

Hajautetun energiantuotannon edistäminen Pirkanmaalla

Anna Kairamo

Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Johtamiskorkeakoulu
Ympäristöpolitiikka ja aluetiede
Toukokuu 2012

Tampereen yliopisto
Johtamiskorkeakoulu

KAIRAMO, ANNA: Hajautetun energiantuotannon edistäminen
Pirkanmaalla

Ympäristöpolitiikan ja aluetieteen pro gradu -tutkielma, 104 sivua, 3
liitesivua

Toukokuu 2012

Tämä tutkielma käsittelee hajautetun energiantuotannon edistämismahdollisuuksia Pirkanmaalla. Hajautetulla energiantuotannolla on mahdollista hyödyntää tällä hetkellä käyttämättömiä uusiutuvia energiavaroja ja samalla vaikuttaa positiivisesti alueen elinkeinoihin sekä alan liiketoimintaympäristöön. Hajautetut energiantuotannon ratkaisut eivät kuitenkaan ole yleisiä, vaan tällä hetkellä vallitsevana mallina Suomessa on keskitetty energijärjestelmä.

Tutkielman tavoitteena on selvittää, miten hajautettua energiantuotantoa voidaan edistää Pirkanmaalla ja mitkä tekijät sitä tällä hetkellä estävät. Aineistona tutkielmassa on dokumenttiaineistoa pirkanmaalaisesta uusiutuvan energian käytöstä, asiantuntijoiden teemahaastatteluita sekä työpaja, johon osallistui energia-alan toimijoita.

Hajautettua energiantuotantoa estää keskitetyn energijärjestelmän vakiintunut asema ja polkuriippuvuus. Energia-asiat on suunniteltu keskitetyn mallin mukaisiksi, johon hajautettua energiantuotantoa on hankala sovittaa. Useimmat hajautetun energiantuotannon teknologiat ovat vasta elinkaarensa alussa, jolloin jo itse kehitysvaihe tuottaa haasteita leviämislle. Energijärjestelmän polkuriippuvuus lisää näitä haasteita edelleen, mikä hankaloittaa hajautetun energiantuotannon leviämistä.

Hajautetun energiantuotannon esteitä on kuitenkin mahdollista vähentää. Polkuriippuvuuden mekanismeihin on mahdollista vaikuttaa toimijaverkostosta käsin. Hajautetun energiantuotannon toimijakenttä on monipuolinen, ja sillä on mahdollisuuksia vaikuttaa eri suunnilta alan mahdollisuuksiin. Ulkoa päin hajautetun energiantuotannon puitteita voidaan parantaa poistamalla sen esteitä ja vähentämällä samalla energijärjestelmän polkuriippuvuutta. Sisältä päin toimijat voivat konkreettisten investointien lisäksi luoda uutta polkua tietoisuutta levittämällä, uusia toimintamalleja kehittämällä ja lisäämällä vuorovaikutusta eri toimijoiden kesken.

Asiasanat: hajautettu energiantuotanto, energijärjestelmä, polkuriippuvuus, polkujen luominen, innovaation leviäminen, uusiutuva energia

Sisältö

1	Johdanto.....	1
2	Käsitteellinen tausta.....	4
2.1	Polkuriippuvuus.....	4
2.2	Polkujen luominen.....	9
2.3	Innovaatioiden diffuusio.....	13
3	Tutkimuksen toteuttaminen	19
3.1	Tutkimuskysymys	19
3.2	Aineisto	20
3.3	Tutkimusmenetelmät	23
4	Hajautettu energiantuotanto.....	26
4.1	Hajautetun energiantuotannon määritelmä.....	26
4.2	Hajautettu energiantuotanto energiakysymysten kentällä.....	28
4.3	Hajautetun energiantuotannon potentiaali.....	32
4.4	Toimijakenttä.....	33
4.5	Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon lähtökohdat.....	36
4.6	Tuotantoympäristö.....	40
5	Energianlähteet hajautetussa energiantuotannossa	43
5.1	Energianlähteiden luokittelusta	43
5.2	Suoraan hyödynnettävät	44
5.2.1	Tuulivoima	44
5.2.2	Aurinkovoima	47
5.2.3	Pienvesivoima	48
5.3	Bioenergia	49
5.3.1	Puu	49
5.3.2	Peltoenergia.....	53
5.3.3	Mädätettävät biomassat.....	54
5.4	Energianlähteiden tila ja leviämisen aste	56
6	Hajautetun energiantuotannon esteitä Pirkanmaalla.....	58
6.1	Poliittiset ja julkishallinnolliset esteet.....	58

6.2	Taloudelliset esteet	63
6.3	Sosiaaliset esteet.....	66
6.4	Teknologiset esteet	68
6.5	Ekologiset esteet.....	70
6.6	Yhteenvedo esteistä.....	71
7	Tunnistettuja mahdollisuuksia edistää hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla.....	73
7.1	Ulkoiset keinot	73
7.2	Sisäiset keinot.....	75
7.3	Toimijakentän monipuolistaminen.....	80
8	Tulosten tarkastelua	83
8.1	Keskitetyn järjestelmän edut uudistumisen esteenä	83
8.2	Hajautetun energiantuotannon teknologioiden leviäminen	85
8.3	Hajautetun energiantuotannon polkua luomassa.....	89
9	Johtopäätökset.....	94
	Lähteet.....	98
	Liite 1 Haastattelut	105
	Liite 2 Työpajan osallistujat.....	106
	Liite 3 Toimenpiteet hajautetun energiantuotannon edistämiseksi.....	107

1 Johdanto

Energiantuotanto on tällä hetkellä yksi ihmistoiminnan suurimmista päästöjen aiheuttajista. Lisäksi maailman energiantarve kasvaa jatkuvasti. Näistä syistä tarvitaan uusia energiantuotannon tapoja, jotta ensinnäkin kasvava energiantarve saadaan tyydytettyä ja toiseksi energiantuotannosta aiheutuvia ympäristöhaittoja saadaan vähennettyä. Hajautettu energiantuotanto tarjoaa yhden tavan hyödyntää paikallisia, tällä hetkellä käyttämättömiä energiavaroja puhtaalla ja päästöttömällä tavalla.

Nykyään energiaa tuotetaan pääasiassa suurissa, keskitetyissä laitoksissa, joista suurin osa käyttää uusiutumattomia energianlähteitä. Energiantuotanto tapahtuu paljolti asutuskeskittymien ulkopuolella, josta se siirretään verkostoa pitkin käyttäjille hyvinkin pitkien etäisyyksien päähän. Käyttäjien lähelle tuotu, pienimuotoisista yksiköistä koostuva hajautettu energiantuotantomalli eroaa siten nykyisestä systeemistä olennaisesti. Sillä on kuitenkin mahdollista ottaa käyttöön tällä hetkellä hyödyntämättömiä, paikallisia energiavaroja, jolloin ympäristöhaitat pienenevät, riippuvuus tuontienergiasta vähenee ja huoltovarmuus paranee. Energiakysymysten lisäksi hajautetulla energiantuotannolla voi olla merkittäviä positiivisia vaikutuksia alueen elinkeinoihin ja osaamiseen, mikä tekee siitä kiinnostavaa myös aluekehittämisen näkökulmasta.

Hajautettu energiantuotanto ei kuitenkaan ole levinnyt vallitsevaksi tavaksi tuottaa energiaa sen eduista huolimatta. Nykyiseen energiasysteemiin sidotut pääomat tekevät järjestelmästä jähmeän ja hitaasti muuttuvan, ja aiemmat ratkaisut vaikuttavat siihen, millaista energiahuolto tänä päivänä on. Mallin muuttamiseksi on tehtävä tietoisia ponnisteluja niin hajautetun energiantuotannon kustannusten, toimintatapojen kuin hyödynnettävien energianlähteidenkin saamiseksi kilpailukykyisiksi konventionaalisten energiantuotantotapojen kanssa.

Tässä tutkielmassa tarkastelen hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla aluekehityksen näkökulmasta. Työ on toteutettu Pirkanmaan liitossa osana selvitystyötä, jossa pyritään tunnistamaan hajautetun energiantuotannon esteet ja soveltuvat toimenpiteet sen edistämiseksi. Aluekehityksen kannalta hajautetulla energiantuotannolla nähdään olevan mahdollisuuksia etenkin haja-asutusalueiden elinkeinona ja maaseutumaisten kuntien energiaomavaraisuuden kasvattamisena.

Hajautetun energiantuotannon on mahdollista vaikuttaa positiivisesti maakunnan elinkeinorakenteeseen. Alaan liittyy monenlaisia liiketoimintamahdollisuuksia tuotantoketjun eri vaiheissa niin tuotannon kuin siihen liittyvän teknologian kohdalla. Näille luodaan hyvät edellytykset, jos Pirkanmaa onnistuu nousemaan edelläkävijäksi hajautetussa energiantuotannossa. Samalla hyvä toimintaympäristö ja markkinoiden olemassa olo vauhdittavat osaamisen kasvua pirkanmaalaisissa yrityksissä ja edistävät etenkin pk-yritysten liiketoiminta- ja T&K-edellytyksiä. Hajautetulla energiantuotannolla saadaan siis paitsi paikallista, puhdasta energiaa, myös mahdollistetaan uudenlaista liiketoimintaa ja vauhditetaan yritysten T&K-toimintaa.

Toinen tärkeä aluekehityksellinen näkökohta on maaseudun kehittäminen ja sen elinkeinorakenteen monipuolistaminen, joihin on mahdollista vastata hajautetulla energiantuotannolla. Hajautetun energian hyödyntämiseen on maaseudulla runsaasti energiaresursseja, joiden hyödyntäminen voi synnyttää työpaikkoja, kun maaseutuelinkeinot laajenevat perinteisestä maataloudesta myös energiantuotantoon (Peura & Hyttinen 2008; Huttunen 2005). Bioenergia on tunnistettu Pirkanmaan maaseudun yhdeksi mahdollisuudeksi kehittyä tulevaisuudessa (Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007–2013), ja hajautetun energian eri muotojen onkin mahdollista lisätä Pirkanmaan maaseudun elinvoimaisuutta.

Hajautetun energiantuotannon edistämiseen on poliittista tahtoa, ja tutkimusta aiheesta tehdään runsaasti (ks. luku 4). Potentiaalia tällä hetkellä käyttämättömien energiavarojen hyödyntämiseen olisi, mikä tekee hajautetusta energiantuotannosta houkuttelevan vaihtoehdon täydentämään nykyistä energijärjestelmää. Tällä hetkellä hajautetusti tuotetaan energiaa kuitenkin selvästi vähemmän, kuin mikä olisi mahdollista. Teoreettisen viitekehyksen tälle ongelmalle antaa tässä työssä polkuriippuvuus, jota käsittelen luvussa 2. Oletukseni on, että nykyinen energijärjestelmä toimii esteenä hajautetun energian hyödyntämiselle, ja sen lisäämiseksi on tehtävä tietoisia edistämistoimia, jotta potentiaali saataisiin käyttöön.

Tässä tutkielmassa tarkastelen Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon puitteita paitsi teknologisten mahdollisuuksien, etenkin toimijoiden ja toimintaympäristön näkökulmasta. Työn tärkeimpänä tavoitteena on tunnistaa toimenpiteitä, joilla hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla voitaisiin viedä eteenpäin. Johdantoluvun jälkeen esittelen luvussa 2 teoreettiset käsitteet, joihin tutkielmani pohjautuu. Luku 3 esittelee tutkimuksen toteuttamista, eli kuvaa tutkimuskysymykset, aineiston sekä tutkimusmenetelmät. Seuraavassa luvussa 4 esittelen hajautettua

energiantuotantoa osana nykyistä energiajärjestelmää sekä sen potentiaalia ja mahdollisuuksia. Luku 5 käsittelee dokumenttiaineiston pohjalta eri energianlähteitä, joita hajautetussa energiantuotannossa käytetään, sekä antaa alustavan kuvan niiden hyödyntämisestä Pirkanmaalla. Kuudennessa luvussa esitetään työn aineiston perusteella Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon esteitä ja haasteita. Luku 7 pohjautuu niin ikään tutkielman aineistoon ja esittelee toimenpiteitä, joilla hajautettua energiantuotantoa olisi mahdollista edistää. Luvussa 8 tarkastelen tuloksia työn käsitteelliseen taustaan pohjautuen, ja luku 9 esittää työn johtopäätökset.

2 Käsitteellinen tausta

Tässä luvussa esittelen teoreettisia käsitteitä, joiden valossa tarkastelen hajautettua energiantuotantoa. Nämä käsitteet tuovat näkökulman tutkielman toteuttamiselle ja ohjaavat aineiston analyysia. Ensiksi käsittelen polkuriippuvuutta, joka auttaa ymmärtämään energiasysteemin jähmeyttä hidasta muuttumista. Tutkielman aiheena on energijärjestelmän uusiutuminen, jota uusien polkujen luominen ja teknologian leviämisen malli käsittelevät.

2.1 Polkuriippuvuus

Hajautetussa energiantuotannossa on kyse vallitsevasta, keskitetystä energiantuotantojärjestelmästä poikkeavan mallin käyttöön ottamisesta. Uudenlaisen mallin synnyttämiseen, leviämiseen ja juurruttamiseen vaaditaan sekä työtä, tahtoa että aikaa, sillä olemassa olevat rakenteet tukevat vanhaa mallia, jolla on taipumus säilyä ennallaan. Tällä hetkellä siitä huolimatta, että hajautettuun energiantuotantoon on tahtoa (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008; Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta 2009; Jyrki Kataisen hallitusohjelma 2011; Pirkanmaan energiaohjelma 2007), energiareсурseja ja teknologisia ratkaisuja (Hyttinen 2005; Peura & Hyttinen 2008; Lampinen & Jokinen 2006), sen teknologiat eivät ole levinneet vallitsevaksi energiantuotannon tavaksi (WADE 2006; Kivimaa 2008; Sairinen 1987). Energijärjestelmän pysyvyyttä voidaan kuvata polkuriippuvuudella, joka rajoittaa vallitsevasta poikkeavien käytäntöjen ja ratkaisuiden syntymistä.

Polkuriippuvassa systeemissä historiassa tehdyt valinnat rajoittavat niitä ratkaisuja, joita nykyään tulevaisuuden suhteen voidaan tehdä (David 1985; Arthur 1994). Perinteisesti taloustieteissä on ajateltu, että systeemi tasoittaa itseään ja eri vaihtoehdot ovat tasa-arvoisia keskenään laskevan rajahyödyn ja negatiivisen palautteen takia. Tietyissä tapauksissa tilanne on kuitenkin päinvastainen, eli rajahyöty on kasvava, jolloin positiivinen palaute saa aikaan itseään vahvistavan kierteen ja johtaa polkuriippuvuuteen. (Arthur 1994.) Ilmiö ei koske ainoastaan teknologiaa, vaan myös ihmisten sosiaalistuminen tiettyihin olettamuksiin noudattaa samanlaista logiikkaa: asioita arvioidaan opituista olettamuksista käsin, ja nämä olettamukset suuntaavat huomion niitä tukeviin seikkoihin vahvistaen itseään (Lampel 2001, 307; Rogers 2003, 171).

Itseään vahvistavassa systeemissä uusien vaihtoehtojen on vaikea kilpailla olemassa olevan kanssa, sillä sekä teknologia että ihmisten ajatusmaailma ovat polkuriippuvia. Aiemmat, keskitettyyn energiantuotantojärjestelmään johtaneet valinnat heikentävät hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksia. Keskitetyssä mallissa tehdyt ratkaisut vahvistavat energiajärjestelmän pysyvyyttä, ja siihen tehdyt panostukset vahvistavat edelleen samanlaisessa järjestelmässä pitäytymistä.

Fyysiset rakenteet, kuten tuotantolaitokset, jakeluverkko ja muu infrastruktuuri on muodostettu keskitetyn tuotantomallin lähtökohdista. Sama koskee ei-fyysisiä rakenteita, kuten lainsäädäntöä, liiketoimintamalleja, vakiintuneita käytäntöjä, tietorakenteita ja ajatusmaailmaa. Hajautetulle energiantuotannolle nämä rakenteet eivät sovellu samalla tavoin kuin perinteisille ratkaisuille, koska hajautetussa mallissa ensinnäkin tuotantolaitokset ovat huomattavasti pienempiä ja toisekseen energiantuotannon lähtökohdat ja tavoitteet ovat erilaisia. Esimerkiksi sähkön tapauksessa sähkön siirto on usein kahdensuuntaista, voimalan omistaa yksityinen henkilö ja tavoitteena on tuottaa itse mahdollisimman suuri osuus omasta sähkökäytöstä. Lähtökohdat sähköntuotannolle ovat täysin erilaiset kuin energiayhtiön keskitetyllä laitoksella, joka tuottaa sähköä suurella teholla mahdollisimman kustannustehokkaasti myydäkseen sen sähkömarkkinoille. Tästä johtuen hajautettua energiantuotantoa on hankala sovittaa nykyiseen järjestelmään, sillä valmiita, pienimuotoiselle tuotannolle sopivia rakenteita ei ole, vaan ratkaisut on tehtävä jokaisessa tapauksessa erityisratkaisuna.

Polkuriippuvuuden käsitettä on ymmärretty sekä laajalla että kapealla tavalla. Laajempi merkitys viittaa yleisesti siihen, että menneisyyden tapahtumilla on vaikutusta nykyisiin. Tarkemmin polkuriippuvuudella tarkoitetaan sosiaalista prosessia, jossa kasvavan tuoton mekanismi johtaa itseään vahvistavaan ilmiöön. (Pierson 2000, 252; Djelic & Quack 2007, 163.) Pierson (2000) kritisoikin polkuriippuvuutta käytetyn liian laajassa merkityksessä, jolloin sen käyttökelpoisuus ja kyky selittää ilmiöitä katoaa. Myös Vergnen ja Durandin (2010) mukaan polkuriippuvuuden käsitettä on käytetty liian laajasti, jolloin se on päätenyt kuvaamaan mitä tahansa tilannetta, jossa historia vaikuttaa nykyhetken lopputulemaan. Erotuksena muista teorioista he määrittelevät polkuriippuvuuden sattumanvaraisena prosessina, joka tapahtuu ennustamattomana, jolla on itseään vahvistava taipumus ja joka ilman ulkopuolista vaikutusta johtaa lukkiutumiseen tiettyyn teknologiaan tai muuhun ratkaisuun.

Sattumanvaraisuus ja ennustamattomuus aiheuttavat sen, että on mahdollista valita huono ratkaisu, joka vaikuttaa kehitykseen vielä pitkään valinnan jälkeenkin (David 1985; Arthur 1992; Djelic & Quack 2007, 163). Teknologian näkökulmasta tarkasteltuna uudet, uusiutuvan energian ratkaisut näyttäisivät usein paitsi vähentävän päästöjä, myös alentavan kustannuksia. Kansantalouden tasolla kustannukset näyttäisivät kuitenkin korkeilta. Alhaalta ylös -näkökulma antaa siis erilaisen käsityksen teknologioiden mahdollisuuksista kuin ylhäältä alas katsottuna. (Unruh 2000, 818; Lovio ym. 2011, 275.) Tätä vasten tarkasteltuna hajautetun energiantuotannon yleistymisen kannalta on vain vähän merkitystä sillä, onko hajautettu järjestelmä keskitettyä tehokkaampi ja parempi vai ei. Polkuriippuvuuden mukaisesti paras vaihtoehto ei välttämättä tule valituksi, vaan valinnan perusteena voi olla hyvinkin sattumanvaraiset asiat. (Arthur 1994; David 1985.)

Energiajärjestelmän historiallinen kehitys on johtanut keskittyneeseen energiantuotantomalliin, joka puolestaan vaikuttaa siihen, millä tavoin energiaa nykyään tuotetaan ja millaisia ratkaisuja voidaan tehdä. Energiantuotanto oli ennen teollistumista ja teollisuuden alkuaikoina hajautunutta ja uusiutuviin lähteisiin perustuvaa, mutta myöhemmin sähkön yleistymisen ja sen hyvät siirtomahdollisuudet johtivat keskittyneeseen energiajärjestelmään ja samalla siirtymiseen fossiilisiin polttoaineisiin (Sairinen 1987). Keskitetty lämmöntuotanto on kehittynyt sähköntuotantojärjestelmän rinnalle. Kolme neljäsosaa kaukolämpöenergiasta tuotetaan yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa (VTT 1999, 71), joten keskitettyyn lämmöntuotantoon vaikuttaa sähköntuotantojärjestelmän kehitys.

Sähköverkon oli kuitenkin alun perin mahdollista kehittyä toisellakin tapaa. Vuonna 1882 Edison esitteli Yhdysvalloissa ensimmäisen sähköverkon, joka perustui tasavirtaiseen sähkөөn. Haastajaksi kehittyi vaihtovirtainen sähkö, ja vuosina 1887–1892 nämä kaksi kilpailivat keskenään siitä, kumpi yleistyisi sähköverkoston rakentamisessa. Molemmissa tavoissa oli etuja ja haittoja, joten periaatteessa kumpi tahansa olisi voitu valita. Vaihtovirtainen sähköverkko mahdollisti laajemmat siirtomatkat ja ohjasi siten keskittyneeseen ratkaisuun, kun taas tasavirta oli tehokkaampaa, mutta siirtomatkat olivat rajallisia. Siten vaihtovirran valinta on johtanut nykyiseen keskittyneeseen sähköntuotantomalliin, kun tasavirta olisi vaatinut hajautetun järjestelmän. (Unruh 2000, 821.) Sähköntuotantomme vaikuttaa tällä hetkellä siis jo 1800-luvun lopulla tehty valinta, jota on vahvistanut teollistumisen aiheuttama huomattava energiantarpeen kasvu.

Itseään vahvistava ominaisuus ja kasvavat tuotot ovat ilmiöitä, jotka synnyttävät polkuriippuvuuden. David (1985) ja Arthur (1994) ovat eritelleet mekanismeja, joiden seurauksena polkuriippuvissa ilmiöissä itsensä vahvistaminen tapahtuu. David (1985) viittaa *suuruuden ekonomiaan, investointien näennäiseen peruuttamattomuuteen* sekä *keskinäisriippuvuuteen*. Arthur (1994) erottaa itseään vahvistavista mekanismeista *suuret kiinteät kustannukset, oppimisvaikutukset, koordinoitivaikutukset* sekä *itseään vahvistavat odotukset*. Nämä mekanismit ovat paikoin päällekkäisiä ja kuvaavat samanlaisia vaikutuksia. Mekanismit perustuvat pääasiassa kahteen aihealueeseen: taloudellisiin seikkoihin sekä riippuvuussuhteisiin muiden toimijoiden kanssa. Arthur viittaa lisäksi ihmisten uskomuksiin ja odotuksiin, joita Lampelkin (2001) käsitteli.

Taloudellisessa mielessä sekä sidotut pääomat että tehokkuuteen pyrkiminen ohjaavat pysymään siinä valinnassa, joka kerran on tehty. Kun investointeja on tehty paljon, eli kiinteät kustannukset ovat suuret, vaihtoehtoihin ratkaisuihin ei haluta panostaa, sillä silloin ei olisi mahdollista hyödyntää jo tehtyjä investointeja (Arthur 1994). Davidin (1985) mukaan siis investoinnit nähdään peruuttamattomina ja toisiin ratkaisuihin on hankalaa ja hidasta siirtyä, vaikka se voisi olla nykyistä parempikin. Oppimisvaikutukset (Arthur 1994) tarkoittavat, että käyttökokemukset yhdessä teknologiassa vähentävät seuraavaa saman ratkaisun hintaa. Sellaisesta järjestelmästä, johon on investoitu paljon ja jota osataan hyödyntää tehokkaasti, ei siis haluta luopua uuden, mahdollisesti tehokkaamman takia.

Energiajärjestelmässä pääomavaltaisuus ja siitä johtuva hidaskäyttö ovat yksi suuri syy vahvaan polkuriippuvuuteen. Lovio ym. (2011, 277) näkevät energiajärjestelmässä suuret kiinteät kustannukset sekä oppimisvaikutukset selvinä polkuriippuvuuden aiheuttajina. Suuret kiinteät kustannukset ovat ominaisia energiantuotannossa, mutta etenkin energian siirron, eli sähköverkon ja polttoaineiden jakeluverkoston kohdalla. Oppimisvaikutukset ilmenevät alenevina kustannuksina energiantuotantoyksikkö kohti, kun tuotantomäärät kasvavat ja kokemus lisääntyy.

Koordinoitivaikutukset, eli riippuvuussuhteet muiden toimijoiden kanssa kannustavat yhden teknologisen polun vahvistumiseen. Kun muut toimijat valitsevat tietyn ratkaisun, ympärille alkaa kehittyä siihen liittyvää muita toimintoja, niin teknologisia kuin inhimillisiäkin. Siksi yleinen ratkaisu on yksittäisen toimijan kannalta houkuttelevampi kuin harvinainen. (David 1985.) Teknologian kehityksen alkuvaiheessa toimijoilla onkin pyrkimys päästä mukaan siihen ratkaisuun, josta tulee standardi. Tuotteen ei tarvitse olla teknologiatuote, vaan riippuvuusvaikutus koskee

myös palveluita ja sosiaalisia innovaatioita. Olennaista on tietyn ratkaisun yleistyminen vallitsevaksi tavaksi (engl. dominant design). Esimerkkejä tästä on paljon, mainittakoon vaikka Windows-käyttöjärjestelmä, Facebook sosiaalisen median foorumina tai rakennusalalla betonilaattojen suunnittelu tietyn standardin mukaisesti. Kaikkia näitä koskee se, että yksittäisen ihmisen kannalta on hyödyllistä valita yleisin ratkaisu. Lisäksi esimerkkeihin liittyy muita toimintoja tai tuotteita, joiden yhteensopivuus standardin kanssa on olennaista.

Unruh (2000) mukaan koordinoituaikutuksia syntyy myös rahoituskanavien sekä yhdistysten ja koulutuksen seurauksena. Rahoituksessa menestyvät alat käyttävät yleensä vallalla olevaa tapaa sen tuomien hyötyjen vuoksi. Tällöin niillä on omia resursseja kehittää toimintaansa, jolloin rahaa suuntautuu vallalla olevan toimintatavan vahvistamiseen. Myös ulkopuoliset rahoituslaitokset vahvistavat sitä, kun riskejä, eli uusia tulokkaita pyritään välttämään. Toimialan yhdistykset taas toimivat vallalla olevan edunvalvojina, ja koulutus perustuu menneisyydestä saatuun kokemukseen, eli hyvät ja samalla vakiintuneet toimintatavat siirtyvät sitä kautta uusille alan osaajille.

Lovion ym. (2011, 277–278) mukaan energiajärjestelmässä tietyn ratkaisun ympärille muodostunut verkosto ja osaaminen sekä siihen muodostetut standardit vahvistavat energiajärjestelmän pitävyyttä olemassa olevissa ratkaisuissa. Koordinointivaikutukset ovat energia-alalla selviä, koska eri toiminnot (tuotanto, myynti, jakelu, siirto) ovat riippuvaisia toisistaan.

Itseään vahvistavat odotukset tarkoittavat merkitsevät sitä, että tietyn ratkaisun yleistyessä sen tulevaan kehitykseen uskotaan (Arthur 1994, 112). Ihmisten positiivisilla odotuksilla ja luottamuksella hajautetun energian teknologioihin on huomattava merkitys, sillä tämä luottamus on edellytys investoinneille ja muulle panostamiselle. Energiajärjestelmässä itseään vahvistavat odotukset ilmenevät ihmisten luottamuksen kasvamisena, kun jokin energiaratkaisu on päässyt markkinoille. Lisäksi ne ovat sidoksissa koordinoituaikutuksiin, sillä luottamuksen kasvaessa käyttäjiä tulee lisää, mikä lisää verkostohyötyjä. (Lovio ym. 2011, 278.)

Polkuriippuvuus rajoittaa uuden energiajärjestelmän luomista. Hajautettu energiantuotanto eroaa olennaisesti vallitsevasta energiantuotannon tavasta, joten sille ei ole samanlaisia valmiita toimintamalleja, toimitusketjuja tai mielikuvia tehokkaasta toiminnasta kuin keskitetyn tuotannon kohdalla on. Keskitetyn mallin itseään vahvistava ominaisuus on esteenä muiden ratkaisujen yleistymiselle. Energiajärjestelmä on moniin muihin systeemeihin verrattuna hidas muuttumaan,

koska sen uudistamiseksi tarvittaisiin suuria investointeja (Lovio ym. 2011, 283). Nykyiset tuotantolaitokset tullaan mitä todennäköisimmin käyttämään niiden eliniän loppuun asti. Niihin liittyviä muita toimintojakaan ei ole intressejä ajaa alas tai muuttaa radikaalisti toisenlaiseen järjestelmään sopivaksi, ja esimerkiksi sähköverkkoon liittyy tuotantoakin suuremmat upotetut pääomat. Siten hajautettua energiantuotantoa voidaan ainakin tällä hetkellä tehdä vain osana nykyistä energianjärjestelmää. Tämä alaluku on kuvannut, miksi energijärjestelmä on jähmeä tai hidas muuttumaan. Seuraavassa alaluvussa hajautetun energian mahdollisuuksia kehittyä keskitetyn järjestelmän rinnalla tarkastellaan lähemmin.

2.2 Polkujen luominen

Polkuriippuvuus kuvailee, minkä takia energijärjestelmän uusiutuminen on hidasta ja jähmeää. Energia-asioihin liittyy tällä hetkellä kuitenkin voimakas muutoksen paine. Polkuriippuvuus tosin jarruttaa muutosta, mutta mahdollisuuksia järjestelmän uudistamiseen on. Tämä vaatii tietoista ponnistelua yhteiskunnan usealta eri taholta. Polkujen luomisen käsitteellä voi tarkastella sitä, miten uusille toimintatavoille tai teknologioille raivataan tietä ja luodaan mahdollisuuksia.

Polkuriippuvuus ja polkujen luominen käsittelevät itse asiassa samaa ilmiötä, mutta eri näkökulmista. Lovio ym. (2011) kuvaavat uusien teknologioiden ja toimialojen kehitystä kamppailuna uuden ja vanhan välillä, joista polkuriippuvuus tukee vanhaa ja polkujen luominen uutta. Polkuriippuvuus kuvaa sattumanvaraisten, historiallisten tapahtumien johtamista yhteen teknologiaan lukkiutumiseen, kun polkujen luominen auttaa ymmärtämään, miten aktiiviset toimijat voivat purkaa lukkiutumisen (Garud & Karnøe 2001). Hajautetussa energiantuotannossa polkuriippuvuus asettaa tietyt rajoitukset sille, mitä voidaan tehdä ja missä määrin. Polkujen luominen taas kuvaa niitä tekoja, joita hajautetun energiantuotannon edistämiseksi ja lisäämiseksi tehdään.

Polkujen luominen kuvaa aktiivisten toimijoiden uuden toimintatavan luomista toimialan rakenteista käsin. Vanhoista tavoista poiketaan tietoisesti, vaikka se luo tehottomuutta nykyiseen järjestelmään. Poikkeamisessa ei kuitenkaan ole välttämättä kyse radikaaleista, nopeista muutoksista vaan ennemminkin asteittaisista muutoksista, jotka toteutetaan yhdessä eri toimijoiden kanssa. Kukin toimija antaa omasta asemastaan käsin panoksensa uuden polun aikaan saamiseksi, jolloin polkua rakennetaan samanaikaisesti eri suunnista. (Garud & Karnøe 2001.) Verkoston

yhteisvaikutus on olennaista, koska kokonaisten systeemien siirtymiin tarvitaan muutoksia eri tasoilla ja aloilla (Geels 2002). Tärkeiden toimijoiden aktivoiminen ja mobilisoiminen muutosvoiman aikaansaamiseksi on avainkohta uuden polun luomisessa. Yksittäinen muutosta haluava yrittäjä voi siksi saada aikaan uuden polun luomisen mobilisoimalla muut toimijat mukaan. (Garud & Karnøe 2001.) Jos hajautettua energiantuotantoa pyritään ulkopuolelta lisäämään, onkin vaikutettava ainakin välillisesti monipuolisesti useisiin eri toimijoihin. Toisaalta jos toimijoilla on oma motivaatio luoda hajautetun energiantuotannon polkua, sitä voidaan edistää parantamalla näiden toimijoiden toimintamahdollisuuksia ja puitteita.

Hajautetun energiantuotannon kohdalla polkujen luomisessa on hyvä huomata, että se ei ole kokonaan syrjäyttämässä keskitettyä mallia, eli keskitetty ja hajautettu energiantuotantojärjestelmä eivät ole toisiaan poissulkevia. Hajautetusti olisi tällä hetkellä tuskin mahdollista järjestää koko yhteiskunnan tarvitsemaa energiantuotantoa. Sen sijaan hajautettua energiantuotantoa olisi mahdollista lisätä merkittävästi täydentämään nykyistä keskitettyä mallia. Nykyisellä kasvuvauhdilla maailmanlaajuisen hajautetusti tuotetun energian on arvioitu yltävän 20 prosenttiin vuoteen 2025 mennessä (WADE 2006, 10). Dolatan (2009, 1067) mukaan innovaatiot, jotka on mahdollista sulauttaa sosioekonomiseen ja institutionaaliseen systeemiin, eivät muuta sosioteknistä rakennetta. Sen sijaan ne aiheuttavat epävakautta siinä vuorovaikutuksessa, joka on hioutunut teknologisten toimijoiden, sosioekonomisten rakenteiden, markkinoiden, instituutioiden ja muiden toimijoiden välille. Hajautettu järjestelmä ei siten muuttaisi radikaalisti energiajärjestelmää, vaan sulautuisi osaksi sitä. Muutosta ei pidä kuitenkaan vähätellä, sillä keskitetyssä energiantuotannossa vallitsevan toimintakulttuurin, vuorovaikutuksen ja vakiintuneiden käytäntöjen hioutuminen tehokkaaksi järjestelmäksi sisältää etuja, joista halutaan pitää kiinni ja niiden horjuttaminen koettaneen uhkana nykyisille energia-alan toimijoille.

Polkujen luomisen voi nähdä eri vaiheita sisältävänä prosessina, jossa osat limittyvät toisiinsa ja ovat päällekkäisiäkin. Heiskanen ym. (2011) näkevät prosessissa kolme tärkeää kohtaa:

- vanhojen polkujen horjuttamisen
- uuden polun vahvistamisen ja
- verkoston tehokkaan käytön.

Vanhaa polkua voi heidän mukaansa horjuttaa tietoisuutta lisäämällä, herättämällä uudenlaisia arviointikriteerejä ja korostamalla muuttuneita olosuhteita. Lisäksi on löydettävä vaihtoehtoisia tapoja tavoittaa asiakkaat. Hajautetussa energiantuotannossa keskitettyä, vanhaa mallia voidaan horjuttaa *lisäämällä tietoisuutta* pienimuotoisesta energiantuotannosta. Näin voidaan murtaa ajattelutapa, jossa energia ostetaan suoraan suurilta energiayhtiöiltä. Sen sijaan uudentyyppiset lähienergiapalvelut tai oma energiantuotanto voisivat muodostua todelliseksi vaihtoehdoksi. Tämä vaatii kuitenkin ensimmäisenä askeleena vähintään sitä, että ihmiset ovat tietoisia vaihtoehdoista. *Uudenlaiset arviointikriteerit* tarkoittavat energiamuotojen arvioimista muun kuin pelkän hinnan perusteella. Potentiaalisia vaihtoehtoja arviointikriteereiksi voisivat olla huoltovarmuus ja omavaraisuus sekä hinnan ennustettavuus perinteiseen ostosähköön tai -lämpöön verrattuna. Ympäristöarvot voivat lisäksi olla yksi arviointikriteeri, mutta niiden vaikutus ostopäätökseen on epäselvä. Esimerkiksi Verplanken ja Holland (2002) ovat todenneet ympäristöasioilla olevan vaikutusta ainoastaan, jos ympäristöarvot ovat kuluttajalle henkilökohtaisesti tärkeitä. *Muuttuneiden olosuhteiden korostaminen* liittyy uusiin arviointikriteereihin, sillä muuttuneita olosuhteita ovat riippuvuus sähköstä ja öljyn ja sähkön hinnan huonosti ennustettava hintakehitys. Siten uusilla arviointikriteereillä vastataan näihin ongelmiin.

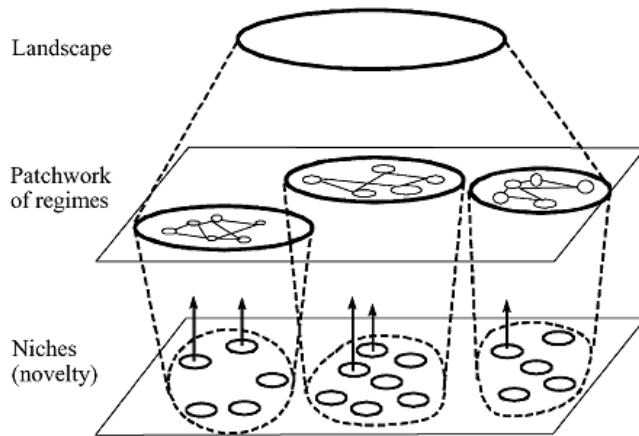
Asiakkaiden tavoittaminen on haaste hajautetussa energiantuotannossa. Tällä hetkellä oma tuotanto ei ole tasavertainen tai välttämättä edes realistinen vaihtoehto ostoenergiaan nähden. Siksi olisi tunnistettava tahot, jotka hajautettua energiaa voisivat tuottaa. Toisaalta liiketoimintaa ja asiakkuuksia voi syntyä myös muuhun kohti arvoketjua kuin pienvoimaloiden myyntiin. Energiantuottajan on löydettävä asiakas tuottamalleen energialle, jos hän haluaa hyötyä tuottamastaan energiasta muutenkin kuin oman energialaskun pienenemisenä. Myös energianlähteen hankinta, kuljetus ja jalostus ovat potentiaalisia kohtia uudelle liiketoiminnalle, jossa asiakkaat on löydettävä niin ikään ilman jo olemassa olevaa asiakaskantaa.

