
ristövaikutuksia Tanskan kontekstissa. Ohjelmisto ei sisällä myöskään mahdollisuutta  
mallintaa jätehuollon elinkaaren aikaisia kustannuksia. Tuloksia tarkasteltaessa ja niitä  
toisaalle sovellettaessa tämä seikka on otettava huomioon. (Bhander et al. 2010, 405,  
414–415.)

Suomi on maantieteellisesti iso maa, jonka vuoksi ainoastaan yhtä vaikutusarviointime-  
netelmää käyttämällä ei välttämättä saada totuuden mukaisia tuloksia. Erilaisten vaiku-  
tusarviointimenetelmien käyttö samassa selvityksessä on varmasti hyvä menetelmä teh-  
dä elinkaariarviointia. Elinkaariarviointi on suhteellinen lähestymistapa, jonka avulla  
voidaan selvittää mihin suuntaan muutokset menevät kun mallinnetaan erilaisia toimin-  
tatapoja. Jos pystytään osoittamaan, että kaikilla vaikutusarviointimenetelmillä tulokset  
näyttävät samansuuntaisilta, voidaan ajatella että selvityksen tuloksissa ei ole ainakaan  
isoja poikkeamia (Soukka 2012.)



GaBi 4.4 -ohjelmistossa materiaali- ja energiavirtojen kustannustietojen syöttäminen on mahdollista melko yksityiskohtaisesti. Elinkaarikustannuslaskennassa tärkeintä on ymmärtää kenen näkökulmasta kustannuksia tarkastellaan. Usein välivirtojen kustannukset ovat kiinnostavimmat rahavirrat, ja mallinnuksen tekijällä tulisi olla näkemystä mallintaa välivirtojen arvot kuin myös kykyä tunnistaa yrityksen kannalta merkittävimmät välivirrat, joissa raha liikkuu ja pystyä poimimaan tiedot niistä. (Soukka 2012.)

GaBi 4.4 -ohjelmiston sisältämää sosiaalisten vaikutusten arviointia voitaisiin hyödyntää mahdollisesti työturvallisuuteen liittyvien seikkojen selvittämisessä ja työn laadun arvottamisessa tai työn luokittelussa. Käytännön kokemusta tästä ohjelmiston ominaisuudesta ei kuitenkaan ole kovin paljoa. (Soukka 2012.)

Esimerkiksi GaBi 4.4:n tietokannat soveltuvat energiantuotannon, kuljetusten sekä tuotteiden ja hyödykkeiden tuotantoprosessien laskentaan, sillä se sisältää maakohtaisia energiantuotantotietoja, jotka ovat aika joustavasti käsiteltävissä. Malleja voidaan tehdä vaikka kuinka karkeana versiona tahansa. Tietokannan laajuuden ja soveltuvuuden arviointi tarkasteltavassa tutkimuksessa riippuu siitä, minkälaista päätöksentekoa sen on tarkoitus tukea. (Soukka 2012.)

Yleisesti elinkaariarviointia koskevissa keskusteluissa tietokantojen merkitys on noussut ylikorostuneesti. Tuloksiin vaikuttavat selvityksen tekijän taidot ja näkemys rakentaa malli siten, että saadaan mahdollisimman hyvin vastauksia asetettuihin tavoitteisiin. Eri ohjelmistojen vertailu on äärimmäisen vaikeaa. Oleellisinta olisi kyetä saamaan aikaiseksi ohjelmistosta riippumatta samat tulokset, ja keskittyä analysoimaan mistä erot löytyvät. (Soukka 2012.)

Elinkaariselvityksessä pelkkien tulosten raportointi ei riitä, vaan selvityksen tekotapaa tulee analysoida, kuten myös sen rajoituksia ja kattavuutta. Lisäksi yksikköprosessien kattavuuden arviointi olisi hyvä sisällyttää tarkasteluun. Jos kyseessä on selvitys, missä eri kuljetusmuodoilla ei ole tarkasteltavien vaihtoehtojen välillä suuriakaan eroja, voidaan ajatella että ne kumoavat toisensa eikä niitä tarvitse sisällyttää tarkasteluun. Tällaisessa tapauksessa keskitytään tarkastelemaan, onko nykyisessä toiminnassa vielä säästöpotentiaalia. Valittavan ohjelmiston olisi hyvä sisältää tietokantoja, jotka liittyvät

eri jätteenkäsittelymuotoihin ja semmoisia tietokantoja, jotka palvelevat Suomen olosuhteissa mahdollisimman hyvin. (Soukka 2012.)

Elinkaariarvioinnin työkalujen heikkoutena ovat monien olettamuksien liiallinen yksinkertaistaminen todellisista olosuhteista. Mallinnuksen tulisi pohtia monimutkaisuutta todellisissa tilanteissa. Erityisesti tämä korostuu prosessien mallinnuksessa, joiden tulokset ovat vaihtelulle alttiita, esimerkkinä korvaushyötyjen laskelmat. Kaikilla laskentaohjelmilla on omat hyödyt ja kehityskohteet. Oikean mallinnustyökalun valinta riippuu tutkimuksen tavoitteiden ja rajausten määrittelystä. Monessa tapauksessa verrattain yksinkertainen ja helppokäyttöinen laskentaohjelma antaa riittävät tiedot tapauksesta päätöksentekijöille tai lainsäätäjille ja julkiseen tiedotukseen. Monimutkaisempien mallien avulla saadaan tietoa jätehuollon muutosten seurauksista ja tietoa vaikutuksista yksityiskohtaisemmalla tasolla. (Winkler et al. 2007, 1030.)

### 3.6 Kriteeristö ohjelmiston valintaan

HSY:n jätehuolto on määrittänyt joitain kriteerejä valittavalle mallinnustyökalulle. Sen valinnassa tulisi huomioida:

- lähtötietojen ja laskentamenetelmien luotettavuus
- helppokäyttöisyys
- mahdollisuudet sisältää muutos- ja lisäelementtejä

Elinkaariarvioinnin ohjelmistoja voisi arvioida alla esitetyn kriteeristön perusteella:

- voiko toimitettuun malliin lisätä omia tietoja
- onko käytetyt tiedot esitetty läpinäkyvästi
- ovatko tietolähteet sopivia tarkasteltavaan tilanteeseen
- onko valmiit parametrit jäljitettävissä
- soveltuvatko oletukset / yleistyksen tarkasteltavaan tilanteeseen, esimerkiksi sähköntuotannon kuvaamiseen käytetty energiamuotojen jakauma
- ovatko vaikutusluokat soveltuvia tavoitetta tarkasteltaessa
- kuinka paljon selvitys tulee maksamaan

- sisältääkö ohjelmisto elinkaarikustannuslaskennan

#### **4 HSY:N JÄTEHUOLLON ELINKAARIVASTUU**

HSY:n jätehuolto vastaa pääkaupunkiseudulla (Espoo, Helsinki, Kauniainen, Vantaa) ja Kirkkonummella asuinkiinteistöjen ja julkisten palvelujen seka- ja biojätteen sekä energiajätteen keräyksestä ja kuljetuksesta ja käsittelystä. Lisäksi HSY vastaa vaarallisten jätteiden, rakennus- ja purkujätteiden ja monien muiden jätelajien huolehtimisesta (Sortti-asetat). Muiden jätteiden, kuten esimerkiksi paperin ja kartongin, kuljettamisesta on sovittava suoraan yksityisten kuljetusyritysten kanssa. Paperin osalta sopimuskumppani on tuottajayhteisöt. HSY:n jätehuoltomääräysten mukaan kiinteistön on järjestettävä biojätteen keräys, jos asuntoja on vähintään kymmenen tai sitä syntyy yli 50 kg viikossa. Kartonkia täytyy kerätä kiinteistöillä, joissa on vähintään 20 asuinhuoneistoa tai sitä syntyy yli 50 kg viikossa. Jätelain mukaan asuin- ja palvelukiinteistöt ovat velvollisia liittymään järjestettyyn jätehuoltoon. Ongelmajätteet eli vaaralliset jätteet jokaisen asukkaan on itse toimitettava maksutta niitä vastaanottaviin keräyspisteisiin.

Vuoteen 2012 asti sekajäte loppusijoitetaan Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksessa sijaitsevalle kaatopaikalle, jonka jälkeen se poltetaan Vantaan Energian jätteenpolttolaitoksessa. Jätteen käsittelykeskukseen kuljetetaan myös erilliskerätty biojäte, joka käsitellään kompostointiprosessissa, jonka lopputuote on multa. Hyödynnettävät jätteet luovutetaan jatkojalostajille. Kierrätyspisteissä kerätään värillistä ja väritöntä lasia, keräyskartonkia, paperia, pienmetallia ja joissakin vaatteita. Kierrätyspisteiden lisäksi lasille, pienmetallille, paperille, kartongille ja vaatteille on yksittäisiä keräyspisteitä. Lisäksi HSY:n jätehuolto vastaa toiminta-alueen lakisääteisestä jäteneuvonnasta ja tiedotuksesta. HSY:n jätehuolto järjestää jätteiden keräilyä ja kuljetukset julkisesti kilpailuttamalla. Lisäksi se huolehtii suljettujen kaatopaikkojen jälkihoidosta sekä valmistelee jätehuoltomääräykset.

Tuottajayhteisöt ovat päävastuullisia paperin, sähkölaiteromun, paristojen, ajoneuvojen, renkaiden ja akkujen jätehuollon järjestämisen osalta. Uudessa jätelaissa on määritetty tuottajavastuun piirissä toimiville tahoille keräyspaperin, romuautojen ja -renkaiden, sähkö- ja elektroniikkaromun, paristojen ja akkujen sekä pakkausten (kartonki, pahvi,

lasi, metalli, muovi ja puu) jätehuollon järjestämisen vastuut. Tuottajavastuu tarkoittaa sitä, että tuotteen valmistaja tai maahantuojaja on vastuussa jätehuollon järjestämisestä tai siitä aiheutuvista kustannuksista sekä kierrätys- ja hyödyntämistavoitteista näiden tuotteiden osalta. Tuottajilla on ensisijainen oikeus järjestää pakkausten kiinteistökohtainen keräys. Mikäli tuottajat eivät käytä oikeutta, on toissijaisesti kunnilla oikeus järjestää keräys. (YmVM 23/2010 vp - HE 199/2010 vp & Kautto et al. 2009, 35.) HSY:n jätehuolto järjestää sähkö- ja elektroniikkajätteen sekä akkujen vastaanoton ja luovuttaa ne jätteen tuottajan kierrätykseen. HSY:n jätehuolto velvoittaa lähitulevaisuudessa pakkausjätteiden osalta kiinteistöittäistä keräystä kartongin osalta vähintään 10 asuinhuoneiston kiinteistöiltä ja metallin sekä lasin osalta vähintään 20 asuinhuoneiston kiinteistöiltä.

HSY:n jätehuollon suurimmat muutokset tulevaisuudessa liittyvät jätteen energiahyödyntämiseen ja sen myötä Ämmäsuolla sijaitsevan jätteenkäsittelykeskuksen toimintaan. Tuhkien vastaanotto alkaa heti, kun jätevoimala käynnistyy. Lisäksi on mahdollista, että jätevoimalassa syntynyt savukaasun puhdistusjäte toimitetaan Ämmäsuolle, jos sen loppusijoittaminen sinne on mahdollista. Tällä hetkellä kiviaineksia vastaanotetaan Ämmäsuolla hyötykäyttöön. Jätteenpolton myötä vähenee kiviainesten tarve huomattavasti, ennusteen mukaan nykyisestä kolmasosaan. Vastaanotettuja pilaantuneita maita käytetään pääasiassa vanhan kaatopaikan muotoiluun. Lupa on tällä hetkellä voimassa tämän vuoden loppuun, haussa vuoteen 2014 ja tarve vuoteen 2020 asti.

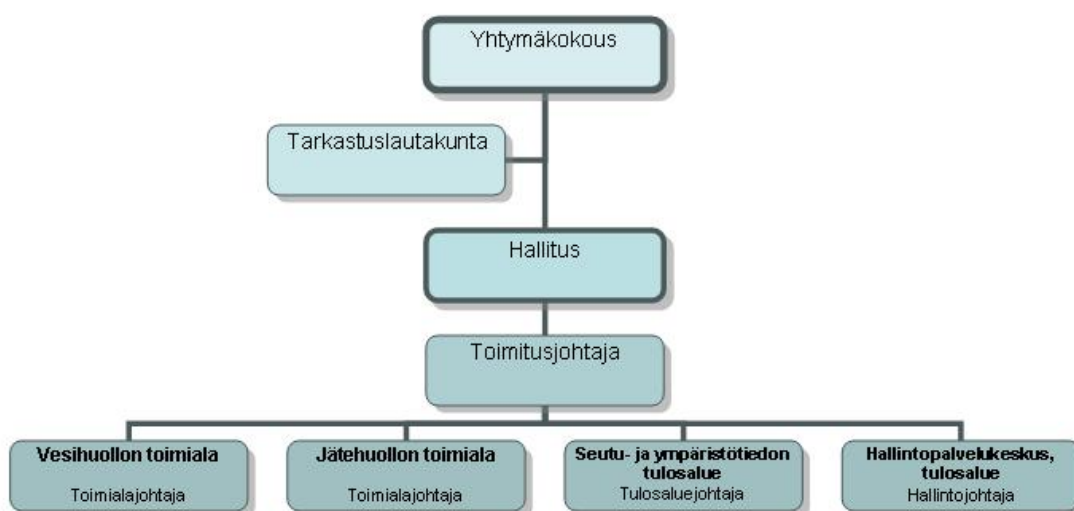
HSY:n jätehuolto on tehnyt elinkaariperusteiset selvitykset kartongin, metallin ja lasin keräily- ja kuljetuksen sekä käsittelyn eri vaihtoehtoista ja niiden ympäristökuormista. Elinkaariarviointimenetelmää ei ole aikaisemmin sovellettu koko HSY:n jätehuollon toiminnan ympäristökuormituksen laskennassa. Työssä päädyttiin haastattelemaan HSY:n asiantuntijoita, jotta saataisiin selvitettyä nykyiset ja uudet elinkaarimallinnustarpeet sekä mallin tuottamat indikaattorit, jotka päätöksentekijöille viestitään.

#### **4.1 HSY:n päätöksentekoprosessi**

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY:n strategiset päämäärät vuoteen 2015 ovat:

- toimia ympäristövastuullisena edelläkävijänä yhteistyössä seudun kuntien kanssa
- edistää sähköisiä palveluja ja ”yhden luukun” -periaatetta
- saavuttaa talouden tasapaino pitkäjänteisellä taksapolitiikalla ja elinkaariajattelun perustuvalla toiminnalla
- vahvistaa synergisiä prosesseja ja aikaansaada tehokkuushyötyjä
- kehittää henkilöstön osaamista ja luoda vetovoimainen työnantajakuva

Kuvassa 7 on esitetty HSY:n päätöksentekoprosessi. HSY on perustettu jäsenkuntien valtuustojen hyväksymällä perussopimuksella, ja ylintä päätösvaltaa HSY:n asioissa käyttää yhtymäkokous, jonka edustajat ovat jäsenkunnista. Hallitukseen kuuluvat yhtymäkokouksen valitsevat puheenjohtaja ja varapuheenjohtaja sekä 12 muuta jäsentä. Yhtymäkokous valitsee hallituksen jäsenet kunnallisvaalikaudeksi vaalien poliittisten voimasuhteiden mukaan ja kokoonpanossa noudatetaan tasa-arvolakia. Tarkastuslautakuntaan kuuluvat yhtymäkokouksen valitsevat puheenjohtaja ja varapuheenjohtaja sekä kolme muuta jäsentä.



**Kuva 7.** HSY:n päätöksentekoprosessi. (HSY 2011, 6).

HSY:n jätehuollon keskeisinä toimintaprosesseina voidaan pitää kiinteistöasiakkaiden jätehuoltopalveluita, jätteiden vastaanottoa, hyötykäyttöä ja käsittelyä, toimintaedelly-

tysten luomista sekä johtamista ja toiminnan ohjausta. HSY:n jätehuollon toiminnot ovat johto, talous ja hallinto, neuvonta ja viestintä, rakennuttaminen, aluepalvelut, käsittelypalvelut ja kuljetuspalvelut.

