

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Henna Välikangas

Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistaminen teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista

Diplomityö

2017

109 sivua, 31 kuvaa, 25 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastajat: Professori, TkT Mika Horttanainen
DI, Antti Määttänen

Hakusanat: kiertotalous, liiketoimintamahdollisuus, teollisuuden jäte, teollisuuden sivutuote, uusiotuote

Keywords: Circular economy, business opportunity, industrial waste, industrial by-product, recycled product

Kiertotalous on kasvava trendi, joka tulee muuttamaan teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäyttöä. Jätteet tulee nähdä nykyistä enemmän tärkeänä raaka-aineena kuin kaatopaikalle sijoitettavan jätteenä. Uusi näkemys avaa erilaisia liiketoimintamahdollisuuksia teollisuuden jätteille ja sivutuotteille.

Tämän diplomityön tavoitteena on luoda menetelmä, jonka avulla teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista voidaan tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia. Diplomityön tarkoituksena on toimia tutkimuspohjana liiketoimintasuunnitelmaa laadittaessa. Tavoitteiden saavuttamiseksi tehtiin tarkastelu olemassa olevaan lainsäädäntöön sekä lainsäädäntöön tuleviin muutoksiin, joilla on merkitystä teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäyttöön. Lisäksi tarkasteltiin niitä teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita, joilla on potentiaalin nähden vähäinen hyötykäyttö Suomessa.

Luodussa menetelmässä esitetään liiketoimintaa rajoittavat kolme tärkeää reunaehto, jotka ovat lainsäädäntö, käytettävyys sekä kannattavuus. Nämä kolme reunaehto on täytyttävä, jotta teollisuuden jätteellä ja sivutuotteella voi olla liiketoimintamahdollisuuksia. Esitetyn esimerkin perusteella havaittiin, että usein lainsäädäntö on eniten rajoittava tekijä. Käytettävyydessä teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden liiketoimintamahdollisuuksia rajoittaa usein tekninen kelpoisuus sekä käsittelyn vaatimukset. Kannattavuutta tarkasteltaessa voitiin havaita kuljetuskustannusten olevan usein merkittävin osa kokonaiskustannuksista.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Degree Programme in Environmental Technology

Henna Välikangas

Business opportunity identification of industrial wastes and by-products

Master's Thesis

2017

109 pages, 31 figures, 25 tables and 1 appendices

Examiners: Professor, D.Sc.(Tech.) Mika Horttanainen
M. Sc. Antti Määttänen

Keywords: Circular economy, business opportunity, industrial waste, industrial by-product, recycled product

Circular economy is a rising trend which will most likely change the use of industrial waste and by-products in the future. In circular economy waste is seen more as a valuable raw materials rather than something useless landfill waste. This opens up new interesting business opportunities.

The objective of the present Master's Thesis is to create a method for recognizing business opportunities from industrial waste and by-products. Other goal for this work is to serve as a base study for a business plan in the future. To achieve these objectives this thesis focuses first in on the legislation which are relevant to the utilization of industrial waste and by-products. In addition, the wastes and by-products that are not yet reused efficiently in Finland will be examined.

The Created method is based on three most limiting factors which are legislation, usability and profitability. If all these factors are fulfilled, industrial waste and by-product may have a real business opportunity. In this study it was discovered that often the legislation is the most limiting factor. Technical eligibility and need for handling were the two main factors which cause challenges for the usability of the product. The most important factor determining the profitability is to have as low transportation costs.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Graniittirakennus Kallio Oy (GRK):lle kevään 2017 aikana. Diplomityön tarkoituksena on toimia tutkimuspohjana uudessa liiketomintasuunnitelmassa, joka liittyy vahvasti kiertotalouteen. Diplomityön kirjoittaminen alkoi helmikuussa ja nyt kolme kuukautta myöhemmin minulla on ilo todeta, että se on valmis.

Yliopisto-opiskelu ja tämä diplomityön kirjoittaminen on ollut haastavaa aikaa, mutta ilman tukea ja kannustusta se olisi ollut vieläkin haastavampaa. Nyt on aika kiittää kaikkia heitä, jotka ovat jaksaneet kuunnella ja heitä jotka ovat auttaneet ja tsempanneet eteenpäin. Suuri kiitos GRK:n porukalle, jonka mahtava työilmapiiri on motivoinut tämän diplomityön kirjoittamisessa. Ilman GRK:n kiinnostusta ympäristöliiketoimintaan ei tätä diplomityötä olisi syntynyt. Kiitän diplomityöni tarkastajia ja ohjaaja Antti Määttästä sekä professori Mika Horttanaista erinomaisista neuvoista ja ohjauksesta.

Haluan kiittää tietysti tärkeää perhettäni ja mahtavia kavereitani. Erityiskiitos kuuluu aviomiehelleni Antille valtavasta tuesta ja tsemppauksesta. Nyt olen valmis jatkamaan kohti uusia haasteita.

Vantaalla 17.5.2017

Henna Välikangas

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoitteet	10
1.3 Työn rakenne ja menetelmät	11
2 LAINSÄÄDÄNTÖ	13
2.1 Jätelainsäädäntö.....	13
2.1.1 Luokittelu jätteeksi, sivutuotteeksi tai jätteeksi luokittelun päättyminen	14
2.1.2 Jätehierarkia	17
2.1.3 Muutokset jätelainsäädäntöön.....	19
2.2 REACH-asetus	20
2.3 Ympäristölainsäädäntö	22
2.3.1 Ympäristöluvanvaraisuus.....	22
2.3.2 Poikkeukset yleisestä luvanvaraisuudesta	24
2.3.3 Ympäristölainsäädännön uudistaminen	24
2.4 MARA-asetus.....	25
2.4.1 MARA-asetuksen uudistaminen ja uusi MASA- asetus.....	26
2.5 Tuotteistaminen ja siihen liittyvä lainsäädäntö	29
2.5.1 Rakennustuotelainsäädäntö.....	30
2.5.2 Lannoitevalmistelainsäädäntö.....	30
2.5.3 Muutokset lannoitevalmistelakiin.....	32
2.6 Yhteenveto lainsäädännöstä	32

3	TEOLLISUUDEN JÄTTEIDEN JA SIVUTUOTTEIDEN SYNTYMINEN JA HYÖDYNTÄMINEN.....	35
3.1	Energiateollisuuden tuhkat ja muut jätteet.....	37
3.1.1	Käyttö yleisesti	39
3.1.2	Kivihiilen polton tuhkat.....	41
3.1.3	Puun- ja turpeen polton tuhkat.....	44
3.1.4	Jätteenpoltosta syntyvien tuhkat.....	45
3.2	Metsäteollisuuden jätteet ja sivutuotteet.....	48
3.2.1	Käyttö.....	51
3.2.2	Käytön haasteet ja tulevaisuus.....	54
3.3	Kaivannaisteollisuuden jätteet	54
3.3.1	Käyttö ja käytön haasteet.....	56
3.4	Metalliteollisuuden jätteet ja sivutuotteet	57
3.4.1	Kuonat ja niiden käyttö.....	57
3.4.2	Valimohiekka ja sen käyttö.....	59
3.5	Kemianteollisuuden jätteet.....	60
3.5.1	Käyttö ja käytön tulevaisuus.....	61
3.6	Yhteenveto teollisuuden jäte- ja sivutuotteista	62
4	LIIKETOIMINTAMAHDOLLISUUKSIEN REUNAEHDOT.....	64
4.1	Materiaalista huomioitavat asiat	66
4.1.1	Luokittelu.....	66
4.1.2	Syntyminen ja sijainti	67
4.1.3	Ympäristökelpoisuus ja laadunvaihtelu	67
4.1.4	Tekninen kelpoisuus	70
4.1.5	Nykyinen käyttökohde ja aikaisemmat kokemukset	72
4.2	Hyödyntämisessä huomioitavat asiat	72

4.2.1	Käyttökohteen valinta	73
4.2.2	Käsittely	75
4.2.3	Kuljetus ja varastointi	77
4.2.4	Käyttö ja käytön jälkeen	77
4.3	Kannattavuus	78
4.3.1	Tuotot	79
4.3.2	Kustannukset	80
5	ESIMERKKI	
	LIIKETOIMINTAMAHDOLLISUUKSIEN	
	TUNNISTAMISMENETELMÄSTÄ	83
5.1	Hyödyntämismenetelmän löytäminen	84
5.1.1	Esimerkki materiaalin hyödyntämismenetelmän löytämisestä	86
5.2	Kannattavuuden laskenta	89
5.2.1	Oletukset	89
5.2.2	Laskenta	91
5.2.3	Herkkyystarkastelu	94
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	96
	LÄHTEET	100

LIITTEET

Liite I	Kannattavuuslaskennan excel-työkalun pohja
---------	--

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

EU	Euroopan Unioni
EY	Euroopan yhteisö
EoW	End of waste, jätteeksi luokittelun päätyminen
EVIRA	Elintarviketurvallisuusvirasto
GRK	Graniittirakennus Kallio Oy
KOM	Euroopan komissio
MARA-asetus	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maa- rakentamisessa
MASA-asetus	Valtioneuvoston asetus rakentamisen maa-ainesjätteiden hyö- dyntämisestä
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
SVT	Suomen virallinen tilasto
UUMA-materiaali	Maarakentamiseen käytettävää uusiomateriaali
VNa	Valtioneuvoston asetus
YmVL	Ympäristövaliokunta
YSA	Ympäristönsuojeluasetus
YSL	Ympäristönsuojelulaki
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi

Yksiköt

a	vuosi
€	euro
h	tunti
km	kilometri
m ³	kuutiometri
t	tonni
%	prosentti

1 JOHDANTO

Tämän diplomityön aiheena on tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista. Teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttö on osa kehittyvää kiertotaloutta, joka tarkoittaa tuotteiden, materiaalien ja resurssien arvon säilymistä taloudessa mahdollisimman pitkään. Kiertotaloudessa jätteet tulee nähdä syntylähteestä riippumatta materiaalina, johon liittyy erilaisia liiketoimintamahdollisuuksia. Diplomityö on tehty Graniittirakennus Kallio Oy:lle, jolla on kiinnostusta kehittää teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöä esimerkiksi infrarakentamisessa.

1.1 Työn tausta

Euroopassa on käynnissä monia kiertotalouden kehittämiseen liittyviä hankkeita. Kiertotalous on Euroopan unionin pyrkimys kehittää markkinoita entistä kestävämmäksi, vähähiiliseksi, resurssitehokkaammaksi ja kilpailukykyisemmäksi. Euroopan komissio hyväksyi joulukuussa 2015 kiertotaloutta koskevan aloitepaketin, jonka tavoitteena on vauhdittaa eurooppalaisyritysten siirtymistä kohti resurssien kestävämpää käyttöä. Kiertotalouden avaintekijöitä ovat luonnonvarojen käytön vähentäminen, uusiutuvien ja kierrätettävien luonnonvarojen kasvu, energiatehokkuuden lisääminen, päästöjen vähentäminen, materiaalihukan vähentäminen sekä tuotteiden, komponenttien ja materiaalin arvon säilyttäminen. (EEA 2016.)

Kiertotalous näyttää olevan uusi kansainvälinen trendi, jonka toteutuminen edellyttää monenlaisia muutoksia esimerkiksi lainsäädäntöön. Kiertotalouspaketti sisältääkin muutosehdotuksia muun muassa jätelainsäädäntöön ja lannoitelainsäädäntöön. Lainsäädännön lisäksi esimerkiksi erilaiset seurantamenetelmät, verotukselliset kannusteet ja investointien rahoitusmekanismit auttaisivat kiertotalouden toteutumista. Myös yritysten innovaatiotoiminnan edistämiseen, kuluttajien käyttäytymiseen ja julkisiin hankintoihin pitäisi saada muutoksia, jotta kiertotalouspaketti saataisiin käytännössä toimimaan. (YmVL 9/2016 vp.)

Myös Suomessa kiertotalouden kehittämiseen on panostettu. Suomen hallitusohjelman tavoitteena on kehittää Suomi bio- ja kiertotalouden edelläkävijäksi vuoteen 2025 mennessä (Valtioneuvoston Kanslia 2015). Kiertotalousyhteiskunnassa materiaalit kiertävät tehokkaasti ja uusiutumattomat luonnonvarat korvataan uusiutuvilla. Myös ravinteiden kierto on

tärkeä osa kiertotaloutta. Teollisuuden tuotantoprosessit suunnitellaan niin, että materiaalihukkaa ei synny ja tuotteiden ja materiaalien arvot säilyvät ja kiertävät mahdollisimman pitkään. Suomessa kiertotalouden ajattelumallissa ja suunnitelmissa ollaan jo pitkällä, mutta edelleen kehitettävää löytyy. Kiertotalouden toteutuessa yritysten on toimittava kehityksen ajureina. Olennaista on pohtia, miten kiertotalouden toteutuminen parantaa yrityksen kilpailukykyä ja liiketoimintamallia.

Yksi avaintekijä kiertotalouden toimivuudessa on jätteiden elinkaaren jatkuminen uudessa kierrossa. Suomessa suurin jätteiden tuottaja on kaivannaisteollisuus, joissa muodostuu paljon kaivannaisjätteitä. Lisäksi muilta teollisuuden aloilta, kuten energiateollisuudesta, metsäteollisuudesta, metalliteollisuudesta ja kemianteollisuudesta, syntyy yhteensä noin 10,294 miljoonaa tonnia jätettä vuodessa (SVT 2016.) Näiden suurien jätevirtojen osuus kiertotalouden toteutumisessa on merkittävä. Kiertotalouden kannalta ajateltuna näiden suurten teollisuudessa syntyvien jätteiden hyödyntämistä tulisi kehittää entistä enemmän. Jätteiden hyödyntämisessä nähdäänkin merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia.

Graniittirakennus Kallio Oy (GRK) on vuonna 1983 perustettu yritys. GRK:n toimialaan kuuluu kaikki infrarakentamisen osa-alueet. Vuonna 2016 GRK:n liikevaihto oli 143,6 M€ ja työntekijöitä noin 160. Graniittirakennus Kallio Oy:n konserniin kuuluvat vuonna 2012 perustettu Asfalttikallio Oy, vuodesta 2014 lähtien Virossa toiminut GRK Infra As sekä 2013 perustettu Ruotsissa toimintaa harjoittava Ab Infra Polar. (Graniittirakennus Kallio Oy 2017.)

1.2 Työn tavoitteet

Tämä diplomityö liittyy olennaisena osana uuden liiketoiminnan luomiseen ja diplomityön tarkoituksena onkin toimia tutkimuspohjana liiketoimintasuunnitelmaa laadittaessa. Tässä diplomityössä keskitytään liiketoimintamahdollisuuksiin, jotka liittyvät jätteiden tai sivutuotteiden hyödyntämiseen maarakennusmateriaalina tai lannoitevalmisteena.

Lainsäädännön ymmärtäminen ja niihin liittyvien muutosten ennakointi ovat tärkeä osa liiketoimintasuunnitelmaa laadittaessa. Sen takia yhtenä tärkeänä osana diplomityötä onkin tarkastella teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöön liittyvää lainsäädäntöä ja selvittää millaisia muutoksia lainsäädäntöön on tulossa lähiaikoina.

Tarkoituksena on selvittää myös millaisia potentiaalisia jätteitä ja sivutuotteita Suomessa esiintyy. Tässä diplomityössä selvitetään erilaisten teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden määrää, saatavuutta ja käyttöä. Tarkoituksena on myös arvioida millaisia muutoksia teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden saatavuuteen ja käyttöön on tulevaisuudessa mahdollisesti tulossa.

Diplomityössä esitetään keskeisimmät reunaehdot teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden liiketoimintamahdollisuuksille. Tämän diplomityön tavoitteena on luoda menetelmä, jonka avulla teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista voidaan tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia. Menetelmässä huomioidaan, että esitetyt reunaehdot täyttyvät. Menetelmän avulla voidaan systemaattisesti arvioida teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden ominaisuuksia, mahdollisia hyötykäyttökohteita sekä kokonaisuuden kannattavuutta. Tavoitteena on, että tämän diplomityön avulla voidaan hahmottaa kiertotalouteen, jätteisiin sekä sivutuotteisiin liittyvien liiketoimintojen toimintaympäristöä.

1.3 Työn rakenne ja menetelmät

Diplomityö rakentuu viidestä luvusta. Ensimmäisissä luvuissa tarkastellaan lainsäädäntöä, teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita sekä liiketoimintamahdollisuuksien reunaehto- ja muodostumista. Luku viisi sisältää menetelmän, jolla liiketoimintamahdollisuuksia voidaan tunnistaa. Viimeisenä esitetään johtopäätökset ja yhteenveto.

Luvussa 2 tarkastellaan niitä lainsäädäntöjä, jotka vaikuttavat teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäyttöön. Tutkittavia lakeja ja asetuksia ovat erityisesti jätelainsäädäntö, kemikaalilainsäädäntö, ympäristölainsäädäntö, MARA- ja MASA-asetukset, rakennustuote- ja lannoitelainsäädäntö. Lisäksi selvitetään teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden kannalta olennaisia lainsäädännöllisiä muutoksia, jotka ovat ajankohtaisia lähitulevaisuudessa. Lainsäädännön laatimista varten tehdyt taustamateriaalit ovat keskeinen tiedonlähde tämän hetken lainsäädännön sekä muuttuvan lainsäädännön selvittämisessä.

Luvussa kolme on esitetty kirjallisesta materiaalista saadut tiedot eri teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista. Selvitykseen on valittu kuitenkin ne teollisuuden sivutuotteet, joilla uskotaan olevan potentiaalia kannattavaan liiketoimintaan infrarakentamisessa tai lannoitemateriaalina Suomessa. Diplomityössä selvitetään erilaisten sivutuotteiden ominaisuuksia mahdol-

lista hyödyntämistarkoitusta. Lisäksi on arvioitu eri sivutuotteiden saatavuutta ja hyödyntämismenetelmiä tulevaisuudessa. Teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista saadaan tietoa pääasiasta aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista. Löydetyn kirjallisen aineiston perusteella tunnistettiin keskeisimmät asiat, jotka koskivat teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäyttöä ja niihin liittyviä haasteita.

Luvussa neljä on hahmotettu teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden liiketoimintamahdollisuuksien reunaehdot. Reunaehdot perustuvat edellisissä luvuissa havaittuihin keskeisimpiin tekijöihin. Luvun neljä tarkoitus on selvittää, mitä ominaisuuksia teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista sekä hyödyntämisprosessista tulee ottaa huomioon.

Luvussa viisi esitetään menetelmä, jonka avulla liiketoimintamahdollisuuksia voidaan tunnistaa. Luotu menetelmä perustuu luvun neljä reunaehtoihin. Menetelmässä havainnollistetaan, kuinka materiaalien systemaattinen läpikäynti tapahtuu ja mitä asioita tarkalleen tulee ottaa huomioon ja miten liiketoimintamahdollisuuksia voidaan tunnistaa. Menetelmässä esitetään kaksi keskeistä työkalua, joiden avulla läpikäynti tapahtuu. Luotua menetelmään havainnollistetaan esimerkillä, jossa soodasakkaa ja tuhkaa käytetään kantavan kerroksen rakentamiseen. Työn viimeisessä luvussa esitetään yhteenveto ja johtopäätökset.

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä luvussa tarkastellaan lainsäädäntöä, jolla on vaikutusta teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöön. Teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöä ohjaa eurooppalainen ja kansallinen lainsäädäntö. Lainsäädännön lisäksi teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden mahdollista hyötykäyttöä ohjaavat standardit, erilaiset ympäristöviranomaisten vaatimukset ja tekniset vaatimukset. Teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käytön kannalta keskeisiä lakeja ja asetuksia, joita myös tässä työssä lähemmin tarkastellaan, ovat ainakin seuraavat:

- jätelainsäädäntö
- ympäristölainsäädäntö
- MARA-asetus
- uusi MASA-asetus
- kemikaalilainsäädäntö
- rakennustuotelainsäädäntö
- lannoitelainsäädäntö.

Tällä hetkellä monet lainsäädännöt ovat muutoksen alla, sillä Euroopan unionin kiertotalouspaketti tulee todennäköisesti muuttamaan monia lainsäädäntöjä. Merkittävimmät muutokset kiertotalouspaketti aiheuttanee jätelainsäädäntöön ja lannoitelainsäädäntöön. Suomeen on tulossa myös muita lainsäädännöllisiä muutoksia, joilla on vaikutuksia teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöön. Näiden lainsäädännöllisten muutoksien tarkastelu on tärkeää, jotta tuleviin muutoksiin osataan varautua tarvittaessa etukäteen.

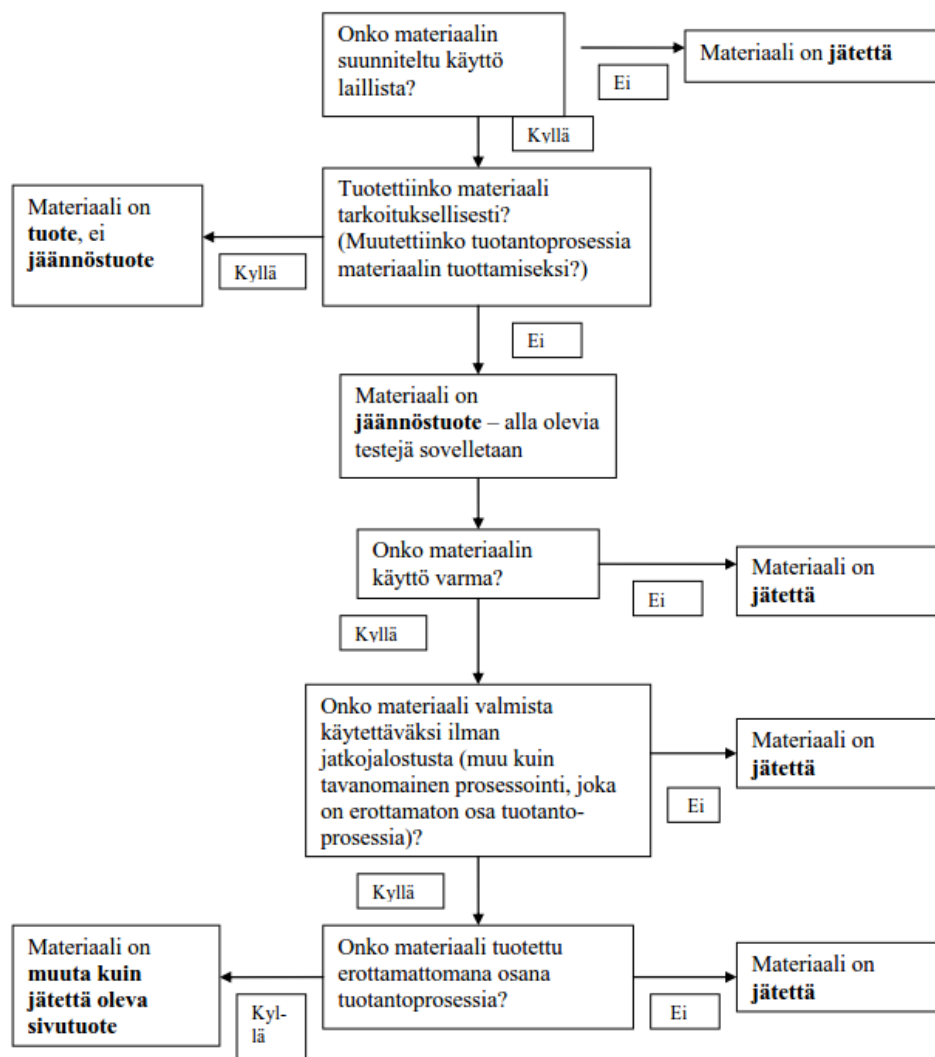
2.1 Jätelainsäädäntö

Suomen jätelainsäädännössä säädetään kaikesta jätteestä. Suomen jätelainsäädäntö perustuu Euroopan unionin jätelainsäädäntöön, mutta on joiltain osin laaja-alaisempi ja tiukempi. Suomen jätelainsäädäntöön kuuluu yleiset säädökset, kuten jätelaki (646/2011) ja valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012). Nykyinen jätelaki (646/2011) on tullut voimaan 1.5.2012. Suomen jätelaki seuraa jätedirektiiviä (2008/98/EY), jonka tavoitteena on ehkäistä jätteen syntyä ja edistää jätteiden uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Lisäksi jätteistä on annettu jätteen käsittelyä ja hyödyntämistä koskevia asetuksia esimerkiksi kaatopaikoista ja jätteen poltosta. On myös olemassa tuote- ja toimialakohtaisia säädöksiä, jotka voivat koskea esimerkiksi

kaivannaisjätettä, ajoneuvoja, paristoja ja akkuja. Tässä luvussa esitetään kuitenkin vain ne keskeisimmät jätelainsäädännön säädökset, jotka koskevat teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita.

2.1.1 Luokittelu jätteeksi, sivutuotteeksi tai jätteeksi luokittelun päätyminen

Jätteiden ja sivutuotteiden määritelmä on annettu Euroopan yhteisöjen komission tiedonannossa helmikuussa 2007 (KOM/2007/59). Tiedonannon tarkoituksena oli selventää määritelmää jätteiden ja sivutuotteiden välillä ja samalla vähentää jättesäännösten tulkintaeroja. Jätelainsäädännössä esitetyt jätteen ja sivutuotteiden luokittelun periaatteet perustuvat pitkälti tähän komission tiedonantoon. Kuvassa 1 on esitetty puudiagrammi jätteen ja sivutuotteiden tulkinnasta. (KOM/2007/59.)



Kuva 1. Puudiagrammi jätteiden ja sivutuotteiden tulkinnasta (KOM/2007/59, liite II.).

Jätelain (646/2011) 5 §:ssä on EU:n jätedirektiiviin (2008/98/EY) perusteella määritetty jäte, sivutuote sekä milloin jätteeksi luokittelu päättyy. Näiden määritelmien ymmärtämisellä ja soveltamisella on keskeinen merkitys esimerkiksi kiertotalouden toteutumisessa. Suomessa teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden luokittelu tehdään yleensä toimintaa koskevassa ympäristöluvassa tai oikeuden päätöksessä. (Ympäristöministeriö 2014, 9.)

Jätelaissa (646/2011, 5§) jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut, aikoo poistaa tai on velvollinen poistamaan käytöstä. Materiaalin ollessa jätettä siihen sovelletaan jätelakia ja sen perusteella annettuja säädöksiä. Materiaalien jäteluonne vaikeuttaa materiaalin hyödyntämistä, koska jätteen hyödyntäminen on usein ympäristöluvanvaraista toimintaa.

Jätelain (646/2011, 5§) mukaan sellaista tuotantoprosessin tuloksena syntynyttä ainetta tai esinettä, jota ei ollut tarkoitus ensisijaisesti valmistaa, voidaan pitää sivutuotteena. Lisäksi myös seuraavat vaatimukset tulee täytyä:

- jatkokäyttö on varmaa
- käyttö mahdollista suoraan ilman muuta kuin tavalliseksi katsottavaa teollista lisäkäsittelyä
- syntyy olennaisena osana tuotantoprosessia
- jatkokäyttö on laillista. (646/2011, 5 §.)

Edellä esitetyt vaatimukset ovat tulkinnanvaraisia. Käytön varmuudella tarkoitetaan sitä, että materiaalille on olemassa käyttötarve ja kysyntä. Käyttö on varmaa myös, jos materiaalia voidaan käyttää samaan tarkoitukseen, kuin vastaavaa tuotetta eikä sen käyttö vaadi pitkäaikaista varastointia. Jos materiaalia joudutaan käsittelemään jätteen käsittelylle tarkoitettuun tekniikoin ympäristökelpoisuuden parantamiseksi, ei ainetta voi luokitella sivutuotteeksi. Sen sijaan useat käsittelytekniikat teknisten kelpoisuuden parantamiseksi on sallittu. Tällaisia ovat usein suodattaminen, pesu, kuivaus ja tarpeellisen aineen lisäys. Jatkokäytön laillisuudessa tarkoitetaan sitä, että tuotteen käyttö ei ole kiellettyä ja se täyttää tuotetta koskevat vaatimukset sekä muun muassa ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset. (Koivisto et al. 2016, 10.)

Sivutuote ei ole jätelaisissa tarkoitettua jätettä, joten sivutuotteisiin ei sovelleta jätelakia tai muita jätteitä koskevia säännöksiä. Sivutuote rinnastetaan sitä vastaavaan tuotteeseen ja siihen tulee soveltaa myös kyseistä tuotetta koskevaa tuotesääntelyä, kuten REACH- tai CLP-asetusta. Lisäksi tarvittaessa sivutuotteen tulee täyttää kyseessä olevalle materiaalille tai tuotteelle asetetut vaatimukset. Jos sivutuotetta käytetään esimerkiksi korvaamaan kiviaines maarakentamisessa, tulee sivutuotteen täyttää tienrakentamisessa sille asetetut tekniset vaatimukset. (Ympäristöministeriö 2014, 7.)

Tällä hetkellä Suomessa sivutuotteiksi on luokiteltu esimerkiksi metalliteollisuudesta syntyvät masuunihiekat, kappalekuonat, teräskuonat ja ferrokromikuonat (Koivisto et al. 2016, 7). Lisäksi metsäteollisuudessa syntyvistä materiaaleista sivutuotteiksi on luokiteltu esimerkiksi Metsä Fibren Äänekosken uuden biotuotetehtaan tuotannossa syntyvä meesa, poltettu kalkki ja kalkkipöly (Lehtovaara 2015; ympäristölupapäätös 4/2015/1). Muista teollisuuden prosessista syntyvät materiaalit, jotka eivät ole tuotteita, voidaan olettaa olevan jätteitä. Tällaisia ovat esimerkiksi tuhkat ja lietteet. (Koivisto et al. 2016, 7.)

Olennaista on myös ymmärtää se, milloin jätteet lakkaavat olemasta jätettä. Jätteet eivät ole enää jätteitä silloin, kun ne ovat käyneet läpi hyödyntämistoimen, joka voi tarkoittaa esimerkiksi kierrätystä (Ympäristöministeriö 2014, 7). Lisäksi seuraavat arviointiperusteet tuotteelle tulee täytyä:

- käytetään yleisesti tietynlaiseen tarkoitukseen
- olemassa markkinat tai kysyntä
- täyttää tarkoituksen mukaiset tekniset vaatimukset ja on tuotteeseen sovellettavien säännösten sekä standardien mukainen
- käyttö ei aiheuta haitallisia vaikutuksia ympäristölle tai terveydelle. (646/2011, 5 §.)

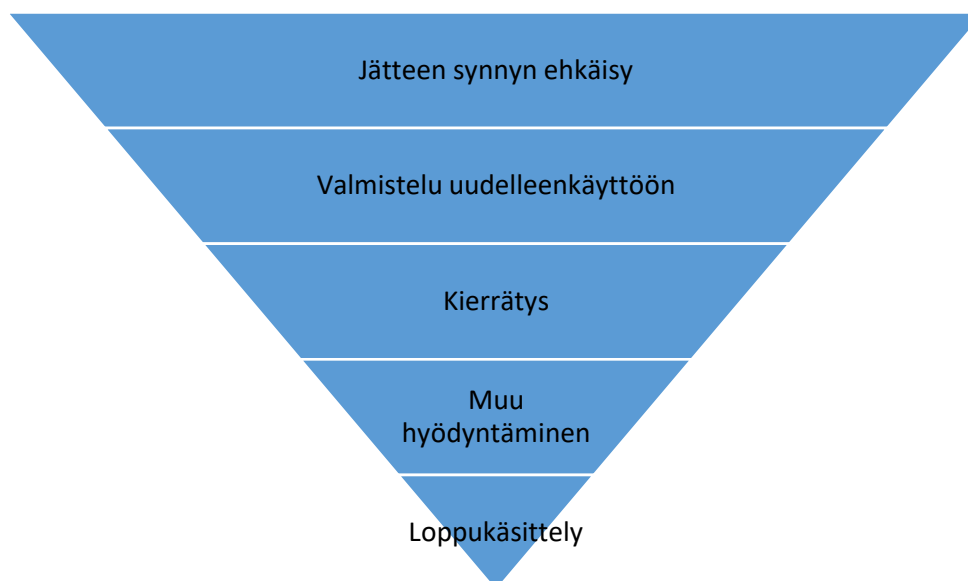
Arviointiperusteiden täytyminen merkitsee sitä, että materiaalilla ei ole enää jätteeseen liittyviä riskejä ja sitä voidaan käyttää raaka-aineena muissa prosesseissa. Tällöin on huomiotava, että materiaalin tulee täyttää kaikki kyseiselle tuotteelle asetetut muun lainsäädännön mukaiset vaatimukset, kuten esimerkiksi REACH-asetuksen ja tuotelainsäädännön vaatimukset. (Ympäristöministeriö 2014, 8.)

Jäteluokittelun tapauskohtainen päätöksentekomenettely alkaa siitä, kun jätteen haltija tekee arvion materiaalin jäteluonteesta, jonka jälkeen valvontaviranomainen antaa lausunnon luokituksesta ja luvan muutostarpeesta. Ympäristöviranomaisen ratkaisee luokituksen ympäristölupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Tällä hetkellä on käynnissä selvitys lupamenettelyjen yksinkertaistamiseksi ja muuttaminen laajemmaksi ilmoitusmenettelyksi. (Ympäristöministeriö 2014, 9.)

Joillekin materiaaleille on määritelty EU-asetus ja arviointiperusteet. Jos jätteestä on annettu jätteeksi luokittelun päättymistä koskevia velvoittavia EU- tai kansallisia säädöksiä, siihen ei voida enää soveltaa tapauskohtaista harkintaa. Tällä hetkellä EoW (end of waste)-kriteerit on määritetty rauta-, teräs- ja alumiiniromulle, lasimurskalle sekä kupariromulle. Uusia kriteerejä on parhaillaan valmisteilla kierrätyspaperille, muoville ja kompostituotteille. EoW-kriteerit asettavat vaatimukset raaka-aineille, käsittelylle ja lopputuotteen laadulle. (Ympäristöministeriö 2014, 7-8.)

2.1.2 Jätehierarkia

Jätelaki (646/2011) sisältää uudistuneen EU-lainsäädännön mukaisen viisiportaisen jätehierarkian eli jätehuollon etusijajärjestyksen. Jätehierarkia tähtää tavoitteeseen, jossa vuoteen 2020 mennessä yhdyskuntajätteen kierrätysaste on noin 50 %, ja syntyvästä rakennus- ja purkujätteestä hyödynnetään materiaalina 70 % (2008/98/EY, 11). Jätehierarkia on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Jätehierarkia (646/2011, 8§).

Jätehierarkian mukaan jätepolitiikassa tulee pääsääntöisesti tähdätä jätteen syntymisen ehkäisyyn. Jätteen syntyessä se on pyrittävä mieluiten uudelleenkäyttämään tai kierrättämään. Teollisuuden jätteiden hyötykäyttö on osa jätehierarkian toteutumista. Jätteiden hyödyntäminen jakautuu jätehierarkian kolmeen alaluokkaan: uudelleenkäytön valmisteluun, kierrätykseen ja muuhun hyödyntämiseen (Teknologiateollisuus ry 2014). Jos jätettä ei hyödynnetä, se loppukäsitellään esimerkiksi sijoittamalla jäte kaatopaikalle.

Jätehierarkian toimivuutta on pyritty ohjaamaan esimerkiksi verotuksella. Kaatopaikalle toimitettavasta jätteestä maksetaan jätevero. Jäteverolla pyritään vaikuttamaan siihen, että jätteiden kaatopaikalle sijoittaminen vähenee ja vastaavasti hyötykäyttö lisääntyy. Veronalaiset jätteet luetaan jäteverolain (1126/2010) liitteenä olevassa verotaulukossa. Jätejakeet eivät ole verollisia, jos niille ei ole kaatopaikkaa korvaavaa teknistä hyödyntämis- tai käsittelyvaihtoehtoa. Jätejakeet eivät ole verollisia myöskään silloin, jos jätteiden hyödyntämisestä aiheutuva haitta olisi hyötyä suurempi. Jäteverolaki ei koske alueita, jonne sijoitetaan pelkästään maan tai kallioperän aineksia. Tällaisia aineksia ovat esimerkiksi teollisuuden mineraalijätteet, ylijäämämaat ja epäorgaanisissa kemian prosesseissa syntyvät jätteet. Kaatopaikalle sijoitetusta ongelmajätteestä ei myöskään makseta jätevero. Jätevero määrätään jätteen painon perusteella. Vuonna 2017 veroa on maksettava 70 euroa tonnilta. (Verohallinto 2017.)