Uuden polun vahvistaminen tarkoittaa kilpailukyvyn parantamista toisaalta vanhaan ratkaisuun nähden, mutta myös rinnakkaisiin, kilpaileviin uusiin ratkaisuihin verrattuna. Heiskasen ym. (2011) mukaan polkua voidaan vahvistaa *alkuun alennetulla hinnalla, uuden ratkaisun luotettavuutta lisäämällä* tai *soluttamalla uusi ratkaisu osaksi muita kokonaisuuksia*. Hinnan alennus on uusien yritysten kohdalla hankalaa, sillä se tekee helposti jo muutenkin epävarman alkuvaiheen liiketoiminnan kannattamattomaksi. Kaksi jälkimmäistä keinoa lienevätkin yleisempiä keinoja. Luotettavuuden lisäämiseksi Heiskasen ym. ehdottavat yhteistyötä muiden organisaatioiden kanssa

ja todistusta luotettavuudesta takuiden, todistusten tai referenssien avulla. Onnistuneet pilottikokeilut referenssinä olisivatkin eräs keino, jolla lisättäisiin sekä tietoisuutta että luotettavuutta hajautetusta energiasta. Onnistuneet kokeilut ovat edellytys myös Heiskasen ym. esittämälle kolmannelle keinolle, jossa uusi ratkaisu upotetaan muihin prosesseihin tai systeemeihin. Esimerkiksi biokaasun hajautettu tuotanto voisi integroitua liikennekäyttöön sen jakeluinfrakstruktuurin avulla, tai rakennusmateriaaleina käytettävät aurinkopaneelit integroituisivat rakentamisen käytäntöihin ja fyysiseen rakennettuun ympäristöön.

Verkostot ja niiden mobilisoiminen ovat avainasemassa uusien polkujen luomisessa (Garud & Karnøe 2001). Heiskanen ym. (2011) näkevät verkostojen potentiaalina pienten, erillisten yritysten tai projektien voimien yhdistämisen. Tällöin on tärkeää, että verkostossa on niin kutsuttuja välittäjiä, jotka luovat yhteyksiä eri toimijoiden välille ja yhtenäistävät muuten hajanaista kenttää.

Polkujen luomisen avulla voi katsoa, millä tavoin toimijaverkosto voi edesauttaa uuden vaihtoehdon yleistymistä. Näitä ovat Heiskasen ym. (2011) mukaan vanhan polun horjuttaminen ja uuden polun vahvistaminen edellä kuvatuilla tavoilla. Energiasysteemi, jossa hajautetun energiantuotannon polkua luodaan, on osa yhteiskuntaa ja sidoksissa omiin sekä muiden toimialojen rakenteisiin. Geelsin (2002) monitasoisen yhteiskunnan siirtymien mallilla voi tarkastella sitä, miten energiajärjestelmä sijoittuu laajempaan yhteiskunnalliseen kontekstiin. Mallissa (kuva 1) regiimit kuvaavat toimialojen yhteisistä käytännöistä ja säännöistä koostuvia ja löyhästi toisiinsa sidoksissa olevia sosiaalisia ryhmiä. Ne toimivat tavallaan porttina sille, mikä voi yleistyä, ja pitävät yllä järjestelmän stabiilisuutta. Innovaatiot, eli vaihtoehtoiset ratkaisut syntyvät lokeroissa ja levitäkseen niiden on saatava aikaan muutos regiimeissä. Tämän muutoksen tilausta säätelee yhteiskunnallinen maisema, eli yhteiskunnan megatrendit.



Kuva 1 Geelsin monitasoinen teknologisten siirtymien malli (Geels 2002, 1261)

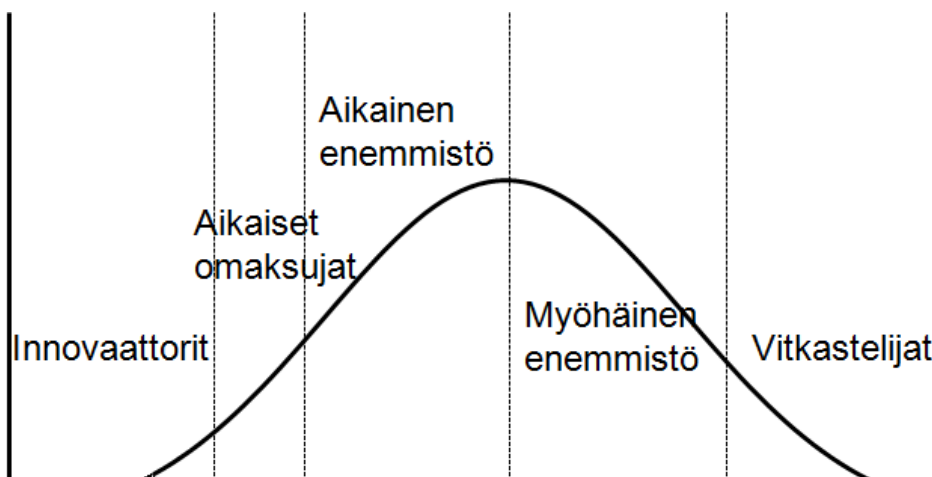
Energiajärjestelmässä energia-ala ja sen toimijat muodostavat yhden regiimin, joka on kytkeytynyt osin myös muihin regiimeihin Geelsin mallin keskimmaisella tasolla. Polkuja luodessa muutetaan näitä regiimejä ja niiden toimintatapoja, mutta sekä polkuriippuvuuden näkökulmasta että Geelsin mukaan nämä tavat ovat jähmeitä muuttamaan. Polkuriippuvuuden käsite kuvailee tarkemmin sitä, miksi näin on. Hajautetussa energiatuotannossa käytettävät teknologiat kumpuavat Geelsin mallin mukaisesti lokeroista, joista lähtevät radikaalit innovaatiot pyrkivät leviämään ja aiheuttamaan muutosta regiimeissä. Kun ajatellaan energia-alan muutosmahdollisuuksia, yhteiskunnallisen maiseman voidaan ajatella tukevan muutosta, koska alalla kaivataan uusia ratkaisuja energian riittävyyden ja ympäristöongelmien ratkaisemisen turvaamiseksi. Tällä hetkellä hajautetun energiantuotannon teknologia-innovaatiot luovat muospaineita regiimeihin alhaalta ylös, ja maisemataso tukee tätä muutosta ylhäältä päin. Seuraava alaluku kuvailee innovaatioiden leviämistä. Geelsin mallin mukaan innovaation leviämisen voi nähdä yhtenä teknologisenä innovaationa, joka kumpuaa alimman tason lokeroista ja leviämisen onnistuessa muuttaa regiimitasoa.

2.3 Innovaatioiden diffuusio

Teknologian leviäminen alkaa innovaatiosta, joka luo vaihtoehdon nykyiselle ratkaisulle. Tämä alaluku kuvaa uuden teknologian yleistymistä leviämismallien mukaan. Menestyneiden innovaatioiden on nähty käyvän läpi samantyyppiset vaiheet, joilla on tiettyjä säännönmukaisuuksia, ja näiden vaiheiden avulla voidaan arvioida myös hajautetun energiantuotannon teknologioiden tilaa.

Rogers (2003) kuvaa teknologian diffuusiota S-käyrällä, jossa alkuvaiheen kehitys on hidasta kiihtyen kasvavaksi ja hidastuen taas lopussa. Alussa teknologian omaksujia on vähän, mutta informaation levitessä heitä tulee lisää, jolloin kasvu alkaa kiihtyä. Loppuvaiheessa kasvu hidastuu, kun uusia omaksujia ei enää ole samoin kuin alkuvaiheessa.

S-käyrä johtuu Rogersin mallissa käyttäjätyypeistä, jotka omaksuvat innovaation tietyssä järjestyksessä (kuva 2). Käyttäjätyytit eroavat siinä, miten innokkaasti ja millä perusteella he ottavat käyttöön uutta teknologiaa. Innovaattorit ovat innostuneita uudesta teknologiasta ja ottavat sen käyttöön teknologian itsensä takia. Aikaiset omaksujat ovat edelläkävijöitä omassa yhteisössään ja pyrkivät uudistajina hyötymään uudesta innovaatiosta, kun aikainen enemmistö seurailee ja imitoi muiden toimintaa tavoitteenaan tehostaa omaa toimintaansa. Myöhäinen enemmistö on skeptinen ja ottaa uuden teknologian käyttöön vasta, kun muut ovat sen testanneet, ja vitkastelijat välttävät mielellään kokonaan muutoksia ja omaksuvat innovaation vasta, kun se alkaa vaikuttaa välttämättömältä.

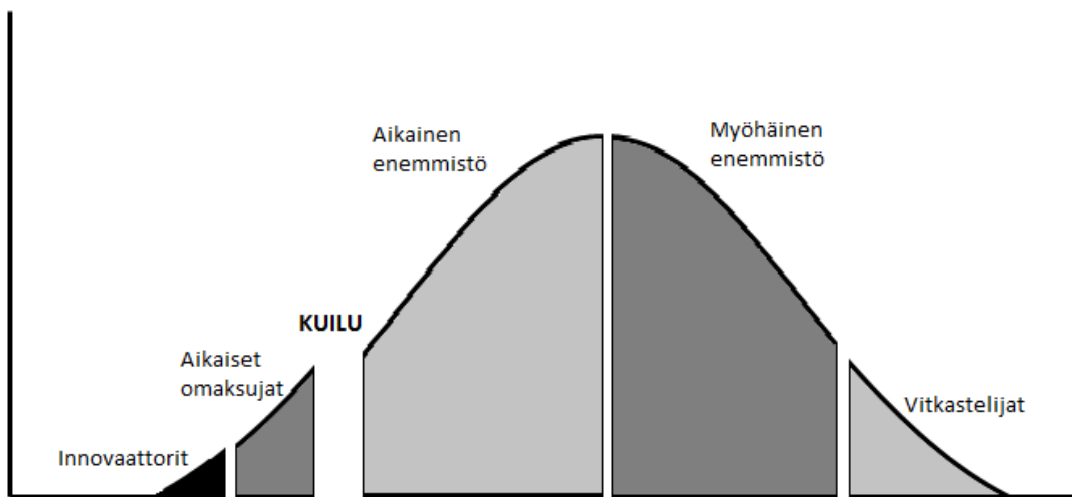


Kuva 2 Rogersin malli innovaation leviämisestä Lähde: Rogers 2003, 281

Erityyppiset kuluttajat ottavat innovaation käyttöön järjestyksessä vasemmalta oikealle, ja näiden seurauksena innovaatio leviää kumulatiivisesti S-käyrän mukaisesti. Moore (2007) kuvaa Rogersin tavoin käyttäjiä samanlaisissa segmenteissä. Hän korostaa eroa innovaattoreiden ja aikaisten omaksujien – aikaisten markkinoiden – sekä aikaisesta enemmistöstä alkavien päämarkkinoiden välillä, ja kuvaa näiden markkinoiden väliä kuilulla (kuva 3). Mooren ajatuksena on, että aikaisessa vaiheessa teknologiasta ovat kiinnostuneita innovaattorit, jotka ostavat tuotteen sen teknologian

itsensä takia. Tämän jälkeen aikaiset omaksujat ostavat tuotteen tarkoituksenaan hyödyntää sitä edelläkävijänä. Nämä kaksi ryhmää muodostavat aikaiset markkinat tuotteelle. Päämarkkinat toimivat kuitenkin eri logiikalla kuin aikaiset markkinat, minkä takia kuilun ylittäminen on haastavaa.

Rogersin ja Mooren mallia on sovellettu pääasiassa kuluttajatuotteiden leviämisessä, mutta myös yritysten välisessä kaupankäynnissä. Hajautetun energiantuotannon kohdalla merkittävää on, että monia teknologioita säädelään lainsäädännöllisin keinoin sekä tukiratkaisuilla että toisaalta lupavaatimuksilla. Tällä voi olla vaikutusta siihen, leviävätkö hajautetun energiantuotannon teknologiat mallin mukaisesti.



Kuva 3 Teknologian omaksumisen elinkaarimalli. Lähde: Moore 2007, 45

Rogersin (2003) mukaan innovaation leviämisen nopeuteen vaikuttaa viisi tekijää: suhteellinen hyöty, yhteensopivuus, kompleksisuus, testattavuus ja näkyvyys. Hajautetun energiantuotannon teknologioissa suhteellinen hyöty tarkoittaa niitä seikkoja, joiden perusteella käyttäjien lähellä tuotettu energia on keskitettyä parempaa. Näitä voivat olla taloudelliset seikat, mutta myös toisenlaiset arviointikriteerit, joita Heiskasen ym. (2011) mukaan uuden polun luominen vaatii. Yhteensopivuus tarkoittaa sitä, miten hajautetun energiantuotannon innovaatiot ovat sovellettavissa nykyisessä energiajärjestelmässä, ja kompleksisuus, miten hankalaa tämä on tehdä. Testattavuudella tarkoitetaan sitä, onko innovaatiota mahdollista kokeilla pienemmässä muodossa ennen täydellistä käyttöön ottoa ja näkyvyys sitä, miten hyvin innovaation tulokset ovat havaittavissa. Rogersin

mukaan innovaatio leviää sitä nopeammin, mitä suurempi suhteellinen hyöty, yhteensopivuus, testattavuus ja näkyvyys sillä on, ja mitä vähemmän se on kompleksinen.

Innovaatiot voivat siis levitä eri tahtia, mutta on myös huomattavaa, että suurin osa innovaatioista epäonnistuu, mikä tarkoittaa, etteivät ne leviä lainkaan. Siten nämä teknologiat pysähtyvät Mooren kuvaamaan kuiluun, eikä leviäminen jatku, kun päämarkkinoille ei päästä. Tällä hetkellä voisi ajatella joidenkin teknologioiden olevan innovaattoreiden ja joidenkin aikaisten omaksujien vaiheessa. Esimerkiksi aurinkosähköpaneelit ovat yleistyneet tietyissä yhteyksissä; syrjäisten kesämökkien sähköistämiskäytös ne ovat olleet käytössä jo pitkään. Geelsin (2002) mallin mukaan ne ovat yleistyneet suojatussa lokerossa, eli erikoissovelluksena syrjäseudulla. Teknologian diffuusion mallin mukaan laajempi leviäminen on vasta aluillaan. Jotkut yksittäiset innovaattorit tai aikaiset omaksujat ovat saattaneet asentaa aurinkopaneelin demonstraatioluontoisena kokeiluna, mutta ryhmä on ainakin toistaiseksi hyvin marginaalinen. Sama koskee monia muita hajautetun energiantuotannon teknologioita, tuulivoimalat mahdollisesti poikkeuksena (ks. luku 5.4). Aikaisia markkinoita on olemassa, mutta päämarkkinoille ei ole vielä päästy.

Lesterin ja Hartin (2011) mukaan energia-alalla uudet tuotantotavat ovat tällä hetkellä demonstraatio- tai aikaisen käyttöön oton vaiheessa, josta siirtymä käytönaikaiseen parantamiseen on vaikea. Tätä voisi verrata Rogersin ja Mooren siirtymään aikaisilta markkinoilta päämarkkinoille, mutta Lester ja Hart kuvaavat ilmiötä siitä, millaisia innovaatioita kussakin vaiheessa tehdään (Kuva 4).

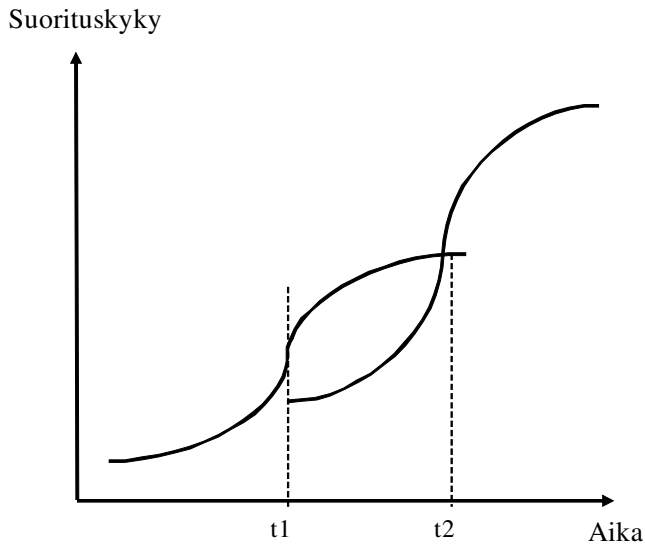
	Option creation	Demonstration	Early adoption	Improvement-in-use
First wave (crests in 2010–2020)				Energy efficiency
Second wave (crests in 2020–2050)		Low-carbon electricity supply	Low-carbon electricity supply	
Third wave (crests after 2050)	Energy breakthroughs			

Kuva 4 Energiainnovaatioiden kehitys tällä hetkellä. Lähde: Lester ja Hart 2011, 52

Toisaalta on hyvä pitää mielessä, että niin innovaation leviämistä kuin kehitystäkin kuvaavat S-käyrät koskevat vain onnistuneita tapauksia (Geroski 2000, 629). Suuri osa innovaatioista kuitenkin ei onnistu leviämään, vaan pysähtyy s-käyrän alkuun, joten hajautetun energiantuotannon teknologioissakaan ei pidä ottaa S-käyrän mukaista leviämisen mallia annettuna. Päämarkkinat onnistuu saavuttamaan vain pieni osa innovaatioista, joten myös hajautetussa energiantuotannossa on todennäköistä, että siihen kehitellyistä teknologioista osa kompastuu Mooren esittämään kuiluun ja leviäminen pysähtyy.

Geelsin (2002) kuvaama teknologinen siirtymä tarkoittaa edelliseltä S-käyrältä poistumista ja uudelle siirtymistä (kuva 5). Samalla voidaan tarkastella suorituskyvyn parantumista teknologian kehityksessä. Uusi teknologia haastaa vanhan, ja näiden kahden kehitystä kuvan 5 kaksi s-käyrää kuvaavat. Yhdeltä käyrältä siirtyminen toiselle tarkoittaa yleensä hetkellistä suorituskyvyn laskua, sillä uusi teknologia ei ole vielä hioutunut käytössä samoin kuin vanha. Uudella teknologialla on kuitenkin suuri potentiaali kehittymisessä, joten nopean kasvun aikana sen on mahdollista ylittää vanhan teknologian käyrä. (Utterback 1994, 158–160.)

Koska käyrältä toiselle siirtyminen alentaa hetkellisesti suorituskykyä, uusi teknologia voi näyttäytyä epähoukuttelevana. Uuden ratkaisun käyttöön otto tarkoittaa epävarmuuden sietämistä ja jonkinlaisia kompromisseja. Uuteen kehitykseen pääseminen vaatii siis, että hyväksytään hetkittäinen tehokkuuden alentuminen. Uusi polku tarkoittaa yleensä uuden teknologian käyttöönottoa, mitä kuvataan kuvan 5 siirtymisenä yhdeltä käyrältä toiselle. Alussa (aika t_1) uuden teknologian suorituskyky voi olla vanhaa alhaisempi, mutta vanhalla teknologialla tai polulla ei olisi mahdollista saavuttaa samanlaista kehitystä. Ajan hetkellä t_2 käyrät leikkaavat, eli uudesta teknologiasta tulee vanhaa parempi. Suorituskyky voi tässä tarkoittaa kustannuksia, mutta toisaalta myös toisenlaisia tekijöitä, kuten tehokkuutta tai sosiaalista tavoiteltavuutta.



Kuva 5 Teknologian kehitys ja epäjatkuvuuskohdat Utterback 1994, s. 159

Teknologian kehityksen epäjatkuvuuskohdissa siirtymät vaativat tietoista päätöstä, joka voi olla vaikea tehdä siihen liittyvän epävarmuuden takia. Toisaalta kehitys ei todellisuudessa läheskään aina noudata tällaista yksinkertaistettua mallia, vaan käyrien muoto, suhde toisiinsa ja leikkauskohtien määrä voi olla erilainenkin (Sood & Tellis 2005). Olennaista mallissa on se, että hajautetun energiatuotannon teknologioiden yleistymiseen vaaditaan siirtymää vanhasta kehityksestä uuteen, joka voi aluksi olla vanhaa teknologiaa heikompi. Uudella käyrällä on potentiaalia kehittyä vanhaa paremmaksi, mutta sinne siirtyminen vaatii rohkeutta. Toisaalta, kuten Rogersin ja Mooren teknologian leviämisen mallit osoittavat, teknologialla on vaara pysähtyä, jos se ei onnistu leviämään useille eri käyttäjätyypeille, tai toisin sanoen ylittämään kysynnän kuilua (Moore 2007).

3 Tutkimuksen toteuttaminen

Tässä luvussa kerron tutkimuskysymykseni, kuvaan aineiston, jonka avulla aion vastata tutkimuskysymyksiin, sekä esitän käyttämäni metodit tutkimuksen toteuttamisessa.

3.1 Tutkimuskysymys

Tutkimuskysymykseni koskee Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon edistämistä. Pirkanmaalla on tahtoa ja resursseja lisätä hajautettua energiantuotantoa, ja olen kiinnostunut siitä, mitkä toimijat voivat toimia asian eteen konkreettisesti ja miten. Tutkin pirkanmaalaista energiajärjestelmää ja pyrin selvittämään, millaiset puitteet se tarjoaa hajautetulle energiantuotannolle ja sen hyödyntämiselle, ja miten näitä puitteita voisi parantaa. Lähestyn ongelmaa toimijoiden näkökulmasta. Tavoitteena on selvittää hajautetun energiantuotannon tärkeimpiä toimijoita ja heidän mahdollisuuksiaan vaikuttaa energia-alan kehitykseen hajautetun mallin syntymiseksi. Tuloksena syntyy ymmärrystä hajautetun energiantuotannon tilasta ja edellytyksistä sekä konkreettisia kehitysehdotuksia hajautetun energiantuotannon edistämiseksi.

Hajautetulla energiantuotannolla tarkoitetaan tässä yhteydessä pienimuotoista energiantuotantoa lähellä loppukäyttäjää. Tutkimuskysymykset koskevat sähkön- ja lämmöntuotantoa sekä yhdistettyä tuotantoa (CHP, engl. Combined Heat and Power), mutta vain niitä muotoja, jotka ovat osa nykyistä keskitettyä järjestelmää. Tämä tarkoittaa sähköverkkoon kytkettyä hajautettua sähköntuotantoa sekä kaukolämpöverkoston kytkeytyneitä hajautettuja lämmöntuotannon ratkaisuja. Verkoston ulkopuolinen tuotanto, kuten akkuihin perustuva sähköntuotanto ja pientalojen kiinteistökohtainen lämmitys, jää työn ulkopuolelle, koska sillä ei ole samanlaista merkitystä energiantuotantojärjestelmän uusiutumisen kannalta. Lisäksi työ rajautuu koskemaan ainoastaan uusiutuvia energianlähteitä, koska hajautetun energiantuotannon edut perustuvat monesti mahdollisuuden hyödyntää uusiutuvia varoja.

Aiheen ongelmakenttään liittyy hajautetun energiantuotannon potentiaali, tavoitteet, toimijat ja heidän mahdollisuutensa uusien polkujen luomisessa. Tutkimuskysymykseni muotoutuu seuraavasti:

Millaisilla toimenpiteillä hajautettua energiantuotantoa voidaan edistää Pirkanmaalla? Tälle kysymykselle alakysymyksiä ovat:

- Keitä toimijoita hajautettuun energiantuotantoon liittyy, ja millaisia rooleja heillä on?
- Millaiset mekanismit estävät hajautetun energiantuotannon yleistymistä Pirkanmaalla?
- Millä keinoilla hajautetun energiantuotannon esteitä voisi poistaa ja yleistymistä vauhdittaa?

Kysymysten avulla on tarkoituksena selvittää hajautetun energiantuotannon tilaa ja tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksia Pirkanmaalla. Työn päätavoitteena on löytää keinoja hajautetun energiantuotannon edistämiseksi selvittämällä keskeisiä haasteita hajautetussa energiantuotannossa. Kysymyksiin vastaamalla voi myös selkiyttää eri toimijoiden roolia energiantuotantjärjestelmässä sekä heidän mahdollisuuksiaan lisätä hajautettua energiantuotantoa. Jotta nämä toimenpiteet voitaisiin toteuttaa, olisi varmistettava toimijoiden halukkuus ja sitoutuminen edistää asiaa. Tämän tutkielman yhteydessä sitä ei kuitenkaan tehdä, vaan tarkoituksena on esittää mahdollisia toimenpide-ehtotuksia jatkoa varten.

Hajautetun energiantuotannon edistäminen tarkoittaa myös hajautettuun energiaan perustuvan liiketoiminnan edellytysten parantamista. Jos alan kaupallinen toiminta lähtee nousuun ja osoittautuu kannattavaksi ja kilpailukykyiseksi, hajautetun energiantuotannon on mahdollista yleistyä kestävämmällä ja pysyvämmällä tavalla. Siksi liiketoimintamahdollisuudet hajautetun energiantuotannon eri vaiheissa ovat erityisen mielenkiintoisia. Uuden, elinvoimaisen liiketoiminnan synnyttäminen vaatii kuitenkin Pirkanmaan kehittämisessä oikeanlaisia toimenpiteitä, joita tutkielmassani pyrin tunnistamaan.

3.2 Aineisto

Aineistoni koostuu kolmesta osasta. Ensimmäkin taustoittavana aineistona käytän Pirkanmaan energiantuotantoa koskevia dokumentteja. Toisen osan aineistosta muodostaa 19 haastattelua pirkanmaalaisilta energia-alan asiantuntijoilta. Kolmas osa on työpaja, jossa osallistujina on jo aiemmin haastateltuja henkilöitä sekä muita toimijoita energia-alalta. Aineiston avulla luodaan ensiksi yleiskatsaus Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon tilanteeseen dokumenttien sekä toimijoiden haastatteluiden avulla. Tämän jälkeen työpajassa perehdytään tarkemmin hajautetun energiantuotannon haasteisiin ja mahdollisuuksiin, luodaan visioita sen tulevaisuuden mahdollisuuksista sekä tehdään ehdotuksia keinoista, joilla on mahdollista päästä kohti visioita.

Dokumentteja, joita aineistona käytän, ovat

- Pirkanmaan puuenergiaselvitys 2011 (Maunula 2011)
- Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 14. Tiedot vuodelta 2010 (Huttunen & Kuittinen 2011)
- Tuulivoiman tuotantotilastot: Vuosiraportti 2010 (Stenberg & Holttinen 2011)
- Esiselvitys peltoenergian hyötykäytöstä Pirkanmaalla v. 2006 (Uotila, Liukko ja Tolppa 2006)

sekä lisäksi

- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia (2008).

Dokumentit sisältävät osin samantyyppistä tietoa eri energianlähteistä, mutta ne eivät ole täysin vertailtavissa keskenään. Puuenergiaselvitys on toteutettu Pirkanmaan metsäkeskuksessa, ja siinä kuvataan Pirkanmaan puuenergian toteutunut käyttö vuonna 2010 sekä laskennallisesti hyödynnettävissä oleva puuenergiapotentiaali. Lisäksi se sisältää lyhyen katsauksen peltoenergian toteutuneesta hyödyntämisestä. Biokaasulaitosrekisterissä biokaasun hyödyntämistä on esitelty lyhyesti, ja rekisteri sisältää tiedot Suomen biokaasureaktoreista maataloilla, yhteismädätyslaitoksilla, yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamoilla sekä biokaasun talteenotosta kaatopaikkalaitoksilla. Tuulivoiman tuotantotilastossa on listattu Suomen yli 70 kW verkkoon kytketyt laitokset ja niiden tuotantotilastot. Lisäksi on kerätty tietoja käyttökatoista ja niiden syistä sekä sähkönkäytön ja tuulivoimatuotannon välisestä suhteesta. Peltoenergian hyötykäytön esiselvitys kartoittaa viljelijöiden kiinnostusta peltoenergiaan sekä lämpölaitosten kapasiteettia sen hyödyntämiseen. Huomioitavaa on, että tämä dokumentti on kirjoitettu jo kuusi vuotta ennen tämän tutkielman kirjoittamista, joten sen tiedot ovat osin vanhentuneita.

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia poikkeaa luonteeltaan muista dokumenteista. Kun muut kuvailevat tietyn energianlähteen käyttöä, tuotantomääriä ja ominaisuuksia, ilmasto- ja energiastrategian avulla katson, millaisia tavoitteita on poliittiselta tasolta esitetty. Dokumentissa on mainintoja sekä hajautetusta energiantuotannosta yleensä että toisaalta yksittäistä energianlähteistä riippumatta siitä, onko tuotanto hajautettua vai keskitettyä.

Dokumenteissa on energianlähteistä edustettuna puu-, pelto- ja biokaasuenergia sekä teollisen kokoluokan tuulivoima. Pientuulivoimasta ja aurinkovoimasta ei ole saatavissa ajantasaista, vertailukelpoista tuotantomäärien dokumentointia, joten näiden analysointi jää pääasiassa

haastatteluiden varaan. Lämpöpumppujen muut kuin yksittäisten kiinteistöjen lämmitykseen tarkoitetut ratkaisut ovat harvinaisia, joten katson niiden kuuluvan tämän tutkielman ulkopuolelle. Haastatteluissa olen kuitenkin huomionnut muutkin esille nousseet energiantuotantotavat, joilla on merkitystä hajautettuun energiantuotantoon.

Toisen osan aineistostani muodostavat toimijoiden haastattelut. Niiden tarkoitus on antaa tietoa toimijoiden kokemuksista ja näkemyksistä hajautettuun energiantuotantoon liittyen. Pirkanmaalla on meneillään useita hankkeita, jotka käsittelevät tai sivuavat hajautettua energiantuotantoa. Lisäksi alueella on jo toimivia tai potentiaalisia pientuottajia sekä alaan liittyviä yrityksiä, joille hajautettu energia voi olla tärkeä tulevaisuuden liiketoiminta-alue. Yksi haastatteluiden tarkoitus on selvittää niitä toimijoita, joita Pirkanmaan hajautettuun energiantuotantoon liittyvät. Siksi jo haastateltavien valikoituminen vastaa osin tutkimuskysymykseen, keitä toimijoita hajautettuun energiantuotantoon liittyy, ja millaisia rooleja heillä on.

Haastateltavat valikoituivat aluksi julkisista tai puolijulkisista organisaatioista ja energiakysymysten kehityshankkeista sekä joistakin alaan selkeästi liittyvistä pk-yrityksistä. Näiltä sain ehdotuksia muista haastateltavista, joten heidän joukkonsa on täydentynyt tutkielman tekemisen aikana lumipallomenetelmällä. Yhteensä haastatteluita oli kaiken kaikkiaan 19 kappaletta, joista kahdessa oli paikalla useampi kyseisen organisaation edustaja muiden ollessa yksilöhaastatteluja. Haastateltavia oli esimerkiksi pienimuotoisia energiantuotantolaitteita toimittavista yrityksistä, kehityshankkeista, Metsäkeskukselta ja pientuottajista. Haastattelut on listattu liitteessä 1.

Kolmas osa aineistostani tulee työpajasta, joka järjestettiin Pirkanmaan liiton toimesta aamupäivän mittaisena. Työpajaan kutsuttiin noin 30 henkilöä sekä haastateltujen joukosta että muista energia-alan organisaatioista. Osallistujia oli yhteensä 22. Työpajaan osallistuin itse vetäjänä, ja siellä käyty keskustelu toimii aineistona. Lisäksi tilaisuudessa tuotettiin kirjallista materiaalia ryhmittäin, joita myös käytän aineistona.

Dokumenttien ja haastatteluiden tarkoituksena on luoda tässä tutkielmassa yleiskuva siihen, millaista hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla on tällä hetkellä, millaiset puitteet sillä on ja ketkä toimijat näihin puitteisiin voivat ja haluavat vaikuttaa. Aineisto on riittävän laaja, jotta sillä on mahdollista saada monipuolisia näkemyksiä hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksista ja haasteista. Työpajasta tuleva aineisto kuvaa toimijoiden yhdessä muotoilemia näkemyksiä

ensinnäkin siitä, mitkä ongelmat hajautetussa energiantuotannossa ovat tärkeitä, toisekseen siitä, minkä toimijat näkevät hajautetun energiantuotannon ideaalitulanteena ja kolmanneksi, mitä heidän mukaansa tulisi tehdä, jotta hajautettua energiantuotantoa voitaisiin lisätä.

Aineiston valinta vaikuttaa siihen, millaisia tuloksia tutkimuksessa voidaan saada. Mikäli haastateltavani olisivat valikoituneet toisesta näkökulmasta, esimerkiksi pääasiassa suurteollisuuden ja energiayhtiöiden kentältä, tulokset näyttäisivät toisenlaiselta. Tässä tutkielmassa tavoitteena oli kuitenkin saada nimenomaan näkemyksiä hajautetun energian toimijoilta itseltään. Siksi aineistoa voidaan pitää sopivan tähän tutkielmaan, vaikka se antaakin vain yhden näkökulman, johon toimijoiden omat tavoitteet ja intressit vaikuttavat.

3.3 Tutkimusmenetelmät

Tämä tutkielma on kvalitatiivinen, eli laadullinen tutkimus, joka kuvailee ilmiötä kokonaisvaltaisesti (Hirsjärvi ym. 2007). Tavoitteenani on etsiä merkityksellistä tietoa hajautetun energiantuotannon edistämismahdollisuuksista sekä toimijoiden merkityksistä. Syrjälän (1994) mukaan kvalitatiivinen tutkimus sopiikin esimerkiksi tilanteisiin, joissa ollaan kiinnostuneita tapahtumien yksityiskohtaisista rakenteista tai mukana olleiden yksittäisten toimijoiden merkitysrakenteista.

Aineiston keruumenetelmänä käytän sekä kirjallisia dokumentteja että haastatteluita. Kirjalliset dokumentit ovat virallisia dokumentteja, joista tarkoitukseni on selvittää, millaista hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla on ja minkälaisia haasteita dokumenttien perusteella on olemassa.

Haastattelut ovat yleisin kvalitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruutapa, ja niitä voi tehdä strukturoidusti, puolistrukturoidusti (käytetään myös teemahaastattelu-nimitystä) tai avoimesti (Hirsjärvi ym. 2007; Metsämuuronen 2006). Tutkielmassani käytän puolistrukturoituja haastatteluita. Puolistrukturoitu, eli teemahaastattelu käsittelee ennalta valittuja teemoja tai aihepiirejä, mutta kysymykset esitetään vapaassa muodossa ja järjestyksessä (Hirsjärvi ym. 2007, 203). Haastattelurunko on ollut löyhä ja vaihdellut haastateltavasta ja hänen näkökulmastaan riippuen. Haastattelun edetessä se on toisinaan muuttunut, kun joitain kysymyksiä ei ole tarvinnut esittää lainkaan esimerkiksi siksi, että niitä on käsitelty jo muussa yhteydessä tai olen huomannut tiettyjen kysymysten olevan epärelevantteja haastateltavan rooliin nähden. Joissakin tapauksissa haastattelut ovatkin olleet lähempänä avointa haastattelua, vaikka aihepiiri on ollut etukäteen

päätetty. Tällainen haastattelutapa sopi aineistonkeruussa erityisen hyvin toimijoiden moninaisuuden vuoksi. Vaikka haastattelutilanteet ovat olleet hyvinkin vaihtelevia, ennalta valitut teemat pitivät keskustelun tutkielman kannalta tärkeissä aiheissa. Menetelmä antoi kuitenkin riittävästi vapauksia poiketa haastattelurungosta ja esittää lisäkysymyksiä kuhunkin haastatteluun sopivalla tavalla.

Työpajassa menetelmänä oli tulevaisuudentutkimuksessa käytetty tulevaisuusverstas. Se on alkuaan Robert Jungkin kehittämä tapa osallistaa ihmiset heitä koskevaan päätöksentekoon ja tuottaa ratkaisuja sosiaalisiin ongelmiin. Tulevaisuusverstas sisältää kolme vaihetta: ongelma-, mielikuvitus- ja todellistamisvaiheen. Ongelmavaiheen tarkoituksena on keksiä aiheeseen liittyviä ongelmia, jotka kirjataan vapaasti ylös. Ideointivaiheessa aiheeseen liittyviä mahdollisuuksia ja keinoja keksitään samalla tavoin. Näissä vaiheissa ei ole tarkoitus käydä keskustelua tai antaa kritiikkiä, vaan keskeistä on vapaa ajatuksen virta. Kun ongelmat ja ideat on esitetty, jatketaan todellistamisvaiheeseen. Se toteutetaan ryhmissä, ja tarkoituksena on käsitellä valittuja ongelmia ja ideoita ja miettiä, miten ne voidaan toteuttaa. (Jungk & Müllert 1987.)

Omassa työssäni tulevaisuusverstas toteutettiin siten, että ensimmäisen vaiheen pohjana toimivat haastatteluista saadut hajautettuun energiaan liittyvät ongelmat. Työpajassa näitä mietittiin lisää ja arvioitiin niiden tärkeyttä. Mielikuvitusvaiheessa osallistujat miettivät kolmessa ryhmässä mielestään optimaalista visiota hajautetusta energiantuotannosta Pirkanmaalla vuonna 2030. Todellistamisvaiheessa osallistujat valitsivat pienryhmissä keskeisimmiksi katsomansa kohdat edellisen vaiheen visioista ja miettivät suunnitelmia ja tarvittavia toimenpiteitä, millä näihin päästäisiin. Työpajassa käytettiin siis soveltaen tulevaisuusverstas-menetelmää, jonka mukaan osallistujat keskustelivat asioista yhdessä. Aineistoa tuli keskustelusta ja ryhmätöistä sekä niiden esittelyistä, jotka tehtiin pienryhmissä.

Aineiston analyysin toteutan sisällönanalyysillä teemoittelemalla sekä dokumentti-, haastattelu- että työpaja-aineistoa. Sisällönanalyysin tavoitteena on saada tutkittavasta ilmiöstä tiivistetty ja yleisen muodon kuvaus. Menetelmä on perusanalyysimenetelmä, jota voi käyttää kaikenlaisessa laadullisessa tutkimuksessa ja hyvin erilaisissa aineistoissa. Analyysissa aineisto pyritään järjestämään johdonmukaiseksi, tiiviiksi kokonaisuudeksi ilman, että sen sisältämää informaatiota katoaa. (Tuomi & Sarajärvi 2002.) Omaan tutkielmaani sisällönanalyysi sopii hyvin, koska se sisältää erityyppisiä aineistoja.

