

Opinnäytetyö (AMK)

Energia ja ympäristötekniikka

2018

Sonja Gustafsson

# KIERTOTALOUS ENERGIASEKTORILLA

**TURKU AMK**   
TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

Sonja Gustafsson

## KIERTOTALOUS ENERGIASEKTORILLA

- Energiateollisuus ry

Kiertotalous on noussut kuumaksi aiheeksi viime vuosien aikana, mutta sen fokus on edelleen lähinnä materiaalikiertoissa. Energialla ei ole ollut suurta roolia kiertotaloutta käsittelevässä kirjallisuudessa, siksi tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa, mitä toimia energiasektorilla voidaan pitää kiertotalouden tavoitteiden mukaisina. Kirjallisuuskatsauksen perusteella valittiin neljä aihealuetta: uusiutuva energia, jätteestä energiaksi ratkaisut, energiatehokkuus ja palveluliiketoiminta.

Uusiutuva energia valittiin, koska kiertotaloutta käsittelevän kirjallisuuden mukaan uusiutuvan energian käytön avulla voidaan tehostaa kiertoja. Uusiutuvaa energiaa käyttämällä on mahdollista vähentää uusiutumattomien, fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Jätteiden hyödyntäminen energiantuotannossa mahdollistaa energian talteenoton jätteistä. Kun jätteitä ei voida enää käyttää uudelleen tai kierrättää, niistä voidaan silti saada energiaa. Energiatehokkuus on linjassa kiertotalouden resurssitehokkuustavoitteiden kanssa. Monien kiertotalouden määritelmien mukaan resursseja tulisi käyttää mahdollisimman tehokkaasti. Energiatehokkuutta parantamalla voidaan säästää energiaa ja käyttää energiantuotantoresurssit mahdollisimman tehokkaasti. Palveluliiketoimintaan kuuluvat erilaiset älyratkaisut ja palvelut, joita voidaan tarjota asiakkaille. Uusien palveluiden kehittäminen auttaa yrityksiä mukautumaan energiasektorin muutoksiin.

Opinnäytetyön aineisto kerättiin kirjallisuuskatsauksen ja asiantuntijahaastatteluiden avulla. Yhteensä haastateltiin 11 asiantuntijaa energiasektorin eri organisaatioista. Tutkimuskysymyksinä olivat: mitä on kiertotalous energiasektorilla, mikä on energian rooli kiertotaloudessa ja miten energiasektori voi osallistua kiertotalouteen.

Tulosten mukaan energia-alalla tehdään jo paljon kiertotalouden tavoitteiden mukaisesti. Koska kirjallisuudessa energialle ei anneta selkeää roolia kiertotaloudessa, voivat alan toimijat itse määrittää, miten kiertotalouteen osallistutaan ja luoda oman toimintasuunnitelmansa.

### ASIASANAT:

Kiertotalous, energia, uusiutuva energia, energiatehokkuus.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental technology

2018 | 41 pages

Sonja Gustafsson

# CIRCULAR ECONOMY AT THE ENERGY SECTOR

- Finnish Energy

Circular economy has become a hot topic in the past few years but its focus is still mainly on material flows. Energy has not played a big role in the literature on circular economy and this report aims to clarify what kind of actions can be considered as circular within the energy sector. Based on the previous literature four topics were chosen: renewable energy, waste to energy solutions, energy efficiency and energy as a service.

Renewable energy was chosen because according to circular economy using renewable energy is a way to enhance circularity. Using renewable energy, it is possible to reduce the usage of unrenovable fossil energy. Waste to energy solutions enable recycling of energy. When waste can no longer be reused or recycled, it may still be possible to recover energy from it. Energy efficiency is in line with efficient use of resources. According to many definitions of circular economy, resources should be used as efficiently as possible. Improving energy efficiency helps to save energy and use energy resources to the fullest. Energy as a service includes already existing and future smart solutions and services which can be offered to customers. Developing new services helps energy companies to adapt to the changes in the energy sector.

This thesis is based on a literature review and expert interviews. Total of 11 experts from different organizations within the energy sector were interviewed. Aim was to understand what circularity within the energy sector is, what is the role of energy in circular economy and how can energy sector be involved in circular economy.

The results showed that energy companies are already doing lot of things which could be part of circular economy. Also, in the literature there is no clear view on how energy sector could be involved. Because of this energy sector can make its own definitions and action plans.

## KEYWORDS:

Circular economy, energy, renewable energy, energy efficiency.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1 Mitä on kiertotalous?	1
1.2 Energiasektorin kiertotalousteemat	1
1.3 Selvityksen tavoitteet	3
<b>2 TUTKIMUSMETODOLOGIA</b>	<b>4</b>
2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus	4
2.2 Haastateltavien valinta	4
<b>3 KIERTOTALOUDEN MÄÄRITELMÄ</b>	<b>7</b>
<b>4 KIERTOTALOUS SUOMESSA</b>	<b>10</b>
<b>5 UUSIUTUVA ENERGIA</b>	<b>15</b>
<b>6 JÄTTEESTÄ ENERGIAKSI</b>	<b>20</b>
<b>7 ENERGIATEHOKKUUS</b>	<b>26</b>
<b>8 PALVELULIIKETOIMINTA</b>	<b>31</b>
<b>9 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>35</b>
<b>10 LOPUKSI</b>	<b>37</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>38</b>
Haastattelut:	38
Kirjallisuus:	38

## KUVAT

Kuva 1: Kiertotalousmalli (Ellen MacArthur Foundation, 2013, 24 ks. Sitra, 2014, 5.)	8
Kuva 2. Energiantuotannon ja -kulutuksen linkittyminen älyratkaisuille. (Ellen MacArthur Foundation (2016, 41.)	33

## KUVIOT

Kuvio 1. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet. (Lähde: Energiateollisuus, 2017a)	16
Kuvio 2. Sähköntuotanto energialähteittäin 2016 (yht. 66,1 TWh). (Lähde: Energiateollisuus, 2017b)	16
Kuvio 3. Yhdyskuntajätteiden määrä käsittelytavoittain Suomessa vuosina 2002–2015. Lähde: Tilastokeskus (2016a)	23
Kuvio 4. Energiatehokkuustavoitteiden säästöt ja kustannukset. (Euroopan komissio, 2014a, 12.)	28
Kuvio 5. Energiantuotannon tehostamisen säästöt (Motiva, 2016)	29

## TAULUKOT

Taulukko 1. Kiertotalouden EU-säädäntö. Lähde: Komission (2016, 2017a)	13
--	----

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Mitä on kiertotalous?

Kiertotalous on noussut yhä näkyvämmiin osaksi julkista keskustelua. Energia-alalla kiertotalous on vasta nousussa ja tämän työn tavoitteena on avata keskustelua kiertotalouden roolista energiasektorilla.

Kiertotalouden tavoitteena on kehittää uusia toimintatapoja nykyisen lineaarisen tuotantomallin korvaajaksi. Luonnon kantokyky ja rajalliset resurssit eivät kestä nykyistä mallia, jossa raaka-aineita ja resursseja käytetään kerran ja heitetään menemään jätteinä. Kiertotalouden tavoitteena on suljetumman kierron malli, jossa raaka-aineet kiertäisivät nykyistä paremmin ja pitempään. EU:n alueella Euroopan komission vuonna 2015 julkaisema kiertotalouspaketti kannustaa toimijoita miettimään materiaali- ja energiavirtoja ja miten materiaaleja voitaisiin palauttaa takaisin kiertoon. Samassa yhteydessä komissio antoi ehdotuksen jätedirektiivien muutoksista, joiden avulla kiertotaloustavoitteisiin päästään. Tämän lisäksi komissio pyrkii kehittämään synergiaa energiatehokkuus-, resurssitehokkuus- ja kiertotaloustoimien välille, jolloin kiertotalousajattelu laajenisi kierrätyksestä koskemaan laajemmin koko yhteiskuntaa.

Energiateollisuus on vahvasti mukana kaikkialla, sillä ilman energiaa nyky-yhteiskunta ei toimisi. Tämän vuoksi energiasektorin on tärkeää olla mukana kiertotaloudessa, vaikkapa tarjoamalla kiertotalousajatteluun sopivaa energiaa kuluttajille. Esimerkiksi Seppälä et al. (2016, 19) jaottelee kiertotalouden liiketoimintamallit seuraaviin eri ryhmiin: kestäviä kiertoja edistävät materiaali- ja energiapanokset, tuotantoprosessien optimointi, palveluistaminen ja leasing, tuotteiden ja palveluiden jakaminen ja tuotteiden käyttöään pidentäminen. Tämän jaottelun pohjalta energia-alalla kiertotalouden alle kuuluvat ainakin uusiutuvat energiamuodot, jätteiden energiakäyttö, energiatehokkuus ja palveluliiketoiminta.

## 1.2 Energiasektorin kiertotalousteemat

Kiertotalouden yhteydessä puhutaan erityisen paljon **uusiutuvan energian** käytöstä. Energiantuottajat voivat edistää kiertotaloutta tarjoamalla uusiutuvaa energiaa yhteiskunnan käyttöön. On kiertotalouden mukaista käyttää uusiutuvaa energiaa

uusiutumattomien fossiilisten polttoaineiden sijaan. Kiertotaloudella tavoitellaan höytyjä, jotka usein liitetään myös uusiutuvan energian käyttöön, kuten päästöjen vähentämistä. Paikallisen, uusiutuvan energian käyttö vähentää myös riippuvuutta tuontienergiasta. Kotimainen energiantuotanto voi parantaa työllisyyttä ja vaihtotasetta. Uusiutuvan energian käyttö vaatii kuitenkin keinoja tasata energiantuotantoa ja kysyntää ja saada markkinat toimimaan hajautetun energiantuotannon mallissa.

**Jätteiden käyttö energiantuotannossa** auttaa kierrättämään energiaa. Kiertotalouden tavoitteena on saada resurssit kiertämään mahdollisimman pitkään, mutta kaikkia materiaaleja ei pystytä hyödyntämään uusiokäytössä tai kierrätyksessä. Usein kierrätykseen kelpaamaton jäte voidaan kuitenkin hyödyntää energiana. Kun kaatopaikkojen sijaan jätettä poltetaan tehokkaissa jätteenpolttolaitoksissa ja orgaanista jätettä hyödynnetään biokaasun tuotannossa, voidaan korvata fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa. Jätteille tulisi kuitenkin ensisijaisesti etsiä taloudellisesti arvokkain käyttötapa, jolloin vain kiertoon kelpaamaton osa päätyisi energiantuotantoon.

**Energiatehokkuustoimilla** taas tasataan kasvavan kysynnän luomaa tuotantopainetta ja hyödynnetään tuotantoresursseja mahdollisimman tehokkaasti. Mikäli yhteiskunta haluaa siirtyä kokonaisvaltaisesti kiertotalousmalliin, on myös energiantuotannon käytettävä resursseja mahdollisimman tehokkaasti. Tämä vaatii prosessien tehostamista ja yhteistyön tekemistä eri tahojen kanssa. Suomessa hyvänä esimerkkinä energiatehokkuudesta ovat toimivat kaukolämpö- ja kaukokylmäverkot, joita ei monissa muissa maissa ole hyödynnetty yhtä laajasti. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto nostaa voimalaitosten hyötysuhdetta merkittävästi.

**Palveluliiketoiminta** taas kumpuaa muuttuvasta markkinatilanteesta. Kiertotalouden yhtenä ajatuksena on vähentää kuluttajille myytävien tuotteiden määrää ja kehittää sen sijaan kuluttajille myytäviä palveluita. Energia-alalla tulossa ovat esimerkiksi erilaiset älyratkaisut, jotka voisivat tarjota mahdollisuuden kehittää asiakkaille uudenlaisia palveluita. Myös hajautettu energiantuotanto vaatii energiatuottajia miettimään liiketoimintaansa uudesta näkökulmasta, kun kuluttajista on tulossa energiantuottajia maalämpöpumppuineen ja aurinkopaneeleineen. Kuluttajista on luotava asiakkaita, ja tämä vaatii palveluliiketoiminta-ajatuksen tuomista myös energia-alalle.

### 1.3 Selvityksen tavoitteet

Tässä selonteossa perehdytään esiteltyihin neljään aihealueeseen ja niiden energiateollisuudelle tuomiin mahdollisuuksiin. Nämä aihealueet on valittu kiertotaloudesta tehtyjen selvitysten ja raporttien pohjalta, soveltaen kiertotalouteen liittyviä teemoja energiasektorille. Energian roolia ei ole käsitelty laaja-alaisesti kiertotalouden aikaisemmissa selvityksissä, siksi tämän tutkimuksen tavoitteena on löytää vastaus kysymyksiin:

1. Mitä on kiertotalous energiasektorilla?
2. Mikä on energian rooli kiertotaloudessa?
3. Miten energiateollisuus voi osallistua kiertotalouden toteuttamiseen?

Työn tavoitteena on pohtia energiasektorin ja kiertotalouden yhteyttä, sillä aikaisemmassa kirjallisuudessa energiaa ei ole sisällytetty osaksi kiertotaloutta. Tavoitteena on löytää tapoja, jolla energiasektori voi osallistua kiertotalouden toteuttamiseen. Aluksi esitellään kiertotalouden käsite ja mitä kiertotalousajattelu Suomessa ja EU:ssa merkitsee. Tämän jälkeen käydään läpi neljä eri aihealuetta, joiden kautta kuvataan, millaisia toimia energiateollisuudessa voidaan pitää kiertotaloutena. Aiheita käsitellään saatavilla olleiden selvitysten ja raporttien valossa, minkä lisäksi kirjallista aineistoa on täydennetty asiantuntijahaastatteluin. Jokaisen luvun lopuksi on esitelty case esimerkki luvun teemaan sopivasta kiertotalousratkaisusta. Lopuksi annetaan ehdotuksia tulevista toimenpiteistä energia-alalle.



## 2 TUTKIMUSMETODOLOGIA

### 2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

Tämä selvitys tehtiin toimeksiantona Energiateollisuus ry:lle. Työn tavoitteena oli kerätä tietoa kiertotaloudesta energia-alalla, sillä aihe on uusi eikä siitä ollut vielä tehty selvityksiä. Energiateollisuus ry:n toiveena oli saada selvitys, jonka avulla voidaan avata keskustelua energian roolista kiertotaloudessa ja jonka pohjalta voidaan kartoittaa mahdollisen jatkoselvityksen tarvetta ja rajausta.

Työ aloitettiin tekemällä katsaus kiertotaloutta käsittelevään kirjallisuuteen, jolloin aihetta saatiin rajattua ja jäsenneilyä valittuihin neljään teemaan. Kirjallisuuskatsausta tehdessä tuli selväksi, ettei energia-alaa juurikaan käsitelty osana kiertotaloutta. Tämän vuoksi teemat valittiin kirjoittajan oman harkinnan mukaan. Tavoitteena oli valita kirjallisuudessa esiintyneitä teemoja, jotka liittyisivät vahvasti energia-alaan. Tämän jälkeen etsittiin haastateltavia, jotka pystyisivät valottamaan kiertotaloutta nimenomaan energiasektorin näkökulmasta.