Jätehierarkian toimivuudessa on havaittavissa ristiriitaa etenkin jätteen energiankäytöstä. Euroopan komissio antoi tulkintalinjauksen jätteiden energiankäytöstä 26.1.2017 (KOM/2017/34). Komission mukaan energiakäyttö jää viimeiseksi vaihtoehdoksi ennen kaatopaikalle viemistä. Tämän mukaan jätteet tulisivat edelleen ensisijaisesti kierrättää ja hyötykäyttää muuten. (KOM/2017/34.) Komission linjaus onkin herättänyt kiivasta keskustelua. Ympäristöjärjestöt ovat antaneet kritiikkiä komissiolle liian sallivasta suhtautumisesta jätteen energiakäyttöön. Jätteen energiakäyttöä harjoittavat toimijat ovat puolestaan moittineet sitä, että energiakäytön merkitystä kiertotaloudelle ja energiaunionille ei tunnusteta riittävässä määrin. (KOM/2017/33.)

Jätelainsäädännön yleisenä ongelmana onkin ollut muun muassa se, ettei etusijajärjestys ohjaa riittävän tehokkaasti päätöksentekoa. Esimerkiksi kunnalliset jätehuolto-yhtiöt hyödyntävät jätteet polttoaineena, jolloin usein muuta hyödyntämismenetelmää tai kierrätystä ei to-

teuteta välttämättä kovin tehokkaasti. Lisäksi orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto on johtanut laajaan polttolaitosverkoston rakentamiseen. Ohjauksena käytetyn kaatopaikkajätteen jäteveron nostaminen on taas nostanut muitakin hintoja.

2.1.3 Muutokset jätelainsäädäntöön

Jätelainsäädäntöön on tulossa lähiaikoina sekä kansainvälisiä että kansallisia muutoksia. Suomessa tämän hetkiset jätelainsäädännölliset muutokset koskevat käytännössä jätehuollon järjestämistä ja jätteistä syntyvien markkinoiden sääntelyä. Suomen nykyinen hallitusohjelman asettamassa tavoitteessa esitetään, että Suomi on bio- ja kiertotalouden sekä cleantechin edelläkävijä vuonna 2025. Tähän tavoitteeseen liittyy cleantech-yritysten kasvu, kestävän luonnonvarojen käytön lisääminen ja tehokkaampaan kiertotalouteen siirtyminen. Tähän tavoitekokonaisuuteen liittyy Sipilän hallitusohjelman kirjaus, jossa rajataan kunnille jätelaissa annetut yksinoikeudet vain asumisessa syntyviin jätteisiin. (Valtioneuvoston Kanslia 2015.)

Hallitusohjelman kirjauksen myötä hankintalakia ja samalla myös jätelakia täytyy muuttaa. Uusi hankintalaki tuli voimaan 1.1.2017. Uuden hankintalain (1397/2016) myötä kunnallisten jätelaitosten toimintaa rajataan keskittymään kotitalousjätteen keräämiseen ja käsitteilyyn. Hankintalain mukaan kunnat saavat ulosmyydä jätehuoltopalveluja 2017 15 %, 2018 10 % ja 2019 500 000 € tai 5 %. (1397/2016, 174§) Lisäksi merkittävää hankintalain uudistuksessa on tulevaisuuden nykyistä huomattavasti innovatiivisemmat hankinnat, joissa huomioidaisiin ympäristö-, kokonaistalous- ja työllisyysasiat tasapuolisesti – toisin sanoen hankinnoissa siirryttäisiin lähemmäs kiertotaloutta.

Syksyllä 2016 ympäristöministeriössä aloitti työryhmä, jonka tehtävänä oli valmistella yhdyskuntien jätehuollon uudistusta ja ottaa selvää jätelain ja hankintalain yhteensovittamisesta. Työryhmä piti viimeisen kokouksensa 28.2.2017. (Ympäristöministeriö 2017.) Työryhmän loppuraportissa esitetään ehdotukset jätelain muuttamiseksi. Keskeisin jätelain muutos kohdistuu erityisesti jätelain 32§:n, jossa säädetään kunnan velvollisuudesta järjestää jätehuolto. Jätelain muutos koskee rajausta, jossa ehdotetaan kuntien jätehuollon järjestämisestä vain asumisesta syntyviin jätteisiin. Muita mahdollisia muutoksia ovat esimerkiksi poikkeus hankintalakiin. Esityksessä ehdotetaan, että jätehuollon alalla toimiviin sidosyksi-

köihin ja hankintayksiköihin ei sovellettaisikaan liiketoiminta rajoittavaa 500 000 euromääräistä rajaa vaan prosenttirajaksi asetettaisiin 10 %. Uuden jätelain on arvioitu astuvan voimaan vuonna 2018. (Pokka et al. 2017.)

Kansainvälisesti ajateltuna jätelainsäädännössä halutaan muuttaa esimerkiksi jätteiden hyötykäyttöä ja etusijajärjestyksen toimivuutta siten, että kiertotaloudelle olisi paremmat olosuhteet. EU:n komission hyväksymässä kiertotalouspaketissa esitetään jätelainsäädäntöön merkittäviä muutoksia. Perustelut jätelainsäädäntöön tuleviin muutoksiin ovat, että EU menettää tällä hetkellä merkittäviä määriä jätevirrassa olevia potentiaalisia uusioraaka-aineita. Unionilta jää huomioimatta näin merkittävä mahdollisuus parantaa resurssitehokkuutta ja laajentaa kiertotaloutta. (KOM/2015/595.) Kiertotalouspakettiin kuuluvat muutosehdotukset koskevat esimerkiksi jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY, pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY sekä kaatopaikoista annetun direktiivin 1999/31/EY muuttamista. (KOM/2015/595.)

Jätelainsäädäntöpaketin hyväksyminen pikaisesti on tärkeää esimerkiksi investointien elvyttämiseksi. Komissio toivookin, että Euroopan parlamentti ja neuvosto saavat ehdotukset käsiteltyä vuoden 2017 loppuun mennessä. (KOM/2017/33.)

Sekä kansainvälisestä, että kansallisesta näkökulmasta katsottaessa jätelainsäädäntöä ollaan kehittämässä siten, että jätteiden hyötykäyttö helpottuu tulevaisuudessa. Tulevaisuuden trendi onkin kasvattaa jätteiden hyötykäyttöä materiaalina ja vähentää esimerkiksi kaatopaikkasijoittamisen sekä poltton menevän jätteen määrää. Lisäksi kiertotalouden näkökulmasta katsottuna jätealasta halutaan kehittää avointa liiketoimintaa. Nämä edellä mainitut tekijät lisäävät teollisuudesta syntyvien sivutuotteiden ja jätteiden arvoa. Tulevaisuudessa lainsäädäntö todennäköisesti mahdollistaa paremmin sen, että teollisuuden jätteille ja sivutuotteille voidaan kehitellä entistä monipuolisempia käyttötarkoituksia.

2.2 REACH-asetus

Kun teollisuuden jätteitä tai sivutuotteita halutaan hyötykäyttää, REACH-asetus (1907/2006) on olennainen lainsäädäntö. REACH-asetus on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus, joka säätelee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyä ja rajoituksia (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). REACH-asetus on voimassa Euroopan unionin alueella. Asetuksen tavoitteena on ylläpitää terveyden- ja

ympäristönsuojelun korkea taso, tehostaa kemianteollisuuden kilpailukykyä ja luoda mahdollisuus tavaroiden vapaaseen liikkuvuuteen Euroopan unionin sisämarkkinoilla. (1907/2006; ECHA 2017.)

Melkein kaikki markkinoille tuotavat aineet, valmisteet ja esineet kuuluvat REACH-asetuksen piiriin. Aineen tai esineen siirtyessä REACH-asetuksen soveltamisalaan tulee siitä tehdä REACH-rekisteröinti. (1907/2006.) Taulukossa 1 on esitetty esimerkki miten teollisuuden jäte ja sivutuotteiden REACH-asetuksen rekisteröintivelvoite määräytyy.

Taulukko 1. REACH rekisteröintivelvoitteen määräytyminen (Koivisto et al. 2016, 14)

Materiaalit, joihin REACH-rekisteröinti vaaditaan	Materiaalit, joihin REACH-rekisteröintiä ei vaadita
EU:ssa valmistetut kemialliset aineet	Aineet, jotka on rekisteröity jo aiemmin
Sivutuotteet, jotka toimitetaan hyötykäyttöön ja saatetaan markkinoille.	Sivutuotteet tai välituotteet, joita ei saateta markkinoille, vaan käytetään tuotantopaikalla.
EoW- materiaalit (jotka eivät ole saaneet vapautusta ja) joita markkinoidaan EU-alueella.	EU-kriteerien mukaiset EoW-tuotestatuksen saaneet materiaalit: rauta-, teräs- ja alumiiniromu, lasimurska, kupariromu.
	Jätteet

Kuten taulukossa 1 on esitetty, REACH-asetusta ei sovelleta jätteisiin. Lähtökohtaisesti sivutuotteiden tulee kuulua REACH rekisteröintiin, jos niitä aiotaan hyötykäyttää. Jos jätteestä valmistettu tuote on jo rekisteröityä tai kyseessä on tuotantopaikalla käytettävä välituote, rekisteröintiä ei tarvita. Lisäksi REACH-asetuksen liitteissä IV tai V on määritelty tarkemmin, mitkä tuotteet eivät kuulu asetuksen piiriin. (Koivisto et al. 2016, 14; ECHA 2017.)

REACH-asetuksen asettamat velvollisuudet vaikeuttaa jätteiden tuotteistamista. Ongelmana myös on, että REACH-asetuksen vaatimusten täyttäminen saattaa aiheuttaa kohtuuttomia taloudellisia rasitteita toimijoille, jotka haluaisivat harjoittaa jätteiden käsittelyä ja kierrätystä tuotteiksi. Jos REACH-asetuksen vaatimusten täyttäminen tulee liian kalliiksi, toimijat saattavat katsoa tällöin parhaaksi säilyttää jätteellä jätestatuksen. REACH-näkökulma tulisi ottaa huomioon jo teollisuuslaitoksen ympäristölupaa haettaessa. (Alaranta 2013.)

2.3 Ympäristölainsäädäntö

Ympäristönsuojelulain (YSL, 527/2014) ensisijaisena tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista (YSL 1§). Ympäristönsuojelulakia sovelletaankin toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Esimerkiksi toimintaan, jossa syntyy tai käsitellään jätettä, sovelletaan ympäristönsuojelulakia. (YSL 2§.) Ympäristönsuojelulain yhtenä olennaisena periaatteena on tarkastella toiminnan yleisestä luvanvaraisuutta (YSL, 4 luku).

2.3.1 Ympäristöluvanvaraisuus

Ympäristölupa on oltava kaikkeen toimintaan, joka aiheuttaa vaaran ympäristön pilaantumiselle. Ympäristöluvan tarvitsevat muun muassa useat teollisuuslaitokset ja jätehuoltotoiminnot, turvetuotanto, kaivostoiminta, eläinsuojat ja kalankasvatus. Tarkemmin yleisestä ympäristöluvanvaraisuudesta säädetään ympäristönsuojelulain luvussa 4. (YSL 27 §.)

Toiminta on ympäristöluvanvaraista, jos se sisältyy ympäristönsuojelulain liitteiden 1 taulukoihin lueteltuihin toimintoihin. Esimerkiksi ympäristönsuojelulain liitteen 1 taulukoiden 1 ja 2 kohdassa 13 lupa vaaditaan jätteen ammattimaiselle tai laitosmaiselle jätteenkäsittelytoiminnalle. Ammattimaiselle tai laitosmaiselle jätteenkäsittelytoiminnalle ei ole lainsäädännössä asetettu tarkkoja määritelmiä. Ympäristöluvan tarve arvioidaan tapauskohtaisesti toiminnan laajuuden, luonteen ja ympäristövaikutusten perusteella. (YSL, liite 1, taulukot 1 ja 2, 13.) Myös sellaisiin toimintoihin, joista saattaa aiheutua vesistön pilaantumista tai kohtuutonta rasiutusta, täytyy olla ympäristölupa (YSL 27§). Näiden lisäksi ympäristönsuojelulaissa (YSL 28§) on annettu tiukempia kriteerejä esimerkiksi pohjavesialueella tapahtuvalle toiminnalle.

Ympäristölupa haetaan toimivaltaisella ympäristölupaviranomaiselta, joita ovat aluehallintovirasto tai kunnan ympäristönsuojeluviranomainen (YSL 34§). Lupaviranomaisten toimivaltajako on määritetty ympäristönsuojeluasetuksessa (YSA, 713/2014). Esimerkiksi asetuksessa on määritelty taulukon 2 mukaisesti jätteiden käsittelyn lupaviranomaisesta.

Taulukko 2. Esimerkki lupaviranomaisen määräytymisestä (YSA 713/2014 1 §, 2 §)

Luvan edellytys	Lupaviranomainen aluehallintovirasto	Lupaviranomainen kunnan ympäristönsuojeluviranomainen
Pilaantumattoman maa-ainesjätteen, betoni-, tiili- tai asfalttijätteen tai pysyvän jätteen muu käsittely kuin sijoittaminen kaatopaikalle (YSA 1§ 13f)	Vähintään 50 000 t/a	Alle 50 000 t/a
Muu kuin 13 a ja d—g alakohdassa tai 2 §:n 12 kohdan a—e alakohdassa tarkoitettu jätelain (646/2011) soveltamisalaan kuuluvan jätteen käsittely, joka on ammattimaista tai laitospaista. (YSA 1§ 13h)	Vähintään 20 000 t/a	Alle 20 000 t/a

Lupahakemuksesta säädetään ympäristönsuojelulain 39 §:ssä ja ympäristönsuojeluasetuksen 2 luvussa. Lupahakemuksen käsittelyä edistävät muun muassa ennakkoneuvottelut lupaviranomaisen kanssa, hyvissä ajoin jätetty hakemus sekä selkeä, kattava ja asiantuntevasti laadittu hakemus (Ympäristölupahakemuksen täyttöohje 2015).

Jotkut toiminnat tai hankkeet saattavat vaatia lisäksi ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA), jonka tavoitteena on selvittää ja vähentää hankkeen haitallisia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arviointi tehdään ennen ympäristölupapäätöstä hankkeen suunnittelun yhteydessä. Ympäristövaikutuksen arvioinnin tulokset otetaan huomioon hankkeen lupaharkinnassa. Ympäristövaikutusten arviointia koskevassa lainsäädännössä on määritelty ne hankkeet, joista on aina tehtävä ympäristövaikutustenarviointi. (Ympäristö 2017.)

Ympäristölupa voidaan myöntää, jos toiminta täyttää ympäristönsuojelulain ja jätelain sekä niihin liittyvien säännösten vaatimukset. Lisäksi myöskään muista lainsäädännöistä ei saa aiheutua esteitä luvan myöntämiseen. Ympäristölupahakemuksesta peritään maksu, josta on säädetty valtioneuvoston asetuksessa aluehallintoviraston maksuissa sekä kunnan hyväksymässä taksassa. (Ympäristölupahakemuksen täyttöohje 2015.)

2.3.2 Poikkeukset yleisestä luvanvaraisuudesta

Ympäristönsuojelulaissa on asetettu myös poikkeuksia ympäristöluvanvaraisuudesta. Koeluonteiseen lyhytaikaiseen toimintaan ei tarvita ympäristölupaa vaan toiminnasta pitää tehdä ilmoitus. Ehtona kuitenkin on, että koeluonteisen toiminnan tarkoituksena on kokeilla uutta tekniikkaa, raaka- tai polttoainetta, valmistus- tai polttomenetelmää, puhdistuslaitetta tai käsitellä jätettä laitos- tai ammattimaisesti tällaisen toiminnan vaikutusten, käyttökelpoisuuden tai muun näihin rinnastettavan seikan selvittämiseksi. (YSL 31 §.)

Eräiden jätteen käsittelytoimintojen luvanvaraisuudesta poikkeamisesta on asetettu ympäristönsuojelulain 32 §:ssä, jonka mukaan ympäristölupaa ei tarvita silloin, kun kysymyksessä on esimerkiksi haitattomaksi käsitellyn jätevesilietteen, sakokaivolietteen, umpisäiliölietteen tai kuivakäymäläjätteen tai haitattoman tuhkan tai kuonan hyödyntäminen ja käyttö lannoitevalmistelain (539/2006) mukaisesti. Lisäksi maa- ja metsätaloudessa syntyvän haitattomista luonnonaineksista koostuvan kasvisperäisen jätteen hyödyntäminen energiantuotannossa on mahdollista ilman ympäristölupaa (YSL 32 §.)

2.3.3 Ympäristölainsäädännön uudistaminen

Tällä hetkellä on meneillään ympäristönsuojelulain uudistamisen kolmas vaihe, jonka tavoitteena on sujuvoittaa lupamenettelyä. Tällä hetkellä lupamenettelyt ovat tiukkoja ja aikaa vieviä, joten esimerkiksi teollisuuden jätteiden hyötykäyttö on haastavaa. Uudistamishankkeessa valmistellaan lupamenettelyn sujuvoittamista sekä pohditaan mahdollisuutta nostaa luvanvaraisuuskynnyksiä. Ympäristönsuojelulain uudistamisessa valmistellaan hallituksen esitystä loppuvuodeksi 2017. Esityksessä tullaan ehdottamaan entisten menettelyiden lisäksi uutta yleistä ilmoitusmenettelyä, joka olisi keveämpi kuin nykyinen ympäristölupamenettely, mutta perusteellisempi kuin rekisteröintimenettely (Ympäristöministeriö 2017.)

Lisäksi on meneillään niin sanottu yhden luukun lainsäädäntöhanke, joka sujuvoittaisi lupa-asiointia. Uudistus käsittää muun muassa ympäristölupia, vesilain mukaisia lupia, luonnonuojelulain mukaisia poikkeuspäätöksiä, ympäristövaikutusten arviointia ja rakennuslupia. Yhden luukun lainsäädäntöhankkeen tavoitteena on, että eri menettelyjen yhteensovittaminen ja yhdistäminen tekisi lupa-asioinnista nopeampaa ja helpompaa. Näiden muutoksen lisäksi myös ympäristövaikutusten arviointiin on tulossa muutoksia vuoden 2017 aikana.

Muutosten keskeisimpänä tarkoituksena on ympäristövaikutusten arvioinnin laadun parantaminen sekä kehittää arviointia vastaamaan paremmin ympäristönsuojelun haasteisiin. (Ympäristöministeriö 2017.)

Uudistuksien myötä vaikuttaisi siltä, että nykyiseen tiukkaan ympäristölupamenettelyyn on tulossa toimintaa helpottavia muutoksia. Epäselvää vielä on, mitä muutokset tarkalleen koskevat ja vaikuttaako se esimerkiksi teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäyttöön. Tulevaisuudessa saattaa olla, että esimerkiksi kiertotalous-trendin kasvaessa kansalliseen ympäristölainsäädäntöön tulee todennäköisesti enemmän muutospaineita. Muutoksilla voi olla vaikutuksia siihen, miten tiukasti jätteitä tulee käsitellä ja millaisia hyötykäyttömahdollisuuksia niille annetaan.

2.4 MARA-asetus

Jätteen maarakennuskäyttöön, joka luokitellaan jätteen laitosmaiseksi tai ammattimaiseksi hyötykäytöksi, tarvitaan usein ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) 27 §:n mukainen ympäristölupa. Ympäristölupavelvollisuus ei kuitenkaan koske niitä jätteitä, joiden käyttö on MARA-asetuksen (VNa 591/2006) eli valtioneuvoston eräiden jätteiden maarakennuskäyttöä koskevan asetuksen mukaista.

MARA-asetukseen kuuluvien jätteiden käyttö maarakentamisessa voidaan ratkaista MARA-asetuksen mukaisella ilmoitusmenettelyllä. Ilmoitus on tehtävä valvontaviranomaiselle, joita ovat elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus sekä kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Lähtökohdana jätteiden maarakennuskäyttöön on, että siitä ei saa aiheutua vaaraa maaperän tai pohjaveden pilaantumiselle, terveydelle tai ympäristölle. (VNa 591/2006.)

Nykyisen MARA-asetuksen piiriin kuuluvia jätteitä ovat betonimurske ja kivihiihen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkat sekä leijupetihiekka. (VNa 591/2006, Liite 1.) Hyödyntämiskohteet on esitetty MARA-asetuksen 2 §:ssä ja ne ovat:

- yleiset tiet, kadut, jalkakäytävät ja pyörätiet sekä niiden liitännäisalueet
- pysäköintialueet
- urheilukentät
- virkistys- ja urheilualueiden reitit
- ratapihat

- jätteenkäsittely-, teollisuus- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät ja tiet.

Lisäksi jätteiden hyödyntämisen on perustuttava maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999), yleisistä teistä annetun lain (243/1954) tai maantielain (503/2005) mukaiseen suunnitelmaan, lupaan tai ilmoitukseen. (Vna 527/2014 2§.)

Jos MARA-asetuksen edellytykset eivät täyty, jätteen hyötykäyttöön tarvitaan ympäristösuojelulain (527/2014) 27 §:n mukainen ympäristölupa. Ympäristölupa on haettava esimerkiksi seuraavissa tapauksissa:

- materiaali ei kuulu MARA-asetuksen soveltamisalaan
- käyttökohde ei kuulu MARA-asetuksen soveltamisalaan
- tuottajalla ei ole MARA-asetuksen mukaista laadunhallintajärjestelmää
- haitta-aineiden liukoisuudet ja pitoisuudet eivät täytä MARA-asetuksen mukaisia raja-arvoja.
- materiaalin kerrospaksuus on yli 150 cm (UUMA 2016).

Ympäristölupavelvollisuus ei kuitenkaan koske koeluontoista ja lyhytaikaista hyödyntämistä maarakentamisessa. Koerakentamisesta on kuitenkin tehtävä ympäristönsuojelulain mukainen ilmoitus ympäristöviranomaiselle (YSL 119 §.)

2.4.1 MARA-asetuksen uudistaminen ja uusi MASA- asetusta

MARA-asetusta on päivitetty edellisen kerran vuonna 2009. Vuonna 2012 ympäristöministeriö teetti arvioinnin nykyisen MARA-asetuksen toimivuudesta ja kehittämistarpeista. Saatujen tulosten mukaan ilmoitusmenettely on helpottanut betonimurskeiden käyttöä, mutta tuhkien haitta-ainepitoisuudet ylittävät usein sallitut haitta-ainepitoisuudet, jolloin niiden käyttö MARA-asetuksen mukaisesti ei ole ollut mahdollista. Lisäksi tutkimuksessa tehdyn kyselyn mukaan MARA-asetukseen piiriin toivottiin uusia jätejakeita, kuten tiilimursketta, asfalttirouhetta, rengasrouhetta, metsäteollisuuden kuitulietettä, lasimursketta, kaivannaisjäätettä sekä stabiloituja maa-aineksia. Uusiksi sovelluskohteiksi ehdotettiin yksityisteitä, melusteita ja teollisuusalueen pysäköintialueita. (Mikkola 2013.)

Uusi MARA-luonnos julkaistiin 11.11.2016. Uudessa MARA-asetuksessa laajennettaisiin jätteen hyötykäyttömahdollisuuksia maarakentamisessa lisäämällä uusia jättemateriaaleja ja käyttökohteita. Lisäksi uuden MARA-asetuksen ympäristökelpoisuusperusta muutettaisiin

rakennekohtaiseksi, jolloin todellinen ympäristölle aiheutuva riski huomioitaisiin. (Ympäristöministeriö 2016)

Maa-ainesjätteiden hyödyntämistä koskevan asetus eli MASA-asetus on uusi asetus, jonka tarve perustuu esimerkiksi maarakentamisessa ylijäämämaa-aineksien käytön haastavuuteen maa-aineksen jäteluonteen takia. Nykyisin maa-aineksen jäteluonne estää hyötykäytön rakentamispaikalla ja tästä johtuen ylijäämämaa onkin kuljetettava maankaatopaikalle. Maa-aineksien jäteluonteesta on tehty ympäristöministeriön muistio, Kaivetut maa-ainekset- jäteluonne ja käsittely 3.7.2015, jonka tarkoituksena on selkeyttää maa-aineksiin ja maa-ainesjätteisiin liittyviä jätelainsäädännön ja ympäristönsuojelulain mukaisia tulkintoja. Muistion (2015) mukaan keskeisiä arviointiperusteita todettaessa, että maa-aines ei ole jätettä ovat:

- haitta-ainepitoisuudet
- jatkokäytön varmuus
- jatkokäyttö suunnitelmallisuus
- jatkokäyttö sellaisenaan ilman muuntautumistoimia. (Ympäristöministeriö 2015)

MASA-asetuksen tarkoituksena on edistää rakentamisen ylijäämämaa-ainesten tarkoituksen mukaista hyödyntämistä maarakentamisessa ja vähentää neitseellisen luonnonvarojen käyttöä. Uuden MASA – ja uudistetun MARA-asetuksen materiaaleiksi on ehdotettu taulukossa 3 esitetyjä materiaaleja.

Taulukko 3. Uusien MARA- ja MASA-asetuksien sisältämät materiaalit (Ympäristöministeriö 2016).

MASA-materiaalit	MARA-materiaalit
Pilaantumaton maa-ainesjäte	Kivihiilen, puun ja turpeenpolton lento- ja pohjatuuhka sekä kuonat ja leijupetihiekka
Haitallisia aineita sisältäviä maa-ainesjäte	Betonimurske
Mineraalisia rakennusjätettä sisältävä maa-aines	Tiilimurske
Maalle nostettava sedimentti	Käsitelty jätteenpolton kuona
Jätteeksi luokiteltavalla sideaineella stabiloitava maa-aines ja sedimentti	Valimohiekat
Käytetty hiekoitussepele	Asfalttirouhe ja -murska
Käytetty raidesepeli	Kalkit

Uusia materiaaleja on varsin paljon mutta myös uusia käyttökohteita on ehdotettu. Taulukkoon 4 on kerätty rakentamisen maa-ainesjätteiden ja eräiden muiden jätteiden hyödyntämistä koskevan asetusvalmistelun taustaselvityksessä (2016) esitetyt rakentamiskohteet.

Taulukko 4. MARA- ja MASA- asetusten mukaiset rakentamiskohteet (Ympäristöministeriö 2016).

MASA- ja MARA- rakentamiskohteet
Väylät
Kentät
Ulkoliikuntapaikat
Vallit
Teollisuus- ja varistorakennusten pohjarakenteet/perustukset
Vain MASA-rakentamiskohteet
Täytöt
Jäteperäisillä sideaineilla stabiloitu maa-aines

Tällä hetkellä uudistettu MARA-asetus on menossa notifiointikierrokselle ja sen on tarkoitus tulla voimaan vuoden 2017 aikana (Ympäristöministeriö 2017). Uusi MASA-asetus voimaan tulon tavoite on ollut vuonna 2017, mutta MASA-asetuksen luonnosta ei ole ollut vielä nähtävillä.

2.5 Tuotteistaminen ja siihen liittyvä lainsäädäntö

Tuotteistaminen liittyy olennaisesti teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden liiketoimintamahdollisuuksiin. Tuotteistaminen on tavaran tai palvelun vakiomista siten, että syntynyt tuote on aina samanlainen. Tuotteistamisen perusajatuksena on uuden kilpailukykyisen tuotteen tai palvelun kehittäminen ja sen saattaminen markkinoille. (Koivisto et al. 2016.) Teollisuuden tuotannon sivuvirtojen tuotteistaminen voi tapahtua joko muuttamalla sivuvirrat sivutuotteiksi tai jalostamalla jätevirrat tuotteeksi esimerkiksi EoW-menetelmällä. Lisäksi jos jättemateriaali voidaan hyödyntää tuotteenomaisesti jättesäännöksiä kuitenkin noudattaen, voidaan sen katsoa tarkoittavan tuotteistamista. (Ramboll 2008.)

Tuotteistamista ohjaa sekä EU-lainsäädäntö että kansallinen lainsäädäntö. Keskeisimpiä tuotesäännöksiä, jotka koskevat rakennustuotteita ja lannoitevalmisteita ovat:

- EU:n rakennetuoteasetus (EU 305/2011)
- laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012)
- kuluttajaturvallisuuslaki (920/2011)
- tuotevastuulaki (694/1990)
- lannoitevalmistelaki (539/2006)

Lisäksi tuotteita koskee luonnollisesti muun muassa jätelainsäädäntö, ympäristölainsäädäntö ja kemikaalilainsäädäntö. Tuotteistaminen on pitkä ja hidas prosessi. Suomessa on materiaaleja, joiden hyötykäyttö on esteetöntä, ohjeistettua ja tuotteenomaista. Näitä ovat esimerkiksi masuuni- ja ferrokromikuonat, rakennushankkeiden yhteydessä tuotetut sivukivet, betonimurske ja asfalttimurske sekä kivihiilen poltossa syntyvät tuhkat. (Koivisto et al. 2016.)

2.5.1 Rakennustuotelainsäädäntö

Rakennustuotelainsäädäntö asettaa tiukat vaatimukset rakennustuotteille. Rakennustuotelainsäädännön tavoitteena on varmistaa, että rakennustuotteista saatava tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista. (Koivisto et al. 2016.)

Rakennustuotteisiin liittyvä keskeinen säädös on EU:n rakennustuoteasetus (EU 305/2011). Rakennustuoteasetus kuvaa yleiset rakennustuotteita koskevat määritelmät ja periaatteet sekä muun muassa menettelyt teknisten arviointien osalta ja tuotteen markkina- ja valvontasiat. CE-merkintä on rakennustuoteasetukseen perustuva valmistusten mukaisuusmerkintä, jonka käyttö on yleistynyt merkittävästi. CE-merkintä on pakollinen rakennustuotteille, joihin sovelletaan eurooppalaisia harmonisoituja tuotestandardeja. Rakennustuoteasetuksessa luonnonmateriaalit, jätemateriaalit ja kierrätyskiviainekset ovat yhdenvertaisia, kunhan ne ja toimijat täyttävät asetuksen mukaiset periaatteet ja vaatimukset. (Koivisto et al. 2016, 15–16.)

Jos tuotteet eivät kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan, niitä koskee laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012). Tyypin hyväksyntä, varmennustodistus, valmistuksen laadunvalvonta ja rakennuspaikkakohtainen varmentaminen ovat erilaisia tuotehyväksyntälaissa määritettyjä rakennustuotteen hyväksyntätapoja. Huomioitavaa kuitenkin on, että lakia ei sovelleta väylänpidossa käytettäviin rakennustuotteille, Liikenneviraston hyväksymiin rakennustuotteisiin. (Koivisto et al. 2016, 15.)

2.5.2 Lannoitevalmistelainsäädäntö

Teollisuuden jäte- ja sivutuotteita on mahdollista käyttää maarakennuskäytön lisäksi lannoitevalmisteina. Lannoitevalmisteiden osalta keskeinen lainsäädäntö on lannoitevalmistelainsäädäntö, johon liittyy ainakin seuraavat lait- ja asetukset:

- Lannoitevalmistelaki 539/2006
- MMM asetus (24/11) lannoitevalmisteista
- MMM asetus (11/12) lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta
- MMM asetus (1192/2011) eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden keräämisestä, kuljetuksesta ja hävittämisestä

- MMM asetus (1193/2011) eräitä eläimistä saatavia sivutuotteita ja niistä johdettuja tuotteita käsittelevien toimijoiden valvonnasta ja eräiden sivutuotteiden käytöstä.

Jos tuotteessa on ravinteita tai muita ominaisuuksia, joista on hyötyä kasvien kasvulle tai kasvuolosuhteille, soveltuu tuote lannoitevalmisteksi (539/2006 6§). Lisäksi lannoitevalmisteksi soveltuva tuote ei saa aiheuttaa haittaa ympäristölle, eläimille eikä ihmisille (539/2006 5§). Lannoitevalmisteenä käytettävän tuotteen käytön on oltava hyödyllistä ja perusteltua tai muuten saatetaan katsoa, että kyseessä ei ole hyödyntämistä vaan pikemminkin jätteen hävittämistä.

Lannoitevalmisteita ovat lannoitevalmistelain (539/2006) 4§ mukaan:

- epäorgaaniset ja orgaaniset lannoitteet
- kalkitusaineet
- maanparannusaineet
- kasvualustat
- mikrobivalmisteet
- lannoitevalmisteenä sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (539/2006, 4§).

Jotta lannoitevalmisteita on lupa tuoda maahan, saattaa markkinoille tai valmistaa markkinoille saattamista varten, niillä on oltava kansallisen tyyppinimiluettelon tai Euroopan yhteisön (EY) lannoitetyyppien luettelon mukainen tyyppinimi (539/2006 6§). Jos lannoitevalmisteella ei ole tyyppinimeä, voidaan uutta tyyppinimeä hakea Elintarviketurvallisuusvirastolta. Elintarviketurvallisuusvirasto ylläpitää kansallista luetteloa ajantasaisista lannoitevalmisteiden tyyppinimistä.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11 asettaa lannoitevalmistekkeille tarkempia vaatimuksia tyyppinimiryhmäkohtaisesti. Vaatimukset koskevat muun muassa lannoitteiden merkintää, pakkauksia, haitta-ainepitoisuuksia sekä kuljetus- ja varastointivaatimuksia. Huomioitavaa on, että metsätalouteen käytettävien lannoitteiden haitta-aineiden raja-arvot eivät ole yhtä tiukkoja kuin maatalouteen, maisemointiin tai viherrakentamiseen käytettävien lannoitteiden. (MMM 24/11.)

2.5.3 Muutokset lannoitevalmistelakiin

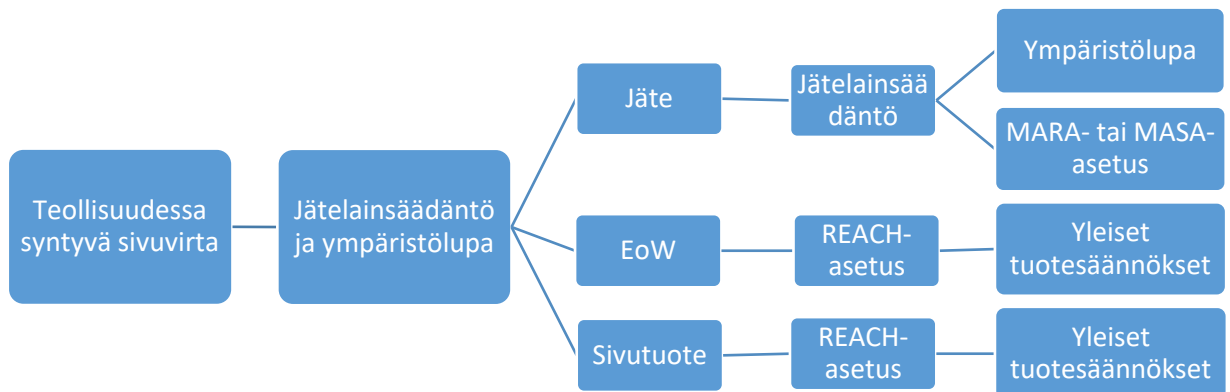
Lannoitevalmistelakiin tulevat muutokset ovat osa kiertotalouspakettia. Keskeisenä ongelmana on havaittu, että innovatiiviset lannoitevalmisteet sisältävät usein biojätteistä tai muista uusioraaka-aineista kiertotalousmallin mukaisesti kierrätettyjä ravintoaineita tai orgaanisia materiaaleja, joiden on vaikea päästä sisämarkkinoille toisistaan poikkeavien kansallisten sääntöjen ja standardien takia. (KOM/2017/33.)

Komissio esitti 17. maaliskuuta 2016 ehdotuksen asetukseksi, jolla luodaan aidot sisämarkkinat erityisesti talteenotetuista uusioraaka-aineiden ravinteista valmistetuille lannoitteille. Tällä tavalla lannoitealasta voisi tulla vähemmän riippuvainen esimerkiksi fosfaatin kaltaisten kriittisten primaariraaka-aineiden tuonnista, koska sitä voidaan ottaa talteen myös kotimaisesta orgaanisesta jätteestä. Aloitteen tärkein toimintapoliittinen tavoite on luoda kannustimia laajamittaisen lannoitetuotannon toteuttamiseksi EU:ssa kotimaisista orgaanisista tai uusioraaka-aineista kiertotalousmallin mukaisesti muuntamalla jäte viljelykasvien ravinteiksi. (KOM/2016/157.)