Aineiston analyysissä voi olla joko aineisto- tai teorialähtöinen ote. Aineistolähtöisessä otteessa aineiston annetaan ohjata analyysin toteuttamista ja teoria muodostuu aineistosta, kun taas teorialähtöisessä ennalta valittua teoriaa testataan aineistossa. Tämä tutkielmassa sijoittuu johonkin näiden kahden ääripään väliltä, ja tällaista otetta Eskola (2001) kuvaa käsitteellä teoriasidonnaisuus. Eskolan mukaan teoriasidonnaisessa tutkimuksessa analyysi sisältää teoreettisia kytkentöjä, mutta se ei suoraan pohjautu teoriaan. Tässä tutkielmassa analyysia ohjasivat polkuriippuvuuden, polkujen luomisen ja innovaatioiden diffuusion käsitteet, mutta olin avoin myös muille seikoille, joita aineistosta nousivat esille.

Dokumenttiaineiston analyysin toteutin lukemalla dokumentteja läpi ja teemoittelemalla niiden sisältöä. Teemoiksi nousivat toisaalta nykyisen tuotannon määrään ja laajuuteen liittyvät tekijät ja toisaalta kyseessä olevan energianlähteen hyödyntämiseen liittyvät haasteet ja mahdollisuudet. Kävin jokaisen dokumentin läpi käyttäen samoja teemaluokituksia. Haastatteluaineiston analyysissä hyödynsin samoja teemoja, mutta aineisto oli monipuolisempaa, joten teemat lisääntyivät. Kävin läpi jokaisesta haastattelusta ennalta valitut teemat, mutta huomioin myös muut esille tulevat oleelliset asiat. Tällä saatoinkin kehittää myöhempien haastatteluiden kysymyksiä ja niistä saatavaa tietoa, sekä lisäksi myöhemmin esiin nousseiden teemojen avulla oli mahdollista saada jäsenneltyä tietoa paremmin myös aiemmista haastatteluista. Haastatteluaineistoa analysoin haastattelun aikana ja välittömästi niiden jälkeen tehtyjen muistiinpanojen perusteella.

Työpajan analysoimisessa kirjoitin aluksi yhteenvedon koko työpajasta, siellä käydystä keskustelusta ja esitellyistä ryhmätöistä. Analyysissä olen hyödyntänyt yhteenvedon keskustelun tuloksena, ryhmien kirjallisia töitä sekä ryhmätöiden esittelyjen äänitallennusta.

4 Hajautettu energiantuotanto

Tämä luku määrittelee hajautetun energiantuotannon ja esittelee sen poliittista kontekstia ja tavoitteita sekä niitä toimijoita, joita hajautettuun energiantuotantoon liittyy. Lisäksi esittelen edellytykset Pirkanmaalla ja hajautetun energiantuotannon tuotantoympäristöä.

4.1 Hajautetun energiantuotannon määritelmä

Hajautetulla energiantuotannolla ei ole yksiselitteistä määritelmää (Bergman ym. 2005, 9; Vartiainen ym. 2002, 7; Lemström 2006, 3; Lehto 2009, 4), vaan se voidaan käsittää hyvinkin eri tavoin. Etenkin arkipuheessa hajautetun energiantuotannon käsite on epäselvä. Toisinaan puhutaan pienistä sähkön- ja lämmöntuotannon yhteislaitoksista, joskus tarkoitetaan monipuolista energialähteiden yhdistelmää ja eräissä tapauksissa puhutaan rakennuksiin integroiduista energiantuotannosta. Virallisemmissa yhteyksissä (esim. WADE 2006; Bergman ym. 2006; Vartiainen ym. 2002; Lemström 2006), eli tutkimus- ja kehittämistyössä hajautettua energiantuotantoa määritellään tarkemmin, mutta tällöinkin käsitettä käytetään eri tavoin. Yhteistä määritelmille on ajatus siitä, että energia tuotetaan lähellä käyttäjää. Muita tutkimuksissa esitettyjä yleisiä hajautetun energiantuotannon piirteitä ovat pieni koko, miehittämättömyys, paikallinen ohjaus, modulaarisuus sekä sähköntuotannon tapauksessa liitäntä jakeluverkkoon (Bergman ym. 2006; Vartiainen ym. 2002; Lemström 2006). Seuraavassa esittelen joitakin tapoja käsittää hajautettu energiantuotanto sekä esitän määritelmän, jota hajautetulle energiantuotannolle käytän tässä työssä.

World Alliance of Decentralized Energy, WADE (2003, i–ii) määrittelee hajautetun energiantuotannon miksi tahansa lähellä käyttökohdetta tapahtuvaksi energiantuotannoksi, riippumatta koosta, energianlähteestä tai teknologiasta. Tämä on varsin laaja määritelmä, ja eroaa monista muista siinä, että energiantuotantoyksiköiden kokoon ei ole otettu kantaa, vaan ainoa kriteeri on rakenteellinen: tuotanto sijoittuu lähelle käyttäjää. Bergmanin ym. (2005, 10) mukaan rakenteellinen näkökulma on yksi tapa määritellä hajautettu energiantuotanto, ja siinä voidaan erottaa keskitetty ja hajautettu malli. Keskitettyä kuvaa suuret tuotantolaitokset ja valtakunnan suurjänniteverkko, kun hajautetussa mallissa korostuu paikallisuus ja paikallinen energiantarve, ja kantaverkon merkitys on pieni tai katoaa kokonaan.

Rakenteellinen näkökulma ei rajaa laitoksen kokoa, mutta suomalaisissa lähteissä hajautetun energiantuotannon määritelmään liitetään vahvasti tuotantolaitosten pienimuotoisuus. Hajautettua tuotantoa ja pientuotantoa käytetään toisinaan jopa synonyymeina (Lemström 2006, 3). Tarkkaa, yleisesti käytettyä rajaa pientuotannon koolle ei ole, ja pientuotannon mainitsemissa laeissakin rajat vaihtelevat (Bergman ym. 2005; Vartiainen ym. 2002; Lemström 2006). Kansainväliset järjestöt ovat käyttäneet rajana noin 50–100 MW (Lemström 2006, 3), mutta Suomen olosuhteissa 10 MW on käytetympi raja (Vartiainen ym. 2002; Bergman ym. 2005). Pienimuotoisuus käsitetään siis olennaisena piirteenä hajautetussa energiantuotannossa, mutta yksiselitteistä koko- tai tehorajaa tuotantolaitoksille ei voi vetää.

On huomattavaa, että hajautettu energiantuotanto ei käsitteenä tarkoita välttämättä ympäristöystävällistä tai uusiutuvia lähteitä käyttävää tuotantoa. Energianlähteiden osalta mitään ei rajata pois, joten fossiililla polttoaineilla toimivat laitokset voivat yhtä lailla olla hajautettua energiantuotantoa. Kun pyritään edistämään hajautettua energiantuotantoa, uusiutuvien lähteiden käyttöä kuitenkin suositaan (esim. Bergman ym. 2005, 10; Motiva 2010, 6). Tästä johtuen hajautettuun energiantuotantoon liitetään vahvasti uusiutuva energia, vaikka se ei alun perin käsitettä määritäkään. Lisäksi uusiutuvista energianlähteistä puhuttaessa kyseessä on monesti samalla hajautettu energiantuotanto, koska uusiutuvat ovat maantieteellisesti laajalle levinneitä ja siksi luonteeltaan paikallisesti hyödynnettäviä. Toimet, joilla edistetään uusiutuvan energian käyttöä, myötävaikuttavat siten yleensä samanaikaisesti hajautetun energiantuotannon lisääntymiseen.

Uusiutuvan energian lisäksi paikallinen energiantuotanto on läheinen käsite hajautetulle energiantuotannolle. Paikallinen energiantuotanto painottaa hajautettua enemmän energianlähteiden sijoittumista paikallisesti, ja siihen liitetään usein omavaraisuus energiantuotannossa (Hyttinen 2005; Peura & Hyttinen 2008; Kinnunen 2011). Hajautetussa energiantuotannossakin energiaa tuotetaan paikallisesti, mutta energianlähteisiin ei oteta kantaa, eli ne voi olla tuotu muualtakin, esimerkiksi pelletteinä. Yleisempää on kuitenkin käyttää paikallista energianlähdetä, koska jotkut uusiutuvista energianlähteistä ovat hyödynnettävissä ainoastaan suoraan paikan päällä, ja kuljetettaessakin kovin pitkät matkat voivat tehdä energiavarojen hyödyntämisen taloudellisesti kannattamattomaksi. Tästä johtuen hajautettua ja paikallista energiantuotannon käsitettä voidaan tässä yhteydessä pitää jokseenkin päällekkäisinä.

Tässä työssä tarkastelen hajautettua energiantuotantoa järjestelmänä suhteessa keskitettyyn tuotantoon ja rajaan sitä sekä rakenteellisesta näkökulmasta että pienen koon perusteella. Lisäksi tarkastelen ainoastaan uusiutuvien energianlähteiden käyttöä. Rakenteellinen näkökulma tarkoittaa sitä, että työssä käsitellään vanhasta järjestelmästä poikkeavia energiantuotantoratkaisuja lähellä käyttäjää. Tämä pitää sisällään tilanteet, joissa tuotettu energia tulee pääasiassa omaan käyttöön, mutta myös tapaukset, joissa ulkopuolinen toiminnanharjoittaja tuottaa asiakkailleen energiaa näiden läheisyydessä. Kaikki energia ei välttämättä kulu tuotannon lähellä, vaan tuottajan oman tarpeen ylittävä energiaosuus voidaan siirtää sähköverkossa kauaskin tuotantopaikasta. Olennaista on ero keskitettyyn tuotantorakenteeseen, eli energian ostaminen sen jakeluverkoston kautta keskitetystä tuotannosta ei ole enää ainoa vaihtoehto energian hankinnalle.

Koon suhteen tarkkaa rajaa tuotantolaitoksille ei ole tarpeen määritellä, sillä edellä kuvatun kaltaiset kohteet ovat jo luonteeltaan pieniä. Jonkinlaisena rajana voisi Pirkanmaan alueen tämänhetkisten energiantuotantolaitosten perusteella ajatella enintään muutaman megawatin kokoisia laitoksia. Tämä pitää sisällään jo useita erityyppisiä kokoluokkia: kotitalouskokoluokan pienimuotoisen sähköntuotannon, maatala- tai pienteollisuuskokoluokan sähkön- ja lämmöntuotannon sekä lämpöyrityskohteet, jotka huolehtivat pienehkön alueen paikallisesta lämmöntuotannosta.

Tutkielman näkökulmasta johtuen jotkut hajautetun energiantuotannon muodot jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Pois rajaan tapaukset, jotka eivät koske järjestelmän uudistumista tai jotka ovat suuremmasta järjestelmästä riippumattomia. Merkittävin näistä on kiinteistökohtainen lämmitys, jota on jo tällä hetkellä olemassa paljon keskitetysti tuotetun kaukolämmön tuotannon rinnalla. Esimerkiksi Pirkanmaan väestöstä puolet asuu kaukolämmöllä lämmitetyssä asunnossa (Energiateollisuus ry 2011a, 57); toinen puoli lämmittää asuinrakennuksensa kiinteistökohtaisesti, joten kyse ei ole uudeltaisesta toimintatavasta. Sähkön osalta taas akkuihin perustuva verkon ulkopuolinen sähköntuotanto ei ole kiinnostuksen kohteena. Merkittävää tutkielmassa on siis olemassa olevan lämmön ja sähkön tuotanto- ja jakelujärjestelmän uudistaminen täydentämällä niitä hajautetulla energiantuotannolla.

4.2 Hajautettu energiantuotanto energiakysymysten kentällä

Energia-asiat ovat tällä hetkellä yksi ihmiskunnan suurimmista haasteista, joka on ratkaistava. Energiankulutuksen on ennustettu kasvavan 40 % vuosina 2009–2035 (IEA 2011, 69), ja jo tällä

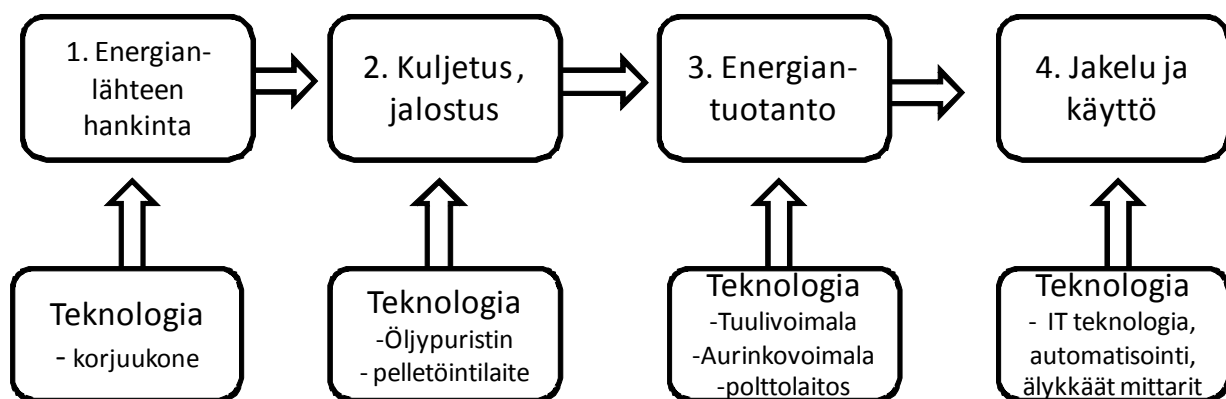
hetkellä energiantuotanto aiheuttaa vakavia ympäristöongelmia, joista suurimpana on globaali ilmastonmuutos. Energiantuotannon aiheuttamia ympäristöhaittoja tulisi vähentää huomattavasti, mutta samalla energiankulutuksen odotetaan kasvavan. Tulevaisuudessa olisi siis tuotettava nykyistä suurempi määrä energiaa vähemmällä ympäristöhaitoilla. Käytännössä tämä tarkoittaa energiatehokkuuden parantamista ja uusiutuvien energianlähteiden osuuden voimakasta kasvattamista. Näistä hajautetulla energiantuotannolla voidaan vaikuttaa jälkimmäiseen.

Hajautettu energiantuotanto nähdään yhtenä välineenä vaikuttaa energiaongelmien ratkaisuun, ja sen lisäämiseen on tahtoa ja kiinnostusta. Aihetta ja sen tavoitteita on käsitelty valtion tasolla muun muassa Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (2008), Valtioneuvoston tulevaisuusselonteossa (2009) ja Jyrki Kataisen hallitusohjelmassa (2011). Hajautettua energiantuotantoa pidetään ensinnäkin yhtenä tärkeänä osana päästötöntä energiantuotantoa. Toisekseen nähdään positiivinen vaikutus aluepolitiikkaan uusien elinkeinojen syntymisen muodossa. Tässä maaseudun rooli bioenergian tuottajana on keskeinen, sillä maaseudulla on sekä tarve monipuolistaa elinkeinoja että potentiaalisia, vielä hyödyntämättömiä bioenergiaresursseja. Kolmanneksi älykkäiden sähköverkkojen kehittäminen on lisäksi otettu esiin edellä mainituissa dokumenteissa. Älykkäät sähköverkot lisäävät energian käytön tehokkuutta ja mahdollistavat lisääntyvän hajautetun energiantuotannon mahdollistamalla kulutuksen sopeuttamisen tuotantoon, mikä on tärkeää, sillä hajautetussa mallissa tuotanto on tyypillisesti erityisen vaihtelevaa.

Tutkimus- ja kehityshankkeita hajautetusta energiantuotannosta on toteutettu ja parhaillaan käynnissä useita eri puolilla Suomea. Energiateknologian klusteriohjelma on osa valtakunnallista osaamiskeskusohjelmaa (OSKE), ja yksi sen strateginen painopistealue on hajautettu energia (OSKE 2007). Vaasassa on tehty yliopistossa, ammattikorkeakouluissa ja niiden muodostamassa yhteisessä Vaasan energiainstituutissa runsaasti tutkimusta hajautetusta energiasta. Tällä hetkellä sen koordinoimana on meneillään muun muassa ESSI (Energy Self Sufficiency Initiative) Energiaomavaraisuusohjelmaa, joka keskittyy energiaomavaraisuuden tutkimiseen neljällä pilottialueella, joista yksi sijaitsee Pirkanmaalla. (Vaasan energiainstituutti 2012.) Sitran maamerkit- ja energiaohjelman puitteissa on toteutettu lähienergia-hanketta, jossa on muun muassa konseptoitu palvelumalleja lähienergian tuotantoon (Sitra 2012). Aiemmin, vuosina 2003–2007, on toteutettu Tekesin rahoittama, DENSY-ohjelma (Distributed Energy Systems), joka keskittyi uusien hajautetun energiantuotannon teknologioiden ja liiketoimintamallien kehittämiseen (DENSY 2007).

Kiinnostuksesta, tavoitteista ja tutkimuksesta huolimatta energiantuotantomme Suomessa perustuu pitkälti keskitettyyn malliin (Kivimaa 2008; Sairinen 1987). Myös maailmanlaajuisesti hajautetusti katetaan tällä hetkellä vain pieni osa energiantarpeesta (WADE 2006). Energiaresurssien puolesta potentiaalia hajautetun energiantuotannon lisäämiseen olisi kuitenkin paljon niin globaalisti kuin Suomessakin. Maailmanlaajuisen hajautetun energiantuotannon potentiaalin on arvioitu voivan kasvaa vuoteen 2025 mennessä 20 %:iin koko energiantarpeesta (WADE 2006). Myös Suomessa paikallisen energiantuotannon potentiaali on suuri, ja erityisesti maaseudulla olisi mahdollista päästä energiaomavaraisuuteen tai jopa sen yli (Lampinen & Jokinen 2006; Hyttinen 2005).

Pelkkä kiinnostus ja energiavarat hajautetun energiantuotannon lisäämiseksi eivät riitä sen juurruttamiseksi osaksi energiajärjestelmää. Toimiakseen hajautettu malli tarvitsee uudenlaisen ketjun, jossa on useita toimijoita. Myös Garud ja Karnøe (2003) toteavat, että uutta mallia luotaessa ainoastaan teknologian kehittäjä ei riitä, vaan lisäksi tarvitaan toimijoita luomaan puitteita ja tukirakenteita, instituutioiden panosta ja asiakkaita, joiden avulla teknologiaa voidaan kehittää. Tämä ilmenee hyvin energia-alalla, jossa uusi energiantuotantoteknologia tarvitsee monta muutakin vaihetta ennen kuin luonnossa esiintyvä energia saadaan hyödynnettyä. Tätä ketjua on esitetty kuvassa 6. Kohdat 1 ja 2 koskevat ainoastaan bioenergiaa; esimerkiksi aurinko-, tuuli- ja lämpöpumppuratkaisuissa ne eivät päde. Toimitusketju olisi saatava sujuvaksi, ja toisaalta markkinoilla tulisi olla kilpailukykyinen teknologia ketjun jokaisessa vaiheessa. Hajautetun energiantuotannon leviäminen ei ole siis pelkästään energiantuotantoteknologiasta ja sen kehityksestä kiinni.



Kuva 6 Energiantuotannon arvoketju ja esimerkkejä eri vaiheissa tarvittavasta teknologiasta

Osan toimijoista yhteisenä tavoitteena voi olla pientuotannon lisääminen ja sen hyödyntäminen myös liiketoimintana. Tällöin hajautetun energiantuotannon arvoketjun energianlähteestä ja tuotantolaitteistosta energian käyttöön asti on mahdollista muotoutua toimijoiden välille. Tämä muotoutuminen tapahtuu vailla vakiintunutta mallia siitä, kuka ketjussa hyötyy, mitä kenellekin tarjotaan ja ketkä ketjussa ovat mukana. Toiset toimijat puolestaan saattavat vastustaa hajautetun energiantuotannon yleistymistä, jos keskitetty malli palvelee heidän etuaan. Tämä voi olla estävänä tekijänä etenkin, kun hajautettua energiantuotantoa kehitetään keskitetyn rinnalla samoja rakenteita hyödyntäen. Toimijoiden yhteistyötä olisikin edesautettava käytäntöjen luomiseksi ja myös taloudellisen edun saavuttamiseksi, jotta hajautetun energian olisi mahdollista levitä.

Suuret energiayhtiöt omistavat keskitettyjä laitoksia, joten ne tuskin riittävät yksinään muutosvoimaksi hajautetun energian puolesta. Uudet tulokkaat ovatkin todennäköisempi ryhmä haastamaan nykyistä kehitystä (Unruh 2000, 822), ja pienimuotoisessa energiantuotannossa perinteisen energiasektorin ulkopuoliset ryhmät ovat olleet keskeisinä toimijoina (Peltola 2007, 14). Energia-alan kehityksessä pk-yritykset ovat nykyisiä alan toimijoita todennäköisemmin kehittämässä ja levittämässä uusia hajautettuja energiantuotantoratkaisuja, sillä niille nämä ratkaisut ovat uusi mahdollisuus eikä uhka vanhalle toiminnalle. Tällaisen uuden liiketoiminnan kehittäminen vaatii kuitenkin houkuttelevan toimintaympäristön, joten tarvitaan yhteinen tahtotila sekä toimivaa, aitoa vuorovaikutusta eri toimijoiden välillä hajautetun energiantuotannon vauhdittamiseksi.

Tällöin voidaan luoda uusia käytäntöjä ja toimintamalleja sekä soveltaa olemassa olevia hajautettuun energiantuotantoon. Yksi hyvä esimerkki tästä on kotitalouskokoluokan pienvoimalan liittäminen sähköverkkoon. Siinä olemassa olevaa sähköverkkoa käytetään uudella tavalla ja samalla luodaan yhdenlainen toimintamalli sille, miten kotitalous voi tuottaa sähköään itse. Toinen esimerkki on alueellisen lämpökeskuksen rakentaminen kaukolämpöverkoston täydennykseksi. Tämä hyödyntää olemassa olevaa keskitettyyn tuotantoon suunniteltua lämpöverkostoa, mutta tuottaa lämmön hajautetun periaatteen mukaisesti. On siis mahdollista tietoisesti poiketa vanhaa mallia tukevista rakenteista ja luoda sekä vahvistaa uudenlaisia tapoja tuottaa energiaa hajautetusti.

4.3 Hajautetun energiantuotannon potentiaali

Hajautetulla energiantuotannolla on mahdollista hyödyntää paikallisia energiavaroja, jotka ovat levinneet laajalle maantieteelliselle alueelle. Tämä tarkoittaa toisaalta tuulen, auringon ja maalämmön hyödyntämistä, mikä ei ole mahdollistakaan kuin paikan päällä, ja toisaalta bioenergian hyödyntämistä, jossa keskitettyyn tuotantoon vaaditut pitkät kuljetusmatkat tekevät bioenergian käytön usein kannattamattomaksi. Maaseudun energiaresurssien on todettu olevan suuri hyödyntämätön voimavara, ja eri tutkimusten mukaan ne voisivat riittää energiaomavaraisuuden parantamiseen tai jopa täysin energiaomavaraiseen alueeseen jo pelkästään bioenergiavarat huomioimalla (Hyttinen 2005; Peura & Hyttinen 2008; Lampinen & Jokinen 2006). Etenkin ydinmaaseudulla on energiaresursseja jopa yli oman tarpeen (Hyttinen 2005), ja maaseutualueiden olisi mahdollista kattaa lisäksi ympäröivien teollisuuden ja asutuksen keskittymien energiantarvetta (Peura & Hyttinen 2008). Riippumatta siitä, kuinka suuri osa energiantarpeesta olisi mahdollista tuottaa paikallisia biomassoja hyödyntämällä ja muuta hajautettua energiantuotantoa lisäämällä, on selvää, että tällä hetkellä on energiavaroja, joita ei hyödynnetä läheskään siinä määrin kuin olisi mahdollista.

Monet teknologiat ovat jo tällä hetkellä toteutettavissa myös taloudellisessa mielessä (Peura & Hyttinen 2008). Myös kaupunkialueella on mahdollista hyödyntää uusiutuvia energianlähteitä. Yksi muoto tästä on energiantuotannon integroiminen rakennuksiin tai muuhun rakennettuun ympäristöön. Hajautetun energiantuotannon heikko leviäminen ei ole kiinni pelkästään energiaresurssien puutteesta ja taloudellisista seikoista, vaan mitä ilmeisimmin on muita tekijöitä, jotka jarruttavat hajautetun energiantuotannon yleistymistä.

Pirkanmaan bioenergiapotentiaalia on käsitelty kolmen maaseudun kunnan kattavassa tarkastelussa (Kinnunen 2011). Työ kartoitti Punkalaitumen, Sastamalan ja Kangasalan potentiaalia, ja siinä todettiin, että bioenergiapotentiaali hyödyntämällä energiaomavaraisuutta voitaisiin parantaa huomattavasti kaikissa kunnissa. Punkalaitumen kohdalla voitaisiin päästä jopa yliomavaraisuuteen, Sastamalassa omavaraisuuteen lämmön suhteen ja Kangasallakin tuontienergiaa voitaisiin huomattavasti vähentää. Huomattavaa on, että työ käsitteli ainoastaan bioenergiaa, ei esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimaa, ja bioenergian kaikkia mahdollisia lähteitä ei ollut mukana. Jotta Kinnusen esittämään bioenergiapotentiaalın hyödyntämiseen päästäisiin, vaadittaisiin biokaasun laajempaa tuotantoa ja pienien CHP-voimaloiden rakentamista sekä biokaasun että metsähakkeen ja muun

poltettavan biomassan hyödyntämiseksi. Tällä hetkellä Pirkanmaalla sijaitsee vain yksi biokaasua tuottava maatilalaitos (Huttunen & Kuittinen 2011) eikä yhtäkään pienen mittakaavan biopolttoaineella toimivaa CHP-laitosta.

Tuuli- ja aurinkovoiman tai maalämmön hyödyntämisen potentiaalia ei ole tutkittu Pirkanmaalla. Meneillään oleva tuulivoimaselvitys kartoittaa tuulivoimapotentiaalia keskitetyille tuulipuistoille, mutta siitä on mahdollista hyödyntää tietoja myös hajautetun tuulivoiman potentiaaliin. Aurinkovoiman potentiaalista suuntaa antaa auringon säteilyenergian määrä, joka on Helsingissä 938 kWh/m² ja Jyväskylässä 879 kWh/m² (Vartiainen 2000, 20). Pirkanmaalla määrä sijoittunee johonkin näiden lukujen välille. Käyttökohteina Pirkanmaalla on 119 732 rakennusta (Tilastokeskus 2011d), joiden katot voisivat periaatteessa olla aurinkoenergian tuotantopaikka.

4.4 Toimijakenttä

Aiemmissa tutkimuksissa tärkeiksi toimijoiksi on tunnistettu energiasektorilla laitevalmistajat, testausorganisaatiot, julkinen valta päätöksentekijänä sekä eri toimijoiden muodostama yhteistoiminta (Garud & Karnøe 2003). Lisäksi Suomessa energiajärjestelmän tärkeiksi toimijoiksi on nähty poliittiset puolueet, julkiset organisaatiot, energiayhtiöt ja muut teolliset toimijat sekä ympäristöjärjestöt (Kivimaa 2008). Seuraavassa esitellään niitä toimijoita, joita Pirkanmaalla hajautetussa energiantuotannossa on.

Energian tuottaja-kuluttajat

Energian tuottajana voi hajautetussa tuotannossa olla monikin eri taho. Esimerkkejä ovat yksittäinen asukas, maatila, pienyritys tai kyläyhteisö. Tuottajalla voi olla hyvinkin erilaisia tavoitteita ja toiveita energiantuotannostaan. Asukas saattaa hankkia aurinkopaneelin ympäristösyistä, teknisen kiinnostuksen takia tai sähkölaskussa säästämisen toivossa. Motiivit hajautetulle energiantuotannolle siis eroavat.

Toinen piirre, jossa energian tuottajat eroavat toisistaan, on koko. Vaikka hajautettu energiantuotanto määritellään pienimuotoiseksi tuotannoksi, sen sisälle mahtuu edelleen erikokoisia tuotantokapasiteetteja. Omakotitaloon lisäsähköä tuottava laite ja maatilalle kaiken energian tuottava voimala ovat aivan eri kokoluokkaa ja eroavat huomattavasti vaatimuksiltaan.

Eroista huolimatta energiantuottajilla on yhteisiäkin piirteitä. Hajautetussa energiantuotannossa toimijat eivät monesti toimi omalla ydinosaamisensa alueella, lukuun ottamatta lämpöyrittäjiä. Tästä syystä energian tuottamisen tulisi olla helppoa ja vaivatonta, jotta se voisi yleistyä.

Energiapalvelun tarjoajat

Lämpöyrittäjät ovat tällä hetkellä ainoa käytännössä toimiva lähienergiapalveluita tarjoava ryhmä. Mahdollista, ja tämän tutkielman perusteella toivottavaakin, olisi, että palveluita tarjottaisiin tulevaisuudessa myös sähkön osalta ja monipuolisemmilla palvelumalleilla.

Laite- ja ratkaisutoimittajat

Laitevalmistajat ja -myyjät ovat yksi keskeinen ryhmä hajautetussa energiantuotannossa. Heidän intressinään on hajautetun energiantuotannon yleistyminen. Tähän liittyy toisaalta uusi teknologia ja sen kehittyminen, toisaalta toimintamallit, joilla hajautettua energiaa markkinoidaan. Laitetoimittajat ovat yksi vaihtoehto edellisen kohdan kokonaispalvelun tarjoajaksi. Tämä vaatisi kuitenkin rohkeutta ja tahtoa muuttaa liiketoimintamallia, ja ainakaan kaikki toimijat tähän eivät varmasti lähde. Onkin yhtä mahdollista, että palveluntarjoaja olisi kolmas osapuoli.

Tutkimuslaitokset

Tutkimuslaitoksilla tehdään tutkimus- ja kehitystoimintaa hajautetun energiantuotannon teknologioista. Yleensä julkisten laitosten tutkimus keskittyy alkuvaiheeseen, jolloin soveltavampi tutkimus ja jatkokehitys jäävät kaupalliselle osapuolelle. Tutkimuslaitoksilla on joka tapauksessa erittäin keskeinen rooli teknologian kehityksessä niin energiantuotantolaitosten kuin esimerkiksi älykkään sähköverkon kehityksen kannalta.

Kehityshankkeet ja -organisaatiot

Kehityshankkeilla on rooli siinä, millaisia asioita pyritään konkreettisesti viemään eteenpäin. Yritykset saavat hankkeiden puitteissa mahdollisuuksia ja erilaiset selvitykset, tiedottaminen ja muu hanketyö mahdollistaa hajautetun energiantuotannon ratkaisujen lisäämisen normaalia markkinaperusteista yritystoimintaa nopeammin. Pirkanmaan alueella tällaisia toimijoita on esimerkiksi Eco2-hanke, Verte oy, OSKE ja Ekokumppanit.

Yhdistykset ja etujärjestöt

Energiateollisuus ry on energia-alan yritysten keskeinen vaikuttaja ja edunvalvoja. Muita toimialaan liittyviä yhdistyksiä ovat muun muassa Tuulivoimayhdistys, Biokaasuyhdistys ja Bioenergiayhdistys.

Sähköverkkoyhtiöt

Sähköverkkoyhtiöllä on erittäin keskeinen rooli, kun hajautettua sähköntuotantoa kytketään verkkoon. Jakeluverkonhaltijalla on velvollisuus ottaa tekniset vaatimukset täyttävä laitos verkkoonsa (Sähkömarkkinalaki 1995/386). Käytäntö voi kuitenkin olla hankalaa pientuottajalle, ja tässä kohtaa sähköverkkoyhtiön rooli on suuri.

Varsinaiseen sähkönmyyntiin tai -ostoon verkkoyhtiö ei voi osallistua, sillä sähkömarkkinalain mukaan sähkön siirto ja myynti on eriytettyjä toimintoja.

Energiayhtiöt

Suuret energiayhtiöt tuottavat tällä hetkellä lähes kaiken Suomen ja Pirkanmaan energiasta kaukolämmön ulkopuolisten pienkiinteistöjen lämmitystä lukuun ottamatta. Hajautetulla energiantuotannolla voi olla monenlaisia vaikutuksia näihin toimijoihin. Ensinnäkin hajautettua energiantuotantoa voi ajatella energiayhtiöille uhkana, joka vie niiltä liiketoimintaa. Toisekseen myös suuret yhtiöt voivat jossain määrin tuottaa energiaa hajautetusti esimerkiksi tuulivoimalla, vaikkakin suurtuotannon taloudelliset edut suosivat näillä yhtiöllä keskitettyjä yksiköitä. Kolmanneksi hajautettu energiantuotanto voi tarkoittaa uudenlaisia asiakassuhteita niihin asiakkaisiin, joilla on omaa energiantuotantoa. Tällöin liiketoiminta voisi saada uusia muotoja.

Kunnat

Kunnat ovat hajautetussa energiantuotannossa osallisina monellakin tavalla. Ensinnäkin kunnat hoitavat yleis- ja asemakaavoituksen, joilla on vaikutusta hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksiin. Toisekseen kuntien rakennuslupakäytännöt määräävät, mitä lupia tai ilmoituksia pientuotantoa varten tarvitaan. Kolmanneksi kunnat tekevät omia hankintojaan, joissa niillä on mahdollista itse käyttää hajautettuja energiantuotantoratkaisuja.

Lainsäädäntö

Lainsäädäntö säätelee sähkömarkkinoita, energiamuotojen tukia, julkisia hankintoja, ym. Hajautettu energiantuotanto on uusi ilmiö, jota ei ole lakia säädettäessä voitu ottaa huomioon, mistä johtuen siinä voi olla esteitä ja aukkoja hajautetun energiantuotannon mahdollistamiseksi. Mikäli ne nähdään tärkeinä laajemminkin, lainsäädäntöä olisi syytä muuttaa.

4.5 Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon lähtökohdat

Pirkanmaa koostuu 22 kunnasta, joista seitsemän on kaupunkimaisia kuntia, seitsemän taajaan asuttuja ja kahdeksan maaseutumaista kuntaa (Tilastokeskus 2011a). Väestö on maakunnassa kokonaisuudessaan kasvamassa, mutta haasteena on haja-asutusalueiden väestön väheneminen (Pirkanmaan maakuntaohjelma 2011–2014). Haja-asutusalueilla on erityistä merkitystä hajautetun energiantuotannon kannalta, sillä suurin potentiaali sille on juurikin maaseudulla (Hyttinen 2005). Energiantuotannon on nähty olevan yksi keino lisätä maaseudun elinvoimaisuutta ja monipuolistaa sen elinkeinorakennetta (esim. Huttunen 2005). Tässä suhteessa Pirkanmaan maaseudun olisi mahdollista olla hajautetussa energiantuotannossa sekä resurssi että hyötyvä osapuoli.

Pirkanmaan kaupunkialueella on puolestaan runsaasti teknologiayrityksiä, joilla olisi resursseja kehittää ja tuottaa hajautettuun energiantuotantoon tarvittavaa teknologiaa niin tuotanto- kuin käyttövaiheessa. Tutkimusta ja kehitystä mahdollistaa lisäksi maakunnan kaksi yliopistoa sekä ammattikorkeakoulu. Tampereen alue on mukana myös kansallisen osaamiskeskusohjelman (OSKE) energiateknologian klusteriohjelmassa. Tällä on ollut todennäköisesti kiihdyttävä vaikutus energia-alan osaamiseen ja liiketoimintaan Pirkanmaalla. OSKE-ohjelma on päättymässä vuoden 2013 lopussa.

Nykyisellään Pirkanmaan energiantuotanto nojaa vahvasti maakaasuun ja muihin fossiilisiin polttoaineisiin. Vuonna 2009 käytetystä 20 terawattitunnista suurin osa, 62 % tuotettiin fossiilisilla polttoaineilla. Ostosähköllä katettiin 15 %, puulla 12 %, turpeella 10 % ja vesivoimalla 2 % kulutuksesta. Sähkön kulutus koko energiasta oli vuonna 2009 noin neljännes, josta ostosähköä oli noin puolet. (Maunula 2011.) Sähkön- ja lämmöntuotannon rakenteet ovat erityyppisiä. Sähköä tuotetaan suurissa voimaloissa ja ostetaan muualta. Lämpöä saadaan sähkön- ja lämmöntuotannon yhteislaitoksista sekä lämmöntarpeen ollessa suurempi pienistä lämpölaitoksista. Näitä laitoksia on lukumääräisesti paljon, mutta niitä ei käytetä läheskään täysimääräisesti.

Pirkanmaan oma sähköntuotanto tapahtuu pääasiassa yhdyskuntien ja teollisuuden yhdistetyissä sähkön ja lämmön tuotantolaitoksissa. Pienemmässä määrin on käytössä vesivoimaloita, tuulivoiman tuotanto on Pirkanmaalla tällä hetkellä erittäin vähäistä. Energiateollisuus ry:n (2012) mukaan sähköä tuotettiin Pirkanmaalla vuonna 2010 yhteensä 2726 GWh. Tästä suurin osa, 1610 GWh, tuotettiin yhdyskuntien CHP-polttolaitoksilla. Teollisuuden CHP-tuotantoa oli seuraavaksi eniten, 705 GWh, vesivoimaa 400 GWh ja erillistuotannossa tuotettua sähköä 10 GWh. Tuulivoiman osuus on häviävän pieni, ja se on merkitty nolaksi. (Energiateollisuus ry 2012.)