Kirjallisuuskatsauksen avulla kartoitettiin kiertotalouden nykytilaa ja etsittiin kiertotaloutta käsittelevästä kirjallisuudesta toimia, jotka sopisivat myös energiasektorilla. Kirjallisuuskatsauksen avulla kyettiin myös hahmotteleman, minkälaisiin kysymyksiin haastateltavien tulisi vastata. Selvityksessä kirjalliset lähteet ja haastateltavien kommentit vuorottelevat. Kirjallisia lähteitä ja haastatteluja käsitellään siis rinta rinnan. Tavoitteena on esitellä, miksi aihealueet sopivat kiertotalouden alle ja millaisia toimia energiasektorilla näillä osa-alueilla tehdään. Tätä kautta löydettiin toimia, joita voidaan pitää kiertotaloutena energiasektorilla.

### 2.2 Haastateltavien valinta

Tämä tutkimus tehtiin yhdistämällä kiertotalouden kirjallisuudesta kerättyä tietoa haastatteluaineistoon. Kirjallisuuskatsauksen avulla pyrittiin saamaan kattava kuva kiertotalouden nykytilanteesta ja tätä tietoa täydennettiin asiantuntijahaastatteluin. Asiantuntijahaastattelut paikkasivat kirjallisuuden aukkoja ja täydensivät tutkimusaineistoa. Haastatteluiden avulla pyrittiin avaamaan energiasektorin roolia kiertotaloudessa, sillä kirjallisuudessa energia-ala ei ollut merkittävässä roolissa. Lisäksi

näin saatiin parempi kuva nykytilanteesta ja arvioita tulevasta suunnasta. Haastateltavat valittiin Energiateollisuuden asiantuntijoiden avustuksella. Heidän ehdotuksestaan haastateltaviksi valikoitui niin energia-alan yritysten kuin järjestöjen edustajia.

Haastatteluiden tavoitteena oli täydentää kirjallisuudesta saatua näkemystä kiertotaloudesta. Kirjallisuuden perusteella vaikutti, ettei energiasektoria juuri huomioitu kiertotaloudesta puhuttaessa. Energiateollisuus ry:n asiantuntijoiden mukaan suomalaiset yritykset olivat kuitenkin kiinnostuneita kiertotaloudesta ja olisivat mahdollisesti kiinnostuneita osallistumaan kiertotalouden tavoitteiden saavuttamiseen. Kirjallista aineistoa oli siis täydennettävä haastatteluin, jotta energiasektorin näkökulma saataisiin vahvasti mukaan selvitykseen.

Haastateltaviksi valikoitui joukko yritysten ja järjestöjen edustajia, joiden lisäksi haastateltiin työ- ja elinkeinoministeriön asiantuntijaa ja EU:n komission asiantuntijaa. Tavoitteena oli saada mahdollisimman erilaisia haastateltavia, jotta kirjallisen aineiston aukkoja saataisiin täydennettyä laaja-alaisesti.

Kaikki haastattelut suoritettiin kesällä 2017. Valtaosa haastateltavista valikoitui Energiateollisuus ry:n asiantuntijoiden ehdotusten pohjalta. Kaikki haastatelluiksi ehdotetut eivät vastanneet haastattelupyyntöihin ja osa ehdotti tilalleen jotakuta toista, jonka he kokivat asiantuntevammaksi aiheessa. Tämän pohjalta haastateltaviksi valikoituivat seuraavat henkilöt:

- Sandra Narra, Strategic Policy Adviser, Public and Regulatory Affairs EU, Vattenfall, 27.6.2017 (haastattelu)
- Heli Antila, Teknologiajohtaja, Fortum 3.7.2017 (sähköpostihaastattelu)
- Kristian Gullsten, toimitusjohtaja, NEVE, 5.7.2017 (puhelinhaastattelu)
- Aurelio Braconi, kiertotalousasiantuntija, Eurofer 6.7.2017 (haastattelu)
- EU virkamies, Euroopan komission pääsihteeristö (EU official working for the Secretariat-General of the European Commission), 20.7.2017 (haastattelu)
- Simas Gerdvila, Policy Officer, Euroheat & Power, 20.7.2017 (haastattelu)
- Erja Fagerlund, Neuvotteleva virkamies, TEM 3.8.2017 (puhelinhaastattelu)
- Natalia Walczak, Policy Officer, ESWET. 10.8.2017 (haastattelu)
- Auli Westerholm, Manager, Public Relations, Fortum. 10.8.2017 (puhelinhaastattelu)
- Maiju Westergren, Johtaja, Vastuullisuus ja yhteiskuntasuhteet, Helen. 21.8.2017 (sähköpostihaastattelu)

- Hélène Lavray, Advisor Renewables & Environment, Eurelectric. 24.8.2017 (haastattelu)

Haastateltavia pyydettiin kertomaan kiertotaloudesta, kiertotalouden seurannasta ja kiertotalouden mahdollisesti aiheuttamista toimista omalla alallaan. Mahdollisimman avointen kysymysten avulla pyrittiin suomaan haastateltaville tilaa kertoa kiertotalouden teemoista omin sanoin. Haastatteluaineistoja käytettiin täydentämään kirjallisuudesta kerättyä aineistoa. Haastattelut tehtiin mahdollisuuksien mukaan kasvokkain, puhelimitse tai sähköpostitse. Kasvokkain ja puhelimesta tehdyistä haastatteluista otettiin muistiinpanoja, jotka kirjoitettiin puhtaaksi. Tämän jälkeen haastateltavalle tarjottiin vielä mahdollisuutta täydentää muistiinpanoja väärinymmärrysten välttämiseksi. Kun haastatteluaineisto oli saanut haasteltavan hyväksynnän, sitä hyödynnettiin osana selvitystä.

### 3 KIERTOTALOUDEN MÄÄRITELMÄ

Kiertotalouden tavoitteena on siirtyä nykyisestä lineaarisesta tuotantomallista kiertävämpään ja kestävämpään malliin. Sitran (2016, 9) mukaan *”kiertotalous pyrkii maksimoimaan tuotteiden, komponenttien ja materiaalien sekä niihin sitoutuneen arvon kiertoa taloudessa mahdollisimman pitkään”*. Tällöin tuotannossa ja kulutuksessa syntyisi mahdollisimman vähän hävikkiä ja jätettä. Kiertotalous mahdollistaa kestävä kasvun ja tarjoaa taloudellisia ja sosiaalisia mahdollisuuksia. SYKE:n (2016) mukaan *”kiertotaloudella tarkoitetaan uudenlaista resurssiviisasta talousmallia, jossa luodaan taloudellista lisäarvoa ja vähennetään ympäristökuormitusta säilyttämällä materiaalit käytössä mahdollisimman pitkään samalla kun luonnonvarojen hukka minimoidaan.”* Ympäristöministeriön (2017) mukaan *”Kiertotaloudessa resurssit säilytetään taloudessa silloinkin, kun tuote on saavuttanut käyttökänsä lopun. Tavoitteena on jo lähtökohtaisesti suunnitella ja valmistaa tuotteet siten, että ne pysyvät käytössä ja kierrossa mahdollisimman pitkään.”*

Kiertotalous on hyvä termi sille vanhalle hyvälle ajattelulle, että mitään ei heitetä hukkaan, kierrätetään niin pitkälle kuin pystytään. Hyvä, että tämä nyt ”muodissa” ja säästäminen ja kierrätys nostetaan arvoonsa. Meillä Helenissä nämä ovat aina olleet tekemisen ydintä. (Maiju Westergren, Helen, 2017.)

Kiertotalous on mielestäni tavoitteellisempaa kuin ympäristöystävällisyys, pidemmälle vietyä kuin ympäristöystävällisyys. Resurssitehokkuus on suuressa roolissa, vaikka ympäristöystävällisyys myös huomioitava. Nämä eivät missään nimessä ole toisiaan poissulkevia. Kiertotalous on siten konkreettisempaa, koitetaan saada resursseista kaikki irti ja pyritään löytämään resursseille uusiokäyttöä. Haluamme olla aktiivinen kiertotalouden toimija ja olemme tunnistaneet kiertotalouden yhtiömme strategiassa. (Kristian Gullsten, Neve, 2017.)



Kuva 1: Kiertotalousmalli (Ellen MacArthur Foundation, 2013, 24 ks. Sitra, 2014, 5.)

Ellen MacArthurin mallissa (kuva 1) kiertotalous on jaettu kahteen eri osaan, biologisiin ja teknisiin materiaaleihin, sillä niiden materiaalikierrat ja käyttötavat eroavat toisistaan. Biologiset materiaalit, toisin kuin tekniset materiaalit, ovat uusiutuvia. Monet teknisistä materiaaleista ovat ihmisten valmistamia. Tässä mallissa lähempänä keskustaa olevat kierrot ovat toivotumpia. Mallin taustalla on ajatus, että materiaalihukkaa on helpointa vähentää, kun käyttäjän ja kuluttajan materiaalikierrat ovat mahdollisimman lähellä toimijoita. Mitä kauemmas mallin keskustasta mennään, sitä energiantensiivisempää kierto on. (Seppälä et al. 2016, 11.) On hyvä huomata, ettei energiasektori ole keskeisessä roolissa Ellen MacArthur säätiön materiaaleihin keskittyvässä mallissa.

Kiertotalouslainsäädäntö on toistaiseksi keskittynyt materiaalikiertoihin ja jätteiden käsittelyyn, joissa energia-alan yrityksillä ei niin suurta roolia. Seuraamme kuitenkin, mihin suuntaan kiertotalous kehittyi, sillä se saattaa tulevaisuudessa nousta tärkeämmäksi kuin mitä nyt on. (Hélène Lavray, Eurelectric, 2017.)

Yleisesti kiertotalouden tarpeellisuudesta ollaan yhtä mieltä, vaikka määritelmissä on eroja. Viime vuosien tutkimuksissa on saatu näyttöä siitä, että kiertotalouden avulla on mahdollista saavuttaa taloudellisia, sosiaalisia ja ympäristöllisiä hyötyjä. Kiertotalouden tutkimus on kuitenkin alkutekijöissään ja tutkimuksien laajuus ja näkökohdat ovat olleet vaihtelevia. Tutkimuksissa on lisäksi käytetty yksinkertaistuksia ja oletuksia, jotka voidaan kyseenalaistaa. Voidaan myös kysyä, onko tehdyissä tutkimuksissa otettu riittävästi huomioon moninaiset ongelmat, joita nykyisten toimintamallien ja prosessien

muuttaminen kiertotalouden mukaisiksi aiheuttaa. (Rizos, Tuokko ja Behrens, 2017, 7). Tästä huolimatta yleisenä ajatuksena on, että nykyisen kaltainen lineaarinen toimintamalli ei pitkällä tähtäimellä toimi. Tarvitaan keinoja, joilla taloudellinen kasvu voi jatkua vaarantamatta ympäristön kantokykyä.

Toimialalla on tehty vaikuttavuusanalyysseja [kiertotaloudesta] ja pohdittu päästöjä ja mahdollisia tehostamiskohteita koko arvoketjun matkalta. Kiertotalous vaatii nykyistä parempaa yhteistyötä eri toimijoiden välillä, mutta onnistuessaan mahdollistaa merkittäviä tehostamistoimia. Alalla myös tärkeässä asemassa erilaiset sivuvirrat ja niiden nykyistä tehokkaampi hyödyntäminen. Esimerkiksi prosessilämmön hyödyntäminen höyryntuotantoon tai kaukolämpöön. Eri toimialojen yhteistyön mahdollistaminen olisi ensiarvoisen tärkeää, jotta kiertotaloutta saadaan vietyä eteenpäin. (Aurelio Braconi, Eurofer, 2017)

Onnistuakseen kiertotalous vaatii sekä teknologista kehitystä, että asenteiden muutosta. Tulisi kehittää toimintatapoja, joilla kasvua voidaan saavuttaa käyttämättä enemmän resursseja. (Wijkman – Skånberg, 2016, 10). Samaan tulokseen päätyvät myös Rizos, Tuokko ja Behrens (2017, 1). Heidän mukaansa kiertotalousajattelu on viime vuosina saanut huomiota ympäri maailmaa, sillä raaka-aineiden saannin turvaaminen ja resurssitehokkuus ovat ratkaisevia tekijöitä liiketoiminnassa ja kansantalouksissa. Kiertotalous nähdään ratkaisuna taloudellisen kasvun ja ympäristön kantokyvyn ristiriitaan. Vaikka nykyisen lineaarisen tuotantomallin ongelmat tiedostetaan, ei ole helppoa muuttaa tuotanto ja kulutustottumuksia kiertotalousajattelun mukaisiksi. Jotta tässä onnistuttaisiin, tarvitaan laaja-alaista ymmärrystä kiertotaloudesta ja siitä, millaisia vaikutuksia sillä on eri toimialoihin ja arvoketjuihin. (Rizos, Tuokko ja Behrens, 2017, 1.)

## 4 KIERTOTALOUS SUOMESSA

Hallituksen tavoitteena on nostaa Suomi kiertotalouden kärkimaaksi vuoteen 2025 mennessä. Tämän toteutumista tavoitellaan viiden eri painopisteen kautta. 1) kestävä ruokajärjestelmä, 2) metsäperäiset kierrot, 3) tekniset kierrot, 4) liikkuminen ja logistiikka sekä 5) yhteiset toimenpiteet. (Sitra, 2016.) Tavoitteena on, että kiertotaloudesta tulisi talouden tukijalka. Kiertotalouden katsotaan parantavan yritysten kannattavuutta ja kilpailukykyä. Uusien innovaatioiden ja liiketoimintamallien toivotaan vauhdittavan vientiä ja kansainvälistymismahdollisuuksia. Kiertotalous parantaa resurssitehokkuutta ja tukee ekologista kestävyttä. Tämän lisäksi kiertotalouden avulla edistetään siirtymistä palvelu- ja jakamistalouteen ja parannetaan yhteistyötä eri alojen välillä. Julkisen, yksityisen ja kolmannen sektorin yhteistyö on avainasemassa kiertotalousajattelun edistämisessä. (Sitra, 2016, 11.) Energiateollisuudella on mahdollisuus osallistua useiden osa-alueiden toimintaan.