Jos orgaanisten bio- ja jättepohjaisten lannoitevalmisteet sisältyisivät EU:n lannoitelainsäädännön piiriin, olisi niillä tasapuolisemmat markkinaolosuhteet. Uusi asetus parantaisi lannoitevalmisteteollisuuden pääsyä sisämarkkinoille, koska asetus mahdollistaisi kaikille CE-merkityille lannoitevalmisteille EU:n tasolla tasapuoliset edellytykset. Asetus avaisi myös uusia mahdollisuuksia innovatiivisille lannoitevalmisteille. (KOM/2017/33.)

2.6 Yhteenveto lainsäädännöstä

Edellä esitetyt lainsäädännöt ja niiden merkitys teollisuuden sivuvirroille voidaan koota seuraavaan kuvaan 3.



Kuva 3. Eri lainsäädännölliset merkitykset teollisuuden jätteisiin, sivutuotteisiin ja EoW-tuotteisiin.

Teollisuudessa syntyvän sivuvirta käsitellään usein laitoksen ympäristölupapäätöksestä, jossa teollisuuden sivuvirta määritellään jätelainsäädännön perusteella jätteeksi tai sivutuotteeksi. Jos teollisuuden sivuvirta on luokiteltu jätteeksi, on sen mahdollista myöhemmin käydä EoW-menettely, jonka seurauksena teollisuuden jäte lakkaa olemasta jätettä. EoW-menettely voidaan suorittaa joko EU-kriteerien mukaisesti. Jos EU-kriteereitä ei ole kyseiselle tuotteelle annettu, voidaan EoW-menettelyä käydä tapauskohtaisesti jätelainsäädäntöä noudattamalla.

Jätteelle sovelletaan jätelainsäädäntöä ja sitä voidaan hyötykäyttää ainoastaan ympäristölupamenettelyllä tai MARA-asetuksen mukaisesti. Lisäksi jätteen polttoa ja kaatopaikalle sijoittamista säätelee niitä koskevat jätelainsäädännön asetukset. EoW-tuotteita ja sivutuotteita koskee usein REACH-asetus. Lisäksi tuotteen käytöstä riippuen käyttöä sääntelee muun muassa ympäristönsuojelulaki, lannoitevalmistelaki ja yleiset tuotelainsäädännöt.

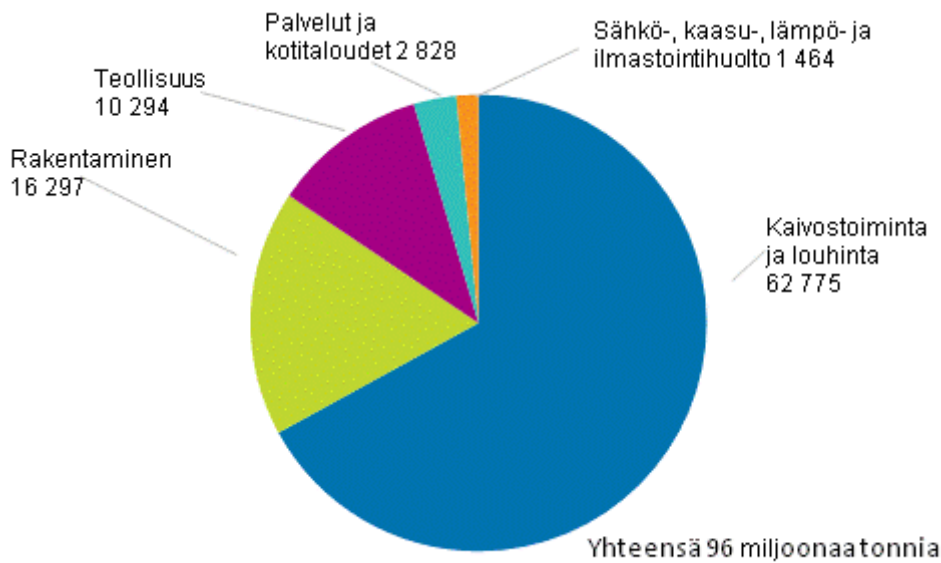
Euroopan komissio julkaisi kiertotalouden täytäntöönpano kertomuksen (KOM/2017/33) 27.1.2017, jossa esitetään yhteenveto toimista, jotka on jo toteutettu joulukuussa 2015 hyväksytyyn EU:n toimintasuunnitelman täytäntöönpanemiseksi ja vuoden 2017 keskeiset toimet. Komission jätelainsäädönpakettia ja lannoiteasetusta koskevia ehdotuksia voidaan pitää merkittävimpinä täytäntöönpanokertomuksessa mainituista jo toteutetuista toimista. Molemmat ovat edelleen parlamentin ja neuvoston käsittelyssä. Parlamentin ympäristövaliokunta (ENVI) on hyväksynyt oman kantansa jätelainsäädöspakettiin. Parlamentin ympäristövaliokunta

haluaa kiristää vuoteen EU:n laajuisia 2030 mennessä saavutettavia kierrätystavoitteita. Parlamentti haluaa nostaa kierrätystavoitteita esimerkiksi kaupunkijätteen osalta 65 %:sta 70 %:iin ja pakkausjätteen osalta 75 %:sta 80 %:iin. Lisäksi kaatopaikalle halutaan yhä vähemmän jätettä. EU:n kiertotalouspakettiin liittyvien jätedirektiivien viilaaminen jatkuu edelleen. (KOM/2017/33.)

Komissio jatkaa kiertotalouden toimintasuunnitelman täytäntöönpanoa. Vuonna 2017 tul- laan julkaisemaan muovistrategia, veden uudelleenkäyttöä koskeva esitys sekä kemikaali-, tuote- ja jätelainsäädäntöjen rajapintojen arviointi. Lisäksi kiinnostavia uudistuksia on myös vuodeksi 2018 luvattu biotalousstrategian uudistus sekä vuoden 2017 aikana julkaistava kiertotaloushankkeen seurantajärjestelmä. (KOM/2017/33.)

3 TEOLLISUUDEN JÄTTEIDEN JA SIVUTUOTTEIDEN SYNTYMINEN JA HYÖDYNTÄMINEN

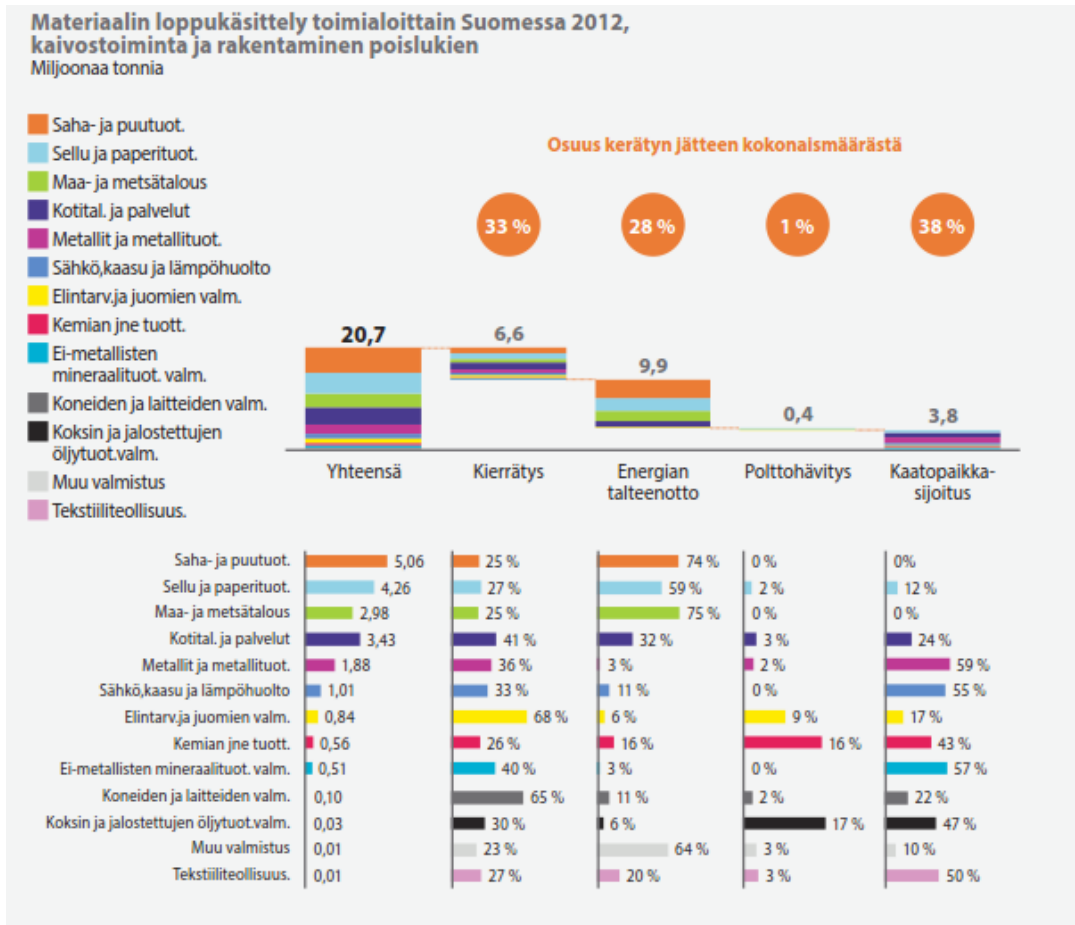
Tässä luvussa esitetään eri teollisuusalojen merkittävimpiä jätteitä ja sivutuotteita. Useimmin esitetyt jakeet on määritelty jätteiksi. Kaiken kaikkiaan jätteitä kertyi Suomessa vuonna 2014 yhteensä 96 miljoonaa tonnia (SVT 2016). Kuvassa 4 jätemäärät on esitetty sektoreittain.



Kuva 4. Suomessa syntyvät jätemäärät sektoreittain vuonna 2014 (SVT 2016).

Valtaosa jätteistä syntyy mineraalien kaivussa, rakentamisessa ja teollisuudessa. Suurin osa jätteistä on mineraaliperäisiä. Vuonna 2013 mineraaliperäisten jätteiden osuus oli noin 90 %. (SVT 2015). Kuvasta 4 nähdään, että teollisuudessa syntyi jätteitä vuonna 2014 yhteensä 10,294 miljoonaa tonnia vuodessa. Tehdasteollisuudessa syntyy eniten jätettä puutuoteteollisuudessa sekä massa- ja paperiteollisuudessa. Muita suuria teollisuusaloja, joista syntyy paljon jätteitä, ovat energiateollisuus, kemianteollisuus ja metalliteollisuus. (Häkkinen et al. 2014, 13.)

Suomessa lainsäädäntö ohjaa jätteet ensisijaisesti hyötykäyttöön. Kuvasta 5 voidaan nähdä tiettyjen teollisuusalojen jätteiden määrät sekä niiden hyödyntämis- ja loppukäsittelyaste. Kuvassa 5 ei ole esitetty kaivostoiminnasta ja rakentamisesta syntyviä jätteitä.



Kuva 5. Jätteiden loppukäsittely toimialoittain 2012 (Arponen 2014, 14).

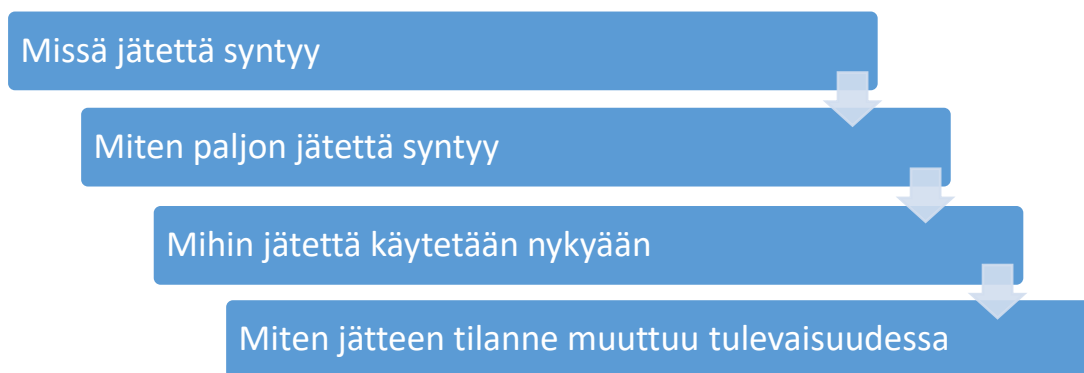
Kuvan 5 mukaan Suomen teollisuuden jätteistä vuonna 2012 päättyi 38 % kaatopaikalle. Taulukkoon 5 on koottu kuvaa 5 vastaavat tilastot vuodelta 2014.

Taulukko 5. Vuoden 2014 jätetilastot (SVT 2016).

2014	Hyödyntäminen energiana	Hävityspolttot	Materiaalin hyödyntäminen	Kaatopaikkasijoitus
Kaikki jätteet	4 485 159 t	495 960 t	12 854 027 t	75 034 279 t
Kaivostoiminta ja rakentaminen pois lukien	4 285 063 t	485 540 t	3 996 349 t	1 830 562 t
Osuus kokonaismäärästä	40 %	5 %	38 %	17 %

Tilastokeskuksen mukaan (SVT 2016) vuonna 2014 jätteiden sijoittaminen kaatopaikalle on vähentynyt ja hyödyntäminen materiaalina ja energiana on kasvanut. Jos rakentamisen ja kaivosteollisuuden jätteet laskettaisiin mukaan, kaatopaikkasijoittamisen osuus nousisi huomasti, koska silloin tilastoihin vaikuttaisi ylijäämämaan ja mineraaliperäisten jätteiden läjittäminen. Vuonna 2014 ylijäämämaiden läjittämistä tapahtui yli 14 924 200 t ja kaivosteollisuuden mineraaliperäisten läjittämistä 57 292 777 t. Näiden osuus kaikista jätteistä on noin 77 %. (SVT 2016.)

Kiertotalous vaatii usein ymmärrystä eri materiaalien arvosta ja hyödynnettävyydestä. Tähän lukuun on koottu ne potentiaalisimmat jätejakeet, joilla on liiketoimintamahdollisuuksia maarakennusmateriaalina tai lannoitevalmisteena. Tarkastelun ulkopuolelle jäävät muun muassa määrällisesti pienet sivuvirrat ja ongelmajätteet. Tarkastelu eri jätteiden osalta etenee seuraavan kuvan 6 kaavion mukaisesti.



Kuva 6. Teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden tarkastelun eteneminen.

Tarkastelun kohteena ovat erilaisten jätteiden ja sivutuotteiden syntyminen, ominaisuudet ja nykyinen käyttöä. Lisäksi tarkastellaan miten jätteen tai sivutuotteen tilanne mahdollisesti muuttuu tulevaisuudessa. Tiedot on saatu tarkastelemalla eri tutkimusaineistoja ja tilastoja. Jättemääriä tarkasteltiin eri teollisuudenaloilta, joita olivat energiateollisuus, metsäteollisuus, metalliteollisuus, kaivannaisteollisuus ja kemianteollisuus.

3.1 Energiateollisuuden tuhkat ja muut jätteet

Energiatuotannon polttoprosessissa syntyy laadultaan erilaisia lento- ja pohjatuhkia, riki-poistotuotteita sekä leijupetihiiekkaa. Tuhkat koostuvat pääosin piidioksidista, alumiinioksidista sekä kalsiumista, magnesiumista ja raudan oksidista. Luonnon maa- ja kiviaineksissa

esiintyy myös samoja ainesosia. Tuhkat sisältävät jonkin verran myös monia muita alkuaineita sekä palamatonta hiiltä. (Energiateollisuus 2017.) Suomessa tuhkat luokitellaan yleensä taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 6. Tuhkien luokittelu Suomessa. (Kiviniemi et al. 2012, 8)

	Nimike	Määritelmät
Keräyspaikka	Pohjatuhka	Kattilan pohjalle kerääntyvä tai poistettava tuhka- ja savukaasujää
	Lentotuhka	Savukaasuista erotettava tuhka- ja savukaasujää
Polttoainekoostumus	Kivihiilenpoltto	Kivihiilenpolton lentotuhka
	Seospoltto	Tavanomaisen polttoaineen seospoltto
	Rinnakkaispoltto	Jätteiden ja tavanomaisten polttoainesten rinnakkaispoltto

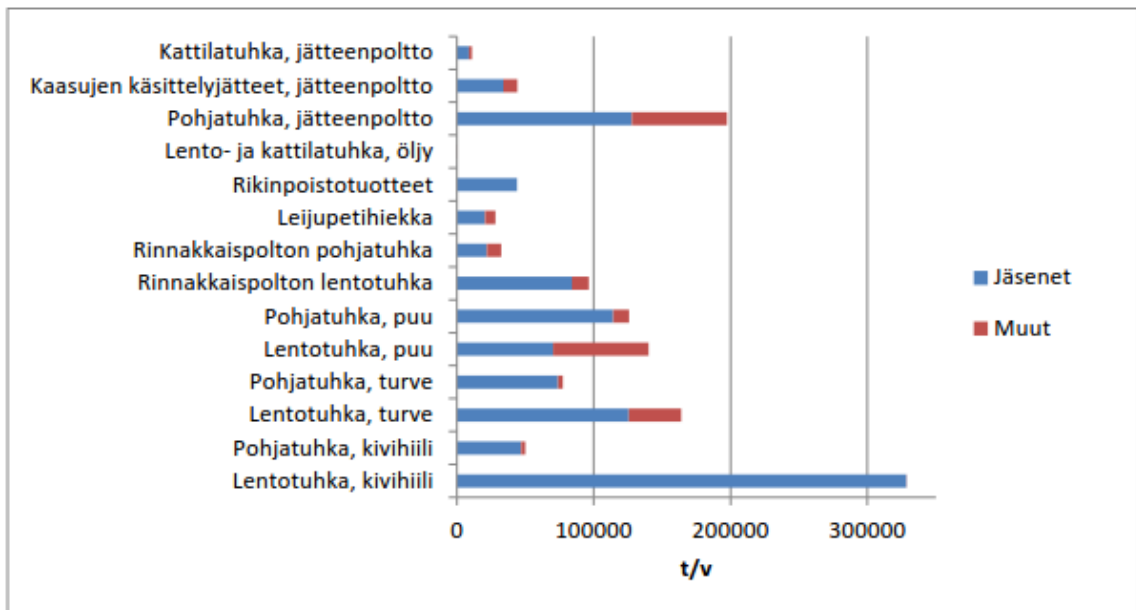
Suomessa tuhkien luokittelu eroaa hieman Eurooppalaisen standardin mukaisesta tuhkien luokittelusta, jossa tuhkat on luokiteltu painottaen enemmän polttoainetta ja polttotekniikkaa. Tuhkalaatuun vaikuttaa käytettävä polttoaine, polttotekniikka ja tuhkan keräyspaikka. (Kiviniemi et al. 2012, 8.)

Yleisimmät polttotekniikat ovat arina- ja leijupoltto. Polttotekniikasta riippuu syntyvän pohja- ja lentotuhkan suhteellinen määrä. Syntyvät tuhkat eroavat toisistaan myös ominaisuuksiltaan. Leijupolton pohjatuhka sisältää leijupolton tukiaineena käytettävää hiekkaa. Arinapoltoissa syntyvällä tuhalla on suurempi partikkelijakauma ja pohjatuhka sisältää usein myös hienompia jakeita. (Kiviniemi et al. 2012, 9.) Taulukossa 7 esitetään polttotekniikan vaikutuksia syntyvien tuhkien osuuksiin.

Taulukko 7. Polttotekniikan vaikutus tuhkan koostumukseen (Kiviniemi et al. 2012, 9).

	Leijukerrospoltto	Arinapoltto
Lentotuhkan osuus	80–100 %	5–40 %
Pohjatuhkan osuus	0–20 %	60–95 %

Lisäksi käytettävä polttoaine vaikuttaa olennaisesti tuhkan koostumukseen. Energiateollisuus ry:ssä tehtiin kesällä 2015 jäsenyrityksille ja kaukolämmön tukkumyyjille tilastokysely (Pohjala 2015) koskien polttolaitoksen tuhkia. Vastanneita polttolaitoksia oli 108 ja yrityksiä 60. Kyselyn perusteella tuhkia syntyi noin 1,34 miljoona tonnia, joista suurin osa oli puun, turpeen, jätteenpolton ja kivihiilen tuhkia. Kuvassa 7 on esitetty eri tuhkejakeiden syntyminen.

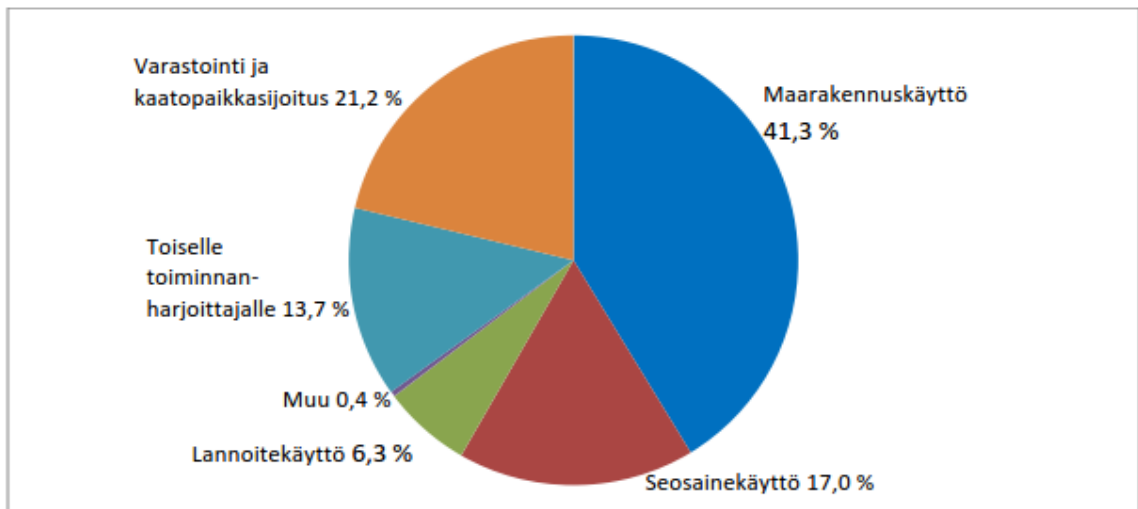
**Kuva 7.** Tuhkajakeiden syntyminen (Pohjala 2015, 5).

Kuvasta 7 nähdään, että kivihiilen poltosta syntyy eniten lentotuhkaa. Lisäksi jätteenpoltoista syntyy eniten pohjatuhkaa.

3.1.1 Käyttö yleisesti

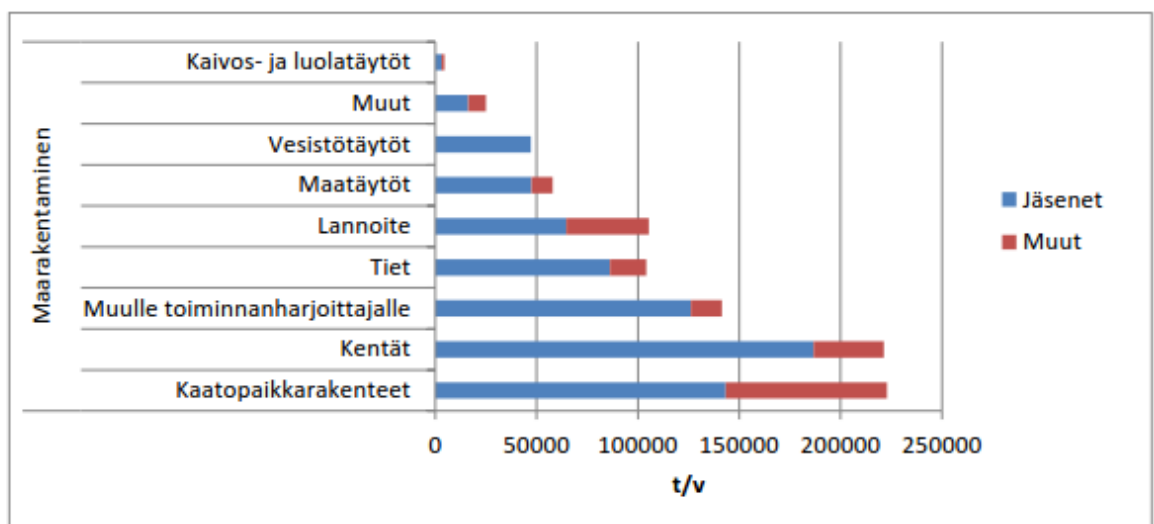
Tuhkien ja muiden polttoprosesseissa syntyvien sivutuotteiden hyödyntämisellä voidaan korvata luonnonmateriaaleja ja tukea näin myös kiertotalouden edellyttämää resurssitehok-

kuutta. Yleisimmin tuhkaa hyödynnetään rakennusteollisuuden raaka-aineena, maarakennusmateriaalina ja lannoitevalmisteena. Tuhkaa tai muita poltosta syntyviä sivutuotteita, joita ei voida hyödyntää, sijoitetaan kaatopaikalle. Tuhkia on mahdollista myös varastoida ja hyödyntää myöhemmin. (Energiateollisuus 2017.) Kyselyssä (Pohjala 2015) selvitettiin myös tuhkan käyttöä. Tulokset on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Tuhkan hyötykäyttö ja loppusijoitus (Pohjala 2015, 8).

Tuhkien käyttö maarakentamiseen on varsin yleistä. Toiseksi eniten tuhkia hyödynnettiin seosaineena. Tuhkia käytetään eniten betonin ja sementin seosaineena. (Pohjala 2015, 9). Kuvasta 9 voidaan huomata, että tuhkien maarakennuskäytöllä tarkoitetaan enimmäkseen kaatopaikkarakenteiden ja kenttärakenteiden rakentamista.



Kuva 9. Tuhkien maarakennuskäyttö (Pohjala 2015, 9).

Teiden rakentamisessa tuhkia on jo pitkään hyödynnetty koeluontoisesti, mutta käyttö ei ole yleistynyt. Epävarmuus tuhkien ympäristökelpoisuudesta ja teknisestä soveltuvuudesta ovat yleisimpiä esteitä tuhkien käyttöön erityisesti teiden rakentamisessa. Käytön haasteiksi on koettu myös tuhkan määrittely jätteeksi, hyötykäyttöön liittyvät ympäristölupavelvollisuudet ja laadunvaihtelut eri tuhkakajakeiden välillä. (Korpijärvi et al. 2009, 11.)

Eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta tuhkien hyödyntämiseen ja käsittelyyn tarvitaan ympäristönsuojelulain (527/2014) mukainen ympäristölupa. Ympäristölupavelvollisuus ei kuitenkaan koske tuhkakajakeita, joiden käyttö voidaan perustella pelkällä ilmoitusmenettelyllä MARA-asetuksen mukaisesti. Kyselyn (Pohjala 2015) mukaan MARA-menettelyn kautta tuhkia hyödynnettiin useilla polttolaitoksilla. Kyselyssä (Pohjala 2015) ilmeni myös, että erityisesti molybdeenin ja rikkisulfaatin MARA-asetuksessa määritetyt raja-arvot ylittyivät usein. Liian korkeat haitta-aine pitoisuudet estivät usein myös puun ja turpeen tuhkien hyötykäyttöä lannoitteena (Pohjala 2015, 17).

Usein tuhkaa ei käytetä sellaisenaan maarakentamiseen vaan se käsitellään ennen jatkosijoitusta muun muassa kostuttamalla, erotuksella tai rakeistamalla. Lisäksi tuhkien tekniset ominaisuudet on selvitettävä. Suositeltavaa on selvittää vähintään maarakentamiskäytön kannalta tärkeimmät ominaisuudet eli optimivesipitoisuus, maksimikuivairtoiheys, lujittumispotentiaali, jäätymsulamisrasituskestävyys, routivuus ja lämmönjohtavuus. Lisäksi myös haitta-aineiden pitoisuudet ja liukoisuudet tulee olla tiedossa. (Kiviniemi et al. 2012, 9.) Koska tuhkan ominaisuudet vaihtelevat paljon riippuen käytettävästä polttoaineesta, on syytä tarkastella erikseen eri polttoaineen poltossa syntyvien tuhkien ominaisuuksia ja käyttöä.

3.1.2 Kivihiilen polton tuhkat

Maailmanlaajuisesti kivihiili on merkittävä polttoaine. Suomessa kivihiiltä käytettiin vuonna 2016 sähkön- ja lämmöntuotannon polttoaineena 3,3 miljoonaa tonnia, joka vastaa energiasisällöltään 81 petajoulea (SVT 2017). Suomessa muodostuva kivihiilen tuhka on usein peräisin leijukerrospoltoista, jolloin 80–100 % tuhkasta on lentotuhkaa. Kuvasta 7 nähdään, että kivihiilen poltosta syntyi vuonna 2014 noin 50 000 tonnia pohjatuhkaa ja yli 300 000 tonnia lentotuhkaa. Kivihiilen rikkipitoisuuden ollessa korkea syntyy kivihiilivoimalaitoksissa myös savukaasujen puhdistusprosessissa rikinpoistotuotetta noin 50 000 tonnia vuodessa.

Savukaasujen sisältämä rikkiä voidaan poistaa kuiva-, puolikuiva- tai märkämenetelmällä. (Energiateollisuus 2017.)

Kivihiilen lentotuhkalla on korkea hyötykäyttöaste. Vain vähän yli 40 000 t eli 13 % kivihiilen lentotuhkasta läjitettiin kaatopaikalle (Pohjala 2015, 11). Kivihiilen lentotuhkaa voidaan hyödyntää maarakentamisessa, betonin valmistuksessa side- ja täyteaineena, asfaltin täytejauheena sekä maa- ja pohjarakenteiden stabiloinnissa. Kivihiilen poltosta syntyvät pohjatuhat pystyttiin hyödyntämään yli 90 %. Kokonaishyödyntämisaste kivihiilen polton tuhkillä on lähes 90 %. (Pohjala 2015, 11.)

Kivihiilen lentotuhka sisältää pääosin piitä, alumiinia ja raudan oksideja. Kivihiilen lentotuhkan tyypillisiä ominaisuuksia ovat reagoiminen kalkin kanssa, reaktiosta johtuva lujittuminen, routivuus, kapillaarisuus, huono vedenläpäisevyys ja kokoonpuristuvuus. Kun lentotuhkaan lisätään vettä ja se tiivistetään, lentotuhka lujittuu. Tiivistyneenä ja lujittuneena lentotuhka ei myöskään roudi. Lujittumisominaisuutta heikentää muun muassa tuhkan sisältämät epäpuhtaudet, välivarastointi ulkona ja matala lujittumislämpötila. Lentotuhkat ovat lisäksi kevyitä ja eristävät jonkin verran enemmän lämpöä kuin luonnonkivimateriaalit. Pohjatuhkat ovat lentotuhkia huomattavasti karkearakeisempia. Teknisiltä ominaisuuksiltaan pohjatuhkat vastaavat luonnon hiekkaa ja soraa. (Korpijärvi et al. 2009, 16–17.)

Märkämenetelmässä savukaasu pestään runsaalla vedellä. Tämän jälkeen savukaasut neutraloidaan. Savukaasujen neutralointiin käytetään liuosta, joka sisältää kalsiumpohjaista ainesta, kuten kalsiumoksidia, kalsiumhydroksidia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) tai kalkkikiveä (CaCO_3). Lopputuotteena saadaan varsin puhdasta kalsiumsulfaattia (CaSO_4) eli kipsiä, jota voidaan käyttää esimerkiksi kipsilevyn valmistuksessa. Rikinpoistokipsin hyötykäyttöaste on yli 95 %. (Energiateollisuus 2017; Mäkelä et al. 1999.)

Suomessa yleisimmin käytetty rikinpoistomenetelmä on puolikuivamenetelmä, jossa neutralointiliuos lisätään savukaasuihin veden kanssa. Rikin sitoutuminen tapahtuu samalla, kun vesi höyrystyy. Puolikuivamenetelmän rikinpoistotuote muodostuu suurimmaksi osaksi kalsiumsulfaatista ja –sulfidista. Lisäksi lopputuote saattaa sisältää myös pieniä määriä kalsiumhydroksidia ja -karbonaattia. Puolikuivamenetelmässä syntyvä lopputuote on vaikea hyödyntää. Tuotteen sisältämät kloridit ja sulfaatit rajoittavat rikinpoiston lopputuotteen hyötykäyttöä. Kyselyn (Pohjala 2015) mukaan rikinpoistontuotetta päätyi kaatopaikalle reilu 20 000 tonnia vuodessa, joka on noin 40 % syntyvästä kokonaismäärästä. Hyötykäyttö olisi

kuitenkin mahdollista seostamalla pieniä määriä rikinpoistotuotetta lentotuhkaan. (Energiateollisuus 2017; Mäkelä et al. 1995.) Taulukkoon 8 on koottu eri rikinpoiston lopputuotteen koostumukset.

Taulukko 8. Rikinpoiston lopputuotteet (Mäkelä et al. 1995, 13).

	Puolikuivamenetelmä	Märkämenetelmä
Kemiallinen yhdiste	Paino- %	
Kalsiumsulfaatti $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$	5-15	95–100
Kalsiumsulfitti $\text{CaSO}_3 \times \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	50–70	0-5
Kalsiumhydroksidi $\text{Ca}(\text{OH})_2$	5-20	
Kalsiumkarbonaatti CaCO_3	5-10	0-5
Lentotuhka	1-3	

Rikinpoistotuote vastaa teknisiltä ominaisuuksiltaan lentotuhkaa. Tiehallinnon suunnittelu- vaiheen ohjeistuksen (2007) mukaan rikinpoiston lopputuotteen käyttö stabiloiduissa tuhkarakenteissa sideaineen osana lisää usein sitoutumista. Rikinpoistotuote sisältää runsaasti liukoisia suoloja, joiden vuoksi se soveltuu vain rajoitetusti maarakennuskäyttöön. Ohjeistuksen mukaan (2007) päällystetyissä rakenteissa rikinpoistotuotteita voidaan käyttää pieniä määriä esimerkiksi lentotuhkan kanssa sideaineseoksissa. Toisaalta on myös tutkittu, että tuhkan ja rikinpoiston lopputuotteen seoksesta liukenee liikaa kloridia, vaikka rikinpoiston lopputuotetta olisi seoksessa noin 10 %. Huomioitavaa kuitenkin on, että rikinpoiston lopputuotteilla on laitoskohtaisia eroja. (Järvinen et al. 2016, 57.)

Kivihiilen käyttö on vähentynyt viime vuosina ja kivihiilivoimaloita on poistettu käytöstä. Lisäksi Suomen hallitus hyväksyi 24.11.2016 kansallisen energia- ja ilmastostrategian vuoteen 2030, jossa esitetään kivihiilen käytöstä luopuminen. Kivihiilen sijaan halutaan panostaa puupohjaiseen energiaan ja muihin uusiutuvan energian vaihtoehtoihin. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017.) Käytännössä tämä tarkoittaa kivihiilen poltosta syntyvien laadukkaiden tuhkien vähenemistä ja biopohjaisten tuhkien lisääntymistä.

3.1.3 Puun- ja turpeen polton tuhkat

Puun ja turpeenpolton tuhkat eli niin sanotut biotuhkat ovat suurin tuhkajae Suomessa. Suomen lämpö- ja voimalaitoksissa syntyy vuosittain biotuhkia yhteensä noin 500 000 tonnia vuodessa. (Pohjala 2015, 5.) Tästä määrästä yli puolet muodostuu puun ja turpeen seosta polttavissa voimalaitoksissa. Puhtaita puutuhkia arvioidaan syntyvän noin 150 000-200 000 tonnia vuodessa. Puhtaita turvetuhkia on puolestaan arvioitu syntyvän noin 50 000 tonnia vuodessa. (Korpijärvi et al. 2009, 16.)

Puuperäisten polttoaineiden ja turpeen poltossa muodostuu enemmän lentotuhkaa, kuin pohjatuuhkaa. Seospoltossa syntyvä tuhka on usein kivihiilen lentotuhkaa karkeampaa. Raekooltaan tuhkat muistuttavat silttiä tai hienoa hiekkaa. Eri voimalaitoksissa syntyvät tuhkat vaihtelevat käytetystä polttoaineesta, -prosessista, -lämpötilasta ja savukaasujen puhdistustekniikasta riippuen. Seostuhkien kemiallinen koostumus ja siten myös esimerkiksi lujittumisominaisuudet vaihtelevat paljon, joten seospolton tuhkia täytyy tutkia enemmän. Lisäksi puu- ja turvetuhkien ravinnepitoisuudet vaihtelevat keskenään. (Korpijärvi et al. 2009, 16; Laine-Ylijoki et al. 2002, 11.) Taulukkoon 9 on koottu puhtaiden turve- ja puutuhkien ravinnepitoisuuksia.