Lämmöntuotanto Pirkanmaalla koostuu kaukolämmöstä sekä pienemmistä, usein kiinteistökohtaisista lämmitystavoista. Kaukolämmön piirissä oli vuonna 2010 puolet Pirkanmaan asukkaista, ja sitä oli saatavilla 15 Pirkanmaan kunnassa (Energiateollisuus ry 2011a). Keskitetyissä laitoksissa tuotettu kaukolämpö on järkevä hyödyntää täysimääräisesti, eikä keskitettyä tuotantoa tulisikaan tässä suhteessa pyrkiä vähentämään korvaamalla sitä hajautetulla. Sen sijaan kaukolämpöverkostoa voisi täydentää hajautetuilla ratkaisuilla ja rakentaa hajautetun periaatteen mukaisia aluelämpöverkkoja, jotka tarjoaisivat liiketoimintamahdollisuuksia lämpöyrittäjille.

Pieniä lämpövoimalaitoksia olisi mahdollista lisätä Pirkanmaalla, erityisesti teollisuuskohteissa. Tämä vähentäisi ostosähkön määrää, parantaisi teollisuuskohteiden hyötysuhdetta ja voisi siten osin korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Biokaasun tuotanto olisi mahdollista pienimuotoisesti maataloilla ja elintarviketeollisuuden jätteistä, ja sen hyödyntämisen astetta lämmön- ja sähköntuotannossa tai liikennepolttoaineena voisi kasvattaa. Nykyään jätevedenpuhdistamoilla tuotetusta biokaasusta vain osa hyödynnetään (Huttunen & Kuittinen 2011), ja tätä osuutta olisi mahdollista kasvattaa. Pirkanmaan kattava maakaasuverkosto mahdollistaisi biokaasun tehokkaan hyödyntämisen maakaasuputkistoa hyödyntämällä. Lisäksi tuuli- ja aurinkosähköä olisi mahdollista lisätä täydentämään nykyistä energiantuotantorakennetta.

Hajautetussa energiantuotannossa lämpöyrittäjyystoiminta on jo tällä hetkellä käynnissä oleva hyvä toimintamalli, joka tarjoaa yrittäjille elinkeinon vähentäen samalla fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Pirkanmaalla oli 39 lämpöyrittystä vuonna 2010, ja lämpöyrittyskohteita oli tätä enemmän, koska jotkut yrittäjät huolehtivat useista kohteista (Maunula 2011, 26). Lämpöyrittäjiä olisi edelleen mahdollista lisätä sekä erillisissä lämmityskohteissa että kaukolämmön täydentäjinä. Pirkanmaalla on esimerkiksi useita pieniä kaukolämpölaitoksia, jotka toimivat maakaasulla tai öljyllä

(Energiateollisuus 2011a). Nämä olisi periaatteessa mahdollista korvata haketta tai pellettiä polttavilla lämpöyrittäiskohteilla.

Pirkanmaan energiaohjelmassa (2007) on esitetty visio vuodelle 2020, jonka keskeiset elementit ovat seuraavat:

1. ”Pirkanmaan energiankulutuksen kasvu on maltillista ja noudattelee koko valtakunnan energiapolitiikkaa. Energiaa käytetään nykyistä tehokkaammin.
2. Pirkanmaan energiantuotantorakennetta monipuolistetaan
3. Maakaasua ja biokaasua hyödynnetään sähkön ja lämmöntuotannon lisäksi myös liikenteessä
4. Paikallisten uusiutuvien energialähteiden käyttöä lisätään
5. Jätteet ja kierrätyspolttoaineet hyödynnetään maakunnassa
6. Öljyn käyttöä korvataan bio- ja turveöljyllä, maakaasulla sekä biopolttoaineilla
7. Pienen ja keskisuuren kokoluokan sähköntuotanto lisääntyy
8. Tuontisähkön määrä lisääntyy”

Hajautetun energiantuotannon kannalta keskeisimmät ovat kohdat 2 ja 4, lisäksi vaikutusta on kohdilla 3, 7 ja osin kohdalla 6. Energiantuotantorakenteesta ohjelmassa todetaan, että kovin suuria muutoksia siihen ei voi vuoteen 2020 mennessä tulla, sillä nykyiset suuret laitokset ovat käytössä vielä silloin, suuret lämpökuormat on tällä hetkellä jo hyödynnetty eikä suuria laitosinvestointeja ole suunnitteilla. Pienen ja keskisuuren sähköntuotannon lisäämisen ajatellaan olevan mahdollista teollisuuskohteissa, joissa tällä hetkellä tuotetaan erillislämpöä. Sähkön hinnan odotettu nousu voisi tehdä sähköntuotannon yhdistämisen näihin kohteisiin taloudellisesti kannattavaksi. Pienten, lämpöyrittäjien hoitamien lähilämpöverkkojen mahdollisuudet kaukolämmön ulkopuolisiin lämmityskohteisiin on huomioitu ohjelmassa, ja niitä pyritään edistämään. (Pirkanmaan energiaohjelma 2007.) Energiantuotantorakenteen vähäinen muutos ei kuitenkaan sulje pois pienimuotoista hajautetun energian lisäämistä kahdesta syystä. Ensinnäkin yksittäisen pientuotantolaitoksen vaikutus koko maakunnan energiantuotantorakenteeseen ei ole merkittävä, joten pienlaitoksia voi tulla ilman suurta vaikutusta kokonaisuuteen. Toisekseen hajautetun energiantuotannon toteuttajat ovat todennäköisimmin muita kuin nykyisiä suuria energiayhtiöitä, joten heidän investointipäätöksensä eivät ole siten suoraan riippuvaisia olemassa olevasta laitoskapasiteetista.

Paikallisia uusiutuvia energianlähteitä pyritään lisäämään Pirkanmaan energiantuotannossa. Visiossa on esitetty lisäämismahdollisuuksia, jotka ovat puulla 940 GWh, kierrätyspolttoaineilla ja jätteillä 600 GWh, vesivoimalla 75 GWh ja muilla uusiutuvilla, eli peltobiomassoilla, tuulella, auringolla, vedyllä, biokaasulla ja lämpöpumpuilla yhteensä 700 GWh. (Pirkanmaan energiaohjelma 2007.) Ainakin osa näistä tarkoittaa hajautettua energiantuotantoa, mutta keskitettyihin laitoksiin ohjautuu näistä energianlähteistä ainakin jätteet ja osa puusta. Vesivoiman lisäys on pieni ja tapahtuu suurelta osin nykyisten laitosten tehonnostoista. Ohjelman mukaan öljyn käyttöä pyritään vähentämään, ja liikennekäytössä sitä voisi korvata maa- ja biokaasulla sekä biopolttoaineilla (Pirkanmaan energiaohjelma 2007).

Biokaasun tuotannossa hajautettu energiantuotanto on suuressa roolissa, sillä merkittäviä energiaresursseja biokaasun tuotantoon sijaitsee maaseudulla, jossa maatilakohtaiset biokaasulaitokset voisivat hyödyntää nämä resurssit. Puusta suuri osa ohjautuu keskitettyyn tuotantoon sitä käyttävään Tampereen sähkölaitoksen Naistenlahden voimalaan sekä Hämeenkyröön suunniteltavaan biovoimalaan, mutta ainakin lämmöntuotannossa sitä hyödynnetään hajautetustikin merkittävä määrä. Tuulivoimassa keskitettyjen tuulipuistojen rakentaminen on todennäköistä Pirkanmaalle lähivuosina, mutta myös hajautetut ratkaisut tuulen ja myös aurinkoenergian hyödyntämiseen kiinteistöjen omassa tuotannossa ovat todennäköisiä. Nestemäisten biopolttoaineiden jalostukseen keskitetty laitos on todennäköisempi, vaikkakin erityisesti omaan käyttöön voidaan tehdä ns. ensimmäisen sukupolven biodieseliä myös pienessä mittakaavassa.

Pirkanmaan energiaohjelma sekä maaseudun kehittämistavoitteet pyrkivät hajautetun energiantuotannon lisäämiseen. Hajautettu energiantuotanto on sekä energiapoliittinen että aluekehityksellinen kysymys. Edistämällä hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla voidaan:

- lisätä maakunnan energiaomavaraisuutta
- lisätä huoltovarmuutta energiantuotantoa monipuolistamalla
- tukea maaseudun kehittämistä ja elinkeinojen monipuolistamista
- vähentää kasvihuonepäästöjä.

Hajautetun energiantuotannon hyödyt on tunnistettu ja tahtoa sen lisäämiseen on sekä valtakunnallisesti että Pirkanmaalla maakunnan tasolla. Tämän tutkielman tavoitteena on etsiä

tietoa edistämismahdollisuuksista ja haasteista sekä esittää toimenpide-ehdotuksia hajautetun energiantuotannon vauhdittamiseksi Pirkanmaalla.

4.6 Tuotantoympäristö

Lämmön- ja sähköntuotanto eroavat toisistaan sekä tuotantotavoiltaan että siirtämisen ja hyödyntämisen osalta. Energiantuotannossa teknologinen vaativuus on korkeampi sähköntuotannolle kuin lämmölle. Hyödyntämisessä puolestaan sähkön osalta on huomioitava, että tuotannon ja kulutuksen tulee vastata toisiaan, mutta siirtomatka voi olla pitkäkin. Lämmöntuotannossa siirtomatkoihin on kiinnitettävä enemmän huomiota, sillä lämpöä ei ole mahdollista siirtää pitkiä matkoja ilman merkittäviä häviöitä. Sähköä ja lämpöä tuotetaan myös yhteistuotannossa, jolloin kapasiteetti mitoitetaan lämmöntarpeen mukaan.

Lämmön tuottaminen on periaatteessa teknisesti vaivatonta, vaikka uusiakin lämmöntuotannon teknologioita kehitellään jatkuvasti. Teknisesti toimivia ja taloudellisesti kannattavia teknologioita lämmön tuottamiseen hajautetusti uusiutuvilla lähteillä on olemassa tälläkin hetkellä. Lämmön hyödyntämisessä on kuitenkin haasteita: käyttökohteen on oltava tuotannon lähellä, koska lämpöhäviöt kasvavat suuriksi pitkillä etäisyyksillä. Lisäksi lämmön tarpeen tulisi olla pienellä alueella mahdollisimman suuri, jotta lämmön siirtäminen olisi kannattavaa. Hajautetun lämmöntuotannon lisääminen ei siis vaadi suuria teknologisia innovaatioita kehittyäkseen. Kun teknologia on olemassa, tarvitaan sen sijaan institutionaalisia ja organisatorisia innovaatioita, olemassa oleva teknologia saadaan käyttöön (Lester & Hart 2011, 3). Hajautetun energiantuotannon lisäämiseksi lämmöntuotannossa olisi siis tehtävä muutoksia lämmöntuotannon käytäntöihin ja sen hyödyntämisen mahdollisuuksiin.

Sähkön suhteen tilanne on erilainen. Sähkön pientuotantoon ei tällä hetkellä ole valmista taloudellisesti kannattavaa teknologiaa, joten sen tuottaminen hajautetusti on haasteellista. Tuotetun sähkön saaminen käyttöön onnistuu pidemmälläkin välimatkalla, sillä sähkön siirtäminen verkon kautta on tehokasta. Vaikka sähköverkkoon liittyy ongelmia, jos hajautettua sähköntuotantoa on paljon ja vaihtelevasti, tuottajan kannalta hyödyntämiseen on paremmat mahdollisuudet. Hajautetun sähköntuotannon osalta teknologian kehittäminen ja sähköverkon hallinta ovat keskeisiä tekijöitä. Sähkön ja lämmön hajautettu tuotanto tarvitsevatkin erityyppisiä edellytyksiä, joten myös haasteet ja keinot lisäämiselle eroavat.

Yleistyessään hajautettu sähköntuotanto tarkoittaa muutostarpeita tämänhetkisellem sähköverkolle. Hajautetussa sähköntuotantojärjestelmässä sähkö voi kulkea verkossa molempiin suuntiin, eli ei ainoastaan tuotantolaitokselta käyttäjälle päin, kuten keskitetyssä mallissa. Jos hajautettua sähköntuotantoa on paljon, verkon hallintaa, ohjausta ja suojausta on parannettava (Valkonen ym. 2005). Hajautettu sähköntuotanto on tyypillisesti sääolosuhteiden mukaan vaihtelevaa, jolloin sähköntuotannon ennustettavuus huononee. Koska sähkön tuotannon ja kulutuksen on vastattava toisiaan koko ajan, hajautettu energiantuotanto tarkoittaa kehittämistarpeita sähköverkon ohjausjärjestelmään.

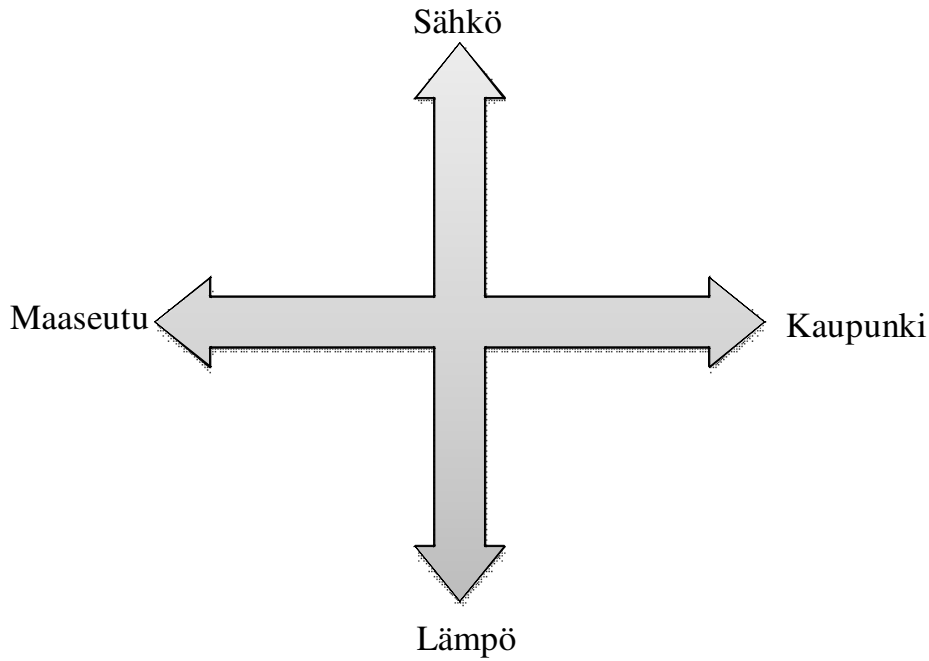
Toisaalta hajautetulla sähköntuotannolla on myös mahdollista parantaa sähköverkon toimintaa. Hajautetut resurssit voivat oikeissa kohdin verkkoa parantaa sähkön siirtokykyä poistamalla pullonkauloja. Tätä mahdollisuutta ei kuitenkaan ole Suomessa ainakaan vielä hyödynnetty. (Valkonen ym. 2005, 23.) Sähköverkon toimintaan ja hajautettuun energiantuotantoon liittyykin mahdollisuuksia, kun kehitetään sähköverkkoa ja sen älykkyyttä. Toisaalta hajautettu sähköntuotanto aiheuttaa uusia vaatimuksia sähköverkolle, mutta mikäli hajautettuja resursseja pystytään ohjaus- ja hallintajärjestelmien parantuessa hyödyntämään tehokkaasti, ne tuovat uusia mahdollisuuksia sähköverkon entistä parempaan käyttöön.

Maaseudulla on Pirkanmaalla runsaasti hyödyntämätöntä bioenergiapotentiaalia (Kinnunen 2011), ja myös tuulivoimaa olisi mahdollista tuottaa sekä teollisessa että pientuulivoiman kokoluokassa. Haastatteluissa energian hyödyntäminen on kuitenkin maaseutuympäristössä nähty haasteellisenä. Toinen haaste on potentiaalisten toteuttajien puuttuminen. Maatilat ovat yksi ryhmä, johon kohdistetaan odotuksia energiantuottajana, mutta käytännön toteutuksia maatilojen energiantuotannosta on tällä hetkellä Pirkanmaalla vain vähän. Haastatteluissa syyksi nähtiin maatilojen taloudellisesti rajalliset mahdollisuudet investoida suuria summia energiantuotantolaitteistoihin.

Kaupunkiympäristössä energian hyödyntäminen on yksinkertaisempaa, sillä tiivis yhdyskuntarakenne mahdollistaa helposti paitsi sähkön, myös lämmön tehokkaan käytön. Yritykset ja julkinen sektori ovat myös haastatteluiden perusteella kiinnostuneita toteuttamaan erilaisia hajautetun energiantuotannon ratkaisuja. Energiaresursseja on kuitenkin kaupungissa rajallisesti sekä bioraaka-aineena että tilana tuulivoiman hyödyntämiseen. Lisäksi tiiviit keskukset ovat jo

pitkälti kaukolämmön piirissä, joten kaupunkialueilla potentiaalisempi energiantuotanto koskisi pienimuotoista sähköä, jonka teknologia puolestaan on vielä kallista.

Maaseudun ja kaupungin sekä sähkön ja lämmön erottelu toisistaan muodostavat nelikentän, jossa näkyy erilaiset kontekstit hajautetulle energialle (kuva 7)



Kuva 7 Hajautetun energian eri kontekstit nelikentässä

5 Energianlähteet hajautetussa energiantuotannossa

Tässä luvussa esittelen hajautetussa energiantuotannossa yleisesti käytettäviä uusiutuvia lähteitä, niiden ominaisuuksia hajautetun energiantuotannon kannalta ja kullekin lähteelle ominaisia haasteita. Luku perustuu työn dokumenttiaineiston. Tavoitteena on antaa yleinen katsaus hajautetussa energiantuotannossa käytettäviin energianlähteisiin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin. Analysoin Pirkanmaan eri energianlähteiden käyttöä ja niihin liittyviä mahdollisuuksia sekä haasteita työni kirjallisten dokumenttien perusteella, joita on kuvattu tarkemmin luvussa 3.2. Tämä luku antaa siis pohjan toimijoiden näkemyksille hajautetun energian tuotantotapojen piirteistä, nykytilasta ja potentiaalista.

5.1 Energianlähteiden luokittelusta

Energia ei yleensä ole hyödynnettävissä sellaisenaan luonnossa, vaan sitä on käsiteltävä, jotta käyttäminen olisi mahdollista. Ketjussa energian primäärilähteestä sen hyödyntämiseen voidaan erottaa energianlähteen hankinta, jalostus, energian muuntaminen sähköksi, lämmöksi tai liikennepolttoaineeksi sekä lopputuotteen hyödyntäminen ihmisen käytössä. Jokaiseen vaiheeseen tarvitaan lisäksi jokin teknologia, jolla vaihe toteutetaan (ks. kuva 6, s. 30). Samaa energianlähdettä voidaan sen käsittelystä riippuen hyödyntää eri tekniikoilla ja käyttötarkoituksissa. Tämän työn kannalta on olennaista katsoa toimijaketjua, sen sujuvuutta sekä toimijoiden mahdollisuuksia vaikuttaa toisaalta oman osansa ja toisaalta koko ketjun toimivuuteen.

Jotta eri energianlähteitä olisi mielekäästä tarkastella niiden samankaltaisten ominaisuuksien suhteen, on hyödyllistä ryhmitellä niitä luokkiin. Energiantuotantomuodot eroavat toisistaan esimerkiksi tuotantoketjun laajuuden, optimaalisen tai yleisen tuotantolaitoksen koon sekä tuotettavan energiamuodon (lämpö, sähkö tai liikennekäyttö) mukaan. Esimerkiksi pientuulivoimaloiden koko alkaa usein siitä, mihin suurimpien aurinkokennojen kokoluokat loppuvat, kun taas biokaasulaitokset ovat useimmiten kokoluokaltaan pientuulivoiman ja teollisen tuulivoiman välissä. Tästä johtuen eri energianlähteiden hyödyntämiselle voi olla hyvinkin erilaiset vaateet lähtökohdiksi, ja siten haasteet, tuen tarve ja hyvät käytännöt eivät välttämättä ole vertailtavissa. Eräs uusiutuvien energianlähteiden ryhmittely esitetään VTT:n tiedotteessa (Valkonen ym. 2005, 25) paikallisten energiaressurssien hallinnasta hajautetuissa energijärjestelmissä seuraavasti:

1. “Suoraan hyödynnettävät mm. tuuli, aurinko ja vesivoima sekä merivirrat ja aaltoenergia.
2. Luonnonympäristöön varastoituneet energialähteet, kuten maaperän, vesistöjen ja ilmaston energiasisältö, biokaasu matalissa vesissä ja suoalueilla.
3. Biomassa, jossa alaryhminä:
 - puu eri muodoissaan, mm. pilkkeinä, hakkeena, briketteinä, pyrolyysiöljynä
 - peltoviljelytuotteet, kuten ruokohelpi, energiapaju, rypsi, rapsi ja olki
 - nopeasti hajoava biojäte, mm. keittiöiden, puutarhojen ja elintarviketuotannon jätteet
 - lanta, jonka käytöksi soveltuu parhaiten biokaasun tuottaminen
 - hitaasti hajoava biojäte kuten puu-, paperi- ja pakkausjäte, joiden pääkäyttö on polttoa.
4. Jäte- ja hukkalämpö, joka syntyy teollisuusprosesseista sekä koneiden käytöstä ja jäähtymisestä.”

Työni koskee edellisestä energianlähteiden jaottelusta pääasiassa kohtia 1 ja 3. Suoraan hyödynnettävien lähteiden ja biomassan suurin ero työni kannalta on energianlähteen hankinta. Biomassaa hankitaan ja jalostetaan, ja sen polttamisesta syntyy muuttuvia kustannuksia tuotantolaitokselle. Suoraan hyödynnettävien varojen kohdalla tämä vaihe puuttuu kokonaan, eli toimitusketju on lyhyempi ja laitoksen käydessä muuttuvia kustannuksia ei ole.

5.2 Suoraan hyödynnettävät

Suoraan hyödynnettävät energianlähteet tarkoittavat lähteitä, joiden energia voidaan hyödyntää energian syntypaikalla ilman jalostusta tai kuljetusta. Suoraan hyödynnettävistä energianlähteistä käsittelen tässä tuulivoimaa, aurinkovoimaa sekä pienvesivoimaa. Näistä kaikilla tuotetaan sähköä, ja aurinkovoimalla lisäksi lämpöä.

5.2.1 Tuulivoima

Tuulivoimala käyttää hyväkseen tuulen sisältämää liike-energiaa muuttaen sen mekaaniseksi liikkeeksi ja siitä edelleen sähköksi. Tuulivoima on uusiutuvaa, päästötöntä energiaa, jota on tarjolla runsaasti, joskin epätasaisesti jakautuneena sekä maantieteellisesti että ajallisesti. Koska tuulivoimalan tuotanto riippuu tuuliolosuhteista, tuotantoa ei voi säätää kulutuksen mukaan, vaan sähköä saadaan silloin, kun tuulee. Siksi tuulisähkö voi toimia vain täydentävänä energiamuotona, jota valtakunnan verkostossa muu tuotanto tasaa (VTT 1999, 243–244), ja riittävä sähkön saanti on varmistettava myös tuulettomina aikoina.

Vuoden 2008 hallituksen ilmasto- ja energiastrategiassa esitetään tavoite lisätä tuulivoimaa sen hetkisestä noin 120 Megawattista noin 2000 Megawattiin vuoteen 2020 mennessä. Tavoite on siis yli kymmenkertaistaa tuulivoimakapasiteetti, mikä tarkoittaa massiivista lisätuulivoiman rakentamista. Viimeiseen kymmeneen vuoteen nähden tämä tarkoittaa huomattavasti suurempaa nopeutta tuulivoiman lisärakentamisessa. Tuulivoiman lisärakentamisen tavoitteiden saavuttaminen edellyttää suurten tuulipuistojen rakentamista, mutta myös hajautetulla tuulivoimalla on oma roolinsa.

Tuulivoiman kustannukset painottuvat sen rakentamiseen. Käyttökustannukset ovat alhaiset, sillä tuuli on energianlähteenä ilmaista, voimalat toimivat automaattisesti ja kauko-ohjatusti, ja ne ovat teknisesti luotettavia (VTT 1999, 243). Valmistuskustannuksiltaan tuulivoimalat ovat kuitenkin tällä hetkellä niin kalliita, ettei tuulivoima yllä samanlaiseen kustannustehokkuuteen kuin konventionaaliset sähköntuotannon menetelmät eikä tuulisähkön tuotanto siten ole kilpailukykyistä ilman tukia.

Tuulivoiman tuotantoa tuetaan valtion puolesta syöttötariffilla, johon uusien voimaloiden on mahdollista liittyä. Nopeat rakentajat saavat lisäksi bonuksena korkeamman takuuhinnan. Tuulivoimalle annetaan tukea vain yli 500 kilovolttiampeerin kokoisille laitoksille. (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 30.12.2010/1396.) Pientuulivoimalat esimerkiksi omakotitalokäytössä jäävät siten syöttötariffijärjestelmän ulkopuolelle, ja ainoa tukimuoto on tällöin asennustyöstä saatava kotitalousvähennys (Tuloverolaki 30.12.1992/1535). Vuoden 2011 loppuun asti käytössä oli myös kiinteä tuotantotuki, joka on kuitenkin lopetettu, ja suurin osa tuen saajista siirtyi syöttötariffin piiriin. Yritykset, kunnat ja muut yhteisöt ovat aiemmin voineet saada tuulivoimalan rakentamiseen vaihtoehtoisesti investointitukea (Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista 1313/2007), mutta tällöin syöttötariffin saaminen ei ole mahdollista. Vuonna 2012 TEM:n antaman ohjeistuksen mukaan tuulivoima voi saada kuitenkin ainoastaan syöttötariffia; investointitukea myönnetään pelkästään demonstraatiohankkeille (Pirkanmaan ELY-keskus 2012). Tukea myönnetään siis sähkön tuotantoon, mutta rakentamisen kustannukset ovat korkeimmat. Tuki kannustaa kuitenkin syöttötariffin ehdot täyttävän tuulivoiman rakentamiseen, koska investointikustannukset kattavista tulevaisuuden tuloista on varmuus, kun ei tarvitse huolehtia sähkön markkinahinnan vaihtelusta.

Tuulivoiman tuotanto on vuosina 2000–2010 kasvanut koko Suomessa 77 GWh:sta 294 GWh:iin, eli sen määrä on lähes nelinkertaistunut (Tilastokeskus 2011b). Laitoksia oli vuonna 2010 yhteensä 130 (197 MW), joista keskitetyksi tuotannoksi katsottavia, yli 10 MW laitoksia oli seitsemän kappaletta (138,2 MW). (Stenberg & Holttinen 2011.) Luvussa on mukana kuitenkin vain yli 70 kW verkkoon liitetyt laitokset. Lisäksi hajautettua tuulivoimaa on tästä pienemmissä sekä sähköverkon ulkopuolisissa laitoksissa. Lehto (2009, 8–9) kertoo, että Suomen tuulivoimayhdistyksen mukaan verkkoon syöttäviä 0,2 kW–250 kW kokoisia laitteita oli vuonna 2009 asennettu Suomeen 50–100 kappaletta, ja akkua lataavia mökkivoimaloita myydään kymmenkertaisia määriä verkkoon syöttäviin verrattuna. Todennäköisesti näiden määrä on lisääntynyt vuodesta 2009.

Suomen tilastoiduista tuulivoimaloista vuonna 2010 Pirkanmaan alueella sijaitti kaksi laitosta, jotka molemmat sijaitsevat mautilojen yhteydessä. Laitokset ovat molemmat teholtaan 225 kW ja sijaitsevat Sastamalassa ja Äetsällä. Valmisteilla olevia teollisia tuulivoimahankkeita Pirkanmaan alueella oli Suomen tuulivoimayhdistyksen (2011) mukaan toukokuun 2011 loppuun mennessä kolme. Näistä kaksi sijaitsee Kangasalla ja yksi Sastamalassa. Omistussuhteiltaan Sastamalan voimala on yhteydessä aiempaan samassa kunnassa sijaitsevaan voimalaan ja kooltaan suunniteltu voimala vastaisi jo keskitettyä energiantuotantoa.

Tilaston perusteella hajautettu energiantuotanto tuulivoimalla on tällä hetkellä Pirkanmaalla pientä. Verkkoon liitettyä, yli 70 kW tuotantoa on vähän, vaikkakin valmisteilla olevia tuulivoimalahankkeita on yhteensä moninkertaisesti nykyiseen verrattuna, 19–24 MW:n verran. Pientuulivoimaa ei ole näissä luvuissa mukana, ja sitä voi olla erityisesti vapaa-ajan asunnoilla.

Tuulivoimalla on teknisiä sekä tuuliolosuhteisiin ja Suomen tuulivoimaloiden ominaisuuksiin liittyviä mahdollisuuksia ja haasteita. Teknisesti tuulivoimalat ovat melko luotettavia, mutta jäätyminen aiheuttaa Suomen olosuhteissa ongelmia. Koska laitosten tulisi toimia automaattisesti, ylimääräinen huolto jäätyamisen seuraamisena tuskin houkuttelee hajautettuun energiantuotantoon. Huono sijoituspaikka tai heikko tuulisuus vähentävät sähkön tuotantoa ja siten voimalan kannattavuutta. Tuuliolosuhteiden puolesta tuotannonvaihtelut ovat ominaisia niin tunti-, kuukausi- kuin vuositasolla. Etuna on, että keskimäärin talvella tuulee enemmän, kun energiankulutuskin on suurempaa. Haasteena on kuitenkin kulutushuippujen aikainen tuulisähkön saatavuuden epävarmuus. (Stenberg & Holttinen 2011.) Jäätyminen suhteen Pirkanmaan edellytykset tuulivoiman tuotannolle eivät poikkea muusta maasta. Potentiaalisia tuulivoiman sijoituskohteita

maakunnassa ei ole samassa määrin kuin rannikkoalueilla, mutta myös sisämaasta löytyy mahdollisia paikkoja maaston ympäristöään korkeammilla kohdilla tai pelto- ja järviaukeilla. Pirkanmaan maakuntakaavan esiselvityksenä ollaan parhaillaan kartoittamassa mahdollisia tuulivoiman sijoitukselle sopivia alueita.

Suomen tuulivoimaloiden määrä ja keskimääräinen koko on kasvanut viime vuosien aikana, ja uusimmat laitokset tuottavat sähköä parhaimmin. Suomen tuulivoimaloiden keski-ikä on 8,3 vuotta. Pirkanmaan kaksi tuulivoimalaa ovat pieniä ja molemmat on ostettu käytettyinä, vuosina 2004 ja 2005. (Stenberg & Holttinen 2011, 13.) Tämänhetkiseen Pirkanmaan tuulivoimatuotantoon on siis mahdollista tehdä huomattava lisäys tehokkaampien ja uudempien voimaloiden muodossa. Kaksi nykyistä maatilavoimalaa tarjoavat kuitenkin hyvän esimerkin hajautetusta energiantuotannosta ja voivat toimia pilottilaitoksina, jotka tarjoavat käyttökokemuksia, lisäävät tietoisuutta ja kannustavat hajautettuun tuotantoon.

5.2.2 Aurinkovoima

Aurinkoenergiaa voidaan käyttää sekä lämpönä että sähköinä. Aurinkolämpöä otetaan talteen aurinkokeräimillä, joita voidaan käyttää rakennusten tai veden lämmittämiseen. Aurinkosähköä tuotetaan aurinkokennoilla, jotka muuttavat aurinkosäteilyn sähköenergiaksi. Käytössä on myös termisiä aurinkovoimaloita (VTT 1999, 239), mutta nämä sopivat vain keskitettyyn, yli 10 MW suuruiseen tuotantoon (Hakola & Kinnunen 2006, 34; Bergman ym. 2006, 39).

Kuten tuulivoima, myös aurinkosähkö on riippuvainen ulkoisista olosuhteista, joten sen tuotantoa ei voi säädellä tarpeen mukaan. Talvella, jolloin energiantarve on korkeimmillaan, aurinkoenergiaa ei ole saatavilla. Teknologia on vielä kallista, mutta sen hinnan arvioidaan olevan laskussa, ja integroitaessa rakennuksiin aurinkokennoja ja -keräimiä voidaan käyttää korvaamaan muita materiaaleja, jolloin hintakin laskee (Solpros 2001, 9).

Aurinkoenergian käyttö on tällä hetkellä kannattavaa ainoastaan joissakin lämmitysratkaisuissa ja syrjäseudun sähköntuotannossa, jossa sähköverkko on liian kaukana. Vuonna 2005 aurinkosähkön kokonaismäärä oli nimellisteholtaan 4,048 MW, josta vain kolme prosenttia oli kytketty verkkoon. Aurinkolämpö on jonkin verran yleisempää, ja sitä oli samana vuonna 18,7 MW. (Solpros 2006, 7.)

Suomen ilmasto- ja energiastrategiassa aurinkoenergian edistämiseksi ei ole asetettu tuulivoiman kaltaisia tavoitteita. Aurinkoenergiaa edistetään strategian mukaan kiinteistöjen lämmitysenergian lähteenä, mutta aurinkosähkön todetaan olevan ajankohtaista vasta myöhemmin vuosikymmeninä.

5.2.3 Pienvesivoima

Vesivoimalla voidaan tuottaa sähköä käyttäen hyväksi virtaavan veden sisältämää liike-energiaa. Pienvesivoimalla tarkoitetaan yleisesti alle 10 MW suuruisia vesivoimaloita, jotka jaetaan edelleen pienvesivoimaan (1–10 MW) ja minivesivoimaan (alle 1 MW). Toteutukseltaan pienvesivoima eroaa suuremmista voimaloista siten, että erillisiä patoja ei käytetä, vaan veden virtaamaa voidaan ohjata suoraan turbiinille. (Bergman ym. 2006, 40.) Toisin kuin suurvesivoimaa, pienvesivoimaa ei voi siksi käyttää sähköverkon säätövoimana, vaan se tuottaa sähköä vesistön luonnollisen virtaaman mukaan.

Yhteensä, eli suurtuotanto mukaan luettuna, vesivoimaa tuotettiin vuonna 2009 Suomessa 12 573 GWh, joka oli 15,5 % sähkönkulutuksesta ja 3,4 % koko energiankulutuksesta (Tilastokeskus 2011b; 2011c). Vuonna 2005 tehdyn selvityksen mukaan Suomessa on vesivoimaloita 2 997 MW tehon verran. Energiaa ne tuottavat vuodessa keskimäärin 12,9 TWh, josta minivesivoiman osuus on 1 %, pienvesivoiman osuus 8 % (Energiateollisuus ry 2005, 17). Pirkanmaalla on yhdeksän Energiateollisuus ry:n jäsenyritysten alle 10 MW kokoista pienvesivoimalaa (Energiateollisuus ry 2009). Näiden lisäksi koko Suomessa on noin 30 muuta vesivoimalaa, joiden koosta ja sijainnista ei lähteissäni ole tietoa. Pirkanmaalla tietooni tulleita muita pienvesivoimaloita on ainakin kaksi, jotka tulivat ilmi erään haastattelun yhteydessä.

Vaikka kannattavimmat vesivoimakohteet on jo rakennettu ja käytössä, Kauppa- ja teollisuusministeriölle tehdyn selvityksen (Pr Vesisuunnittelu Oy 2005) mukaan potentiaalisia, suojelemattomia pienvesivoimakohteita on Suomessa edelleen hyödyntämättä. Taloudelliset seikat huomioiden minivesivoiman arvioitu lisäpotentiaali arvioitiin suojelemattomissa vesistöissä 144 MW:ksi, joka vastaisi 1021 GWh vuotuista energiantuotantoa. Pienvesivoiman lisäpotentiaalin on niin ikään arvioitu olevan suojelemattomissa vesistöissä 144 MW, jolla tuotettaisiin 392 GWh sähköä vuodessa (Energiateollisuus ry 2005).

Pienvesivoima on päästötöntä ja taloudellista energiaa, ja sen lisäämiseen on jonkin verran mahdollisuuksia. Rajoittavana tekijöinä ovat kuitenkin soveltuvien vesistöjen niukkuus ja voimalan

sijaintivaatimus suoraan putouksessa, joten massaratkaisuksi pienvesivoimasta ei ole. Pirkanmaalla vesivoiman lisäys tulee nykyisten laitosten perusparannuksista (Pirkanmaan energiaohjelma 2007, 29). Jonkin verran pienvesivoimaa voi lisätä, mutta sillä tuskin tulee olemaan suurta roolia pirkanmaalaisessa energiantuotannossa.

5.3 Bioenergia

Bioenergia orgaaniseen ainekseen, alun perin auringon energiasta sitoutunutta energiaa. Bioenergia voi olla kiinteässä, nestemäisessä tai kaasumaisessa muodossa, ja sitä voidaan myös muuttaa haluttuun muotoon jalostamalla. Bioenergiaa on mahdollista hyödyntää useilla eri tekniikoilla sekä sähkön- ja lämmöntuotannossa että liikennekäytössä.

5.3.1 Puu

Puu on Suomessa paljon käytetty energianlähde ja puun energiakäytön ansiosta Suomen uusiutuvan energian osuus on suhteellisen suuri. Puuta käytetään pienkiinteistöjen lämmityksessä, mutta myös suuremmissa lämpölaitoksissa sekä lämpövoimalaitoksissa, eli sähkön tuottamisessa. Eri muotoja, joissa puuta käytetään energiaksi, ovat metsähake, polttopuu ja pelletit. Lisäksi sekä mekaanisen että kemiallisen metsäteollisuuden sivutuotteita hyödynnetään energiantuotannossa. (Maunula 2011.) Hajautetun energiantuotannon edistämisen kannalta metsäteollisuuden sivutuotteilla on vain rajallinen merkitys, sillä tuotetun energian määrä riippuu suoraan metsäteollisuuden tuotantomääristä.

Puulla voidaan tuottaa lämpöä tai yhteistuotantoa sähköä ja lämpöä teollisuuden tai yhdyskunnan tarpeisiin. Hajautetussa energiantuotannossa puuta voidaan käyttää yksittäisten tai useiden kiinteistöjen lämmitykseen tai alueellisten lämpöverkkojen toteuttamiseen. Myös sähköä tuotetaan puupolttoaineilla, ja tutkimus- ja kehitystoimintaa on myös puupohjaisten liikennepolttoaineiden alalla.