EU:n tasolla toivotaan kokonaisvaltaisempaa näkemystä ja eri politiikanaloja yhdistävää lainsäädäntöä, esimerkiksi ilmasto- ja energia-asioiden yhdistämistä. Tulisi kuitenkin huomioida kansalliset olosuhteet. Suomessa Sitra on selvittänyt kiertotalouden mahdollisuuksia ja ministeriössä työstetään kiertotalouden edistämistä. Tässä nähdään esim. kansainvälisiä vientimahdollisuuksia. Kiertotalous tarjoaa uusia mahdollisuuksia, joita ei haluta rajoittaa liialla säätelyllä. (Erja Fagerlund, TEM, 2017)

Kiertotalous voi parhaimmillaan parantaa merkittävästi Suomen työllisyyttä ja kasvattaa bruttokansantuotetta. Pesola ym. (2015, 4) mukaan monet kotimaiset uusituvan energian ratkaisut parantavat vaihtotasetta ja työllisyystilannetta Suomessa. Erityisesti korkean kotimaisuusasteen ratkaisut kuten biomassan hyödyntäminen parantavat Suomen vaihtotasetta (Pesola ym., 2015, 87). Myös Seppälä et. al (2016, 69) mukaan kiertotaloustoimenpiteiden edistäminen kasvattaisi Suomen BKT:tä, pienentäisi hiilijalanjälkeä ja vähentäisi raaka-aineiden kulutusta. Wijkmanin ja Skånbergin (2016, 40) selvityksen mukaan kiertotalous voisi tarjota Suomelle jopa 1,5 % BKT:n kasvun ja luoda 75 000 uutta työpaikkaa. Sitran (2016) arvion mukaan kiertotalous tarjoaa 2-3 miljardin euron vuotuisen arvopotentiaalin vuoteen 2030 mennessä. Tämä vaatii kuitenkin poliittista päätöksentekoa, joka tukee oikeanlaista muutosta. Kiertotaloutta ei tulisi edistää vain ympäristönsuojelunnäkökulmasta vaan myös osana työ- ja kilpailukykystrategioita. Maatalous ja metsäteollisuus voisivat hyödyntää nykyistä enemmän biopolttoaineita ja kehittää uusia biopohjaisia tuotteita. Lisäksi

- Rakentamisessa tulisi kiinnittää huomiota energiatehokkaisiin ratkaisuihin ja mahdollisuuksiin hyödyntää uusiutuvaa energiaa.
- Kestävän infrastruktuurihankkeet kuten toimiva julkinen liikenne ja sähköautojen latausmahdollisuudet.
- Tuotteiden huolto- ja korjausmahdollisuuksien parantaminen ja materiaalitehokkuuden kehittäminen
- Koulutuksen kehittäminen vastaamaan kiertotalouden vaatimuksia (Wijkman – Skånberg, 2016, 8, 10.)

Sitran (2014, 6) raportin mukaan raaka-aineiden kysyntä kasvaa ja kasvavan kysynnän tyydyttäminen on vaikeaa. Tämän vuoksi on todennäköistä, että raaka-aineiden hinnat nousevat tulevaisuudessa. Hintojen nouseva trendi on jo nyt havaittavissa. Vuonna 2011 ruuan, maataloustuotteiden, metallien ja energian hinnat olivat korkeammat kuin koskaan edeltävällä vuosisadalla, lisäksi tuotteiden hintojen volatiliteetti on kasvanut. (Ellen MacArthur, 2013, 17, 18.) Suomen kaltaisessa vientitaloudessa on tärkeämpää keskittyä sivuvirtojen tehokkaampaan käyttöön kuin lopputuotteen kierron parantamiseen, sillä lopputuotteet päätyvät käyttöön kansainvälisille markkinoille. Joltain osin sivuvirtojen hyödyntäminen vaatisi kuitenkin lainsäädännön uudistamista, jotta esimerkiksi tuhka pystyttäisiin hyödyntämään ilman raskasta lupaprosessia. (Sitra, 2014, 10, 35.)

Kiertotaloutta edistetään Suomessa politiikkatoimilla, avainhankkeilla ja piloteilla. Poliittikkatoimilla viitataan lainsäädännön muutoksiin ja hallinnollisten edellytysten luomiseen. Avainhankkeet ovat painopisteiden kannalta keskeisiä hankkeita, jotka ovat jo alkaneet tai alkavat pian. Pilottien avulla taas pyritään levittämään innovaatioita ja parhaita käytäntöjä. (Sitra, 2016, 14.) Alla muutamia esimerkkejä pilottihankkeista, joilla kiertotaloutta pyritään vahvistamaan Suomessa.

Ruokatuotannossa kiertotaloutta voidaan edistää muuttamalla tukijärjestelmiä kannustamaan siirtymistä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön. Lisäksi biokaasulaitosten lupaprosesseja tulisi helpottaa ja selvittää mahdollisuuksia edistää maatalouden tuottaman biokaasun kysyntää. (Sitra, 2016, 15) Suomessa on paljon osaamista metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseen. Osaamista voidaan kehittää edelleen edistämällä eri toimialojen yhteistyötä, tämä voisi mahdollistaa myös uusiutuvan energiantuotannon kehittämistä. (Sitra, 2016, 20.) Teollisuuden käyttämästä energiasta kolmannes päättyy hukkalämmöksi. Ylijäämälämpö syntyy vuosittain 54 TWh, josta kannattavasti hyödynnettävissä on noin 4 TWh. Lämpöenergiaa olisi mahdollista



hyödyntää esimerkiksi teollisuuden prosesseissa. (Sitra, 2016, 25.) Uusiutuvien polttoaineiden kehityksessä voi löytyä ratkaisu uusiutuvan energian varastointiin. Lappeenrannassa aloitetun pilottihankeen tavoitteena on hyödyntää tuuli- ja aurinkoenergiaa vedyn ja metaanin tuotannossa. (Sitra, 2016, 29.) Energia-alan toimilla on merkittävää vaikutusta kiertotalouden kehittämisessä, sillä ala linkittyy vahvasti muihin toimialoihin. Tämän vuoksi energia-alan kehittämisellä voidaan tukea kiertotaloutta. (Sitra, 2016, 33.)

Kiertotalouden tavoitteet linkittyvät Suomen energia- ja ilmastopolitiikkaan, jossa energia-alan päästöjä pyritään leikkaamaan merkittävästi. Suomessa valtaosa (n. 80 %) päästöistä syntyy energian tuotannosta ja kulutuksesta. Kiertotalouteen linkittyviä päästövähennystoimia ovat uusiutuva energia, cleantechin kehittyminen ja vientimahdollisuuksien paraneminen, energiansäästö ja energian tuontiriippuvuuden väheneminen. (TEM, 2014, 9, 13.) Myös Ellen MacArthur Foundation (2015, 12) mukaan kiertotalouden myötä hiilidioksidipäästöt voisivat puolittua vuoteen 2030 mennessä.

Junckerin komissio on vienyt kiertotalousajattelua kunnianhimoisempaan ja kokonaisvaltaisempaan suuntaan. Työ on kuitenkin vielä alkutekijöissään, ensimmäinen kokonaisvaltaista ajattelua kuvaava säädöspaketti on tuleva muovistrategia, jonka valmistelussa on pyritty kattamaan koko elinkaari ja ottamaan huomioon eri sidosryhmän, jotta kattava kiertotalous olisi mahdollista. Komissio näkee synergiamahdollisuuksia kiertotalouden ja energia unionin välillä, sillä molempien tavoitteena ilmastovaikutusten minimointi ja energiatehokkuus. (Virkamies, EU:n komission pääsihteeri, 2017.)

Kiertotalous on monitahoinen aihe ja siihen liittyy EU:n tasolla paljon erilaisia lainsäädäntöpaketteja ja strategioita. Nämä vaikuttavat kiertotalouden toimintaympäristöön ja keskustelun suuntaan myös Suomessa. Taulukossa 1 on listattuna joitain tärkeimpiä lakisäädöksiä ja strategioita, jotka vaikuttavat myös energiasektoriin. Erityisesti puhtaan energian paketti ja siihen kuuluvat energia-alaan vaikuttavat lainsäädäntöhankkeet vaikuttavat energia-alaan tulevaisuudessa. Kiertotalouspaketin lainsäädännöstä energia-alaa ehkä eniten koskettavat jätelainsäädäntö ja biomassaa koskevat säädökset.

Taulukko 1. Kiertotalouden EU-säädäntö. Lähde: Komission (2016, 2017a)

Aloite	Tyyppi	Tilanne
<b>Kiertotalous</b>	Strategia	Julkaistu 12/2015
<b>Jätelainsäädäntö</b>	Direktiivi	Voimassa 2016
<b>Muovistrategia</b>	Strategia	Voimassa 2018
<b>Ekosuunnittelu</b>	Direktiivi	Lainsäädännön uudistus käsittelyssä
<b>Biomassa</b>	Kestävyyskriteerit, käyttö yms.	Käsittelyssä
<b>Kestävän kehityksen strategia</b>	Uudistettu strategia	Julkaistu 11/2016
<b>Puhtaan energian paketti</b>	Lainsäädöspaketti	Julkaistu 11/2016
<b>Uusiutuva energia</b>	Direktiivi	Käsittelyssä
<b>Energiatehokkuus</b>	Direktiivi	Käsittelyssä

Haastateltujen energia-alan kattojärjestöjen asiantuntijoiden mukaan kiertotalous ei ole energia-alalla juuri nyt ajankohtainen. Enemmän on keskitytty ilmastoasioihin erityisesti päästöleikkauksiin, jotka kohdistuvat voimakkaasti energiasektorin toimijoihin.

Järjestö seuraa ilmastoon ja kestävyteen liittyvän lainsäädännön kehittymistä. Samalla seurataan myös kiertotaloutta, mutta se ei ole ollut pääprioriteettina. (Simas Gerdivila, Euroheat & Power, 2017)

Kiertotaloudella voi tulevaisuudessa olla vaikutusta myös energia-alaan, mutta tällä sen hetkellä vaikutus on vähäinen. Huomio on enemmän esimerkiksi ilmastoasioissa. (Hélène Lavray, Eurelectric, 2017)

Sen sijaan suomalaiset energia-alan yritykset ovat kiinnostuneita kiertotalouden tuomista mahdollisuuksista ja ovat jo lähteneet kehittämään kiertotalouden mukaisia prosesseja.

Perehdymme, mitkä liiketoimintamme osa-alueet jo toimivat kiertotalouden periaatteiden mukaisesti. Tällä hetkellä työ on vielä kesken. [...] Haluamme olla osa muutosta ja etsimme aktiivisesti keinoja viedä kiertotaloutta eteenpäin yrityksessämme. (Sandra Narra, Vattenfall, 2017)

Kiertotalous on nostettu viime syksynä osaksi yhtiömme strategiaa ja visiota. Tavoitteenamme on olla 'arktisen kiertotalouden älykäs ekosysteemi'. Täten kiertotalous ja ympäristönäkökulmat tärkeä osa strategiaa ja toimintatapaa sekä näemme siinä kasvavaa liiketoiminnan potentiaalia. Kiertotalous on osa sekä energialiiketoimintaa että vesihuoltoa. Yhtiössä on vahva halu toimia vastuullisesti ja resurssitehokkaasti. (Kristian Gullsten, Neve, 2017)

#### **CASE, kierrätysjätteestä energiaa**

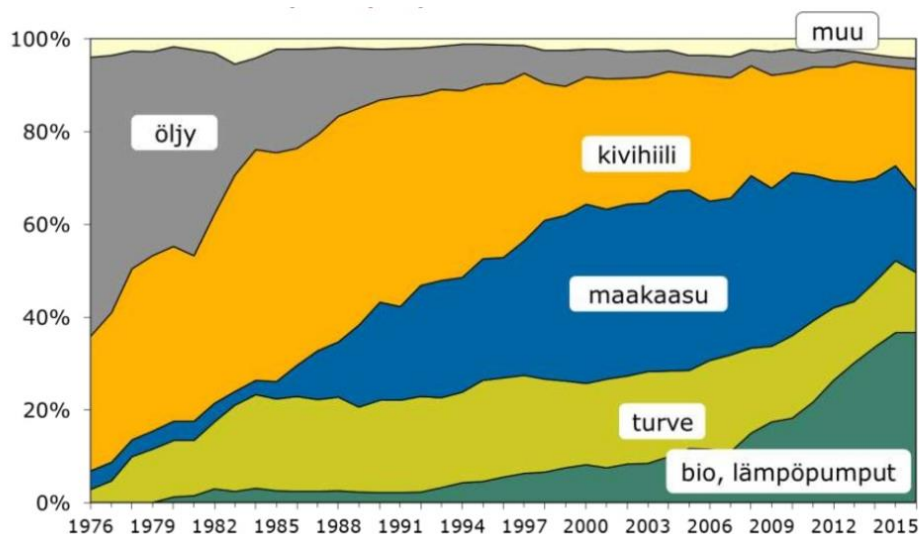
Esimerkkinä kierrätykseen kelpaamattoman jätteen hyödyntämisestä toimii Lahti Energia Oy:n Kymijärvi II voimalaitos. Kyseessä ei ole jätteenpolttolaitos vaan kaasutusvoimalaitos, joka tuottaa energiaa erilliskerätystä, materiaalikierrätykseen kelpaamattomista hyvin palavista jätteistä kuten likaisesta muovista, paperista, pahvista ja puusta. Laitos mahdollistaa kierrätykseen kelpaamattoman erilliskerätyn jätteen hyödyntämisen materiaali- ja energiatehokkaasti. Lisäksi kierrätyspolttoaineen käyttö vähentää Lahti Energian fossiilisten polttoaineiden tarvetta. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto nostaa laitoksen hyötysuhteen 87 %. (Vuoden ilmastoteko, 2011.) Tämänkaltainen jätteen energiakäyttö on linjassa EU:n jätehierarkian kanssa ja tukee kiertotalouden toteutumista.

## 5 UUSIUTUVA ENERGIA

Uusiutuvan energian käyttö on tärkeä osa kiertotaloutta, sillä uusiutumattomien fossiilisten polttoaineiden käyttö ei ole kiertotalouden periaatteiden mukaista. Uusiutuvan energian käyttö vähentää resurssiriippuvuutta ja parantaa energijärjestelmän valmiutta vastata markkinoiden nopeisiin muutoksiin kuten fossiilisten polttoaineiden hinnan muutoksiin. (Ellen MacArthur Foundation, 2015, 8; Seppälä et al. 2016, 19.) Uusiutuva kotimainen energia parantaa myös energiaturvallisuutta, kun riippuvuus tuontienergiasta vähenee. Suomen sisälläkin panostaminen hajautettuihin, uusiutuviin energialähteisiin auttaa parantamaan alueellista energian huoltovarmuutta (TEM, 2015, 16).

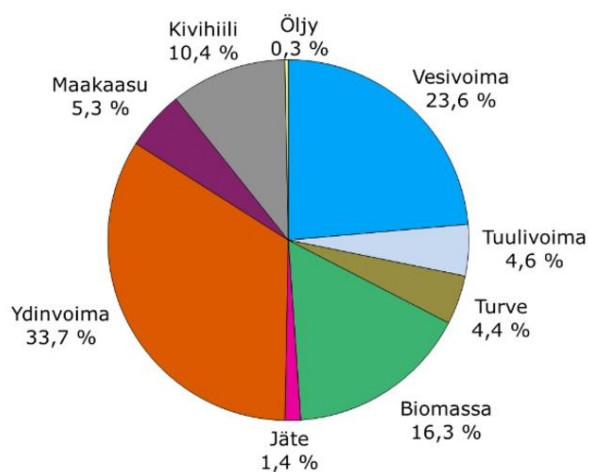
Uusiutuvaan energiaan investoidaan globaalisti kasvavia summia, yhtenä tärkeimmistä syistä on aurinko- ja tuulivoimateknologian huomattava halventuminen viime vuosina. Myös energianvarastointiteknologian kehittyminen ja halventuminen lisäävät uusiutuvan energian houkuttelevuutta, sillä energian varastointi parantaa uusiutuvan energian kilpailukykyä ja luo mahdollisuuksia tasata tuotantoa ja kulutusta. (Salokoski, 2017, 6, 17.) Tällä hetkellä biomassat ja uusituvat jätteet, vesi, tuuli- ja aurinkovoima ovat johtavia uusiutuvan energian muotoja EU:n alueella. Uusiutuvan energian käyttöön liittyy kuitenkin myös haasteita, sillä tuotanto on usein kausittaista. Tämä vaatii markkinoilta uusia toimintatapoja, jotta uusiutuvaa energiaa saadaan hyödynnettyä tehokkaasti. (Rizos, Tuokko ja Behrens, 2017, 11.)