Taulukko 9. Puhtaiden puu- ja turvetuhkien ravinnepitoisuuksia (Moilanen 2005).

	Puutuhka	Turvetuhka
Fosfori (P)	0,2-3 %	0,5-2 %
Kalium (K)	0,5-10 %	0,2-0,4 %
Kalsium (Ca)	5-40 %	5-10 %
Boori (B)	alle 0,1 %	alle 0,01 %

Tällä hetkellä biotuhkia voidaan hyödyntää maarakentamisessa tai metsälannoitteena. Maarakentamiseen puu- ja turvetuhkia käytetään noin 60 % ja lannoitevalmisteena noin 20 %. Periaatteessa biotuhkat soveltuisivat myös betonin valmistuksessa side- ja täyteaineeksi. Biotuhkien hyötykäyttöä usein kuitenkin haittaa niiden korkea raskasmetallipitoisuus, radioaktiivisuus sekä geoteknisten ominaisuuksien ja kemiallisen koostumuksen suuri vaihtelu. Metsäautoteissä seostuhkien käyttö on yleisempää, koska laatuvaatimukset eivät ole niin tiu-

kat kuin ylempiarvoisissa käyttökohteissa. Noin 10 % biotuhkista joudutaan kuitenkin edelleen läjittämään kaatopaikalle tai varastoimaan, koska niille ei löydetä sopivaa käyttökohdetta. (Pohjala 2015; Korpijärvi et al 2009, 22.)

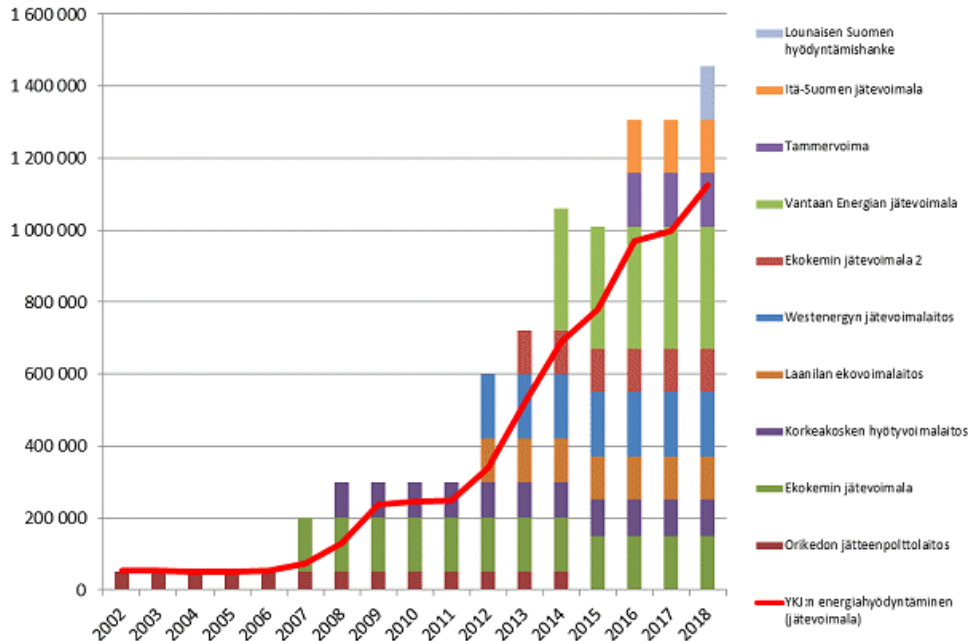
Puhdas puutuhka soveltuu sellaisenaan metsälannoitteeksi, koska se sisältää oikean määrän ravinnearvoja metsälle, tyypeä lukuun ottamatta. Polttoprosessissa puun ja turpeen sekä muiden poltettavien biomassojen sisältämät raskasmetallit päätyvät osittain tuhkiin. Näitä raskasmetalleja ovat usein kadmium (Cd), arseeni (As), kromi (Cr) ja nikkeli (Ni). (Energiateollisuus 2017.) Yleensä kadmium on puutuhkan kriittisin raskasmetalli, joka saattaa rajoittaa puutuhkan lannoitekäyttöä (Korpijärvi et al. 2009, 16). Kyselyn (Pohjala 2015) mukaan puun poltosta syntyvää pohja- ja lentotuhkaa käytettiin lannoitekäytössä noin 80 000 tonnia vuodessa ja maarakennukseen ja täyttöihin vajaa 100 000 tonnia.

Turvetuhkan sisältää usein vähemmän raskasmetalleja kuin puutuhka, mutta turvetuhkan käytössä tulee huomioida niiden mahdollinen radioaktiivisuus. (Energiateollisuus 2017). Turvetta pääpolttoaineena polttavien voimalaitosten lentotuhkasta suuri osa pystyttiin hyödyntämään maarakentamisessa ja täytöissä. Noin 20 % turvetuhkista läjitettiin kaatopaikalle. (Pohjala 2015, 10.)

Uuden energia- ja ilmastostrategian vaikutuksesta biotuhkien määrä tulee lisääntymään tulevaisuudessa. Erilaisten biopolttoaineiden käytön lisääntyessä myös todennäköisesti tuhkien laatuvaihtelu kasvaa. Biotuhkien käyttö on todennäköisesti tulevaisuudessakin haastavaa niiden laadunvaihtelun ja haitta-aineiden pitoisuuksien takia. Tuhkien hyötykäyttöä on kuitenkin tarkoitus lisätä ja useampia biotuhkiin liittyviä tutkimushankkeita on käynnissä eri puolilla maailmaa. (Korpijärvi et al. 2009.)

3.1.4 Jätteenpoltosta syntyvien tuhkat

Suomessa jätteenpoltto on yleistynyt runsaasti. Suomen jätevoimaloissa ja rinnakkaispolttolaitoksissa poltetaan lähes puolet kaikesta yhdyskuntajätteestä. (Jätelaitosyhdistys 2017) Kuvassa 10 on esitetty jätteenpolttolaitosten kokonaiskapasiteetin kehitys vuodesta 2002 vuoteen 2018.



Kuva 10. Jätteenpolton kehittyminen (Jätelaitosyhdistys 2017).

Jätteenpoltoissa syntyy neljä eri tuhkalatua, jotka ovat pohjakuona ja –tuhka, savukaasuista erotettava lentotuhka, kaasujen puhdistuksen jäte (air pollution control residue, APC) sekä näiden seokset. Kaiken kaikkiaan jätteenpolttotuhkia syntyi noin 250 000 t vuonna 2014 (Pohjala 2015, 5). Taulukkoon 10 on havainnollistettu eri tuhkakajekiden tarkempaa syntymistä jätteenpolttolaitoksessa.

Taulukko 10. Tuhkakajeket jätteenpoltoissa (Jätelaitosyhdistys 2017).

Tuhkatyyppi	Syntyvä määrä (p- % syötteestä)
Pohjakuona, pohjatuhka, pohjakarkea- ja kattilatuhkat	10–50 %
Savukaasuista erotettava lentotuhka, (sykloneilta, sähkö- ja kangassuotimilta)	2-30 %
Savukaasujen puhdistusjäte	2-5 %
Lentotuhkan ja APC:n seokset	2-30 %

Jätteenpolton savukaasujen puhdistuksessa syntyvät APC-jäte ja hienojakoinen lentotuhka sisältävät runsaasti haitta-aineita. Korkeiden haitta-aine pitoisuuksien takia ne luokitellaan yleensä vaaralliseksi jätteeksi. APC-jätteiden liukenevien suolojen määrä saattaa ylittää

usein jopa vaarallisen jätteen kaatopaikkasijoitukselle asetetut raja-arvot. Savukaasujen puhdistusjätteet esikäsitellään ja sijoitetaan vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Tuhkien ympäristöominaisuuksia voidaan kuitenkin parantaa käsittelyllä. Lentotuhkien ja erityisesti savukaasunpuhdistusjätteiden käsittelyn osalta yleisimpiä käsittelytekniikoita ovat pesuun, stabilointiin ja termiseen käsittelyyn perustuvat tekniikat. (Jätelaitosyhdistys 2017.)

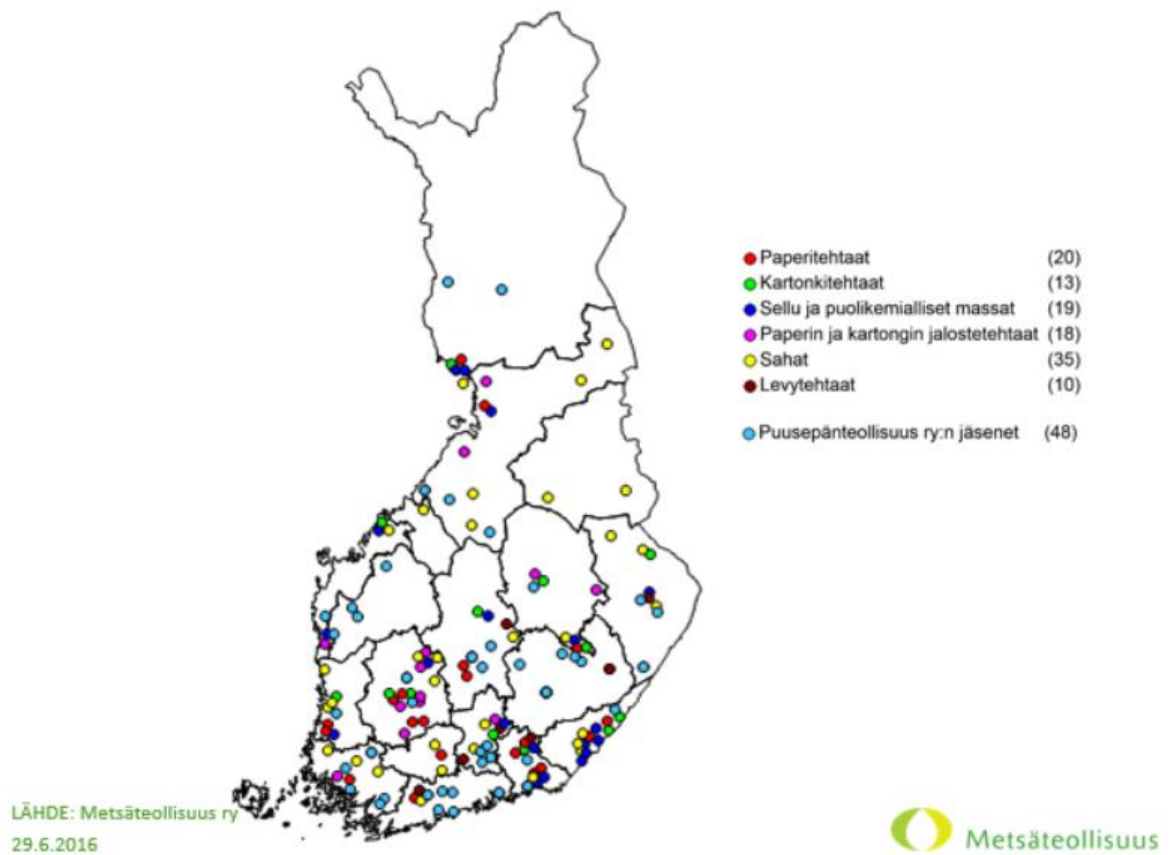
Suora hyötykäyttökohde suurimmalle osalle jätteenpolton pohjatuhkille ei kyselyn (Pohjala 2015) mukaan tiedetty. Tämä johtunee siitä, että usein tuhkien käsittely on ulkoistettu jollekin toiselle toiminnanharjoittajalle. Yhdyskuntajätteenpolton pohjatuhkia voidaan hyödyntää ympäristöluvan varaisesti maarakentamisessa. Pohjatuhkasta noin 80 000 hyödynnettiin maarakentamisessa tai täytöissä. Jätteenpolton tuhkia päätyi kaatopaikalle ainakin 100 000 t eli noin 40 % syntyvästä tuhkamäärästä. (Pohjala 2015, 9-10.)

Esimerkiksi Tammervoiman jätteenpolttolaitoksella tuhkia syntyi vuonna 2016 yhteensä noin 35 000 tonnia, mikä oli 22,4 prosenttia poltetusta jätemäärästä. Voimalan pohjatuhkat käsitellään Tarastenjärvellä. Tuhka jaetaan eri jakeisiin ja siitä erotellaan metallit. Muita jakeita käytetään muun muassa maarakentamisessa. (Tammervoima 2017). Vantaan energian jätevoimalan energiantuotannossa syntyvä pohjakuona ja lentotuhka toimitetaan HSY:lle. Kuonaa hyödynnetään muun muassa kaatopaikan rakenteissa ja tuhkan stabiloinnissa. Muita käyttökohteita etsitään koko ajan. Lentotuhka ja savukaasun puhdistusjäte stabiloidaan ja toimitetaan Ekokem Oy:n vaarallisen jätteen kaatopaikalle. (Vantaan energian yhteiskuntavastuuraportti 2015)

Suomessa jätteenpolttolaitoksista syntyvä tuhkan määrä tulee vielä hieman lisääntymään, kun tällä hetkellä rakenteilla olevat voimalat käynnistyvät. Maailmanlaajuisesti ajatellen jätteitä päätyy kuitenkin valtavasti kaatopaikalle, joten jätteiden poltto isossa mittakaavassa tulee kasvamaan enemmän. Jätteiden poltosta syntyvät tuhkat käsitellään ja sijoitetaan kaatopaikalle, mutta tekniikan kehittyessä syntyvien tuhkien laatu saattaa parantua. On myös tutkittu, että jätteenpolton tuhkista voitaisiin erottaa metalleja, jonka jälkeen hyödyntäminen olisi helpompaa (Kaartinen et al. 2007). Huomioitavaa on, että uudessa MARA-luonnoksessa jätteenpolton pohjakuona on mukana, joten on mahdollista, että jätteenpolton pohjakuonaa tullaan tulevaisuudessa käyttämään enemmän maarakentamisessa.

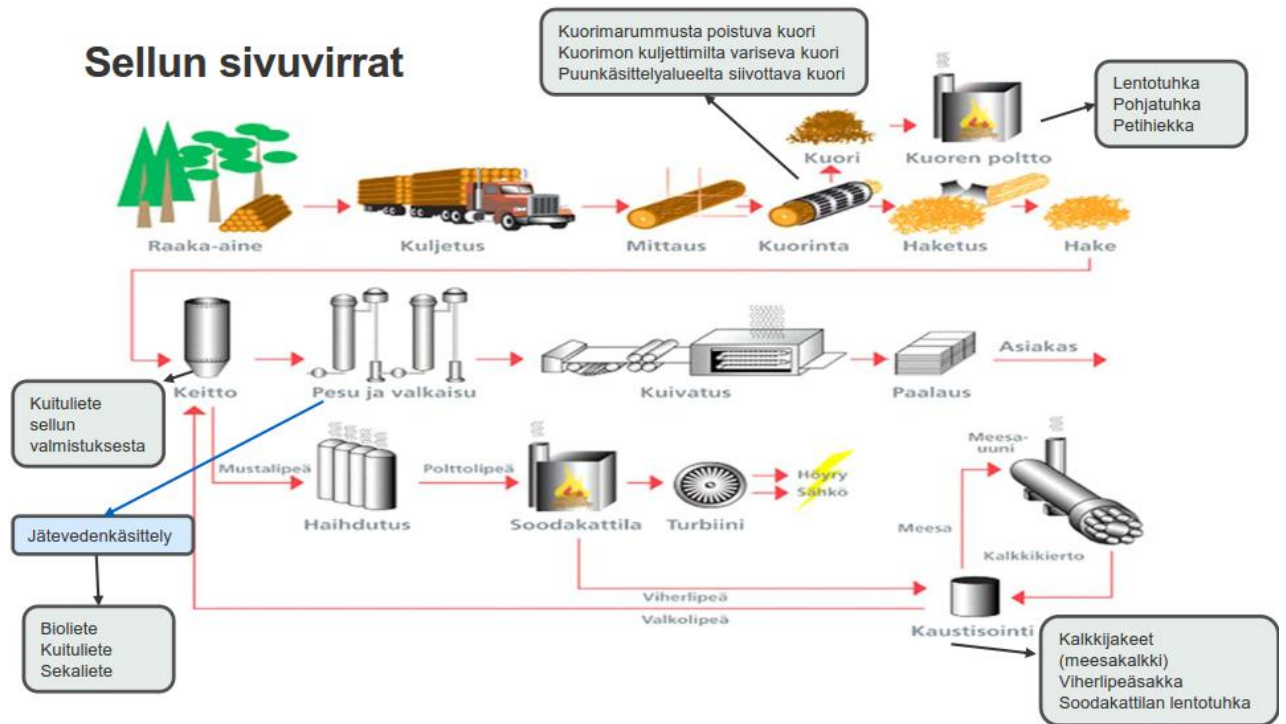
3.2 Metsäteollisuuden jätteet ja sivutuotteet

Metsäteollisuudessa syntyy vuosittain suuria määriä sivuvirtoja. Tässä luvussa on esitetty jätteitä ja sivutuotteita, jotka ovat pääosin peräisin sellun valmistuksesta, paperin- ja kartongin valmistuksesta ja puutuoteteollisuudesta. Metsäteollisuus on vahva teollisuuden ala Suomessa ja sen laajuutta on esitetty kuvassa 11.



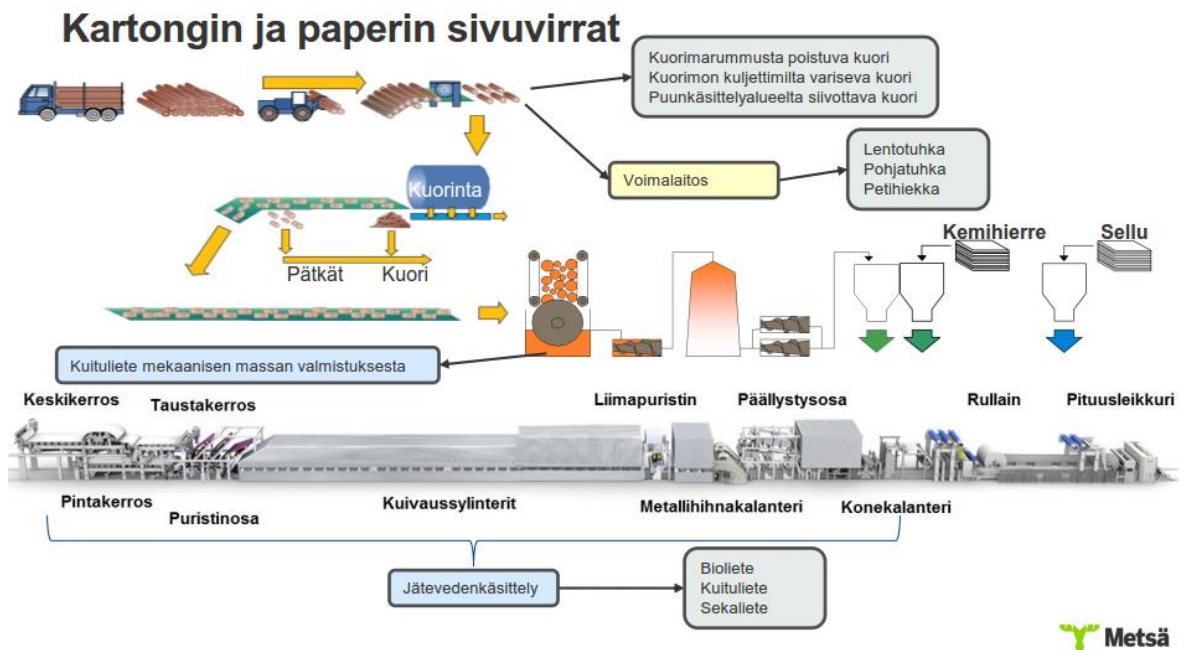
Kuva 11. Metsäteollisuus Suomessa (Metsäteollisuus ry 2016).

Metsäteollisuudessa muodostuu merkittävä määrä jätteitä ja sivutuotteita. Metsäteollisuudessa syntyy paljon erilaisia tuhkia, lietteitä ja kalkkijakeita, joiden määrä ja ominaisuudet vaihtelevat eri metsäteollisuuden alasta riippuen. Kuvassa 12 on esitetty sellun valmistuksessa syntyvät sivuvirrat.



Kuva 12. Sellun valmistuksessa syntyvät sivuvirrat (Lehtovaara 2015).

Kuvasta 12 nähdään, että sellun valmistuksessa syntyy erilaisia tuhkia, lietteitä ja kalkkijakeita. Kuvassa 13 on esitetty kartongin ja paperin valmistuksessa syntyvät sivuvirrat.



Kuva 13. Kartongin ja paperin valmistuksessa syntyvät sivuvirrat (Lehtovaara 2015).

Kuten kuvasta 13 nähdään syntyviä sivuvirtoja kartongin ja paperin valmistuksessa ovat pääosin tuhkat ja lietteet. Lisäksi molemmissa prosesseissa syntyy muun muassa puunkuorta, joka voidaan hyödyntää voimalaitoksessa. Massa- ja paperiteollisuudessa syntyvien sivutuotteiden arvioidut määrät vuodelta 2012 on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Metsäteollisuudessa syntyvien jätteiden arvioidut määrät 2012. (Matilainen et al. 2014, 20)

Jäte	Määrä [tonni/vuosi]
Kuorijäte, kuorihiekka	8 457
Soodasakka	87 696
Meesa- ja kalkkijäte	32 072
Kuitu- ja pastaliete	127 935
Pasta	104 830
Bio- jvp ja sekaliete	627 308
Siistausliete, kuitusavi	274 882
Tuhka	225 049
YHTEENSÄ	1 488 230

Merkittävimmät sivuvirrat ovat bio-, jätevedenpuhdistamo- ja sekaliete, tuhkat, siistausliete ja kuitusavi. Metsäteollisuuden tuhkat ovat usein peräisin seospolttoaineita käyttävistä voimalaitoksista. Polttoaine voi sisältää esimerkiksi turvetta, puun kuorta, öljyä kivihiltä ja lietteitä. Usein metsäteollisuudessa syntyvät tuhkat luokitellaan biotuhkiksi. Erilaisten polttoaineiden vuoksi tuhkien koostumus ja liukoisuusominaisuudet voivat vaihdella ja käytettävyys on selvitettävä jokaisen tuhkan kohdalla erikseen. (Matilainen et al. 2014, 17–19.)

Myös soodasakka on merkittävä jäte. Soodasakka syntyy mustalipeän polttamisesta. Sakka on yleensä koostumukseltaan pehmeää ja vahamaista, jonka vuoksi sitä on yleensä vaikea käsitellä. Soodasakka koostuu viherlipeään liukenemattomien aineiden lisäksi epäorgaanisista suoloista, joita ovat erilaiset oksidit, karbonaatit ja sulfidit. Soodasakka sisältää alkali-metallien, kalsiumin ja magnesiumin lisäksi myös joitain haitallisia metalleja, kuten kadmiumia, nikkeliä ja kromia. (Matilainen et al. 2014, 17–21.)

Metsäteollisuudessa syntyy paljon erilaisia lietteitä. Lietteet voidaan jakaa kuorimolietteen, primääri- tai kuitulietteen, pastalietteen, sekundääri- tai biolietteen sekä siistauslietteeseen. Lietteet sisältävät vettä yleensä 35–75 %. Massa- ja paperiteollisuuden jäteveden puhdistuksessa muodostuvia erityyppisiä kuitu- ja täyteainepitoisia lietteitä kutsutaan myös kuitusaveksi. Syntymistavasta riippuen kuitusavella tarkoitetaan yleensä kuitulietettä tai siistauslietettä. (Matilainen et al. 2014, 17–18.)

Kuituliete syntyy paperiteollisuuden jätevedenpuhdistuksen mekaanisessa esiselkeytyksessä. Kuituliete koostuu erilaisista kuiduista, kaoliinista ja muista tuotantoprosessissa käytetyistä kemikaaleista. Kuitulietteen orgaanisen aineksen osuus on korkea. Kuitulietteen kuiva-aine pitoisuus on noin 25–50 %. (Matilainen et al. 2014, 17–18.)

Paperin ja kartongin päällystyksessä yli jäävää täyte- ja päällysteaineita sekä kuitua sisältävää lietettä kutsutaan pastalietteeksi. Pastaliete sisältää muun muassa talkkia ja kaoliinia. Sekundääri- tai biolietettä muodostuu tehtaan jäteveden biologisessa puhdistuksessa. Bioliete sisältää mikrobimassaa, ligniiniyhdisteitä, puun uuteaineita sekä kuituja. (Matilainen et al. 2014, 18.)

Siistauslietettä syntyy siistausprosessissa käsiteltäessä keräyspaperia uusiomassaksi. Käsitelyssä keräyspaperista saadaan poistettua painomuste, täyte- ja päällysteaineet. Siistausliete sisältää suurimmaksi osaksi lyhyitä puukuituja sekä jät-paperista useimmiten vaahdotuksella poistettua painomustetta, täyte- ja päällystysaineita. (Matilainen et al. 2014, 18.)

Meesaa syntyy selluprosessin keittokemikaalin regenerointiin kuuluvan kalkkikierron yhteydessä. Meesaa poistuu myös soodasakan mukana soodasakan pesun yhteydessä. Meesa koostuu pääasiassa kalsiumkarbonaattista CaCO_3 ja sammutetusta kalkista Ca(OH)_2 . Meesa sisältää myös epäpuhtauksia, joita ovat muun muassa metallit, noki sekä sulfaatit. (Matilainen et al. 2014, 17.)

3.2.1 Käyttö

Metsäteollisuudessa on kehitetty aktiivisesti sivuvirtojen hyötykäyttöä. Metsäteollisuuden tuottamasta jätteestä merkittävin osa hyödynnetään energiantuotannossa ja materiaalina. Kaikkia jätteitä ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään energiana tai materiaalina, joten osa

jätteistä loppusijoitetaan kaatopaikalle. Taulukkoon 12 on koottu massa ja paperiteollisuuden kaatopaikalle toimitettujen jätteiden määrät vuosina 2013–2015.

Taulukko 12. Massa- ja paperiteollisuuden kaatopaikalle toimitettujen jätteiden määrät (Metsäteollisuus ry 2013, 2014, 2015).

	2013	2014	2015
Kaatopaikalle toimitetut jätteet yhteensä.	114 500 t	92 100 t	77 300 t
Tuhkat	37 200 t	30 300 t	7700 t
Soodasakka ja meesa	56 600 t	45 300 t	48 400 t
Siistausjäte	5 700 t	200 t	3100 t
Kuitu- ja pastaliete	1300 t	900 t	1700 t
Jätevedenpuhdistamojen lietteet	2400 t	1200 t	3900 t
Puujäte	700 t	1600 t	200 t
Muut jätteet	10 100 t	8500t	12200 t

Taulukosta 12 nähdään, että kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrä on vähentynyt huomattavasti. Pidemmällä aikavälillä katsottuna kaatopaikkajätteiden määrä on laskenut 90-luvun alusta vuoteen 2015 verrattuna vajaasta 1 000 000 tonnista alle 100 000 tonnin. Samana ajanjaksona sellun, paperin ja kartongin tuotanto on kasvanut. (Metsäteollisuus ry 2015.) Eri jakeilla on löydetty erilaisia hyötykäyttökohteita. Metsäteollisuuden sivutuotteita on hyödynnetty maarakentamisessa esimerkiksi kaatopaikkarakenteissa, kenttäraikentamisessa ja metsäautoteissa. Lisäksi joitain sivutuotteita on mahdollista käyttää lannoitevalmisteenä. (Lehtovaara 2015.) Lannoitelainsäädäntö sisältää tyyppinimet muun muassa kuorihiekalle, kuitulietteelle meesalle sekä tuhkille (MMM 22/11; Evira 2016).

Metsäteollisuudessa syntyvää tuhkaa käytetään pääosin metsien lannoitukseen ja maarakentamiseen. Ongelmana kuitenkin on, että metsäteollisuuden tuhkista melko pieni osa täyttää nykyisen MARA-asetuksen pitoisuusrajat, jonka vuoksi hyödyntäminen maarakentamisessa vaatii ympäristöluvan. (Lehtovaara 2015). Kyselytutkimuksen (4/2013) perusteella kaikista

massa- ja paperiteollisuudessa syntyneestä tuhkasta noin 66 % hyödynnettiin maarakentamisessa, 21 % lannoitteena sekä 13 % läjitettiin kaatopaikalle. Hyödyntäminen toteutettiin pääosin ympäristöluvan kautta. (Matilainen 2016.)

Metsäteollisuuden hankalin hyödynnettävä jäte on soodasakka eli viherlipeäsakka. Soodasakka vastaa koostumukseltaan puun tuhkaa. Soodasakan lannoituskäyttö ei kuitenkaan ole tällä hetkellä mahdollista, koska lainsäädännössä ei ole määritelty sille soveltuvaa tyyppinimeä ja soodasakka sisältää liian paljon haitallisia metalleja. Myöskään maarakentamiseen soodasakkaa ei ole käytetty sen haastavan fysikaalisen olomuodon ja kemiallisen koostumuksen vuoksi. (Matilainen et al. 2013, 13.) Kuten taulukosta 12 nähdään, soodasakkaa onkin päätynyt kaatopaikalle varsin runsaasti. Kaatopaikalle soodasakasta päätyy noin 86 % (Matilainen 2016). Soodasakan käytölle ollaan jatkuvasti kehittämässä uusia hyötykäyttökohteita. Erilaisissa koerakenteilla on osoitettu, että soodasakan ja tuhkan seoksesta on mahdollisuus rakentaa tiiviitä rakenteita. Esimerkiksi Kaukaalla soodasakkaa on hyötykäytetty kenttä- ja tierakenteissa. Lisäksi Kemin kaatopaikalle on rakennettu pintarakenteita soodasakan ja tuhkan seoksesta. (Lehtovaara 2015.)

Metsäteollisuuden lietteet hyödynnetään lähes 100 % energiana ja materiaalina. Lietteen poltossa mahdollisimman korkea kuiva-ainepitoisuus on eduksi. Suurin osa lietteistä hyödynnetään energiaksi tehtaiden omassa polttolaitoksessa. Kyselytutkimuksen (Matilainen et al. 2014) perusteella kuitusavea on käytetty maarakentamisessa 12 % ja lannoitteena alle 6 %. Kuitusavea on hyötykäytetty maarakentamisessa lähinnä vanhojen kaatopaikkojen sulkemisessa. Kaatopaikkojen sulkeminen on pääsääntöisesti tehty ja tästä syystä kuitusaven käyttö kaatopaikkarakenteisiin on vähentynyt merkittävästi. Kuitusavesta voidaan rakentaa myös erilaisia seoksia, kuten esimerkiksi kuitutuhkaa, jolla tarkoitetaan kuitusaven ja lentotuhkan seosta. Kuitutuhka on potentiaalinen uusiomateriaali, jonka hyviä ominaisuuksia ovat keveys, roudaneristyskyky, käsittelyn helppous ja muodonmuutoskestävyys. Kuitulietettä onkin käytetty koekohteissa seoksena lentotuhkan ja sementin kanssa, mutta lisää kokemusta käytöstä tarvitaan. (Kiviniemi et al. 2012, 19.)

Meesaa on mahdollista käyttää peltokalkitukseen, koska se sisältää vain vähän haitta-ainepitoisuuksia. Meesaa käytetään myös teollisessa neutraloinnissa ja pH:n säädössä. Toisaalta meesaa käytetään lannoitevalmisteena vain 12 % ja suurin osa sijoitetaankin kaatopaikalle. (Matilainen et al. 2014, 20.)

3.2.2 Käytön haasteet ja tulevaisuus

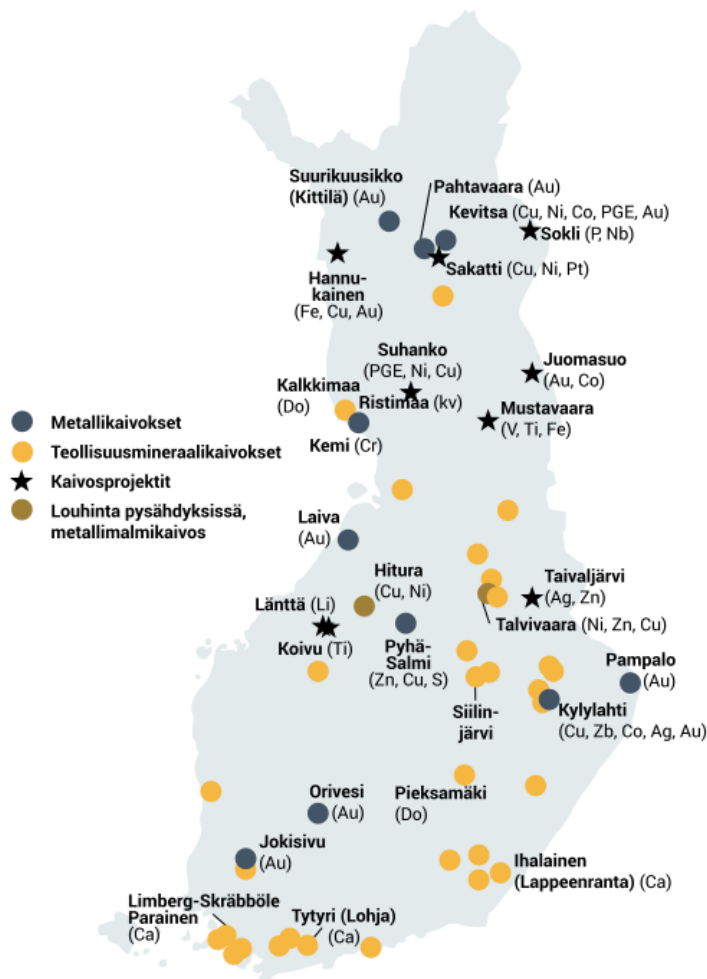
Metsäteollisuus ry on kritisoinut kovasti muun muassa jäteveron laajentamista teollisuuden omiin kaatopaikkoihin. Lisäksi metsäteollisuus pitää monia lainsäädännöllisiä vaatimuksia liian tiukkoina, mikä rajoittaa jätteiden ja sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksia. (Metsäteollisuus ry 2015.) Usein rajoittavina tekijöinä ovat tiukat ympäristökelpoisuuden raja-arvot. Lisäksi MARA-asetuksen hyödyntämiskohteiden ja materiaalien suppea määrä rajoittavat hyötykäyttöä, sillä esimerkiksi meluvallit, yksityistiet ja metsätiet eivät kuulu nykyiseen MARA-asetukseen. Lannoitevalmistelainsäädäntö sallii useiden metsäteollisuuden sivutuotteiden käytön sellaisenaan ilman käsittelyä, mutta lannoitevalmisteen haitta-aineiden raja-arvot eivät saa ylittyä. Lannoitelainsäädäntöön on kuitenkin tehty helpotuksia, joiden seurauksena esimerkiksi tuhkaa voidaan käyttää helpommin metsälannoitteeksi.

Monille metsäteollisuuden yrityksille jätteiden syntymisen minimointi on tärkeää. Esimerkiksi UPM on julkaissut julkisesti tavoitteen, että vuonna 2030 kaatopaikalle ei sijoiteta yhtään jätettä (Biofore 2016.) Tämä tarkoittaa, että uusien hyötykäyttökohteiden löytäminen on tärkeää ja siihen aiotaan panostaa myös tulevaisuudessa.

Huomioitavaa on, että uusi MARA-asetus tuo todennäköisesti helpotusta metsäteollisuuden jätteiden käyttöön maarakentamisessa. Uuteen MARA-asetukseen on ehdotettu uusia merkittäviä käyttökohteita kuten esimerkiksi metsäautotiet. Lisäksi liukoisuuden raja-arvoja on helpotettu verrattuna nykyiseen MARA-asetukseen. Uuden MARA-asetuksen luonnos sisältää myös kalkkipitoisten jätejakeiden, kuten esimerkiksi meesan, uutena käyttömateriaalina.

3.3 Kaivannaisteollisuuden jätteet

Vuonna 2014 Suomessa toimi yhteensä 40 kaivosta, joista 11 oli metallimalmi- ja 29 teollisuusmineraalikaivosta (Kaivostoiminnan yhteiskuntavastuu 2014). Kuvassa 14 on esitetty Suomen kaivosteollisuuden sijainnit.