Lämmöntuotanto tapahtuu polttamalla puuta kiinteistökohtaisissa tulisijoissa, kattiloissa, tai suuremman kokoluokan lämmityskattiloissa. Sähköntuotantoon on useita teknologioita, joita puulla voidaan käyttää pienessä mittakaavassa. Biomassa poltetaan kattilassa yleensä arinalla, josta syntyvällä lämmöllä voidaan tuottaa sähköä höyrykoneessa, -moottorissa tai stirling-moottorissa. Kaasuttamalla biomassaa voidaan käyttää myös kaasu- ja dieselmoottoreita, mikroturbiineita tai

tulevaisuudessa polttokennoja. (Vartiainen ym. 2002.) Puun ja yhtä lailla muun biomassan käyttäminen energianlähteenä sisältää siis useita eri teknologiavaihtoehtoja. Polttotekniikkaan tai kaasutukseen liittyy omat vaihtoehdonsa ja näiden lisäksi sähköntuotantoon on useita eri vaihtoehtoja. Tässä yhteydessä ei ole kuitenkaan mielekäästä mennä yksityiskohtiin teknologiassa, vaan tärkeää on todeta, että vaihtoehtoja on monia, ne ovat eri kehitysasteilla ja pääasiassa biomassan käyttö pienimuotoisessa sähköntuotannossa on alkutekijöissään.

Suomella on tavoitteena lisätä puuenergian hyödyntämistä voimakkaasti. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa halutaan edistää puun ja pelletin käyttöä lämmityksessä, metsähakkeen käyttöä sekä puu- ja muiden biopohjaisten liikennepolttoaineiden kehittämistä. Metsähakkeelle on asetettu tavoitteeksi nostaa sen käyttö vuoden 2006 3,6 miljoonasta kiintokuutiometristä 12 miljoonaan kiintokuutiometriin. Biopohjaisten liikennepolttoaineiden kehityksessä tavoitellaan laajamittaista suomalaista tuotantoa, jossa puu on yksi polttoaineiden raaka-aineista. Pelletin käytöstä todetaan, että yleistyessään sen raaka-aineena käytetyn puutähteen energiakäyttöä korvataan muilla polttoaineilla, useimmiten turpeella. (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia.) Puupohjaisesta energiasta metsähakkeen käyttöä on todennäköisesti mahdollista lisätä eniten ja tehokkaimmin. Nestemäisiä liikennebiopolttoaineita puuraaka-aineesta tutkitaan.

Puun energiakäytölle myönnetään tukia sekä keruuvaiheeseen että sähköntuotantoon. Tukea saa tällä hetkellä energiapuun korjuuseen sekä haketukseen Kestävän metsätalouden rahoituslain (1996/1094) perusteella. Tuki oli tarkoitus korvata uudella pienpuun energiatuella, jolla olisi tuettu energiapuun korjuuta nuorista metsistä (Laki pienpuun energiasta 101/2011). Helmikuussa 2012 EU-komissio näyttäisi kuitenkin katsovan, ettei laki sovellu valtioneuvoston päätöksiin, joten suunnitellussa muodossa sitä ei ole mahdollista toteuttaa. Tuki tulisi komission mukaan maksaa sähkön- ja lämmöntuotantolaitoksille. (MMM 2012.) Ongelmana on, että puun energiakäytössä korjuuvaihe ei ole kannattava ilman tukia.

Sähköntuotantoon puuperäisistä polttoaineista voi saada syöttötariffia samoin kuin tuulivoimasta. Metsähakkeella toimiva yli 100 kilovolttiampeerin kokoinen voimala voi saada päästöoikeuden hinnasta riippuvaa tukea. Muut puupolttoainevoimalat voivat saada syöttötariffia vain uusissa voimaloissa kokoluokassa 100–8000 kilovolttiampeeria, ja niiden tuen määrä riippuu sähkön markkinahinnasta. (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 1396/2010.)

Puuta käytettiin Pirkanmaalla vuonna 2010 yhteensä noin 1,3 miljoonaa kuutiometriä, eli 2,6 terawattituntia, joka on 12 % Pirkanmaan energiankulutuksesta. Tästä 1,4 TWh käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa ja loput 1,2 TWh pienikiinteistöjen lämmitykseen. Metsähake on puupolttoaineista lisännyt eniten käyttöään; sen käyttö on kaksinkertaistunut vuoden 2008 ja 2010 välillä. (Maunula 2011.) Puulla toimivaa lämmöntuotantoa on Pirkanmaalla melko tasaisesti hajautetuissakin kohteissa, mutta sähköä tuotetaan ainoastaan kolmessa keskitetyssä CHP-laitoksessa Tampereella, Valkeakoskella ja Mänttä-Vilppulassa (Ojakoski 2011). Lämpöyrittäjyys on hajautetun energiantuotannon yksi muoto, joka on jo luonut uusia työpaikkoja energiantuotannossa syrjäseuduille. Lämpöyrittäjien määrä vuonna 2010 oli Pirkanmaalla 39, mikä on selvä kasvu vuoden 2006 määrästä (21). (Maunula 2011.)

Puun energiakäyttöön vaikuttaa riippuvuussuhteet muihin aloihin, erityisesti metsäteollisuuteen, ja vaihtoehtoisten polttoaineiden hinta. Metsäteollisuuden tuotantomäärät vaikuttavat suoraan sen sivutuotteiden hyödyntämiseen ja pellettituotantoon, mutta välillisesti myös metsähakkeen saatavuuteen. Suurin osa metsähakkeesta saadaan päätehakkuiden yhteydessä oksa- ja latvusmassoista sekä kannoista ja juurakoista, ja päätehakkuiden määrä puolestaan riippuu siitä, paljonko tukki- ja kuitupuulle on kysyntää. Hoito- ja ensiharvennuskohteiden yhteydessä kerättävän energiapuun korjuukustannukset ovat huomattavasti korkeammat, joten kannattavuus laskee ja hakkeen hinta nousee. (Maunula 2011.) Teollisuuteen kelpaavan puun päätymistä energiakäyttöön halutaan kuitenkin välttää puuteollisuuden kilpailukyvyyn säilyttämiseksi, joten puun energiakäyttöä ei lisätä suuriläpimittaisen puun käytöllä.

Metsähakkeen energiakäyttöön vaikuttaa lisäksi vaihtoehtoisten polttoaineiden, erityisesti turpeen hinta. Puuta ja turvetta poltetaan seoksena, ja alhaisella turpeen hinnalla sitä poltetaan enemmän puun käytön kustannuksella. Hinnanvaihtelun lisäksi puupolttoaineen saatavuus vaihtelee. Tähän vaikuttaa metsäteollisuudesta riippuvaisuuden lisäksi metsänomistajien puunmyyntihalukkuus, sillä puuta halutaan myydä eniten sen hinnan ollessa korkealla. Lisäksi energiapuun kaupassa käytännöt ovat hyvinkin vaihtelevia. Puusta saatava hinta voidaan maksaa eri mittausperustein ja energiapuuta saatetaan luovuttaa markkinoille myös korvauksetta. Toisaalta ensiharvennuksella on positiivinen vaikutus metsän kasvuun ja siten metsänomistajan tulevaisuuden tuloihin. (Maunula 2011.)

Edelliset haasteet ovat liittyneet puun korjuuseen ja sen markkinoille saamiseen energian tuottamiseksi. Puun käytössä on kuitenkin myös teknisiä ongelmia. Polttoaineen tulisi

energiantuotannossa olla kuivaa ja tasalaatuista, mitä metsähake ei aina ole. Nokeamista, korroosiota ja muita teknisiä ongelmia voi esiintyä, ja niiden korjaaminen vaatii laitosinvestointeja. (Maunula 2011.) Tässä yhteydessä voidaan huomioida se, että esimerkiksi pien-CHP laitoksia ei Pirkanmaalla vielä ole, mikä saattaa olla jopa etu teknisten ongelmien kannalta. Kun laitoksia ei tarvitse muuntaa muilla polttoaineilla toimivista puulle sopiviksi, ne voidaan alun perinkin suunnitella toimimaan metsähakkeella, jolloin korjaavia investointeja ei tarvita.

Puuta käytetään Pirkanmaalla tällä hetkellä sekä keskitetyssä että hajautetussa energiantuotannossa. Metsähake on potentiaalisin puun energiakäytön lähde. Sen hajautettu käyttö on tällä hetkellä lämmöntuotantoa, joka on jo luonut työpaikkoja sekä yritystoimintaa, ja kehityksen voidaan olettaa jatkuvan. Potentiaalia puun energiakäytön lisäämiseen ja myös CHP-laitosten rakentamiseen olisi. Korjuuseen ja sähköntuotantoon on saatavilla tukea valtiolta, sillä puun käyttöä halutaan edistää.

Puun energiakäyttöä voi tarkastella ketjun eri vaiheissa. Energianlähteen hankinta tarkoittaa puun korjuuta metsistä, mihin liittyy energiapuussa heikkoa kannattamattomuutta ja hakkuutähteissä riippuvaisuutta metsäteollisuudesta. Jalostaminen on tässä tarkastelussa lähinnä hakettamista, johon ei näyttäisi liittyvän suuria haasteita. Puusta on mahdollista kuitenkin jalostaa myös muita tuotteita, missä liiketoimintamahdollisuudet voivat olla merkittäviä teknologian kehittyessä. Esimerkiksi Fortum investoi bioöljyn tuotantoprosessin integroimiseen yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotannon laitokseen (Fortum Oyj 2012). Tosin on huomattava, että tällaiset ratkaisut tulevat mitä todennäköisimmin toimimaan suurissa laitoksissa mittakaavaetujen saavuttamiseksi, joten ne eivät kuulu tämän työn aihepiiriin.

Raaka-aineen puolesta potentiaalia puun energiakäytölle on huomattavasti enemmän kuin tällä hetkellä sitä käytetään. Pirkanmaalla on puuvaroja metsähakkeen käytön kaksinkertaistamiseen, kun huomioidaan kestävä metsänhoitoon ja kannattavuuteen liittyvät seikat. (Maunula 2011.) Tästä potentiaalista riittäisi raaka-ainetta sekä keskitettyyn että hajautettuun energiantuotantoon. Tällä hetkellä puulla tuotetaan hajautetusti lämpöä, ja tämä on löytänyt toimivia malleja lämpöyritystoiminnassa. Hajautettua sähköntuotantoa puulla Pirkanmaalla ei kuitenkaan vielä ole, mutta tulevaisuudessa sekin olisi toivottavaa.

5.3.2 Peltoenergia

Peltoenergialla tarkoitetaan viljeltyjen tuotteiden hyödyntämistä energiana. Energiakasveja ovat vilja, rypsi ja ruokohelmi, ja lisäksi voidaan käyttää olkea (Tolppa & Uotila 2011). Peltokasveja voidaan kasvista riippuen hyödyntää polttamalla, jolloin saadaan lämpöä tai sähköä ja lämpöä, jalostamalla nestemäisiksi biopolttoaineiksi tai mädättämällä biokaasuksi, jota voidaan edelleen hyödyntää sähkön- ja lämmöntuotannossa tai liikennepolttoaineena.

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian mukaan energiakasvien tuotantoa aiotaan edistää, ja biopolttoaineiden tutkimus- ja kehitystyötä jatkaa. Pirkanmaalla energiakasvien viljely oli kuitenkin vuonna 2009 vähäistä, eikä se ollut noussut ennusteiden mukaisesti. Korkea viljan hinta vähentää viljelijöiden halukkuutta siirtyä energiakasvien viljelyyn. Polttamalla hyödynnetyn peltoenergian vähäisyyteen vaikuttaa viljeltyjen energiakasvien vähäinen määrä, tekniset ongelmat poltossa ja näistä yhdessä johtuva este kehittää polttoprosesseja peltoenergialle sopivaksi. Toisaalta polttotekniikka on jo kehittynyt paremmaksi myös peltoenergian hyödyntämiselle. (Tolppa & Uotila 2011.)

Haasteita peltoenergialle on taloudellisia ja teknisiä. Viljan hinta vaikuttaa peltoenergian saatavuuteen: viljan hinnan ollessa korkealla energiaksi viljeltävät peltobiomassat vähenevät. Lisäksi kuljetuskustannukset nousevat välimatkan kasvaessa, joten 50 km pidempi kuljetus tekee peltoenergian kannattamattomaksi. (Uotila ym. 2006.) Hajautetun energiantuotannon kannalta lyhyet kuljetusmatkat tosin ovatkin sopivia, kun tarkoituksena on tuottaa pienissä yksiköissä energiaa lähialueiden tarpeisiin. Teknisiä ongelmia ovat kuivuusvaatimukset ja säilymisongelmat sekä lisäksi polton ongelmat, vaikkakin uudet poltintarvikkeet ovat tuoneet tähän helpotusta. Käyttökokemusten vähäisyys ja sen myötä epävarmuus, ei myöskään ainakaan lisää innostusta peltoenergian käytölle. (Uotila ym. 2006.)

Toisaalta peltoenergian käyttöön voisi olla hyvät mahdollisuudet. Vaikka käyttö jäi ennustettua vähäisemmäksi, esiselvityksen mukaan halukkuutta peltoenergian viljelyyn olisi tuottaa yli 5 tonnia energiakasveja alueellisten lämpökeskusten käyttöön. Lisäksi maatilakohtaisesti voidaan käyttää kauppakelvotonta viljaa, mikä tarjoaa mahdollisuuden sen järkevään hyödyntämiseen. Kaikki vilja käy energiakäyttöön, ja sitä voidaan lisäksi hyödyntää usealla eri tavalla: polttamalla, nestemäiseksi polttoaineeksi jalostamalla ja mädättämällä biokaasuksi muun biomassan seassa. (Uotila ym. 2006.)

Peltoenergia on siis potentiaalinen energiamuoto, jonka yleistymisen on kuitenkin ollut pienempää, kuin olisi voinut odottaa. Peltoenergiaan liittyy taloudellisia ja teknisiä ongelmia, mutta paljon myös mahdollisuuksia. Seospolttamisen pienissä lämpölaitoksissa ja maatilakohtaisesti on potentiaalisin hyödyntämismuoto.

5.3.3 Määtettävät biomassat

Biokaasua voidaan tuottaa eläinten lannasta, biojätteestä ja viljellyistä kasveista. Myös vedenpuhdistamoiden lietteistä voidaan tuottaa biokaasua, ja spontaanisti sitä syntyy kaatopaikoilla, joista kaasu voidaan ottaa talteen ja hyödyntää. Biokaasu sisältää metaania, hiilidioksidia sekä pieniä määriä rikkiyhdisteitä ja vastaa jalostettuna maakaasua. Sitä hyödynnetään yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa, pelkässä lämmöntuotannossa sekä liikennekäytössä (Huttunen & Kuittinen 2011).

Biokaasun käyttöä pyritään valtakunnallisesti edistämään etenkin sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Tukea annetaan uusille biokaasulaitoksille syöttötariffin muodossa (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 1396/2010), ja lisäksi biokaasu on verotonta (Sähköverolaki 1996/1260). Samoin kuin tuulivoimalle, TEM:n ohjeistuksen mukaan biokaasulle ei myönnetä vuonna 2012 investointitukea, vaan syöttötariffia, ellei kyse ole liikennekäytöstä tai demonstraatiohankkeesta (Pirkanmaan ELY-keskus 2012). Sähköntuotannossa syöttötariffi ja verottomuus, liikennekäytössä laitoksen investointituki ovat siis ne rahalliset tuet, joita valtio biokaasulle antaa.

Vuonna 2010 biokaasua tuotettiin yhteensä 139,1 miljoonaa m³, josta hyödynnettiin noin 66 % ja loput poltettiin hyödyntämättä. Suurin osa biokaasusta tuotettiin kaatopaikoilla, seuraavaksi eniten yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla ja yhteismädätyslaitoksilla. Teollisuuden jätevedenpuhdistamoilla ja maatalouslaitoksilla tuotettiin muihin verrattuna vain hyvin pieni osa. (Huttunen & Kuittinen 2011.) Kaatopaikkojen biokaasun keräys tuottaa siis eniten hyödynnettävissä olevaa kaasua. Tämän työn kannalta kuitenkin kaikista pienimmät osuudet, eli maatalojen ja teollisuuden jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitokset sekä yhteismädätyslaitokset, ovat kiinnostavimpia, koska niiden tuottamaa energiaa olisi mahdollista lisätä hajautetusti raaka-aineen saatavuuden ja sen tämän hetkisen hyödyntämättömyyden vuoksi merkittävästikin.

Pirkanmaan alueella on ainoastaan yksi biokaasua hyödyntävä maatilalaitos, joka sijaitsee Virroilla. Rekisterissä on lisäksi mainittu Orivedellä sijaitseva maatilalaitos, josta tuotantotietoja ei kuitenkaan ole. Yhteismädätyslaitoksia tai teollisuuden jätevedenpuhdistamoilla toimivia laitoksia Pirkanmaan alueella ei ole. Yhdyskunnan jätevedenpuhdistamoilla toimii kaksi biokaasulaitosta, ja kaatopaikkalaitoksia on Pirkanmaalla niin ikään kaksi. (Huttunen & Kuittinen 2011.)

Biokaasun tuotantoon ja hyödyntämiseen liittyy paljon mahdollisuuksia niin maatalojen kuin muidenkin kohteiden kohdalla. Laitoksiin ja niiden vastaaviin pidetään yhteyksiä, joiden avulla on mahdollista lisätä tietoisuutta ja osaamista alan tarpeisiin. Laitosten määrä on lisääntymässä, vaikkakin vuodesta 2009 biokaasun tuotanto ja hyödyntäminen hiukan laskivat vuonna 2010. Pirkanmaalla biokaasun tuotantoa on vaihtelevasti. Tampereelle rakennettiin ensimmäinen yhdyskunnan jätevedenpuhdistamon laitos jo vuonna 1962, mutta biokaasun hyödyntämisaste jätevedenpuhdistamoilla ei ole kovinkaan korkea. Sen sijaan Pirkanmaan kahden kaatopaikan biokaasu hyödynnetään täysimääräisesti. Teollisuuden jätevedenpuhdistamoiden tai yhteismädätyslaitoksia Pirkanmaalla ei ole lainkaan. Hukkapoltettua kaasua olisi mahdollista hyödyntää liikennepolttoaineena jo nyt teknisesti ja taloudellisesti kannattavalla tavalla. Tällä hetkellä biokaasua kuitenkin poltetaan ylijäämänä huomattava osuus. (Huttunen & Kuittinen 2011.) Pirkanmaalla on siis kokemusta biokaasulaitoksista, mutta hyödyntämisen astetta sekä erityyppisten laitosten määrää olisi mahdollista kasvattaa.

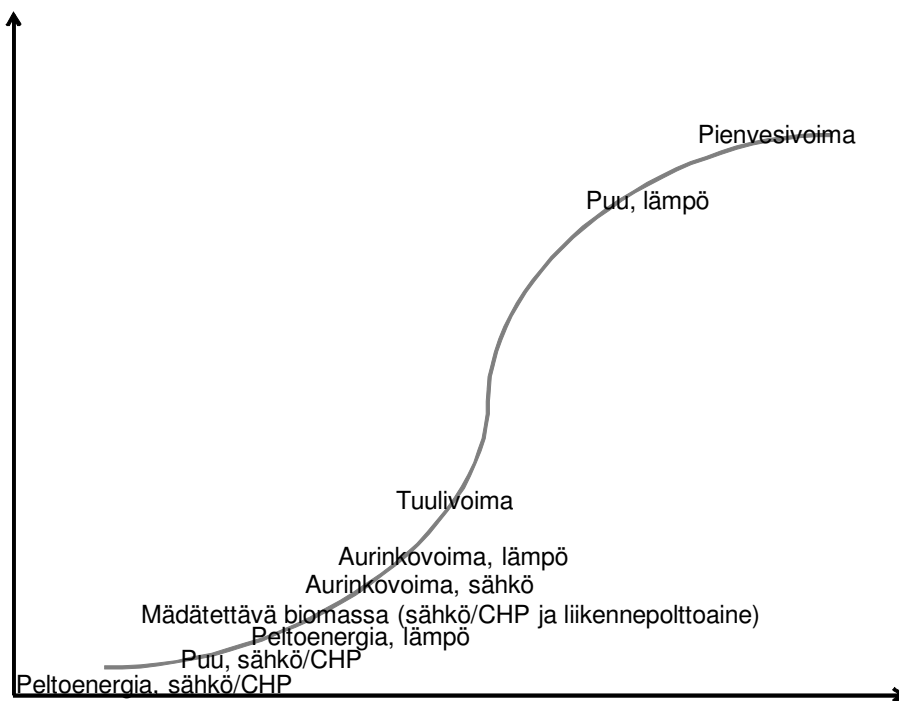
Maatalojen laitokset ovat erityisen kiinnostavia elinkeinojen lisäämisen ja maaseudun kehittämisen kannalta. Tutkimusta tehdään monella maatilalaitoksella, joita on myös maatalouden oppilaitoksilla. Tutkimus- tai oppilaitosten biokaasulaitoksia on maatilalaitoksista tällä hetkellä 3 laitosta Suomen kymmenestä maatilalaitoksesta, ja suunnitteilla on neljä 14:sta. Tutkimusta on tehty esimerkiksi MTT:n Maaningalla siirrettävästä biokaasulaitoksesta sekä biokaasun tuotannon lisäämisestä erilaisia biomassoja käsittelemällä. (Huttunen & Kuittinen 2011.) Tutkimus vie biokaasulaitoksia teknisesti eteenpäin, ja maatalouden oppilaitosten yhteydessä sijaitsevat laitokset lisäävät tulevaisuuden maatalouden ammattilaisten tietoisuutta ja osaamista biokaasun tuottamisesta maatilaympäristössä.

Biokaasun tuotantoa ja hyödyntämistä pyritään edistämään valtiollisin keinoin, ja kiinnostus sitä kohtaan onkin kasvamassa. Hajautetussa energiassa etenkin maatalojen ratkaisut ovat kiinnostavia.

Niissä voitaisiin lisäksi mädättää yhdyskunnan biojätettä tai muussa kohteessa runsaasti syntyvää biojätettä.

5.4 Energianlähteiden tila ja leviämisen aste

Eri energianlähteet, joita hajautetussa tuotannossa käytetään, vaihtelevat tämänhetkiselältä kehitystasoltaan. Näitä voidaan tarkastella luvussa 2.3 kuvatulla s-käyrällä. Kuvassa 8 on asetettu eri teknologiat oman arvioni mukaan s-käyrälle niille sopivaan kehitysvaiheeseen. Kuvio ei tarkoita pelkkää teknologista kehitystä, vaan siinä on oman arvioni mukaan kyseisen teknologian tai teknologioiden, toimitusketjun sekä yhteiskunnan rakenteiden muodostama vaihe, jossa kyseisen energianlähteen hyödyntäminen tällä hetkellä on.



Kuva 8 Energianlähteet innovaation leviämisen s-käyrällä

Suurin osa kuvassa näkyvistä energianlähteistä on s-käyrän alkupäässä, mikä tarkoittaa sitä, että niiden mahdollisuudet kasvaa ovat suuret. Myös Lester ja Hart (2011) toteavat, että useimmat vähähiilisen sähköntuotannon teknologiat ovat vasta demonstraatio- tai aikaisessa käyttöön oton vaiheessa. Mahdollisuuksien lisäksi käyrän alkupäässä toisaalta myös riskit ovat isot. Pienvesivoima on hyvin pitkään käytetty energiamuoto, jossa potentiaalisin lisäämismahdollisuus

lienee nykyisten voimaloiden tehonnostot. Lämpöenergian tuottaminen puulla on myös pitkään käytetty muoto, ja tällä hetkellä sen mahdollisuudet ovat uudenaikaisissa palvelumalleissa.

On hyvä huomata, että jokaisen energianlähteen hyödyntämiseen on olemassa useampia teknologioita, joten yhden teknologian epäonnistuminen ei tarkoita koko energianlähteen hyödyntämisen pysähtymistä. Esimerkiksi sähköntuotantoon biomassalla on useita vaihtoehtoja (ks. luku 5.3.1), joista yksi tai useampi saattaa tulevaisuudessa levitä.

6 Hajautetun energiantuotannon esteitä Pirkanmaalla

Tässä luvussa analysoin toimijoiden haastatteluita niiden ongelmien ja esteiden kannalta, mitä tuli esiin. Haastateltavat edustivat monenlaisia organisaatioita ja näkökulmia, joten heidän kokemansa ongelmat erosivat toisistaan jonkin verran. Toisaalta ilmeni esteitä, jotka lähes jokainen haastateltava mainitsi. Näiden esteiden moninaisuuden vuoksi niitä on hyödyllistä luokitella järkeviksi kokonaisuuksiksi.

Käytän luokittelun pohjana PESTEL-mallia, joka on alun perin kehitetty yritysten strategian suunnitteluprosessiin tavoitteena tunnistaa yrityksen strategian onnistumiseen vaikuttavat liiketoimintaympäristön makrotason trendit (Johnson ym. 2008, 55). Jakoa on kuitenkin sovellettu useanlaisissa hyvinkin erilaisissa tapauksissa. Kirjainyhdistelmä viittaa poliittisiin (political), taloudellisiin (economical), sosiaalisiin (social), teknologisiin (technological), ekologisiin (ecological) ja lainsäädännöllisiin (legal) tekijöihin. Mallia on käytetty alun perin PEST-mallina, johon on lisätty joko pelkästään ekologiset tai myös lainsäädännölliset tekijät. Tässä yhteydessä mallin tarkoituksena on jaotella toimijoiden näkemät hajautetun energian esteet loogisella tavalla. Koska lainsäädäntö liittyy läheisesti poliittiseen aihepiiriin, näen järkeväksi yhdistää ne, ja käytän mallia PESTE-muodossaan.

6.1 Poliittiset ja julkishallinnolliset esteet

Poliittisella viitaan tässä yhteydessä poliittisiin, lainsäädännöllisiin ja julkishallinnollisiin tekijöihin. Tällaiset ongelmat ovat keskeisiä energiakysymyksissä, sillä politiikalla ohjataan energia-asioita hallinnollisin, taloudellisin ja informaatio-ohjaukseen perustuvien keinoin ja toisaalta luodaan puitteet toiminnalle energiapolitiikasta riippumattomissakin päätöksissä. Lainsäädännöllä ja tukiratkaisuilla on näkyvin rooli poliittisessa ohjauksessa.

Valtiotason vaihteleva energiapolitiikka

Haastateltavat näkivät poliittisena haasteena valtion energiapolitiikan epäselvyyden ja vaihtelevuuden. Selvimmin tämä näkyy energiantuotantoon myönnettyjen tukien muuttumisena. Kun valtion tuet vaihtelevat ja muuttuvat, energiantuotantoon investoimista harkitsevan epävarmuus kasvaa. Kun kannattavuuslaskelmia tehdään voimassa olevien tukirakenteiden mukaan ja tuet

muuttuvatkin, toteuttamissuunnitelmat voivat peruuntua. Lisäksi kovin suuri epävarmuus tulevasta tukipolitiikasta ei kannusta investoimaan hajautettuun energiantuotantoon, jos laitoksen kannattavuus riippuu täysin tai osin valtion senhetkisistä tuista.

Politiikan ohjauksella on merkittävä rooli uuden energiateknologian kehityksessä ja käyttöön ottamisessa. Garud ja Karnøe (2003) vertailivat tutkimuksessaan tanskalaista ja yhdysvaltalaisista tuulivoimakehitystä ja päättelivät, että valtion ohjauksella oli merkitystä siinä, miten hyvin prosessit kehittyivät. Tanskassa valtio sopeutti politiikkaansa sen hetkiseen kehitykseen ja tavoitteli asteittaista tuulivoiman lisäystä, kun taas Yhdysvalloissa kannustettiin suurten markkinoiden luomiseen nopeasti ja vedettiin yhtäkkiä tuet pois. Ennustamaton politiikan vaihtelevuus oli siten yksi suuri syy yhdysvaltalaisen tuulivoimabisneksen huonoon menestykseen.

Suomessa uusiutuvan energian lisäämiseen on haluttu vaikuttaa poliittisin keinoin ja luotu välineitä siihen. Energiantuotantoa ohjataan ainakin tukiratkaisuilla sekä tuotantolaitosten lupamenettelyillä. Kansallisessa toimintasuunnitelmassa uusiutuvan energian edistämisestä (TEM 2011) kuvataan Suomessa käytetyt poliittiset ohjauskeinot uusiutuvan energian lisäämiseksi, joista useimmat koskevat myös hajautettua energiantuotantoa. Toimintasuunnitelma sisältää sekä sääntelyyn, taloudelliseen ja informatiiviseen ohjaukseen perustuvia toimia että tutkimus- ja kehitysohjelmia. Vaikka uusiutuvan energian edistämiseen tähtäävää politiikkaa tehdään, haastateltavat näkivät politiikkatoimet kuitenkin huonosti ennustettavina ja valtion toimet poukkoilevina. Kiinteä sähköntuotantotuki on esimerkiksi lakkautettu vuoden 2011 loppuun ja pienpuun energiatukea ei saatu vahvistettua EU-komissiossa eikä sitä koskevaa lakia siten saatu voimaan. Ohjaavat toimet ovat siis jossain määrin epäonnistuneet.

Sähköverkkoon liittymisen ongelmat

Sähköverkonhaltijoilla on velvollisuus liittää tietyt määritellyt kriteerit täyttävät voimalat verkkoonsa kohtuullista korvausta vastaan (Sähkömarkkinalaki 1995/386, 9§). Haastateltavien mukaan sähköverkkoon liittymisessä on kuitenkin ongelmia, jotka voivat estää hajautettuun sähköntuotantoon ryhtymisen.

Vaikka sähkömarkkinalaki velvoittaa perimään ainoastaan kohtuullisen korvauksen verkkoon liittämistä, useat haastateltavat näkivät liittymiskustannukset pientuotannon kohdalla kohtuuttoman suurina. Prosessi nähtiin hankalana myös muussa kuin taloudellisessa mielessä. Tämä

johtuneet siitä, että verkkoon liittäminen on aiemmin tapahtunut lähinnä suurilla voimaloilla, minkä mukaan verkkoyhtiöt perivät korvauksen. Tässä tapauksessa korvaus on lain mukainen, eli kohtuullinen. Pienvoimalaa verkkoon liitettäessä tilanne kuitenkin muuttuu olennaisesti, koska volyymit ovat paljon pienemmät. Siten suurvoimaloiden mukaan lasketut kohtuulliset korvaukset eivät voimalan omistajan näkökulmasta olekaan enää kohtuullisia. Polkuriippuvuuden näkökulmasta tilannetta voi tarkastella verkosto- tai koordinoitvaikutusten näkökulmasta, jossa olemassa oleva ratkaisu on verkostoitunut muiden alojen kanssa ja alojen keskinäinen riippuvuus vahvistaa vallitsevaa polkua (Arthur 1994; Unruh 2000, 822–823). Sähköverkkoyhtiö ja energiantuotantolaitos ovat riippuvaisia toisistaan, ja niiden välille muodostuneet käytännöt sekä tätä käytäntöä tukeva lainsäädäntö ovat hioutuneet toimiviksi, mistä kumpikin osapuoli hyötyy. Vaihtoehtoiselle ratkaisulle, eli muun kuin energiayhtiön omistamalle pientuotantolaitokselle, verkkoon liittyminen on kuitenkin uutta ja tarpeisiin nähden hankalaa, mikä vaikeuttaa sen toteuttamista.

Energiateollisuus ry on antanut ohjeistuksen pientuotannon liittämisestä sähköverkkoon sähköverkkoyhtiöille, joka toimii suosituksena (Energiateollisuus ry 2011b). Periaatteessa toimintamalli verkkoon liittämiseen siis on olemassa. Ongelma kuitenkin koettiin todellisenä. Syynä voi olla, että ohjeita ei noudateta, niistä ei olla tietoisia tai ohjeistuksen noudattaminenkaan ei poista ongelmaa.

Nettomittaroinnin puuttuminen

Toinen ongelma sähköverkkoon liitetyssä pientuotannossa oli haastateltavien mukaan se, että oman käytön ylittävästä, verkkoon syötetystä sähköstä ei saa välttämättä korvausta. Verkkoyhtiöillä tai millään muullakaan taholla ei ole kuitenkaan velvollisuutta ostaa tai hyvittää verkkoon tuotettua sähköä, joten käytännössä verkkoon syötetylle sähkölle ei aina löydy ostajaa, etenkin kun tuotantolaitos on pieni. Laki ei määrää mitään tahoa korvaamaan ylijäämäsähköä, vaan on yhtiöiden omista käytännöistä riippuvaista, hyvitetäänkö sähköä vai ei. Tässä eräs haastateltava kertoi käytäntöjen vaihtelevan runsaastikin eri verkkoyhtiöiden välillä: jotkut tekevät verkkoon liittämisen suhteellisen vaivattomasti ja hyvittävät sähkön, toisilla verkkoon liittäminen vaatii monimutkaiset prosessit eikä ylijäämäsähköstä makseta korvausta. Useampi haastateltava katsoi, että kaksisuuntainen sähkön mittaus ja laskutus olisi riittävä toimenpide pienten aurinko- ja tuulisähkövoimaloiden yleistymiseen. Käytännössä siis asiakkaan verkkoon syöttämä sähkö näkyisi

laskussa negatiivisena kulutuksena. Hallitusohjelman mukaan nettomittaroinnin mahdollisuudet piensähkön tuotannossa selvitetään, ja TEM:ssä tämä selvitys on parhaillaan käynnissä.

Nettomittarointiin liittyy kuitenkin ongelmiakin. Jos käytetty ja tuotettu sähkö lasketaan yhteen, asiakas ei maksa todellisesta sähkön siirrosta lainkaan. Sähkön todelliset siirtokustannukset kuitenkin pysyvät samana tai jopa nousevat, jos hajautettu sähköntuotanto lisääntyy paljon. Tällöin kustannukset jäävät muiden verkon käyttäjien maksettavaksi, eli käytännössä kyseessä on tulonsiirto sähkön käyttäjiltä pientuottajille. Nettomittaroinnista puhuttaessa tämä ei kuitenkaan tule ilmi, vaan netotuksesta puhutaan yksinkertaisena ratkaisuna pientuottajan ylijäämätuotannon korvauksen varmistamiseen. Siksi nettomittarointia ei tulisi pitää ainoana vaihtoehtona, vaan tutkia myös muita mahdollisuuksia, ja viestiä avoimesti todellisista taloudellisista vaikutuksista muihin sähkönkäyttäjiin.

Kaavoituksen rajoitteet

Monessa haastattelussa kävi ilmi, että hajautettua energiantuotantoa saattaa estää kaavoitus, jos energiantuotantomahdollisuuksia ei ole huomioitu siinä. Esimerkiksi aluelämpölaitokselle tai tuulivoimalalle sopivan paikan löytyminen voi olla hankalaa tai jopa mahdotonta tiiviisti kaavoitetuilla alueilla. Lisäksi lämmöntuotannossa kiinteistöjen sijoittelu riittävän lähelle toisiaan on edellytys lämmön hyödyntämiselle.

Kaavoitus on yksi ilmentymä prosesseista, joka on kehittynyt keskitettyä mallia tukevaksi rakenteeksi. Kun oletus on, että sähkö tuodaan verkon kautta suurista laitoksista ja lämpö joko keskitetyistä lämpölaitoksista tai kiinteistökohtaisena ratkaisuna, muita vaihtoehtoja ei ole tarpeen huomioida kaavassa. Energiaratkaisuja on tosin alettu huomioida kaavoituksessa (esim. Rajala ym. 2010), mutta vakiintuneiden instituutioiden muutos on hidasta (Unruh 2000, 824), joten niin kutsuttua energiakaavaa tuskin on lähiaikoina näköpiirissä rutiininomaisena joka paikassa. Lisäksi vaikka kaavoitusprosessia onnistuttaisiin muuttamaan nopeallakin aikataululla, olemassa olevat kaavat on joka tapauksessa jo tehty huomioimatta hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksia.

Maakuntakaavan tasolla Pirkanmaalla tehdään tällä hetkellä selvitystä tuulivoimalle soveltuvista alueista, jotka tullaan merkitsemään maakuntakaavaan. Selvitys on suunnattu suuren mittakaavan voimaloille ja tuulipuistoille, mutta siitä saatua tietoa on mahdollista hyödyntää myös hajautetussa tuulivoimarakentamisessa. Yleis- ja asemakaavatasolla energiakaavoituksesta on ainakin Porvoon

Skaftskärren alueella tehty hanke, jossa on selvitetty kaavoituksen vaikutuksia kokonaisvaltaisesti energiatehokkuuteen (Rajala ym. 2010). Hankkeesta saatuja kokemuksia levittämällä kaavoituksen mahdollisuudet energiasuunnittelussa voisi hyödyntää.

Raskaat lupaprosessit

Ympäristölupien tarve laitoksille nähtiin yhtenä keskeisenä haasteena, erityisesti lukuisten selvitysten tarpeen vuoksi. Lisäksi haastateltavat kertoivat luvan saamisen kestävän liian kauan. Erityisesti tuulivoiman rakentamisessa koettiin lupaprosessien vievän aikaa, ja lisäksi vastustus kasvattaa aikaa entisestään. Kuten monessa muussakin ongelmassa, myös tämän kohdalla erityiseksi asian tekee se, että voimalaitosten toteuttajina voi olla yksityisiä ihmisiä, joilla ei ole osaamista, resursseja tai tukijorganisaatiota lupaprosessia helpottamassa. Siten koko prosessi jää yhden ihmisen harteille, kun vastaavissa hankkeissa se yleensä on suuremman organisaation hoidettavana. Voimalan toimittajien kanssa tehtävät sopimukset voivat tosin kattaa myös valmistelu- ja lupavaihetta, mutta koska rahoitus ja kannattavuus ovat usein muutenkin ongelmia, tämä ei aina ole sopiva ratkaisu.

Lauri Tarastin (2012) tuulivoimaselvitys on antanut suosituksia lupaprosessien yksinkertaistamiseen, tosin vain suuren kokoluokan tuulivoiman osalta. Nämä saattaisivat toteutuessaan kuitenkin helpottaa myös muuta hajautettua energiantuotantoa. Lisäksi olisi kuitenkin saatava kuntien rakennuslupamenettelyt pienempien voimaloiden kohdalla yksinkertaisiksi ja mielellään yhdenmukaisiksi keskenään.