Suomessa uusiutuvaa energiaa käytetään jo paljon niin sähkön kuin lämmön tuotannossa. Alla olevasta kuviosta 1 voi nähdä, miten kaukolämmön tuotannossa on 1970-luvun lopulta alkaen siirrytty enenevässä määrin uusiutuvan energian käyttöön. Biomassa ja lämpöpumput ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana kasvattaneet osuuttaan merkittävästi kaukolämmöntuotannossa. Samaan aikaan fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähentynyt.



Kuvio 1. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet. (Lähde: Energiateollisuus, 2017a)

Vuonna 2016 uusiutuvan energian osuus sähköntuotannossa oli lähes puolet (kuvio 2). Uusituvan energian tuotanto painottuu vahvasti vesivoimaan ja biomassaan. Vesivoimalla tuotettiin lähes neljännes sähköstä ja biomassallakin melkein viidennes. Biomassaa käytettiin sähköntuotannossa suunnilleen yhtä paljon kuin fossiilisia polttoaineita.



Kuvio 2. Sähköntuotanto energialähteittäin 2016 (yht. 66,1 TWh). (Lähde: Energiateollisuus, 2017b)

Suomen hallituksen tavoitteena on kasvattaa uusiutuvan energian käyttöä niin, että 2030 mennessä puolet energiankulutuksesta olisi uusiutuvaa energiaa (TEM, 2017b, 34).

Vuoteen 2030 mennessä Suomen sähköntuotantokapasiteetin lisäys tulee lähinnä tuulienergiasta, bioenergiasta ja ydinvoimasta. Tuulivoiman lisäys perustuu vuonna 2015 voimassa olleeseen tukiohjelmaan ja sen lakattua, uusien tuulivoimaloiden rakentaminen ei mallinnuksen mukaan ole kannattavaa ennen vuotta 2030. Mallinnuksien mukaan bioenergian tuotannon lisäys on taloudellisesti hyvin kannattavaa, mutta tuotannon lisäyksessä tulisi huomioida riski puun riittävyydestä ja bioenergian hyväksyttävyydestä ja päästöttömyydestä. (Pyöry, 2015, 73.)

Sitran (2013, 4) selvityksen mukaan uusiutuvien kotimaisten energiamuotojen suosiminen on alue- ja kansantaloudellisesti kannattavaa, sillä se tukee alueellista kehitystä, luoden työpaikkoja, tuoden taloudellista tuottoa ja verotuloja. Myös Pesola ym. (2015, 3) raportin mukaan uusiutuvan energian käytön lisääminen lisäisi työllisyyttä ja parantaisi vaihtotasetta. Työllisyyden lisäys tapahtuu ennen kaikkea bioenergian hankintaketjussa, teknologisten investointien kautta, asennustöiden yhteydessä ja viennin myötä. Vaihtotasetta parantavat erityisesti toimet, joilla korvataan tuontienergiaa kotimaisilla energiamuodoilla, joissa teknologian kotimaisuusaste on korkea ja teknologiaan liittyy mahdollisuus vientiin. (Pesola ym. 2015, 3.)

Wijkman ja Skånberg (2016, 33) mukaan Suomessa on hyvät mahdollisuudet vähentää riippuvuutta fossiilista polttoaineista ja kasvattaa uusiutuvan energian osuutta. Heidän mukaansa erityisesti metsäteollisuuden jätteistä ja sivutuotteista on mahdollista kehittää uusia bioenergian ja biopolttoaineiden lähteitä. Tämän lisäksi Suomessa voitaisiin lisätä tuulivoiman tuotantoa. Parhaat tulokset saavutetaan, jos yhtäaikaaisesti panostetaan uusiutuviin energiamuotoihin, käytetään enemmän uusiutuvia raaka-aineita ja panostetaan energia- ja materiaalitehokkuuteen. (Wijkman – Skånberg, 2016, 45.)

Suomessa tuotetaan paljon lämpöä biomassalla (kuvio 1) esimerkiksi metsäteollisuuden jätevirtojen hyödyntämällä. Biomassan käyttöä tuetaan myös erilaisilla tuilla. Suomen mallin hyödyntäminen monissa muissa maissa on kuitenkin haastavaa, sillä onnistuakseen tämä vaatii oikeanlaiset ilmasto-olot ja puupohjaisia tuotannon sivuvirtoja. Haasteena on myös kestävästi tuotetun biomassan saatavuus ja lämmönjakeluverkon kattavuus. Lämmöntuotanto on tehokkainta kaukolämpöverkossa, tiivisti rakennetulla alueella. (ECOFYS 2015, 25-26). Suomessa luotetaan biopolttoaineiden menestykseen. Biopolttoaineita on tarkoitus tuottaa metsien hakkuujätteistä ja tähteistä. Kalliiden investointien vuoksi biopolttoaineet vaativat vakaan säätely-ympäristön, joka varmistaa kysynnän pitkälle tulevaisuuteen. Sivuvirtojen käyttäminen korkeamman arvon tuotantoon on kiertotalousajattelun mukaista, mutta biopolttoaineiden tuotantoon

tarvitaan aina myös muuta raaka-ainetta kuin sivuvirtoja. Biomassan kestävästä käytöstä on myös vaikea tehdä laskelmia. (HS. 4.7.2017)

Sitran (2016b, 4) mukaan Suomessa uusiutuvan energian tuotannossa nojataan vahvasti turpeen ja puun varaan. Lähes 80 % uusiutuvasta energiasta on metsäpohjaista bioenergiaa (TEM, 2015, 16). Lisäksi Suomessa panostetaan monista muista maista poiketen biopolttoaineisiin, muualla tukia on ohjattu sähköautoihin (HS 4.7.2017). Suomen linja biomassan ja biopolttoaineiden käytössä poikkeaa kansainvälisestä kehityksestä. Tämä voi luoda uutta vientivalttia, mutta vaarana on kilpailuasetelmien menetys kansainvälisillä markkinoilla, mikäli Suomi kulkee yksin eri suuntaan kuin muut. (Sitra, 2016b, 4; HS. 4.7.2017). Lisäksi biopolttoaineita ja muita bioenergiälähteitä kritisoidaan niiden vaikutuksista maankäyttöön ja maankäytön muutoksiin (Rizos, Tuokko ja Behrens, 2017, 11). Biomassan kestävyyslaskelmat ovat monimutkaisia ja siksi on vaikeaa saavuttaa yksimielistä ymmärrystä kestävästä biomassan tuotannosta. Alalla on kuitenkin muotoutumassa yleisesti hyväksytty käsitys parhaista toimintatavoista. Kestävyys on ensiarvoisen tärkeää uusiutuvan energian tuotannossa kiertotaloudessa. Uusiutuvan energian tulee kiertotalouden periaatteiden mukaan olla kestävämpää kuin fossiilisilla polttoaineilla tuotettu energia.

Uusiutuvan energian tehokas käyttö edellyttää keinoja tasata tuotantoa ja varastoida energiaa. Pesola ym. (2015, 10) raportissa listattuja keinoja ovat mm. erilaiset akut, pumppuvoimalaitokset ja sähkön käyttö polttoaineiden kuten vedyn tuotantoon. Näillä keinoin energiaa voidaan varastoida ja ottaa käyttöön, silloin kun sille on kysyntää. (Pesola ym., 2015, 10.) Teknologisten ratkaisujen myyminen EU-maasta toiseen voi luoda vientimahdollisuuksia energia-alalla toimiville yrityksille ja uusiutuvan energian ratkaisuille. Cleantech markkinat tarjoavat nyt ja tulevaisuudessa vientipotentiaalia suomalaiselle osaamiselle. (Pesola ym. 2015, 94; TEM, 2015, 16.) Pöyryn (2015, 85) selvityksen mukaan EU:n ilmasto- ja energiapolitiikka luo liiketoimintamahdollisuuksia erityisesti tuuli- ja aurinkoenergian alalla. Tämän hyödyntämiseksi tulisi edistää suomalaisten cleantech-yritysten kilpailukykyä ja kotimarkkinaa teknologiasta riippumatta. Suomalaisten toimijoiden mahdollisuudet vientimarkkinoilla ovat hyvät markkinoiden nopean kasvun vuoksi. Tämän hyödyntäminen vaatii kuitenkin tuotteiden ja palveluiden hyvää laatua, kilpailukykyistä hintaa ja erottautumiskykyä. (Pesola ym. 2015, 101.)

**Case, kaukolämpöä biomassalla**

Imatran Lämpö Oy rakennutti uuden biolämpökeskuksen, jonka avulla kaukolämpöä voidaan tuottaa biomassalla. Lämpökeskus valmistui vuonna 2016 ja sillä tuotetaan noin 90% alueen kaukolämmöstä. Biolämpökeskuksen pääpolttoaineena ovat erilaiset puujakeet, mutta myös turpeen käyttö on mahdollista. Yhtiön tavoitteena on käyttää polttoaineena mahdollisimman paljon erilaisia hakkeita, mm. metsäteollisuuden sivutuotteita. Uuden lämpökeskuksen avulla voidaan merkittävästi vähentää maakaasun käyttöä kaukolämmön tuotannossa. Kotimaisen puupolttoaineen käyttö auttaa parantamaan lämmön tuotannon huoltovarmuutta ja vähentämään hiilidioksidipäästöjä. (Imatran Lämpö, 2014.)



## 6 JÄTTEESTÄ ENERGIAKSI

EU:n tasolla jätteiden energiakäyttö nähdään linkkinä kiertotalouden ja uusiutuvan energian välillä. Jätteitä voidaan muuttaa energiaksi monin eri tavoin, kuten polttamalla tai mädättämällä. EU:n komissio pyrkii tukemaan jätteiden energiakäyttöä tavoilla, jotka ovat linjassa EU:n jätehierarkian kanssa. Jätteiden energiakäytössä toivottavimpia olisivat tavat, joissa lopputuote voidaan palauttaa takaisin kiertoon esimerkiksi lannoitteena tai teollisuuden raaka-aineena. Mikäli tämä ei ole mahdollista jäte tulisi hyödyntää energiakäytössä mahdollisimman tehokkaasti esimerkiksi uudenaikaisissa korkean hyötysuhteen polttolaitoksissa tai biopolttoaineiden raaka-aineena. (Diaz Del Castillo.) Jätteenpoltossa olisi tärkeää hyödyntää myös kaukolämpöverkkoja, sitä kautta saataisiin parannettua energiatehokkuutta ja hyödynnettyä jo olemassa olevien energiaverkkojen synergiamahdollisuuksia. Kiertotalouden ja energia unionin tavoitteet ovat osittain yhteneviä, sillä jätteiden energiakäytöllä on tärkeä rooli sekä jätehuollossa että energiaiärjestelmässä. (Gurin.)

Jätteenpolto tulisi nähdä kiertotaloutta täydentävänä toimintona monista eri syistä. Jätteenpolto mahdollistaa energian talteenoton muutoin kaatopaikalle päätyvästä jätteestä, täten jätteenpolto parantaa energiaomavaraisuutta. Tutkimuksien mukaan jätteenpolto kulkee käsikädessä kierrätyksen kanssa, yleensä jätteenpolto tehostaa myös kierrätystä. Lisäksi jätteenpolto vähentää tarvetta kaatopaikoille ja auttaa parantamaan loppujätteen käsittelyä. Esimerkiksi metalleja on mahdollista kierrättää polttolaitosten tuhkasta. (Natalia Walczak, European Suppliers of Waste to Energy Technology (ESWET), 2017)

Kiertotaloudessa eri toimialojen tulisi työskennellä yhteistyössä, jotta raaka-aineet saataisiin kiertämään nykyistä paremmin. Energia-alakin hyötyisi, mikäli jätteistä pystyttäisiin nykyistä paremmin seulomaan jakeet, jotka parhaiten soveltuvat energiantuotantoon. Esimerkiksi tuotteiden parempi suunnittelu kierrätettävyyttä ajatellen helpottaisi jätteiden nykyistä tehokkaampaa lajittelua. (Wijkman – Skånberg, 2016.) Euroopan komission (2017b, 1) mukaan jätteiden energiakäyttö ei tarkoita vain jätteenpolttoa vaan kaikkea energiantalteenottoa kuten lämmöntuotantoa tai jätteestä tehtyjä polttoaineita. Tavoitteena on optimoida jätteiden energiakäyttö tukemaan energia unionin strategiaa ja Pariisin sopimuksen tavoitteita (Euroopan komissio, 2017b, 2). Euroopan komission (2017b, 4) waste to energy tiedonannossa keskitytään alla lueteltujen jätteen energiakäytön eri muotojen mahdollisuuksiin.

- jätteen rinnakkaispolto polttoainelaitoksissa (esimerkiksi voimalaitokset) ja sementin ja kalkin tuotannossa

- jätteenpolttolaitoksissa
- biohajoavan jätteen anaerobinen hajottaminen
- jätteen kiinteiden, nestemäisten tai kaasumaisten polttoaineiden tuotanto
- muut menetelmät ml. pyrolyysistä tai kaasutuksesta aiheutuva epäsuora polttaminen

Jäsenmaat voivat joustaa jätehierarkian soveltamisessa, jotta saavutettaisiin ympäristön kannalta paras mahdollinen lopputulos. Julkinen rahoitus tulisi ohjata vain hankkeisiin, jotka tukevat EU:n jätehierarkian täytäntöönpanoa. Tällä keinolla on tarkoitus vahvistaa energiatehokkaiden teknologioiden ja kestävämpien jätehuoltoratkaisujen tuloa markkinoille. (Euroopan komissio, 2017b, 6.)

ESWET olisi toivonut waste to energy tiedonannon olleen osa komission uusiutuvan energian pakettia, kuten komissio oli suunnitellut, sillä silloin se olisi ollut vahvemmin linkitetty energiaan. Nyt se julkaistiin yhdessä kiertotalouden toimintasuunnitelman kanssa, mikä muutti waste to energy tiedonannon fokukselta pois energiasta. (Natalia Walczak, ESWET, 2017)

Jätteiden energiakäytöllä voi olla positiivisia ympäristövaikutuksia. Kaatopaikalle läjittämisen sijaan jätteitä voidaan käyttää energiantuotannossa. Jätteiden energiakäyttöä pitää kuitenkin arvioida huolellisesti kiertotaloudessa. Jätteestä energiaksi hankkeissa tulisi pohtia seuraavia kysymyksiä: miten paljon energiaa voidaan saada talteen, miten tehokas energiantalteenotto-prosessi on ja minkälaista energiaa jätteestä tuotetaan. (Rizos, Tuokko ja Behrens, 2017, 11.) Jätettä tulisi käyttää energiana vain, mikäli jätettä ei voitaisi tehokkaammin hyödyntää kierrätyksessä. Energiantuotantoprosessin tulisi lisäksi olla mahdollisimman tehokas. Euroopan komission (2017b, 1) mukaan jätteenkäsittelykapasiteetin tulee olla linjassa kiertotalouden näkökulmien ja EU:n jätehierarkian kanssa. Tällä tavoin EU:n alueen toimijat voivat hyödyntää kiertotalouden potentiaalia, tukea uusia innovaatioita ja välttää tuotannontekijöiden hukkaamisesta johtuvia taloudellisia tappioita. (Euroopan komissio, 2017b, 1.)