Kuva 14. Kaivokset ja kaivosprojektit Suomessa 2014. (Kaivosvastuu 2014, 9)

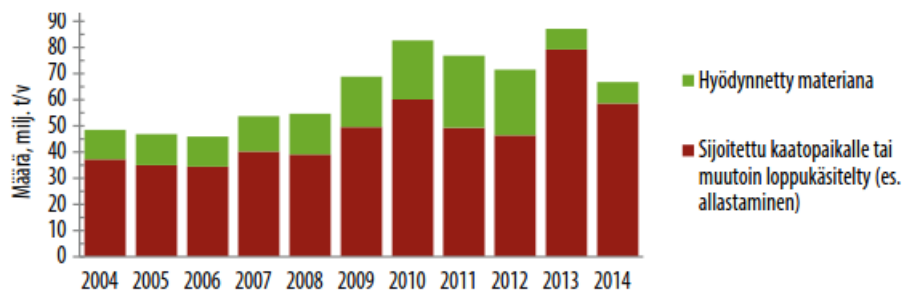
Kaivostoiminnan yhteiskuntavastuu raportin (2014) mukaan vuonna 2014 kaivoksissa syntyi jätteitä yhteensä 67,3 miljoonaa tonnia. Syntyvät jätteet ovat pääosin pinta- ja irtomaata, sivukiveä ja rikastushiekkaa, jotka luokitellaan kaivannaisjätteiksi. Kaivannaisjätteen kaltaisia jätteitä syntyy myös esimerkiksi rakentamisessa, jossa ylijäämämaita muodostuu vuosittain lähes 15 000 000 tonnia (SVT 2016). Tilastokeskuksen jätetilaston (SVT 2016) mukaan kaikesta Suomessa syntyvästä jätteestä yli puolet on kaivannaisjätteitä.

Merkittävimmät kaivannaisjätteet ovat sivukivi ja rikastushiekka. Vuonna 2014 sivukiveä syntyi 46 miljoonaa tonnia ja rikastushiekkaa kertyi 21,3 miljoonaa tonnia. Sivukivi syntyy kaivannaistoiminnoissa, kun malmiin tai mineraaliesiintymään käsiksi pääsemiseksi siirretävää paljon ainesta. Arvopitoinen malmi kuljetetaan murskaimelle ja muu kiviaines läjitetään sivukivialueelle. Rikastushiekkaa syntyy malmin rikastuksessa, jossa arvokkaimmat

mineraalit erotetaan harmemineraaleista käyttäen hyödyksi fysikaalisia ja kemiallisia erotusmenetelmiä. Rikastuksen jälkeen talteen saadaan yksi tai useampi tuote sekä rikastushiekka, joka luokitellaan jätteeksi. (Kaivosvastuu 2014, 11–14.)

3.3.1 Käyttö ja käytön haasteet

Suurin osa kaivannaisjätteestä sijoitetaan erilaisiin läjityksiin, kasoihin ja altaisiin. Kaivosten louhimasta sivukivistä keskimäärin 23 % menee hyödynnettäväksi, eikä päädy läjitykseen. (Kaivosvastuu 2014, 14–15) Kuvassa 15 on hahmotettu kaivannaisteollisuudessa syntyvien jätteiden hyötykäyttöä.



Kuva 15. Kaivannaisteollisuudessa syntyvät jätteet (Laaksonen et al. 2017, 36).

Suurella osalla maamme rikastamoissa rikastushiekka läjitetään rikastushiekka-altaille, joissa vesipitoinen hiekkaliete laskeutuu altaan pohjalle ja vesi vapautuu uudelleen rikastusprosessin kiertoon (Kaivosvastuu 2014). Rikastushiekan monipuolisempi hyötykäyttö olisi mahdollista, sillä rikastushiekassa ei ole merkittäviä määriä ympäristölle haitallisia aineita tai yhdisteitä (Kiviniemi et al. 2012, 19). Rikastushiekan ominaisuudet riippuvat malmista, prosessista ja käytettävistä kemikaaleista. Rikastushiekka voi soveltua esimerkiksi kaivostäyttöihin, patorakenteisiin tai maarakentamiseen. Kaivannaisteollisuuden rikastushiekan ominaisuuksia on tutkittu muun muassa ECOINFO II -hankkeen yhteydessä, jossa tutkittiin muun muassa Lappeenrannan Nordkalkin rikastushiekkaa ja sen hyödyntämismahdollisuuksia seoksissa muiden uusiomateriaalien kanssa. (Ojanen et al. 2006, liite 1.) Hyvälaatuinen rikastushiekka soveltuu käytettäväksi tie- ja katurakenteissa sellaisenaan tai runkoaineena yhdessä sitovien materiaalien kanssa (Kiviniemi et al. 2014).

Myös laadukasta sivukiveä voidaan käyttää esimerkiksi patojen rakenteisiin. Sivukiveä voidaan käyttää myös louhosten täyttämiseen louhinnan jälkeen. Sivukivessä on kuitenkin paljon laadunvaihtelua, joka vaikeuttaa sivukiven monipuolista käyttöä maarakentamisessa. (Kaivosvastuu 2014.)

Kaivannaisteollisuuden jätteiden syntyminen vaihtelee kaivannaisteollisuuden suhdanteiden mukaisesti. Varsinkin Suomessa, jossa kaivannaisteollisuudet ovat sijoittuneet hajalleen, voi jätteiden saatavuus ja määrä vaihdella huomattavasti. Kaivannaisteollisuudessa syntyvien jätteiden hyötykäyttöön ei ole tulossa merkittäviä muutoksia lähiaikoina. Usein kaivosteollisuus on hoitanut itse omat jätteensä ja niitä on suunniteltu käytettäväksi esimerkiksi kaivoksen sulkemistöissä. Kaivannaisteollisuuden jätteille voisi kuitenkin löytyä myös muunlaisia hyötykäyttökohteita. Ongelmana kuitenkin on kaivannaisteollisuuden syrjäinen sijainti, joten pitkien kuljetusmatkojen vuoksi jätteiden hyötykäyttö ei todennäköisesti ole kannattavaa. (Laaksonen et al. 2017, 36–37.)

3.4 Metalliteollisuuden jätteet ja sivutuotteet

Suomessa metalliteollisuus sisältää raudan, teräksen, sinkin, alumiinin, kuparin ja nikkelin valmistusta. Suomessa metalliteollisuudessa syntyy paljon jätteitä, joista osa luokitellaan ongelmajätteiksi. Metalliteollisuudessa syntyy myös jätteitä ja sivutuotteita, joita on mahdollista hyödyntää maarakennusmateriaalina ja lannoitevalmisteena. Tällaisia sivutuotteita ovat erilaiset kuonat ja hiekat, joita tässä luvussa tarkemmin tarkastellaan. (Pajukallio et al. 2011.)

3.4.1 Kuonat ja niiden käyttö

Metalliteollisuudessa syntyy noin 2,0 miljoonaa tonnia vuodessa erilaisia kuonia. Osa kuonista on arvokkaita sivutuotteita ja osa puolestaan on luokiteltu ongelmajätteiksi. Kuonaa muodostuu metallin valmistusprosessissa kuonanmuodostajien avulla. Kuonanmuodostajana käytetään esimerkiksi poltettua kalkkia. Kuonanmuodostajien avulla sidotaan raaka-aineena käytettävä malmin sivukivi ja koksen tuhka. Kuonia syntyy erialaisia eri metallinjalostuksesta riippuen. (Pajukallio et al. 2011, 79.) Taulukkoon 13 on koottu Suomessa syntyviä metalliteollisuuden kuonia ja niiden käyttötarkoitusta.

Taulukko 13. Metalliteollisuudessa syntyvät kuonat (Pajukallio et al. 2011)

Prosessi	Syntyvä kuona	Käyttö
Raudan valmistus	Masuunikuona	Maa- ja tierakentamiseen, maanparannustuotteena ja betonin lisäaineena.
Teräksen valmistus	Teräskuona, Ferrokromikuona	Käyttö kalkitusaineena pelto- viljelyssä,
Kuparin valmistus	Hienokuona	Ei hyötykäyttöä, Ongelmajäte
Nikkelin valmistus	Rakeistettu kuona t	Hyötykäyttö kattahuopateollisuudessa ja hiekkapuhallushiekkana, Osa läjitetään
Sinkin valmistus	jarosiitti ja rikkirikaste	Ei hyötykäyttöä
Alumiini	Suola- ja alumiinikuona	Ongelmajäte

Näistä kaikkein potentiaalisimmat materiaalit ovat masuuni- ja teräskuona, joita syntyy vuosittain noin 300 000 tonnia (Ramboll 2008). Masuuni- ja teräskuonille löytyy monia hyötykäyttökohteita. Useimmissa tehtaissa masuuni- ja teräskuona luokitellaan sivutuotteeksi, joten sen hyötykäyttö lannoitevalmisteenä on mahdollista. (Ruukki 2011.) Masuunikuonaa voidaan käyttää myös maarakentamiseen sekä sementtiteollisuudessa kalkkia korvaavana aineena. Maa- ja tierakentamiseen masuunikuonan hyviä ominaisuuksia ovat sen hyvä lämmöneristys- ja kantokyky. Myös teräskuonaa on käytetty tienrakentamiseen. Esimerkiksi Imatralla teräskuonaa on käytetty katujen rakentamiseen jo pitkään. Teräskuonien sisältämät raskasmetallit voivat kuitenkin vaikeuttaa teräskuonien käyttöä maarakennusmateriaalina. (Pajukallio et al. 2011.)

Koska masuuni- ja teräskuona sisältävät paljon kalsiumia, ne ovat emäksisiä materiaaleja ja nostavat nopeasti maaperän pH:ta. Masuunit- ja teräskuona sisältävät myös magnesiumia, piitä ja hivenaineita. Masuuni- ja teräskuonaa käytetään yleisesti maanparannusaineena. Pienen raekoon murskattuna masuuni- ja teräskuona kuohkeuttavat maaperää tehokkaasti. (Ruukki 2011.)

Rauta- ja terästehtaiden kuonien hyötykäyttöä on helpottanut niiden tuotteistaminen. Esimerkiksi ferrokromikuona ja masuunikuonaa ei oikeiden päätöksellä luokitella jätteiksi vaan sivutuotteeksi. Tämän myötä niiden hyötykäyttö on sallittua ilman ympäristölupaa. Suomessa hyötykäyttö on suhteellisen korkea, mutta muualla Euroopassa esimerkiksi teräs-kuonaa päätyi kaatopaikalle 16 miljoona tonnia vuonna 2010. (Pajukallio et al. 2011.) Muita hyötykäyttömahdollisuuksia tutkitaan. Kuonien sisältämän kalsiumin talteenottoon on kehitetty erilaisia tekniikoita. Yksi potentiaalinen hyödyntämismuutosto on jalostaa kuonien sisältämästä kalsiumista ja hiilidioksidista kalsiumkarbonaatiksi. (Aaltoyliopisto 2014.)

3.4.2 Valimohiekka ja sen käyttö

Valimoiden suurimmat jätejakeet ovat valimohiekka ja -pöly. Valimohiekka on valimoiden muottimateriaalina käyttämään raakahiiekkaa. Usein raakahiikkana käytetään kvartsihiekkää, mutta myös oliviinihiekkää ja kromiittihiekkää käytetään jonkin verran. Hiekkää kierretään prosessissa useita kertoja. Koska käytössä oleva hiekka kuluu ja sen ominaisuudet heikkenee, osa valuprosessiin käytettävästä hiekasta on korvatta uudella hiekalla. Poistettu hiekka on ylijäämähiekkää. Suomessa valimohiekkää syntyy vuosittain noin 60 000 tonnia. Ylijäämähiekan määrät vaihtelevat valimokohtaisesti 500 – 10 000 t/vuosi. Myös valimopölyä syntyy 20 – 1 000 t/vuosi. (Ympäristöministeriö 2016.)

Valimohiekkojen laatu vaihtelee. Valimohiekoilla ominaista on usein pieni vedenläpäisevyys. Esimerkiksi tuorehiekkavalimoiden valimohiekat soveltuvatkin hyvin tiiviisiin rakenteisiin. Valimohiekkoja on hyödynnetty muun muassa kaatopaikkarakenteissa. Lisäksi hiekkää ja pölyä on testattu muun muassa betonin, asfaltin ja sementin valmistuksessa. Valimohiekkojen hyötykäytön ongelmia aiheuttavat niiden saatavuus ja pitkät välimatkat. Lisäksi valimohiekkojen kromipitoisuus sekä muun muassa fluoridin ja seleenin liukoisuudet vaikeuttavat käyttöä (Äystö et al. 2015.) Valimohiekat soveltuvat käytettäväksi päällystetyissä rakenteissa. Sideaine vaikuttaa ympäristökelpoisuuteen ja parhaiten hyötykäyttöön soveltuvia ovat esterikovetteiset valimohiekat. Hiekoilla, jotka sisältävät bentoniittisavea, on alhainen vedenjohtavuus. (Tiehallinto 2007, 48.)

Tulevaisuuden käytössä huomioitavaa on, että valimohiekat kuuluvat todennäköisesti uuden MARA-asetuksen materiaaleihin. Tämän seurauksen valimohiekkojen käyttö maarakentamisessa todennäköisesti yleistyy. Uusia käyttökohteita tutkitaan jatkuvasti. Esimerkiksi tuorehiekkojen soveltuvuutta ympäristösuojarakenteisiin tutkitaan parhaillaan.

3.5 Kemianteollisuuden jätteet

Kemianteollisuudessa syntyy paljon erilaisia jätteitä. Kiinnostavimpia kemianteollisuuden jätteitä, joista tässä luvussa tarkemmin käsitellään, ovat fosfokipsi ja suotokakku. Lisäksi kemianteollisuudessa syntyy paljon erilaisia sakkoja, joista osasta voidaan erottaa tärkeitä aineksia ja osa luokitellaan ongelmajätteeksi. (Ramboll 2008.)

Suomessa fosfokipsiä muodostuu Yara Suomi Oy:n fosforihapon tuotannossa noin 1,6 miljoonaa tonnia vuodessa (Ramboll 2008). Fosfokipsi on yksi merkittävin kemianteollisuuden sivutuotekipsi. Fosfokipsi koostuu pääasiassa kalsiumsulfaatista. Fosfokipsissä on suhteellisen vähän haitta-aineita, mutta fosforin, fluoridin ja rikin pitoisuudet voivat ylittää esimerkiksi lannoitevalmistelaisissa annetut raja-arvot. (Kiviniemi et al. 2012, 18.)

Kalsiumkloridin valmistuksen sivutuotteena syntyy kiinteää prosessijäännöstä, jota kutsutaan suotokakuksi. TETRA Chemicals Europe Oy valmistaa Kokkolassa kalsiumkloridia liuottamalla kalkkikiveä suolahappoon. Suotokakku muodostuu kalsiumkloridin valmistuksen sivutuotteena noin 35 000 tonnia vuosittain. Suotokakku sisältää kalsiumkloridia, reagoimatonta kalkkikiveä, kipsiä ja vettä. Suotokakku ei sisällä kielletyssä määrin ympäristölle haitallisia aineita, kuten esimerkiksi raskasmetalleja. (Ramboll 2008, 9; Ympäristölupapäätös 41/2011/1.)

Lisäksi muita kemianteollisuuden jätteitä syntyy esimerkiksi Porissa titaanidioksidin tuotannossa jäteveden neutraloinnissa rautaa ja titaania sisältävää kipsiä ja ilmeniittijäännöstä (Ramboll 2008). Yaran Siilinjärven rikkihappotuotannon sivutuotteena syntyy myös pasutetta, jota on myyty useita miljoonia tonneja Kiinaan teräksen raaka-aineeksi (Yara 2016).

3.5.1 Käyttö ja käytön tulevaisuus

Kuten muidenkin teollisuuden jätteisiin myös kemianteollisuuden jätteisiin on pyritty löytämään hyötykäyttöä. Monet syntyvät jätteet ovat kuitenkin haasteellisia niiden sisältämien haitta-aineiden vuoksi ja usein syntyvät jätteet läjitetäänkin tehtaiden omille kaatopaikoille.

Fosfokipsiä voidaan käyttää maarakennukseen ja lannoitevalmisteeksi. Käytännössä sitä syntyy kuitenkin niin paljon, että suurin osa kipsistä läjitetään. Maarakennusmateriaaliksi fosfokipsi soveltuu muun muassa tuhkan ja kaupallisten sideaineiden kanssa sideaineeksi stabiloinnissa. (Kiviniemi et al. 2012) Käytön kannalta kipsin kriittisimmät aineet ovat sulfaatti ja fluoridi. Myös molybdeenin ja seleenin liukoisuudet saattavat nousta suhteellisen korkeiksi. (Äystö et al. 2015.) Fosfokipsin käyttöä maanparannusaineena on tutkittu muun muassa TraP-projektissa ja SAVE-hankkeessa. Tulosten mukaan fosfokipsi parantaa maan rakennetta ja sitoo tehokkaasti liukoista fosforia. Tutkimusten mukaan kipsillä käsitelty maaperä kestää paremmin muun muassa sateen ja sulavan lumen aiheuttamia vesivirtauksia. Fosfokipsin levittäminen pellolle vähentää eroosiota, minkä seurauksena fosforia valuu vähemmän vesistöihin. (Yara 2017.)

Suotokakku läjitetään suurimmaksi osaksi, mutta sille etsitään uusia käyttökohteita. EU-lainsäädäntö kieltää tällä hetkellä suotokakun hyödyntämisen, koska suotokakku sisältää liikaa kloridia. Suomessa ja Ruotsissa suotokakku on käytetty koeluontoisesti soratien kulumakerroksen parantamiseen optimoimalla sen hienoainespitoisuus, jolloin saadaan aikaan kestävä kulumakerros. (Ympäristöluupäätös 41/2011/1.)

Kemianteollisuuden jätteiden hyötykäytön haasteina on niiden syntyvyys. Usein tuotteita syntyy vain yhdeltä tehtaalta Suomessa, joten kuljetuskustannukset voivat nousta kohtuuttomiksi hyötyyn verrattuna.

Fosfokipsin jäte luokitus haittaa jonkin verran fosfokipsin käyttöä esimerkiksi maarakennusmateriaalina. Ympäristöluupäätöksen (105/10/1) mukaan maanparannusaineena käytettäessä fosfokipsi tietyin edellytyksin on tuotetta. Fosfokipsi on yleinen ongelma myös maailmalla, sillä VTT mukaan (2014) maailmassa on kipsivuoria ainakin 53 maassa ja arvioiden mukaan fosfokipsiä syntyy lisää noin 150 - 200 miljoonaa tonnia vuodessa. Fosfokipsille on tehty myös tutkimuksia, jotka koskevat metallien talteenottoa. Muun muassa VTT on tutkinut harvinaisten maametallien talteenottoa fosfokipsistä (VTT 2014).

3.6 Yhteenveto teollisuuden jäte- ja sivutuotteista

Taulukossa 14 esitetään yhteenvetoarviointi teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita. Arvioinnin perustuvat tässä diplomityössä esitettyihin havaintoihin. Arvioitavat ominaisuudet ovat jätteen tai sivutuotteen saatavuus, johon vaikuttaa ensisijaisesti syntyvän jätteen tai sivutuotteen määrä. Lisäksi arvioidaan jätteiden tai sivutuotteiden hyötykäyttöastetta. Taulukossa 14 on esitetty arviot myös tulevaisuudelle. Tulevaisuudessa jätteiden saatavuuteen voi tulla muutoksia, jotka voivat johtua muun muassa markkinoiden suhdanteista. Lisäksi arvioidaan jätteiden tai sivutuotteiden käyttöastetta tulevaisuudessa. Käyttöasteeseen vaikuttaa lainsäädännölliset muutokset, tutkimusten tulokset ja erilaiset projektit, jotka edesauttavat käytön kehittymistä. Taulukko 14 sisältää arvioinnin numeroasteikolla 1-5. Arvo 1 tarkoittaa heikkoa ja arvo 5 puolestaan hyvää saatavuutta tai käyttöastetta.

Taulukko 14. Yhteenveto-arvio esitetyistä teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista.

	5= yli 500 000 t/a 4= 350 000-500 000 t/a 3 =200 000-350 000 t/a 2 = 50 000-200 000 t/a 1= alle 50 000 t/a	5= 80- 100 % 4 = 60-80 % 3 = 40-60 % 2 = 20-40 % 1= alle 20 %	5= yli 500 000 t/a 4= 350 000-500 000 t/a 3 =200 000-350 000 t/a 2 = 50 000-200 000 t/a 1= alle 50 000 t/a	5= 80- 100 % 4 = 60-80 % 3 = 40-60 % 2 = 20-40 % 1= alle 20 %
	Saatavuus nykyään	Käyttö nykyään	Saatavuus tulevaisuudessa	Käyttö tulevaisuudessa
Kivihiilen polton tuhka	4	5	3	5
Rikinpoistonlopputuote	2	3	1	3
Biopolton tuhka	4	5	5	5
Jätteen polton tuhka	3	2	3	3
Soodasakka	3	1	3	2
Bio-, jvp ja muu liete	5	5	5	5
Kuituliete ja siistausliete	3	5	3	5
Meesa	1	1	1	3
Masuuni- ja teräskuona	3	4	3	5
Valimohiekat	2	4	2	5
Sivukivi	5	2	5	3
Rikastushiekka	5	1	5	2
Prosessikipsit	5	2	5	3
Suotokakku	1	2	1	2

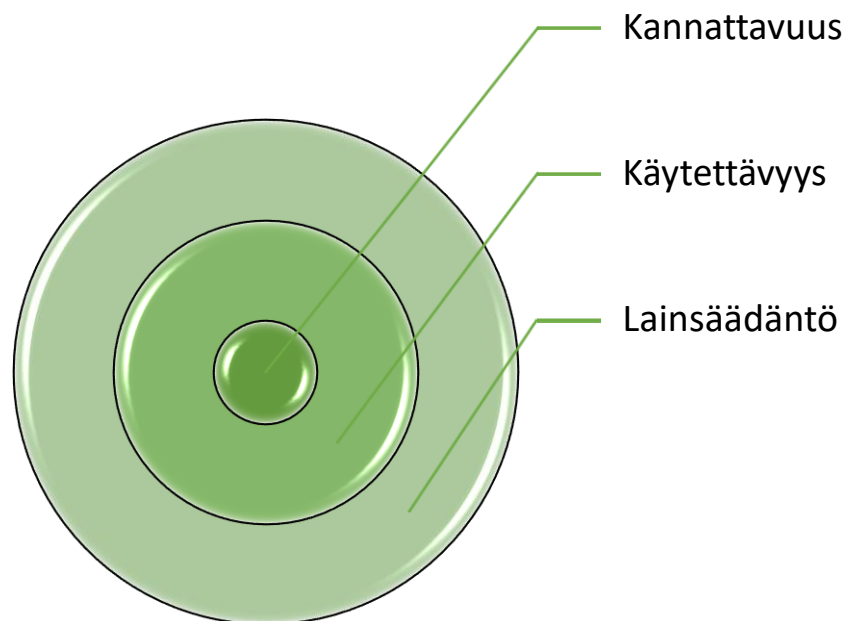
Tulevaisuudessa kaikkein käyttökelpoisimpia jätteitä ja sivutuotteita ovat edelleen tuhkat, joille löytyy monipuolisia hyötykäyttökohteita. Lisäksi metsäteollisuuden lietteet omaavat korkean hyödyntämistäasteen, koska niiden hyödyntäminen polttamalla tulee todennäköisesti jatkumaan tulevaisuudessa. Myös metalliteollisuudessa syntyy edelleen hyvin hyödynnettäviä sivutuotteita, joiden hyötykäyttö todennäköisesti helpottuu entisestään tulevaisuudessa uuden MARA-asetuksen myötä.

Kaivannaisteollisuuden sivutuotteet kiinnostavat niiden merkittävän määrän vuoksi. Sivukivien ja rikastushiekan hyötykäyttöä olisi mahdollista kehittää enemmänkin. Kehityksen edellytyksenä ovat kuitenkin laadukkaat tutkimukset sekä lisääntyvä kiinnostus käyttöön. Lisäksi metsäteollisuuden sivuvirroissa nähdään merkittävä potentiaali, koska usein jätteet ovat määrällisesti suuria ja saatavuus on hyvä myös maantieteellisesti. Erityisesti metsäteollisuudessa syntyvälle soodasakalle olisi mielenkiintoista löytää hyötykäyttöä.

Fosfokipsistä on jo käyttökokemusta ja tutkimuksia sekä maarakennusmateriaalina että lannoitevalmisteena, joten sen käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa. Lisäksi sitä syntyy niin paljon, että sen käytöllä voidaan saada merkittävää taloudellista hyötyä luonnonmateriaaleihin verrattuna. Fosfokipsin hyötykäytön haasteena on sen sijainti, joka heikentää kuitenkin kipsin hyötykäyttöpotentiaalia.

4 LIKETOIMINTAMAHDOLLISUUKSIEN REUNAEHDOT

Tässä luvussa esitetään tärkeimpiä tekijöitä, jotka täytyy huomioida teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden liiketoimintamahdollisuuksia arvioitaessa. Erilaisia reunaehtoja teollisuuden jätteiden tai sivutuotteen käytölle asettaa lainsäädäntö, käytettävyys ja hyötykäytön kannattavuus. Teollisuuden jätteillä ja sivutuotteella on liiketoimintamahdollisuuksia, kun kaikki nämä kolme reunaehto pystytään täyttämään. Kuvassa 16 on hahmotettu liiketoimintamahdollisuuksien tärkeimmät reunaehdot.



Kuva 16. Liiketoimintamahdollisuuksien tärkeimmät reunaehdot.

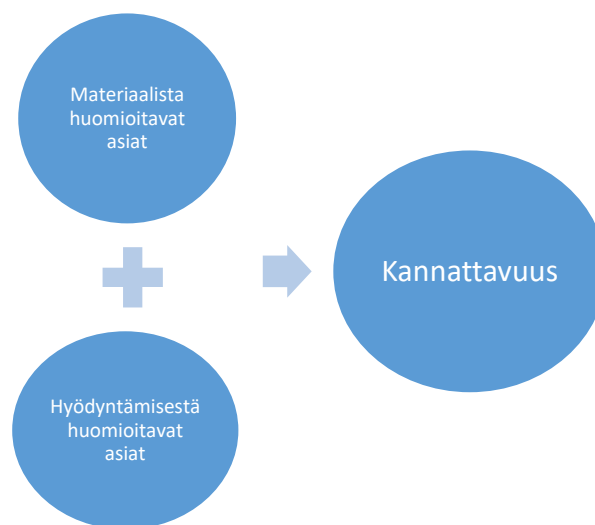
Kuva 16 havainnollistaa eri reunaehto- jen hierarkiaa ja keskinäistä riippuvuutta. Lainsäädäntö määrää ensikädessä sen mitä materiaalilla, eli hyötykäytettävällä teollisuuden jätteellä ja sivutuotteella, saadaan tehdä. Lainsäädäntö määrää esimerkiksi materiaalin luokituksen, ympäristökelpoisuuden raja-arvot ja käytön ympäristöluvanvaraisuuden. Kaikessa teollisuudesta syntyvien jätteiden tai sivutuotteiden käytössä lähtökohtana on lainsäädännön velvoitteiden täyttyminen.

Jos lainsäädännöllisestä näkökulmasta materiaalin käyttö on mahdollista, täytyy materiaalin olla vielä käytettävissä. Käytettävyys määrää sen, mitä materiaalilla voidaan käytännössä

tehdä. Käyttöön vaikuttavat muun muassa materiaalin ominaisuudet ja saatavuus. Esimerkiksi materiaalin tekniset ominaisuudet ovat keskeisessä roolissa käytettäessä materiaalia maarakennusmateriaalina. Vaadittavat tekniset ominaisuudet riippuvat muun muassa rakenteesta, joihin materiaali aiotaan käyttää. Materiaali voi olla käytettävissä sellaisenaan tai lainsäädännön ehtojen mukaisesti käsiteltynä.

Lopuksi kokonaisuutta tarkastellaan kannattavuuden näkökulmasta. Kannattavuuteen vaikuttavat lainsäädännölliset vaatimukset sekä myös käytettävyyteen liittyvät asiat. Kannattavuuteen vaikuttaa esimerkiksi materiaalin käyttökohde, materiaalin syntypaikka, määrä sekä kuljetus- ja käsittelykustannukset. Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamisessa arvioidaan erityisesti taloudellista kannattavuutta, mutta myös ympäristönäkökohdat ja hiilijalanjälki voivat olla eräitä kannattavuuden kriteerejä.

Jotta kuvan 16 mukainen analysointi on mahdollista ja pystytään tunnistamaan teollisuuden jätteen tai sivutuotteen liiketoimintamahdollisuuksia, täytyy teollisuuden jätteen tai sivutuotteen käyttöä arvioida kahdessa osassa. Arviointi menetelmä on hahmotettu kuvaan 17. Ensin teollisuuden jätteestä tai sivutuotteesta tulee huomioida sen ominaisuudet. Näistä huomioitavista ominaisuuksista on kerrottu tarkemmin luvussa 4.1. Lisäksi täytyy huomioida suunniteltuun hyötykäyttöön liittyviä asioita, jotka koskevat koko hyödyntämisprosessia. Hyödyntämisprosessista huomioitavia asioita on esitetty luvussa 4.2. Lopuksi luvussa 4.3 arvioidaan kannattavuutta, jossa tarkastellaan kokonaisuutta kuvan 17 mukaisesti.



Kuva 17. Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamismenetelmän eteneminen.

4.1 Materiaalista huomioitavat asiat

Kuvassa 18 on esitelty hyödynnettävästä materiaalista eli teollisuuden jätteestä tai sivutuotteesta huomioitavat tekijät.



Kuva 18 Materiaalista huomioitavat asiat

Suurin osa huomioitavista tekijöistä ovat ominaisuuksia, jotka liittyvät lainsäädännöllisiin tai teknisiin näkökulmiin. Monilla tekijöillä on myös suuria vaikutuksia hyötykäytön kannattavuuteen.

4.1.1 Luokittelu

Yleensä tehtaan ympäristöluvassa on tehty materiaalin luokitus jätteeksi tai sivutuotteeksi. Eräiden kriteerien mukaisesti voidaan lopettaa myös jätteeksi luokittelu (EoW). Luokittelusta on kerrottu tarkemmin luvuissa 2.1.1 ja 2.6, joissa on tullut esille se miten jätteen luokittelu tehdään ja mitä merkitystä jätteen luokituksella on. Erityisesti luokittelu vaikuttaa materiaalin käytön luvanvaraisuuteen. Jätteiden käyttö vaatii käytännössä aina ympäristöluvan, mutta sivutuotteita voidaan käyttää esimerkiksi lannoitevalmisteena sellaisenaan ilman lupaa.

Tärkeää on ymmärtää, mitä sivutuotestatus tarkoittaa materiaalille. Materiaalin ollessa sivutuotetta sen hyötykäyttö helpottuu. Sivutuotestatus voi kuitenkin aiheuttaa merkittäviä kustannuksia muun muassa REACH-rekisteröintivelvoitteen takia. Joskus toimijat ovat saattaneet nähdä helpommaksi pitää materiaalilla jätestatuksen ja hyötykäyttää sitä ympäristöluvan varaisesti. Jos jonkun materiaalin jätestatusta halutaan kuitenkin muuttaa, täytyy sen täyttää lainsäädännölliset kriteerit. Kokemuksen perusteella voidaan väittää, että viranomaisille sivutuotteen vaatimusten täyttymisessä erityisen tärkeää on käytön turvallisuus ja jatkokäytön varmuuden osoittaminen (Lehtovaara, 2015, 21).

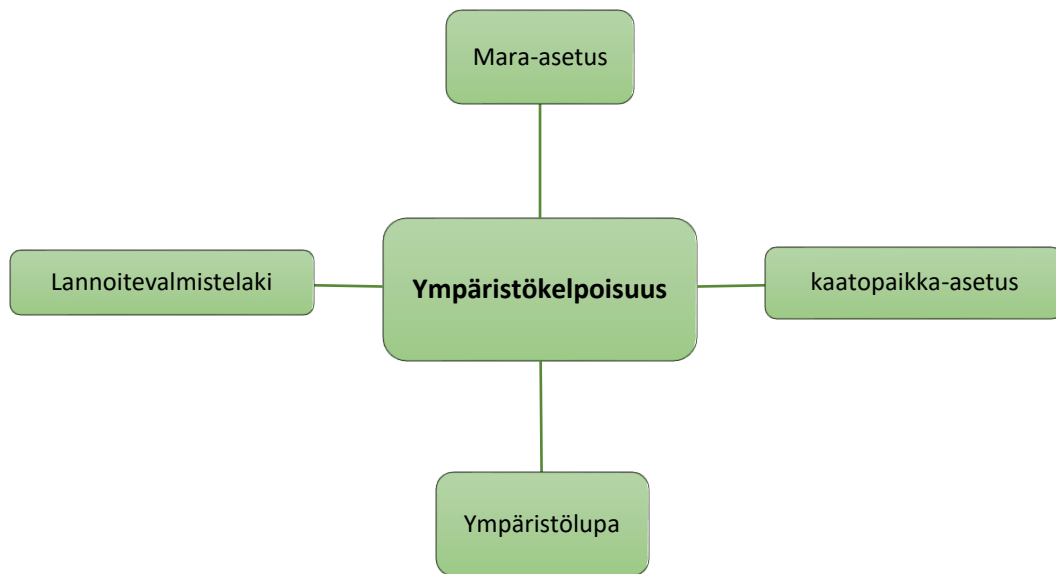
4.1.2 Syntyminen ja sijainti

Materiaalin syntymisellä tarkoitetaan sitä miten paljon materiaali syntyy ja miten jatkuvaa syntyminen on. Esimerkiksi tuhkien määrä riippuu siitä, millaisesta voimalaitoksesta tuhka syntyy. Jätepolttolaitoksessa tuhkan syntyminen on jatkuvaa, koska jätteitä poltetaan jatkuvasti. Kun taas lämpöä ja sähköä tuottavissa voimalaitoksissa tuhkaa syntyy enemmän talviaikaan. Lisäksi se miten laajaa tuotanto on, vaikuttaa materiaalin käytettävyyteen. Käytön kannalta on olennaista miettiä, miten pienen erän jalostaminen ja kuljetus käyttöön on kannattavaa.

Materiaalin sijainti on yksi tärkeimmistä kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä, joka täytyy ottaa huomioon materiaalin käyttöä mietittäessä. Kuljetuskustannukset ovat iso osa hyötykäytön kannattavuuteen vaikuttavista asioista. Käyttöpaikka tulisi löytää mahdollisimman läheltä materiaalin syntypaikkaa, jotta kuljetuskustannukset olisivat mahdollisimman pienet.

4.1.3 Ympäristökelpoisuus ja laadunvaihtelu

Käyttökohteen kannalta olennaiset ominaisuudet tulee selvittää ennen käyttöä. Jätteestä olisi hyvä tehdä jatkuvaa laadunvarmistusta erityisesti, jos materiaalin laatu vaihtelee eri vuodenaikojen, poltettavien polttoaineiden tai muun syyn vuoksi. Laadunvaihtelulla on vaikutuksia myös kustannuksiin, koska laadunvaihtelun ollessa suuri erilaisia kelpoisuuskokeita täytyy tehdä useammin. Kuvassa 19 on hahmotettu ympäristökelpoisuuden kriteerien lähtökohtia.



Kuva 19. Ympäristökelpoisuuden raja-arvojen lähtökohdat.

Ympäristökelpoisuuden raja-arvot määrätään käyttökohteesta riippuen käyttöä säätelevässä lainsäädännöstä tai ympäristölupapäätöksestä. Lannoitevalmisteena käytettävien materiaalien raja-arvot on annettu lannoitevalmistelaissa, maarakennusmateriaalien raja-arvoja MARA-asetuksessa ja kaatopaikalle menevän jätteen raja-arvot kaatopaikka-asetuksessa. Lisäksi jotkut raja-arvot, esimerkiksi MARA-materiaalin ulkopuoliselle jätteen käytölle maarakentamisessa, on voitu määrittää ympäristölupapäätöksessä.