#### **4.1.1 Hankinnat ja ostotoiminta**

HSY:n hankinnat tehdään julkisia hankintoja koskevan lainsäädännön velvoitteiden mukaisesti. Hankinnat on kilpailutettava kun niiden kokonaisarvo ylittää säädetyn kynnyksen. HSY:n hankintatoiminnan tavoitteena on hankkia tavarat ja palvelut riittävän laadukkaina ja mahdollisimman kustannustehokkaasti ja omaa toimintaa edistäen. Hankintojen tulee olla strategian mukaisia ja niissä on huomioitava taloudellisuus ja ympäristövastuullisuus. Välittömien hankintakustannusten lisäksi on kiinnitettävä huomiota myös välillisiin kustannuksiin ja hankinnan vaikutuksiin.

HSY:n hankintaohjeistuksessa korostetaan hankinnoista aiheutuvien vaikutusten tarkastelua koko HSY:n kannalta, ei pelkästään toimialan tulosalueen kannalta. Hankinnoissa on pyrittävä kokonaistaloudellisesti edullisimpaan ja vaikutuksiltaan parhaaseen lopputulokseen. HSY:n hankinnan kilpailuttamisprosessia ohjaa suunnitelmallisuus ja tavoitteellisuus sekä taloudellisuus. Kestävän kehityksen periaatteet ja ympäristövaikutukset otetaan huomioon hankintojen määrittelyssä, tarjoajan soveltuvuusehtojen määrittelyssä, tarjousten arviointikriteereissä ja sopimusaikaisessa yhteistyössä.

Alihankkijat ovat erilaisten tavaroiden- ja palvelujen toimittajia tarviketoimittajista yhteistyökumppaneihin. HSY:n jätehuollon alihankkijoiden valinta perustuu heidän kykyynsä toimittaa luotettavasti sellaisia tuotteita, jotka täyttävät jätehuollon laatu- ja ympäristöpoliittiset vaatimukset. Alihankkijoiden toimintaa sekä heidän toimittamia tuotteita ja palveluja arvioidaan HSY:n jätehuollon ympäristö- ja laatuvaatimukset huomioiden. HSY:n jätehuollon asettamat tärkeimmät valintaperusteet ovat:

- alihankkijan kyky täyttää alihankintasopimuksen vaatimukset
- tuotteen kustannus- / laatusuhde on oltava oikea
- tuotteen valmistuksessa on käytetty sellaisia raaka-aineita ja menetelmiä, jotka vastaavat jätehuollon laatu- ja ympäristöpoliittisia vaatimuksia

- laadunvalvonnan luotettavuus

## **4.2 HSY:n jätehuollon ympäristövastuu ja ympäristönäkökohtien riskienhallinta**

HSY:n jätehuollon toiminta aiheuttaa erilaisia ympäristövaikutuksia ilmaan, maaperään, pohjavesiin ja vesistöihin sekä kasvillisuuteen, eläimistöön ja luonnon monimuotoisuuteen. Ilman laatuun vaikuttavat jätteen kuljetukset ja käsittely lähinnä energiankulutuksen kautta, biohajoaminen sekä jätteen poltto. Maaperään, pohjavesiin ja vesistöihin voi kulkeutua haitta-aineita kaatopaikan suotovesien mukana sekä biohajoavan jätteen käsittelyn vesipäästöistä. Ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä, YVA:lla, varmistetaan kasvillisuuteen, eläimistöön ja luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvien haittojen minimointi. HSY:n jätehuollossa on myös kehitteillä yhteiskuntavastuuraportointityö, jota työstettäessä voi ilmetä yhtymäkohtia elinkaariarviointiin tai joitain mallinnustarpeita.

HSY:n jätehuollon toimintaa ohjaavat lait, asetukset ja ympäristöluvut sekä muut viranomaispäätökset. HSY:n jätehuollolla on sertifioitu toimintajärjestelmä, joka käsittää ympäristöhallinnan ja laadun hallinnan. HSY:n jätehuollon päätehtävä on järjestää pääkaupunkiseudun jätehuolto siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haitallisia ympäristövaikutuksia ja terveysvaikutuksia alueen asukkaille. Ensisijaisena tavoitteena on jätteen määrän vähentäminen. Jäte lajitellaan syntypaikalla ja ohjataan aina kun se on mahdollista hyötykäyttöön. Erityistä huomiota kiinnitetään Ämmäsuolla sijaitsevan jätteenkäsittelykeskuksen toiminnan ympäristövaikutuksiin.

HSY:n jätehuollon ympäristövastuun ydin koostuu lainsäädännön vaatimusten noudattamisesta ja ympäristölupaehtojen täyttämisestä toiminnassa. Tämän lisäksi HSY:n jätehuollolla on omaehtoista ympäristöhallintaa, johon viranomaismääräykset eivät velvoita. Nämä perustuvat strategiaan, missä HSY:n tavoitteena on toimia ympäristövastuullisena edelläkävijänä yhteistyössä seudun kuntien kanssa. HSY:n jätehuolto on asettanut toiminnan ympäristöpäämäärät, jotka tarkastetaan vuosittain ja monelta osin ne ovat vaatimustasoltaan korkeammalla mitä velvoitetaan. Esimerkiksi jätekuljetuskaluston vähäpäästöisten moottoreiden osuuden kasvattaminen on HSY:n jätehuollon omaehtoista ympäristövastuun toteuttamista. (Uksulainen 2012.)

Ympäristölupien velvoittamana HSY:n jätehuolto tekee säännöllisesti lukuisia ympäristön tarkkailuun liittyviä mittauksia ja tutkimuksia. Ympäristöluvut sisältävät yksityiskohtaisia toimintaa ohjaavia määräyksiä. Jotta toiminta olisi luvanvaraista, on HSY:n jätehuollolla käytössä *käytön osalta* kaatopaikkatoimintojen käyttö-, päästö- ja vaikutus-tarkkailusuunnitelma. Päästöjen osalta on olemassa lupaehtojen mukainen veloitettarkkailu sekä omaehtoinen valvonta ja tarkkailu. Lupa- ja valvontaviranomaiset tekevät vuosittain jätteen käsittelykeskuksen toimintaa koskevan, ympäristönsuojeluasetuksen mukaisen tarkastuksen. Jätteenkäsittelykeskuksessa ja sen lähialueilla tarkkaillaan muun muassa hajun ja pölyn leviämistä, melua, vesien puhtautta, ilmanlaatua ja metaanin muodostumista kaatopaikalla.

HSY:n jätehuolto on kartoittanut ympäristölle haitalliset toiminnot aluepalveluiden, käsittelypalveluiden, kuljetus- ja asiakaspalveluiden, ongelmajäte- ja sorttipalveluiden, biojätteen käsittelyn, kaatopaikkojen jälkihoidon sekä suunnittelun ja rakennuttamisen osalta ja määritellyt niiden ympäristönäkökohdat ja -vaikutukset. Kasvihuonekaasupäästöjen määriä on tutkittu HSY:ssä, ja lähes koko määrä syntyy jätehuollon osalta Ämmäsuon uuden ja käytöstä poistetun vanhan jätetäyttöalueen metaanin hajapäästöistä ja kompostoinnin prosessipäästöistä.

#### **4.2.1 Kasvihuonekaasupäästöt**

HSY:n seutu- ja ympäristötiedon tulosalue SYT:n ilmastoyksikkö laskee muun muassa pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöjen määrää. Nämä laskelmat sisältävät jätehuollon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja dataa on vuosilta 1990 sekä 2000–2011. Laskenta suoritetaan Kasvener-laskentamallilla. Pääkaupunkiseudulla teollisuuden ja työkoneiden, jätehuollon sekä maatalouden kasvihuonekaasujen päästöt yhteensä ovat noin 4 % seudun kokonaispäästöistä (HSY 2012).

Kasvihuonekaasupäästöjen määristä raportoidaan tällä hetkellä julkisuuteen kahdet eri luvut. Myös elinkaariarvioinnilla tuotetaan tietoa muun muassa jätehuoltotoiminnan kasvihuonekaasupäästöistä. On varmistettava, etteivät ulkopuolelle raportoitavien erilaisten päästölukujen määrä enää kasva uuden työkalun myötä. Elinkaariarvioinnissa



voidaan mahdollisesti käyttää hyväksi samoja inventaariotietoja, mitä tällä hetkellä kerätään SYT:n toimesta.

### **4.3 HSY:n jätehuollon taloudellinen vastuu ja taloudellisten vaikutusten riskienhallinta**

HSY:n jätehuollon tehtävä on järjestää laissa kuntien vastuulle säädetty jätehuolto toiminta-alueellaan kustannustehokkaasti siten, että haitalliset vaikutukset ympäristöön ovat minimaaliset. HSY:n jätehuolto voi tarjota markkinaehtoiselle jätteelle kuljetus- ja käsittelypalveluita myös jatkossa, mutta se edellyttää lakisääteisen jätteen ja markkinaehtoisin jätteen rahavirtojen eriyttämistä toisistaan. HSY:n jätehuolto onkin kehittämissä palvelutuotekustannuskatetta, jolla on käytännön vaikutusta muun muassa vaa'an tietojärjestelmiin, sillä jokaisen suoritetahtuman tulee sisältää tieto siitä, onko kyseinen jätekuorma lakisääteistä vai markkinaehtoista palvelua. (Turunen 2012.)

Jätehuollon investointien keskeisin tehtävä on HSY:n lakimääräisten velvoitteiden täyttämisen vaatiman palvelutuotannon tukeminen. Pääosa investoinneista kohdistuu Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen kehittämiseen, jossa erityisen merkittävänä tavoitteena on ympäristökuormituksen hallinta. Tasovaatimukset toimintaympäristön rakentamiselle määräytyvät viranomaissäädösten, erityisesti ympäristölupien mukaan. HSY:n jätehuolto on kartoittanut ja määritellyt toimintojen omaisuusriskit sekä vastuuriskit, jotka voivat aiheuttaa taloudellisen korvausvelvoitteen HSY:lle.

### **4.4 HSY:n jätehuollon sosiaalinen vastuu**

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon tehtävänä on järjestää jätehuolto kustannustehokkaasti siten, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän ympäristö- ja viihtyvyyshaittoja alueelle. Toiminnan työterveys- ja työturvallisuusasioissa päämääränä on varmistaa jätehuollon tehtävien hoito turvallisesti ja ammattitaitoisesti huolehtimalla työolosuhteiden ja työmenetelmien turvallisuudesta sekä kouluttamalla ja opastamalla työntekijöitä. Myös jätehuoltotehtäviin osallistuvien urakoitsijoiden valinnassa ja toiminnan ohjauk-

sessä sekä valvonnassa otetaan huomioon ympäristö-, laatu- sekä työterveys- ja työturvallisuusnäkökohdat.

HSY:n jätehuollon toiminnan sosiaalisia vaikutuksia voidaan arvioida tarkastelemalla erilaisten hankintojen kautta työllistämisaikutuksia ja tasa-arvon toteutumista työllistämässä. HSY:n jätehuollon toiminnan sosiaalisia vaikutuksia tarkastellaan sisäisesti ottamalla huomioon työhyvinvoinnin näkökohdat, muun muassa sairauspoissaolojen määrät, työtapaturmatilastot ja työntekijöiden koulutukseen liittyvät seikat. Työtapaturmatilastot sisältävät tiedot työtapaturmien määristä ja niistä seuranneet poissaolopäivät, läheltä piti -tilanteista ja turvallisuushavainnoista. HSY:n jätehuolto on kartoittanut toimintojen henkilöriskit ja määrittänyt toimenpiteet niiden ennalta ehkäisemiseksi. Sosiaalisiin näkökohtiin voidaan lukea myös työntekijöiden koulutuksen tason vastaavuus työtehtävien tasoon. Yli- tai alikouluttaneisuus ei ole tavoitteellista työntekijän eikä työnantajan näkökulmasta työhyvinvointia arvioitaessa.

HSY:n jätehuollon sosiaalisia vaikutuksia voidaan tarkastella toimipisteiden ja palveluiden kautta. Yksi palvelu on jätteen synnyn ehkäisy, esimerkiksi ruokajätteen vähentämisen kampanja, missä HSY:n jätehuolto antaa asiakkaille resurssit (tietoa, välineitä ja kannustusta) biojätteen vähentämiseksi. Kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariarviointia tarkasteltaessa tämä syntymätön jäte ei kuulu tarkasteltavaan elinkaareen, mikä alkaa kotitalouksissa syntyneen jätteen päätyessä keräysastiaan. (Kemppainen 2012.)

Toinen esimerkki HSY:n jätehuollon tuottamista asiakaspalveluista on neuvontapalvelut, joiden tavoitteena on auttaa ihmisiä toimimaan vastuullisemmin jätehuollon suhteen. Tämä on jo arvo itsessään, koska sillä on yleisen hyvän vaikutus. HSY:n jätehuollossa on meneillään erilaisia PILOT-hankkeita erilaisista palveluista, esimerkkinä jaettu lava, jossa asukkaille tarjotaan tilauksesta jätelavapalvelua, missä kyseinen lava mahdollistaa useamman jättejakeen lajittelun. (Kemppainen 2012.)

Ympäristövaikutusten arviointi -menetelmän (YVA) mukaisesti sosiaalisia vaikutuksia tunnistetaan ja arvioidaan hankkeissa, joissa sovelletaan YVA-lakia. Kunnan vastuulla olevan jätehuollon toimialalla tehdään muitakin suuria päätöksiä, joilla on vaikutusta alueen asukkaisiin. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen YVA:ssa on huomioitu sosi-

aaliset vaikutukset ja menettelyyn liittyvä kuulemistilaisuus on mahdollistanut lähialueen asukkaiden kuulemisen hankkeen suunnitteluvaiheessa. Samoin on menetelty jätevoimalaprojektissa. Negatiiviset sosiaaliset vaikutukset, esimerkiksi viihtyvyshaitat on pyritty huomioimaan ja minimoimaan jo ennakolta. Myös Sortti-asemien perustamiseen liittyy negatiivisia sosiaalisia vaikutuksia, kuten asukkaiden pelko kiinteistöjen arvon alennuksesta kierrätyspisteiden sijoituessa lähietäisyydelle. Asukkaat saattavat kokea viihtyvyshaittoja sekä meluhaittaa lisääntyvän liikenteen ja roskaantumisen myötä. HSY:n jätehuollon sidosryhmätyöllä varmistetaan, että asiakkaat tulevat kuulluiksi heitä koskevissa jätehuoltoon liittyvissä päätöksissä. (Kemppainen 2012.)

Jätehuollossa kaikella toiminnalla on aina vaikutuksia, sekä positiivisia että negatiivisia. YVA-menettelyihin kuuluu lausuntokierros ja jätehuoltomääräysten laadintaprosessissa ne menevät kuntiin lausunnoille ennen varsinaista asetusta. Jätehuoltoa kehitettäessä ja jätteiden erilliskeräyksiä laajennettaessa voisi olla tarpeellista huomioida sosiaalisia vaikutuksia erityisesti jäteastioiden tyhjennyksiä ja kuljetuksia tarkastelemalla. Asukasviihtyvyyteen vaikuttavia asioita voitaisiin selvittää jäteastioiden tyhjennyksiä huomioidamalla tyhjennysten kellonaika sekä toisaalta ne vaikutukset, jotka saavutetaan suorittamalla työ säädetyissä aikarajoissa. Kumpi aiheuttaa enemmän haittaa asukkaiden mielestä. (Kemppainen 2012.)

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon sosiaalisten vaikutusten mittareita, jotka tuottaisivat relevanttia dataa, ei ole kovin yksinkertaista luoda. Tällä hetkellä HSY:n jätehuollolla ei ole käytössä mittareita näiden vaikutusten mittaamiseen. HSY:n jätehuollon pyrkimys on vaikuttaa asiakkaisiin, eikä toisinpäin. Sosiaaliset vaikutukset ja niiden voimakkuus on kokijälähtöistä, eikä siten yksiselitteisesti määritettävissä ja mitattavissa. HSY:n jätehuollon palautejärjestelmästä saatava tieto on toiminnan sosiaalisten vaikutusten mittari. Valtaosin järjestelmään tuleva palaute on negatiivista, joka ei anna kokonaiskuvaa toiminnan tasosta sosiaalista vastuuta tarkasteltaessa. (Kemppainen 2012.)