Kun materiaalia kierrätetään, jossain vaiheessa se tulee tiensä päähän ja yksi loppuhyödyntäminen on tehdä polttamalla energiaa. Tästä saadaan jälleen tuhkaa, josta voidaan saada sellaisenaan hyödynnettävää materiaalia tai siitä voidaan saada uusia komponentteja korkeampaan jalostukseen. (Maiju Westergren, Helen, 2017.)

EU:n alueella jätteenpolttokapasiteetti on jakautunut epätasaisesti. Pohjoisessa kapasiteettia on runsaasti, kun taas etelässä esimerkiksi Kreikassa jätteenpolttolaitoksia ei ole. Monissa Pohjois-Euroopan maissa jätteenpolttokapasiteettia on lähes yli oman

tarpeen, esimerkiksi Ruotsissa vuonna 2014 jätteenpolttokapasiteetti ylitti polttoon kelpaavan yhdyskuntajätteen määrän. Monissa muissakin maissa on ylikapasiteettia, mikäli EU:n asettama 65% kierrätystavoite saavutetaan. Toisaalta eri jätelajien parempi lajittelu saattaisi mahdollistaa uusien jätejakeiden polton. (Wilts et al, 2017, 19-20.)

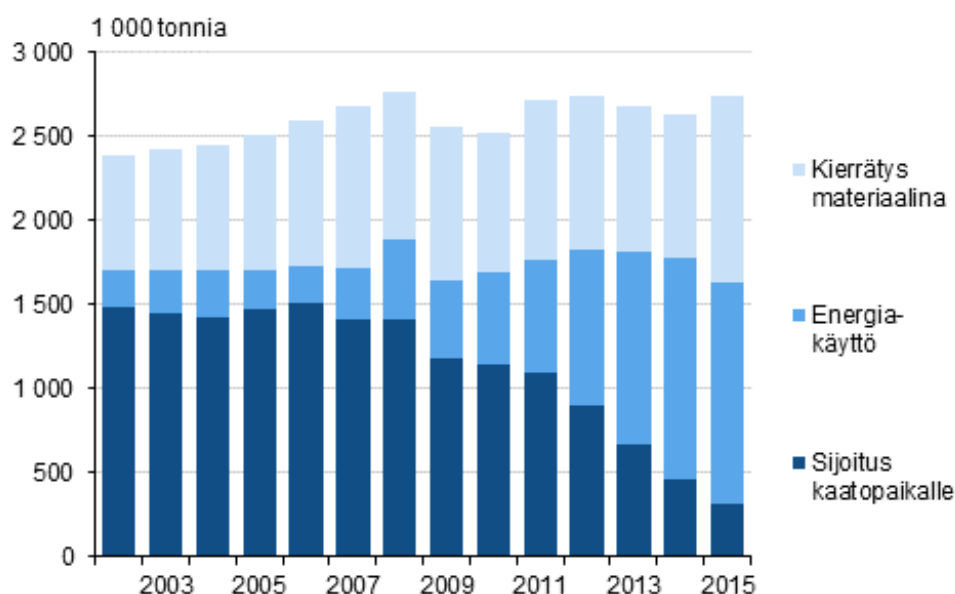
Jäsenmaat joiden jätteenpolttokapasiteetti on matala tulisi priorisoida erilliskeräysjärjestelmiä, jotta kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää saataisiin vähennettyä. Jätteenpolttokapasiteettia tulisi lisätä varoen, jotta ei syntyisi ylikapasiteettia. Lisäksi tulisi ottaa huomioon naapurimaissa jo oleva jätteenpolttokapasiteetti ja sen hyödyntämismahdollisuudet. Tilanteessa, jossa jätteitä kuljetetaan toiseen EU-maahan tulisi tehdä elinkaarianalyysi, jolla varmistetaan, etteivät kokonaisympäristövaikutukset joihin kuuluvat myös kuljetuksesta aiheutuvat vaikutukset, ylitä jätteen energiakäytöstä saatuja hyötyjä. (Euroopan komissio, 2017b, 7.)

Euroopan komission (2017b, 8) mukaan on ongelmallista, että osa jäsenmaista on hyvin riippuvaisia yhdyskuntajätteen poltosta. Vaikka polttolaitokset ovat tehokkaita ja saatu lämpö ohjataan kaukolämpöverkkoon, eivät korkeat jätteenpolttoluvut ole linjassa korkeiden kierrätystavoitteiden kanssa. Vuonna 2014 noin 1,5% EU:n kokonaisenergiankulutuksesta katettiin jätteistä tuotetulla energialla, eikä tuotantomäärän toivota kasvavan. Toisaalta biohajoavan jätteen nykyistä tehokkaampi erilliskeräys saattaa kasvattaa biokaasuntuotantopotentiaalia. Lisäksi energiatehokkaampien tekniikoiden käyttö voisi kasvattaa jätteestä talteen otetun energian määrää. Tehokkaampia tekniikoita käyttäen samasta jätemäärästä olisi mahdollista saada talteen 29% nykyistä enemmän energiaa. (Euroopan komissio, 2017b, 10.)

Jätteenpoltolla on kaksi keskeistä ongelmaa. Ensimmäinen ongelma liittyy hyväksyttävyyteen. Yleinen mielipide on usein jätteenpolttoa vastaan, mikä luo monenlaisia haasteita. Lainsäädäntö lopputuotteille kuten tuhkalle ei ole yhtenäinen eri EU-maissa. Lisäksi kannustimet lopputuotteiden käytölle ovat usein vähäisiä. Toiseksi jätteenpolto nähdään monesti esteenä kierrätykselle, vaikka jätteenpolto on tehokkaampaa, kun jäte on lajiteltua. Esimerkiksi biojäte ja lasi haittaavat polttoprosessia. (Natalia Walczak, ESWET, 2017)

Jätettä voidaan hyödyntää myös esimerkiksi biokaasun tai biopolttoaineiden tuotannossa. Seppälä et al. (2016, 20) mainitsee esimerkkinä eläin- ja kasviperäisten jätevirtojen hyödyntämisen biohiilen tuotannossa. Lisäksi Suomessa maatalouden jätevirrat, kuten lanta ovat lähes hyödyntämättömiä energiavirtoja. Lantaa olisi mahdollista hyödyntää biokaasun tuotannossa, mutta toistaiseksi rajoitteena on biokaasulaitosten heikko kannattavuus. (TEM, 2015, 25.) Tällä hetkellä suurin osa

biokaasusta Suomessa tuotetaan kolmella eri tavalla: kaatopaikkojen yhteyteen rakennetuilla kaasulaitoksilla, yhteismädätyslaitoksilla ja yhdyskuntajäteveden puhdistamoilla. Biokaasua käytetään pääasiassa lämmön ja sähkön tuotantoon, minkä lisäksi biokaasua käytetään myös liikenteessä. Vuonna 2015 kaikesta tankatusta kaasusta biokaasua oli noin 40%. (TEM, 2017b, 41, 42.)



Kuvio 3. Yhdyskuntajätteiden määrä käsittelytavoittain Suomessa vuosina 2002–2015. Lähde: Tilastokeskus (2016a)

Kuten yllä olevasta kuviosta 3 voidaan havaita, että yhdyskuntajätteen energiakäyttö on kasvanut viime vuosina Suomessa ja yhdyskuntajätteestä päätyy kaatopaikalle yhä pienempi osa. Kierrätysmäärät eivät ole juuri kasvaneet, mutta jätteen energiakäyttö on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina. Ennen kaatopaikalle päätynyt jäte hyödynnetään nyt energiana. Pyörin (2015, 4) raportin mukaan vuonna 2015 jätteenpolton osuus Suomen kaukolämmön tuotannosta oli 6,5% ja sähkön tuotannosta 1,5%. Arvion mukaan vuonna 2020 jätteenpoltolla tuotetaan 8 % kaukolämmön ja 1,7% sähkön kokonaistuotannosta Suomessa. Jätteenpoltolla korvataan lähinnä fossiilisia polttoaineita. Polttoon päätyvä jäte on sekä sekajätettä että erilliskerättyä kierrätykseen kelpaamatonta jätettä. (Pöry, 2015, 10, 14.)

**CASE, Fortumin kiertotalouskylä**

Ekokemin kehittämässä, nykyisin Fortumin omistamassa Kiertotalouskylässä erilliskerätystä yhdyskuntajätteestä erotellaan muoveja ja biojätettä. Laitoksen tavoitteena on käsitellä vuodessa 100 000t yhdyskuntajätettä. Noin kolmannes jätteestä menee biokaasun tuotantoon Gasumin biojalostamolle. Tämän lisäksi jätteestä noin 7% menee muovijalostamon raaka-aineeksi. Jonkin verran saadaan vielä talteen metallia (3%) ja noin puolet lajitellusta jätteestä on teollisuuden käyttöön sopivaa polttokelpoista materiaalia, joka hyödynnetään joko jätteenpolttolaitoksilla tai rinnakkaispoltoissa. Ekojalostamon avulla jätteestä saadaan hyötykäyttöön valtaosa ja materiaalien kierrätystä saadaan tehostettua.

**Auli Westerholm, Fortum, 2017:****Mistä idea kiertotalouskylään?**

Pääasiallisena ajurina investointiin on jatkuvasti tiukentuva jätelainsäädäntö ja sen tavoitteet. Jätehuolto on kehittynyt, ennen jätteet menivät kaatopaikalle, nyt jätteitä ohjataan hyödynnettäväksi. Lisäksi on tullut lainsäädännöllisiä velvoitteita vähentää kaatopaikkajätettä. Jätteiden energiahyötykäyttö kasvanut 2000-luvulla, mutta kierrätys ei ole kasvanut samaa tahtia, ja jotta kierrätystavoitteisiin päästäisiin, tarvitaan uusia ideoita. Kotitalousjätteitä ei lajitella riittävästi syntypaikalla. Esille nousi syntypaikkalajitellun sekajätteen koneellisen lajittelun mahdollisuus, sillä tunnistamistekniikat ovat kehittyneet. Tämän ajatuksen pohjalta lähdettiin kehittämään kiertotalouskylää, jossa ekojalostamo, muovijalostamo ja biojalostamo. Lisäksi loppujäte viedään polttoon.

**Miten kiertotalouskylä toimii?**

Lajittelulaitoksella yhdyskuntajätteestä lajitellaan erilleen biojäte, minkä jälkeen muusta osasta lajitellaan vielä erilleen muovi ja metalli. Loppuosa menee polttoon esimerkiksi kaukolämpölaitoksille, myös osa muovista käytetään polttolaitoksissa polttoaineena. Lajitellusta muovista valmistetaan raaka-ainetta.

Tavoitteena on käsitellä vuodessa 100 000t jätettä, joista 37% menisi biokaasun tuotantoon, 7% olisi lajiteltua muovia, 3% olisi lajiteltua metallia ja loput 53% menisi polttoon, joko jätteenpolttolaitokseen tai rinnakkaispolttoon. Osuudet olivat suunnittelun lähtökohtia, mutta kokemus on osoittanut, että hyvien kierrätysjakeiden lajitteleminen sekajätteestä on hyvin haasteellista. Tavoitteena on saada jätteenpolttoon vain huonolaatuinen materiaali, joka ei kelpaa kierrätykseen. Poltto on turvallinen käsittelytapa, josta saadaan myös lämpöä talteen.

**Miten ainutlaatuinen konseptin on?**

Konsepti on harvinainen, sillä prosessit ovat integroituja, minkä lisäksi sekajätteen koneellinen lajittelu on uutta. Muovin kierrätys on vielä harvinaista Suomessa. Laitos toimii konseptimallina toimivasta jalostamosta. Tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää vielä polton pohjatuhkia.

Fortumille tämä luo uusia liiketoimintamahdollisuuksia, esimerkiksi jätteen lajitteluyksikkö muihinkin polttolaitoksiin. Kiertotalouskylä on herättää myös paljon kiinnostusta ulkomaita myöten. Laitoksessa on käytetty jo olemassa olevaa tekniikkaa, joka on yhdistetty uudella tavalla. Kiertotalouskylä linkittyy myös Fortumin strategiaan kiertotalouden edistämisestä.

## 7 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuus mahdollistaa energiantuotannossa käytettyjen resurssien tehokkaamman käytön kiertotalouden periaatteiden mukaisesti. Kiertotalouden avulla energiatehokkuus paranee, sillä neitseellisiä raaka-aineita tarvitaan nykyistä vähemmän ja materiaalit kiertävät taloudessa pidemmän aikaa. Yleensä valmistuksessa eniten energiaa käytetään tuotannon alkupäässä raaka-aineiden hankintaan ja valmistukseen. Esimerkiksi metallien louhinta ja rikastus ovat hyvin energiantensiivisiä. Kierrätysmetallin jatkokäsittely kuluttaa merkittävästi vähemmän energiaa. Kiertotalousmalli on vähemmän energiantensiivinen kuin nykyinen lineaarinen malli. (Ellen MacArthur Foundation, 2013, 16-17.)

Ennusteissa energiankulutuksen nähdään kasvavan, vaikkakin energiatehokkuustoimien ja kasvavan energiantarpeen toivotaan tasaavaan toisiaan. Pöyryn (2016, 33) selvityksen mukaan energiankysynnän kasvua hillitsee energiatehokkuuden parantuminen. Vuodesta 2020 eteenpäin energiatehokkuustoimet vähentävät sähkönkulutusta yhdellä prosentilla vuosittain. Lämmön kysynnän ennustetaan pysyvän sangen vakaana, sillä rakennusten energiatehokkuuden parantuminen tasaa muutoin kasvavaa kysyntää. Toisaalta mikäli talouskasvu jatkuu hitaana, matalan kasvun skenaariossa energian kokonaiskysynnän ennustetaan laskevan teollisuuden heikon kysynnän ja parantuvan energiatehokkuuden vuoksi. (Pöyry, 2016, 34, 38.)