Ympäristökelpoisuus tulee osoittaa tutkimalla haitta-aineiden kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia. Raja-arvot voidaan esittää joko pitoisuutena mg/kg kuivasta aineesta tai liukoisuutena mg/kg kuivasta aineesta $L/S = 10$ l/kg. Materiaalin kelpoisuuden arviointi tehdään aina tapauskohtaisesti. Sijoituskelpoisuuden arvioinnin ja jätteiden kaatopaikkatestauksen periaatteet ovat samat. Hyväksyttävyyuskriteerit ja tarvittavien tutkimusten laajuudet kuitenkin vaihtelevat. (Liikennevirasto 2014.) Seuraavassa taulukoissa 15 on esitetty säädetyt raja-arvot kaatopaikoista. Epäorgaanisten haitta-aineiden osalta nämä raja-arvot koskevat sallitua enimmäisliukoisuutta yksikössä mg/kg kuiva-ainetta ($L/S = 10$ l/kg).

Taulukko 15. Säädettyt raja-arvot epäorgaanisille aineille (VnA 331/2013, taulukko 2; taulukko 5; taulukko 7)

Aine/muuttuja	Pysyvän jätteen kaatopaikka [mg/kg kuiva-ainetta (L/S = 10 l/kg)]	Tavanomaisen jätteen kaatopaikka [mg/kg kuiva-ainetta (L/S= 10 l/kg)]	Vaarallisen jätteen kaatopaikka [mg/kg kuiva-ainetta (L/S= 10 l/kg)]
Arseeni (as)	0,5	2	25
Barium (Ba)	20	100	300
Kadmium (Cd)	0,04	1	5
Kromi (Cr)	0,5	10	70
Kupari (Cu)	2	50	100
Elohopea (Hg)	0,01	0,2	2
Molybdeeni (Mo)	0,5	10	30
Nikkeli (Ni)	0,4	10	40
Lyijy (Pb)	0,5	10	50
Antimoni (Sb)	0,06	0,7	5
Seleeni (Se)	0,1	0,5	7
Sinkki (Zn)	4	50	200
Kloridi (Cl-)	800	15 000	25 000
Fluoridi (F-)	10	150	500
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	1000	20 000	50 000
Liuennut orgaaninen hiili (DOC)	500	800	1 000
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä	4000	60 000	100 000

Nykyisessä MARA-asetuksessa on samat raja-arvot peitetyle jättelelle kuin pysyvän jätteen kaatopaikalle annetuissa raja-arvoissa. Lannoitevalmisteille on asetettu erilaiset pitoisuudet lannoitevalmistelaisissa. Taulukossa 16 esitetään lannoitevalmistelaisissa annetut raja-arvot yksikössä mg/kg kuiva-aineesta

Taulukko 16. Lannoitevalmisteille asetetut raja-arvot (MMA 24/11, liite IV).

Aine/muttuja	Enimmäispitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)	Metsätalouden tuhkalan- noitteiden enimmäispitoi- suus (mg/kg kuiva-ainetta)
Arseeni (As)	25	40
Elohopea (Hg)	1,0	1,0
Kadmium (Cd)	1,5/2,5	25
Kromi (Cr)	300	300
Kupari (Cu)	600	700
Lyijy (Pb)	100	150
Nikkeli (Ni)	100	150
Sinkki (Zn)	1500	4500

Käytöstä riippuen myös orgaanisille yhdisteille on asetettu raja-arvoja. Esimerkiksi kaatopaikka-asetuksessa (VnA 331/2013) raja-arvot on annettu seuraaville yhdisteille:

- Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)
- Aromaattiset hiilivedyt, Bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleenit (BTEX)
- Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH 2)
- Polyklooratut bifenyylit (PCB)
- Mineraaliöljy (C10–C40)
- Fenoliset yhdisteet (VnA 331/2013).

Aineiden ympäristökelpoisuutta on mahdollisuus parantaa erilaisten käsittelyjen kautta. Esimerkiksi varastointi, stabiloiminen, seostaminen, jauhaminen ja tiivistäminen voivat vaikuttaa haitta-aineiden liukoisuuteen. Periaatteena kuitenkin on, että materiaalia ei saa laimentaa ympäristökelpoisuuden saavuttamiseksi. (Kiviniemi 2012,10.)

4.1.4 Tekninen kelpoisuus

Jos teollisuuden jätteitä ajatellaan käytettäväksi erityisesti maarakentamiseen, tulee materiaalin tekninen kelpoisuus täyttää vaatimukset. Tekniset vaatimukset määräytyvät materiaalin ja rakennuskohteen mukaisesti. Rakennusosakohtaiset vaatimukset vaihtelevat huomattavasti.

tavasti riippuen rakenteen laatuvaatimuksesta ja käyttöiästä. Rakennuskohtaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kantavuus, routivuus ja pysyvyys. Lisäksi erilaiset harmonisoidut standardit asettavat omia vaatimuksia riippuen siitä mihin materiaalia käytetään. Viranomaiset eivät voi asettaa materiaalille muita testausvaatimuksia kuin harmonisoiduissa standardeissa on esitetty. Tilaaja voi kuitenkin esittää hankekohtaisia vaatimuksia, joita on noudatettava. Uusiomateriaalin kannalta olennaisia standardeja ovat muun muassa kiviainesstandardit. (Liikennevirasto 2014, 21–22.) Materiaalin tekninen kelpoisuus tutkitaan laboratoriokokeilla. Seuraavassa taulukossa 17 on esitetty tärkeimpiä maarakennusmateriaaleilta vaadittavia ja selvitettäviä ominaisuuksia.

Taulukko 17. Erilaisia teknisen kelpoisuuden kriteerejä (Liikennevirasto 2014, 31–32).

Ominaisuus	Tutkimusmenetelmä
Rakeisuus	Pesuseulonta, kuivaseulonta
Kuivatilavuuspaino ja tasapainokosteus	Mitataan vaihteluvälit maa-asennusta vastaavissa olosuhteissa
Veden herkkyys	Arvioidaan vesipitoisuuden, juoksurajan, protoco-kokeen tulosten perusteella
Routivuus	Routanousukoe
Puristuslujuus	Määritetään koekappaleista
Säänkestävyys	Testaan kestävyyttä toistuvia jäätymis-sulamis -syklejä vastaan
Moduuli	Määritetään tiivistetystä näytteestä, kolmiakksiaaliko
Vedenläpäisevyys	Vedenläpäisevyyskoe
Lämmöneristävyys	Määritetään vaihteluväli jäätyneen ja sulan tilan välillä
Työstettävyys	Koerakennuskohde

Materiaalin kykyä lujittua, kun sitä kostutetaan ja tiivistetään, kutsutaan materiaalin lujittumisominaisuudeksi. Lujittumisominaisuus on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista kun selvitetään materiaalin kelpoisuutta maarakentamiseen. Lujittumisominaisuuksien perusteella voidaan arvioida materiaalin kantavuusominaisuuksia. Lujittumisominaisuudet saadaan selville materiaalista tehdyistä koekappaleista, joista voidaan halutun lujittumisajan jälkeen määrittää puristuslujuus sekä muodonmuutosmoduuli. (Kiviniemi et al. 2012, 16.)

Yleisempää käyttöä varten testien lisäksi tarvitaan myös koerakenteita. Vasta pitkien tutkimusten ja koerakenteiden perusteella on mahdollista määritellä, missä olosuhteissa ja miten käytettynä materiaali käyttäytyy odotetusti ja miten sitä voidaan hallita. Laajempaan käyttöä varten tarvitaan luotettavia tutkimustuloksia pitkältä aikaväliltä. Tämä onkin yksi syy siihen, miksi uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa ei ole vielä yleistynyt. (Liikennevirasto 2014.)

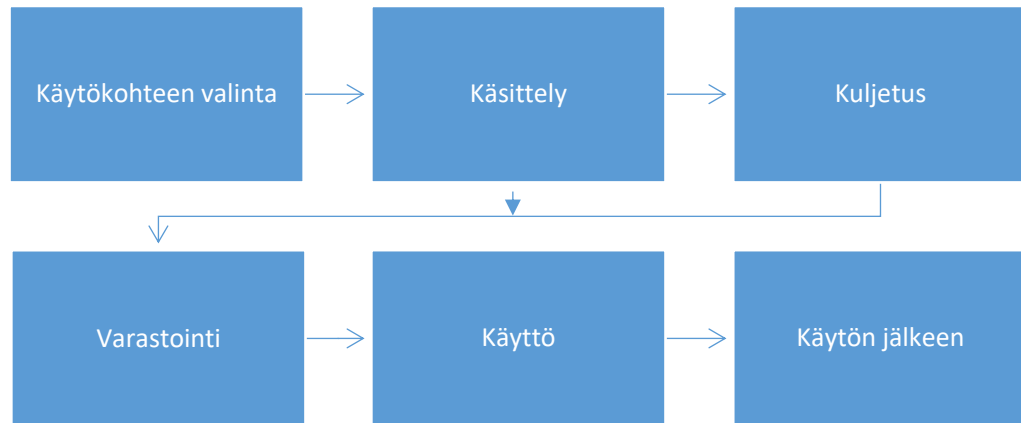
4.1.5 Nykyinen käyttökohde ja aikaisemmat kokemukset

Uuden hyötykäyttökohdetta harkittaessa on mietittävä onko uusi käyttökohde kilpailukykyinen nykyiselle käyttökohteelle. Esimerkiksi metsäteollisuuden lietteissä on mahdollisuuksia maarakennusmateriaaliksi, mutta useimmat metsäteollisuuden laitokset polttavat syntyvät lietteet. Lietteiden polttamista varten on saatettu tehdä uusia investointeja kattiloihin. Eteen voi siis tulla tilanne, että metsäteollisuus ei välttämättä halua luopua lietteiden polttamisesta. Lisäksi on mahdollista, että jollekin käyttökelpoiselle materiaalille on jo sopiva käyttökohde ja materiaalin saatavuutta saattaa estää pitkät sopimukset kolmansien osapuolien välillä.

Jätteen tuottajan täytyy olla tietoinen syntyvän jätteen ominaisuuksista, joten materiaalille on todennäköisesti tehty entuudestaan erilaisia kokeiluja ja tutkimuksia sen hyödyntämiseksi. Nämä aikaisemmat kokemukset materiaalin laadusta ja käytöstä on hyvä selvittää ennen uudenlaisen käytön aloittamista. Esimerkiksi tuhkista on tehty paljon koerakenteita ja yleisesti niiden ongelmat ja hyödyt rakentamiskäytössä on jo tiedossa. Erityisesti UUMA1 ja UUMA2 hankkeiden tutkimustulokset ovat hyödyllisiä kehiteltäessä materiaalia maarakennusmateriaaliksi.

4.2 Hyödyntämisessä huomioitavat asiat

Teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäytön koko hyödyntämisprosessin aikaiset vaikutukset on huomioitava. Teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyödyntämisprosessi on hahmotettu kuvaan 20.



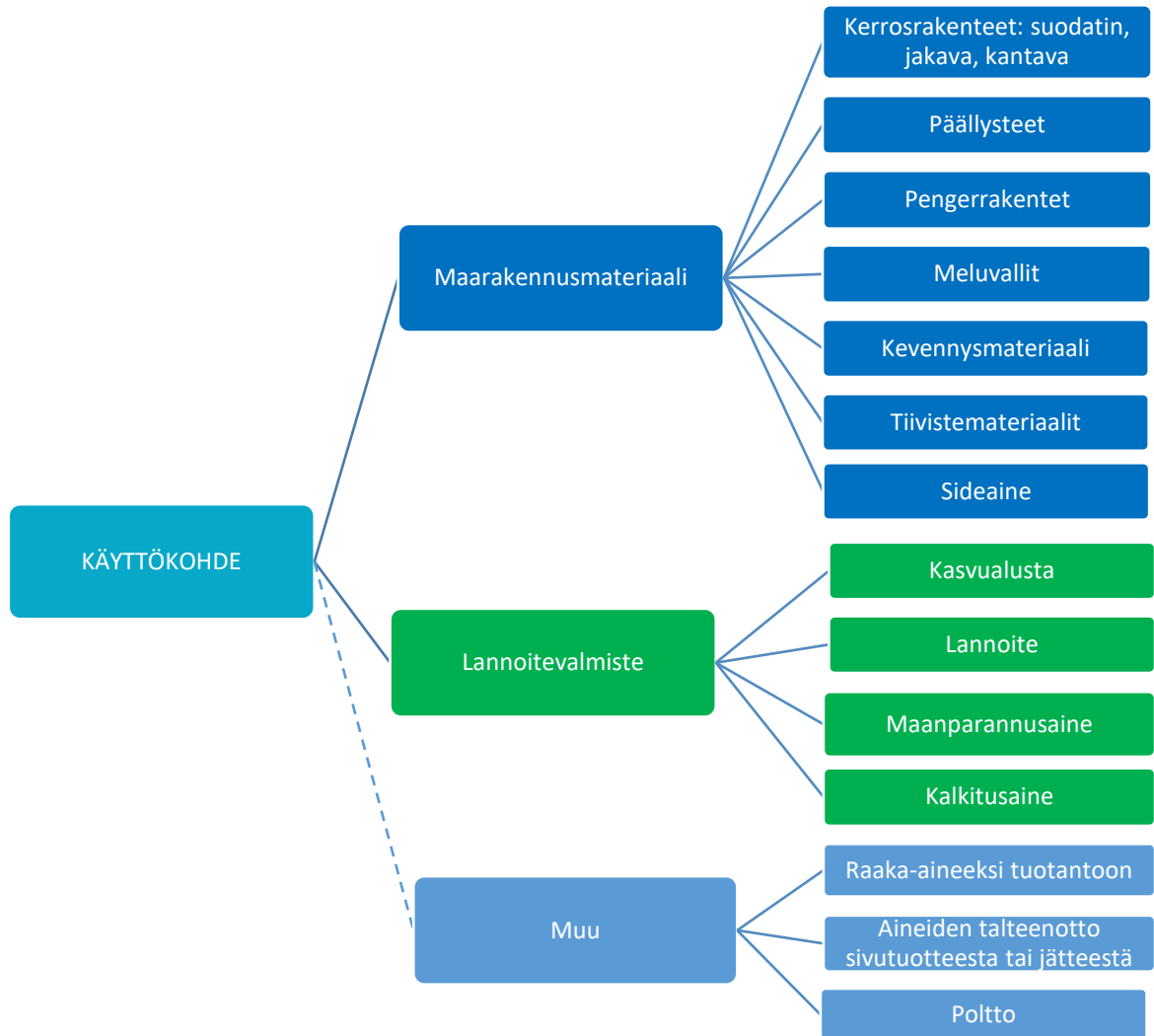
Kuva 20. Teollisuuden jätteen tai sivutuotteen hyödyntämisprosessi.

Koko hyödyntämisprosessin aikaiset ympäristövaikutukset tulee ottaa huomioon. Hyödyntämisprosessiin kuuluu ensin käyttökohteen valinta, materiaalin käsittely, materiaalin kuljetus, mahdollinen varastointi, käyttö ja käytön jälkeinen toiminta. Huomioon on otettava, että teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäytön on noudatettava lainsäädäntöä. Hyötykäyttö ei myöskään saa vahingoita ympäristöä ja tekniset vaatimukset on täyttyttävä.

4.2.1 Käyttökohteen valinta

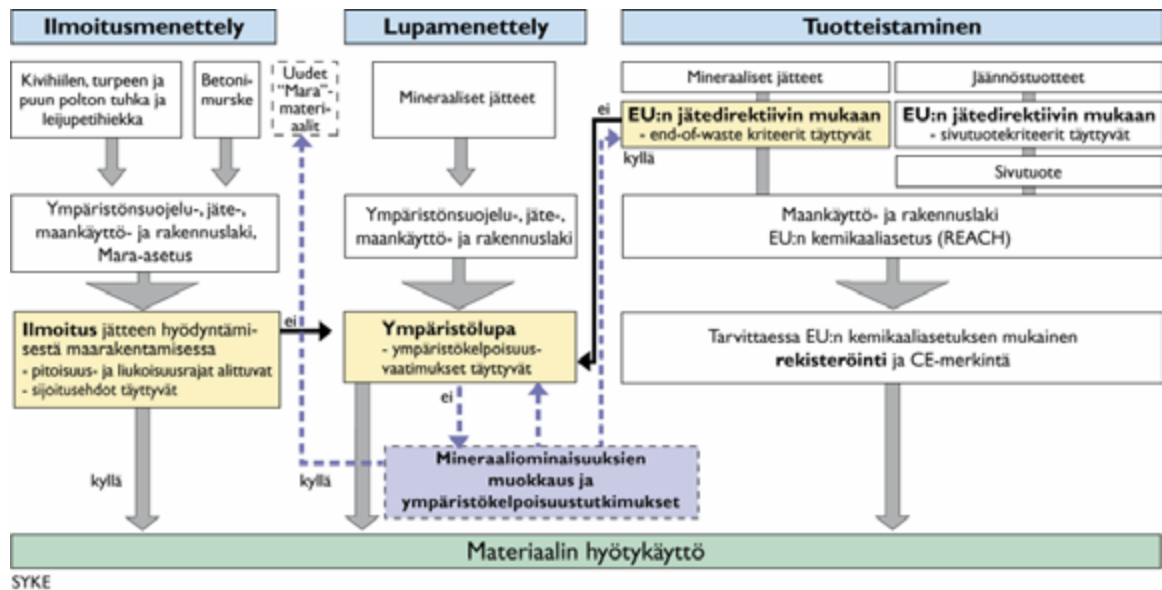
Teollisuuden jätteille ja sivutuotteelle tulee valita hyödyntämiskohde. Materiaalin hyötykäytöstä on keskeistä miettiä, mitä hyötyä jätteen tai sivutuotteen käytöllä saavutetaan. Vertailtaessa vastaavaan neitseelliseen tuotteeseen voidaan vertailla esimerkiksi hiilijalanjälkeä ja materiaalitehokkuutta. Keskeisenä asiana on myös luonnonvarojen säästäminen. Esimerkiksi uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa korvaa luonnon kiviaineksia. Myös taloudelliset ohjauskeinot ovat merkittäviä. Jos uusiomateriaalilla saadaan korvattua jotain muuta käytettävää materiaalia, on sillä todennäköisesti merkittävä vaikutus kokonaiskannattavuuteen.

Tässä diplomityössä keskitytään jätteiden ja sivutuotteiden liiketoimintamahdollisuuksiin, jotka liittyvät jätteiden tai sivutuotteiden hyödyntämiseen maarakennusmateriaaliksi tai lannoitevalmisteiksi. Myös muita hyödyntämisvaihtoehtoja on olemassa, kuten esimerkiksi poltto, käyttö materiaalina johonkin toiseen teollisuuteen tai materiaalin sisältämien aineiden talteenotto ja jalostaminen. Kuvassa 21 on hahmotettu eri hyödyntämiskohteiden muodostumista.



Kuva 21. Mahdolliset hyödyntämiskohteet.

Maarakennusmateriaaleille on monipuolisia käyttökohteita, joiden tekniset vaatimukset vaihtelevat paljon. Jokaiselle rakennuskohteelle on annettu omat laatuvaatimukset, joita on noudatettava. Ongelmana yleisesti on, että usein uusiomateriaalien käyttö rakentamisessa ei onnistu tiukan sääntelyn ja teknisten vaatimusten takia. Lisäksi yleisenä ongelmana voidaan pitää rakentamisen tiukkaa aikataulua, jolloin ei ole aikaa materiaalin käytön ympäristöluvan hakemiseen. Kuvaan 22 on hahmotettu esimerkiksi millaisia vaihtoehtoja luvalliseen käyttöön maarakennusmateriaalilla on.



Kuva 22. Maarakennusmateriaalin vaihtoehtoiset polut hyödyntämiseen (Pajukallio et al.2011, 50).

Käytännössä maarakentamisessa voidaan käyttää jätteitä tai sivutuotteita ilmoitusmenettelyn, lupamenettelyn tai tuotteistamisen kautta. Lisäksi käyttöön tarvitaan viranomaisten lisäksi tilaajan hyväksyntä. Tulossa on monia lainsäädännöllisiä muutoksia, jotka edesauttavat uusiomateriaalien käyttöä maarakentamisessa. Etenkin uusi MARA- ja MASA-asetus mahdollistavat uusiomateriaalien monipuolisemman käytön. Todellisia ongelmia kuitenkin ovat edelleen ne tuotteet, jotka eivät sisälly MARA- tai MASA-asetuksen piiriin.

Lannoitevalmisteena voidaan käyttää sellaisenaan käytettäviä sivutuotteiksi määriteltyjä materiaaleja. Esimerkkejä sellaisenaan lannoitevalmisteena käytettäviä sivutuotteita ovat meesa, kuituliete ja monenlaiset tuhkat (EVIRA 2016). Näille materiaaleille on sellaisenaan liiketoimintamahdollisuuksia. Jos materiaali ei kuulu tyyppinimiluetteloon, mutta sitä halutaan käyttää lannoitevalmisteena, voidaan sille hakea uutta tyyppinimeä Eviralta. Lisäksi lannoitevalmisteena käytettäessä ympäristölupaan täytyy tehdä muutoksia, jotta materiaalia ei luokitella enää jätteeksi vaan sivutuotteeksi. Huomioitavaa lannoitevalmisteiden käytössä on lannoitevalmistelain asettamat vaatimukset.

4.2.2 Käsittely

Teollisuuden jätteitä tai sivutuotteita saatetaan joutua käsittelemään ennen käyttöä. Keskeinen kysymys käsittelyssä on se, mitä materiaalille saa tehdä sen ominaisuuksien paranta-

miseksi. Lainsäädännöllisesti tulkitaan onko käsittely materiaalin laimentamista vai ominaisuuksien parantamista. Huomioitavaa sivutuotteiden kohdalla on että, jos materiaalia joudutaan käsittelemään jätteen käsittelylle tarkoitettuun tekniikoin ympäristökelpoisuuden parantamiseksi, ei ainetta voi luokitella sivutuotteeksi. Sen sijaan useat käsittelytekniikat teknisten kelpoisuuden parantamiseksi on sallittu. Monesti muuntamistoimena ei pidetä myöskään muuta sellaista käsittelyä, jonka tarkoituksena on ainoastaan parantaa esimerkiksi materiaalin rakennettavuusominaisuuksia. Tällaista tulkintaa on käytetty esimerkiksi maa-ainesjätteen luokittelukriteerinä. (Ympäristöministeriö 2015) Kuvassa 23 on esitetty erilaisia teknisiä käsittelymenetelmiä, joita lannoitevalmistelaisissa on määritelty.



Kuva 23. Teknisen käsittelyn vaihtoehtoja (539/2006).

Käsittelyä, jossa jätettä käsitellään niin että muutetaan sen kemiallisia ominaisuuksia tai muita jäteominaisuuksia, pidetään tyypillisesti jätteiden käsittelynä ja se vaatii ympäristöluvan. Joskus luvanvaraisuus voi olla tulkinnanvaraista. Esimerkiksi tuhkan käyttö sementin

seosaineena ei vaadi päällystettä tai ympäristölupaa, mutta työmaalla sekoitettuna sama tuhka voi lainsäädännön mukaan vaatia päällysteen tai luvan (Kiviniemi et al. 2012).

4.2.3 Kuljetus ja varastointi

Teollisuuden jätteen tai sivutuotteen käyttöpaikka sijaitsee todennäköisesti muualla kuin syntypaikalla, joten jätettä tai sivutuotetta joudutaan kuljettamaan syntypaikalta käyttöpaikalle. Lisäksi materiaalin syntyminen voi olla jaksottaista tai niin vähäistä, että jätettä tai sivutuotetta joutuu varastoimaan ennen käyttöä.

Kuljetuskustannukset ovat merkittävässä roolissa käytön kannattavuutta arvioitaessa. Kuljetus hoidetaan todennäköisesti kuorma-autolla, mutta myös junalla tai laivalla voidaan materiaaleja siirtää käyttöpaikalle. Kuljetuskustannukset riippuvat kuljetuksen hinnasta, matkasta, ajoajasta sekä kuorman kapasiteetista. Lisäksi myös materiaalin lastaus ja purku ovat osa kuljetuskustannuksia. Varastointi lisää lastauksen ja purun merkitystä, koska silloin materiaaleja joudutaan todennäköisesti lastaamaan ja purkamaan useammin kuin kerran. Optimaalisimmassa tilanteessa kuljetus tapahtuu mahdollisimman lähelle, suoraan käyttöpaikalle, täydellä kuormalla ja ilman välivarastointia.

Käyttö kannattaisi ajoittaa aina niin, ettei varastointia tarvita, mutta joissain tapauksissa varastointi on välttämätöntä. Varastoinnin syinä voi olla liian pienet syntyvyudet ja käytön ajankohta. Erilaisia varastointiratkaisuja voi olla läjitys kasoihin, siilot, kontit, hallit tai esimerkiksi suursäkit. On kuitenkin tiedettävä ja osattava ottaa huomioon miten materiaali reagoi varastointiin. Esimerkiksi lentotuhkien varastoinnilla on merkittävä vaikutus niiden tekniisiin ominaisuuksiin ja sitä kautta rakentamisen kustannuksiin. Lisäksi käsittelymenetelmä vaikuttaa varastointiin. Mikäli jätettä joudutaan sekoittamaan suuria määriä, aumavarastointi on varteenotettava varastointitekniikka, koska silloin säästytään ylimääräiseltä materiaalin siirtämiseltä. (Kiviniemi et al. 2012.)

4.2.4 Käyttö ja käytön jälkeen

Kun materiaali on valmis käyttöön, on tiedettävä miten sitä käytetään. Tämän vuoksi materiaalin käyttöä varten tulee laatia käyttöohjeet ja suunnitelma. Lisäksi käyttöä edellyttävät luvat on oltava kunnossa.

Materiaalia käytettäessä maarakennusmateriaalina laadunvarmistusjärjestelmän on oltava kunnossa. Muun muassa MARA-asetuksessa sekä tuotestandardeissa laadunvarmistusjärjestelmä on olennainen vaatimus. Laadunvarmistuksella osoitetaan se, että materiaalin käyttö vastaa rakennuskohteen vaatimuksia. Laadunvarmistusmenetelmät ovatkin usein materiaallikohtaisia ja käyttökohteeseen sidottuja. Muut käytössä huomioitavat asiat liittyvät muun muassa käyttöpaikkaan, olosuhteisiin ja työstettävyyteen.

Käytön jälkeinen toiminta saattaa liittyä ympäristöluvan vaatimuksiin. Tyypillisiä käytön jälkeisiä toimintoja ovat raportointi, seuranta kokeet ja otettavat näytteet. Käytön jälkeiset toiminnot takaavat myös materiaalin laadunseurannan pitkältä aikaväliltä ja ovat tärkeitä uusiomateriaalien käytön luotettavuuden lisäämiseksi.

4.3 Kannattavuus

Keskeinen kysymys teollisuuden sivuvirtojen hyötykäytöstä on sen kannattavuus. Potentiaalisia liiketoimintamahdollisuuksia tunnistettaessa teollisuuden jätteistä sivutuotteista on tutkittava ainakin niiden käsittelystä, kuljetuksesta, varastoinnista, käytöstä ja käytön jälkeisestä toiminnasta aiheutuvia kustannuksia.

Hyödyntämiselle vaihtoehtoinen ratkaisu on kaatopaikalle sijoittaminen. Vuonna 2011 teollisuuden kaatopaikoille laajennettiin jätevero, joka on nostanut kaatopaikkasijoittamisen kustannuksia. Lisäksi jäteveron laajennus on aiheuttanut välillisten kustannusten nousua myös jätteiden hyötykäyttöön. (Mersäteollisuus ry 2015.) Yleisesti voidaan ajatella, että hyödyntäminen on taloudellisesti järkevämpää, jos sen kustannukset alittaa kaatopaikkaveron (70€/t). Kustannusten lisäksi myös tehtaiden omat periaatteet ja tavoitteet vaikuttavat usein sivuvirtojen kohtaloon. Joillain toimijoilla sivuvirtojen hyödyntäminen voi olla suuri imagokysymys, joihin liittyvät välilliset vaikutukset voivat olla suuria. Kuvassa 24 hahmotetaan hyödyntämisen tuottoja ja kustannuksia.

KUSTANNUKSET	TUOTOT
-Jätteen tai sivutuotteen hinta	-Ei kaatopaikkaveroa
-Tutkimukset	-Muiden aineiden korvaus
-Käsittely	-Jätteestä tai sivutuotteesta saatava tulo
-Luovitus	-Imago-kysymykset ja välilliset vaikutukset
-Kuljetus	
-Varastointi	
-Työkustannukset	
-Käytön jälkeiset kustannukset	

Kuva 24. Hyötykäytön kannattavuuteen vaikuttavat asiat.

Kuten kuvasta 24 nähdään jätteiden ja sivutuotteiden käytön kannattavuuteen vaikuttaa monet tekijät. Seuraavissa luvuissa 4.3.1 ja 4.3.2 perehdytään näihin kannattavuustekijöihin tarkemmin.

4.3.1 Tuotot

Tässä diplomityössä esitetyt materiaalit on luokiteltu usein jätteeksi, joista aiheutuu tuottajalle kustannuksia. Useissa tapauksissa voidaan olettaa, että jätteen tuottajat ovat valmiita maksamaan siitä, että jäte viedään ja valmistellaan hyötykäyttöön. Poikkeuksena ovat esimerkiksi kivihiilen poltosta syntyvät hyvälaatuiset tuhkat, joiden arvo perustuu niiden kysyntään, markkinoihin ja hyötykäyttöön sementtiä korvaavana sideaineena. Jätteen tai sivutuotteen käytöllä voi myös syntyä tuottoa, jos jäte tai sivutuote korvaa jonkun muun materiaalin käyttöä. Esimerkiksi tuhkat voivat korvata sementtiä tai mursketta maarakentamisessa.

Jos materiaali luokitellaan jätteeksi ja se sijoitetaan kaatopaikalle, aiheuttaa se kustannuksia jätteen tuottajalle. Tuottajalle jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäytöstä aiheutuvat kustannukset tulee käytännössä olla kaatopaikkaveroa pienemmät. Poikkeuksena kuitenkin voi olla suuri motivaatio välttää kaatopaikalle sijoitettava jäte. Jos esimerkiksi tällä tunnistetaan olevan suuri vaikutus imagoon, voi jätteen hävittäminen muulla keinoin maksaa enemmän, kuin sen sijoittaminen kaatopaikalle.

4.3.2 Kustannukset

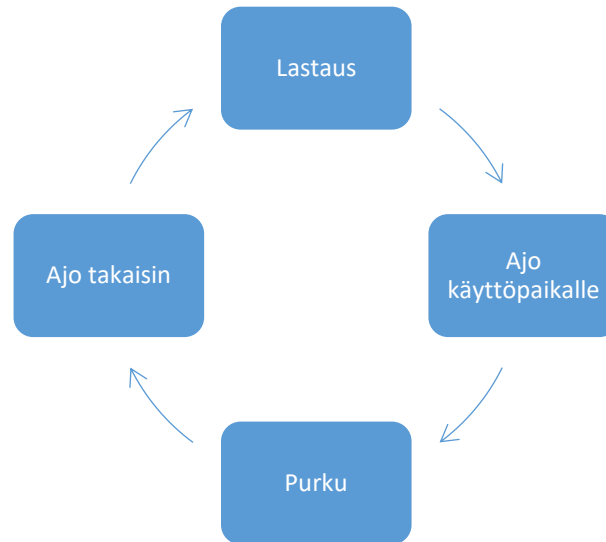
Käytön suunnittelu ja käyttö edellyttää, että materiaali on tutkittu perusteellisesti. Tämä tarkoittaa, että materiaalin ympäristökelpoisuus ja tekniset ominaisuudet tutkitaan. Materiaalin kelpoisuus tulee selvittää erilaisilla laboratoriotutkimuksilla. Tutkimukset ovat osa kustannuksia. Tutkimusten kustannukset riippuvat suurimmaksi osaksi materiaalista ja sen käyttökohteesta. Lisäksi tutkimuksista aiheutuviin kustannuksiin vaikuttaa, kuinka usein ja miten paljon materiaali on tutkittava.

Yleensä jätteiden käsittely ja käyttö vaatii ympäristöluvan. Lisäksi maarakentamisessa on mahdollista käyttää tiettyjä jätteitä ilmoitusmenettelyllä. Ympäristölupien käsittelykustannukset vaihtelevat huomattavasti riippuen siitä, mistä lupa haetaan. Kunnan ympäristönsuojeluviranomaisten päätöksestä peritään maksu, jonka perusteet on määritelty kunnan hyväksymässä taksassa. Kun taas aluehallintovirastojen käsittely maksut tulevat valtioneuvoston asetuksesta aluehallintovirastojen maksuista vuonna 2017 (1353/2016). Seuraavaan taulukkoon 18 on koottu esimerkkejä erilaisista käsittelymaksuista.

Taulukko 18. Ympäristöluvan kustannukset (1353/2016, Kuja-Aro, 2014, 12-13).

	Maksu
Ilmoitusmenettely koeluontoisesta toiminnasta	3470 €
Muu jätteiden käsittelylaitos, jossa käsitellään jätettä vähintään 20 000 tonnia vuodessa	9700 €
Kunnan ympäristöviranomaisen myöntämä ympäristölupa	49–63 €/h yleensä noin 1000-2000 €
MARA-asetuksen ilmoitusmenettely	220 €

Kuljetuskustannuksiin suurin vaikuttava tekijä on matka ja kuljettavan ajoneuvon kapasiteetti. Kuormakoko vaihtelee yleensä 20–45 tonnin välillä. Kuormien määrä on verrannollinen syntyvän jätteen määrään ja kuormakapasiteettiin. Yhden kuorman kuljetusprosessi on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Jätteen tai sivutuotteen kuljetusprosessi.

Kuljetushinnat on annettu usein €/h, joten aika on ratkaiseva tekijä. Suurin aikaan vaikuttava tekijä on matka. Usein oletuksena käytetään keskimääräistä kuljetusnopeutta 60 km/h. Kuljetuskustannuksiin on huomioitava myös mahdolliset odottamiskustannukset, joita voi aiheutua esimerkiksi kalusto-ongelmien vuoksi.

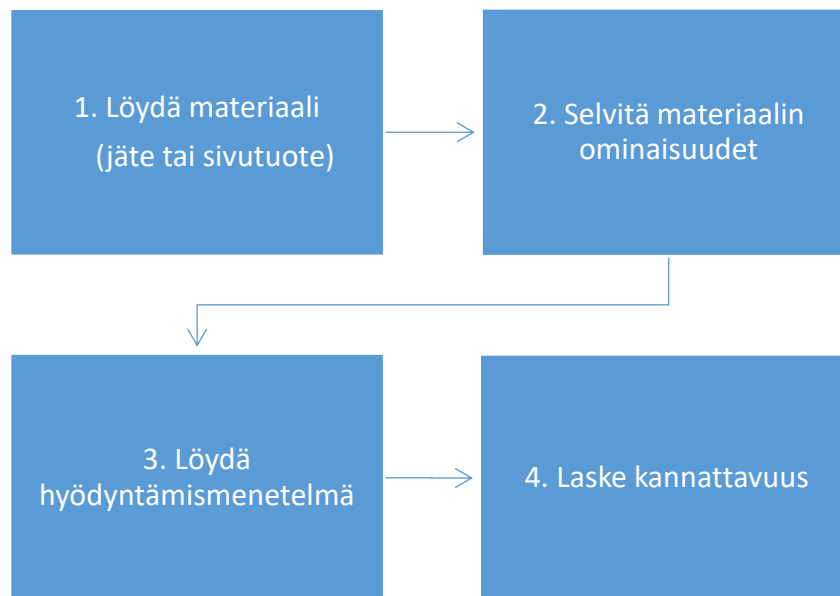
Mahdollinen välivarastointi aiheuttaa myös kustannuksia, mutta on mahdollisesti tarpeen, mikäli käsittelyä ei voida aloittaa suoraan kuljetuksen jälkeen. Varastointi aiheuttaa tällöin ylimääräistä materiaalin kuormausta ja siirtoa. Lisäksi varastoinnin laatuvaatimuksilla on suuria eroja kustannuksiin. Esimerkiksi se tarvitseeko varastoitava materiaali sääsuojaa, vaikuttaa merkittävästi varastointikustannuksiin. Halvin varastointitekniikka on läjitys. Kalliimpia varastointitekniikoita ovat varastointi sisätiloissa tai esimerkiksi siiloissa. (Kiviniemi et al. 2012.)

Käsittelykustannukset vaihtelevat paljon, sillä erilaisia käsittelymenetelmiä on runsaasti. Yleisin käsittelymenetelmä lienee sekoitus tai jauhatus, jossa kahta tai useampaa jätettä sekoitetaan yhdessä. Käsittelykustannuksiin vaikuttaa eniten käsittelyyn tarvittavan laitteen kapasiteetti, tarvittava työvoima sekä aika. (Kiviniemi et al. 2012.)