Asiakasnäkökulman laajentamista voidaan tarkastella kahden konkreettisen sovelluksen kautta. Esimerkiksi Espoon kaupungin reuna-alueet ovat HSY:n jätehuollon toiminta-alueen kaukaisimpia alueita, joissa biojätteen erilliskeräyksen ympäristöhyötyjä ja kustannuksia voitaisiin elinkaarimallinnuksen avulla selvittää. Biojätteen keräyksen ja kul-

jetusten päästöt voivat kasvaa kohtuuttoman suuriksi verrattuna biojätteen käsittelystä aiheutuviin ympäristöhyötyihin. Lisäksi kustannukset kasvavat kohtuuttoman korkeiksi nostaa jätehuollon kustannuksia asiakasnäkökulmasta. Tällä hetkellä HSY:n jätehuollon toimialueella biojätteen erilliskeräysvelvoite on vähintään 10 asuinhuoneiston kiinteistöillä. Asiakkaat ovat osoittaneet kiinnostusta saada vastaus biojätteen erilliskeräyksen laajuuteen tulevaisuudessa, pysyvätkö määräykset samoina vai kiristyykö ne. (Kemppainen 2012.)

Toisena esimerkkinä voidaan tarkastella Kirkkonummen kuntaa, missä on juuri käynnistynyt energiajätteen keräyspalvelu. Tällä hetkellä palvelua tarjotaan ainoastaan osassa kuntaa. Elinkaariarvioinnin avulla voitaisiin tutkia, mitkä olisivat ympäristö- ja talousvaikutukset, jos keräysalueen sädettä kasvatettaisiin siten, että keräyspalvelu kattaisi pinta-alaltaan laajemman alueen ja suuremman väestömäärän. (Kemppainen 2012.)

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon sosiaalisia vaikutuksia olisi hyvä tarkastella myös laajentamalla asiakasnäkökulmaa. Jätteen lajittelua ja keräilyä voisi tarkastella asiakkaan velvollisuuden näkökulmasta; tuleeko reuna-alueiden asukkaiden lajitella esimerkiksi biojätteensä, jos tutkimustulokset näyttävät, että erilliskeräyksestä aiheutuvat päästöt ovat ympäristöhyötyjä suuremmat. HSY:n jätehuolto voisi arvioida myös jätteen keräyksestä ja käsittelystä aiheutuvia haju-, melu- ja hygieniahaittoja sekä jätteenkeräyspaikkojen, kuten jätekatosten, aiheuttamia maisemallisia haittoja asukkaan näkökulmasta. Liikenteen aiheuttamat haitalliset hiukkaspäästöt ovat merkittävä ympäristö- ja sosiaalinen näkökohta, mutta viime aikoina trendinä on ollut keskittyä kasvihuonekaasupäästöihin. Jos hiukkasista aiheutuvat haitalliset vaikutukset ympäristöön ja ihmisten terveyteen tunnistetaan, tulisi ne ottaa mukaan ympäristökuormituksen mallintamiseen yhteiskuntavastuun puitteissa. Vaikutuksia voisi pohtia myös mahdollisten kuljetusjärjestelmien muutosten yhteydessä tai ennen muutoksia. Hiukkaspäästölaskelmien toteutuksessa tulisi huomioida alueelliset vaikutukset. Esimerkiksi jätteen keräilyn ja kuljetusten aiheuttamilla hiukkaspäästöillä on erilaiset vaikutukset Helsingin keskustan alueella verrattuna harvaan asuttuun maaseutuun. Koska kunnan vastuulla oleva jätehuolto on yhteiskunnallista toimintaa, tulisi sen kohdistaa enemmän voimavaroja paikallisyhteisöille aiheutuvien vaikutusten arviointiin. Erityisesti jos halutaan saavuttaa toiminnalle yleinen hyväksyntä.

## **5 ELINKAARIMALLINTAMISEN HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET HSY:N JÄTEHUOLLOSSA**

### **5.1 Kunnan vastuulla olevan jätehuollon tunnistetut sovelluskohteet**

Luvussa 2.1.2 esitettyjen jätehuollon elinkaaritutkimukset osoittavat, että elinkaariarviointimenetelmää voidaan hyödyntää yhdyskuntajätteen ja kunnan vastuulla olevan jätehuollon ympäristökuormituksen laskentaan. Elinkaarikustannuslaskennan sisällyttäminen perinteiseen elinkaariarviointiin, mahdollistaa menetelmä vielä laaja-alaisemman käytettävyyden. Kunnan vastuulla olevan jätehuollon perustehtävä on tuottaa kuntapalveluita alueen asukkaille, ja niiden palvelutasoa määriteltäessä ovat kustannukset merkittävä osa päätöksentekoa. Elinkaariarviointia voidaan hyödyntää luvussa 2.1 esitetyn Norrisin kuvan mukaisesti erilaisten jätteen keräily- ja kuljetusverkostojen sekä hyödyntämis- tai käsittelymenetelmien valinnassa siten, että ympäristökuormitus olisi mahdollisimman pieni. Menetelmää voidaan hyödyntää palveluiden suunnittelussa ja kehittämisessä, jotta vältyttäisiin asiakkaiden ja sidosryhmien kritiikiltä ja toiminnan hyväksyttävyyden paranisi. Elinkaariarvioinnilla voidaan osoittaa ympäristöä vähiten kuormittavat käsittelymenetelmät ja jätehuoltoratkaisut, sillä läpinäkyvyys on yksi työkalun mahdollisuuksista. Kustannustarkastelu on hyvä liittää osaksi elinkaariarviointia, sillä kuntavastuullisia jätehuolto- ja palveluita tuotettaessa järjestelmän muutoksilla pyritään kokonaisuudessaan kestävämpään jätehuoltoon, vaikka päätöksenteossa kustannukset olisivatkin suuremmassa roolissa.

Luvussa 2.1.2 esitettyjä kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariarvioinnin sovelluskohteita kunnan vastuulla olevassa jätehuollossa ovat uuden jätelainsäädännön tarpeisiin vastaaminen sekä mahdollisesti etusijajärjestyksestä poikkeaminen. Jätteen keräilyä ja kuljetuksia voidaan tehostaa ympäristö- ja kustannusnäkökulmista elinkaariselvitysten avulla. Kierrätysjätteiden keräysten laajuutta ja niistä aiheutuvia ympäristöhyötyjä voidaan selvittää mallinnuksilla. Myös niiden taloudellisia vaikutuksia on syytä tarkastella.

Yhteiskunnallisen luonteen vuoksi kunnan vastuulla olevan jätehuollon toiminnasta aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt tulisi laskea ja tuoda julkisuuteen. Näin on tämän

hetkisen tiedon pohjalta toimittukin valtakunnallisesti, mutta myös alueittain olisi hyödyllistä laskea ja suhteuttaa niitä maanlaajuiseen kokonaispäästöön. Lisäksi elinkaari-mallilla voitaisiin saada tietoon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävien toimien ja investointien kustannukset.

Elinkaarikustannuslaskennan avulla investointilaskelmat voidaan laatia normaalia pidemmälle aikavälille. Kustannukset otetaan kokonaisvaltaisesti huomioon koko elinkaa-ren ajalta. Niihin sisällytetään esimerkiksi tuotekehityksen ja käytöstä poistamisen kus-tannukset. Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan hyödyntää hinnoittelussa, tuotesuunnit-telussa, tuotemuutoksissa ja koneiden korvaamisissa. Kuntavastuullisessa jätehuollossa menetelmää voitaisiin hyödyntää kaatopaikalle sijoitettavien jätejakeiden hinnoittelussa.

Kuntavastuullisen jätehuollon hankinnat noudattavat julkisia hankintoja ohjaavaa han-kintalakia ja -asetusta. Lainsäädäntö velvoittaa hankintatoimea hyväksymään tarjous, joka on hinnaltaan alhaisin tai kokonaistaloudellisesti edullisin tavaran tai palvelun ar-viointiperusteiden mukaan huomioiden hinnan, käyttökustannukset, toimintaominaisuu-det, ympäristövaikutukset tai muut vastaavat perusteet. (L 30.3.2007/348.)

Elinkaariarvioinnilla saadaan toiminnalle läpinäkyvyyttä ja uskottavuutta sekä valittujen projektien tai hankkeiden toteutukselle ympäristönsuojelulliset perusteet. Kuntavastuul-lisen jätehuollon maksajien, asiakkaiden, mielikuvat paranevat ja kunnan vastuulla ole-van jätehuollon imago paranee. Sillä voi olla vaikutusta esimerkiksi lajittelutehokkuu-teen. Kuntavastuullisen jätehuollon ei ole tarkoitus tehdä tulosta, vaan toiminnan katso-taan olevan yleishyödyllistä ja perustuvan kokonaistaloudellisten jätehuoltopalvelujen tuottamiseen. Jätehuollon elinkaariselvitykset voivat lisätä asiakkaiden kiinnostusta ympäristöasioita ja jätehuoltoa kohtaan, joka voi välillisesti johtaa taloudellisiin sääs-töihin.

Kuntavastuullisen jätehuollon ympäristö- ja talousriskejä voidaan kartoittaa ja arvioida käyttämällä elinkaariajattelua ja hyödyntämällä elinkaariarvioinnista saatavia tuloksia. Mallinnukseen kuuluva herkkyystarkastelu itsessään perustuu riskien arviointiin, joten toiminnan vaikutuksia tarkasteltaessa on kokonaisuuden kannalta oleellista sisällyttää riskit osaksi elinkaariarviointia.

Uusi kansallinen jätelaki, mikä tuli voimaan 1.5.2012, sisältää vaatimuksen elinkaariarvioinnista, mikäli niin sanotusta etusijajärjestyksestä aiotaan poiketa. Tämä seikka luo tarpeen kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariarvioinnille ja erityisesti toiminnan ympäristökuormituksen laskemiseen. Jätelaitosyhdistys JLY:llä on työn alla kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariselvitysten tilaajille ja toteuttajille tarkoitettu ohjeistus. (Nummela 2012.)

## **5.2 Haastattelututkimus HSY:n jätehuollon erityispiirteiden tunnistamiseksi**

Tutkimukset kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariarvioinneista antaa tietoa menetelmän sovelluskohteista. Selvityksissä käy kuitenkin ilmi, että tulosten suora hyödyntäminen ei ole perusteltua, vaan elinkaariselvitykset tulisi tehdä tapauskohtaisesti sekä mahdollisimman paljon paikka- ja projektikohtaista tietoa käyttäen. Kunnan vastuulla oleva jätehuolto sisältää useita eri toimintoja, ja kun HSY:n jätehuollon tavoitteena on koko toiminnan elinkaarimallin rakentaminen, päädyttiin käymään eri toiminnot yksitellen läpi ja kartoittamalla mahdollisia mallinnustarpeita. Työssä päädyttiin HSY:n jätehuollon asiantuntijoiden avoimiin haastatteluihin, ja ne tehtiin ryhmähaastatteluina toiminnoittain. Tavoitteena on ollut tunnistaa mahdollisimman kattavasti tämän hetkisen toiminnan mallinnustarpeet sekä tulevat kehityskohteet.

Haastatteluihin valittiin HSY:n jätehuollon aluepalvelut, kuljetuspalvelut ja käsittelypalvelut. Kaikissa ryhmähaastatteluissa oli paikalla lisäksi HSY:n jätehuollon projekti-päällikkö Kirsi Karhu. Alla on esitetty ryhmähaastattelun kysymykset:

1. Minkälaisia muutostarpeita on nykyisessä jätehuoltojärjestelmässä kun tarkastellaan ympäristövaikutuksia ja taloudellisia vaikutuksia lähitulevaisuudessa (1-5 vuotta)?
2. Minkälaisia muutostarpeita on nykyisessä jätehuoltojärjestelmässä kun tarkastellaan ympäristövaikutuksia ja taloudellisia vaikutuksia pidemmällä aikavälillä (yli 5 vuotta)?

3. Millaisia riskejä on olemassa tämän hetkessä jätehuoltojärjestelmässä? Entä tulevaisuudessa? Miten niihin on varauduttu?

HSY:n jätehuollon ympäristöpäällikön ja talouspäällikön haastattelut tehtiin henkilökohtaisina haastatteluina. Alla on esitetty haastattelukysymykset:

1. Minkälaisia muutostarpeita on nykyisessä jätehuoltojärjestelmässä kun tarkastellaan ympäristövaikutuksia ja taloudellisia vaikutuksia lähitulevaisuudessa ja pidemmällä aikavälillä?
2. Millaisia riskejä on olemassa tämän hetkessä jätehuoltojärjestelmässä? Entä tulevaisuudessa? Miten niihin on varauduttu?
3. Mitkä ovat ne indikaattorit, joita päätöksentekijöille halutaan ympäristö- / talousasioista viestiä?

### **5.2.1 Aluepalvelut**

1. Tämän hetkiset ympäristönäkökohdat ja niistä aiheutuvat ympäristövaikutukset ovat luonteeltaan akuutteja, esimerkkinä keräyspisteiden roskaantuminen, eivätkä ne ohjaa toimintaa todellisuudessa. Tämä koskee aluepalveluita ja kaikkia muitakin HSY:n jätehuollon toimintojen ympäristönäkökohtia. Niitä voitaisiin jalostaa elinkaariarvioinnin avulla. Samalla voitaisiin integroida elinkaariarvioinnin tuottama tieto osaksi HSY:n jätehuollon ISO 14001 ympäristöhallinnan standardia ja sen vaatimusten toteuttamista. (Karhu 2012.)

Keräyspisteiden määrä tulee tulevaisuudessa kasvamaan uudessa jätelain myötä. Jätteen keräysverkostoa mitoitettaessa ovat aluepalveluiden keräysastioiden tiheys ja lukumäärä oleelliset parametrit. Vaarana on tuplaverkoston kehittyminen kiinteistökohtaisen pakkausjätteiden keräysvelvoitteen takia. Uuden jätelain mukaan tästä määräyksestä voidaan poiketa, jos elinkaariarvioinnilla kyetään osoittamaan ympäristövaikutuksiltaan suotuisampi vaihtoehto. (Mäntynen 2012.)



Aluepalveluiden alueellinen keräystoiminta muuttuu uuden jätelain myötä, ja vuodesta 2014 alkaen HSY:n jätehuolto ei vastaa enää millään tavalla tuottajavastuun piiriin kuuluvien jätejakeiden jätehuollosta, paitsi jos jätehuoltomääräykset edellyttävät näiden jätteiden kiinteistöittäistä keräilyä. Riskinä on tuplaverkoston muodostuminen, kun HSY:n jätehuollon toiminta-alueella on yhtiön oma aluekeräysverkosto ja lisäksi tuottajayhteisö tulee rakentamaan omansa. (Mäntynen 2012.)

Uuden jätelain mukaan kuntavastuullisen jätehuollon on tarjottava riittävän kattava vaarallisten jätteiden keräyskonttien verkosto. Tulevaisuudessa verkosto tarvitsee laajennusta esimerkiksi Helsingin keskustassa. Ongelmajätekeräyskonttien riittävä määrä ja tiheyttä tulisi mallintaa ja optimoida, ettei keräysjärjestelmästä aiheutunut ympäristökuormitus kasva hyötyjä suuremmiksi ja kustannukset nouse liian korkeiksi. (Mäntynen 2012.)

2. Tulevaisuudessa tulee tarve laajentaa hyödynnettävien jätteiden vastaanottoapaikkojen eli Sortti-asemien verkostoa entisestään. Elinkaariarvioinnin avulla voitaisiin selvittää, olisiko pienemmät ja tiheimmässä sijaitsevat Sortti-asetat ympäristö- ja talousvaikutuksiltaan parempi vaihtoehto verrattuna nykyiseen malliin, missä asemia on vain muutama ja ne sijaitsevat kaukana jätteen syntypaikoista. (Mäntynen 2012.)

Asiakkaiden jätteen kuljetusmatkoista jätteen syntypaikalta Sortti-asemille tehdään tilastointia, sillä jätelaki määrää, että kotitalouksista tuleva ja yrityksistä tuleva rahoitus on eroteltava. HSY:n jätehuollon asiakkailta on Sortti-kortit, joissa on postinumero. Näitä tietoja hyväksikäyttäen voitaisiin laskea kuljetusmatkojen ympäristövaikutuksia, ja arvioida tulevaisuuden keräyspisteverkostomallia. (Salo 2012.)

3. Aluepalveluiden toiminnasta on tehty riskien arviointia. Määritellyt riskit ovat luonteeltaan akuutteja. Entistä laajempi näkökulma riskien kartoitukselle ja arvioinnille olisi tarpeellista. (Mäntynen 2012.)