Syöttötariffin kokoraja

Syöttötariffia voi saada tuulivoimalla, metsähakkeella, biokaasulla ja puupolttoaineella toimivaan sähköntuotantoon. Laissa on kuitenkin määritelty kokorajat, jotka on ylitettävä, jotta tukea voi saada. (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 30.12.2010/1396.) Tuulivoiman kohdalla tätä ei haastatteluissa nähty ongelmana, sillä syöttötariffijärjestelmä nähtiin pientuulivoimalle muutenkin turhan raskaana tukijärjestelmänä ja ennemmin toivottiin kaksisuuntaista sähkön mittaamista ja laskuttamista.

Biokaasulaitosten osalta syöttötariffin kokoraja nähtiin kuitenkin jossain määrin ongelmallisena. Raja on laissa 100 kilovolttiampeeria, ja haastateltavien mukaan tällaiseen laitospäivätyöhön vaaditaan

niin paljon raaka-ainetta, että ainakaan omalta maatilalta sitä ei ole mahdollista saada, ja muualtakin tuodun aineksen määrän tulisi olla suuri, jotta tähän kokoluokkaan päästäisiin.

6.2 Taloudelliset esteet

Taloudellisilla esteillä tarkoitan liiketoiminnan kannalta keskeisiä, taloudellisia vaikutuksia aiheuttavia suoria ja epäsuoria tekijöitä.

Kannattavuus

Taloudellinen kannattavuus on tekijä, joka nähtiin lähes jokaisessa haastattelussa erittäin merkittävänä hajautetun energiantuotannon lisäämisen jarruna. Hajautetun energiantuotannon ratkaisut ovat pientuotantoa, jossa ei saavuteta massatuotannon taloudellisia etuja. Kun tuotantomäärät kasvavat, kustannukset tuotettua yksikköä kohden pienenevät. Tästä johtuen pienimuotoinen energiantuotanto on lähtökohdiltaan keskitettyä suurtuotantoa huomattavasti huonommassa asemassa kannattavuuden suhteen.

Haastateltavat näkivät kannattavuusongelman niin energiantuotannossa kuin muissakin tuotantoketjun osissa. Energiantuotannon osalta kannattamattomuus näkyy laitosten vähäisenä tai olemattomana rakentamisena. Lisäksi monien aurinko- ja tuulivoimaloita myyvien yritysten, eli laitetoimittajien, kerrottiin olevan taloudellisissa vaikeuksissa. Bioenergian puolella energiapuun ja peltoenergian korjuu on heikosti kannattavaa, eli tuotantoketjussa raaka-aineen hankintaan liittyy sama ongelma. Lämmöntuotannossa hajautetusti ei ole haastateltavien mukaan yhtä paljon kannattavuusongelmia kuin sähköntuotannossa, koska lämpöä tuotetaan teknisesti yksinkertaisemmilla ja edullisemmilla laitteilla.

Valtion tukimekanismien koettiin mahdollistavan osin hajautetun energian tuottamista. Toisaalta tukien katsottiin olevan sopivia vain väliaikaiseen vaiheeseen, ei pysyväksi ratkaisuksi. Haastateltavat olivat siis melko yksimielisiä siitä, että energiantuotannon tulisi ennen pitkää tulla itsessään myös taloudellisesti kannattavaksi, jotta se voisi toimia kestävältä pohjalta.

Kannattavuuden nähtiin voivan parantua tulevaisuudessa teknologian hinnan laskiessa, etenkin kuluttajille suunnatuissa pienimuotoisimmissa laitteissa, kuten aurinkokennoissa ja maalämpöpumpuissa. Toisaalta myös sähkön ja öljyn hinnan nousu voi tehdä pienimuotoisen tuotannon kannattavaksi. Toisena helpottavana tekijänä nähtiin hajautetun energian ratkaisuiden

monipuolinen käyttö toisaalta tuotantomuotojen yhdistelminä ja toisaalta muiden toimintojen liittämässä energiantuotantoon. Energiamuotojen monipuolisuus lisää energiaomavaraisuutta ja vähentää riippuvuutta ostoenergiasta, mikä samalla lisää kannattavuutta. Muita toimintoja voi liittää esimerkiksi integroimalla rakenteisiin aurinkokennoja tai biokaasun tuotannossa ottamalla vastaan jätettä raaka-aineeksi, mistä voi saada huomattavan osan laitoksen tuotosta.

Vaikka kannattavuus nähtiin tällä hetkellä suurena esteenä hajautetun energiantuotannon yleistymiselle, monet ajattelivat, että tekniikan hinnan laskiessa hajautetut ratkaisut alkavat levitä itsestään. Toisaalta eräs haastateltava ei pitänyt kannattavuutta ongelmana lainkaan, sillä hänen mukaansa hajautettuihin ratkaisuihin löytyy toteuttaja, jos se on tavalla tai toisella mahdollista toteuttaa taloudellisesti. Jos kannattavuuteen ei voi päästä, hänen mukaansa kyseistä ratkaisua ei tulisikaan silloin toteuttaa lainkaan.

Rahoitus

Hajautetussa energiantuotannossa tuottajat ovat keskitetystä tuotannosta poiketen yleensä pieniä ja monesti samalla energian loppukäyttäjiä. Tästä johtuen haastateltavien mukaan investointien rahoittamiseen on vähemmän resursseja, kun puhutaan esimerkiksi maatilakokoluokasta suuren energiayhtiön sijaan. Pääoman investointiin on energian loppukäyttäjällä suurempi kynnys ja vähäisemmät mahdollisuudet kuin perinteisillä energiantuottajilla (Heiskanen ym. 2011, 1893). Kohteet on mahdollista rahoittaa yhdistelmänä mahdollisesta valtion investointituesta, lainasta joko pankilta tai muulta rahoituslaitokselta ja omarahoitusosuudesta. Hajautetun energiantuotannon kehittämishankkeisiin on käytettävissä eri rahoitusinstrumentteja muun muassa TEKES:ltä. Etenkin suurissa investoinneissa omarahoitusosuuden vaatimus saattaa olla haastateltavien mukaan kynnyskysymys. Pieniin investointeihin, kuten muutaman tuhannen euron aurinkosähköpaneeliin investoitaessa rahoitus löytyy helpommin omastakin takaa, ja riski investoinnissa on pienempi. Kun taas puhutaan useiden satojen tuhansien eurojen investoinnista, rahoituksen ongelmat luonnollisesti kasvavat.

Rahoituslaitosten suhtautuminen energiainvestointeihin on kaksijakoista. Toisaalta energia-ala on nouseva, mikä on rahoittajankin kannalta houkutteleva tekijä, mutta toisaalta epävarmuus saattaa olla liian suuri. Uusissa ratkaisuissa ei ole vielä kokemusta investointien tuotosta tai takaisinmaksusta, joten rahoituslaitoksilla ei ole osaamista tai mahdollisuuksia laskea luotettavia

ehtoja rahoituspäätösten riskeille. Nämä ongelmat kohdistuvat erityisesti uusiin teknologioihin ja suuriin investointeihin. Sen sijaan lämpöyrittäjä kertoi, että voi olla helppo löytää investoinnilleen rahoitusratkaisu, koska teknologia ja toimintamalli on jo olemassa olevaa ja toimivaksi testattua, ja rahoituslaitoksillekin on muodostunut käsitys siitä, miten riskit ja tuotot lasketaan.

Tukien markkinoita vääristävä vaikutus

Useimmat toimijat pitivät valtion uusiutuvan energian tukimekanismeja (ks. luku 5) välttämättöminä hajautetun energian edellytyksenä. Kuitenkin suurin osa oli myös sitä mieltä, että tuissa on jotain vikaa. Moni haastateltava oli sitä mieltä, että tuilla on markkinoita vääristävä vaikutus, joka häiritsee parhaiden tuotantotapojen yleistymistä. Lisäksi tukimekanismeja pidettiin niin monimutkaisina, että niiden hyödyntäminen on hankalaa.

Raaka-aineen huono saatavuus

Raaka-aineen saatavuus koskee puuenergiaa ja biokaasun raaka-ainetta. Vaikka raaka-ainetta olisikin riittävästi, vaikeuksia tuottaa sen toimittaminen tuotantolaitoksiin riittävän luotettavasti ja vaivattomasti kustannusten pysyessä samalla kohtuullisina.

Puun osalta haastatteluista kävi ilmi, että vaikka tällä hetkellä pientuotantoon olisikin saatavilla raaka-ainetta, ongelmia tulisi, jos käyttö kasvaisi voimakkaasti. Energiakäyttöön sopivaa puuraaka-ainetta on Pirkanmaan puuenergiaselvityksen (Maunula 2011) mukaan olemassa tämän hetkistä käyttöä enemmän. Myös biokaasun tuotantoon sopivaa ainesta on runsaasti täysin hyödyntämättä. Haastateltavien mukaan haasteena on puuenergian kohdalla puuaineksen luotettava toimitus metsästä polttolaitokseen. Markkinoille saatavan aineksen riittävyyteen vaikuttaa energiapuun korjuun huono kannattavuus. Peltoenergiassa tämä on erään haastateltavan mukaan erityisen suuri ongelma, minkä takia alun perin potentiaaliseksi energiakasviksi katsotun ruokohelven viljely energiakäyttöön on epäonnistunut täysin.

Toinen suuri ongelma hakkeen toimituksessa on, että sitä tarvitaan melko suuret määrät ja välivarastoja on riittämättömästi. Haketettavaa puuta varastoidaan tienvarsilla, josta se haetaan ja haketetaan sekä kuljetetaan suoraan voimalaan. Jos hakkeen toimitus estyy syystä tai toisesta, pienet välivarastot eivät riitä energiantarpeen tyydyttämiseen ja huoltovarmuus kärsii. Pellettiä tuotetaan Pirkanmaalla yli alueen tarpeen, suurin osa siitä menee vientiin. Haastateltavien mukaan sen

toimitusta hallitsee yksi tai kaksi suomalaista yhtiötä, mikä vähentää kuluttajien luottamusta pelletin hintaan ja saatavuuteen.

Biokaasun tuotantoon sopivassa, mädätettävässä aineksessa haasteena on haastatteluiden perusteella, että ainakin tällä hetkellä kannattavuuden saavuttamiseksi ensinnäkin laitokseen tulee olla suhteellisen suuri ja toisekseen on pystyttävä ottamaan vastaan sellaista ainesta, josta peritään porttimaksuja. Tämä tarkoittaa, että laitoksen tulisi sijaita alueella, jossa omaa mädätettävää ainesta olisi paljon ja lisäksi lähellä syntyisi suuri määrä mädätettäväksi kelpaavaa biojätettä, joka myös haluttaisiin tuoda biokaasulaitokselle. Tällaiseen tilanteeseen raaka-aineen saatavuudessa voi olla hankala päästä.

6.3 Sosiaaliset esteet

Sosiaalisilla tekijöillä on alun perin mallissa tarkoitettu makrotason sosiaalisia ilmiöitä, kuten väestön demografisia ominaisuuksia (Johnson ym. 2008, 56), mutta tässä yhteydessä viitataan sosiaalisella ihmisten väliseen vuorovaikutukseen ja sosiaalisiin toimintatapoihin. Sosiaalisilla tekijöillä voi olla suuri merkitys uudenlaisen energiantuotantosysteemin leviämässä, koska tällaisia systeemejä levitetään verkostoissa (Garud & Karnøe 2001), joihin liittyy sosiaalisia suhteita ja yhteyksien luomista.

Toimintamallien puuttuminen

Keskeinen teema haastatteluissa oli, että hajautetun energiantuotannon ratkaisut ovat uusia, joten aiempia esimerkkikohteita ei välttämättä ole, asiat ovat uusia toimijoille ja tästä johtuen osaamista tai rutiinia ei ole hajautetun energian sujuvaan tekemiseen.

Useissa haastatteluissa kävi ilmi, että oman pienvoimalan hankkiminen on monimutkaista ja vaatii paljon aikaa ja vaivaa, johon monikaan ei ole halukas ryhtymään. Esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmää ei saa yhdestä paikasta, vaan voi joutua tilaamaan paneelit yhdestä paikasta, asennuksen toisesta ja sähkötyöt kolmannesta, minkä lisäksi on vielä neuvoteltava sähköverkkoyhtiön kanssa verkkoon liittämisestä sekä kunnan rakennuslupaviranomaisten kanssa tarvittavista luvista. Ongelma on yleinen teknologioissa ja tuotteissa, jotka ovat vasta elinkaarensa alkupäässä eivätkä yleistyneet massaratkaisuuksi. Eräs haastateltava vertasi aurinkosähköpaneelita ilmalämpöpumppeihin, ja totesi, että todennäköisesti samankaltaista kehitystä tulee tapahtumaan.

Tällöin valikoimaa alkaa olla enemmän ja tietoisuus lisääntyy, minkä jälkeen laitteiden hankkiminen tulee paitsi edullisemmaksi, myös vaivattommaksi. Vakiintuneita toimintatapoja puuttuu haastateltavien mukaan monissa tilanteissa. Esimerkiksi rakennuslupa pienvoimalaa varten on erityisratkaisu pikemmin kuin sellainen, johon valmis malli olisi jo olemassa.

Sitra on kehittänyt toimintamalleja energian pienimuotoiseen tuottamiseen. Näitä toimintamalleja varten on myös aloitettu hankkeita, joissa niitä pilotoidaan. (Sitra 2012.) Uusia toimintamalleja selvästi tarvitaan, ja toisaalta myös niiden testaaminen on tarpeellista. Heiskasen ym. (2011) mukaan asiakkaiden uudenlainen tavoittaminen on keino, jolla vanha toimintatapa voidaan haastaa, tai toisin sanoen horjuttaa vanhaa polkua. Vanhasta poikkeavat liiketoimintamallit voisivat tavoittaa vaihtoehtoisesta energianhankintatavasta kiinnostuneita ihmisiä monipuolisista ryhmistä.

Kielteiset asenteet, ennakkoluulot ja tahtotilan puute

Usea haastateltava piti tahtotilan puutetta tärkeänä esteenä hajautetulle energiantuotannolle. Heidän mukaansa nykyiset sähkön- ja lämmöntuottajat sekä muut alan toimijat pyrkivät estämään hajautettuja laitoksia, koska katsovat niiden olevan haitaksi omalle liiketoiminnalleen. Tämä on samassa linjassa aiempien tutkimusten kanssa, joissa olemassa olevaa ratkaisua pyritään tukemaan ja uutta vastustamaan, koska uusi malli nähdään uhkana (Garud & Karnøe 2001; 2003).

Vaikka suoranaista vastustusta ei olisikaan, yhteisen tahtotilan puuttuminen hajautetun energian eteenpäin viemiseksi jarruttaa kehitystä. Innokkaita ja aktiivisia toimijoita tarvittaisiin, jotta kehitystä tapahtuisi, koska tällä hetkellä hajautetun energian tuottaminen ei lisääny ilman aktiivista panostusta.

Toimijoiden hajanaisuus

Toimijoiden hajanaisuus on seikka, jota jotkut haastateltavat pitivät ongelmana, mutta toiset eivät tunnistaaneet lainkaan edes erikseen kysyttäessä. Toimijoiden hajanaisuudella eräs pk-yrityksen haastateltava tarkoitti sitä, että uusista energiaratkaisuista tehdään tutkimus- ja kehitystyötä erillään, mutta toimijat eivät tiedä, missä tapahtuu mitään. Tämä aiheuttaa toisaalta päällekkäistä työtä, ja toisaalta tiedon hankkiminen tehdystä kehitystyöstä on hankalaa. Esimerkkinä haastateltava kertoi, että he etsivät biokaasun puhdistamiselle maatilakokoluokkaa pienempää ja kevyempää ratkaisua,

mutta oli vaikea saada selville, kuka asian kanssa olisi tehnyt työtä. Lopulta selvisi, ettei tällaista ratkaisua olekaan.

Pirkanmaan liitto pyrkii perustamaan hajautetun energiantuotannon ennakoitiryhmän, joka voisi toimia alan yhteisenä äänenä alueellisessa kehittämisessä. Ryhmään on kutsuttu tämän tutkielman työpajaan osallistujat (liite 2), joita on pyydetty edelleen välittämään viestiä eteenpäin omissa organisaatioissaan. Mikäli ryhmä toteutuu, se voisi toimia sekä verkoston vahvistamisessa että tiedon tuottajana hajautetun energiantuotannon tulevaisuuden mahdollisuuksista ja tarpeista. Tämä olisi yksi askel kohti vahvaa verkostoa, joka Garudin ja Karnøen (2001) sekä Heiskasen ym. (2011) mukaan on tärkeää uuden polun luomisessa.

Toisaalta toimijoiden hajanaisuus tarkoittaa sitä, että kukaan ei ota asiakseen hajautetun energian toteuttamista. Tästä oli puhetta erään haastateltavan kanssa, joka puhui julkisista organisaatioista, erityisesti kunnista. Hänen mukaansa hajautetun energian kokonaisuhyötyjen huomioimiseen ei ole kunnissa sopivia työkaluja, minkä lisäksi aihe ei kuulu kenenkään vastuulle, eikä sitä siten saada toteutettua.

Tieto huonosti saatavilla

Vaikka tutkimusta ja tietoa hajautetun energian ratkaisusta on olemassa, sitä ei välttämättä ole helposti saatavilla. Tietoisuus eri tuotantomenetelmistä ei ole saavuttanut mahdollisia toteuttajia, mutta toisaalta myös väärää ja epäluotettavaa tietoa on liikkeellä. Tämä sekä vähentää kiinnostusta että vaikeuttaa sopivan ratkaisun toteuttamista hajautetussa energiantuotannossa.

6.4 Teknologiset esteet

Teknologiset tekijät tarkoittavat hajautetun energiantuotannon teknologiaa, ja niillä on ilmeinen yhteys myös taloudellisiin tekijöihin. Hajautetussa energiassa on useita menetelmiä tuottaa energiaa ja myös näiden sisällä useita eri teknologioita vaihtoehtoja. Toiset teknologiat ovat yksinkertaisempia ja hiotumpia kuin uudemmat, joten teknologioita haasteita ei ole mahdollista yleistää koskemaan kaikkea hajautettua energiantuotantoa. Selvää on kuitenkin, että tämä ryhmä oli paljon esillä haastatteluissa.

Ei riittävän edullisia laitteita sähköntuotantoon

Lämmöntuotantoon hajautetusti on olemassa sekä polttoon perustuvia laitteita että maalämpöratkaisuja, jotka ovat jo tällä hetkellä hinnaltaan kilpailukykyisiä, ja niiden käyttöönottoa rajoittaa ennemminkin muut tekijät. Pienimuotoisessa sähköntuotannossa tilanne on kuitenkin toinen.

Sähkön pientuotannon laitteistoja, joista haastatteluissa on ollut puhetta, ovat kiinteän aineen polttoon perustuvat pien CHP-laitteistot, tuuli- ja aurinkovoima sekä CHP-laitteet biokaasulle. Näistä tuuli-, aurinko- ja biokaasusovellukset ovat jo tällä hetkellä markkinoilla, mutta pien CHP-laitteet ovat vielä kehitysasteella.

Haastateltavien mukaan tuulivoima voi olla teollisessa kokoluokassa, eli muutamassa megawatissa, kannattavaa, kun siihen saa valtion tukena syöttötariffia. Sen sijaan pientuulivoimaan ja aurinkosähköön omakotitalon tai hiukan suuremman kohteen tapauksessa ei saa muuta tukea kuin asennustyön kotitalousvähennyksen, ja nykyisellä teknologian hinnalla takaisinmaksuajat ovat useita kymmeniä vuosia. Hinta on siis liian korkea, jotta laitteet olisivat houkutteleva vaihtoehto ostosähköön verrattuna. Haastateltavat suhtautuivat kuitenkin toiveikkaasti teknologian kehityksen tuomaan hintojen laskuun tulevaisuudessa, ja eräs haastateltava totesi, että tuolloin laitteistot alkavat todennäköisesti yleistyä ilman tukitoimia tai muita edistämistoimia.

Pilottilaitosten puute

Pilottilaitoksia tarvitaan sekä teknologian että toimintamallien testaamiseen. Koska teknologia on monilta osin melko uutta, siihen ei vielä luoteta siinä määrin, että uskallettaisiin investoida. Tämä johtaa siihen, että laitosten valmistajilla ei ole referenssikohteita, ja tuotteita ei saada myyntiin. Kun teknologiaa ei päästä testaamaan ja kehittämään todellisessa ympäristössä, kiinnostuneita asiakkaitakaan ei ole. Hajautetun energian ratkaisuille ei siis pääse syntymään kunnollisia kotimaisia markkinoita, vaikka osaamista ja valmiutta Pirkanmaan yrityssectorilla siihen olisikin.

Innovaatioiden leviämisen kannalta demonstraatiolaitokset ovat välttämättömiä, jotta laajempi leviäminen on lainkaan mahdollista. Demonstraatiovaiheessa tai aikaisten markkinoiden vaiheessa pilottikohteet luovat pohjan jatkolle (Moore 2007; Lester & Hart 2011), ja aivan ensimmäinen referenssikohde on yleensä yrityksen toiminnan käynnistämisen kannalta kriittinen. Ruokolaisen

(2008) mukaan ensimmäinen referenssikohde kasvattaa luottamusta, kun potentiaalisille asiakkaille on antaa konkreettista näyttöä tuotteen toimivuudesta käytännössä. Myös haastateltavien mukaan pilottikohteet ovat erittäin tärkeitä, jotta hajautetun energiantuotannon teknologiset ratkaisut voivat saavuttaa markkinat.

Tällä hetkellä pilottikohteita pyritään jossain määrin tekemään. Useassa suomalaisessa kaupungissa, muiden muassa Tampereella, toimiva Resca-hanke pyrkii pilottikohteiden rakentamiseen ja niistä saadun tiedon levittämiseen. Haastatteluissa tuli esille Luhtaankadun päiväkotit Tampereella eräänlaisena pilottikohteena energiatehokkaassa rakentamisessa, joka käyttää myös aurinkoenergiaa oman sähkön tuottamiseen. Myös Nokian, Ylöjärven ja Tampereen rajalla sijaitsevalla Kolmenkulman alueella on kaukolämpöverkoston liitetty maajärvilämmön pilottilaitos. Pilotteja kuitenkin tarvittaisiin edelleen lisää ja monipuolisesti, jotta erilaisia tuotantoteknologioita saataisiin testattaviksi käytännössä.

6.5 Ekologiset esteet

Ekologiset tarkoittavat hajautetun energiantuotannon vaikutuksia luonnonympäristöön. Hajautettu energiantuotanto nähtiin pääasiassa ympäristön tilan kannalta positiivisena asiana, joten näitä esteitä ei tullut montakaan esille. Kuitenkin jotkut haastateltavat totesivat, että negatiivisiakin vaikutuksia voi olla, ja ne on huomioitava energiantuotannon suunnittelussa, jotta yhden ongelman ratkaisu ei aiheuttaisi muita ongelmia.

Metsähakkeen tuotannosta ei tietoa metsän ekologiaan

Metsähakkeesta suurin osa Pirkanmaalla tulee päätehakkuiden yhteydessä kerätyistä oksa- ja latvusmassoista sekä kannoista (Maunula 2011). Näiden vaikutuksista metsäluonnon ekologiaan on tehty tutkimusta (esim. Kouki 2008), mutta yksimielistä tietoa ei vielä ole siitä, miten puuaineksen kerääminen vaikuttaa metsään. Muutama haastateltava esitti huolensa siitä, että luonnon monimuotoisuus kärsii liian tehokkaan korjuun takia.

Tuulivoiman haitat ympäristölle

Tuulivoiman vaikutuksista maisemakuvaan oli puhetta monen haastateltavan kanssa. Myös vaikutukset luontoon selvitetään tuulivoimahankkeiden yhteydessä, vaikkakin useimmat

haastateltavista pitivät vaadittuja selvityksiä ylimitoitettuina. Maisemavaikutukset, melu ja naapureiden vastustus koetaan joka tapauksessa ongelmana tuulivoiman lisärakentamisessa.

6.6 Yhteenveto esteistä

Työpajan ongelmavaiheessa esteet näytettiin osallistujille, niitä pyydettiin miettimään lisää, ja ongelmista äänestettiin tärkeimmät. Uusia ongelmia tuli esille vain kaksi: T&K-toiminnan jatkuvuuden ja konkretian puute sekä päästökaupan vaikutukset energiantuotantoon. Pientuotannon netotus oli ongelmalistassa sisällytetty sähköverkkoon liittymisen ongelmiin, mutta se otettiin erilliseksi ongelmakseen. Lisäksi kaavoituksen ongelma muutettiin muotoon ”kaavoituksen rajoitteet”, kun se ennen työpajaa koski pelkästään energiantuotantolaitosten huomiotta jättämistä.

Ongelmista äänestettäessä jokainen työpajan osallistuja sai jakaa kolme ääntä haluamallaan tavalla tärkeiksi katsomilleen yhdelle tai useammalle ongelmalle. Yhteensä ääniä jaettiin siis 66, joista puolet annettiin kolmelle ongelmalle. Viisi ongelmista ei saanut lainkaan ääniä. Kolme osallistujien mielestä tärkeintä ongelmaa erottuivat siis joukosta, ja muutenkin äännet eivät hajautuneet kovin paljoa. Ongelmat on esitetty taulukossa 1 työpajassa annettujen äänien mukaisessa tärkeysjärjestyksessä. Lisäksi taulukossa esitetään, onko ongelmaan mahdollista vaikuttaa aluetasolla, onko ongelma toimialan sisäinen vai ulkoinen ja liittyykö ongelma energian tuotantoon vai siirtoon.

Ongelma	Ääniä	Vaikutus- mahdollisuudet aluetasolla	Suhde toimialaan	Energian tuotanto / siirto
1. Valtiotason vaihteleva energiapolitiikka	15		ulkoinen	molemmat
2. Sähköverkkoon liittymisen ongelmat	10	x	sisäinen	siirto
3. Kaavoituksen rajoitteet	8	x	ulkoinen	molemmat
4. Valmiiden, testattujen toimintamallien puuttuminen	5	x	sisäinen	molemmat
5. Kannattavuus	4		sisäinen	tuotanto
6. Rahoitus	4	x	ulkoinen	tuotanto
7. T&K-toiminnan jatkuvuus ja konkretia	4		sisäinen	tuotanto
8. Toimijoiden hajanaisuus	4	x	sisäinen	tuotanto
9. Pientuotannon netotus	3		ulkoinen	siirto
10. Metsähakkeen tuotannosta ei tietoa metsän ekologiaan	2		ulkoinen	tuotanto
11. Pilottilaitosten puute	2	x	sisäinen	tuotanto
12. Raskaat lupaprosessit	2	x	ulkoinen	tuotanto
13. Ei riittävän edullisia laitteita sähköntuotantoon	1		sisäinen	tuotanto

Ongelma	Ääniä	Vaikutus- mahdollisuudet aluetasolla	Suhde toimialaan	Energian tuotanto / siirto
14. Kielteiset asenteet, ennakkoluulot ja tahtotilan puute	1	x	sisäinen	molemmat
15. Päästökauppa	1		ulkoinen	tuotanto
16. Raaka-aineen huono saatavuus	0	x	sisäinen	tuotanto
17. Syöttötariffin kokoraja	0		ulkoinen	tuotanto
18. Tietoa huonosti saatavilla	0	x	sisäinen	molemmat
19. Tukien markkinoita vääristävä vaikutus	0		ulkoinen	tuotanto
20. Tuulivoiman visuaaliset ym. haitat	0		ulkoinen	tuotanto

Taulukko 1 Hajautetun energiantuotannon ongelmat äänten mukaisessa tärkeysjärjestyksessä

Toimijoiden valitsemien tärkeimpien ongelmien ratkaiseminen auttaisi eniten hajautetun energiantuotannon lisäämistä. Tärkeimpään ongelmaan, valtiotason vaihtelevaan energiapolitiikkaan, on kuitenkin hankala vaikuttaa aluetasolla. Sama koskee joitakin muita listan ongelmia.

Ongelmista jotkut ovat selkeästi hajautetun energiantuotannon puitteisiin liittyviä, eli ulkoisia tekijöitä, kuten valtiotason energiapolitiikka. Hajautetun energiantuotannon toimijoiden ei ole suoraan mahdollista vaikuttaa tällaisiin tekijöihin, vaan julkisen vallan on tehtävä toimia, jos asiaa halutaan viedä eteenpäin. Toiset ongelmat taas ovat toimialan sisäisiä, esimerkiksi toimijoiden hajanaisuus. Näihin on mahdollista vaikuttaa toimialan sisältä käsin, ja tällöin julkisella vallalla ei tarvitse olla merkittävää roolia ongelmien ratkaisussa.

Energiantuotannossa sekä tuotetaan energiaa – sähköä tai lämpöä – että siirretään sitä hyödynnettäväksi (ks. luku 4.6). Taulukossa on eroteltu, koskevatko ongelmat energian tuotantoa vai sen siirtoa ja hyödyntämistä vai molempia tekijöitä.

7 Tunnistettuja mahdollisuuksia edistää hajautettua energiantuotantoa Pirkanmaalla

Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että hajautettua energiantuotantoa tulisi lisätä. Tietyn tyyppisten henkilöiden valikoituminen toki vaikutti tähän yksimielisyyteen. Erilaisia keinoja ehdotettiin jonkin verran ja ne liittyvät joko tiettyyn energiantuotantomuotoon tai hajautettuun energiantuotantoon ylipäänsä. Tämä luku esittelee keinoja, joita esitettiin hajautetun energiantuotannon edistämiseksi haastatteluissa sekä työpajassa. Lyhyesti kaikki ehdotetut keinot on koottu yhteen liitteessä 3.

Hajautettuun energiantuotantoon voidaan vaikuttaa toimialan ulkopuolelta parantamalla hajautetun energiantuotannon puitteita tai pyrkimällä vaikuttamaan alan toimijoihin. Tämä ei kuitenkaan riitä, sillä todelliset muutokset tapahtuvat vasta toimijoiden itsensä konkreettisista tekemisistä (ks. myös luku 2.2, s. 9). Olen eritellyt keinoja sen mukaan, voidaanko ne toteuttaa hajautetun energiantuotannon sisältä käsin vai tuleeko vaikutus ulkopuolelta. Lisäksi on keinoja, joilla pyritään saamaan tällä hetkellä kentän ulkopuolella olevia toimialan sisään.

7.1 Ulkoiset keinot

Ulkoiset keinot ovat sellaisia, jotka tehdään hajautetun energiantuotannon toimintaketjun ulkopuolelta. Tarkoituksena tuolloin on parantaa varsinaisten toimijoiden puitteita ja mahdollisuuksia hajautetun energiantuotannon lisäämiseen.

Huomioidaan hajautettu energiantuotanto ja sen hyödyntäminen kaavoituksessa

Hajautettua energiaa voisi huomioida kaavoitusprosessissa, jolloin yhdyskuntarakenne tukisi hajautettua mallia. Tällöin hajautettu energiantuotanto integroituisi osaksi muita yhteiskunnan prosesseja, millä on Heiskasen ym. (2011) mukaan mahdollista vahvistaa uuden polun syntymistä.

Kaavoituksessa olisi mahdollista huomioida energiantuotanto sekä maakunta-, yleis- että asemakaavan tasolla. Eräs haastateltava ehdotti, että maakuntakaavassa voisi olla bioenergian hankinta-alueet ja varaus polttoaineterminalille, yleiskaavassa kaukolämpöverkoston ja voimalaitosten sijoittuminen sekä varaukset pientuulivoimapuistoille, ja asemakaavan tasolla

huomioitaisiin aluelämpölaitosten sijoittelu ja erityyppisten pientuotantotapojen, esimerkiksi maalämmön ja aurinkovoiman, optimaalinen tuotto.

Edistetään kaasu- ja sähköautojen yleistymistä

Kaasu- ja sähköautot ovat nykyisiä bensa- ja dieselautoja vähäpäästöisempiä, mutta hajautetun energiantuotannon kannalta oleellisempaa on se, että niiden yleistyminen parantaisi hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksia.

Kaasuautojen lisääntyminen lisäisi biokaasun tuotannon houkuttelevuutta. Kaasuautot toimivat sekä maakaasulla että biokaasulla, joita voidaan sekoittaa keskenään. Liikennekäyttöön tuotettu biokaasu olisi mahdollisesti kannattavampaa kuin siitä sähkön tekeminen, mutta tällä hetkellä ongelmana on kysynnän puute. Siten lisääntynyt kaasuautokanta loisi markkinat myös liikennebiokaasulle. Taloudellisena keinona kaasuautojen verotusta voisi laskea. Liikennebiokaasun tankkausasemien perustaminen puolestaan kannustaisi infrastruktuurin puolesta kaasuautojen hankintaan.

Sähköautot puolestaan voisivat toimia sähköverkon tasaajina, mikä vähentäisi hajautetusti tuotetun energian sähköverkolle aiheuttamia haasteita. Siten sähköautojen yleistyminen yhdessä älykkään sähköverkon kehittäminen kanssa parantaisi hajautetusti tuotetun sähkön mahdollisuuksia.

Päivitetään Pirkanmaan energiaohjelma

Pirkanmaan energiaohjelma on kirjoitettu vuonna 2007, jonka jälkeen sitä ei ole päivitetty. Viidessä vuodessa ohjelma lienee osin ehtinyt vanhentua eikä hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksia ole siinä merkittävässä osin käsitelty. Vaikka energiaohjelmassa on joitain elementtejä hajautetun energiantuotannon teemasta, sitä ei ole kokonaisvaltaisesti huomioitu.

Varmistetaan ylijäämäenergiasta saatava korvaus

Suuremmilla tuottajilla on paremmat mahdollisuudet saada tuottamansa sähkö myytyä markkinoille. Esimerkkinä voi olla muutaman megawatin tuulivoimala, joka vielä hajautetuksi energiantuotannoksi katsotaan. Sen sijaan tätä pienemmällä mikrotuotannolla, jonka verkkoon syöttämä sähkö on vain satunnaista, korvauksen saaminen verkkoon syötetystä sähköstä ei ole itsestään selvää.

Nettomittarointia ehdotettiin haastatteluissa ja työpajassa keinoksi, jolla pientuottaja saisi korvauksen verkkoon syöttämästään sähköstä. Nettomittarointiin liittyy kuitenkin joitakin ongelmia (ks. luku 6.1), joita on selvitettävä, ja TEM:ssä onkin menossa hallitusohjelman mukainen nettomittaroinnin selvitys. Vaihtoehtoisesti korvaus voitaisiin varmistaa muillakin keinoin. Ostovelvoite on eräs keino, jolla tuottajalle varmistettaisiin verkkoon syötetyn sähkön myymismahdollisuus. Verkkoyhtiöt eivät nykyisen lainsäädännön mukaan saa kuitenkaan osallistua sähkökauppaan (Sähkömarkkinalaki 1995/386), joten ne eivät voi olla tuo taho. Muita vaihtoehtoja olisi sähkönmyyjien velvoittaminen ostajiksi tai erilliset aggregoijat, jotka kokoaisivat sähköä pientuottajilta ja myisivät sitä suurempana toimijana eteenpäin.

Vaihtoehtoja on monia, mutta on selvää, että mikäli myös sähkön mikrotuotantoa halutaan lisätä, jonkinlainen korvaus olisi varmistettava. Siksi olisi selvitettävä eri vaihtoehtojen edut ja haitat sekä soveltuvuus suomalaisille sähkömarkkinoille, ja tehdä tarvittavat lainsäädännön muutokset, jotta korvaus mikrotuotannosta taattaisiin.

Tässä toimenpiteessä toimijana voivat olla myös sähkön vähittäismyyjät, jolloin keino voitaisiin lukea sisäisiin keinoihin. Tällöin toiminta perustuisi vapaaehtoisuuteen ja siihen, että lupaus pienimuotoisesti tuotetun sähkön ostamisesta olisi sähkönmyyjien kilpailuvaltti. Mikäli katsotaan, että tällainen vapaaehtoisuus ei riitä, tarvitaan lainsäädännön muutoksia, jolloin keino on ulkoinen.

7.2 Sisäiset keinot

Sisäiset keinot ovat niitä, joilla toimijat itse edistävät hajautetun energiantuotannon asiaa. Nämä keinot saattavat olla konkreettisempia kuin ulkoiset, koska toimialan sisällä tapahtuu ne asiat, jolla hajautettua energiaa käytännössä tuotetaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että kaikki sisäiset keinot johtaisivat suoraan hajautettuun energiantuotantoon, vaan vaikutukset ovat myös epäsuoria.

Tarjotaan helposti ja vaivattomasti tietoa hajautetusta energiantuotannosta

Tiedon huono saatavuus nähtiin yhtenä ongelmana. Tässä monet toimijat painottivat oikean tiedon saattamista ihmisille. Huomattavaa on, että jokaisessa hajautetun energian eri ratkaisussa vaaditaan erilaista tietoa. Siksi ei voida ajatella, että kaikki hajautettuun energiaan liittyvä tieto olisi samassa paikassa, sillä tietoa haetaan eri tilanteista ja erilaiset ihmiset voivat sitä tarjota.

Tiedottamisen tulisi tulla luotettavalta taholta, oikeassa paikassa oikeaan aikaan, mikä ei ole helposti toteutettavissa. Neuvontaa voisi olla mahdollisten toteuttajien normaalin toiminnan lähellä, yksinkertaisena esimerkkinä rakentaja saisi hajautetun energian tietoa rakennuslupahakemusten yhteydessä. Oikea-aikaisuus kuitenkin vaatii mahdollisimman aikaista tiedottamista, jotta ratkaisuja ei ole jo tehty siinä vaiheessa, kun tullaan tietoisiksi vaihtoehtoisista ratkaisuista.