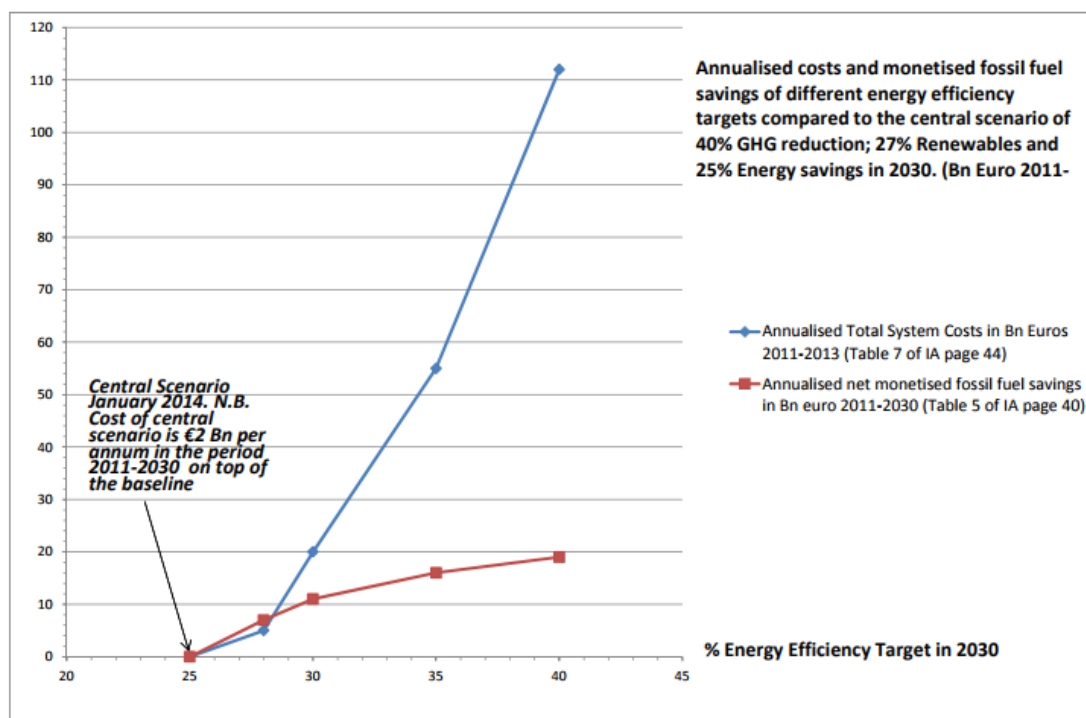
Energiatehokkuus on tärkeää [energia]sektorilla ja lämmöntalteenotossa on potentiaalia. On jo olemassa monia hyviä esimerkkejä siitä, miten hukkalämpöä hyödynnetään kaukolämpöverkoissa. Poliittisia toimia tarvittaisiin, jotta saataisiin luotua enemmän kannustimia jätelämmön talteenottoon. Yksi tärkeä toimenpide olisi määritelmän muuttaminen, jotta lämpö fossiilisia polttoaineita käyttävistä yhteispolttolaitoksista ei olisi hukkalämpöä. Tämä auttaisi luomaan säädäntöympäristöä, joka tukisi lämmön talteenoton kehittämistä. Myös tulevassa REDII [uusiutuvan energian] direktiivissä Euroheat & Power toivoo lainsäätäjiltä, että hukkalämmön määritelmässä otettaisiin huomioon myös kaupallinen sektori esimerkiksi lämmöntalteenotto datakeskuksista ja että lämmöntalteenotto katsottaisiin osaksi toimialan uusiutuvan energian käytön tavoitetta. (Simas Gerdvila, Euroheat & Power, 2017.)

Energiatehokkuustoimia on monenlaisia. Pesola ym. (2015, 9-10) raportissa energiatehokkuustoimiksi on nimetty mm. erilaiset lämpöpumput, lämmön talteenotto ja sähköenergian kulutusjoustot. Näillä toimilla voidaan vähentää energiankulutusta ja tasata kulutuspiikkejä. Eniten päästöleikkauspotentiaali tarjoavat maalämpöpumput ja

energiatehokas korjausrakentaminen. (Pesola ym. 2015, 77.) Energia-ala voi parantaa energiatehokkuutta tukemalla asiakkaittensa energiatehokkuustoimia ja tukemalla yhteiskunnan vähähiilisyttä. Tätä kautta energiatehokkuus voi luoda liiketoimintamahdollisuuksia energia-alan toimijoille. Hyvinä esimerkkeinä ovat esimerkiksi älykkäät mittarit, energian varastointiin liittyvät toimet ja tehokkaat kaukolämpö- ja kaukokylmäverkostot. (Eurelectric, 2014, 5, 7.) Myös Suomen rajat ylittävät sähkömarkkinat mahdollistavat tuotantoresurssien tehokkaamman käytön ja yhteiset sähkömarkkinat vähentävät Suomen tarvetta investoida huippukapasiteettiin. Tuotannon tasaaminen yli maarajojen auttaa myös tasaamaan sähköntuotannon muuttuvia kustannuksia. (TEM, 2015, 45.)

Mitä tiukemmat energiatehokkuustavoitteet EU:n tasolla asetetaan, sitä kalliimmaksi energijärjestelmä tulee. Iso osa kustannuksista syntyy energijärjestelmän kustannuksista, kuten vanhan järjestelmän uusimisesta. Energiatehokkuuden parantaminen auttaa vähentämään fossiilisten polttoaineiden tuontia, mutta tästä saadut säästöt eivät riitä kattamaan energijärjestelmän kasvavia kustannuksia, kun energiatehokkuustavoitteet nousevat yli 25%. Energijärjestelmän kustannukset kasvavat energiatehokkuustavoitteiden noustessa merkittävästi, kuten alla olevasta kuvioista 4 voidaan havaita. Energiatehokkuuden ollessa alle 28% säästetyn fossiilisen polttoaineen kustannukset kattavat energiatehokkuuden parantamisesta aiheutuvat kustannukset. Mentäessä tämän yli energiansäästö ei enää kata tehokkuuden parantamisesta syntyviä kustannuksia. Sininen käyrä kuvaa fossiilisten polttoaineiden säästöjä ja punainen energijärjestelmän kustannuksia. (Euroopan komissio, 2014a, 12.)





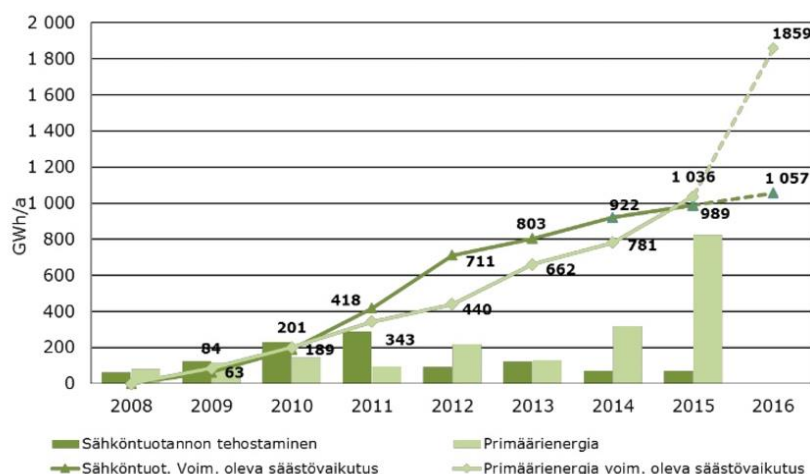
Kuvio 4. Energiatehokkuustavoitteiden säästöt ja kustannukset. (Euroopan komissio, 2014a, 12.)

Energiajärjestelmän sisällä kustannustehokkuutta voidaan parantaa korvaamalla vanhentunutta järjestelmää uusilla ratkaisulla. (Euroopan komissio, 2014a, 11.) Usein uusiutuvan energian tuotannossa syntyy vähemmän muuntohäviötä kuin perinteisiä energiantuotantomuotoja käytettäessä. Täten investoiminen uusiutuvaan energiaan parantaa energiategokkuutta. Lisäksi komissio katsoo kaikki sähköverkkojen hävikkiä vähentävät toimet osaksi energiategokkuutta. Myös kaukolämpöverkkojen laajentaminen parantaa energiategokkuutta ja ne ovat osa komission ehdottamia toimia, joilla vuoden 2030 energiategokkuustavoitteisiin päästään. Tavoitteena on vähentää erityisesti EU:n ulkopuolisen tuontien energian kulutusta. (Euroopan komissio, 2014b, 16, 26, 40.)

Seuraavan vuosikymmenen aikana tulee tehdä merkittäviä investointeja teollisuuslaitosten tehostamiseksi. Tässä energia-ala voisi mahdollisesti tarjota osaamistaan muille teollisuuden aloille erityisesti energiategokkuudessa. (Virkamies, EU:n komission pääsihteeristö, 2017.)

Suomessa monet energia-alan toimijat ovat lähteneet mukaan elinkeinoelämän energiategokkuussopimukseen. Tavoitteena on ollut saada 80 % energiantuotannosta sopimuksen piiriin. Tavoitteena on toteuttaa tehostamistoimia, joilla parannetaan

primaarienergian käytön tehokkuutta ja energiantuotannon kokonaishyötysuhdetta. Kuviosta 5 voidaan havaita, että vuoden 2015 loppuun mennessä toteutettujen hankkeiden avulla sähköä oli säästetty 68 GWh/a ja primaarienergiaa 825 GWh/a. Lisäksi harkinnassa olevien ja jo päätettyjen toimenpiteiden avulla voitaisiin säästää sähköä 221 GWh/a ja primaarienergiaa 436 GWh/a. (Motiva, 2016,4, 21.) Vuonna 2015 Suomessa tuotettiin sähköä n. 66 TWh ja kaukolämpöä 35 TWh (Tilastokeskus, 2016b).



Kuvio 5. Energiantuotannon tehostamisen säästöt (Motiva, 2016)

Yllä olevassa kuviosta 5 havainnollistetaan energia-alan säästötoimien vaikutusta vuodesta 2008 alkaen. Kuvaajassa pylväillä esitetään kunkin vuoden toteutunutta säästettyä energiaa ja viivalla kumulatiivista energiansäästöä. Vuoden 2016 osalta esitetään toteutuneiden säästötoimien vaikutus.

Salokosken (2017, 31) mukaan Suomi on edelläkävijä energiatehokkaassa sähkökäytössä. Suomessa on vahvaa osaamista myös älykkäissä sähkömittareissa ja älyverkoissa ja täällä kehitetään jo toisen polven mittareita, jotka mahdollistavat integroinnin ohjaus- ja hallintajärjestelmiin. Tämä teknologia voisi olla kilpailukykyistä myös kansainvälisillä markkinoilla. (Salokoski, 2017, 31.) TEMin (2017b, 68) mukaan kysyntäjousto on keskeinen osa energiatehokkuutta. Hallituksen tavoitteena on edistää energiatehokkuutta koko energiajärjestelmän tasolla. Tätä tukevat esimerkiksi kysyntä- ja tarjontajousto ja lämmön ja sähkön yhteistuotannon edellytysten säilyttäminen. (TEM, 2017b, 72.) Internet of Things (IoT) voi parhaimmillaan mahdollistaa merkittävän energian säästön, Ellen MacArthurin (2016, 25) raportin mukaan kaupungeissa IoT järjestelmät voisivat mahdollistaa jopa 50 % säästön energian kulutuksessa. Esimerkiksi Barcelonassa katuvalaistuksen yhdistäminen IoT ratkaisuun laski kustannuksia

kolmanneksella, sillä katuvalaistusta pystyttiin säätämään paremmin ja kohdistetummin esimerkiksi säätötilan ja ihmisten liikkumisen mukaan.

**CASE, Hukkalämmön talteenotto:**

Sitran (2016, 25) mukaan energiatehokkuusratkaisuna voisivat toimia esimerkiksi hukkalämmön talteenotto teollisuuden prosesseista ja konesaleista. Nivos Oy/Mäntsälän sähkö Oy:n hanke kierrättää datakeskuksen hukkalämpöä kaukolämpöverkkoon toimii tästä erinomaisena esimerkkinä. Vuoden 2016 Vuoden ilmastoteoksi valitussa hankkeessa Mäntsälässä sijaitsevan Yandexin datakeskuksen hukkalämpöä kierrätetään Mäntsälän kaukolämpöverkkoon. Konesalin jäädytykseen käytetystä ilmasta otetaan ulospuhalluksessa talteen lämpöä, noin 4 MW, jonka avulla tuotetaan 20 Gwh kaukolämpöä. Lämmön talteenotto vähentää kaukolämmön hiilidioksidipäästöjä 40%, sillä datakeskuksen hukkalämmöllä korvataan kaukolämmön tuotannossa käytettyä maakaasua. Toimintamallin ansiosta Nivos Oy on myös voinut laskea kaukolämmön hintaa. Tätä toimintamallia on mahdollista hyödyntää myös muissa datakeskuksissa ja lämpöä tuottavissa laitoksissa. (Vuoden ilmastoteko, 2016.)

## 8 PALVELULIIKETOIMINTA

Palveluliiketoiminnan kehittäminen edistää myös kiertotalousajattelua, sillä kiertotaloudessa huomio kiinnittyy tavaroiden sijaan ratkaisujen tarjontaan (Seppälä et al. 2016, 13). Kiertotalouden tavoitteisiin päästäkseen yritysten tulee kehittää liiketoimintamallejaan ja palveluliiketoiminta on yksi vaihtoehtoista. Digitalisaatio ja IoT muuttavat energia-alaa ja sen toimintatapoja. Tämän vuoksi palveluita on jatkossa kehitettävä asiakkaiden tarpeita vastaavaksi. Energia-alalla palveluliiketoimintamallit ovat vasta tuloillaan, mutta niillä on suuri rooli tulevaisuudessa. Salokosken (2017, 6) mukaan energia-alan painopiste on siirtymässä energiantuotannosta palveluliiketoimintaan. Lisäksi uudet tavat tuottaa energiaa hajauttavat energiamarkkinoita. Asiakkaat eivät ole enää vain asiakkaita, vaan myös energiantuottajia esimerkiksi lämpöpumpuillaan ja aurinkopaneeleillaan. Kotitalouksien jätteet ovat energiantuotannon raaka-ainetta. Pysyäkseen kehityksessä mukana energiateollisuuden täytyy mukauttaa liiketoimintatapojaan tähän muuttuvaan ympäristöön. (Leggett, 2017.)

Varmastikin teknologia kehittyy ja kustannustaso putoaa, jolloin syntyy uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tärkeää on innovatiivisuus ja halu kokeilla uusia liiketoimintoja ja oppia niistä. (Heli Antila, Fortum, 2017.)

Jakeluverkonhaltijoilla on tärkeä rooli älyverkko-ominaisuuksien kehittäjä ja hyvin toimivan sähköverkon tarjoajana markkinatoimijoille. Hajautettu tuotanto ja pientuotanto, uusiutuva energia ja energian varastointi toteutuvat jakeluverkkojen kautta ja vaikuttavat siten jakeluverkonhaltijan toimintaan markkinoilla. Energiamarkkinoiden muutokset vaativat jakeluverkonhaltijoiden aiempaa aktiivisempaa osallistumista. Muutoksen myötä kehitty myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Esimerkiksi sähkön kulutus- ja tuotantotiedon mittaukseen ja hallintaan liittyvän tiedon hyödyntäminen mahdollistaisi palvelutuotteiden kehittämisen. (TEM, 2015, 48-49.) Älykkäät ratkaisut mahdollistavat energiantuotannon ohjauksen lisäksi myös kulutuksen ohjauksen ja sovittamisen tuotantotilanteeseen. (Salokoski, 2017, 6.)