## 5.2.2 Kuljetuspalvelut

1. Jätekuljetuskalusto kulkee tällä hetkellä polttomoottoreilla ja dieselillä. Jätekuljetuksista aiheutuvaa hiilidioksidiekvivalenttia tarkasteltaessa ei polttoaineissa ole suurta eroa. Hiukkaspäästöjä tarkasteltaessa erot tulevat esille. Bioetanolidieselkään ei ole aina paras mahdollinen polttoaine ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa. HSY:n jätehuollon kilpailuttamissa jätekuljetuksissa käyttövarmuus on kuitenkin ensisijainen kriteeri, ja vasta sitten tulevat ympäristönäkökohdat. Sillä jos kuljetuskalusto ei ole toimintavarma, ja jätteet jäävät sen vuoksi noutamatta, saattaa siitä helposti tulla suurin ympäristöongelma. Kuljetuskalustossa käytettävien polttoaineiden osalta voitaisiin selvittää, mikä olisi koko polttoaineen elinkaaren kannalta paras vaihtoehto ja sisällyttää se yhdeksi kriteeriksi jätekuljetuksia kilpailutettaessa. (Nuutinen 2012.)

Kuljetuspalveluiden ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa voitaisiin tehdä vertailua eri keräysastiovaihtoehtojen kesken, lähinnä syväkeräysastian ja pintakeräysastian kesken. Näitä vaihtoehtoja tutkittaessa tulisi huomioida etäisyyksien lisäksi muun muassa rakentamisen viranomaismenettelyjen tarve (tarvitaanko rakennuslupaa vai selviääkö pelkällä ilmoitusmenettelyllä) ja rakenteisiin kuluvien rakennusaineiden aiheuttamat päästöt. Syväkeräyksen hyviä puolia on se, että kerralla saadaan tyhjenettyä suuria jätemassoja. Erityisesti uusille asuinkiinteistöille olisi hyvä suositella tätä ympäristöystävällistä ja kustannustehokasta vaihtoehtoa. (Nuutinen 2012 & Talvio 2012.)

Jätteen keräilyä ja kuljetuksia on tutkittu ja tulokset näyttävät siltä, että syväkeräys olisi joissain tapauksissa ympäristön kannalta parempi vaihtoehto. Etuna ovat isojen massojen tyhjäys ja kuljetus kerralla. Keräysastioiden etäisyydet taas saattavat jäädä pitkiksi. HSY:n jätehuolto antaa suosituksia taloyhtiöille kiinteistöjen asuinhuoneistojen lukumääriin perustuen syväkeräysastioiden hankkimiseksi. Syväkeräysastioiden hyvä puoli on myös se, etteivät ne tarvitse rakennuslupaa, vaan ilmoitusmenettely riittänee. Jätehuoneiden rakentamisprosessi taas tarvitsee luvat. Syväkeräysastioilla päästään pintakeräysratkaisuja tehokkaampaan kiinteistökeräykseen. Syväkeräysastioiden haasteita ovat maa- ja kallioperä sekä kaupunkien keskusta-alueilla

maan alla kulkea kunnallistekniikka, putket, johdot ym., jotka estävät syväkeräysastioiden sijoittamisen näille alueille. (Nuutinen 2012 & Talvio 2012.)

Lähitulevaisuudessa jätehuoltomääräykset velvoittavat pakkausjätteiden kiinteistöittäiseen keräykseen. Elinkaariarvioinnin avulla voitaisiin vertailla näiden jätejakeiden keräily- ja kuljetusratkaisuja. Olisiko logistisesti tehokkaampaa kerätä lasi ja metalli yhdessä vai erikseen? Tähän vaikuttavat muun muassa astioiden mitoitus ja tyhjennysrytmi. Jätekatokset ovat usein jo nykyisellään ahtaita, joten lisäselvityksiä olisi hyvä tehdä. (Talvio 2012.)

2. Tulevaisuudessa elinkaariarviointi tulisi jalkauttaa koko HSY:n hankintoihin yhdeksi kriteeriksi. Tuotteen tai palvelun tarjoajat voitaisiin pisteyttää parhaaksi valitulla keinolla, mikä asettaisi kuitenkin isoja haasteita. Aliurakoitsijoita voitaisiin mahdollisesti pisteyttää tulevaisuudessa elinkaariarvioinnin tulosten pohjalta siten, että HSY:n jätehuollon elinkaarivastuu ulottuisi alihankkijoihinkin. (Nuutinen 2012.)
3. Uuteen jätelakiin sisältyy niin sanottu perälauta-pykälä, mikä liittyy kunnan toissijaiseen vastuuseen huolehtia eräistä jätteistä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kunnan vastuulle tulee velvollisuus järjestää elinkeinotoiminnan jätehuolto, jos markkinoilta ei löydy palvelua ja jäte sopii kunnan vastuulla olevan jätehuollon prosesseihin. Kuntavastuullisella jätehuollolla on siten oltava varalta ylimääräistä kapasiteettia, joka ei ole elinkaariajattelun mukaista. (Talvio 2012.)

### **5.2.3 Käsittelypalvelut**

1. Elinkaariarvioinnilla voitaisiin optimoida mädättämöhankkeen volyyymi. Rakennetaanko esimerkiksi yksi iso mädättämö vai olisiko kustannustehokkaampaa rakentaa useampi pieni? Lisäksi koko hanketta mietittäessä tulisi pohtia mahdollisuuksia todellisille maanparannusraemarkkinoille. (Kaunismäki 2012 & Juntunen 2012 & Karhu 2012.)

Mädätyksen lopputuote tullaan jälkikompostoimaan nykyisessä kompostointilaitoksessa. Kompostoinnin lopputuote olisi saatava kunnolliseen käyttöön, jotta niiden si-

sisältämät ravinteet saataisiin palautettua ravinnekiertoon. Ravinteiden hyötykäytössä on otettava huomioon myös taloudellinen näkökulma. Samalla voitaisiin saada alueen jätevesistä ravinteet kiertoon. Jos sakokaivolietteet käsitellään tulevaisuudessa Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksessa, tulisi miettiä niidenkin hyödyntämistä muiden hyödynnettävien jakeiden kanssa yhdessä. (Kaunismäki 2012 & Juntunen 2012.)

Lähitulevaisuuden riskinä on, että pilaantuneiden maiden osalta puhdistetulle maalle ei ole lähitulevaisuudessa Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksessa sijoituspaikkaa. Ylipäätään maamassoihin liittyy useita ongelmia. Tulevaisuuden ennakoinnin vuoksi, olisi hyvä selvittää, minkälaisia maamassoja HSY:n jätehuollon toiminta-alueella on olemassa ja minkälaisia maita HSY:n jätehuolto tulee vastaanottamaan. Jotta voitaisiin suunnitella kaatopaikkarakenteet kyseisille jätteille sopiviksi, ja välttyttäisiin mahdollisilta ympäristöriskeiltä, tulisi olla selvillä maiden sisältämistä haitallisista kemikaaleista ja yhdisteistä sekä niihin liittyvistä riskeistä. (Juntunen 2012 & Ruuskanen 2012 & Kaunismäki 2012.)

2. Käsittelytoimintojen haasteena on jätteiden jalostus. Kaatopaikan sisäisestä hyödyntämisestä tulisi päästä helpommin ulkoiseen hyödyntämiseen. Tällä hetkellä kaikki mitä voidaan, käytetään sisäisesti Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksessa hyödyksi, mutta suuri osa jätteistä jää kokonaan hyödyntämättä. Ainoastaan tuotteistamalla, joka on hyvin kallista, voitaisiin päätyä edellä mainittuun lopputulokseen. Maamassat ovat hyvin epähomogeenisiä, ja nykylainsäädännön edellyttämät analyysit tulevat kalliiksi. (Juntunen 2012 & Kaunismäki 2012.) Loppujen lopuksi markkinavoimat ohjaavat mihin yhteiskunta on menossa, ja mitä jätehuollon toimialalla tulevaisuudessa tapahtuu, tarkastellaanpa sitten kunnallista jätehuoltoa tai jätehuoltoa laajemmin. (Ruuskanen 2012.)
3. HSY:n jätehuollon jätteenkäsittelykeskuksesta puuttuu maiden vastaanottoa, joka aiheuttaa taloudellisen riskin yhteiskunnalle. Ympäristön kannalta ei ole paras ratkaisu, että maita joudutaan kuljettamaan ympäri eteläistä Suomea pitkiäkin matkoja. Lainsäädäntö ei velvoita kuntia perustamaan / ylläpitämään maankaatopaikkoja. Lainsäädäntö ja kestävä kehityksen periaatteet ovat ristiriidassa. Jos vastuu nii-

den vastaanottamisesta ja sijoittamisesta siirtyy kuntavastuulliselle jätehuollolle, on niihin varauduttava tarpeeksi ajoissa. Esteiden väistyttyä niissä on valtava uudelleenkäyttöpotentiaali. (Ruuskanen 2012 & Juntunen 2012.)

Lainsäädäntö on paikoittain ristiriidassa elinkaariajatteluun, joka saattaa olla riski ympäristönsuojelulle. Kunnan vastuulla olevan jätehuollon näkökulmasta esimerkiksi laitostuet ovat hieman kyseenalaisia. Niitä saa, jos uudistaa lähestulkoon koko laitoksen (koko prosessin). Jos vanhaa laitosta haluaisi uudistaa osittain / rakennuttaa jonkin oleellisen lisäosan, ei tukea saa. Näin ollen on taloudellisempaa (ainakin tuen saannin kannalta) rakennuttaa kokonaan uutta, ja jättää vanha laitos ja kapasiteetti käyttämättömäksi. Tämä ei ole kestävän kehityksen periaatteiden mukaista. (Juntunen 2012 & Kaunismäki 2012.)

#### **5.2.4 Ympäristöpäällikön haastattelu**

1. Olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän mallinnusta voidaan tarkastella esimerkiksi jätejakeen keräyksen, kuljetuksen ja käsittelyn kautta. Tätä kokonaisuutta tarkasteltaessa olisi otettava huomioon kustannukset, ympäristövaikutukset ja asiakastarpeet. Kerättäville hyödynnettäville jätteille tulee olla markkinat, jotta niitä olisi kannattavaa erilliskerätä ja saavutettaisiin suljettu prosessi. (Uuksulainen 2012.)

Uudet mallinnustarpeet liittyvät toiminnan hienosäätöön. Elinkaariarvioinnin avulla voitaisiin selvittää esimerkiksi kaasuvoimalan kaasumoottoreiden soveltuvuutta, jos tulevaisuudessa poltetaan kaatopaikkakaasun lisäksi biojätteen käsittelyprosessin tuotteita. Pakkausjätejakeiden kuljetusten kustannustehokkuutta ja ympäristövaikutuksia voitaisiin selvittää mallintamalla erilaisia keräilyvaihtoehtoja, esimerkiksi nelilokerokeräysmallia. Biojätteen erilliskeräyksen maantieteellisten rajojen selvittäminen ympäristönäkökohtia ja kustannustehokkuutta tarkastelemalla saattaa olla tarpeellista lähitulevaisuudessa. (Uuksulainen 2012.)

Sekajätteen loppusijoittaminen kaatopaikalle vuodesta 2014 eteenpäin aiheuttaa toiminnan muutoksia Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksessa. Kaatopaikalle sijoitettavien jätejakeiden ympäristövaikutuksia ja kustannuksia tulisi tarkastella koko

elinkaaren ajalta. Lietteiden käsittely ei varsinaisesti ole HSY:n jätehuollon vastuulla, mutta niiden mahdollista käsittelyä HSY:n prosesseissa, esimerkiksi yhdessä vesihuollon kanssa voisi selvittää. (Uuksulainen 2012.)

2. HSY:n jätehuolto tekee toiminnastaan riskienkartoitusta ja -arviointia. Työsuojelun puolelta riskienarviointia tehdään vielä tarkemmalla tasolla. (Uuksulainen 2012.)
3. Tämän hetkisestä jätehuoltojärjestelmästä olisi tarpeellista selvittää toiminnasta aiheutuvat kustannukset koko elinkaaren ajalta toiminnoittain ja toiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Jätehuoltoon kuuluu oleellisena osana jätekuljetukset, joten kuljetusten hiukkaspäästöt ja muidenkin ilmapäästöjen määrä olisi hyvä selvittää, kuten myös Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toimintojen päästöt. Sosiaalisia näkökohtia ovat jätteen keräilystä ja kuljetuksista aiheutuva liikenteen ruuhkautuminen sekä keräysastioiden aiheuttamat viihtyvyyshaitat kiinteistöillä. Jätehuollon vesipäästöjen hallinta on keskittynyt Ämmässuon jätteenkäsittelykeskukseen, missä niistä saattaa aiheutua vesistöjä rehevöittäviä päästöjä esimerkiksi biojätteen käsittelyn yhteydessä. (Uuksulainen 2012.)

Toimintajärjestelmän ja elinkaariarvioinnin yhtymäkohta on jatkuva parantaminen. Toimintajärjestelmä ja tuloskortteissa käytettävät tunnusluvut eivät suoranaisesti ole päätöksenteon taustalla olevia indikaattoreita, mutta toiminnan kehittämisessä elinkaariarviointi tukee HSY:n jätehuollon olemassa olevia työkaluja. (Uuksulainen 2012.)

#### **5.2.4 Talouspäällikön haastattelu**

1. Jätteen energiahyödyntämisen myötä HSY:n jätehuollon toiminta tulee muuttumaan. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskukseen tullaan edelleen sijoittamaan kaatopaikkajätettä, mutta jatkossa se on jätteen energiahyödyntämisen seurauksena syntynyttä tuhkaa ja kuonia. Sähkönmyyntituloissa voi myös tapahtua muutoksia, kun jätteen energiahyödyntämisen prosessi tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Kaatopaikkojen jälkihoitokustannukset ovat lakisääteisiä kustannuksia, joihin on varauduttava. Kustannusten määrää voitaisiin selvittää skenaarioperusteisesti. HSY:n jätehuolto

teettää uusien käsittelyprosessien ympäristö- ja talousvaikutusten arvioinnin yleensä ostopalveluna, eivätkä näiden selvitysten taloudellisia vaikutuksia ole yleensä tarkasteltu koko elinkaaren ajalta. Mallin avulla tarkasteluja voisi laajentaa. (Turunen 2012.)

Olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän taloudellisten vaikutusten mallintamiselle ei nähdä perusteltua tarvetta, mutta erityisesti uusien toimintojen kehittämisessä ja niiden kustannustarkastelussa menetelmää voitaisiin hyödyntää. Päätöksenteossa elinkaarikustannuslaskenta voisi olla yksi tukipilareista. Jätehuollon kunnallisen palvelun luonteesta johtuen markkinaperusteinen jäte ohjautuu sinne, missä on halvimmat hinnat. Näin ollen elinkaarikustannuslaskennan avulla olisi tärkeää saada tietoa erityisesti sellaisista kehityskohteista, missä sen avulla voidaan määritellä palveluliiketoiminnan hinnoittelu. Kunnallisen toimijan on huomioitava investointeja suunniteltaessa myös hankkeiden vaikutukset ympäristöön, eli päätöksenteko ei perustu ainoastaan kustannustehokkuuteen. Tämän vuoksi olisi hyvä tarkastella sekä ympäristövaikutuksia että taloudellisia vaikutuksia yhdessä. Elinkaariarviointi ei ole budjetoinnin työkalu, mutta sen avulla voitaisiin mahdollisesti mallintaa ja ennakoida kaatopaikkojen jälkihoitokustannusten määrää tulevaisuudessa. (Turunen 2012.)