Hajautetun energian moninainen luonne tarkoittaa, että yhtä oikeaa tapaa ei ole ja tietoa tarvitaan runsaasti. Esimerkiksi metsäkeskuksen tarjoama energianeuvonta on jo tällä hetkellä toimiva palvelu, josta aiheesta kiinnostuneet saavat tietoa, mutta jos lisäksi tai vaihtoehtoisesti ollaan kiinnostuneita tuulivoimasta tai biokaasutuotannosta, sopivaa neuvovaa tahoa ei ehkä löydykään. Työpajassa osallistujat esittivät, että ainakin laitteiden energiankäytöstä tulisi saada yksityiskohtaista tietoa. Tällä saavutettaisiin energiansäästön lisäksi sähkön kulutushuippujen tasaaminen ja käytön ajoittaminen tuotannon huippukohtiin, mikä mahdollistaa hajautetun energiantuotannonkin.

Tiedon puute on yleinen piirre uuden teknologian varhaisessa leviämisen vaiheessa. Joka tapauksessa vähintäänkin tietoisuutta tulisi lisätä ja kartoittaa tahot, jotka tällä hetkellä osaavat antaa luotettavaa tietoa. Näin voitaisiin luoda väylä tai foorumi, josta osataan ohjata kiinnostuneet tahot oikeisiin osoitteisiin tietoa hakemaan.

Tuodaan esille hajautetun energiantuotannon potentiaalia

Tietyt toimijat, ovat hyvin tietoisia siitä, millainen potentiaali hajautetulla energialla on. Alaan perehtymättömillä ei tätä tietoa kuitenkaan välttämättä ole, joten kiinnostus hajautettuun energiantuotantoonkin on vähäistä. Muutama haastateltava totesi, että jos hajautetun energian potentiaalia tuotaisiin voimakkaammin esiin ymmärrettävässä muodossa, halukkaita toteuttajiakin voisi löytyä helpommin.

Bioenergiapotentiaali Pirkanmaalla on selvitetty opinnäytetyönä kolmesta kunnasta (Kinnunen 2011), ja tuulivoimatuotannolle soveltuvia alueita selvitetään parhaillaan Pirkanmaan maakuntakaavaa varten. Näistä saatua tietoa tulisi levittää ja jatkaa hajautetun energian eri lähteiden potentiaalın kartoittamista. Tiedottamalla potentiaalisista energiantuotantomahdollisuuksista herätetään kiinnostusta toteuttaa projekteja sekä levitetään yleistä kiinnostusta ja tietoisuutta hajautetusta energiasta.

Järjestetään reaaliaikainen energiapuun hintaseuranta

Työpajassa annettiin ehdotus energiapuun hintaseurannan järjestämisestä. Tällä hetkellä nuorten metsien ensiharvennuksesta saatavalle energiapuulle ei ole markkinahintaa, mikä ei houkuttele metsänomistajia tekemään näitä harvennuksia. Energiapuu saatetaan luovuttaa korvauksetta käyttöön tai siitä saatava hinta voi vaihdella paljon. Pienpuun energiatuen oli tarkoitus tuoda tähän korjausta, mutta lakia ei hyväksytty EU-komissiossa (MMM 2012). Siten puutakaan ei saada energiakäyttöön siinä määrin, kuin se olisi mahdollista.

Mikäli tarjolla olisi vertailukelpoista tietoa siitä, millaisia hintoja energiapuusta on maksettu, hinta olisi mahdollista saada toimivaksi. Tällöin energiapuulle syntyisi todelliset markkinat ja sitä saataisiin hyötykäyttöön sekä keskitettyyn että hajautettuun energiantuotantoon. Tämä toimenpide lisäisi siis uusiutuvan energian käyttöä energiajärjestelmän mallista riippumatta.

Kehitetään kokonaisvaltaista palvelutoimintaa hajautetulle energiantuotannolle

Kuluttajille tai organisaatioille ei ole tällä hetkellä kokonaisvaltaista palvelua, jossa hajautetun energiantuotannon ratkaisun voisi yksinkertaisesti ostaa yhdeltä luukulta. Tällöin palveluntarjoaja voisi huolehtia tarvittavien laitteiden hankinnasta ja asennuksesta, mahdollisista rakennusluvista sekä sopimuksista verkkoyhtiön kanssa. Asiakkaalle hajautetun energiantuotannon hankkiminen helpottuisi huomattavasti. Tällaista palveluliiketoimintaa tulisi kehittää monipuolisesti erilaisiin kokoluokkiin sekä kunnallisiin hankkeisiin että yksityisten ihmisten tarpeisiin.

Tällä hetkellä omasta energiantuotannosta saatetaan periaatteessa olla kiinnostuneita, mutta siihen vaaditaan liian suuria selvityksiä ja vaivaa, jotta energiaa todellisuudessa alettaisiin tuottaa itse. Tämä koskee sekä yksityisiä asukkaita, maatilallisia ja pk-yrityksiä että suurempia organisaatioita ja kuntia. Kokonaisvaltaisella palvelulla hajautettu energiantuotanto voisi muodostua yhtä helpoksi vaihtoehdoksi kuin nykyinen vallalla oleva systeemi. Tällöin olisi mahdollista herättää laajempaakin kiinnostusta.

Rakennetaan pilottilaitoksia julkisiin kohteisiin

Pilottilaitosten puute nähtiin yhtenä suurena haasteena, ja tähän muutama haastateltava ehdotti, että julkisissa kohteissa voitaisiin tehdä pilottilaitoksia. Tällä olisi monia positiivisia vaikutuksia hajautetun energiantuotannon kehitykseen Pirkanmaalla. Ensinnäkin hajautetun energiantuotannon

teknologiayritykset saisivat referenssikohteita, joiden on todettu olevan ratkaisevan tärkeitä uuden liiketoiminnan käynnistämiseksi (Ruokolainen 2008). Lisäksi yritykset saisivat mahdollisuuden testata ja kehittää laitoksia todellisessa ympäristössä. Referenssilaitosten tarve on linjassa polkujen luomisen teoreettisen kehyksen kanssa. Heiskanen ym. (2011) pitävät uuden teknologisen polun vahvistamisen keinona luotettavuuden lisäämistä. Pilottilaitokset näyttäisivät konkreettisesti, millainen systeemi on ja miten se toimii, mikä lisää hajautetun energian luotettavuutta.

Toiseksi lisättäisiin tietoisuutta hajautetusta energiantuotannosta ylipäänsä, ja ennen kaikkea siitä, että Pirkanmaalla on aktiivista toimintaa alalla. Tämä voisi houkutella muitakin alan yrityksiä maakunnan alueelle. Kolmanneksi nähtiin työllisyysvaikutukset ja investoidun rahan kerrannaisvaikutukset. Pilottilaitokset mahdollistaisivat paikallisen työvoiman käytön ja lisäksi niihin investoitu raha jäisi Pirkanmaalle ja voisi kerrannaisvaikutusten ansiosta monistua.

Tärkeänä julkisten kohteiden pilottilaitoksissa nähtiin, että laitoksista tiedotettaisiin oikealla tavalla ja niistä saatua kokemusta saataisiin todella levitettyä. Tässä tarvittaisiin myös asennemuutosta: julkinen hankinta ei kohdistuisi halvimpaan tai helppokäyttöisimpään ratkaisuun, vaan hankinnan perusteet olisivat toisenlaiset ja jo etukäteen olisi tiedossa, että parannuksia ja säätöä laitoksella tullaan tarvitsemaan ennen kuin se toimii täydellisesti. Pilottikohteiden rakentamisen edistäminen voisi tapahtua esimerkiksi siten, että julkisia kohteita tarjottaisiin testausalustaksi huomioimalla kilpailutuksessa pilottikohteiden luonne. Tällöin hyväksyttäisiin esimerkiksi kokeiluasteella olevat teknologiat, joiden toimintavarmuus ei kaikilta osin vastaa vakiintuneita ratkaisuja.

Tällä hetkellä pilottilaitosten lisäämiseksi on käynnissä Hermia Oy:n koordinoima RESCA-hanke, jossa suuret suomalaiset kaupungit pyrkivät lisäämään uusiutuvan energian käyttöä pilottilaitoksissa. Hankkeesta saatavalla tiedolla ja tuloksilla on mahdollista vauhdittaa Pirkanmaan hajautetun energian kehitystä. Samankaltaisia ponnistuksia tulisi jatkaa Tampereella sekä toteuttaa niitä myös maakunnan pienemmissä kunnissa. Yhteistyö ja hankkeen tuloksista oppiminen on tärkeää, jotta päällekkäistä työtä ei tehdä ja tulevaisuuden hankkeet voisivat hyödyntää jo saatuja tuloksia sen sijaan että aloittaisivat alusta.

Sähkön pientuotannon verkkoon liittymisen ja lupaprosessit yksinkertaistetaan

Kunnittain vaihtelevat pientuotannon lupakäytännöt tulisi tarkistaa, jotta käytännöt olisivat yhtenäiset sekä helposti ymmärrettävät. Tällä helpotettaisiin yksittäisten henkilöiden ja muiden

toimijoiden pientuotannon rakentamista, kun kunnasta riippumatta olisi helposti selvillä, mitä lupia vaaditaan. Lisäksi tarkistamalla käytännöt voitaisiin karsia mahdolliset liian raskaat lupamenettelyt pois.

Pienimuotoisessa sähköntuotannossa verkkoon liittämisen vaihtelevat käytännöt nähtiin ongelmana, minkä arveltiin vähentävän ihmisten halukkuutta sähkön pientuotantoon. Sähköverkkoyhtiöllä on Energiateollisuus ry:n ohjeistus pientuotannon liittamisestä sähköverkkoon (Energiateollisuus ry 2011b), ja lisäksi Tampereen Eco2-hankkeessa selvitetään haastateltavan mukaan parhaillaan verkkoon kytkemisen selkeyttämistä ja ohjeistamista.

Ohjeistuksesta huolimatta sähköverkkoon liittyminen koetaan hankalana, joten sitä olisi yksinkertaistettava. Sähköverkkoyhtiöiden olisi vähintään noudatettava yleistä ohjeistusta ja pyrkiä tarjoamaan ymmärrettävää palvelua asiakkaille, jotka haluavat ryhtyä pientuottajiksi. Koska nämä henkilöt eivät ole itse energia-alan ammattilaisia vaan tavallisia asukkaita, ymmärrettävyys on tärkeää. Myös ulkopuolinen neuvontapalvelu voisi tulla kysymykseen, tai parhaimmillaan kokonaisvaltaisella energiapalvelulla palvelun tuottaja hoitaisi yhteistyön verkkoyhtiön kanssa.

Perustetaan Pirkanmaalle bioenergiaterminaali

Bioenergiaterminaali on bioenergian välivarasto, jonka tarkoituksena on turvata bioenergian varmuusvarastoja esimerkiksi kelirikon aikana, jolloin energiapuuta ei päästä hakemaan metsäautoteitä pitkin. Terminaalin perustaminen Pirkanmaalle voisi toimia bioenergian käytön edistäjänä riippumatta siitä, tuotetaanko energia keskitetysti vai hajautetusti. Joka tapauksessa terminaali mahdollistaisi metsähakkeen ja muun biomassan varmuusvarastot sekä mahdollisesti myös biomassan jalostamisen öljyksi tai muuksi korkeamman arvon polttoaineeksi.

Yksittäistä toimijaa bioenergiaterminaalin taakse ei kukaan maininnut, mutta ainakin eräs haastateltava oli sitä mieltä, että jos asia nostetaan riittävän voimakkaasti esille, kiinnostuneita osajia voisi hyvinkin todennäköisesti löytyä.

Kehitetään energijärjestelmän älykkyyttä ja sähkön varastointimenetelmää

Hajautetussa energiantuotannossa haaste sähkön kohdalla on, että sähköverkossa tuotannon ja kulutuksen tulee vastata joka hetki toisiaan. Hajautetussa energiantuotannossa käytettävistä lähteistä

tuuli ja aurinko ovat vaihtelevia, mikä voi tulevaisuudessa aiheuttaa ongelmia sähköverkkoon, jos nämä muodot yleistyvät paljon.

Tästä johtuen energijärjestelmän älykkyyttä tulisi kehittää ja lisäksi tutkia uusia mahdollisuuksia sähköön varastointiin. Sähköautojen akkuja on ehdotettu yhdeksi sähköön varastointimuodoksi, ja tutkimusta tulisi jatkaa.

Luodaan keskusteluyhteyksiä mahdollisten energiantuotantolaitosten yhteistoteuttajien välille

Yksittäisellä toimijalla ei välttämättä ole tahtoa tai tarvittavia resursseja voimalan hankkimiseksi. Etenkin biokaasulaitoksissa ongelmana nähtiin se, että yksittäisen maatilalla on vaikea saada riittävästi materiaalia ja toisaalta löytää rahoitus biokaasulaitoksen perustamiseksi. Mahdollisten yhteistoteuttajien välille olisikin luotava keskusteluyhteys. Vaikka ongelma nähtiin ensisijaisesti biokaasussa, keskusteluyhteys voisi auttaa myös muiden energiantuotantotapojen yleistymistä, jos laitosten yhteistoteuttaminen olisi käytännössä helppoa. Siten esimerkiksi tietyn alueen asukkaat, läheiset maatilat, yritykset tai taloyhtiöt voisivat investoida omaan energiantuotantoon pienempiä summia, kuin mitä koko laitos maksaa.

Skannataan ja monistetaan muualla toteutettuja hajautetun energiantuotannon ratkaisuja

Pirkanmaalla toteutetut pilottilaitokset nähtiin hyvänä tapana lisätä kokemusta ja tietoisuutta hajautetun energian ratkaisuista. Yhtä lailla muualla toteutetuista ratkaisuista voidaan ottaa oppia, joten hajautetun energiantuotannon (pilotti)laitoksia tulisi aktiivisesti skannata. Kun saadaan tietoa muualla toteutetuista hankkeista ja opitaan niistä sekä teknologian että toimintamallien osalta, ratkaisuja voidaan monistaa myös Pirkanmaan alueella. Tämä vaatii halukkaiden toteuttajien löytämisen, mutta se lienee helpompaa, kun vertailukohde on olemassa.

7.3 Toimijakentän monipuolistaminen

Seuraavat toimenpiteet ovat sellaisia, joiden toteuttajina tulisi olla toimijoita, jotka tällä hetkellä eivät suoranaisesti ole energia-alalla. Keinoja ei voi kuitenkaan pitää ulkoisina, koska ne toteutetaan hajautetun energiantuotannon tuotantoketjun sisällä. Siten nämä keinot ovat sellaisia, joissa pyritään saamaan uusia toimijoita energiakysymysten sisälle.

Käytetään energiaa tuottavia rakennusmateriaaleja

Rakennettu ympäristö on potentiaalinen paikka tuottaa energiaa rakennusten omaan käyttöön. Rakenteisiin on mahdollista integroida energiantuotantoa etenkin aurinkoenergiaa hyödyntämällä. Tulevaisuudessa esimerkiksi ikkunalasit voisivat olla aurinkoenergiaa hyödyntäviä. Jo nyt on kuitenkin mahdollista käyttää ainakin aurinkopaneeleita ja -keräimiä rakennusmateriaaleina.

Rakennusyhtiöt huomioivat tämän rakentamisen energiamääräysten tiukentuessa, ja haastatteluissa mainittiin esimerkkinä Tampereen Härmälänranta, jossa energia-asiat on otettu rakennusvaiheessa huomioon. Energiaa tuottavat rakennusmateriaalit eivät kuitenkaan ole yleisiä, joten niiden käyttöä tulisi edistää. Neuvontaa ja tiedotusta voisi antaa alueellisesti esimerkiksi kuntien rakennusvalvonta ja kansallisesti Finnish Green Building Council -yhdistys. Käytännön toteuttajana olisivat kuitenkin rakennusyhtiöt ja muut rakentajat.

Luodaan järjestelmät biojätteen keräykseen

Biojätettä kerätään tällä hetkellä Pirkanmaalla, mutta sen keräystä ja hyödyntämistä voisi tehostaa huomattavasti. Mikäli suurempi osa biojätteestä saataisiin kerättyä, sen hyödyntäminenkin olisi helpompaa. Mädättämällä voidaan tuottaa biokaasua jätteistä ja hyödyntää tätä energiana (ks. 5.3.3).

Jätehuoltoa ei perinteisesti ole mielletty energia-alaan kuuluvaksi, vaikkakin jätteenpolttolaitoksia on muualla joitakin ja sellaista suunnitellaan parhaillaan Tampereen alueellekin. Biojätteen käyttäminen energiantuotannossa biokaasuksi mädättämällä olisi kuitenkin paitsi jätehuollon kannalta hyvä ratkaisu, se toisi myös puhdasta ja paikallista energiaa Pirkanmaalle.

Kuntatoimijoiden yhteistyötä kehitetään kuntien välillä ja sisäisesti

Kuntien rakennuslupaohjeet, omat hankinnat ja monet muut energia-asioita koskevat seikat ovat jokaisen kunnan itse päätettävissä. Yhteinen keskustelu esimerkiksi rakennuslupaohjeiden yhtenäistämiseksi paitsi helpottaisi laitosten rakentajia, myös lisäisi kuntatoimijoiden tietoa ja osaamista hajautetun energian käsittelyssä. Tällä hetkellä pienlaitokset ovat vielä sen verran harvinaisia, että läheskään jokaisesta kunnasta niitä ei löydy, esimerkiksi maatilan biokaasulaitoksia on ainoastaan yksi Pirkanmaalla. Kuntien yhteistyö ja keskinäinen keskustelu voisi levittää kokemuksia ja lisätä osaamista.

Kuntien välisen kommunikaation parantamisen lisäksi myös kuntien sisällä käytävä keskustelu hajautetusta energiasta voisi edistää asiaa. Eräs haastateltava kertoi, että kunnista puuttuu taho, jolla olisi selkeä rooli hajautetun energiantuotannon asioissa, eli asia ei ole kenenkään vastuulla. Siten osaamista puuttuu vaikkapa hankintayksiköstä, jolloin edellä mainittu pilottilaitosten toteuttaminen julkisissa kohteissa ei onnistu. Siksi myös kuntien sisäisessä keskustelussa olisi huomioitava hajautetun energiantuotannon ratkaisut sekä kunnan asukkaiden ja yritysten että kunnan itsensä toteuttamana.

8 Tulosten tarkastelua

Aineiston analyysin tuloksena syntyi kuvaus Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon tämän hetkisistä ongelmista ja toimenpide-ehdotuksia, joilla olisi mahdollista edistää hajautettua energiantuotantoa. Tässä luvussa tarkastelen näitä tuloksia työni käsitteellisen taustan pohjalta.

8.1 Keskitetyn järjestelmän edut uudistumisen esteenä

Aineistossa ilmenneet hajautetun energiantuotannon ongelmat noudattavat ainakin osin niitä mekanismeja, joilla polkuriippuvuus energijärjestelmässä syntyy. Arthurin (1994) mukaan suuret kiinteät kustannukset, oppimisvaikutukset, koordinoivaikutukset sekä itseään vahvistavat odotukset aiheuttavat polkuriippuvuutta. Energijärjestelmä on erityisen pääomavaltainen, joten *suuret kiinteät kustannukset* todella hidastavat järjestelmän muuttumista (Lovio ym. 2011). Hajautetussa energiantuotannossa ongelmina nähtiin rahoituksen löytyminen ja kannattavuuden saavuttaminen pientuotannossa. Energiayhtiöiltä ostettuna energia on kuluttajalle halvempaa ainakin osin siitä syystä, että investoinnit on jo tehty nykyisiin laitoksiin sekä jakeluverkostoon, jotka nyt hyödynnetään täysimääräisesti. Tahtotilan puute hajautettuihin ratkaisuihin nähtiin yhtenä ongelmana, erityisesti energiayhtiöiden haluttomuutena liittää järjestelmiinsä hajautettua energiantuotantoa. Tätä ei voida pitää energiayhtiöiden vääränä tai epärationaalisenä toimintana, vaan ne pyrkivät hyödyntämään omia resurssejaan liiketoiminnassaan näkökulmastaan mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Suuret kiinteät kustannukset nykyisissä energiantuotantolaitoksissa siis vähentävät hajautettujen ratkaisuiden kannattavuutta sekä halukkuutta rahoittaa niitä ja täydentää niillä nykyistä järjestelmää.

Polkuriippuvuutta aiheuttavat *oppimisvaikutukset* saavat aikaan sen, että ajan kuluessa kehittyneet keskitetyt energiantuotantolaitokset ja jakelujärjestelmät ovat hioutuneet tehokkaiksi, ja hajautettua energiantuotantoa on hankala sovittaa yhteen tähän järjestelmään. Aineistossa tämä ilmenee esimerkiksi sähköverkkoon liittymisen ongelmina ja pienimuotoisen sähköntuotantoteknologian kalleutena. Sähkö- ja lämpöverkosta osataan hyödyntää nykyisessä mallissa, mutta pientuotannon liittämässä ei ole olemassa rutiininomaisia käytäntöjä. Keskitetyssä energiantuotannossa on lisäksi pystytty hiomaan prosessi tehokkaaksi, joten hajautettu on suhteellisesti kalliimpaa. Tosin Lovion ym. (2011, 277) mukaan oppimisvaikutukset ovat energia-alalla suurimpia, kun kehitetään

modulaarisia yksiköitä. Juuri modulaarisia ratkaisuja hajautetussa energiantuotannossa tyypillisesti käytetään (Bergman ym. 2006; Vartiainen ym. 2002), joten oppimisvaikutuksia olisi mahdollista tulevaisuudessa kääntää tukemaan myös uutta polkua.

Koordinointivaikutuksia aiheutuu, kun samaa ratkaisua käyttää useampi toimija ja hyöty kasvaa toimijoiden määrän lisääntyessä (Arthur 1994). *Koordinointi- tai verkostovaikutukset* näyttäisivät olevan erityisen merkittäviä hajautetun energiantuotannon esteissä. Unruh (2000) jakaa verkostovaikutukset toimialan sisäisiin ja välisiin, rahoitukseen liittyviin sekä yhdistyksistä ja koulutuslaitoksista johtuviin mekanismeihin. Toimialan sisäiset ja väliset verkostovaikutukset estävät hajautettua energiantuotantoa, koska energiayhtiöiden ja verkkoyhtiöiden sekä näitä ohjaavan lainsäädännön välille on muodostunut tehokkaita rakenteita ja käytäntöjä, jotka vahvistavat keskitettyä energiantuotantomallia. Tähän on pientuottajan hankala päästä mukaan, ja ongelmina nähtiinkin muun muassa liittyminen sähköverkkoon, verkkoon syötetyn sähkön jääminen korvauksetta ja raskaat lupaprosessit. Sähkön kohdalla sähkömarkkinat on pyritty tekemään mahdollisimman toimiviksi muun muassa eriyttämällä sähkön tuotanto ja jakelu (Sähkömarkkinalaki 1995/386). Tämä vahvistaa keskitetyn sähköntuotannon markkinoiden toimivuutta, mutta voi samalla heikentää hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksia, kun esimerkiksi sähköverkkoyhtiötä ei voida velvoittaa korvaamaan sen verkkoon syötettyä sähköä pientuotannosta.

Rahoitus nähtiin yhtenä tärkeänä ongelmana, ja Unruh (2000) toteaa, että rahoittajat yleensä suosivat sellaisia kohteita, joista on tietoa riskeistä ja odotuksista. Tällöin polkuriippuvuus vahvistuu, kun rahoitusta ohjautuu niille aloille, jotka ovat jo vallalla ja riskit pystytään kokemukseen perustuen laskemaan. Hajautetussa energiantuotannossa uusiin ratkaisuihin voi tämän takia olla hankala saada rahoitusta, kun tietoa niiden toimivuudesta ei vielä ole. Kolmas Unruhin (2000, 282) koordinointivaikutusten muoto on toimialan yhdistysten ja koulutuksen vaikutus toimialaan. Energia-alalla Energiateollisuus ry on vahva toimija ja vaikuttaja, joka yhdistää energia-alan yrityksiä. Vaikka yhdistyksellä on hajautettua energiantuotantoa kohtaan myönteinen suhtautuminen, se toimii joka tapauksessa jäseniensä edunvalvojana, jolloin hajautettu energiantuotanto on toissijaisena asiana ja nykyisten, keskitettyyn malliin perustuvien energiemarkkinoiden toimivuus etusijalla. Todennäköisesti myös energia-alan koulutusta olisi tarvetta uudistaa alan uudistumisen myötä.

Itseen vahvistavat odotukset merkitsevät uskoa siihen, että yleinen ratkaisu on toimiva ja hyvä (Arthur 1994). Tässä mielessä hajautettu energiantuotanto on keskitettyyn verrattuna heikossa asemassa, koska siitä ei ole kokemusta, jolloin Arthurin teorian mukaan keskitettyyn malliin uskotaan. Aineistosta nousseissa ongelmissa tämä ilmeni tahtotilan puutteena ja kielteisinä asenteina sekä siinä, että tietoa tai testattuja toimintamalleja hajautetusta energiantuotannosta ei ole riittävästi. Odotukset perinteisestä toimintatavasta ovat hyvät, jolloin sitä haastavaan tapaan suhtaudutaan epäilevästi. Kun toimintamalleja ei ole, energia ostetaan perinteiseen tapaan energiayhtiöltä. Muita vaihtoehtoja ei ehkä nähdä realistisina vaihtoehtoina, ja hyvien toimintamallien puuttuessa hajautetut ratkaisut nähdään hankalina, mikä lisää keskitetyn houkuttelevuutta.

Ongelmat kuvaavat sitä, mitkä seikat estävät hajautettua energiantuotantoa. Esteitä voidaan kuitenkin pyrkiä kiertämään samoin, kuin toimijat voivat aktiivisesti pyrkiä kääntämään polkuriippuvuuden mekanismeja tukemaan uutta polkua vanhan sijaan (Lovio ym. 2011 279). Polkuriippuvuuden aiheuttamat lukkiumat eivät siten tarkoita, että energiasysteemiä olisi mahdoton muuttaa, vaikkakin ne tekevät muutoksesta jähmeämpää ja hitaampaa.

8.2 Hajautetun energiantuotannon teknologioiden leviäminen

Hajautetussa energiantuotannossa teknologialla on merkittävä rooli siinä, miten millaiset mahdollisuudet hajautetulla mallilla on Suomen energiasysteemissä. Luvussa 2.3 esiteltiin teknologian leviämisen mallia, ja luku 5.4 sijoitti eri energianlähteitä mallin s-käyrälle. Tässä tarkastelen, miten ensinnäkin hajautetun energiantuotannon teknologia voisi levitä yhdellä s-käyrällä ja toisaalta, mitä ongelmia on siirtymisessä keskitetyn energiantuotannon s-käyrältä toiselle.

Useimpien hajautetussa tuotannossa käytettyjen energiantuotantomuotojen arvioin olevan s-käyrän alkupäässä, jossa Mooren (2007) esittämää kuilua ei ole vielä ylitetty. Tämä tarkoittaa teknologian leviämisen mallissa sitä, että tällä hetkellä hajautetusta energiantuotannosta ovat kiinnostuneita ainoastaan innovaattorit ja aikaiset omaksujat, kuten tietyt yksittäiset maatilalliset ja yritykset. Nämä ryhmät muodostavat Rogersin (2003) mukaan vain 16 % markkinasta.

Päämarkkinoilla aikainen enemmistö odottelee, että teknologia olisi testattua ja hyväksi todettua, ennen kuin itse ottaa sen käyttöön. Ongelmina aineistossa nähtiinkin pilottilaitosten ja

toimintamallien puuttuminen, ja näiden lisääminen ja kehittäminen nähtiin yhtenä edistämiskeinona. Nyt hajautetun energiantuotannon teknologioissa tehdään monilta osin vasta kokeiluja ja kehittämistyötä, joista juurikin edelläkävijät ovat kiinnostuneita (Rogers 2003; Moore 2007). Pilottilaitokset ja -toimintamallit ovat teknologian leviämisen alkuvaiheen tyypillisiä kehitysvaiheita. Nämä kokeilut ovat niitä, joita aikaiset markkinat tuottavat enemmistölle esimerkeiksi. Tällä hetkellä ollaan siis vasta alkutaipaleella, mutta tämä vaihe on välttämätön, jotta päämarkkinoiden olisi mahdollista vakuuttua ja kiinnostua hajautetun energiantuotannon teknologioista ja niiden käyttämisestä omaksi hyödykseen.

Rogersin (2003) mukaan innovaation leviämisen nopeuteen vaikuttaa viisi tekijää: suhteellinen hyöty, yhteensopivuus, kompleksisuus, testattavuus ja näkyvyys. Monet aineistossa esitetyistä ongelmista liittyvät näihin tekijöihin, ja keinovalikoimasta useat toimenpide-ehdotukset pyrkivät parantamaan näitä ominaisuuksia hajautetussa energiantuotannossa.

Hajautetulla energiantuotannolla ei ole keskitettyyn nähden selkeää suhteellista hyötyä, sillä kannattavuus ja riittävän edullisten sähköntuotantolaitteiden puute nähtiin ongelmina. Jos hajautetusti tuotettu energia on kalliimpaa kuin keskitetty, sitä on melko vaikea pitää todennäköisenä massatarkoituksena energiantuotantoon. Esimerkiksi energiaomavaraisuus ja ympäristöystävällisyys voitaisiin nähdä hyötyä lisäävinä tekijöinä, mutta hajautetun energian hinta olisi kuitenkin saatava ainakin lähes samalle tasolle keskitetyn kanssa. Keinoina esitettiin pienentuotannon korvauksen varmistamista, joka lisäisi pienentuottajan hyötyä omasta energiantuotannostaan. Lisäksi ehdotettiin yksityiskohtaista tietoa laitteiden energiankulutuksesta ja energiajärjestelmän älykkyyden ja sähkön varastointimenetelmien kehittämistä. Näillä voitaisiin laskea hajautetun energian hintaa, kun kulutusta voitaisiin ohjata tuotantohuippuihin, jolloin energian hinta on alhaisimmillaan.

Yhteensopivuus nykyisen energiajärjestelmän kanssa on niin ikään huono. Tätä ilmentävät tuloksissa se, että sähköverkkoon liittymistä, kaavoitusta ja lupaprosesseja pidettiin tärkeinä ongelmina. Hajautetun energiantuotannon yleistymisen vaatisi muutoksia käytännöissä ja pidemmällä aikavälillä myös sähköverkossa, joka on suunniteltu keskitetyn energiantuotannon näkökulmasta. Yhteensopivuutta parantavina ehdotuksina voidaan pitää hajautetun energiantuotannon huomioimista kaavoituksessa ja mikroentuotannon verkkoon liittäminen yksinkertaistamista asiakkaan kannalta.

Tällä hetkellä hajautetun energiantuotannon ratkaisut ovat myös kompleksisia, mikä hidastaa Rogersin (2003) mukaan innovaation leviämistä. Valmiiden, testattujen toimintamallien, tiedon sekä jatkuvuuden ja konkretian puuttuminen nähtiin ongelmina. Hajautetusti tuotettu energia vaatii asiantuntemusta ja vaivaa. Ongelmaan ratkaisuksi ehdotettiin kokonaisvaltaisen palvelutoiminnan kehittämistä. Tämä vähentäisi huomattavasti kompleksisuutta ja tekisi asiakkaalle hajautetun energian yhtä helpoksi kuin perinteisen ratkaisun, eli energian hankkimisen suurilta energiayhtiöiltä. Myös tutkimustiedon jatkuvuutta ja kuntatoimijoiden yhteistyötä esitettiin parannettaviksi, mikä vähentäisi kompleksisuutta näillä alueilla.

Hajautetun energiantuotannon teknologiat eivät myöskään ole helposti testattavissa. Monet teknologiat ovat uusia ja niistä ei ole kokemustietoa, ja lisäksi aurinko- ja tuulivoiman toimivuus riippuu tilannetekijöistä ja tuotantotiedot on mahdollista havaita vasta jälkikäteen. Muilta käyttäjiltä voi saada kokemuksia teknologioiden toimivuudesta, mutta ongelmina aineistossa olivat toimintamallien ja pilottilaitosten puuttuminen. Testattavuutta sinänsä on vaikea hajautetun energiantuotannon teknologioissa parantaa, mutta muilta oppimista voidaan lisätä kahdella keinolla, joita aineistossa esitettiin: pilottilaitoksia rakentamalla sekä skannaamalla muualla toteutettuja hajautetun energiantuotannon ratkaisuja ja näiden toimivuutta tietyssä ympäristössä.

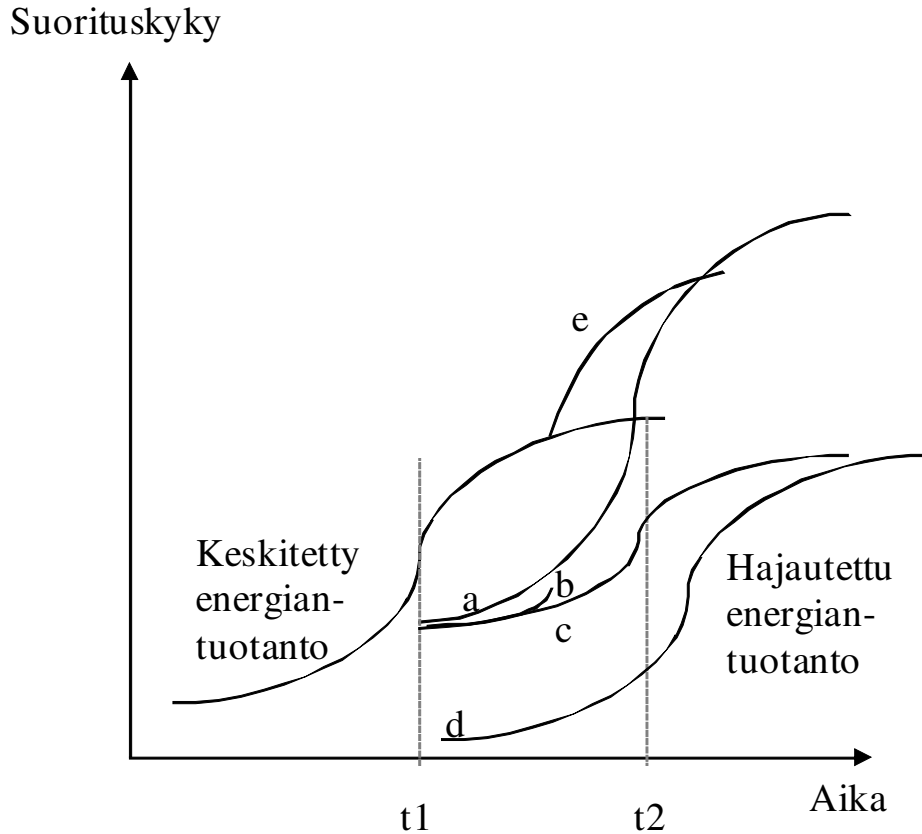
Näkyvyyteen liittyviä ongelmia ei tiedon puutteen lisäksi mainittu. Teknologiana hajautettu energia on havaittavissa; aurinkopaneeli tai tuulivoimala on konkreettinen asia, johon yleensä kiinnitetään huomiota. Myös muut teknologiat ovat selvästi havaittavissa, ja näkyvyydellä nähtiin aineistossa olevan positiivinen vaikutus ihmisten tietoisuuden lisäämiseen.

Suurin osa hajautetun energiantuotannon teknologioista on siis vasta leviämisen alkuvaiheessa. Lester ja Hart (2011) sijoittavat mallissaan vähähiilisen sähköntuotannon, johon hajautettu energiantuotantokin kuuluu, demonstraation ja aikaisen käyttöönoton vaiheeseen. Aineiston perusteella hajautetun energiantuotannon teknologioissa on sellaisia tekijöitä, jotka Rogersin (2003) mukaan hidastavat innovaation leviämistä. Näihin tekijöihin – suhteelliseen hyötyyn, yhteensopivuuteen, kompleksisuuteen, testattavuuteen ja näkyvyyteen – vaikuttavia keinoja edistää hajautettua energiantuotantoa esitettiin. Vaikka teknologian ominaisuuksia sinällään ei voisi muuttaa, toimintaympäristöön vaikuttamalla näitä tekijöitä voidaan huomioida.

Jos hajautetun energiantuotannon teknologian kehitystä ajattelee s-käyränä, joka on suhteessa keskitetyn energiantuotannon kehitykseen, hajautetun energiantuotannon teknologia voisi lähteä alemmalta tasolta, mutta kehittyä s-käyrän mukaisesti ja ohittaa keskitetyn teknologian jollain ajan hetkellä. Hajautetun energiantuotannon kannattavuus nähtiin ongelmana, eli kustannusten kohdalla suorituskyky on alhaisempi, eivätkä toimintamallitkaan ole testattuja. Teknologian kehityksen nähtiin kuitenkin sisältävän paljon potentiaalia, esimerkiksi pien-CHP:n ja aurinkosähkön kehityksessä, joten kasvua ja jopa läpimurtoja olisi mahdollista tapahtua. Tällöin voisi odottaa s-käyrän mukaista teknologian kehitystä. S-käyrä on kuitenkin ainoastaan malli, jota on käytetty kuvaamaan uuden, onnistuneen innovaation kehitystä vanhaan, hiipuvaan nähden.

Edellä kuvattua alemmalta suorituskyvyn tasolta nopeasti kehittyvää teknologiaa kuvaa käyrä a kuvassa 9. Hajautetun energiantuotannon kehitys voisi kuitenkin näyttää myös miltä tahansa esitetyistä käyristä b, c tai d. Kehitys voi pysähtyä Mooren (2007) kuvaamaan kuiluun (käyrä b) tai tapahtua hitaasti (käyrä c), edellä esitettyjen Rogersin (2003) rajallisen suhteellisen hyödyn, yhteensopivuuden, kompleksisuuden ja testattavuuden takia. Jos taas keskitetyn energiantuotannon etumatka on suuri, kehitys voikin olla käyrän d kaltainen. Nämä kolme vaihtoehtoa tarkoittavat, että hajautetun energiantuotannon kehitys ei saavuttaisi vanhan teknologian suorituskykyä. Lisäksi ei voida varmuudella sanoa, että keskitetty energiantuotanto olisi elinkaarensa loppupäässä, vaan siinä päinvastoin tehdään jatkuvasti uusia innovaatioita, ja kehitys voi ottaa uusia harppauksia. Myös Utterback (1994, 159–160) toteaa, että vallalla oleva teknologia ei jää odottamaan uuden läpimurtoa, vaan siinäkin tehdään ponnistuksia, jotta johtava asema säilyisi, ja käyrä ottaakin uuden muodon (e).