Työkustannuksilla tarkoitetaan niitä kustannuksia, joita syntyy kun materiaali käytetään käyttöpaikalla. Esimerkiksi lannoitevalmisteen hyödynnetyllä jätteellä työkustannuksia voivat olla lannoitteen levitys. Maarakentamisessa työkustannuksia ovat yleensä kaivinkoneesta, asennuksesta ja tiivistämisestä aiheutuvia kustannuksia. Maarakentamisessa aiheutuvat kustannukset vaihtelevat suuresti käyttökohteesta riippuen. Työkustannuksiin vaikuttaa materiaalin työstämiseen käytetty aika, työvälineet ja muun muassa laadunvarmistusmenetelmät. Käytön jälkeisiä kustannuksia voi olla esimerkiksi rakenteesta otettavat näytteet ja seuranta ympäristöluvan mukaisesti.

5 ESIMERKKI LIKETOIMINTAMAHDOLLISUUKSIEN TUNNISTAMISMENETelmäSTÄ

Koska lähtökohtaisesti voidaan olettaa, että teollisuuden jätteet ja sivutuotteet ovat keskenään erilaisia, on jätteiden ja sivutuotteiden systemaattinen läpikäynti tärkeää. Tässä luvussa esitetään millaisen menetelmän avulla teollisuuden jätteitä tai sivutuotteita voidaan käydä systemaattisesti läpi ja miten niistä voidaan tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia. Kuvaan 26 on hahmotettu miten menetelmä etenee.



Kuva 26. Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamismenetelmän vaiheet

Ensimmäiseksi on löydettävä potentiaalinen materiaali eli teollisuuden jäte tai sivutuote. Materiaaleja syntyy erilaisilta teollisuudenaloilta. Materiaalien etsiminen on selvitystyötä, jossa hyödyksi voidaan käyttää esimerkiksi valtakunnallisia ja alueellisia jätesuunnitelmia. Erilaisia vaihtoehtoja voidaan löytää esimerkiksi teollisuuslaitoksen toimintaa koskevasta ympäristöluvasta, jossa jätteet on luokiteltu melko tarkasti. Lisäksi myös kyselyiden avulla voi olla mahdollista löytää erilaisia jätteitä tai sivutuotteita.

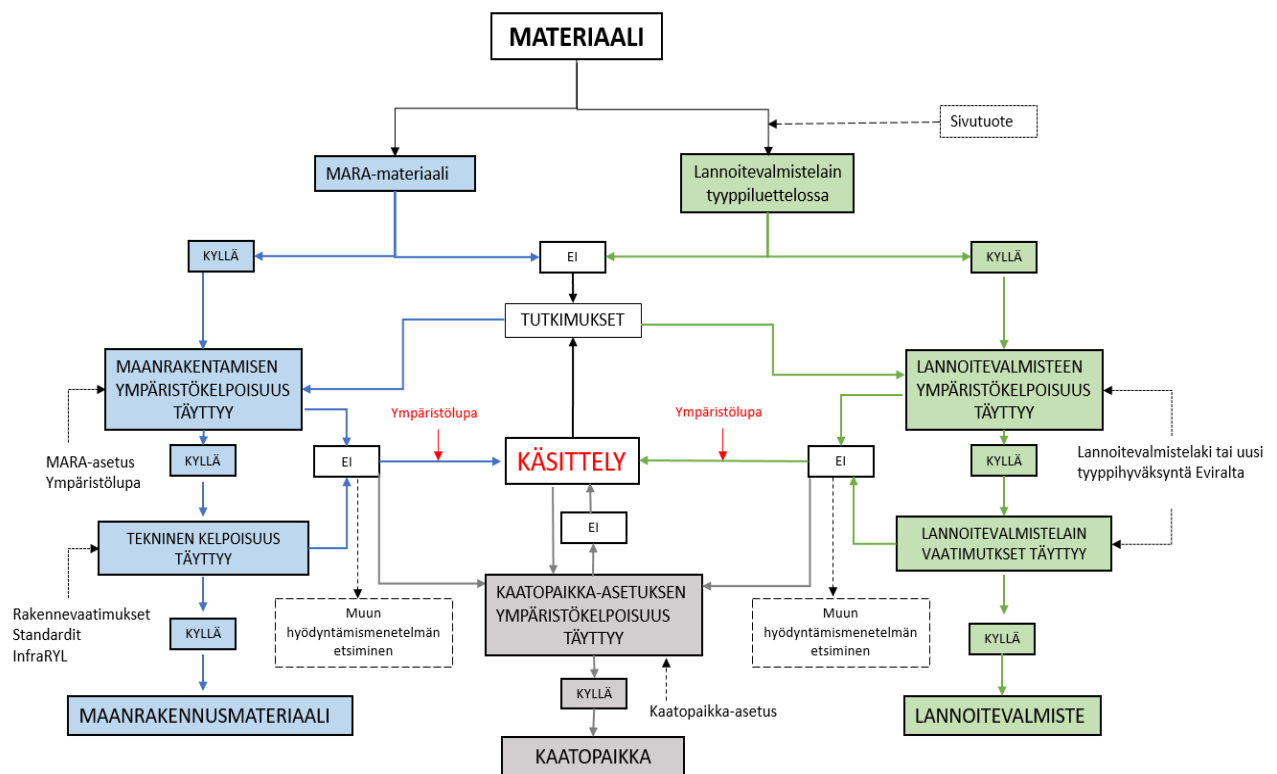
Kun kiinnostava materiaali on löydetty, täytyy sen ominaisuudet selvittää tarkemmin. Materiaalista huomioon otettavat ominaisuudet on kuvattu tarkemmin luvussa 4.1. Materiaalin ominaisuuksien selvittäminen on tärkeää, koska yleensä tässä vaiheessa voidaan jo tunnistaa

mahdollinen potentiaali tai toisaalta materiaali voidaan hylätä eikä muita vaiheita 3 ja 4 kannata selvittää. Potentiaalisen materiaalin tuntomerkkejä ovat esimerkiksi, suuri määrä, vähäinen haitta-ainepitoisuus sekä kohtuulliset tekniset ominaisuudet.

Kun materiaalin ominaisuudet on saatu selville, täytyy tunnistaa erilaiset mahdolliset hyödyntämismenetelmät. Asioita, joita pitää ottaa huomioon hyödyntämismenetelmien löytämisessä, on kuvattu tarkemmin luvussa 4.2. Erilaisia hyödyntämismenetelmät voi olla useita. Lopuksi lasketaan kannattavuus edellisten vaiheiden 2 ja 3 ominaisuuksien perusteella.

5.1 Hyödyntämismenetelmän löytäminen

Edellisten lukujen perusteella voidaan kuvassa 27 esitetty vuokaavio, josta voidaan nähdä, miten materiaalin kohdalla voidaan edetä, jotta sille löydetään sopiva hyödyntämismenetelmä maarakennusmateriaalina tai lannoitevalmisteenä. Jos tuotteelle ei löydy edellä esitettyjä hyötykäyttötarkoituksia voidaan tuote tietyntylaisin edellytyksin sijoittaa kaatopaikalle tai sille voidaan etsiä myös muita käyttötarkoituksia. Tässä vuokaaviossa ei oteta kantaa kannattavuuteen. Kannattavuuslaskenta esitetään luvussa 5.2.



Kuva 27. Hyödyntämismenetelmän etsimisen vaiheet vuokaaviossa esitettynä.

Ensin löydetty materiaali tutkitaan kuuluuko se MARA-materiaaleihin tai lannoitevalmistelain tyyppinimiluettelon. Maarakentamisessa käytettyjen tuotteiden polku on merkitty sinisellä. Lannoitevalmisteena käytettävä materiaalin polku on merkitty vihreällä. Harmaa väri kuvastaa kaatopaikalle sijoittamista.

Jos materiaalin kuuluu esimerkiksi MARA-materiaaleihin, sitä voidaan käyttää maarakentamisessa. Ensin sen ympäristökelpoisuus on kuitenkin selvitettävä. Ympäristökelpoisuuskaikki löytyvät MARA-asetuksesta. Ympäristökelpoisuuden lisäksi materiaalin on oltava teknisesti rakentamiskelpoinen. Erilaisia kriteerejä teknisiin vaatimuksiin tulee esimerkiksi rakennevaatimuksista, standardeista ja InfraRYL-laatuvaatimusjärjestelmästä.

Jos tuotetta halutaan käyttää lannoitevalmisteena, edetään kuvan 27 vihreiden laatikoiden mukaisesti. Jos materiaalin kuuluu lannoitevalmistelain tyyppinimiluettelon, tuotetta voidaan käyttää asetuksen mukaisesti. Tarkistettava kuitenkin on, että materiaalin ympäristökelpoisuus täyttyy. Lisäksi lannoitevalmistelaisissa on asetettu muitakin kriteerejä tyyppinimikohtaisissa vaatimuksissa. Yleisesti lannoitevalmistelaisissa nimetyt materiaalit ovat sivutuotteita.

Jos materiaali ei kuulu MARA-asetuksen piiriin, on materiaalin käyttö lähtökohtaisesti ympäristöluvanvaraista toimintaa. Jos taas materiaali ei kuulu lannoitevalmistelain tyyppinimiluettelon, tulee sille hakea uutta tyyppinimeä Eviralta. Ensin materiaalin on tutkittava perusteellisesti. Jos materiaali täyttää ympäristökelpoisuusvaatimukset sellaisenaan on käyttö helpompaa. Lisäksi materiaalin on täytettävä tekniset vaatimukset, kuten aikaisempienkin kohdalla. Jos materiaali ei kuitenkaan käytä ympäristökelpoisuuden kriteerejä vaatii materiaali käsittelyä. Käsittelytavat ja periaatteet on kuvattu tarkemmin kappaleessa 4.2.2. Jos materiaalin ei kuitenkaan täyty lannoitevalmistelain tai MARA-asetuksen ympäristökelpoisuuskaikki, voidaan materiaali sijoittaa kaatopaikalle, jolloin sen on kuitenkin täytettävä kaatopaikkakelpoisuuskaikki.

Voi kuitenkin olla ettei materiaalin käyttöä voida aloittaa isossa mittakaavassa heti, vaan ensin tarvitaan erilaisia käytännön tutkimuksia esimerkiksi koerakentamista. Tässä tapauksessa voi tulla käytäntöön tehdä ilmoitus koeluontoisesta toiminnasta. Myöhemmin toimin-

nan laajentuessa ja tarkempien tulosten selvittyä voi tulla kyseeseen ympäristöluvan hake-
minen laajempaan toimintaan. Ympäristöluvalla on asetettu joitain poikkeuksia, jolloin jät-
teestä on tullut tietyn edellytyksin lannoitevalmisteena käytettäviä tuotteita.

5.1.1 Esimerkki materiaalin hyödyntämismenetelmän löytämisestä

Tässä luvussa esitetään esimerkki, jossa teollisuuden jäte käy esitetyn vuokaavion läpi. Esi-
merkkimateriaaliksi on otettu soodasakka. Soodasakan käytöstä on tehty jonkin verran ai-
kaisempia tutkimuksia, joiden perusteella esimerkki voidaan esittää.

Soodasakan käyttöä lannoitevalmisteena on tutkittu muun muassa Apila Group Oy Ab:n tut-
kimuksessa(2014), jossa selvitettiin metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä lannoite-
valmisteena. Taulukossa 19 on esitetty soodasakan pitoisuudet verrattuna lannoitevalmiste-
lain raja-arvoon.

Taulukko 19. Soodasakan haitta-aine pitoisuudet (Matilainen et al. 2014, 21).

	Näyte 1	Näyte 2	Raja-arvo lannoite- telainsäädäntö
Arseeni (As)	< 5,0	< 5,0	25
Elohopea (Hg)	< 0,07	< 0,07	1,0
Kadmium (Cd)	25	4,1	1,5
Kromi (Cr)	110	200	300
Kupari (Cu)	370	77	600
Lyijy (Pb)	46	3,4	100
Magnesium (Mg)	98	30	-
Mangaani (Mn)	28	6,4	-
Nikkeli (Ni)	230	63	100
Sinkki (Zn)	5990	740	1500

Taulukon 19 mukaan soodasakka saatuja tuloksia verrattiin lannoitevalmisteiden haitallisten
metallien enimmäispitoisuuksiin. Näytteen 2 kadmiumin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet ylit-
tävät raja-arvot selvästi, mutta kaikki näytteen 1 tulokset alittavat raja-arvot.

Soodasakka ei kuitenkaan kuulu lannoitevalmistelain tyyppinimiluetteloon, joten sen käyttö lannoitevalmisteenä ei ole mahdollista, koska vain sellaisia lannoitevalmisteita saa saattaa markkinoille ja valmistaa markkinoille saattamista, joiden tyyppinimi löytyy joko kansallisesta tyyppinimiluettelosta tai EY-asetuksen mukaisesta lannoitetyyppien luettelosta. Soodasakkaa ei löydy näistä, joten sen käyttö lannoitevalmisteenä on hankalaa. Laajemmin lannoitevalmistekäytön edellytyksenä olisi siis, että soodasakalle haetaan omaa tyyppinimeä Eviralta. Lisäksi soodasakan jätestatus täytyisi poistaa, jos sitä aletaan käyttämään laajemmin lannoitevalmisteenä.

Jos soodasakalle ei löydy järkevää käyttöä lannoitevalmisteenä, sitä voidaan pohtia käytettäväksi myös maarakentamisessa. Soodasakka ei kuulu MARA-asetuksen materiaaleihin, joten sen käyttö maarakentamisessa on lähtökohtaisesti ympäristöluvanvaraista toimintaa. Toisaalta soodasakan ongelmallisen fysikaalisen olomuodon takia sitä on vaikea käsitellä sellaisenaan eikä se ei sovellu maarakentamiseen yhtä hyvin kuin esimerkiksi tuhka. Soodasakkaa on kuitenkin käytetty maarakentamisessa ympäristöluvan mukaisesti sekoitettuna tuhkaan muun muassa UPM:n Kaukaan tehtaalla sekä Stora Enson Imatran tehtailla. Soodasakan ja tuhkan seoksen käsittely ja käyttö maarakentamisessa on ympäristöluvan mukaista toimintaa. Käsittelyssä ensin esisekoitetaan lentotuhka ja soodasakka kaivinkoneella, jonka jälkeen materiaalit sekoitetaan ennen rakentamista yli ajaen aumasekoittimella. Kuvassa 28 on esitetty aumasekoitin jolla UPM:n Lappeenrannan Kaukaan tehtaiden soodasakkaa ja tuhkaa on käsitelty.



Kuva 28 . Soodasakan ja tuhkan sekoittaminen aumasekoittimella. (Mäntymaa, 2013)

Käyttöä sääntelevissä ympäristöluvuissa haitta-aineiden liukoisuuksia ei ole verrattu MARA-asetuksen (VNA 591/2006) raja-arvoihin, koska asetus ei koske seoksia. Sen sijaan raja-arvoina on käytetty Tekes-hankkeen loppuraportissa ”Sivutuotteet maarakenteissa, käyttökelppoisuuden osoittaminen, TEKES 93/200” esitetyt raja-arvoja. Käsittelyn seurauksena on päästy taulukossa 20 esitettyihin arvoihin.

Taulukko 20. Seoksien haitta-aineiden liukoisuudet (Ympäristölupa 20/10/1; Ympäristölupa 74/2014/1).

	UPM tuhka/sooda- sakka 50/50 (mg/kg)	UPM tuhka/sooda- sakka 70/30 (mg/kg)	Storaenso tuhka/soo- dasakka 60/40 (mg/kg)	Ohje-arvo peitetty ra- kenne (mg/kg)	Ohje-arvo päällystetty ra- kenne (mg/kg)
Arseeni (As)	< 0,05	< 0,05	< 0,1	0,14	0,75
Barium (Ba)	1,7	1,1	1,7	10	28
Kadmium (Cd)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,015
Kromi (Cr)	0,53	0,68	0,46	2	5,1
Kupari (Cu)	0,46	0,99	< 0,1	1,1	2
Molybdeeni (Mo)	1,2	1,2	0,49	0,31	0,5
Nikkeli (Ni)	0,09	0,15	< 0,1	1,2	2,1
Lyijy (Pb)	< 0,05	< 0,05	< 0,1	1	1,8
Antimoni (Ab)	< 0,05	< 0,05	< 0,1	0,12	0,4
Seleeni (Se)	0,06	0,08	< 0,2	0,06	0,1
Sinkki (Zn)	0,24	0,10	0,75	1,5	2,7

Kaikissa seoksissa molybdeenin raja-arvo ylittyy peitettyissä rakenteissa, mutta Stora Enson seos alittaa niukasti päällystetylle rakenteelle asetetun raja-arvon. Lisäksi UPM:n materiaaliseoksessa, jossa 70 % on tuhkaa ja 30 % soodasakkaa, seleenin liukoinen pitoisuus ylittää raja-arvon.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan soodasakan ja tuhkan seos on tiivis ja käytännössä rakenteen läpi ei mene vettä. UPM:n selvityksen mukaan rakennettavuudeltaan paras seos sisältää lentotuhkaa 70 % ja soodasakkaa 30 %. Stora Enson seos sisälsi 60 % tuhkaa ja 40 % soodasakkaa. Seoksen 70/30 pakkasenkestävyystestillä materiaalin painohäviö oli 2 %, mikä täyttää esimerkiksi stabiloidulle materiaalille asetetun vaatimustason 3 %. Koerakenteiden perusteella on saatu selville, että soodasakan ja tuhkan seos on sopiva tiivistettäväksi esimerkiksi tie- ja kenttärakenteisiin kantavaksi kerrokseksi. Rakenteen laatua ja kantavuutta voidaan tarkkailla esimerkiksi levykuormituskokeella. (Ympäristölupa 20/10/1.)

5.2 Kannattavuuden laskenta

Kun materiaalin ominaisuudet ja soveltuvuus hyötykäyttöön on selvillä, voidaan arvioida hyötykäytön kannattavuutta. Kannattavuuden arviointi on koottu excel-taulukkoon, jonka pohja on esitetty liitteessä 1.

5.2.1 Oletukset

Kannattavuuslaskelmissa joudutaan tekemään muutamia oletuksia. Esimerkkilaskelmassa lasketaan saatu taloudellinen hyöty tilanteessa, jossa soodasakan ja lentotuhkan seoksesta rakennetaan kenttärakenne noin viiden hehtaarin kokoiselle alueelle. Seoksen suhde on 40 % soodasakkaa ja 60 % tuhkaa. Rakenteesta tehdään noin 0,5 m kantavakerros, joka vastaa vastaavaa murskekerrosta. Yhteensä materiaalia tarvitaan noin 25 000 m³. Taulukossa 21 on esitetty materiaaleista tehdyt oletukset.

Taulukko 21. Materiaaleista tehdyt oletukset.

	Soodasakka	Lentotuhka
Menekki (m ³)	10000	15000
Tilavuuspaino (kg/m ³)	800	800
Massa (t)	8000	12000
Aikaisempi hyödyntämistarkoitus	Kaatopaikka (ei jäteverollinen)	Kaatopaikka (jäteverollinen)
Saatava hinta	5 €/t	20 €/t

Taulukkoon 22 on koottu materiaalin kuljetuksesta ja varastoinnista koituvat kustannukset. Oletetaan, että lentotuhka ja soodasakka käsitellään tehdasalueen kaatopaikalla ja kuljetaan sieltä käyttöpaikkaan, joka sijaitsee 30 km päässä. Laskelmissa huomioidaan edestakainen matka, lastaukseen, purkuun ja odotukseen menevä aika. Kuljetushinnaksi oletetaan 100 €/tunti. Lisäksi huomioidaan kuljetuksen tehokkuutta prosentteina. Tehokkuutta heikentäviä tekijöitä ovat muun muassa ylimääräiset odotukset ja hidasteet. Käytettävä kuormakoko on 30 m³ tai 44 tonnia.

Taulukko 22. Kuljetuksen ja varastoinnin oletukset.

Kuljetus muuttujat	
Keskinopeus	60 km/h
Syntypaikka-välivarastointi/käsittely	5 km
Välivarastointi/käsittely-käyttöpaikka	30 km
Lastaus ja purku	0,5 h/kerta
Tehokkuus	80 %
Kapasiteetti	30 m ³ tai 44 t
Hinta	100 €/h

Taulukossa 23 on esitetty käsittelytapa, -kapasiteetti sekä -tuntihinta. Materiaalia käsitellään kerrallaan 1000 tonnia ja käsittelyn kapasiteetti on keskimäärin 500 tonnia tunnissa.

Taulukko 23. Käsittelyn oletukset.

Käsittely	Aumasekoitin
Käsiteltävä kapasiteetti kerralla	1000 t
Käsittelyn kapasiteetti	500 t/h,
Käsittelyn hinta	100 €/h

Taulukossa 24 on käytön ja käytönjälkeiset oletukset. Materiaalista saatava hyöty syntyy, kun soodasakan ja tuhkan seos korvaa yleisimmin kantavankerroksen materiaalina käytettävän murskeen. Murskeen vertailuhinta on noin 5 €/m³. Tutkimukset ennen käyttöä sisältävät lähinnä seoksen ympäristökelpoisuuden osoittamisen, mutta tarvittaessa myös kokeita teknisen kelpoisuuden toteamiseksi voidaan suorittaa. Seoksen käyttö vaatii ympäristöluvan, jonka hinnaksi on arvioitu 5000 e. Soodasakan ja tuhkan käytöstä oletetaan syntyvän samat työkustannukset kuin, jos kantavankerroksen rakentamismateriaalina käytettäisiin mursketta. Tämän vuoksi työkustannuksia ei oteta huomioon tässä kannattavuuslaskelmassa, jossa vertaillaan soodasakan ja tuhkan käytön kannattavuutta suhteessa murskeeseen. Käytön jälkeisiä kustannuksia oletetaan olevan seoksen käytöstä raportointi sekä esimerkiksi käytön jälkeiset koekairaukset.

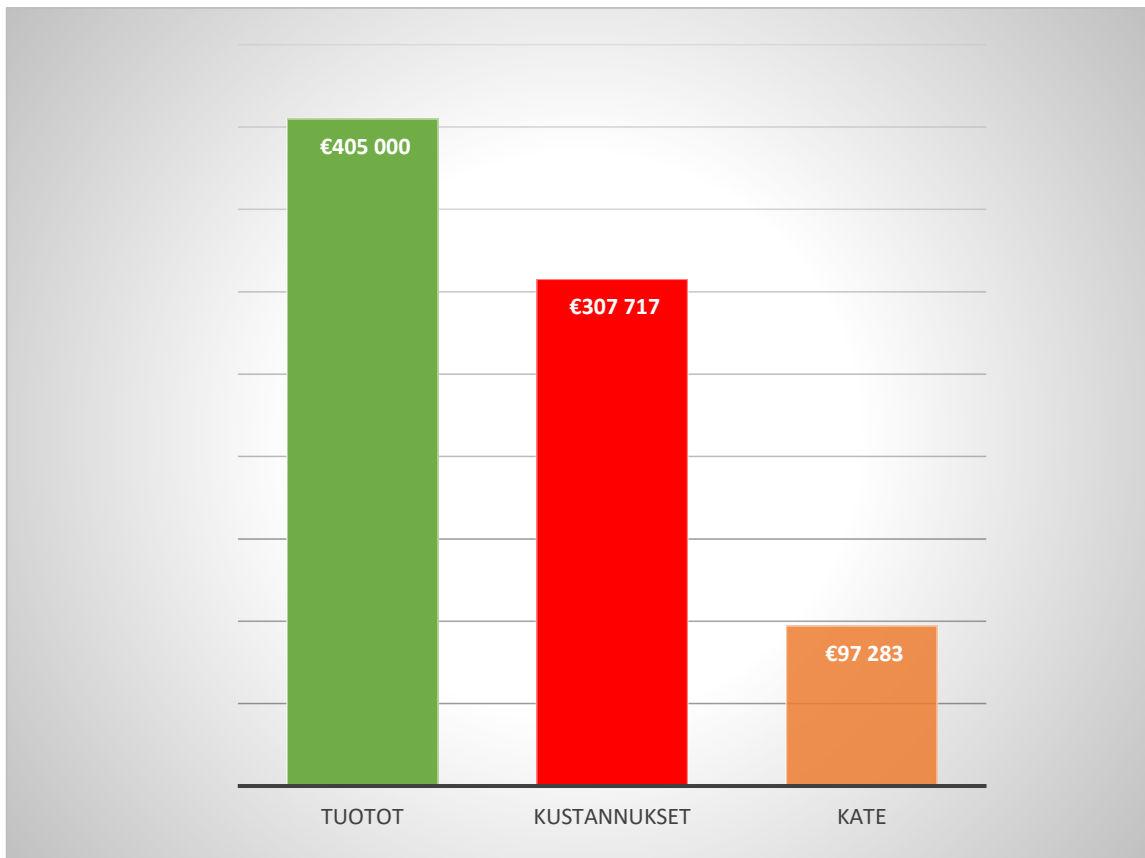
Taulukko 24. Käyttö ja käytön jälkeiset oletukset.

	Hinta
Materiaalista saatava hyöty, murske	5 €/m ³
Tutkimukset ennen käyttöä	1500 €
Käytön ympäristöluva	5000 €
Työkustannus	Ei huomioida vertailtaessa
Käytön jälkeiset erikoistutkimukset esimerkiksi koekairaukset	300 €
Raportointi	200 €

5.2.2 Laskenta

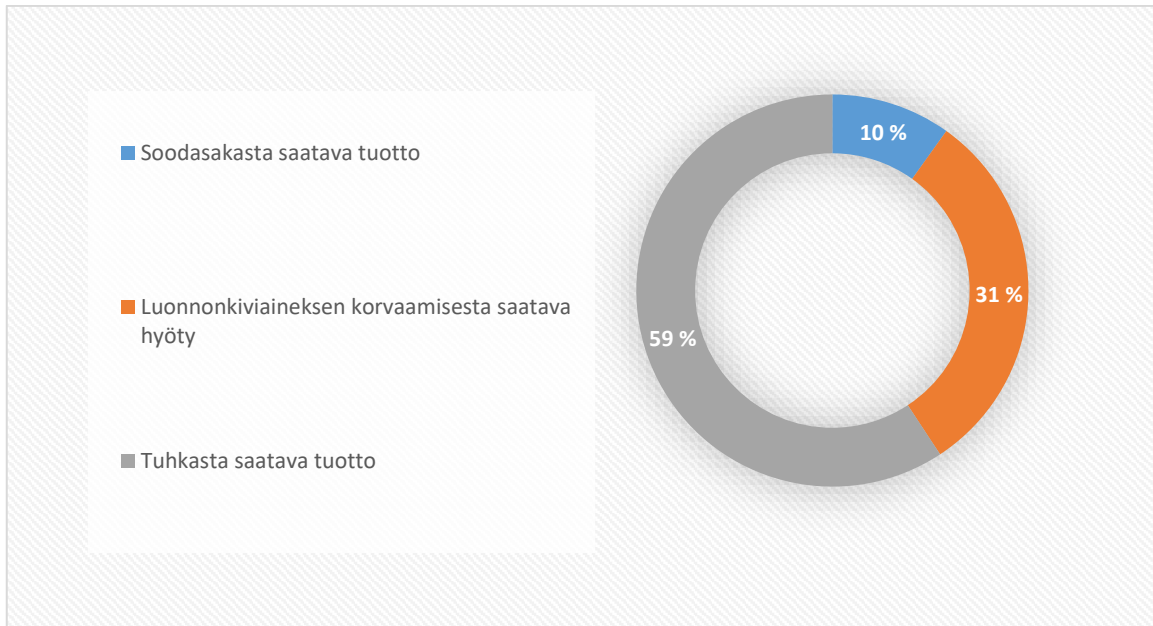
Oletusten perusteella suoritettiin yksinkertaiset laskelmat excel-laskentataulukon avulla. Laskelmien perusteella soodasakan ja tuhkien seoksen käyttö kantavaan kerrokseen olisi kannattavaa, jos sillä korvattaisiin mursketta. Lisäksi oletuksena olisi, että käsittely olisi yk-

sinkertaista ja kuljetusmatkat lyhyitä. Myös tuottajan täytyisi olla valmis maksamaan käy-
tyistä tuotteista, jotta käyttö olisi kannattavaa. Kuvassa 29 on havainnollistettu tehdyillä ole-
tuksilla saatu tuotot, kustannukset ja syntyvä katteen määrä.



Kuva 29. Esimerkki laskelman tuotot, kustannukset ja kate.

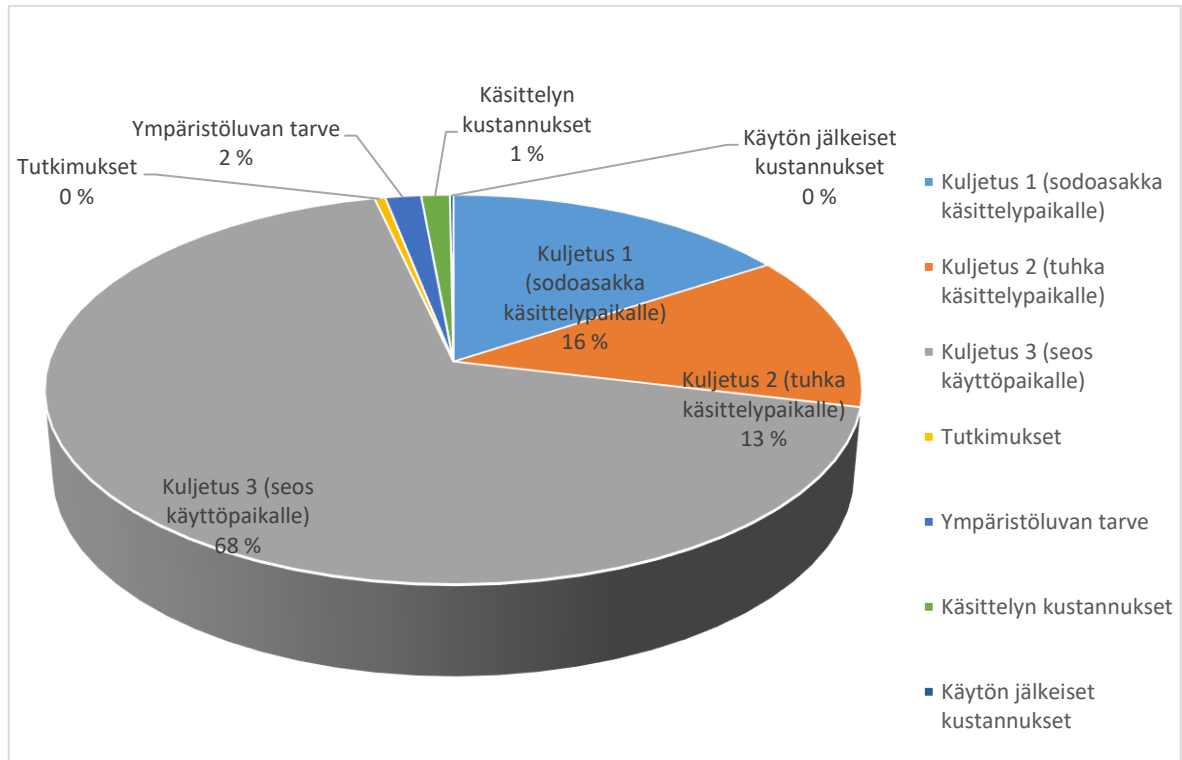
Saatava katetuottoprosentti tässä esimerkissä olisi 24 %. Saatava tuotto jakaantuu soo-
dasakasta ja tuhkasta saatavaan kiinteään hintaan, jonka tehdas on valmis maksamaan soo-
dasakan ja tuhkan hyötykäytöstä. Lisäksi tuotot sisältävät luonnonkiviaineksen korvaami-
sesta saatavan hyödyn, joka perustuu korvattavan materiaalin markkinahintaan. Kuvaan 30
on hahmotettu tuottojen keskinäinen jakautuminen.



Kuva 30. Tuottojen keskinäinen jakautuminen.

Näissä laskemissa käytettyjen oletusten perusteella tuhkasta saatava tuotto on 59 % kaikista tuotoista. Tämä perustuu arvioon, että käytetään tuhkaa, joka muutoin päätyisi kaatopaikalle ja josta pitäisi maksaa 70 €/t jäteveroa.

Kuten kuva 31 havainnollistaa kuljetuskustannukset ovat merkittävin kustannuslähde. Muut kustannukset ovat noin 3 % kokonaiskustannuksista. Huomioitavaa, kuitenkin on että käytön kustannukset eivät kuulu tähän kustannuskoostumukseen, koska esimerkissä vertaillaan soodasakan ja tuhkan seoksen käyttöä vastaavaan käyttöön tarkoitettuun murskeeseen.



Kuva 31. Kustannusjakauma

Kuljetuskustannuksien merkittävyyteen vaikuttaa tehtävä kokonaismatka ja kuorman koko. Optimaalisessa tilanteessa kuromien tulisi olla täysiä. Voi olla, että tehdyssä esimerkki laskelmassa kuljetuskustannuksien merkittävyys korostuu liikaa, koska esimerkiksi käsittelyn kustannuksia on vaikeampi arvioida, kuin kuljetuskustannuksia. Työkalun yhtenä tarkoituksena onkin hahmottaa mitä jokin tietty hyödyntämisprosessin vaihe voisi maksaa, jotta teollisuuden jätteen ja sivutuotteen hyötykäyttö olisi järkevää.

5.2.3 Herkkyystarkastelu

Kustannukset sisältävät paljon riskejä esimerkiksi kuljetuskustannusten noustessa tai murskeen hinnan tippuessa voi olla, ettei käyttö ole järkevää. Lisäksi voi käydä niin, että lähtötuotteiden arvo nousee tai niille keksitään muita hyödyntämistarkoituksia. Herkkyystarkastelu on siis tärkeä osa liiketoimintamahdollisuuksia tunnistettaessa. Erilaisia taloudellisia riskiarvioita voidaan tehdä toteutetun excel-työkalun avulla. Excel-työkaluun voidaan havainnollistaa erilaisia skenaarioita, joissa jonkin tekijän hinta muuttuu. Taulukkoon 25 on esitetty erilaisia skenaarioita, jotka liittyvät soodasakan ja tuhkan käyttöön kantavassa kerroksessa. Vertailuarvo on aikaisemmin esitetty esimerkki, jossa tehdyillä oletuksilla kateuottoprosentti on 24 %.

Taulukko 25. Erilaiset skenaariot ja niistä aiheutuva katetuotto prosentti.

Tilanne	Kate- %
Käsittelypaikka/Käyttöpaikka 60 km, Lisäys 100 %	- 2 %
Korvattava murske 3€/m ³ Vähennys 40 %	13 %
Käsittelyn kustannukset kaksinker- taistuvat, Lisäys 100 %	23 %
Soodasakasta saadaan 0€/m ³ , Vähennys 100 %	16 %
Tuhkasta saadaan 10 €/m ³ Vähennys 50 %	- 8 %

Esitettyjen skenaarioiden perusteella ilmenee, että kuljetusmatkoilla sekä materiaalista saatavalla tuotolla on keskeinen merkitys kannattavuuteen. Jos kuljetusmatka nousee 100 % tai tuhkista saadaan 50 % vähemmän, aiheutuu niistä negatiivinen kate. Lisäksi voi olla, että useampi tekijä muuttuu yhtä aikaa, jolloin katteen ennustaminen ja kannattavuuden laskeminen on haastavampaa. Vaikka materiaalin hyötykäyttö olisi kannattavaa, hyödyntämisen edellytyksenä on edelleen, että materiaalin hyötykäyttö on mahdollista sekä lainsäädännöllisesti, mutta myös käytettävyyden kannalta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Kiertotalous on kehittyvä trendi, joka tulee todennäköisesti muutamaankin kättämme jät-teistä. Jätteet tulisi nähdä ennemminkin arvokkaina raaka-aineina kuin hyödyttöminä jät-teinä. Tämän diplomityön tavoitteena oli luoda menetelmä, jonka avulla teollisuuden jät-teistä ja sivutuotteista voidaan tunnistaa liiketoimintamahdollisuuksia. Diplomityön tarkoi-tus on toimia tutkimuspohjana liiketoimintasuunnitelmaa laadittaessa.