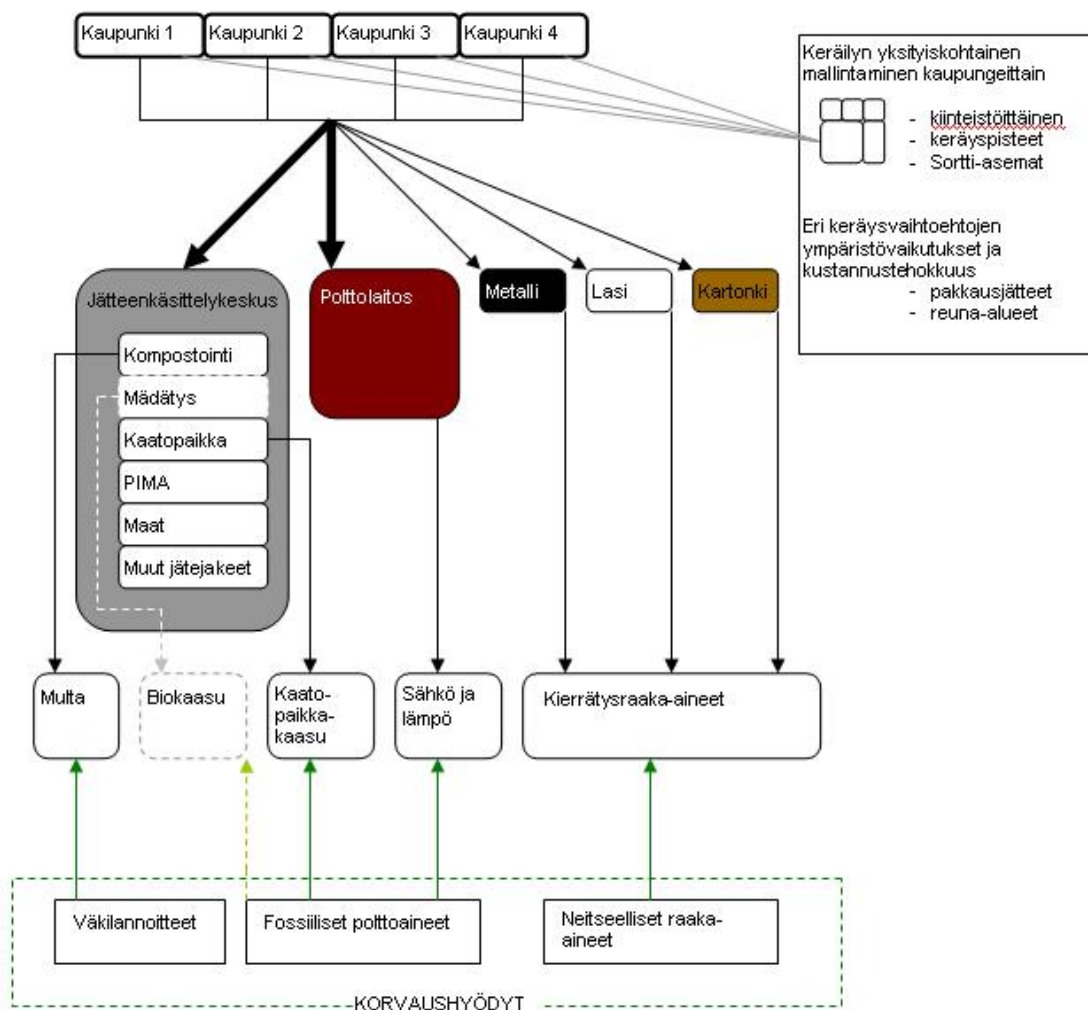
2. Talouden riskeihin varaudutaan tekemällä talousskenaarioita 10 vuoden aikajänteellä. Jätevirtojen volyymit heittelevät, ja kuntavastuullisen jätehuollon tulot ovat suoraan verrannolliset vastaanotettavaan jätemäärään. Esimerkiksi muun kuin kotitalouksissa syntyneen biojätteen vastaanottomäärä Ämmässuon kompostointilaitokselle on vähentynyt huomattavasti viimeisen vuoden aikana kilpailun vuoksi. Tulevaisuuden jätevirtoja voidaan ainoastaan ennustaa, ja siten HSY:n jätehuollon talouden suunnittelu perustuu luotuihin skenaarioihin ja niiden tulkintaan. Tämä on strategian mukaista elinkaariajattelua talouden tasapainon saavuttamiseksi. (Turunen 2012.)
3. Skenaarioperusteiseen tarkasteluun liittyy aina haasteita. Elinkaarikustannuslaskennan avulla voitaisiin saada kuitenkin tärkeitä argumentteja erilaisia kehitysprojekteja päätöksentekijöille esiteltäessä. (Turunen 2012.)

### 5.3 Kriteerit elinkaariarvioinnin tuottamalle tiedolle

Kuvassa 8 on esitetty kuntavastuullisen jätehuollon mallinnustarpeita. Siinä on huomioitu HSY:n jätehuollon mallinnustarpeiden erityispiirteet. Kuvassa on esitetty alueet eli jätteen syntypaikat. Näiden alueiden kiinteistöittäisten jätejakeiden sekä alueellisten keräyspisteiden keräily ja kuljetusten aiheuttamaa ympäristökuormitusta ja kustannustehokkuutta voidaan mallintaa yksityiskohtaisemmalla tasolla selvityksen teettäjän määrittelemien tavoitteiden mukaan. Nuolet kuvaavat jätteiden kuljetuksia eri käsittelymenetelmiin. Nuolien paksuudet kuvaavat eri käsittely- / hyödyntämismenettelyihin kuljettavien jätemäärien volyymia. Jätteenkäsittelykeskuksessa voi olla erilaisia käsittelymenetelmiä erilaisille jätejakeille, esimerkiksi biohajoavan jätteen kompostointi tai mädätys, eri maalajien sijoituspaikkoja sekä kaatopaikka. Kaatopaikalle sijoitettavan biohajoavan jätteen vähentämistavoitteiden mukaisesti tullaan sekajäte polttamaan jätevoimaloissa lähitulevaisuudessa. Tällä saavutetaan ympäristöhyötyjä verrattuna jätteen kaatopaikkasijoittamiseen, sillä jätevoimaloissa syntynyttä energiaa voidaan syöttää valtakunnan sähkö- ja kaukolämpöverkkoon, ja siten korvata fossiilisia polttoaineita. Hyödynnettävät jätteet kerätään jätteen syntypaikoilta ja kuljetetaan jatkojalostukseen, jolloin pitää tutkia saavutetaanko ympäristöhyötyjä niiden korvatussa neitseellisiä raaka-aineita. Samoin niiden prosessointia voidaan tutkia, sillä ne saattavat tuottaa lämpöenergiaa, jolla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita tai vaihtoehtoisesti kuluttaa energiaa.

Elinkaaren aikainen kustannuslaskenta voidaan sisällyttää kunnan vastuulla olevan jätehuollon toiminnan malliin esimerkiksi omana tarkasteluna tai mikäli ohjelmisto sisältää mahdollisuuden elinkaarikustannuslaskentaan, voidaan se tehdä samalla ympäristövaikutusten laskennan rinnalla niiltä osin kun se koetaan tarpeelliseksi. Uusia investointeja tehdessä elinkaarikustannuslaskennassa voidaan soveltaa ajattelutapaa, joka on esitetty luvussa 2.2 esimerkkinä polttolaitoksen elinkaarikustannuslaskennasta.





**Kuva 8.** Yleinen kuvaus kunnan vastuulla olevan jätehuollon elinkaarimallinnuksen prosessikaaviosta, missä on huomioitu HSY:n jätehuollon tulevaisuuden mallinnustarpeita.

Tässä selvityksessä HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnustarpeet on jaoteltu olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän mallinnustarpeisiin ja uusiin mallinnustarpeisiin. Olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän mallintamisen tarkoituksena on saada nykyisen toiminnan ympäristökuormitus ja taloudelliset vaikutukset selville. Selvityksen tavoitetta asetettaessa tulisi pohtia, mihin nykytilannetta verrataan. Uusia mallinnustarpeita selvitetäessä käytetään arvioinnissa skenaarioperusteista menetelmää.

HSY:n jätehuollon toimintojen kasvihuonekaasupäästöjä ei ole laskettu, joten elinkaarimalli halutaan rakentaa koko toiminnasta. Myös toimintojen elinkaarikustannuslaskennan integrointi malliin on toivottavaa. Olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän mal-

lontamisen lisäksi HSY:n jätehuolto on määrittänyt kriteerit elinkaarimallille. Tavoitteena on, että sen avulla

- kyetään tunnistamaan ympäristön kannalta vähiten haittoja ja päästöjä aiheuttavien jätehuoltojärjestelmän vaihtoehdot
- vertailemaan keskenään jätejakeiden erilliskeräysjärjestelmien aiheuttamia ympäristövaikutuksia
- kyetään tunnistamaan keinot, joilla saadaan ehkäistyä jätehuollon aiheuttamia haitallisia ympäristövaikutuksia mahdollisimman kustannustehokkaasti
- kyetään arvioimaan jätehuoltoa koskevien muutosten aiheuttamia vaikutuksia liittyen esimerkiksi lainsäädännön uudistuksiin, jätteen kuljetustekniikoiden kehittymiseen ja erilliskeräysjärjestelmien muutoksiin

HSY:n jätehuollon asiantuntijoiden haastatteluissa nousi esiin toiminnan kasvihuonekaasupäästöjen mallinnustarve. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toimintoja tarkasteltaessa nousi esiin myös vesien rehevöittämisvaikutukset. Kompostointilaitoksen ja tulevan biohajoavan jätteen käsittelyn lisäkapasiteetti sekä kaatopaikan suotovedet voivat aiheuttaa rehevöitymistä lähialueen vesistöissä. Kuljetusten osalta hiukkaspäästöt on merkittävä mitattavissa oleva tunnusluku, joka tulisi huomioida elinkaariarvioinnissa. Vaikka sen painoarvo esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöihin verrattuna on pieni, on niiden haitalliset vaikutukset terveyteen tunnistettu useassa tutkimuksessa. Hiukkaspäästötarkastelu on osa sosiaalisten vaikutusten arviointia, sillä lisääntyvä liikenne tuottaa asukkaille pöly-, melu- ja viihtyvyyshaittoja.

Elinkaariarviointi tulee olemaan yksi päätöksentekoa tukeva työkalu, ja tällä hetkellä kasvihuonekaasupäästöt ovat ympäristövaikutuksista tärkein tunnusluku. Menetelmä tuottaa lisäksi paljon muitakin ympäristöindikaattoreita, joiden merkitystä paikallisesti tulisi pohtia. Myös eri vaikutusluokkien tuloksia tulisi arvottaa päättäjien ja / tai asiantuntijoiden avulla, jotta välttyttäisiin saamasta liian subjektiivista näkemystä vaikutusten arvottamisesta.

HSY:n jätehuolto on määrittänyt operatiivisten prosessien merkittävimmät ympäristönäkökohdat. Elinkaariarvioinnin hyödyntämisen kannalta merkityksellisiä ovat vähäpäästöisten jäteautojen osuuden kasvattaminen ja jäteastioiden tyhjennysten oikea-aikaisuus. Vähäpäästöisten autojen osuuden kasvattaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että tavoitteeseen pyritään jätekuljetuskaluston moottoriluokituksen kautta.

Ympäristövaikutukset ja ympäristönäkökohdat on tunnistettu toiminnoittain. Tämän hetkisen jätehuoltojärjestelmän ympäristönäkökohdat ovat:

- kuljetusten osalta moottorin valinta, logistiikka ja polttoainelaadun valinta
- käsittelyn osalta kaasupäästö (metaani, haisevat yhdisteet) ilmaan sekä pölypäästöt kaatopaikalta ja liikenteestä
- biojätteen käsittelyn osalta biojätteen sijoittaminen kaatopaikalle, haitallisten prosessivesien synty, haisevat prosessikaasut ja kompostin laatu
- alue-palveluiden Sortti-asemien osalta asiakasliikenne ja jätteen jatkokuljetukset
- alue-palveluiden aluekeräyksen osalta asiakasliikenne sekä keräilystä ja kuljetuksista aiheutuva liikenne
- vaarallisten jätteiden osalta asiakasliikenne sekä jätteen keräyksen ja kuljetuksen liikenne
- rakennuttamisen ja suunnittelun osalta ympäristönäkökohtien huomioiminen suunnittelussa ja hankinnoissa, stabiliteetti, haju, melu, pöly, visuaalisuus sekä jätteen määrän vähentäminen
- kaatopaikkojen jälkihoidon osalta vesien hallinta, päästöt ilmaan, kaatopaikkakaasun vuodot ja visuaalisuus

Elinkaarikustannuslaskenta sisällytetään mahdollisesti myöhemmin osaksi HSY:n jätehuollon elinkaarimallia. Tällä hetkellä kuitenkin pidetään toiminnan ympäristökuormituksen arviointia ensisijaisena tavoitteena kilpailutettaessa elinkaarimallin tekijää.

## **6 TOIMINTAOHJEISTO ELINKAARIPALVELUJEN HANKKIMISEKSI**

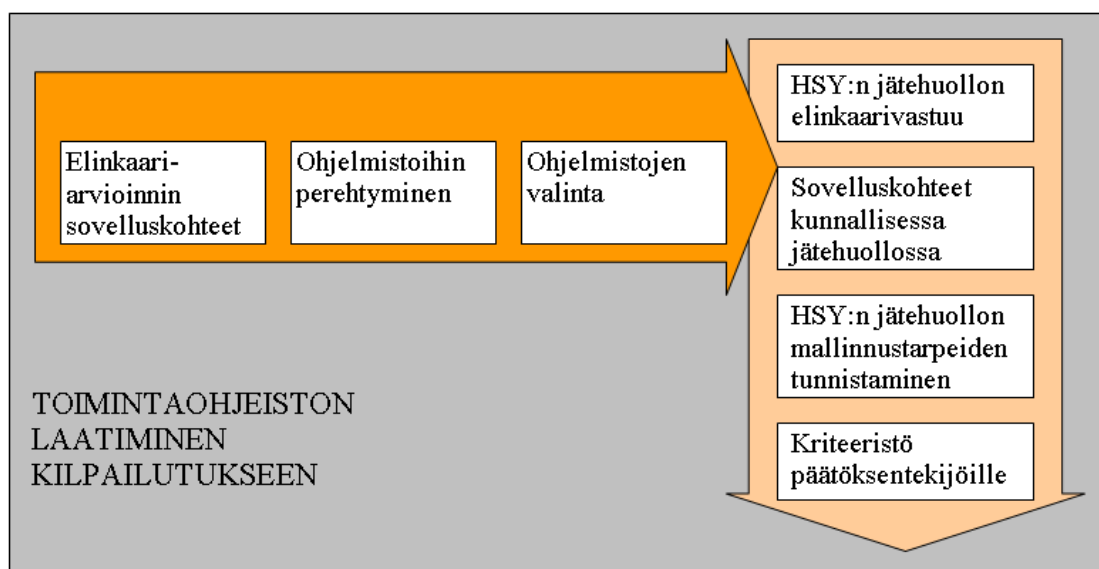
HSY:n jätehuollon elinkaarimalli teetetään konsulttityönä ja sen kilpailuttaminen ajoittuu syksyille 2012. Kilpailutettavilta konsulttitoimistoilta olisi hyvä pyytää selvitys niiden käyttämien ohjelmistojen mahdollisuuksista ja heikkouksista mallintaa HSY:n jätehuollon määrittelemiä mallinnustarpeita. HSY:n jätehuollon yhtenä potentiaalisena mahdollisuutena on tehdä konsultin rakentaman mallin pohjalta elinkaariarviointimallinuksia itse. Tämä edellyttää henkilöresurssien varaamista elinkaariarviointityölle sekä ohjelmistoon ja metodologiaan perehtymistä. Mallin suuremmat muutokset ja päivitykset voitaisiin teettää konsultilla.

Kustannustarkastelua ei ole tarpeellista toteuttaa koko toiminnan laajuudelta, vaan sitä tehdään uusia toimintoja suunniteltaessa tai olemassa olevien toimintojen kehittämisen yhteydessä tarpeen mukaan ja HSY:n jätehuolto voi laatia tarkasteluja itse. Ympäristövaikutuksia ja kustannusvaikutuksia olisi kuitenkin hyödyllistä tarkastella yhdessä yhtenä päätöksentekoprosessia tukevana menetelmänä. Tarjouskilpailusta voidaan yhtenä kriteerinä jättää ohjelmistolla suoritettava elinkaarikustannuslaskenta huomioimatta, sillä ohjelmistoista ainoastaan GaBi 4.4 tarjoaa siihen mahdollisuuden. Konsultilla voisi teettää erillisen elinkaarikustannuslaskennan mallinnustarpeista, mikäli se on tarpeellista.

HSY:n jätehuollon tulisi perehtyä elinkaariarviointimenetelmään ja tunnistamiensa mallinnustarpeiden mallintamiseen. Mallinnettavia tuotejärjestelmiä tulisi tarkastella tavoitteiden kannalta ja hahmotella tai kuvata ne tarpeeksi yksityiskohtaisesti ennen konsultin kilpailuttamista, jotta voidaan varmistua tulosten hyödynnettävyydestä päätöksenteossa. Tarjouskilpailun tuloksia tarkasteltaessa ja konsultin valinnassa on tärkeää ymmärtää, mitä mallilla pyritään selvittämään ja minkälainen näkemys palvelun tarjoajalla on sen rakentamisesta.