Yhteistyö eri tahojen välillä on ensiarvoisen tärkeää, jotta suuren skaalan kiertotalous on mahdollista toteuttaa. Kiertotalous tarjoaa myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia energia-alalla. Suomalaisilla on osaamista erityisesti älykkäissä sähkömittareissa ja älyverkoissa sekä järjestelmätutkimuksessa. Tämän vuoksi suomalaisille toimijoille olisi tärkeää olla aktiivisesti mukana eurooppalaisen energijärjestelmän toteuttamisessa,

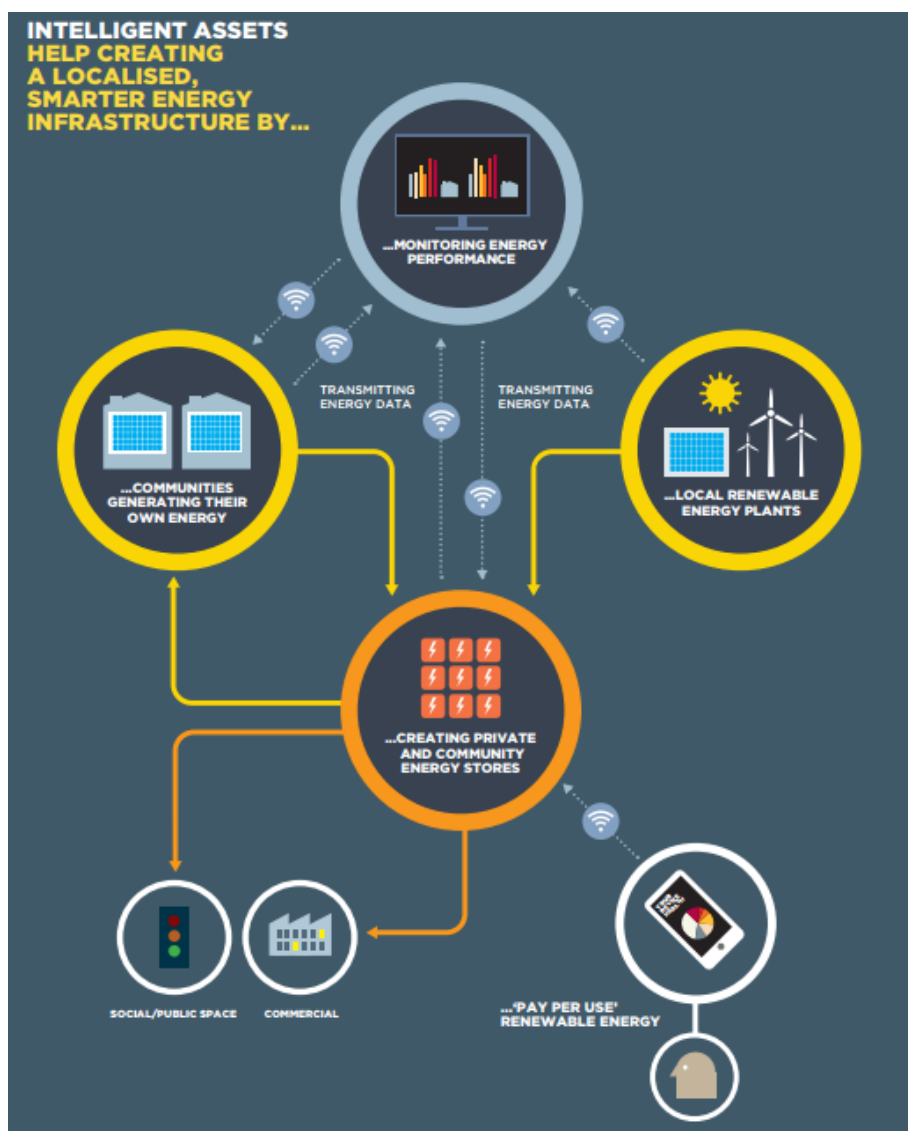
jotta ne pystyisivät hyödyntämään teknologista osaamistaan. Panostaminen korkealaatuiseen, monipuoliseen ja kansainväliseen osaamiseen takaa, että suomalaiset toimijat pysyvät huippujen tahdissa. (Salokoski, 2017, 6.) Älykkäiden sähköverkköiden markkinan ennustetaan kasvavan globaalisti. Kasvua vauhdittavat erityisesti hajautetun, uusiutuvan energian kasvu, älykkäiden sähkömittareiden yleistyminen kotitalouksissa ja siitä seuraava älyn ja ohjattavuuden paraneminen verkoissa. Suomi on edelläkävijä älykkäiden sähkömittareiden saralla. Täten joustavan energijärjestelmän toteutuminen ja kysynnän jouston mahdollistaminen luovat suomalaisille toimijoille markkinapotentiaalia. (Salokoski, 2017, 15, 16.)

Tavoitteenamme on luoda kestävää tulevaisuutta ja kantaa oma vastuumme. Järjestelmien ja ajattelutavan muutos tuo tullessaan uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi digitalisaatio mahdollistaa uusien palveluiden luomisen asiakkaille, kuten vaikka älysensorit rasvakaivojen tyhjentämiseen. Tätä kautta voidaan luoda uusia palveluita, uusia keinoja palvella asiakkaita. Palveluliiketoiminnan kehittämisessä suuria mahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Lisäksi olemme tiiviissä yhteistyössä Rovaniemen kaupungin kanssa kehittämässä kaupungistamme arktista kiertotalouden mallikaupunkia. NEVEN toiminta ja verkostot ovat merkittävä osa kaupungin infrastruktuuria ja sen kehittämistä, joten olemme mielellämme mukana tekemässä yhteistyötä eri tahojen kanssa, jotta kiertotalous mahdollistuu. Meidän pitää pystyä ajattelemaan asioita isommassa mittakaavassa, eikä vain yhden yrityksen näkökulmasta. (Kristian Gullsten, NEVE, 2017)

Energiantuotanto on hajautumassa pienempiin yksiköihin ja asiakkaiden tuottamaan energiaan. TEMin (2015, 43) selvityksessä pohditaan, millainen laskutusmalli mahdollistaisi asiakkaan oman tuotannon ja ylituotannon kannattavan syöttämisen verkkoon. Markkinoille on jo tullut nettolaskutustuotteita ja muita innovatiivisia palveluita. (TEM, 2015, 35.) Älykkään sähköverkon ja älykkään mittauksen avulla voidaan luoda kysyntäjoustoa, joka tukee hajautettua, pienimuotoista energian tuotantoa. Esimerkiksi sähköautojen akkuja voitaisiin ladata kysynnän ollessa matalimmillaan. Kysyntäjouston tulee olla kannattavaa kaikille osapuolille, jotta se yleistyisi. (Salokoski, 2017, 19.) Tuotantorakenteen muutos tekee sähkön kysyntäjouston lisäämisestä välttämätöntä, älyverkkojen ja -mittareiden avulla voidaan mahdollistaa kysyntäjousto jopa kotitalouksille. Sähkönmyyjät ovat jo kokeilleet kotitalouksien sähkönkulutuksen ohjausta korvausta vastaan. (TEM, 2014, 27.) Jotta kysynnän jousto kasvaisi tulee hinnoittelumallien olla selkeitä, tekniikan luotettavaa ja helppokäyttöistä, tämän lisäksi vaaditaan sekä toimivaa regulaatiota että kannustimia. Tämän ympärille on mahdollista rakentaa kokonaisvaltaista palveluliiketoimintaa, jossa asiakkaalle myydään

energiapalvelu, joka pitää sisällään kulutuksen seurannan kaltaisia palveluita. (Salokoski, 2017, 19.)



Kuva 2. Energiantuotannon ja -kulutuksen linkittyminen älyratkaisuille. (Ellen MacArthur Foundation (2016, 41.)

Älypalvelut, erityisesti älymittarit ja älykkäät kodin toimintojen ohjausjärjestelmät, tulevat tulevaisuudessa tarjoamaan kuluttajille mahdollisuuksia energiatehokkuuteen. (Salokoski, 2017, 25.) Yllä oleva kuva 2 havainnollistaa, miten energiantuotannon ja energiakulutuksen eri tekijät linkittyvät yhteen älykkäiden ratkaisujen avulla. Energian tuotannosta tulee yhä hajaantuneempaa ja erilaisten älykkäiden ratkaisujen avulla energian käyttöä pystytään optimoimaan paremmin. Älyratkaisujen avulla uusiutuvan energian tuotantoa voidaan tehostaa, esimerkiksi aurinkopaneelien säätökulmaa tai

tuulivoimaloiden pyörimisnopeutta muuttamalla. (Ellen MacArthur Foundation, 2016, 41, 42.)

Sähkönkäyttöön liittyvät tieto, kuten älykkäillä sähkömittareilla kuluttajilta kerättävä data, voi tulevaisuudessa luoda mahdollisuuksia tarjota asiakkaille täysin uusia palveluita. (Salokoski, 2017, 16.) Älyverkkojen kehittäminen vahvistaa kuluttajien roolia, helpottaa uusiutuvan sähköntuotannon integroimista sähköjärjestelmään, parantaa toimitusvarmuutta sekä edistää uusien liiketoimintamallien luomista. Työ- ja elinkeinoministeriö on 2016 asettanut työryhmän valmistelemaan toimia, joilla älyverkot voivan palvella asiakkaiden mahdollisuuksia osallistua sähkömarkkinoille ja edistää toimitusvarmuuden ylläpitoa. (TEM, 2017b, 68, 69.)

#### **CASE, hajautettu sähköntuotanto**

Oulun Sähkönmyynti Oy:n Farmivirta konsepti on hyvä esimerkki muuttuvan toimintakentän tuomista mahdollisuuksista. Yritys on luonut kuluttajille mahdollisuuden ostaa toisten kuluttajien tuottamaa sähköä, Farmivirtaa. Uudenlainen liiketoimintamalli luo kuluttajille mahdollisuuden ostaa toisten kuluttajien tuottamaa sähköä ja tukee hajautettua energiantuotantoa. Farmivirran tuottajat ovat sitoutuneet tuottamaan uusiutuvaa energiaa. Farmivirran tuottajan pienvoimala on liitetty sähköverkkoon ja Oulun sähkömyynti ostaa tuottajalta ylijäävän sähkön. Tämä sähkö myydään edelleen Farmivirtana kuluttajille. Pientuottajat saavat itse määritellä haluamansa hintatason tuottamalleen energialle. Energian myynti voi mahdollistaa investointien takaisinmaksuajan lyhenemisen. (Vuoden ilmastoteko, 2014.)

#### **CASE, hajautettu kaukolämmön tuotanto**

Turku Energia on kehittänyt uudenlaista toimintatapaa kaukolämmöntuotantoon. Turku Energia kehittää Skanssin alueella matalalämpöistä kaukolämpöverkkoa, joka mahdollistaisi kaksisuuntaisen kaupankäynnin ja uusiutuvien energialähteiden lisäämisen kaukolämmön tuotannossa. Kiinteistöjen paikallisesti tuotettu ylijäämälämpö olisi mahdollista myydä kaukolämpöverkkoon. Alueella kehitetään uudenlaisia teknisiä ratkaisuja, joiden avulla paikallisen energiantuotannosta voidaan luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia. (Turku Energia, 2016.)

## 9 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kiertotalous on vielä uusi aihe ja siihen liittyy paljon ratkaisemattomia asioita. Ehkä uutuudestaan johtuen kiertotalous painottuu vielä vahvasti materiaalivirtojen kiertoon. Koska energian roolia ei juuri käsitelty olemassa olevassa kirjallisuudessa, piti kiertotalouden eri teemoista valita energiasektoriin sopivimmat aiheet, jotta voitiin kartoittaa energiasektorin roolia kiertotaloudessa. Kirjallisuuden perusteella energiasektorilla voidaan tehdä paljonkin kiertotalouden saavuttamiseksi, mutta näitä toimia ei ehkä mielletä osaksi kiertotaloutta. Haastatteluissa nousi esille, että yrityksissä kiertotalous kiinnostaa ja jotain jo tehdäänkin. Kattojärjestötasolla kiertotaloutta ei pidetä niin tärkeänä, sillä tällä hetkellä ilmastokysymykset ovat etusijalla. Kiertotaloutta haluttiin kuitenkin seurata, sillä se saattaa nousta nykyistä suurempaan rooliin tulevaisuudessa esimerkiksi uuden lainsäädännön myötä.

Kiertotalous energiasektorilla määriteltiin neljän eri teeman kautta. Teemat valittiin soveltaen kirjallisuudessa mainittuja teemoja ja haastatteluissa esiin nousseita aiheita. Pyrkimyksenä oli kirjallisuuden perusteella löytää kiertotalouteen kuuluvia toimia, jotka sopisivat myös energiasektorille. Energia-alan osuutta kiertotaloudessa ei juurikaan käsitelty uusiutuvan energian tuotantoa ja jätteiden energiakäyttöä lukuun ottamatta. Haastateltavat nostivat esille myös energiatehokkuuden ja palveluliiketoiminnan tuomat mahdollisuudet. Koska näitä teemoja sivuttiin myös kirjallisuudessa vaikkakaan ei energia-alan näkökulmasta, katsottiin niiden soveltuvan osaksi energiasektorin kiertotaloustoimia. Täten energia-alan kiertotaloudeksi voidaan lukea ainakin uusiutuva energia, energiantuotanto jätteistä, energiatehokkuus ja palveluliiketoiminta.

Haastatellut yritykset olivat kiinnostuneita mahdollisuuksistaan osallistua kiertotalouteen ja yrityksissä oli kiertotaloutta edistäviä toimia. Aihe on ollut viime vuosina paljon esillä ja siksi se kiinnostaa myös asiakkaita, mikä taas luo kannustimen yritykselle. Kiertotalouden saaminen osaksi liiketoimintaa voisi mahdollisesti hyödyttää yrityksiä. Kirjallisuudessa, kattojärjestötasolla ja nykyisen lainsäädännön puitteissa energiasektori ei ole vahvasti mukana kiertotaloudessa. Tämänhetkinen keskustelu kiertotaloudessa on vahvasti sidoksissa materiaalivirtoihin, ehkä siksi energian roolia kiertotaloudessa ei ole katsottu tarpeelliseksi pohtia sen tarkemmin. Aihetta kuitenkin seurattiin mielenkiinnolla, vaikka sitä ei vielä pidettykään kovin tärkeänä.



Tutkimusta tehdessä havaittiin, että yrityksissä kiinnostusta kiertotalouden kysymyksiin selvästi oli, vaikka energiasektoria ei ole juurikaan otettu huomioon kiertotalouden kirjallisuudessa. Aihe siis herättää kiinnostusta ja kysymyksiä esimerkiksi kiertotalouden soveltuvuudesta energia-alalle ja mitä energiasektorin toimijat voivat tehdä kiertotalouden eteen. Yrityksissä oli jo konkreettisia esimerkkejä esimerkiksi poltettavan jätteen tehokkaasta kierrättämisestä ja energiatehokkuuden parantamisesta. Esille nousi myös sektorirajat ylittävän yhteistyön kehittäminen, jossa energiasektorikin voisi olla mukana. Kiertotalous on ylipäättään vielä kehittelyasteella, mikä tuo energiasektorille mahdollisuuden kehittää omia toimiaan ja itse määritellä, miten se voi ja haluaa olla mukana kiertotaloudessa.