Tarkoitus on, että esitetyn menetelmän avulla on löydettävissä kiinnostavia liiketoiminta-mahdollisuuksia, jotka liittyvät teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöön maaraken-nusmateriaalina tai lannoitevalmisteena. Menetelmän keskeisiä työkaluja ovat havainnollis-tava vuokaavio sekä excel-työkalu. Vuokaavion avulla voidaan hahmottaa polku, jonka ma-teriaali käy läpi sopivan hyödyntämistarkoituksen löytämiseksi. Excel-työkalun avulla voi-daan laskea kannattavuuslaskelmia ja tarkastella erilaisia skenaarioita.

Liiketoimintamahdollisuuksia tarkasteltaessa on osattava hahmottaa suuria kokonaisuuksia. Suuria kokonaisuuksia tarkasteltiin kolmen reunaehdon mukaisesti. Luodussa menetelmässä esitetään kolme keskeistä reunaehto, jotka ovat lainsäädäntö, käytettävyys ja kannattavuus. Nämä kolme reunaehto on täytyttävä, jotta teollisuuden jätteellä ja sivutuotteella tunnistee-taan olevan liiketoimintamahdollisuuksia.

Reunaehtoja tarkasteltaessa merkittävämmäksi reunaehdoiksi tunnistettiin lainsäädäntö. Kaiken toiminnan on oltava lainsäädännön mukaista. usein tämä voi olla jo ensimmäinen rajoittava tekijä, kun aletaan tutkimaan erilaisia liiketoimintamahdollisuuksia. Diplomi-työssä perehdyttiin keskeisimpiin lainsäädäntöihin, jotka vaikuttavat teollisuuden jätteisiin ja sivutuotteisiin sekä niiden hyötykäyttöön rakennusmateriaalina tai lannoitevalmisteena. Työssä tarkastellut lainsäädännöt olivat jätelainsäädäntö, ympäristölainsäädäntö, kemikaali-lainsäädäntö sekä erilaiset tuotekohtaiset lainsäädännöt kuten rakennustuotelainsäädäntö sekä lannoitevalmistelainsäädäntö.

Lainsäädäntö mahdollistaa vain joidenkin jätteiden tai sivutuotteiden käytön maarakentami-nessa tai lannoitevalmisteena. Useat jätteet ja sivutuotteet jäävät kuitenkin näiden säädösten ulkopuolelle, jolloin niiden hyödyntämiseen tarvitaan ympäristölupa. Ympäristölupapro-sessi on usein haastava ja aikaa vievä, jolloin teollisuuden jätteiden hyötykäyttö ei välttä-

mättä ole mahdollista. Sivuvirtojen kohtalo luokitellaan usein jo teollisen toimijan ympäristöluvassa, jossa päätetään sivuvirran jätestatus. Jätestatuksella on suuri merkitys hyödyntämisen helppouteen. Tutkimusta tehdessä havaittiin, että kiertotalous on todennäköisesti muuttamassa monia lainsäädäntöjä tulevaisuudessa. Merkittäviä muutoksia on tulossa ainakin jätelainsäädäntöön ja lannoitevalmistelainsäädäntöön. Lisäksi Suomessa ollaan tekemässä muutoksia esimerkiksi ympäristölupaprosessin helpottamiseksi, millä on keskeinen merkitys jätteiden ja sivutuotteiden hyötykäytössä.

Kiertotalous-ajattelun kehittyminen tuo liiketoimintamahdollisuuksia teollisuuden jätteille ja sivutuotteille. Yhtenä osana tätä diplomityötä oli tarkastella Suomessa syntyviä keskeisiä teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita. Selvitykseen kuuluivat Suomen suurimmat teollisuuden alat, joista syntyi eniten tällä hetkellä erilaisia hyödyntämiskelpoisia jätteitä ja sivutuotteita. Tutkittaviin teollisuuden aloihin kuuluivat energiateollisuus, metsäteollisuus, kaivosteollisuus, metalliteollisuus sekä kemianteollisuus. Tutkimuksessa käytiin läpi eri teollisuuden alojen jätteiden määrällistä syntyvyyttä, alueellista jakautumista ja nykyistä hyötykäyttöä sekä hyötykäyttöön tulevia muutoksia.

Erityisen mielenkiintoiseksi asiaksi ilmeni, miten muuttuva lainsäädäntö vaikuttaa teollisuuden jätteiden ja sivutuotteiden käyttöön. Kiinnostavimmiksi jätejakeiksi todettiin sellaiset jätejakeet, joiden käyttö tulee tulevaisuudessa helpottumaan. Lisäksi kiinnostavimpien jakeiden joukkoon kuuluivat sellaiset jätteet ja sivutuotteet, joiden määrä on merkittävä myös tulevaisuudessa. Potentiaalisten jätejakeiden joukkoon kuuluvat esimerkiksi kaivannaisteollisuuden jätteet, soodasakka, tuhkat sekä esimerkiksi erilaiset metsäteollisuuden lietteet. Myös kemianteollisuuden syntyvä fosfokipsi on mielenkiintoinen, koska sen määrä on valtava myös muualla maailmalla, joten siinä voidaan nähdä myös kansainvälistä liiketoimintamahdollisuutta. Muuttuva lainsäädäntö ei kuitenkaan koske kaikkia teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita. Tulevaisuudessakin on edelleen olemassa jätteitä, joille ei ole järkevää hyötykäyttökohdetta ja ne joudutaan edelleen sijoittamaan kaatopaikalle. Tällaiset jätteet ovatkin mielenkiintoisia sillä, jos niille onnistutaan löytämään jokin toimiva hyötykäyttötarkoitus, on siinä merkittävä liiketoimintamahdollisuus.

Toinen tunnistettu reunaehto on materiaalin käytettävyys. Liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamismenetelmää varten on selvitettävistä materiaaleista eli teollisuuden jätteistä ja sivutuotteista erilaisia ominaisuuksia, joilla on keskeinen merkitys liiketoimintamahdollisuuksia tunnistettaessa. Keskeisimmät tekijät ovat materiaalin saatavuus eli se miten paljon

materiaalia syntyy ja miten sen maantieteellinen sijainti vaikuttaa liiketoimintamahdollisuuksiin. Muita materiaalista huomioitavia tekijöitä ovat sen laadunvaihtelun määrä, ympäristökelpoisuus ja tekninen kelpoisuus. Ympäristökelpoisuuden kriteerit tulevat lähinnä lainsäädännöstä tai käyttöä säätelevästä ympäristöluvasta. Teknisen kelpoisuus tulee esimerkiksi rakenteen ja rakennuskohteen standardeista tai laatuvaatimuksista. Muita materiaalista huomioitavia asioita ovat sen hinta, jäteluonne sekä nykyinen käyttö.

Materiaalin hyötykäyttökohteesta täytyy arvioida koko hyödyntämisen käyttöketjuun liittyvät asiat. Tällaisia ovat muun muassa käsittelyn tarve, kuljetusmatka, varastoinnin tarve, käyttö sekä käytön jälkeinen toiminta. Materiaalin vaikeiden ominaisuuksien perusteella se tuskin soveltuu hyötykäyttäväksi sellaisenaan, joten materiaali vaatii usein käsittelyä. Materiaalia voidaan käsitellä monella tapaa, joista yleisin käsittelymenetelmä lienee sekoittaminen. Kuljetusmatka on usein tärkein kannattavuuteen vaikuttava tekijä. Käyttöpaikan ja syntypaikan välimatka onkin usein kriittisin tekijä käytön kannattavuutta arvioitaessa. Materiaalin varastointi riippuu käytettävän materiaalin syntymisen ja käytön suhteellisesta määrästä. Myös esimerkiksi käsittelyn takia materiaali saattaa vaatia väliaikaista varastointia. Käytöllä tarkoitetaan esimerkiksi, miten materiaalin käyttö onnistuu, käyttöön liittyviä laadunvarmistusmenetelmiä ja luvanvaraisuutta. Esimerkiksi materiaalin fyysinen koostumus tai tiukat olosuhdevaatimukset voivat hankaloittaa käyttöä. Lisäksi käytöllä ja materiaalilla saattaa olla tiukat laatuvaatimukset, joita on noudatettava. Käytön jälkeisiä toimintoja ovat esimerkiksi otettavat kokeet ja ympäristöluvan mukainen raportointi, joista aiheutuu lisäkustannuksia. Myös materiaalin kestävyys vaikuttaa käytön jälkeiseen toimintaan.

Kolmas keskeinen reunaehto on teollisuuden jätteen tai sivutuotteen hyötykäytön kannattavuus. Koska tässä diplomityössä tutkittiin liiketoimintamahdollisuuksia, pääperiaatteena oli että jätteen tai sivutuotteen hyötykäytön on oltava taloudellisesti kannattavaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että löydetään käyttökelpoinen jäte tai sivutuote, joka mahdollisesti korvaa jonkin toisen materiaalin. Myös jätteen tuottajan puolesta jätteen tai sivutuotteen hyödyntämisen on oltava kannattavaa. Tällaiseen kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti kaatopaikkaveron suuruus, imago-kysymykset ja omat tavoitteet. Monet teollisuuden hyötykäyttöratkaisut on saatettu kehittää käytännössä kaatopaikkaveron välttämiseksi. Keskeisenä kysymyksenä nouseekin miten järkevää on esimerkiksi metsäteollisuuden lietteiden polttaminen sen sijaan, että niistä voitaisiin jalostaa yleisesti käytössä olevia maarakennusmateriaaleja.

Toinen puoli kannattavuudesta on kustannukset, jotka syntyvät tutkimuksista, käsittelystä, kuljetuksesta, varastoinnista, luvista, käytöstä ja käytön jälkeisestä toiminnasta. Jos materiaalin syntypaikka ja käyttöpaikka eivät ole suhteellisen lähellä voi olla, että hyötykäyttö ei ole järkevää. Toisaalta jos hyötykäyttöpaikka löytyy suhteellisen läheltä, hyötykäytettävän materiaalin määrä on suuri ja käsittelykustannukset ovat inhimilliset, on materiaaleilla havaittavissa merkittävää potentiaalia. Käytännössä voi kuitenkin olla, että vaikka materiaaleille löydettäisiinkin sopiva hyötypaikka, eivät ne kilpailukykyisiä luonnonmateriaaleille

Viimeisessä luvussa esitettiin esimerkki, jossa soodasakalle etsitään hyödyntämistarkoitusta luodun menetelmän avulla. Työssä aikaisempien tehtyjen havaintojen perusteella voitiin todeta, että soodasakka ei sovellu maarakennuskäyttöön eikä lannoitekäyttöön sellaisenaan. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että soodasakan ja tuhkan seos on ympäristökelpoinen ja täyttää maarakentamisen ja kantavan kerroksen tekniset vaatimukset. Esimerkissä laskettiin soodasakan ja tuhkan seoksen käytön kannattavuus. Kannattavuuslaskemiin tehtiin oletuksia. Tehtyjen laskelmien perusteella soodasakan ja tuhkan seoksen käyttö maarakennusmateriaalina murskeen sijasta olisi kannattavaa. Herkkyystarkastelussa todettiin, että jätteestä saatava tuotto sekä kuljetusmatkat olivat kriittisimpiä kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Jotta teollisuuden jätteet ja sivutuotteet voidaan nähdä hyödyntämiskelpoisena materiaalina, tarvitaan hyötykäytön edistämiseksi nykyistä enemmän taloudellisia ohjauskeinoja ja lainsäädännöllisiä muutoksia. Yhtenä mahdollisena ratkaisuna ovat erilaiset symbioosi- eli yhdistelmätuotteet, joita Suomessakin on jonkin verran tutkittu. Työssä esitetty esimerkki soodasakan ja tuhkan seoksesta on esimerkki symbioosituotteista. Yhdistelmätuotteita on tutkittu vain vähän ja ne sisältävätkin mielenkiintoisen jatkotutkimusmahdollisuuden.

Liiketoimintamahdollisuuksia tunnistettaessa on osattava ottaa huomioon suuri kokonaisuus tuotannosta jätteen hyötykäyttöön ja usein käytön jälkeiseenkin toimintaan. Kokonaisuuksia on mietittävä myös sen mukaan, mikä on sen merkitys yhteiskunnassa. Jätteiden hyötykäyttöä koskevat ongelmat eivät pelkästään ole kansallisella tasolla vaan ongelmat ovat globaaleja. Jos pystyttäisiin kehittämään kannattavaa liiketoimintaa hyödyntämällä teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita, olisi sillä myös kansainvälisiä mahdollisuuksia.

LÄHTEET

Aaltoyliopisto 2014. Teollisuusinnovaatio: hiilidioksidista ja teräskuonasta arvokasta lopputuotetta. Uutinen 16.10.2014. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavissa: <http://arts.aalto.fi/fi/current/news/2014-10-01-025/>

Alaranta Joonas 2013. Kierrätysmateriaali on haastava REACH-tapaus, Uusiouutiset Vol. 24, (20123) 4, [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 25.2.2017]. Saatavissa: <http://www.uusiouutiset.fi/UU413reach.pdf>

Arponen J, Granskog A, Pantsar-Kallio M, Stuchtey M, Törmänen A, Vanthournout H, 2014. Kiertotaloudesta mahdollisuudet Suomella, Sitran selvityksiä 84, ISBN 978-951-563-900-4 (PDF)

Biofore 2016, UPM tavoittelee kaatopaikkajätteen nollatasoa globaalisti vuoteen 2030 mennessä. UPM:n sidosryhmälehti 31.5.2016. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.2.2017]. Saatavissa: <https://www.upmbiofore.fi/upm-fi/upm-tavoittelee-kaatopaikkajätteen-nollatasoa-globaalisti-vuoteen-2030-menessa/>

GRK 2017. Yritys [GRK:n www-sivut]. [viitattu 18.2.2017]. Saatavissa: <http://www.grk.fi/yritys/>

ECHA 2017, Reavh-asetus tutuksi [ECHA:n www-sivut] [viitattu 30.3.2017]. Saatavissa: <https://echa.europa.eu/fi/regulations/reach/understanding-reach>

Eklund Hanna 2015, Mesäteollisuuden sivuvirrat, kaakkois-Suomen UUMA2-alueseminari 5.5.2015, Metsäteollisuus. [viitattu 18.3.2017]. saatavissa: <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Hanna%20Eklund%20Mets%C3%A4teollisuuden%20sivuvirrat.pdf>

Energiäteollisuus 2017. Polton sivutuotteet poltossa syntyvät sivutuotteet [Verkkajulkaisu]. [viitattu 3.3.2017]. Saatavissa: <http://188.117.57.25/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys/ymparistovaikutukset/polton-sivutuotteet>

EU 305/2011 EU:n rakennustuoteasetus

European environment agency (EEA) 2016. Circular economy in Europe. developing the knowledge base, Luxembourg: Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-9213-719-9

EVIRA 2016. Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo. Määräys 1/2016 18.3.2016, Saatavissa: https://www.evira.fi/globalassets/kasvit/tuonti-ja-vienti/lannoitevalmisteet/tyypinimiluettelo_konsolidoitu_31_3_2016.pdf

EY 98/2008 EU:n jätedirektiivi

EY 1907/2006 REACH-asetus

Häkkinen Eevaleena, Merilehto Kirsti, Salmenperä Hanna, 2014. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seurannan 2. väliraportti, ympäristöministeriön raportteja 6/2014 [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BBBCA32D41-8988-4D5A-B9D6-F6A22607F23C%7D/97784>

Järvinen K, Lindroos N Ronkainen M 2016. Metsä- ja energiateollisuuden jätejakeiden ympäristökelpoisuus maarakentamisessa. Tutkimusraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8/2016. Helsinki. ISBN 978-952-11-4591-9 (PDF)

Jätelaitosyhdistys 2017. Energiahyödyntäminen [Jätelaitosyhdistys www-sivut]. [Viitattu 11.3.2017].. Saatavissa <http://vanha.jly.fi/energia1.php?treeviewid=tree3&nodeid=1>

Jätelaki 17.6.2011/646

Jäteverolaki 17.12.2010/1126

Kaartinen T, Laine-Ylijoki J, Wahlström M, 2007. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet. Espoo 2007. VTT Tiedotteita. ISBN 978-951-38-6967-0

Kaivosvastuu 2014, Kaivosteollisuuden vastuullisuusraportti 2014, [verkkodokumentti] [viitattu 1.3.2017] Saatavissa: https://www.kaivosvastuu.fi/app/uploads/2015/09/Korjattu_yhteiskuntavastuuraportti_verkko_kevyt_22-09-15.pdf

Kalliokoski Maisa 2015. Puu- ja turvetuhkan hyötykäyttökelpoisuuteen vaikuttavat tekijät pienillä polttolaitoksilla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan koulutusohjelma. 110. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/117875/Diplomity%C3%B6%20Maisa%20Kalliokoski%202015.pdf?sequence=2>

Kiviniemi O, Sikiö J., Jyrävä H., Ollila S., Autiola M., Ronkainen M., Lindroos N., Lahtinen P. & Forsman J. 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja, Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf

Koivisto K, Forsman J, Vaajasaari K, 2016, Uusiomateriaalin tuotteistamisohje maarakentamiseen, raportti. 20.5.2016. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Tuotteistamisohje%202016_05_20_0.pdf

KOM/2007/59. Euroopan komissio 2007. Tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille - tulkitseva tiedonanto jätteistä ja sivutuotteista 21.2.2007. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.3.2017]. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2007/FI/1-2007-59-FI-F1-1.Pdf>

KOM/2015/614. Euroopan komissio 2015. Kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle – Kierto kuntoon - Kiertotaloutta koskeva EU:n toimintasuunnitelma 2.12.2015. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.3.2017]. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0013.02/DOC_1&format=PDF

KOM/2015/595. Euroopan komissio 2015. Kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle – ehdotus jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta 2.12.2015. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 11.3.2017]. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c2b5929d-999e-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

KOM/2016/157. Euroopan komissio 2016, Ehdotus, CE-merkittyjen lannoitevalmisteiden asettamista saataville markkinoilla koskevien sääntöjen vahvistamisesta ja asetusten (EY) N:o 1069/2009 ja (EY) N:o 1107/2009 muuttamisesta. [Verkkodokumentti]. [Viitattu

4.3.2017]. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/FI/1-2016-157-FI-F1-1.PDF>

KOM/2017/33. Euroopan komissio 2017. Kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle kiertotaloutta koskevan toimintasuunnitelman täytäntöönpanosta 26.1.2017. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.3.2017]. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/FI/COM-2017-33-F1-FI-MAIN-PART-1.PDF>

KOM/2017/34. Euroopan komissio 2017. Kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle – energian hyödyntäminen kiertotaloudessa 26.1.2017. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.3.2017]. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/FI/COM-2017-34-F1-FI-MAIN-PART-1.PDF>

Korpijärvi K, Mroueh U-M, Merta E, Laine-Ylijoki J, Kivikoski H, Järvelä E, Wahlström M, Mäkelä E, 2009. Energiatuotannon tuhkien jalostaminen maanrakennuskäyttöön. VTT-tiedotteita. ISBN 978-951-38-7318-9

Kuja-Aro Jenni, 2014. Kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen taksat, Kuntaliitto, Helsinki 2014, [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 16.4.2017]. Saatavissa: https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/ymparistonsuojelun_taksat_2014_ebook.pdf

Laaksonen Johanna, Pietarinen Aino, Salmenperä Hanna 2017. valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023; Taustaraportti. Suomen ympäristökeskus 3/2017. ISBN PDF 978-952-11-4734-0.

Laine-Ylijoki J, Wahlström M, Peltola K, Pihlajaniemi M, Mäkelä E, 2002. Seospolton tuhkien koostumus ja ympäristölaadunvarmistusjärjestelmä, Espoo 2007. VTT Tiedotteita. ISBN 951-38-5892-8

Lannoitevalmistelaki 29.6.2006/539

Laki julkisista hankinnoista 29.12.2016/1297

Lehtovaara Olli 2015. Resurssiviisautta ja kiertotaloutta – seminaari. LAMK 12.11.2015. Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen ja ympäristölupaprosessi, Metsä Group

Liikennevirasto 2014. Uusiomateriaaliopas. Uusiomateriaaline käytön kehittyminen Uuma2-Ohjelman Väylähankkeilla, Luonnos 28.2.2015. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.4.2016]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lr_2014_uusiomateriaaliopas_luonnos_28.2.2014_web.pdf

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11

Matilainen Mervi 2016. Metsäteollisuuden sivuvirrat -Hyödyntämisen haasteet ja mahdollisuudet, Ges verkostotapaaminen. Kukkuroinmäen jätekeskus 24.2.2016. Apila Group Oy Ab.

Matilainen M, Pisto S, Rinnepelto P, Kinnunen N 2013. Metsäteollisuuden ravinteet -Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen lannoitevalmisteina, [verkkodokumentti], Saatavissa: <http://www.apilagroup.fi/wp-content/uploads/2016/06/Metsäteollisuuden-ravinteet-Selvitys.pdf>

Metsäteollisuus 2014. Metsäteollisuus ympäristötilastot 2013. [verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/4775.pdf>

Metsäteollisuus 2015. Kohti 2020 - metsäteollisuuden ympäristö- ja vastuullisuussitoumusten väliraportti, ympäristötilasto 2014, Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/julkaisut/>

Metsäteollisuus 2015. Metsäteollisuudesta jätteitä yhä vähemmän, uutiset 3.5.2015, [verkkojulkaisu]. [viitattu 10.4.2017]. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutiset/metsateollisuudesta-jatteita-yha-vahemman/>

Metsäteollisuus 2016. Massa- ja paperiteollisuuden tuotanto, päästöt ja jätteet Suomessa 2015. 4.7.2016. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/resurssit/60-Ymp%C3%A4rist%C3%B6/>

Mikkola Anna 2013, Valtioneuvoston asetus (591/2006) eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa – ilmoitusmenettelyn toimivuus ja sen parantaminen. Diplomityö. Aaltoyliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. 76. Helsinki.

Moilanen M, Kaunisto S & Sarjala T 2005. Puuston ravinnetilan arviointi. Teoksessa Ahti E, Kaunisto S, Moilanen M & Murtovaara I (toim.) Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947: 81–95.

Mäkelä E, Wahlström M, Mroueh U-M, Keppo M, Rämö P. 1995, Kivihiilivoimaloiden rikinpoistotuotteiden ja lentotuhkan hyötykäyttö maarakentamisessa. Espoo 1995. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT-julkaisuja. ISBN 951-38-4518-4

Mäkelä E, Wahlström M, Pihlajaniemi M, Mroueh U-M, Keppo M, Rämö P. 1999, Kivihiilivoimaloiden rikinpoistotuotteet ja lentotuhka maarakentamisessa jatkotutkimus. Espoo 1999. VTT Kemianteekniikka, VTT-tiedotteita. ISBN 951-38-5420-5

Mäntymaa 2013. Paperitehtaat uusiokäyttävät jätteitään - vuodessa miljoonien säästöt. YLE Kotimaa 29.7.2013 [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 27.4.2017]. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-6745286>

Ojanen Pekka, Kilpeläinen Jarmo, Reinikainen Satu-Pia, 2006. Teollisuuden sivutuotteiden hyötykäyttö tierakentamisessa. Suomen ympäristö. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38740/SY_41_2006.pdf?sequence=3

Pajakallio A-M, Wahlström M, Alasaarela E, 2011. Maarakentamisen uusiomateriaalit-ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen, ympäristöministeriön raportteja 11/2011 Helsinki, ISBN 978-952-11-3862-1 (PDF)

Pohjala Maria 2015. Tuhkien tilastokysely 2014, Energiateollisuus ry, [Verkkodokumentti]. [Viitattu 1.3.2017]. Saatavissa: http://energia.fi/files/397/Tuhkien_tilastokysely_2014_loppuraportti.pdf

Pokka et al. 2017. Ehdotukset jätelain muuttamiseksi. jätelain muuttamista selvittävän työryhmän loppuraportti. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5CFB6556-673B-48D6-9882-30C0648330C6%7D/126062>

Ramboll 2008. UUMA-materiaalien ja -rakenteiden inventaari, raportti [Verkkodokumentti]. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavissa: [http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/UUMA-inv-raportti_\(12-2008\).pdf](http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/UUMA-inv-raportti_(12-2008).pdf)

Ruukki 2011. Masuuni- ja teräskuonan tuotetiedot. [verkkodokumentti]. [Viitattu 18.2.2017]. Saatavissa: http://yrma.net/multimedia/Masuuni--ja-teraskuona_tuotetiedot.pdf

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2016. Kivihiilen kulutus [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-2561. joulukuu 2016. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 13.3.2017]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/kivih/2016/12/kivih_2016_12_2017-01-26_tie_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2016. Jätetilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-3339. 2014, Liitetaulukko 1. Jätteiden käsittely 2014, tonnia . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu:26.2.2017]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate_2014_2016-05-26_tau_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2016, Jätetilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-3339. 2014. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 12.3.2017]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate_2014_2016-05-26_tie_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2015, Jätetilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-3339. 2013, Liitetaulukko 2. Jätteiden kertymät toimialoittain ja jätelajeittain vuonna 2013, tonnia . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 3.3.2017]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2013/jate_2013_2015-05-28_tau_002_fi.html

Tammervoima 2017. Tammervoiman hyötyvoimalan tuotantovuosi 2016 onnistui yli odotusten 13.2.2017 [Tammervoiman www-sivut]. [viitattu 13.3.2017]. Saatavissa: <http://www.tammervoima.fi/news/42/67/Tammervoiman-hyoetyvoimalan-tuotantovuosi-2016-onnistui-yli-odotusten.html>

Teknologiateollisuus ry 2017. Tuotteiden ainerajoitusten vaikutukset jätteiden hyödyntämiseen. Ympäristölainsäädännön velvoitteiden kustannukset tuotteen elinkaaren aikana, osa-projekti 3, loppuraportti 11.3.2014. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.3.2017]. Saatavissa: http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/elinkeinopolitiikka_kestava_kehitys_jatteet_ja_kierratys_ainerajoitusselvitys.pdf

Tiehallinto 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuote-ohje.pdf>.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 4/2017. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 14.3.2017]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

UUMA 2 2016. Käsikirjasto. Ympäristö ja lupaprosessi [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 11.2.2017] Saatavissa: <http://www.uuma2.fi/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-lupaprosessi-0>

Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuonna 2017 21.12.2016/1353

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisessä maarakentamisessa 28.6.2006/591

Valtioneuvoston asetus jätteistä 19.4.2012/179

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 4.9.2014/713

Valtioneuvoston Kanslia 2015. Ratkaisujen Suomi, Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strategien ohjelma 29.5.2015, hallituksen julkaisusarja 10/2015, ISBN PDF 978-952-287-181-7

Vantaankosken Energia 2015. Yhteiskuntavastuu raportti 2015 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.3.2017] Saatavissa: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/frantic/vantaanenergia/uploads/20160405055146/VE_Yhteiskuntavastuuraportti.valmis.pdf

Verohallinto 2017. jätevero [verohallinnon www-sivut]. [Viitattu 20.2.2017]. Saatavissa: https://www.vero.fi/fi-FI/Yritys_ja_yhteisoasiakkaat/Valmisteverotus/Valmisteverolajit/Jatevero

VTT 2014. Harvinaisten metallien talteenotto kipsivuorista ja teollisuuden sivuvirroista käynnistyy suomalais-venäläisenä tutkimustyönä. Uutinen 8.10.2014 [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 18.3.2017]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/harvinaisten-metallien-talteenotto-kipsivuorista-ja-teollisuuden-sivuvirroista-k%C3%A4ynnistyy-suomalais-ven%C3%A4l%C3%A4isen%C3%A4-tutkimusyhteisty%C3%B6n%C3%A4>

Yara 2017. Kestävä kehitys, Kipsi vähentää tehokkaasti peltojen fosforipäästöjä [verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/kestava-kehitys/itameri/kipsi/>

Ympäristö 2017. Ympäristövaikutusten arviointi [ympäristön www-sivut]. [Viitattu 26.3.2017]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi

Ympäristölupahakemuksen täyttöohje 2015. 6010 ohjeet, 5/2015, [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.3.2017]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Miten_ymparistolupa_haetaan__ohjeet_ja_lomakkeet

Ympäristölupapäätös Nro 20/10/1, Dnro ISAVI/52/0,4.08/2010

Ympäristölupapäätös Nro 41/2011/1, Dnro LSSAVI/203/04.08/2010

Ympäristölupapäätös Nro 74/2014/1, Dnro ESAVI/91/04.08.2013

Ympäristölupapäätös Nro, 4/2015/1, Dnro LSSAVI/4652/2014

Ympäristöministeriö 2014. Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia, Ympäristöministeriön muistio, ympäristönsuojeluosasto, 19.12.2014. [verkkodokumentti]. [viitattu 12.2.2017]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BCD7F8935-DBAB-46D0-B606-4DF92D0F82DA%7D/106176>

Ympäristöministeriö 2015. Kaivetut maa-ainekset – jäteluonne ja käsittely. Ympäristöministeriön muistio. Ympäristönsuojeluosasto. 3.7.2015, [verkkodokumentti]. [Viitattu 10.2.2017]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B5E488047-B25B-45E4-AAE2-6495FBB53B5B%7D/110447>

Ympäristöministeriö 2016. MARA-luonnos. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisessä maarakentamisessa. 11.11.2016. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.2.2017]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B66C8A4FF-E628-48BA-9B25-48483EB941FB%7D/123096>

Ympäristöministeriö 2016. Taustaselvitys rakentamisen maa-ainejätteiden ja eräiden muiden jätteiden hyödyntämisestä koskevaa asetusvalmistelua varten (MASA- ja MARA-asetus), 11.11.2016. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.2.2017]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B44AF9C33-20A0-4A1E-87A5-D052F673174A%7D/122677>

Ympäristöministeriö 2017. Ympäristönsuojelun valmisteilla oleva lainsäädäntö [ympäristöministeriön www-sivut]. [Viitattu 2.3.2017–30.4.2017]. Saatavissa: http://www.ymp.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2015/527

Ympäristövaliokunta 2016. (YmVL 9/2016 vp- E88/2015 vp), Valtioneuvoston selvitys: Kierto kuntoon –Kiertotaloutta koskeva EU:n toimintasuunnitelma. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavissa: https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/YmVL_9+2016.aspx

Äystö Lauri, Salminen Jani, 2015. Jättemateriaalien MARA-kelpoisuuden arviointi, luonnos 30.10.2015. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.4.2017]. Saatavissa: <http://www.ymp.fi/download/noname/%7BA4FD9E4F-E281-47D6-B28A-850F3BA99D36%7D/118795>

Kannattavuuslaskennan excel-työkalun pohja

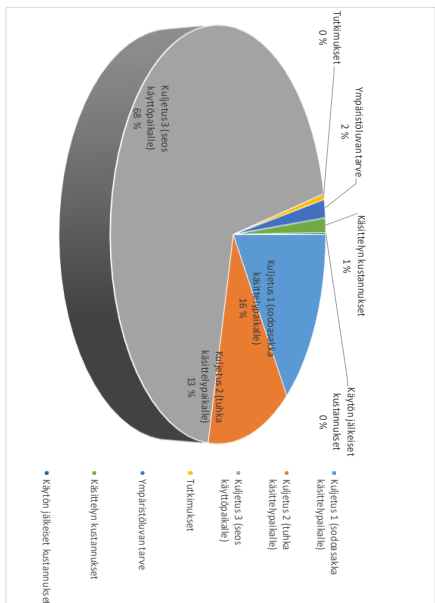
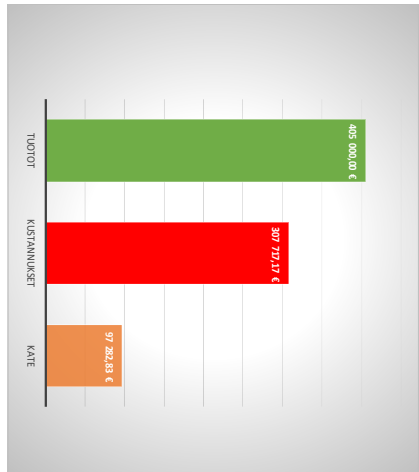
7

Klikkaa solu B2 ja valitse

Korvattu tuote	m ³ /kuorma tai m ³ /h	v/kuorma tai €/h	hinta €/h tai €/m ³ tai €/t
Kuljetuskalu 1	30	44	1250,00
Kuljetuskalu 2	30	44	100
Kuljetuskalu 3	30	44	100
Käsitteykäppä	625	500	100

muuttu kantava	m ³ /kuorma tai m ³ /h	v/kuorma tai €/h	hinta €/h tai €/m ³ tai €/t
Kasetti	30	44	100
Kasetti	30	44	100
Kasetti	30	44	100
Kuormasäiliö	625	500	100

Tuotot	405 000,00 €	€/m ³	€/t
Kustannukset	307 717,17 €		
Kate	97 282,83 €	24 %	12,16 €
Kate %			



MATERIAALI 1 SOODASÄÄTÄMÄ

Materiaalin määrä	8 000 1/4	matka (edestakaisin)	10 km
Materiaalin määrä	10 000 m ³	nopeus	60 km/h
Soodasäätösäätävä tuotto	40 000,00 €	hinta	100 €/h
	4,00 € /m ³	hinta/kuorma	16,67 €
		kuorma	44 t
Luonnonhävien korvaamisesta saatava tuotto	125 000,00 €	kuorma	30 m ³
	12,50 € /m ³	kuorman määrä (m ³)	333 t
"Hyöty yhteensä"	165 000,00 €	kuorman määrä (t)	182 t
	16,50 € /m ³	lastaus	50 €
		paraku	38 888,89 €
		kuorman hinta	48 611,11 €
		verta luonnon	6,08 € €/t
			4,86 € €/m ³

Kuljetus 1 (soodasäätävä käyttöpaikalle)

matka (edestakaisin)	60 km	matka (edestakaisin)	60 km
nopeus	60 km/h	nopeus	60 km/h
hinta	100 €/h	hinta	100 €/h
hinta/kuorma	100,00 €	hinta/kuorma	100,00 €
kuorma	44 t	kuorma	44 t
kuorma	30 m ³	kuorma	30 m ³
kuorman määrä (m ³)	832 t	kuorman määrä (m ³)	832 t
kuorman määrä (t)	455 t	kuorman määrä (t)	455 t
lastaus	50 €	lastaus	50 €
paraku	50 €	paraku	50 €
kuorman hinta	166 666,67 €	kuorman hinta	166 666,67 €
verta luonnon	208 333,33 €	verta luonnon	208 333,33 €
	10,4 €/t		10,4 €/t
	8,3 €/m ³		8,3 €/m ³

KÄYTTÖ

Tutkimukset	1500 €
Ympäristöluvan tarve	5000 €
Käsittey/teho	500 €/h
Käsittey/teho	625 m ³ /h
Käsittey/teho	40 h
Käsittey/teho	100 €/h
Käsittey/teho	4000 €
Käytön jälkeinen raportointi	200 €
Käytön jälkeinen tutkimus	300 €
Käytön jälkeiset tutkimukset	500 €
KÄYTTÖ KUSTANNUKSET YHTEI	11 000 €

1100 €/t
183 333,33 €/m³

MATERIAALI 2 LIENTOTUHKA

Materiaalin määrä	12 000 1/4	matka (edestakaisin)	10 km
Materiaalin määrä	15 000 m ³	nopeus	60 km/h
Tuhkasta saatava tuotto	240 000,00 €	hinta	100 €/h
	20,00 € /m ³	hinta/kuorma	16,67 €
Uusiomatontaalisia saatava hyöty	- €	kuorma	44 t
	- € /m ³	kuorma	30 m ³
"Hyöty yhteensä"	240 000,00 €	kuorman määrä (m ³)	500 t
	20,00 € /m ³	kuorman määrä (t)	273 t
		lastaus	50 €
		paraku	50 €
		kuorman hinta	31 818,18 €
		verta luonnon	39 727,27 €
			2,65 € €/t
			0,17 € €/m ³

Kuljetus 2 (tulnka käyttöpaikalle)

matka (edestakaisin)	60 km	matka (edestakaisin)	60 km
nopeus	60 km/h	nopeus	60 km/h
hinta	100 €/h	hinta	100 €/h
hinta/kuorma	16,67 €	hinta/kuorma	16,67 €
kuorma	44 t	kuorma	44 t
kuorma	30 m ³	kuorma	30 m ³
kuorman määrä (m ³)	500 t	kuorman määrä (m ³)	500 t
kuorman määrä (t)	273 t	kuorman määrä (t)	273 t
lastaus	50 €	lastaus	50 €
paraku	50 €	paraku	50 €
kuorman hinta	31 818,18 €	kuorman hinta	31 818,18 €
verta luonnon	39 727,27 €	verta luonnon	39 727,27 €
	2,65 € €/t		2,65 € €/t
	0,17 € €/m ³		0,17 € €/m ³