Luvussa 3 esitettyjen elinkaariarvioinnin työkalujen ominaisuuksien, elinkaariarvioinnin metodologian sekä työkalujen sisältämien mahdollisuuksien ja rajoitusten perusteella on perusteltua tehdä johtopäätös, että HSY:n jätehuollolla tulee olla asiantuntemusta elinkaariarviointi-menetelmästä ja sen käytöstä. Elinkaariarviointi-menetelmä on kehittämistä ja päätöksentekoa tukeva työkalu, ja HSY:n jätehuollon tulisi hallinnoida elinkaarimalliaan. Itse mallin rakentaminen ja siihen liittyvä osaaminen voidaan ulkoistaa. Taloudellisempaa todennäköisesti olisi, että osa mallinnoista voitaisiin tehdä itse, ja osa ulkoistettaisiin.

Kuvassa 9 on esitetty HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnuspalveluiden hankinnan toimintaohjeiston taustalla olevat vaiheet. Elinkaariarvioinnin menetelmään ja ohjelmistojen metodiikkoihin perehtyminen sekä niiden sisältämien haasteiden ja mahdollisuuksien ymmärtäminen ovat lähtökohta mallinnustarpeiden käytännön toteutukselle. Tässä työssä tunnistetut HSY:n jätehuollon mallinnustarpeet ja niihin liittyvät haasteet ovat käytännössä asettaneet rajat HSY:n elinkaarimallin toteuttamiselle. Alkuperäisen ajatuksen, yhden mallin rakentamisen sijaan, tulisi rakentaa useampi erillinen malli.



**Kuva 9.** Elinkaarimallinnuspalveluiden hankinnan toimintaohjeiston taustalla olevat vaiheet.

Alla on esitetty kolmivaiheinen ohjeisto HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnuspalveluiden hankintaan. Siinä on esimerkkejä käyttämällä selvennetty HSY:n jätehuollon seuraavat toimintavaiheet ennen mallin hankinnan kilpailuttamista.

### *1. Mallinnustarpeiden tunnistaminen*

HSY:n jätehuollon tunnistetut elinkaarimallinnustarpeet, jotka on esitetty luvussa 5.2. eroavat toisistaan niin paljon, ettei niitä voida toteuttaa samalla mallilla. Koko olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän mallintamisessa lähestymistapana on kohdistaa perusvirrat ja potentiaaliset ympäristövaikutukset tiettyyn tuotejärjestelmään tyypillisesti tuotteen historian selostuksena, kun taas esimerkiksi biojätteen erilliskeräyksen laajuuden selvittämisessä lähestymistapana on mahdollisten tulevien muutosten seurauksien mallintaminen ympäristölle verraten kahta eri tuotejärjestelmää. HSY:n jätehuollon tunnistamia mallinnustarpeita tulee tarkastella tavoitteen, toiminnallisen yksikön ja tuotejärjestelmän laajuuden kautta, jotta saadaan käsitys menetelmän mahdollisuuksista ja rajoituksista HSY:n jätehuollon tarpeita tarkasteltaessa. HSY:n jätehuollon tulisi päättää, mitkä tunnistetuista mallinnustarpeista sisällytetään malliin.

### *2. Selvityksen tavoitteen määrittely, toiminnallisen yksikön määrittely, tuotejärjestelmän rajausten määrittäminen ja tarkasteltavien yksikköprosessien kattavuuden tarkastelu*

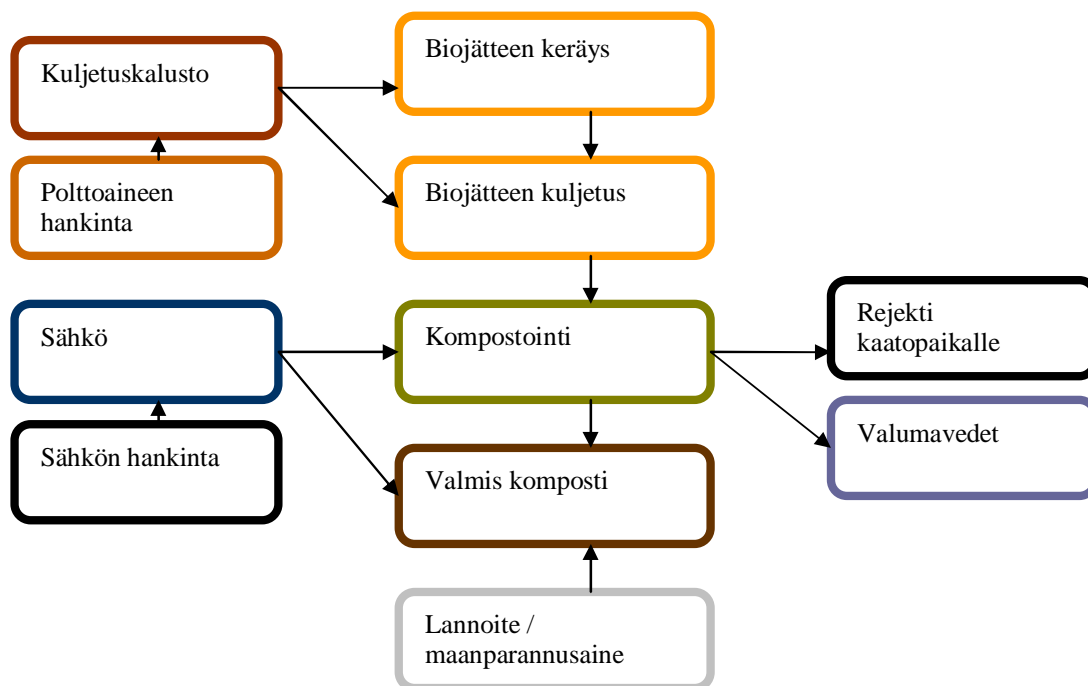
Elinkaariarvioinnin tarkkuus- ja laajuusvaatimukset vaihtelevat selvityksen tavoitteen mukaisesti, joten ohjelmistoa valitessa olisi hyvä olla selvillä, mihin selvityksellä pyritään ja millaisessa päätöksenteossa tuloksia on tarkoitus käyttää. Tulevaisuudessa HSY:n jätehuollolla voi olla tarve perustella elinkaariarvioinnilla jätelain etusijajärjestyksestä poikkeamista tai esimerkiksi jätteen käsittelymenetelmän investointia yhtiökoukselle. Näillä on vaikutusta kun määritetään lähtötiedon laatua määrittämiseen ja selvityksen rajauksia. Potentiaaliset päästöt ilmaistaan suhteessa vertailuyksikköön eli toiminnalliseen yksikköön. Tavoitetta määriteltäessä on perusteltua pohtia lähtötiedon tasoa. Milloin riittää ohjelmiston tietokannasta kerätty data, ja milloin olisi syytä käyttää ns. primääritietoa eli prosessikohtaista dataa. Lisäksi tulee pohtia, voiko joitain tuotejär-

jestelmän osia jättää selvityksen ulkopuolelle, jos ne eivät tuota eroja selvityksen tuloksiin tarkasteltavien skenaarioiden välillä.

Tarkastellaan esimerkiksi biojätteen erilliskeräyksen laajuuden mallintamista HSY:n jätehuollon toiminta-alueella. Tavoitteena on saada tietoa biojätteen erilliskeräyksen vähiten ympäristökuormitusta aiheuttavasta keräyskattavuudesta jätehuoltomääräyksiä varten. HSY:n jätehuolto on selvittänyt biojätteen erilliskeräyksen kattavuutta jo aiemmin, mutta tarkasteluun sisältyi ainoastaan kasvihuonekaasupäästötarkastelu. Lisäksi selvityksessä on laskettu ainoastaan biojätteen keräyksen ja kuljetusten kattavuudet. Oletetaan, että uudessa selvityksessä vertailtaisiin olemassa olevan biojätteen erilliskeräyksen, vähintään 10 asuinhuoneistoa käsittävien kiinteistöjen, tuottamia päästöjä tilanteisiin, joissa biojätettä kerättäisiin vähintään 5 tai 20 asuinhuoneiston kiinteistöiltä.

Selvityksen tavoitetta määritettäessä tulisi olla selvillä, mitä päästöjä erityisesti halutaan vähentää. Jos selvityksen tavoitteena on erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen mallinnus, olisi siihen sisällytettävä kaikki ne toiminnot, joista kyseisiä päästöjä aiheutuu. Jätteen keräilyyn päästöt tulisi mallintaa sillä tarkkuudella, että eri vaihtoehtojen erot saadaan selville tarkoituksenmukaisesti. Päästöjen määrään vaikuttaa oleellisesti kuljetuskalustossa käytettävän polttoaineen kulutus. Elinkaariarviointiin tulee sisällyttää lisäksi polttoaineen hankinnan aiheuttamat päästöt, jotka riippuvat myös käytettävän polttoaineen laadusta.

Kuvassa 10 on esitetty esimerkki erilliskerätyn biojätteen tuotejärjestelmästä HSY:n jätehuollon mallissa. Toiminnallisena yksikkönä selvityksessä voitaisiin käyttää 1 000 kg erilliskerättyä biojätettä. Erilliskerätty biojäte kuljetetaan käsittelyyn Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen kompostointilaitokselle. Kompostointiprosessin syötteitä ovat erilliskerätty biojäte, kompostiprosessin tarvitsema sähköenergia ja ilma. Prosessin lopputuotteita, jotka sisällytetään selvitykseen, ovat valmis komposti, valumavedet, kaatopaikalle sijoitettava esikäsittelyn rejekti ja päästöt ilmaan.



Kuva 10. Erilliskerätyn biojätteen tuotejärjestelmän rajaukset.

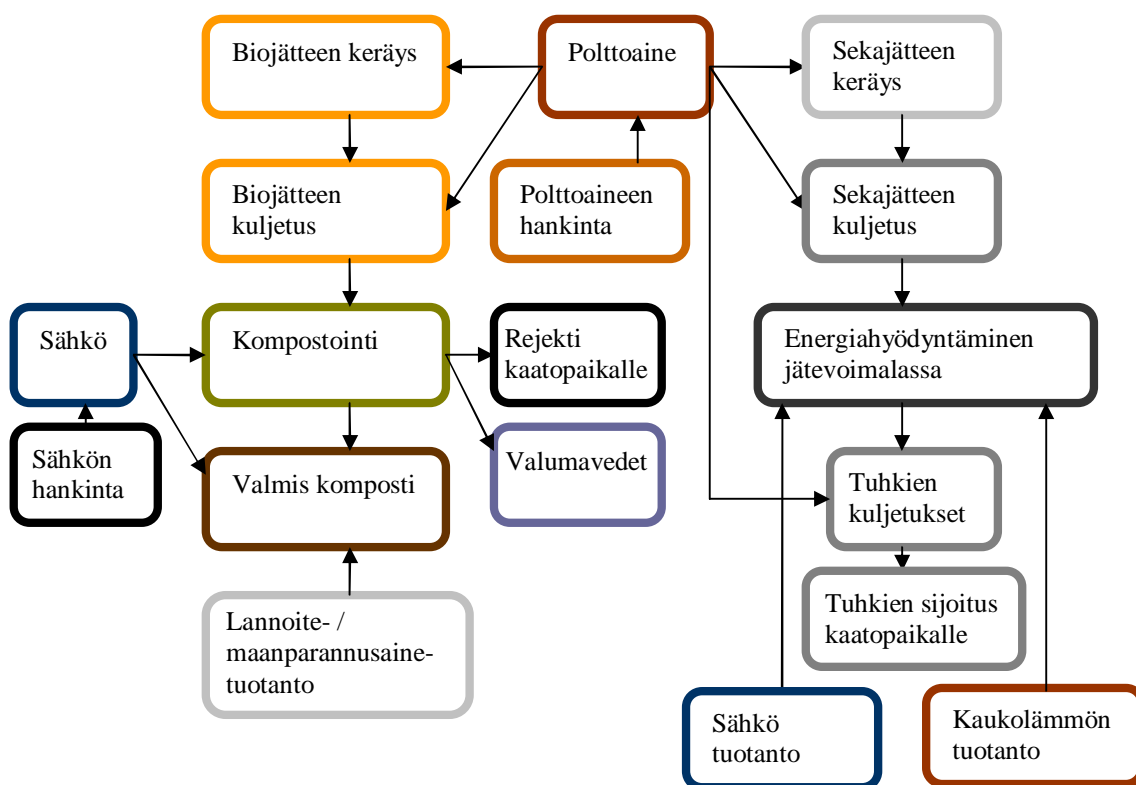
Biojätteen erilliskeräyksen laajuuden, kuten muidenkin tunnistettujen mallinnustarpeiden, selvityksissä tulisi tuotejärjestelmien rajaukset pohtia tarkoituksenmukaisiksi tavoitteiden kannalta ja ne kuvata mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Tässä tapauksessa tarkastelun ulkopuolelle voitaisiin jättää rakennusten, koneiden, jätteastoiden ym. vastaavien tuotannon aikaiset sekä huoltotoimenpiteiden aiheuttamat päästöt. Kompostointilaitoksen lämmityksen ja valaistuksen energiankulutusta ei ole sisällytetty selvitykseen. Sen sijaan kompostointiprosessin tarvitsema energianmäärä ja sen tuotanto on sisällytetty tuotejärjestelmään. Jätteen keräily ja kuljetukset sisältyvät selvitykseen, kuten myös kuljetuskaluston käyttämän polttoaineiden hankinnan päästöt. Kompostointiprosessi tuottaa kaatopaikalle sijoitettavaa rejektiä ja jätevesiä tai valumavesiä, jotka pääsevät luontoon. Näiden päästöt on sisällytetty tuotejärjestelmään. Jätevesien puhdistusta jätevedenpuhdistuslaitoksella ei ole sisällytetty selvitykseen. Kompostointiprosessin lopputuote, valmis komposti ja sen käyttö kemikaaleja korvaavana maanparannusaineena on sisällytetty selvitykseen.

Toisena esimerkkinä voidaan tarkastella kotitalouksista erilliskerätyn biojätteen keräyksen kannattavuutta HSY:n jätehuollon toiminta-alueen reuna-alueilta. Tässä tarkastelus-



sa voidaan koettaa selvittää asiakkaan vastuuta siitä näkökulmasta, että onko reuna-alueilla asuvan asukkaan lajiteltava biojäte erikseen vai onko ympäristönsuojelullisesti parempi vaihtoehto sallia biojätteen heittäminen sekajäteastiaan näillä kiinteistöillä ja sen kuljettaminen sekajätteenä energiahyödynnettäväksi. Vertailuvirtana on nykyisten jätehuoltomääräysten mukainen malli, eli biojätteen erilliskeräys kiinteistöiltä, joissa on vähintään 10 asuinhuoneistoa. Tätä voidaan kutsua selvityksen perusskenaarioksi. Tähän perusskenaarioon voitaisiin verrata skenaarioita, joissa olisi biojätteen erilliskeräyksen rajat määritelty maantieteellisesti eikä kiinteistön asuinhuoneistojen määrän perusteella. Tutkittavat skenaariot voitaisiin laatia esimerkiksi keskimääräisen kuljetusmatkan perusteella laskemalla kilometrit kiinteistöltä Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksessa sijaitsevalle kompostointilaitokselle.

Kuvassa 11 on esitetty tuotejärjestelmä yllä kuvattuun tarkasteluun. Siihen on sisällytetty edellä olevan mukaisesti biojätteen keräilyn ja kuljetusten päästöt kun tarkasteluun sisällytetään myös polttoaineen hankinnan päästöt. Kompostointiprosessin päästöjen laskennassa huomioidaan prosessin tarvitsema sähköenergian ja sen tuotannon päästöt. Prosessin tuotteet: valumavedet ja kaatopaikalle sijoitettava rejekti sisällytetään laskentaan. Päätuote, valmis komposti korvaa kemiallisesti tuotettuja lannoitteita / maanparannusaineita. Tässä tarkastelussa osa biojätteestä kerätään sekajätteen mukana. Jäte kuljetetaan energiahyödynnettäväksi jätevoimalaan. Prosessissa syntyvät tuhkat, tai ainakin osa niistä, kuljetetaan loppusijoitettavaksi jätteenkäsittelykeskuksessa sijaitsevalle kaatopaikalle. Tuhkien kuljetusten aiheuttamien päästöjen laskentaan on sisällytetty polttoaineen hankinnan päästöt. Jätevoimalan tuottama sähkö ja kaukolämpö korvaavat Suomen keskimääräistä sähköntuotannosta aiheutuvia päästöjä, kun fossiilinen polttoaine korvataan jätteellä.