## 10 LOPUKSI

Tämän selvityksen tarkoituksena on auttaa energia-alan yrityksiä avaamaan keskustelua kiertotaloudesta ja herätellä pohtimaan, mitä voidaan pitää kiertotaloutena energiateollisuudessa. Energia-ala usein sivutetaan erilaisissa kiertotalousraporteissa, minkä vuoksi energia-alan toimijoilla on erinomainen tilaisuus itse määrittää, mitä kiertotalous alalla merkitsee. Ala voi myös luoda itse itselleen tavoitteet kiertotalouden mahdollistamiseksi, mikäli se nähdään tarpeelliseksi. Vaikuttaa kuitenkin sille, että kiertotalous on tullut jäädäkseen, sillä ilmastonmuutos ja uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö luovat paineita kehittää toimintamalleja, joilla taataan kestävä kehitys ja maapallon kantokyky myös tulevaisuudessa. Energia-alalla tehdään jo paljon kiertotalouden periaatteiden mukaisesti, vaikkei kaikkia toimia kiertotaloudeksi kutsutakaan. Tässä raportissa on käsitelty neljää eri aihealuetta, uusiutuvaa energiaa, jätteiden energiakäyttöä, energiatehokkuutta ja palveluliiketoimintaa. Nämä kaikki linkittyvät yhteen ja tukevat toisiaan.

Tämä selvitys on suppea katsaus siihen, mitä kiertotalous voisi energia-alalla tarkoittaa. Paremmän kuvan saamiseksi voisi olla hyvä tehdä kattavampi tutkimus energiateollisuuden yritysten toimista, tulevaisuuden haasteista ja mahdollisuuksista. Hallituksen tavoitteena on luoda Suomesta kiertotalouden johtava maa, mikä vaatii muun muassa eri toimialojen nykyistä laajempaa yhteistyötä. Tarkempi selvitys kiertotalouden vaikutuksista energia-alaan auttaisi energia-alaa vastaamaan tämänkaltaisiin vaatimuksiin.

## LÄHTEET

### Haastattelut:

Sandra Narra, Strategic Policy Adviser, Public and Regulatory Affairs EU, Vattenfall, 27.6.2017 (haastattelu)

Heli Antila, Teknologiajohtaja, Fortum 3.7.2017 (sähköpostihaastattelu)

Kristian Gullsten, toimitusjohtaja, NEVE, 5.7.2017 (puhelinhaastattelu)

Aurelio Braconi, kiertotalousasiantuntija, Eurofer 6.7.2017 (haastattelu)

EU virkamies, Euroopan komission pääsihteeristö (EU official working for the Secretariat-General of the European Commission), 20.7.2017 (haastattelu)

Simas Gerdvila, Policy Officer, Euroheat & Power, 20.7.2017 (haastattelu)

Erja Fagerlund, Neuvotteleva virkamies, TEM 3.8.2017 (puhelinhaastattelu)

Natalia Walczak, Policy Officer, ESWET. 10.8.2017 (haastattelu)

Auli Westerholm, Manager, Public Relations, Fortum. 10.8.2017 (puhelinhaastattelu)

Maiju Westergren, Johtaja, Vastuullisuus ja yhteiskuntasuhteet, Helen. 21.8.2017 (sähköpostihaastattelu)

Hélène Lavray, Advisor Renewables & Environment, Eurelectric. 24.8.2017 (haastattelu)

### Kirjallisuus:

Díaz Del Castillo, Jorge. Communication on Waste to energy  
<http://www.europeanenergyforum.eu/sites/default/files/events/doc/Presentation%20DG%20Environment.pdf>

ECOFYS (2015) The potential of scaling up proven low-carbon solutions. Final report.  
[https://media.sitra.fi/2017/02/28142516/Ecofys\\_2015\\_potential\\_of\\_scaling\\_up-low\\_carbon\\_solutions.pdf](https://media.sitra.fi/2017/02/28142516/Ecofys_2015_potential_of_scaling_up-low_carbon_solutions.pdf)

Ellen MacArthur Foundation (2013) Towards the Circular economy Vol 1. An Economic and business rationale for an accelerated transition.  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Ellen MacArthur Foundation (2015) Towards A Circular Economy: Business Rationale For An Accelerated Transition. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation\\_9-Dec-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf)

Ellen MacArthur Foundation (2015b) Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.  
[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_Growth-Within\\_July15.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf)

Ellen Macarthur Foundation (2016) Intelligent Assets: Unlocking The Circular Economy Potential [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_Intelligent\\_Assets\\_080216-AUDIO-E.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Intelligent_Assets_080216-AUDIO-E.pdf)

Energiateollisuus (2017a) Energiavuosi 2016 – Kaukolämpö [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi\\_2016\\_-\\_kaukolampo.html#material-view](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2016_-_kaukolampo.html#material-view)

Energiateollisuus (2017b) Energiavuosi 2016 – Sähkö. [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi\\_2016\\_-\\_sahko.html#material-view](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2016_-_sahko.html#material-view)

Eurelectric (2014) Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030 Framework for climate and energy policy. A EURELECTRIC position paper. November 2014. [http://www.eurelectric.org/media/155714/eecom\\_eurelectric\\_response-2014-2440-0001-01-e.pdf](http://www.eurelectric.org/media/155714/eecom_eurelectric_response-2014-2440-0001-01-e.pdf)

Euroopan komissio (2014a) Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030 Framework for climate and energy policy. COM(2014) 520 final. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_eec\\_communication\\_adopted\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_eec_communication_adopted_0.pdf)

Euroopan komissio (2014b) Commission Staff Working Document. Impact Assessment. Accompanying the document: Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030 Framework for climate and energy policy. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_eec\\_ia\\_adopted\\_part1\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_eec_ia_adopted_part1_0.pdf)

Euroopan komissio (2016) Commission proposes new rules for consumer centred clean energy transition. <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>

Euroopan komissio (2017a) komission kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. *Kiertotaloutta koskevan toimintasuunnitelman täytäntöönpanosta.* COM(2017) 33 final <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/FI/COM-2017-33-F1-FI-MAIN-PART-1.PDF>

Euroopan komissio (2017b). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. *Energian hyödyntäminen kiertotaloudessa.* <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/FI/COM-2017-34-F1-FI-MAIN-PART-1.PDF>

Gurin, Marta. Circular Economy meets Energy union. <http://www.europeanenergyforum.eu/sites/default/files/events/doc/Presentation%20CEWEP.pdf>

Helsingin Sanomat 4.7.2017 *Jääkö Suomi päästöpölyssä yksin? Biopolttoaineisiin panostaminen lähes 20 vuoden riski.*

Imatran Lämpö (2014) Tiedote, biolämpökeskusprojekti. [http://www.imatranlampo.fi/flaria/media/content/TIEDOTE\\_KVR\\_20\\_8\\_2014\\_v1.pdf](http://www.imatranlampo.fi/flaria/media/content/TIEDOTE_KVR_20_8_2014_v1.pdf)

Leggett, Jeremy (2017). Renewable energy and the circular economy - transforming the world, together. *Ecologist* 1.2. 2017 [http://www.theecologist.org/essays/2988229/renewable\\_energy\\_and\\_the\\_circular\\_economy\\_transforming\\_the\\_world\\_together.html](http://www.theecologist.org/essays/2988229/renewable_energy_and_the_circular_economy_transforming_the_world_together.html)

Motiva (2016) Energiatohokkuussopimukset. Energiantuotannon ja energiapalvelujen toimenpideohjelman vuosiraportti 2015.

[https://www.motiva.fi/files/11791/Energiatehokkuussopimukset\\_Energiantuotannon\\_ ja\\_energiapalvelujen\\_toimenpideohjelman\\_vuosiraportti\\_2015.pdf](https://www.motiva.fi/files/11791/Energiatehokkuussopimukset_Energiantuotannon_ ja_energiapalvelujen_toimenpideohjelman_vuosiraportti_2015.pdf)

Pesola, Aki – Vanhanen, Juha – Karttunen, Ville – Kumpulainen, Anna – Hagström, Markku – Bröckl, Marika – Rönnlund, Ida (2015) Energiasektorin cleantech-teknologioiden vaikutukset ja mahdollisuudet. Loppuraportti. Gaia Consulting.

[https://media.sitra.fi/2017/02/27174827/Energiasektorin\\_cleantech-teknologioiden\\_vaiikutukset\\_ ja\\_ mahdollisuudet-2.pdf](https://media.sitra.fi/2017/02/27174827/Energiasektorin_cleantech-teknologioiden_vaiikutukset_ ja_ mahdollisuudet-2.pdf)

Pöyry (2015) Jätteiden hyödyntäminen Suomessa. Loppuraportti. [https://energia.fi/files/405/ET\\_Jatteiden\\_energiakaytto\\_Loppuraportti\\_161015.pdf](https://energia.fi/files/405/ET_Jatteiden_energiakaytto_Loppuraportti_161015.pdf)

Pöyry Management Consulting (2016) EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden toteutuminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta, 30.05.2016. <http://tem.fi/documents/1410877/2772829/EUn+2030+ilmasto-+ja+energiapolitiikan+linjausten+toteutusvaihtoehdot+ja+Suomen+omien+energia-+ja+ilmastotavoitteiden+toteutuminen.pdf/12eba82a-c044-47df-9325-e5d6c39ff1e9>

Rizos, Vasileios – Tuokko, Katja – Behrens, Arno (2017) The circular economy- A review of definitions, processes and impacts <http://www.ceps-ech.eu/publication/circular-economy-review-definitions-processes-and-impacts>

Salokoski, Pia (2017) Tulevaisuuden energia 2030...2050. Taustaraportti. Tekesin katsaus 332/2017 Helsinki 2017. [http://tem.fi/documents/1410877/2772829/332\\_2017\\_Tulevaisuuden+energia\\_2030\\_2050.pdf/4f1c0ec0-58fc-4c1c-9297-7f90ac01615b](http://tem.fi/documents/1410877/2772829/332_2017_Tulevaisuuden+energia_2030_2050.pdf/4f1c0ec0-58fc-4c1c-9297-7f90ac01615b)

Seppälä, Jyri – Sahimaa, Olli – Honkatukia, Juha – Valve, Helena – Antikainen, Riina – Kautto, Petrus – Myllymaa, Tuuli – Mäenpää, Ilmo – Salmenperä, Hanna – Alhola, Katriina – Kauppila, Jussi – Salminen, Jani (2016) Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, politiikkatoimet ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2016. <http://www.syke.fi/download/noname/%7B08F0990A-16D2-4E1A-B913-4C694AF70E92%7D/118901>

Sitra (2013) Energiainvestointien alue- ja kansantaloudellinen kannattavuustarkastelu. Sitran selvityksiä 73. <https://www.sitra.fi/julkaisut/energiainvestointien-alue-ja-kansantaloudellinen-kannattavuustarkastelu/>

Sitra (2014) Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. Sitran selvityksiä 84. Libris, Helsinki. <https://media.sitra.fi/2017/02/23221919/Selvityksia84-1.pdf>

Sitra (2016) Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. Sitran selvityksiä 117. <https://media.sitra.fi/2017/02/27175308/Selvityksia117-3.pdf>

Sitra (2016b) Viisi kärkeä kestävämpään kehitykseen. [https://media.sitra.fi/2017/02/27175312/Viisi\\_karkea\\_kestavampaan\\_kehitykseen-2.pdf](https://media.sitra.fi/2017/02/27175312/Viisi_karkea_kestavampaan_kehitykseen-2.pdf)

Syke (2016) Kilpailukykyä ja vihreää kasvua kiertotaloudesta (KIVIKI) <http://www.syke.fi/hankkeet/kiviki>

Tilastokeskus (2016a) Jätteiden poltto ja kierrätys ovat korvanneet yhdyskuntajätteiden kaatopaikat [http://www.stat.fi/til/jate/2015/jate\\_2015\\_2016-12-20\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/jate/2015/jate_2015_2016-12-20_fi.pdf)

Tilastokeskus (2016b) Uusiutuville energialähteillä tuotetun sähkön määrä ennätystasolla. [http://www.stat.fi/til/salatuo/2015/salatuo\\_2015\\_2016-11-02\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2015/salatuo_2015_2016-11-02_tie_001_fi.html)

Turku Energia (2016) Turku Energia selvittää Skanssin alueen kaksisuuntaisen kaukolämpöverkon kaupallisia edellytyksiä. <https://www.turkuenergia.fi/mediatiedote/turku-energia-selvittaa-skanssin-alueen-kaksisuuntaisen-kaukolampoverkon-kaupallisia-edellytyksia/>

Työ- ja elinkeinoministeriö (2014) Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 31/2014. <http://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052>

Työ ja elinkeinoministeriö (2015) *Selvitys energiapolitiikan vaihtoehtoista*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 25/2015 <http://tem.fi/documents/1410877/2628109/Virkamiesselvitys+energiapolitiikan+vaihtoehtoista.pdf/2202f950-da88-4d90-a3b5-9d4fbd3c7c7>

Työ- ja elinkeinoministeriö (2017) Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030. [http://tem.fi/documents/1410877/3570111/Energia-+ja+ilmastostrategian+TAUSTARAPORTTI\\_1.2.+2017.pdf/d745fe78-02ad-49ab-8fb7-7251107981f7](http://tem.fi/documents/1410877/3570111/Energia-+ja+ilmastostrategian+TAUSTARAPORTTI_1.2.+2017.pdf/d745fe78-02ad-49ab-8fb7-7251107981f7)

Työ- ja elinkeinoministeriö (2017b) Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia 4/2017. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul\\_4\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1)

Ympäristöministeriö (2017) Kiertotalous. <http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Kiertotalous>

Vuoden ilmastoteko (2011) Vuoden 2011 ilmastoteko. [http://www.vuodenilmastoteko.fi/et\\_vuoden\\_iteko\\_kert\\_2011.pdf](http://www.vuodenilmastoteko.fi/et_vuoden_iteko_kert_2011.pdf)

Vuoden ilmastoteko (2014) Voittaja 2014. [http://www.vuodenilmastoteko.fi/voittaja\\_2014.html](http://www.vuodenilmastoteko.fi/voittaja_2014.html)

Vuoden ilmastoteko (2016) Voittaja 2016. [http://www.vuodenilmastoteko.fi/voittaja\\_2016.html](http://www.vuodenilmastoteko.fi/voittaja_2016.html)

Wijkman, Anders – Skånberg, Kristian (2016) The Circular Economy and Benefits for Society. Jobs and Climate clear winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. <http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>

Wilts, Henning – Galinski, Laura – Marin, Giovanni – Paleari, Susanna – Zobolo, Roberto (2017) Assessment of waste incineration capacity and waste shipments in Europe. [https://forum.eionet.europa.eu/nrc-scp-waste/library/waste-incineration/etc-wmge-paper-waste-incineration-capacity-and-waste-shipments/download/en/1/ETC%20WMGE%20paper%20on%20waste%20incineration%20capacity%20and%20waste%20shipments\\_10JAN2017.pdf?action=view](https://forum.eionet.europa.eu/nrc-scp-waste/library/waste-incineration/etc-wmge-paper-waste-incineration-capacity-and-waste-shipments/download/en/1/ETC%20WMGE%20paper%20on%20waste%20incineration%20capacity%20and%20waste%20shipments_10JAN2017.pdf?action=view)