**Kuva 11.** Erilliskerätyn biojätteen tuotejärjestelmän rajaukset, kun tavoitteena on mallintaa maantieteelliset rajat erilliskerätyn biojätteen keräyksen kannattavuudelle.

Tavoitteena on selvittää, kannattaako biojätettä erilliskerätä kiinteistöiltä, joiden kuljetusmatkat kompostointikäsittelyyn ovat verrattain pitkät. Kuinka paljon biojätettä pitäisi kiinteistöllä syntyä, jotta sen erilliskeräys olisi parempi vaihtoehto kuin saanto suhteutetaan kuljetusmatkan pituuteen? Kuinka paljon enemmän biojätteen erilliskeräyksen lopettamisella reuna-alueilta voitaisiin saavuttaa mahdollisia ympäristöhyötyjä kun se käsitellään kompostointiprosessissa verrattuna tilanteeseen, missä kaikki kotitalouksissa syntynyt biojäte erilliskerätään ja kompostoidaan nykyisten jätehuoltomääräysten mukaisesti? Tuotejärjestelmä olisi tässä selvityksessä edellä kuvatun kaltainen. Biojätteen keräilyn ja kuljetusten aiheuttamien päästöjen laskenta on iso osa selvitystä. Ne tulisi laskea mahdollisimman kattavasti primääritietoa käyttäen. Selvityksen toiminnallisena yksikkönä voitaisiin käyttää tonnia erilliskerättyä biojätettä.

### *3. Tarjouspyynnössä huomioitavat seikat*

HSY:n jätehuolto määrittää kriteerit, joilla elinkaariarvioinnin tarjouksien kokonaistaloudellisuutta arvioidaan. Tarjouskilpailutusta varten on selvitetty ohjelmistojen lisenssimaksut ja mahdollisten pakollisten koulutusten hinnat lisenssien saamiseksi, jotta voidaan arvioida elinkaariarvioinnin kustannuksia pidemmällä aikavälillä eikä pelkästään konsultin rakentaman mallin kustannuksia. Tarjouspyyntö sisältää kaikki tässä työssä mukana olevat ohjelmistot: WRATE, EASEWASTE ja GaBi 4.4.

Tarjouspyynnössä konsultilta pyydetään työsuunnitelmaa, sillä HSY:n jätehuollolla ei ole vastaavaa kokemusta elinkaariarviointityöstä. Sen olisi hyödyllistä sisältää suunnitelmat käytettävästä vaikutusarviointimenetelmästä, tietokantatiedon laadun arvioinnista ja sen soveltuvuudesta HSY:n jätehuollon elinkaaritarkasteluun sekä jätteen keräilyyn ja kuljetusten mallintamisen toteuttamisesta käytännössä HSY:n jätehuollon toimittaman jätteen keräilystä ja kuljetuksista saatavaan inventaariotietoon perustuen.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

### **7.1 Keskeiset johtopäätökset**

HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnustarpeet saatiin kartoitettua toiminnoittain. HSY:n jätehuollon tavoitteena oli rakentaa yksi malli, missä on kuvattuna tämän hetkisen jätehuoltojärjestelmän kasvihuonekaasupäästöt. Lisäksi malliin tulisi pystyä lisäämään toimintojen kehittyessä uusia toimintoja. Tavoitteena oli suhteuttaa HSY:n jätehuollon eri toiminnoista aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjen määriä toisiinsa. Tämän lisäksi samassa mallissa tulisi voida skenaarioperusteisesti tutkia tässä selvityksessä esille nousseita mallinnustarpeita yksityiskohtaisemmin.

Työssä esiteltyjen ohjelmistojen arviointia varten laadittiin kriteeristö, jonka avulla voidaan arvioida niiden soveltuvuutta HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnustyöhön. Selvitys osoittaa, että kaikilla näillä ohjelmistoilla voidaan laskea HSY:n jätehuollon tunnistetut mallinnustarpeet. Ohjelmistojen paremmuutta ei voida arvottaa työssä laadittua

kriteeristöä käyttämällä. Lähinnä se sisältää asiat, jotka tulisi huomioida ohjelmistoa valittaessa ja niiden ominaisuuksia kartoitettaessa.

Elinkaariarviointi on menetelmä, jonka avulla ei saada absoluuttisia vastauksia. Selvityksen tekijän tulee olla perehtynyt menetelmään sekä sen mahdollisuuksiin ja rajoituksiin. Jotta elinkaarimallinnuksen tuottamia tuloksia voidaan hyödyntää päätöksenteossa, tulisi selvityksen tilaajalla ja tulosten hyödyntäjällä olla tavoite selkeästi määriteltynä. Myös se, millaisessa päätöksenteossa tuloksia käytetään, määrittelee selvityksen metodologiaan liittyviä valintoja. Tämän työn perusteella voidaan todeta, että kaikkia HSY:n jätehuollon tunnistettuja mallinnustarpeita ei voida laskea samalla mallilla, sillä ne eroavat toisistaan tavoitteen ja soveltamisalan osalta. Myös toiminnallinen yksikkö on erilainen eri mallinnustarpeissa.

HSY:n tulisi varata riittävät resurssit ylläpitää konsultin rakentamaa mallia ja mahdollisesti suorittaa itse uusien elinkaarimallinnustarpeiden inventaariotiedon hankintaa ja tuotejärjestelmän ympäristökuormituksen laskentaa. Työssä esitettyjen, tutkimuksiin perustuvien kunnan vastuulla olevan jätehuollon elinkaariarviointitarkastelujen sekä HSY:n asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella tunnistettujen mallinnustarpeiden perusteella oli perusteltua luoda toimintaohjeisto konsultin kilpailuttamiseksi. Elinkaariarviointiin liittyy haasteita, ja menetelmän käyttäminen vaatii perehtymistä. HSY:n jätehuollolla tulisi olla asiantuntijuutta ennen konsultin kilpailuttamista määrittää elinkaariselvityksen tavoite ja kuvata mallinnettavat toiminnot tarpeeksi kattavasti tavoitteita vastaaviksi. Tällä menettelyllä voidaan varmistaa selvityksen toteuttamiseen sisältyvien mahdollisten haasteiden olemassaolo ja HSY:n jätehuollon kyky arvioida tarjouksia riittävästi sekä tarjoajan kykyä toteuttaa HSY:n jätehuollon tunnistamat mallinnustarpeet.

HSY:n jätehuollon tulisi resursoida riittävästi elinkaarimallinnustyöhön pitkällä tähtäimellä. Menetelmän käyttö tulee lisääntymään jatkossa jätehuollon kehittämisessä, eikä sitä siten ole tarkoituksenmukaista ulkoistaa kokonaisuudessaan. Elinkaariarviointi tulisi sisällyttää osaksi HSY:n jätehuollon kehittämistyötä. HSY:n jätehuollon tulee arvioida myös muut kuin itse ohjelmiston hankinnasta aiheutuvat kulut. Henkilökunnan

kouluttaminen, tietotekniset haasteet ym. tulee ottaa huomioon kun arvioidaan elinkaariarviointityölle kokonaishintaa esimerkiksi seuraavalle viideksi vuodeksi.

## 7.2 Tulosten hyödynnettävyys ja yleistettävyys

Mikäli HSY:n jätehuollon elinkaarimallin ohjelmistoksi valitaan työkalu, joka ei ole ainoastaan jätehuollon elinkaariarviointiin kehitetty, voidaan mallinnusta laajentaa kuntayhtymän muihin toimialoihin ja tulosalueisiin. Hyötynä olisi ohjelmiston käytöstä saatu kokemus ja taustalla oleva sama vaikutusarviointimenetelmä, jolloin voidaan suhteuttaa koko organisaation toiminnan ympäristövaikutuksia toisiinsa.

Suomessa kunnallista jätehuoltoa toteutetaan lainsäädännön puitteissa, joten eri puolella maata toiminnalla on sama viitekehys. Erilaiset jätteiden keräily- ja kuljetusratkaisut sekä käsittely ja hyödyntäminen ovat jätelaitoskohtaista kuten myös jätehuoltomääräysten velvoitteet kerättävistä jätelajeista. Elinkaarimallinnustarpeet saattavat olla samantyyppisiä muissakin jätelaitoksissa, ja ohjelmistojen soveltuvuuden arviointi antaa tietoa myös muille kuntavastuullisen jätehuollon toimijoille mahdollisuuksista ja haasteista.

Elinkaariarviointi tulee yleistymään myös julkisella puolella, joten tarve kunnan vastuulla olevan jätehuollon mallintamiselle ja siinä saavutetulle käytännön kokemukselle lisääntynee. Jätelaitosyhdistys on valmistelemassa ohjeistusta elinkaariarvioinnin toteuttamiselle kunnallisessa jätehuollossa. Näin jätelaitokset voisivat käyttää samaa ohjeistusta, ja tulosten vertailu helpottuisi, vaikkakin selvitykset ilmentävät ympäristökuormitusta aina paikkakohtaisesti. Mutta tällä tavalla voitaisiin verrata ja suhteuttaa eri jätelaitosten toiminnan vaikutuksia ympäristöön ja mahdollisesti tarkastella elinkaaren aikaisia kustannuksia.

Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannuslaskennan lisäksi eri vaihtoehtojen vaikutuksia selvitetessä tulisi lisäksi tutkia hankkeen tai projektin paikallisia vaikutuksia sekä sosiaalisia vaikutuksia. Kunnallispalveluita tuottaessa kustannukset ovat aina mukana tarkasteluissa ja siksi niitä ei sovi unohtaa, vaikka ensisijaisesti HSY:n jätehuollon elinkaariarviointi keskittyy toiminnan ympäristökuormituksen laskemiseen.

### 7.3 Jatkoselvitettävät aiheet

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon elinkaariarviointi hakee vielä muotoaan tuoreen lainsäädännöllisen muutoksen myötä ja suhteellisen vähäisen käytännön kokemuksen puuttuessa. Tämä selvitys on selkeyttänyt HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnustarpeiden tunnistamista ja sen hyödyntämistä toiminnassa. Voidaan ajatella, että HSY:n jätehuollon elinkaariarviointityö on moniportainen prosessi, ja tämä selvitys on sen alin taso. Hankeraportissa määriteltyihin tavoitteisiin pyritään, mutta on myös tunnistettava realiteetit. Kaikkea ei voida tehdä yhdellä kertaa ja välttämättä samalla mallilla. Kun saadaan käytännön kokemusta, voidaan työtä laajentaa ja ottaa kustannukset mukaan tarkasteluun laajemminkin. Lisäksi on mahdotonta ennustaa tulevaisuuden mallinnustarpeita niin selvästi, että voitaisiin valita niiden perusteella paras mahdollinen menetelmä tavoitteiden saavuttamiseksi.

Elinkaariarvioinnin vaikutusarviointimenetelmä ei ole yksiselitteinen ja helposti ymmärrettävissä oleva menetelmä. Tällä hetkellä yhteiskunnassa on globaalistikin trendinä viestiä teollisuuden kasvihuonekaasupäästöistä. Myös useimmissa eurooppalaisissa elinkaariarviointi-tutkimuksissa ilmastonmuutos-vaikutusluokkaa on painotettu tarkasteluissa muita selkeästi enemmän. Tulenheimon mukaan taloudellisesta näkökulmasta taas energiantuotannon päästöjen aiheuttamista vaikutuksista tärkeimpiä ovat terveysvaikutukset. Rahassa mitattuna hiukkasten aiheuttama kuolleisuusriski on yksi merkittävimpiä terveysvaikutuksia. (Tulenheimo 1995, 38–39.) Kuntavastuullisen jätehuollon elinkaariarviointiin olisi saatava yhteiset ohjeet vaikutusarvioinnin toteuttamiselle; mitkä vaikutusluokat tulisi ottaa huomioon tarkastelussa, mitä karakterisointimallia tulisi käyttää ja miten tuloksia tulisi painottaa.

Tällä hetkellä elinkaariarvioinnista puuttuu esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden näkökulma ja typen laskeuman näkökulma. Nämä päästöt ilmastonmuutoksen kanssa ylittävät maapallon kestävyysrajat huomattavalla volyyymilla. Myös kriittisiä rajoja lähestyvien ympäristövaikutusten, kuten merien happamoituminen, makean veden kulutuksen, fosforikierron ja maankäytön muutosten arviointi tulisi sisällyttää elinkaariarviointiin, jotta tulokset olisivat täydellisempiä ja kokonaisvaltaisempia käytettäessä dataa päätöksien tukena.

Mahdollisuuksia integroida elinkaarikustannuslaskenta osaksi HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnusta voisi selvittää tulevaisuudessa. Myös sosiaalisten vaikutusten arviointi olisi perusteltua sisällyttää kunnan vastuulla olevan jätehuollon tarkasteluihin.

## 8 YHTEENVETO

HSY:n jätehuollon tavoitteena on rakentaa elinkaarimalli, jonka avulla saadaan tietoa koko toiminnan elinkaaren ympäristökuormituksesta ja kustannusvaikutuksista sekä mahdollisuuksien mukaan sosiaalisista vaikutuksista. Tavoitteena on malli, jota voitaisiin mahdollisesti hyödyntää muissakin jätelaitoksissa. Elinkaarimalli teetetään konsultilla.

Elinkaariarvioinnin sovelluskohteita yhdyskuntajätehuollossa on selvitetty kirjallisuuden perusteella. HSY:n jätehuollon mallinnustarpeet tunnistettiin haastattelemalla HSY:n asiantuntijoita. Koska HSY:n jätehuollon tavoitteena oli koko toiminnan ympäristökuormituksen ja taloudellisten vaikutusten mallintaminen, päädyttiin haastattelemaan kuljetuspalveluita, aluepalveluita ja käsittelypalveluita sekä ympäristöpääällikköä ja talouspääällikköä. Mallinnustarpeet pyrittiin selvittämään olemassa olevan jätehuoltojärjestelmän osalta ja tulevaisuuden tarpeiden osalta. Sosiaalisten vaikutusten arviointi toteutettiin tekemällä kirjallisuusselvitys ja haastattelemalla HSY:n jätehuollon neuvontapääällikköä.

Työhön valittiin kolme elinkaariarvioinnin ohjelmistoa. Niitä on arvioitu ohjelmistojen sisältämien tietokantojen, vaikutusarviointimenetelmien, parametrisoinnin sekä mahdollisuuksien ja rajoitteiden kautta. Ohjelmistot sisältävät mallinnusmahdollisuuksia, joita ei pelkän kirjallisuustarkastelun avulla saada selville. Tämän vuoksi selvityksen tekijän kokemus ja taidot rakentaa malli nousivat työssä itse ohjelmistojen metodologiaa ja tietokantoja tärkeämmäksi kriteeriksi ohjelmistojen arvioinnissa. Kaikilla työssä esitellyillä ohjelmistoilla voidaan mallintaa jätehuollon prosesseja, eikä niitä tässä työssä voitu arvottaa paremmuusjärjestykseen.

Työn perusteella voidaan todeta, että HSY:n jätehuollon tavoite toiminnan kokonaispäästöjen mallinnuksesta ei ole kannattavaa. HSY:n jätehuollon tunnistetut mallinnus-

tarpeiden poikkeavat toisistaan paljon, eikä niiden laskenta samalla mallilla ole mahdollista menetelmän metodologianperusteella. Selvitysten tavoitteet, rajaukset ja toiminnallinen yksikkö ovat erilaisia eri mallinnustarpeissa. HSY:n jätehuollon mallinnustarpeet tulee toteuttaa useammalla erillisellä mallilla, jotta tuloksia voidaan hyödyntää päätöksenteossa.

Työn aikana HSY:n jätehuolto päätti ensisijaisesti keskittyä ympäristövaikutusten mallintamiseen. Toiminnan taloudelliset vaikutukset ja mallinnustarpeet ovat kuitenkin tunnistettu haastatteluiden perusteella, ja ne voidaan sisällyttää elinkaaritarkasteluihin itse tehtyinä. Tarjouskilpailu päätettiin rajata koskettamaan ainoastaan ympäristövaikutusten mallinnusta. Työn tuloksena laadittiin toimintaohjeisto HSY:n jätehuollon elinkaarimallinnuspalveluiden hankkimiseksi. Ohjeiston avulla on pyritty varmistamaan, että ennen tarjouskilpailutuksen järjestämistä HSY:n jätehuolto on tehnyt tarvittavat esisuunnitelmat tunnistettujen mallinnustarpeiden osalta. Tällä menettelyllä varmistetaan mallin tuottaman tiedon käytettävyys päätöksenteossa. Jätelain uudistuksen myötä elinkaariarviointi ei jääne kertaluonteiseksi työkaluksi kunnan vastuulla olevassa jätehuollossa. Kuntavastuullisessa jätehuollossa elinkaariarviointi on yksi kehittämisen työkalu, ja sen vuoksi HSY:n jätehuollolla tulee olla perehtynyt menetelmään ja sen tuomiin mahdollisuuksiin ja rajoituksiin.



## LÄHTEET

Achillas, Vlachokostas, Moussiopoulus, Perkoulidis, Banias & Mastropavlos. 2011. Electronic waste management cost: a scenario-based analysis for Greece. *Waste management & research: The Official journal of international solid waste association ISWA*, Vol 29, no 9, s. 963-972. ISSN 0731-242X.

Angerman M. 2011. Puuttuvien tietojen täydentäminen ympäristövaikutusten arviointiin. [verkkodokumentti]. Oulun yliopisto, [viitattu 13,2,2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=132577&lan=fi>.

Antikainen R. (toim.) 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010, [viitattu ]. ISBN 978-952-11-3734-1 (PDF). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=116835&lan=fi>.

Bhander G. S., Christensen T. H. & Hauschild M. Z. 2010. EASEWASTE—life cycle modeling capabilities for waste management technologies. *The International journal of life cycle assessment*. Vol. 15, no. 4, s. 403-416. Saatavissa: Springer journals. Vaatii käyttöoikeudet.

Christensen T. H., Bhander G., Lindvall H., Larsen A. W., Fruergaard T., Damgaard A., Manfredi S., Boldrin A., Riber C. & Hauschild M. 2007. Experience with the use of LCA-modelling (EASEWASTE) in waste management. *Waste Management & Research*. Vol. 25, no. 3, s. 257-262. Saatavissa: sage journals. Vaatii käyttöoikeudet.

Dahlbo H., Laukka J., Myllymaa T., Koskela S., Tenhunen J., Seppälä J., Jouttijärvi T. & Melanen M. 2005. Waste management options for discarded newspaper in the Helsinki Metropolitan Area. Life cycle assessment report. The Finnish Environment Institute 752. Helsinki 2005. ISBN 952-11-1956-X.

Easewaste. 2011. [DTU:n www-sivuilla]. [viitattu 23.12.2011]. Saatavissa: [http://www.easewaste.dk/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1&Itemid=2](http://www.easewaste.dk/index.php?option=com_content&task=view&id=1&Itemid=2).

Environment Agency Wales. 2006. Sustainability Appraisal and Life Cycle Analysis of Strategic Waste Management Options. [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.walesregionalwasteplans.gov.uk/pdfs/april08/South\\_West\\_Wales\\_LCA\\_SA\\_Report\\_Part\\_3-Appendices.pdf](http://www.walesregionalwasteplans.gov.uk/pdfs/april08/South_West_Wales_LCA_SA_Report_Part_3-Appendices.pdf).

Eriksson O. 2004. Combination of tools: LCC & LCA. [verkkodokumentti]. SYKE LCA-WASTE Workshop 6-7/5 2004, [viitattu 18.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11104&lan=en#a4>.

Eunomia Research & Consulting. 2002. Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste. Appendices to Final Report to the European Commission. [verkkodokumentti]. [viitattu 12.4.2012]. Saatavissa: [http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/econanalysis\\_appendices.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/econanalysis_appendices.pdf).

GaBi-software. 2011. Documentation of LCWE data in GaBi 4. [verkkodokumentti]. Stuttgartin yliopisto, [viitattu 17.1.2012]. Saatavissa: <http://www.gabi-software.com/fileadmin/Documents/lcwe.pdf>.

Gentil E. 2008. Waste LCA models and climate change. [verkkodokumentti]. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, [viitattu 22.2.2012]. Saatavissa: [http://documents.er.dtu.dk/Projects/3R/08\\_3R\\_Annual\\_Seminar/17-EGE-3R\\_Seminar\\_08\\_waste\\_LCA\\_models\\_and\\_climate\\_change.pdf](http://documents.er.dtu.dk/Projects/3R/08_3R_Annual_Seminar/17-EGE-3R_Seminar_08_waste_LCA_models_and_climate_change.pdf).

Gentil E. C., Damgaard A., Hauschild M., Finnveden G., Eriksson O., Thorneloe S., Kaplan P. O., Barlaz M., Muller O., Matsui Y., Ii R. & Christensen T. H. 2010. Models for waste life cycle assessment: Review of technical assumptions. Waste Management. Vol. 30, no. 12, s. 2636–2648. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Gentil E. C. 2011. Life-cycle modelling of waste management in Europe: tools, climate change and waste prevention. [verkkodokumentti]. Kongens Lyngby: Technical University of Denmark, [viitattu 28.2.2012]. Department of Environmental Engineering: PhD

Thesis. Saatavissa:

<http://orbit.dtu.dk/getResource?recordId=275580&objectId=2&versionId=1>.

Golder Associates. 2011. WRATE – LCA-training course. Finland 17.10.2011.

Hauta-Heikkilä H. 2006. Opas jätelaitosten raportointiin. [verkkodokumentti]. Efeko Oy, [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/jlrap1.pdf>.

Helén R. 2007. Jätelaitosten yhteiskuntavastuun GRI-tunnusluvut. [verkkojulkaisu]. Haaga-Helia ammattikorkeakoulun liiketalouden yksikkö, [viitattu 11.4.2012]. Opin- näytetyö. Saatavissa: [http://www.jly.fi/jatelaitosten\\_gri.pdf](http://www.jly.fi/jatelaitosten_gri.pdf).

HSY. 2011. Tilinpäätös 2010. [verkkodokumentti], [viitattu 5.1.2012]. Saatavissa: [http://www.hsy.fi/tietoahsy/Documents/Toimintakertomukset/toimintakertomus2010\\_al lekirjoitettu.pdf](http://www.hsy.fi/tietoahsy/Documents/Toimintakertomukset/toimintakertomus2010_al lekirjoitettu.pdf).

Impact Methodologies (LCIA). 2012. [GaBi-softwaren www-sivuilla]. [viitattu 24.4.2012]. Saatavissa: <http://www.gabi-software.com/software/gabi-software/gabi-5/functionalities/impact-methodologies-lcia/>.

Juntunen H. 2012. Toimintovastaava, Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY. Espoo. Haastattelu 30.1.2012.

Kaila J., Paavilainen J., Kojo R., Penttilä M. & Karhu H. 2006. Jätehuollon järjestäminen kunnan näkökulmasta. Helsinki: Kuntaliitto. ISBN 952-213-141-5.

Karhu K. 2012. Projektipäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 16.1.2012.

Kaunismäki J. 2012. Toimintovastaava, Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY. Espoo. Haastattelu 30.1.2012.

Kautto P., Kauppila J. & Lonkila K-M. 2009. Jätehuollon tuottajavastuujärjestelmien toimivuus. [verkkodokumentti]. Ympäristöministeriön raportteja 15/2009, [viitattu 21.12.2012]. Helsinki. ISBN 978-952-11-3492-0 (PDF). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=104448&lan=fi>.

Kemppainen S. 2012. Vs. neuvontapäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 10.4.2012.

Kiinteistön jätehuolto. 2011. [HSY:n www-sivut]. Päivitetty 1.9.2011, [viitattu 15.11.2011]. Saatavissa: <http://www.hsy.fi/jatehuolto/palvelut/kiinteistonjatehuolto/Sivut/default.aspx>.

Kiviranta M. 2009. Pääkaupunkiseudun keräyskartongin ympäristövaikutusten elinkaariarviointi. Pro Gradu -työ. Helsingin yliopisto, biotieteellinen tiedekunta, ympäristönsuojelutiede. Helsinki. 103 s.

Kuusio T. 2010. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien pienmetallin keräyksen ja hyödyntämisen ympäristövaikutukset. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Teknillisen korkeakoulun materiaali- ja kallioteknikan koulutusohjelma. Espoo. 134 s.

Kylä-Harakka-Ruonala T. 2009. Elinkaariajattelusta kilpailuetua yrityksille. [verkkodokumentti]. Elinkeinoelämän keskusliitto. FINLCA-hankkeen aloitusseminaari 18.8.2009, [viitattu 12.3.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=107705&lan=fi>.

Larsen A.W., Merrild H., Mller J. & Christensen T.H. 2010. Waste collection systems for recyclables: An environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark). Waste Management Vol. 30, no. 5, s. 744-754. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Life cycle costing. 2012. [Stuttgartin yliopiston www-sivuilla]. [viitattu 3.2.2012]. Saatavissa: <http://www.lbp-gabi.de/47-1-life-cycle-costing.html>.

Linnanen L., Boström P. & Miettinen P. 1994. Ympäristöjohtaminen, Elinkaariajattelu yrityksen toiminnassa. Juva. ISBN 951-35-5859-2.

Loikkanen T., Mälkki H., Virtanen Y., Katajajuuri J-M., Seppälä J., Leivonen J. & Reinikainen A. 1999. Elinkaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnan päätöksenteon tukena – nykytila ja kehittämistarpeet. Tekes, Teknologia katsaus 68/99. Helsinki. ISBN 951-53-1432-1.

Manfredi S. & Pant R. (toimit.) 2011. Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management A technical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) for waste experts and LCA practitioners. [verkkodokumentti]. JRC Scientific and technical Reports, EUR 24916 EN – 2011. [viitattu 5.12.2011]. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-21017-4 (PDF). Saatavissa: <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ReqNo-JRC65850-LB-NA-24916-EN-N.pdf>.

Manfredi S., Pant R., Pennington D. W. & Versmann A. 2011. Supporting environmentally sound decisions for waste management with LCT and LCA. [verkkodokumentti]. The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol 16, no. 9, s. 937-939. Saatavissa: <http://www.springerlink.com/content/426755483237m323>.

Moilanen L. & Haapanen A. 2006. Yhteiskuntavastuun sosiaalinen ulottuvuus. [verkkodokumentti]. Työministeriö: Työvoimapolitiittinen tutkimus 299, [viitattu 1.4.2012]. Saatavissa: [http://www.mol.fi/mol/fi/99\\_pdf/fi/06\\_tyoministerio/06\\_julkaisut/06\\_tutkimus/tpt299.pdf](http://www.mol.fi/mol/fi/99_pdf/fi/06_tyoministerio/06_julkaisut/06_tutkimus/tpt299.pdf).

Morrissey A. J. & Browne J. 2004. Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste Management Vol. 24, no. 23, s. 297–308. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Myllymaa T., Dahlbo H., Ollikainen M., Peltola S. & Melanen M. 2005. Menettely jätehuoltovaihtoehtojen ympäristö- ja kustannusvaikutusten elinkaaritarkasteluun. [verk-

kodokumentti]. Suomen ympäristö 750. Helsinki. ISBN 952-11-1953-5 (PDF). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=33349>.

Mäntynen M. 2012. Käyttöpäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 16.1.2012.

Norris G. A. 2000. Estimating the Value of the Life Cycle Assessments. Presentation for the 1<sup>st</sup> International conference on life cycle management, Copenhagen, 2000.08.26-29 [verkkodokumentti], [viitattu 12.11.2011]. Saatavissa: <http://www.lca-net.com/files/value.pdf>.

Norris G. A. 2001. Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. International Journal of Life Cycle Assessment. Vol. 6. no. 2, s. 118-120. Saatavissa: MetaPress-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Norris G. A. 2006. Social Impacts in Product Life Cycles. Towards Life Cycle Attribute Assessment. The International Journal of Life Cycle Assessment. Vol. 11, Special Issue 1, s. 97-104. Saatavissa: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/5870.pdf>.

Nummela E. 2012. Kehityspäällikkö, Jätelaitosyhdistys. Sähköinen tiedonanto. 26.4.2012.

Nummela E. & Hämäläinen T. 2012. Jätelaitosyhdistys ry. Helsinki. Suullinen tiedonanto ja sähköpostilla toimitettu materiaali 7.5.2012.

Nuutinen J. 2012. Logistiikkapäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 20.1.2012.

Owens J. W. 1997. Life-cycle Assessment in Relation to Risk Assessment: An Evolving Perspective. Risk Analysis An International Journal. Vol. 17, no. 3, s. 359-365. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Priha E., Linnainmaa M. & Saalo A. 2009. Jätehuoltoalan riskiprofiili. [verkkodokumentti]. Työterveyslaitos 2009, [viitattu 30.3.2012]. Saatavissa: [http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/riskien\\_hallinta/Documents/J%C3%84TEHUOLTOALAN%20PROFIILI070110.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/Documents/J%C3%84TEHUOLTOALAN%20PROFIILI070110.pdf).

Reap J., Roman F., Duncan S. & Bras B. 2008. A survey of unresolved problems in life cycle assessment, Part 1: goal and scope and inventory analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 13, no. 4, s. 290-300. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Reich M. C. 2005. Economic assessment of municipal waste management systems – case studies using a combination of life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC). *Journal of Cleaner Production*. Vol. 13, no. 3, s. 253-263. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Ruuskanen P. 2012. Käyttöpäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Espoo. Haastattelu 30.1.2012.

Salo T. 2012. Projekti-insinööri, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 16.1.2012.

Seppänen J. (toim.) 2004. Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvioinnissa – alailmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, pienhiukkaset ja ekotoksisuus. [verkkodokumentti]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, [viitattu 2.4.2012]. Suomen ympäristö 673. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=14467>.

Soimakallio S. 2010. FIN LCA WP 2.6, Epävarmuudet ja puuttuvat tiedot. [verkkodokumentti]. VTT, miniseminaari, [viitattu 17.2.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=118440&lan=fi>.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 1999. Ympäristövaikutusten arviointi. Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset. Oppaita 1/1999. Helsinki. 51 s. ISBN 952-00-0580-3.

Soukka R. 2011. Elinkaariarvioinnin esittelyluento. Advanced Course in Life Cycle-Management – elinkaarimallintaminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Soukka R. 2012. Tekniikan tohtori; Professori, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lappeenranta. Haastattelu 27.4.2012.

Suomen ympäristö. 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2020. [verkkodokumentti]. Suomen ympäristö 43/2009, [viitattu 6.2.2012]. Tampere. Pirkanmaan ympäristökeskus. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=114625&lan=sv>. ISBN 978-952-11-3663-4 (PDF).

Talvio Juha. 2012. Käyttöpäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 20.1.2012.

Tonteri H., Auvinen H., Helin T. & Johansson M. 2010. Ympäristömyötäisyyden kehittäminen venealalla. [verkkodokumentti], Tutkimusraportti VTT-R-02928-10, 59 s., [viitattu 12.11.2012]. Saatavissa:

[http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT\\_R\\_02928\\_10.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT_R_02928_10.pdf).

Tulenheimo V. 1995. Tuotteen ympäristökustannusten arviointi. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus. 48 s. Kuluttajatutkimuskeskuksen julkaisuja 12/1995. ISBN 952-9671-97-0.

Turconi R., Butera S., Boldrin A., Grosso M., Rigamonti L. & Astrup T. 2011. Life cycle assessment of waste incineration in Denmark and Italy using two LCA models. Waste Management & Research. Vol. 29, no. 10, Supplement, s.78-90. ISSN 0734-242X.

Turunen M. 2012. Talouspäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 17.4.2012.



Törn M. 2012. Jätteenkäsittelyn ympäristövaikutukset, erityisesti vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin Päijät-Hämeessä. Loppuraportti 29.3.2012.

Uuksulainen J. 2012. Ympäristöpäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY. Helsinki. Haastattelu 3.4.2012.

Virtavuori V. 2009. Biojätteen käsittelyvaihtoehdot pääkaupunkiseudulla - Kasvihuonekaasupäästöjen vertailu. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Energiatekniikan laitos. Espoo.

Winkler J. & Bilitewski B. 2007. Comparative evaluation of life cycle assessment models for solid waste management. *Waste Management*. Vol. 27, no. 8, s. 1021-1031. Saatavissa: Elsevier-tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

### **Standardit**

SFS-EN ISO 14040. 2007. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen standardoimisliitto SFS. 2. painos. 48 s.

SFS-EN ISO 14044. 2007. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Suomen standardoimisliitto SFS. 1. painos. 96 s.

### **Viranomaislähteet**

L 30.3.2007/348. Laki julkisista hankinnoista.

YmVM 23/2010 vp - HE 199/2010 vp. Ympäristövaliokunnan mietintö 23/2010 vp. Hallituksen esitys jätelaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=125725&lan=fi>.