Mitä ilmeisimmin siirtymään keskitetyn energiantuotannon käyrältä hajautetulle liittyy riskejä, joiden takia siirtymää ei ehkä haluta tehdä. Aineistossa tämä tuli esille tahtotilan sekä T&K-toiminnan jatkuvuuden ja konkretian puuttumisena, ja myös rahoitus nähtiin ongelmana. Todellista siirtymää ei siis ole tehty, vaan se vaatisi yhteistä päätöstä ja sitoutumista jatkuvaan hajautetun energiantuotannon konkreettiseen kehittämiseen myös rahoituksen osalta.



Kuva 9 Hajautetun ja keskitetyn energiantuotannon kehitys

Tällaisen epävarmuuden takia hajautetun energiantuotannon yleistymisen vaatii rohkeutta tehdä päätöksiä ja ottaa riskejä. Toisaalta hajautetun energiantuotannon toimijat ovat todennäköisesti muita kuin perinteisiä energia-alan toimijoita, joten valinta ei koske sitä, siirrytäänkö ylemmältä käyrältä alemmalle, vaan sitä, lähdetäänkö energiantuotantoa ylipäänsä tekemään. Näillä toimijoilla kyse on siitä, uskalletaanko vanhan toimintamallin – energian ostamisesta suurelta yhtiöltä – rinnalle tai tilalle ottaa omaa energiantuotantoa, joka tarkoittaa epävarmuutta kustannusten ja muiden tekijöiden (suorituskyvyn) suhteen. Tämäkin tarkastelu vahvistaa näkemystä, että kyseessä ei ole siirtyminen keskitetystä hajautettuun energiantuotantoon, vaan näiden tuotantomuotojen toisiaan täydentävä hyödyntäminen.

8.3 Hajautetun energiantuotannon polkua luomassa

Heiskasen ym. (2011) mukaan uutta polkua luodaan vanhaa horjuttamalla, uutta vahvistamalla ja käyttämällä verkostoa tehokkaasti hyödyksi. Aineistossa on tullut esiin keinoja näistä kaikista

tyypeistä. Vanhaa polkua horjutetaan *lisäämällä tietoisuutta* uudesta. Luvussa 7 esitellyistä keinoista seuraavat ovat tietoisuuden lisäämistä:

- Skannataan ja monistetaan muualla toteutettuja hajautetun energiantuotannon ratkaisuja
- Tarjotaan helposti ja vaivattomasti tietoa hajautetusta energiantuotannosta
- Tarjotaan kuluttajille yksityiskohtaista tietoa laitteiden energiankäytöstä
- Lisätään pien-CHP:n tutkimuksessa jatkuvuutta yksittäisten, yritysvetoisten hankkeiden sijaan
- Lisätään tiedottamista uusista teknologioista ja korjataan väärää informaatiota.

Tietoisuutta lisäämällä voidaan Heiskasen ym. mukaan päästä yli vallalla olevan polun koordinoitvaikutuksista. joita sillä Unruhin (2000) mukaan on toimijoiden keskinäisten suhteiden, tutkimuksen ja koulutuksen sekä rahoituskanavien suhteen. Kun tietoisuutta hajautetusta energiantuotannosta lisätään, se voi muodostua todelliseksi ja kiinnostavaksi vaihtoehdoksi. Ylipäänsä tietoisuus muista vaihtoehdoista tuottaa energiaa vähentää vanhan, keskitetyn mallin asemaa ainoana toimintatapana.

Vanhaa polkua voi myös horjuttaa *uusia arviointikriteerejä herättämällä ja korostamalla muuttuneita olosuhteita* (Heiskanen ym. 2011). Tällaisista seikoista sekä haastatteluissa että työpajassa käytiin keskustelua, mutta konkreettisiin toimenpide-ehdotuksiin niitä ei sisällytetty. *Asiakkaiden uudenlaiseen tavoittamiseen* sen sijaan voidaan katsoa kuuluvaksi seuraavat keinot:

- Luodaan keskusteluyhteyksiä mahdollisten energiantuotantolaitosten yhteistoteuttajien välille
- Kehitetään kokonaisvaltaista palveluliiketoimintaa uusiutuvalle, hajautetulle energiantuotannolle
 - kunnallisen tason hankkeisiin
 - yksityisten ihmisten tarpeisiin
- Edistetään kaasu- ja sähköautojen yleistymistä.

Keskusteluyhteyksiä luomalla asiakaskuntaa on mahdollista kasvattaa, kun liian pienet yksiköt voivat toteuttaa hankkeita yhdessä läheisten, samasta asiasta kiinnostuneiden kanssa.

Kokonaisvaltaisella palvelulla asiakkaita tavoitetaan, kun hajautetusta energiantuotannostakin tehdään yhtä helppoa kuin perinteisestä ratkaisusta. Kaasuautoja edistämällä hajautetusti tuotetulle energialle – biokaasulle – saadaan lisää asiakaskuntaa.

Koska hajautetussa energiantuotannossa ei ole kyse rajattavissa olevasta toimialasta, vaan liiketoimintaa on useassa eri kohdassa, ei ole myöskään tiettyä tahoja ja valmista tuotetta, jota pyritään myymään. Sen sijaan asiakkaita tavoitellaan hajautetun energiantuotannon voimaloille, hajautetusti tuotetulle energialle ja mahdollisesti muihinkin energiantuotannon ketjun kohtiin. Lisäksi kokonaisvaltaisen liiketoiminnan kehittäminen tarkoittaisi uudenlaisen palvelun tekemistä, mikä käytännössä yhdistäisi joitain tuotantoketjun (ks. kuva 6, s. 30) lenkeistä. Edellä kuvatut kolme keinoa tavoittaa asiakkaita ovat kaikki erityyppiseen liiketoimintaan.

Vanhan polun horjuttaminen tarkoittaa hajautetussa energiantuotannossa keskitetyn energiantuotantomallin kyseenalaistamista. Tällöin tuodaan esille energian tuottaminen hajautetusti todellisena vaihtoehtona vallalla olevalle toimintamallille. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että keskitettyä energiantuotantoa pyrittäisiin kokonaan hävittämään ja korvaamaan hajautetulla, vaan uudentyypisellä järjestelmällä voisi täydentää nykyistä.

Uuden polun vahvistamisen keinoiksi Heiskanen ym. (2011, 1894) nimeävät hinnan alentamisen, luotettavuuden lisäämisen ja positiivisten vaikutusten luomisen upottamalla uusi ratkaisu osaksi olemassa olevaa systeemiä. *Hinnan alentaminen* on hankalaa, ja myös Heiskanen ym. tutkimuksessa todettiin, että tähän keinoon ei ollut varaa.

Luotettavuutta voidaan lisätä osallistamalla tutkimuslaitoksia, julkisia organisaatioita ja muita alan keskeisiä toimijoita, hankkimalla ja esittämällä sertifikaatteja tai takuita sekä rakentamalla demonstraatio- ja referenssikohteita (Heiskanen ym. 2011, 1894). Seuraavat toimenpide-ehdotukset *lisäisivät hajautetun energiantuotannon luotettavuutta ja uskottavuutta*:

- Päivitetään Pirkanmaan energiaohjelma
- Rakennetaan pilottilaitoksia referenssikohteiksi ja testausalustaksi
- Käytetään energiaa tuottavia rakennusmateriaaleja
- Öljyllä lämpiävät taloyhtiöt vaihtavat pellettiin tai maalämpöön.

Pirkanmaan energiaohjelman tarkoituksena on toimia taustaselvityksenä alueellisen kehittämisrahan kohdentamisessa ja muussa Pirkanmaan aluekehityksessä sekä herättämään julkista keskustelua (Pirkanmaan energiaohjelma 2007, 5). Uusi energiaohjelma, jossa myös hajautettu energiantuotanto huomioitaisiin, tarkoittaisi siten pirkanmaalaisen energiastrategian näkyvää kannanottoa hajautetun energiantuotannon puolesta, mikä lisäisi sen luotettavuutta ja uskottavuutta. Muut ehdotetut, luotettavuutta lisäävät keinot ovat hajautetun energiantuotannon suoraa rakentamista pilottikohteina sekä normaalinakin ratkaisuna. Yhdeksi pilottikohteiden suureksi eduksi laskettiin niiden tuoman kokemuksen ja tiedon levittämisen mahdollisuus, jolloin luotettavuus lisääntyy.

Useita keinoja esitettiin, joilla hajautettua energiantuotantoa voidaan *soluttaa osaksi yhteiskunnan muita toimintoja*. Seuraavat keinot lukeutuvat tähän tapaan:

- Järjestetään reaaliaikainen energiapuun hintaseuranta
- Huomioidaan hajautettu energiantuotanto ja sen hyödyntäminen kaavoituksessa
- Sähkön mikrotuotannon rakentaminen tehdään yksinkertaiseksi
- Varmistetaan ylijäämäenergiasta saatava korvaus
- Perustetaan Pirkanmaalle bioenergiaterminaali
- Luodaan järjestelmät biojätteen keräykseen
- Kehitetään energiajärjestelmän älykkyyttä ja sähkön varastointimenetelmä.

Nämä keinot periaatteessa eroavat toisistaan paljonkin: mahdolliset toteuttajatahot vaihtelevat; jotkut keinoista lähtevät toimialan sisältä, jotkut ulkoa; keinot liittyvät eri toimintoihin ja ovat eri skaaloissa. Joka tapauksessa yhdistävänä tekijänä on, että kaikki keinot pyrkivät tavalla tai toisella linkittämään hajautetun energiantuotannon ja jonkin jo olemassa olevan systeemin (puumarkkinat, kaavoitus, sähköverkko, sähkömarkkinat, logistiikka, jätehuolto, energiajärjestelmä). Osana muita systeemejä hajautettu energiantuotanto ei vaadi jokaisen ratkaisun suunnittelua erityistapauksena, jolloin kustannukset ja muut vaadittavat resurssit vähenevät.

Uuden polun luominen lähtee verkostosta käsin, jossa eri tahoilta tuodaan tekoja uuden toimintatavan, teknologian tai muun siirtymän mahdollistamiseksi (Garud & Karnøe 2001). Polkua luodessa *verkoston tehokas käyttö* on yksi keino edistää uutta (Heiskanen ym. 2011). Ehdotetuista keinoista yksi on selkeästi toimijaverkostoon liittyvä:

- Kehitetään kuntatoimijoiden yhteistyötä kuntien välillä ja sisäisesti

Kunnilla nähdään olevan tärkeä rooli sekä hajautetun energiantuotannon mahdollistajina että toteuttajina, esimerkiksi tarjoamalla alustan toteuttaa julkisissa kohteissa pilottihankkeita. Tästä johtuen käytäntöjen yhtenäistämiseksi ja kokemusten vaihtamiseksi kuntien keskusteluyhteyksiä nähtiin tarpeellisiksi kehittää sekä kuntien välillä että sisäisesti. Kuntien välisen kommunikaation parantuessa kokemuksia voitaisiin jakaa ja levittää. Sisäisesti eri yksiköiden välinen viestintä toimisi paremmin ja hajautetulle energiantuotannolle löytyisi jonkinlainen vastuutaho.

9 Johtopäätökset

Tutkimuskysymykseni koskivat Pirkanmaan hajautettua energiantuotantoa, sen toimijoita, esteitä ja edistämiskeinoja. Tässä luvussa vastaan tiiviisti tutkimuskysymyksiin aineiston ja käytettyjen käsitteellisen taustan pohjalta sekä arvioin tutkielman tuloksia ja esitän mahdollisia jatkotutkimuskysymyksiä.

Tällä hetkellä Pirkanmaalla on hajautettua energiantuotantoa melko vähän, vaikkakin kiinnostusta alaan selvästi on. Maakunnassa toimii useita teknologiayrityksiä, joilla on osaamista kehittää teknologiaa, mutta markkinat ovat vasta alkutekijöissään. Joitakin yksittäisiä hajautetun energiantuotannon laitoksia, kuten maatilojen tuuli- tai biokaasuvoimala, on olemassa tai suunnitteilla, mutta yleisiä nämä eivät ole. Lämpöyrittäjyys on laajimmin levinnyt tämän työn käsittelemistä hajautetun energiantuotannon ratkaisuihin, ja sitä pyritään tukemaan ja lisäämään. Samankaltaisia toimintamalleja olisi kuitenkin toivottavaa saada myös sähköntuotantoon.

Hajautetun energiantuotannon toimijakenttä on monipuolinen ja kasvava, sillä se ei noudata perinteisiä energia-alan toimijoita, vaan on selvästi laajempi. Myös yksittäiset ihmiset voivat olla osa hajautetun energiantuotannon toimijakenttää, ja lisäksi sellaiset toimialat, kuten jätehuolto, joilla ei ole tällä hetkellä merkittävää osuutta energiantuotannossa, voidaan mieltää osaksi toimijoita. Toisaalta toimijoita on myös perinteiseltä energia-alalta. Keskitetyssä tuotannossa tavoitteena on tuottaa mahdollisimman paljon energiaa pienillä panoksilla, eli tehokkaasti, ja mahdollisimman pienillä kustannuksilla, eli taloudellisesti. Hajautettu energiantuotanto uusine ratkaisuneen ja tarpeineen ei välttämättä sovi tähän kuvaan, jolloin toimijoiden välille syntyy myös eturistiriitoja.

Estävinä tekijöinä ovat ensinnäkin keskitetyn energiantuotantojärjestelmän polkuriippuvat piirteet, jotka rajoittavat hajautetun järjestelmän mahdollisuuksia. Yhteiskunnan toiminnot, kuten kaavoitus ja energia-alan lainsäädäntö, eivät ole pystyneet ainakaan täysin huomioimaan hajautettua energiantuotantoa. Tämä on koettu esteeksi hajautetun energiantuotannon leviämiseksi. Toisekseen hajautettu energiantuotanto on sekä teknologiana että ajatusmaailmana uusi, mistä johtuen teknologia ei ole ainakaan vielä ehtinyt kehittyä ja yleistyä. Myös alan sisäinen toimintakenttä ei ole kehittänyt samanlaisia hioutuneita toimintamalleja ja tapoja kuin vanhemmat alat.

Hajautettua energiantuotantoa voidaan edistää Pirkanmaalla sekä parantamalla sen ulkoisia puitteita että kehittämällä hajautetun energiantuotannon toimijakentän sisäistä toimintaa. Energiantuotanto on osa yhteiskunnan järjestelmää, jonka raameissa ja tarjoamassa toimintaympäristössä hajautettua energiantuotantoa voidaan tehdä. Tällä hetkellä keskitetty energiantuotanto on vallitseva toimintamalli, jota polkuriippuvuuden mekanismit vahvistavat. Näitä ulkoisia puitteita parantamalla voidaan poistaa hajautetun energiantuotannon tuotantoketjun lenkeistä riippumattomia esteitä, kuten raskaita lupaprosesseja ja kaavoituksen rajoitteita.

Toimialan sisältä käsin sen sijaan tulee konkreettinen energian tuottaminen hajautetusti. Ilman energian pientuottajia ei ole hajautettua energian tuotantoa, joten on ilmeistä, että tuotantoketjun sisällä voidaan tehdä parannuksia, jotka edistävät hajautettua energiantuotantoa. Konkreettisen hajautetun energiantuotantoon investoimisen lisäksi toimialan sisältä käsin alaa voidaan edistää tietoa ja tietoisuutta lisäämällä, palvelua ja uudenlaista liiketoimintaa kehittämällä sekä toimijoiden välistä vuorovaikutusta parantamalla.

Koska hajautetun energiantuotannon edistäminen voi tapahtua monelta eri suunnalta, siihen vaikuttavien toimijoiden määrä on suuri. Julkishallinnolla on energia-asioissa ollut perinteisesti suuri ohjausvaikutus, eikä tämä ole poikkeus hajautetussakaan energiantuotannossa. Julkinen valta vaikuttaa tuki- ja luparatkaisuilla sekä lainsäädännöllä siihen, millaista energiantuotanto on. Alue- ja kuntatasolla ohjataan myös energia-asioihin liittyvää rahoitusta, ja kaavoituksella sekä kuntakohtaisilla lupakäytännöillä vaikutetaan olennaisesti siihen, millaisia mahdollisuuksia on rakentaa hajautettua energiantuotantoa.

Erilaiset kehityshankkeet ja -organisaatiot voivat toimia sekä ulkoisten puitteiden parantajina että sisäisen toiminnan ja vuorovaikutuksen kehittäjinä. Näillä on yleensä myös suoria kytköksiä yritysmaailmaan, jossa hajautettu energiantuotanto näyttäytyy kiinnostavana, vaikkakin riskialttiina alana. Yritykset ovat kuitenkin taho, joiden panoksella hajautetusta energiantuotannosta voi todella tulla yleinen tapa tuottaa energiaa. Vasta markkinoiden kasvaessa hajautetun energiantuotannon ratkaisut voivat alkaa levitä omalla painollaan. Yritysten vaikutus on etenkin teknologian soveltavassa kehityksessä ja toimintamallien sekä toimitusketjujen toteuttamisessa. Tutkimuslaitokset tuottavat enemmän perustutkimukseen keskittyvää tutkimustietoa ja toimivat myös yhteistyössä yritysten ja kehityshankkeiden kanssa teknologian kehittämisessä.

Hajautetun energiantuotannon polkua voidaan luoda toimijoiden yhteistyössä levittämällä tietoisuutta vaihtoehtoisesta tavasta tuottaa energiaa ja etsimällä näille tavoille asiakkaita uusilla tavoilla. Polun vahvistaminen vaatii luotettavuuden lisäämistä, jota voidaan tehdä demonstraatioluontoisina kokeiluina sekä uskottavia toimijoita osallistamalla. Lisäksi polkua on mahdollista vahvistaa liittämällä hajautettua energiantuotantoa osaksi yhteiskunnan infrastruktuuria ja muita rakenteita. Näissä keinoissa tarvitaan monipuolista toimijakenttää, jonka toimintaa voidaan tehostaa, jos vuorovaikutusta vahvistetaan.

Tämän tutkielman perusteella hajautettua energiantuotantoa voisi Pirkanmaalla parhaiten edistää aloittamalla taulukossa 2 esitetyistä priorisoiduista toimenpidesuosituksista. Nämä on valittu mahdollisimman konkreettisen vaikuttavuuden saavuttamiseksi, sekä osittain toimijoiden näkemien tärkeimpien haasteiden perusteella.

Toimenpidesuositus	Esteet, joihin vaikutetaan	Vaikuttavuus
1. Rakennetaan pilottilaitoksia julkisiin kohteisiin (s. 75)	<ul style="list-style-type: none"> Pilottilaitosten puute Valmiiden, testattujen toimintamallien puuttuminen 	<ul style="list-style-type: none"> Lisäävät uskottavuutta ja luotettavuutta Tietoisuus kasvaa Toimintamalleja muodostuu ja testataan Hajautetun energiantuotannon teknologioiden osaaminen lisääntyy
2. Huomioidaan hajautettu energiantuotanto ja sen hyödyntäminen kaavoituksessa (s. 71)	<ul style="list-style-type: none"> Kaavoituksen rajoitteet 	<ul style="list-style-type: none"> Edellytykset hajautetulle energiantuotannolle paranevat
3. Sähkön pientuotannon verkkoon liittymisen ja lupaprosessit yksinkertaistetaan (s. 76)	<ul style="list-style-type: none"> Sähköverkkoon liittymisen ongelmat Raskaat lupaprosessit 	<ul style="list-style-type: none"> Edellytykset hajautetulle energiantuotannolle paranevat
4. Kuntatoimijoiden yhteistyötä kehitetään kuntien välillä ja sisäisesti (s. 79)	<ul style="list-style-type: none"> Toimijoiden hajanaisuus Kielteiset asenteet, ennakkoluulot ja tahtotilan puute 	<ul style="list-style-type: none"> Käytännöt on mahdollista yhdenmukaistaa ja oppia niistä toisiltaan, vastuutaho on mahdollista löytää kunnan sisältä
5. Kehitetään kokonaisvaltaista palvelutoimintaa (s. 75)	<ul style="list-style-type: none"> Valmiiden, testattujen toimintamallien puuttuminen Kannattavuus Rahoitus 	<ul style="list-style-type: none"> Lisää vaihtoehtoja ja houkuttelevuutta hajautetun energian hankkimiseen

Taulukko 2 Priorisoidut toimenpidesuositukset

Hajautettu energiantuotanto ei korvaa kokonaan keskitettyä, mutta sillä on mahdollista tehostaa energiajärjestelmän toimintaa täydentämällä keskitettyä energiajärjestelmää. Esimerkiksi keskitetyissä laitoksissa tuotettu kaukolämpö on järkevä hyödyntää täysimääräisesti, eikä sitä tulisikaan tässä suhteessa pyrkiä vähentämään korvaamalla sitä hajautetulla. Sen sijaan kaukolämpöverkostoa voisi täydentää hajautetuilla ratkaisulla ja rakentaa hajautetun periaatteen

mukaisia aluelämpöverkkoja, jotka tarjoaisivat liiketoimintamahdollisuuksia lämpöyrittäjille. Sama koskee sähkön tuotantoa. Soveltuvissa kohteissa sitä on järkevä tuottaa myös hajautetusti, mutta keskitettyä sähköntuotantoa tarvitaan edelleen.

Tässä työssä keskityttiin hajautetun energiantuotannon edistämismahdollisuuksiin Pirkanmaalla, mutta tulokset ovat sovellettavissa suurelta osin myös muissa Suomen maakunnissa. Tutkimuksessa tunnistettiin Pirkanmaan hajautetun energiantuotannon ongelmia ja onnistuttiin esittämään toimenpidesuosituksia hajautetun energiantuotannon edistämiseksi. Tulokset perustuvat kuitenkin rajalliseen toimijoiden näkemykseen, eikä toimenpide-ehdotusten todellisesta vaikuttavuudesta ole tieteellistä näyttöä. Tämä voisikin olla mielenkiintoinen jatkotutkimuksen kohde. Muita kiinnostavia aiheita jatkotutkimukselle olisivat esimerkiksi tässä työssä esitettyjen keinojen toimivuus sekä keinot toimijoiden sitouttamiseen ja motivoimiseen.

Lähteet

- Arthur, W (1994). Increasing returns and path dependence in the economy. The University of Michigan Press. Michigan.
- Bergman, J-P.; Lankila, M.; Kässi, T. (2005). Teknologiaohjelma DENSITY - Hajautetun energiantuotannon tulevaisuusskenaariot ja vaikutukset liiketoimintamalleihin. Tutkimusraportti 7. Technology Business Research Center Lappeenranta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: http://www.tbrc.fi/pubfile/DENSITY_Skenaariot_2019.pdf
- Bergman, J-P; Karhumäki, T.; Keikko, T.; Komulainen, R.; Kässi, T.; Lankila, M.; Lehtinen, H.; Partanen, J.; Poikonen, P.; Rinne, P.; Valkealahti, S.; Ventä, O.; Wahlström, B. (2006). Teknologiaohjelma DENSITY - Hajautetun energiantuotannon tulevaisuusskenaariot ja vaikutukset liiketoimintamalleihin. Tutkimusraportti 9. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.10.2011. Saatavilla: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/31061/TMP.objres.190.pdf?sequence=1>
- David, P. (1985). Clio and the Economics of QWERTY. *American Economic Review*. 75(2): 332–337.
- DENSITY (2007). DENSITY – Distributed Energy Systems 2003–2007, Final Report. Tekes. Technology Programme Report 11/2007. Helsinki. Verkkojulkaisu. Viitattu 14.12.2011. Saatavilla: http://www.tekes.fi/fi/community/P%C3%A4%C3%A4ttyneet_ohjelmat/515/P%C3%A4%C3%A4ttyneet_ohjelmat/1388
- Djelic ja Quack (2007). Overcoming path dependency: path generation in open systems. *Theory and Society*. 36 (2): 161–186.
- Dolata, U. (2009). Technological innovations and sectoral change: Transformative capacity, adaptability, patterns of change: An analytical framework. *Research Policy*. 38 (6): 1066–1076.
- Energiateollisuus ry (2005). Vesivoimatuotannon määrä ja lisäämismahdollisuudet Suomessa. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Verkkojulkaisu. Viitattu 12.12.2011. Saatavilla: <http://www.motiva.fi/files/700/vesivoimatuotannon-maara-ja-lisaamismahdollisuudet-suomessa.pdf>
- Energiateollisuus ry (2009). Voimalaitosluettelo. Energiateollisuus ry:n jäsenten ja niiden osakkuusyhtiöiden omistamat lämpövoimalaitokset, tilanne 31.12.2009. Verkkojulkaisu. Viitattu 27.4.2012. Saatavilla: <http://www.energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkontuotanto/voimalaitosluettelo>
- Energiateollisuus ry (2011a). Kaukolämpötilasto 2010. ET-Kaukolämpökansio 7/1. Verkkojulkaisu. Viitattu 30.1.2012. Saatavilla: http://www.energia.fi/sites/default/files/kaukolampotilasto_2010_web.pdf

- Energiateollisuus ry (2011b). Tiedote 20111221 21.12.2011. Pientuotannon liittämistä koskevat ohjeet.
- Energiateollisuus ry (2012). Sähkötilastot. Sähkön tuotanto maakunnittain. Energiateollisuus ry:n www-sivut. Verkkojulkaisu. Viitattu 24.2.2012. Saatavilla: <http://www.energia.fi/tilastot-jajulkaisut/sahkotilastot/sahkontuotanto/sahkon-tuotanto-maakunnittain>
- Eskola, J. (2001). Laadullisen tutkimuksen juhannustaiat, laadullisen aineiston analyysi vaihe vaiheelta. Teoksessa Aaltola, J. ja Valli, R. (2001) (toim.). Ikkunoita tutkimusmetodeihin II. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Fortum Oyj (2012). Lehdistötiedote 7.3.2012. Fortum rakentaa ensimmäisen teollisen mittakaavan integroidun bioöljylaitoksen Joensuuhun. Verkkojulkaisu. Viitattu 8.3.2012. Saatavilla: <http://www.fortum.com/fi/media/pages/fortum-rakentaa-ensimmaisen-teollisen-mittakaavan-integroidun-biooljylaitoksen-joensuuhun-1.aspx>
- Garud, R. ja Karnøe, P. (2001). Path creation as a process of mindful deviation. Teoksessa Garud, R. ja Karnøe, P. (2001) (toim.) Path Dependence and Creation. London. Lawrence Erlbaum: 1–38.
- Garud, R. ja Karnøe, P. (2003). Bricolage versus breakthrough: distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. *Research Policy*. 32: 277–300.
- Geels, F. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*. 31: 1257–1274
- Geroski, P. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy* 29: 603–625.
- Hakola, P. ja Kinnunen, M. (2006). Ilmastoliiketoiminta ja energia Suomessa 2050 (ILMES) – skenaariot ja strategiat. Taustaraportti 01/06. Tulevaisuuden tutkimuskeskus. eJulkaisuja 1/2006. Verkkojulkaisu. Viitattu 28.10.2011. Saatavilla: http://www.tse.fi/FI/yksikot/erillislaitokset/tutu/Documents/publications/eTutu_2006-1.pdf
- Heiskanen, E., Lovio, R. ja Jalas, M. (2011). Path creation for sustainable consumption: promoting alternative heating systems in Finland. *Journal of Cleaner Production*. 19: 1892–1900.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. ja Sajavaara, P. (2007). Tutki ja kirjoita. 13., osin uudistettu painos. Helsinki. Tammi.
- Huttunen, S. (2005). Paikallista kestävää energiaa maaseudulle. Teoksessa Järvelä, M., Jokinen, P. ja Puupponen, A. (2005) (toim.) Kestävän kehityksen paikalliset verkostot. Jyväskylän yliopistopaino. Jyväskylä: 123–144.
- Huttunen, M. ja Kuittinen, V. (2011). Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 14. Tiedot vuodelta 2010. Publications of the University of Eastern Finland Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences No 5. Joensuun yliopisto. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.1.2012. Saatavilla: http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0630-4/urn_isbn_978-952-61-0630-4.pdf

- Hyttinen, T. (2005). Valoa pimeässä. Kohti energiaomavaraisuutta maaseudulla. Levón-instituutin julkaisu 116. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.11.2011. Saatavilla: http://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_952-476-083-5.pdf
- IEA (2011). World energy outlook 2011. International Energy Agency. Pariisi.
- Johnson, G. ; Scholes, K. ja Whittington, R. (2008). Exploring corporate strategy. 8. painos. Prentice Hall. Harlow.
- Jungk, R. ja Müllert, N. (1987) Tulevaisuusverstaat. Suomentanut K. Vaara. Helsingin yliopiston ylioppilaskunta, Kansan sivistystyön liitto ja Ruohonjuuri oy. Helsinki.
- Jyrki Kataisen hallitusohjelma (2011). Verkkojulkaisu. Viitattu 17.2.2012. Saatavilla: <http://www.vn.fi/hallitus/hallitusohjelma/pdf332889/fi.pdf>
- Kinnunen, M. (2011). Bioenergian potentiaalitarkastelu Pirkanmaan alueelta – energiaomavaraisuuden jäljillä. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Kivimaa, P. (2008). Finland: big is beautiful – promoting bioenergy in regional-industrial contexts. Teoksessa Lafferty, W. ja Ruud, A. (2008) (toim.) Promoting Sustainable Electricity in Europe: Challenging the Path Dependence of Dominant Energy Systems. Edward Elgar. Cheltenham: 159–188.
- Kouki, J. 2008: Bioenergia, biodiversiteetti ja biofunktiot: metsien energiakäytön ympäristövaikutuksia. Silva Carelica 54: 104–113.
- Lampel, J. (2001). Show-and-tell: Product demonstrations and path creation of technological change. Teoksessa Garud, R. ja Karnøe, P. (2001) (toim.) Path Dependence and Creation. London. Lawrence Erlbaum:303–328.
- Lampinen, A. ja Jokinen, E. (2006). Suomen maatalojen energiantuotantopotentiaalit. Ekologinen perspektiivi. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84. Jyväskylä. Verkkojulkaisu. Viitattu 12.1.2012. Saatavilla: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18309/9513924971.pdf>
- Lehto, I. (2009). Mikrotuotannon liittäminen yleiseen sähkönjakeluverkkoon. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Espoo. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2009/urn100081.pdf>
- Lemström, B. (2006). Pienimuotoisen tuotannon verkkoon pääsyn edistäminen. Tutkimusraportti VTT. Espoo. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: http://www.tem.fi/files/16210/VTT-R-02857-06_Pientuotannon_verkkoonpaasyn_edistaminen.pdf
- Lester, R. ja Hart, D. (2011). Unlocking energy innovation. How America can build a low-cost, low-carbon energy system. The MIT Press. Cambridge. London.
- Lovio, R.; Mickwitz, P. ja Heiskanen, E. (2011). Path dependence, path creation and creative destruction in the evolution of energy systems. Teoksessa Wüstenhagen, R. ja Wuebker, R.

- (2011) (toim.) The Handbook of Research on Energy Entrepreneurship. Edward Elgar. Cheltenham: 274–301.
- Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007–2013, Pirkanmaan alueohjelma. Päivitys 12.10.2009. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.12.2011. Saatavilla: http://www.maaseutu.fi/fi/index/maaseudunkehittamisohjelmat/tavoitteet_ja_tyokalut/alueelli_setsuunnitelmat/pirkanmaa.html
- Maunula, L. (2011). Pirkanmaan puuenergiaselvitys 2011. Pirkanmaan metsäkeskus. Tampere.
- Metsämuuronen, J. (2006). Laadullisen tutkimuksen perusteet. Teoksessa Metsämuuronen, J. (2006) (toim.). Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Helsinki. International Methelp ky.
- MMM (2012). Pienpuun energiaturvavain (101/2011) voimaantulo edellyttää komission hyväksyntää. MMM:n www-sivusto. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.12.2011. Saatavilla: http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/hankkeet_tyoryhmat/lainsaadantohankkeet_0/pienpuunenergiaturva.html
- Moore, G. (2007). Ylitä kysynnän kuilu. Käänt. Kirsti Iivonen. Alkuperäisteos Crossing the chasm: marketing and selling disruptive products to mainstream customers.(199 1). Talentum Media Oy. Helsinki.
- Motiva (2010). Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla. Loppuraportti. 12/2010. Helsinki. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: http://www.motiva.fi/files/4458/Hajautettu_ja_paikallinen_energiantuotanto_loppuraportti.pdf
- Ojakoski, P. (2011). Energiapuun käyttökohteet ja -määrät sekä tulevaisuuden näkymät Pirkanmaalla. Metsäkeskus. Esitys Metsäkeskuksen Pirkanmaan puuenergiapäivänä. Tampere. 16.12.2011.
- OSKE (2007). Energiateknologian klusteriohjelma 2007–2013. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: <http://oske-net-bin.directo.fi/@Bin/41d335cc0c902901fad86c6d343dce8/1319624270/application/pdf/9881/Energiateknologia.pdf>
- Peltola, T. (2007). Paikallisen energihuollon ympäristöpoliittinen liikkumavara. Vaihtoehtoiset teknologiat, poliittiset käytännöt ja toimijuus. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Tampere. Verkkojulkaisu. Viitattu 23.3.2012. Saatavilla: <http://acta.uta.fi/pdf/978-951-44-6824-7.pdf>
- Peura, P. ja Hyttinen, T. (2008). Towards a Dichotomy of the Energy Sector? Renewable Efficient Energy Conference in Vaasa 2008.
- Pierson, P. (2000). Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics. The American Political Science Review. 94 (2): 251–267.

- Pirkanmaan ely-keskus (2012). Uutiskirje 18.1.2012. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.1.2012. Saatavilla: <http://ely-pirkanmaa.mailpv.net/a/s/15648323-56ee60f81d7348f8ce2a84888cde08e0/183727>
- Pirkanmaan energiaohjelma (2007). Pirkanmaan liiton julkaisu D 87. Tampere.
- Pirkanmaan maakuntaohjelma 2011–2014. Pirkanmaan liiton julkaisu. Sarja A, julkaisu nro 49. Tampere.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia: Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Verkkojulkaisu. Viitattu 14.12.2011. Saatavilla: http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf
- Pr Vesisuunnittelu Oy (2005). Pienvesivoimakartoitus, minivesivoimasektori <1MW. Kauppa- ja teollisuusministeriölle tehty selvitys. KTM Dnro 58/804/2004. Verkkojulkaisu. Viitattu 12.12.2011. Saatavilla: <http://www.motiva.fi/files/701/pienvesivoimakartoitus.pdf>
- Rajala, P.; Hirvonen, H.; Perttula, S.; Lähde, E.; Pulkka, P.; Jarmala, L.; Laukkanen, J.; Patronen, J.; Jokinen, M.; Rintala, T.; Rajakallio, K.; Kauppinen, T. (2010). Energiategohkkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä 41. Porvoo. Verkkojulkaisu. Viitattu 15.3.2012. Saatavilla: <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2041.pdf>
- Rogers, E. (2003). Diffusion of innovations. 5. painos. Free Press. New York.
- Ruokolainen, J. (2008). Constructing the first customer reference to support the growth of a start-up software technology company. European Journal of Innovation Management. 11 (2): 282–305.
- Sairinen, R. (1987). Maaseudun energiahuollon kehitys. Teoksessa Massa, I., Sairinen, R. ja Itkonen, L. (1987). Energiahuollon vaihtoehdot ja maaseutu, kolme näkökulmaa. Helsingin yliopisto. Sosiaalipolitiikan laitos. Työraportteja 6/1987. Helsinki.
- Sitra (2012). Lähienergia. Www-dokumentti. Viitattu 14.3.2012. <http://www.sitra.fi/lahienergia>
- Solpros (2001). Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastomuutoksen torjunnassa. Verkkojulkaisu. Viitattu 28.10.2011. Saatavilla: http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/3rdeport_final.PDF
- Solpros (2006). Aurinkoenergian käyttö Suomessa vuonna 2005. Verkkojulkaisu. Viitattu 31.10.2011. Saatavilla: http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/Aurinkotilasto2005_2.pdf
- Sood, A. ja Tellis, G. (2005). Technological Evolution and Radical Innovation. Journal of Marketing. 69 :152–168.
- Stenberg, A. ja Holttinen, H. (2011). Tuulivoiman tuotantotilastot: Vuosiraportti 2010. VTT Working Papers 178. VTT. Espoo. Verkkojulkaisu. Viitattu 28.10.2011. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W178.pdf>

- Suomen tuulivoimayhdistys (2011). Tuulivoimahankkeet erillisenä listana. Excel-tiedosto. Verkkojulkaisu. Viitattu 17.11.2011. Saatavilla: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/hankkeet>
- Syrjälä, L. (1994). Tapaustutkimus opettajan ja tutkijan työvälteenä. Teoksessa Syrjälä, L., Ahonen, S., Syrjäläinen, E. Ja Saari, S. (1994). Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Kirjayhtymä Oy. Rauma. 10–66.
- Tarasti, L. (2012). Tuulivoimaa edistämään. Lauri Tarastin selvitys 13.4. 2012. Aineisto julkaistaan myöhemmin työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja -sarjassa Energia ja ilmasto 2012. Verkkojulkaisu. Viitattu 27.4.2012. Saatavilla: http://www.tem.fi/files/32699/Tuulivoimaa_edistamaan_A4_lop.pdf
- TEM (2011). Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuviesta lähteistä peräisin olevan energian edistämisestä direktiivin 2009/28/EY mukaisesti. TEM. Energiaosasto.
- Tilastokeskus (2011a). Alueluokitukset, Kunnat 2012. Helsinki. Tilastokeskus. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.1.2012. Saatavilla: http://www.stat.fi/meta/luokitukset/kunta/001-2012/luokitusavain_kuntar.html
- Tilastokeskus (2011b). Energian hankinta ja kulutus. Helsinki. Tilastokeskus. Verkkojulkaisu. Viitattu 18.11.2011. Saatavilla: <http://tilastokeskus.fi/til/ehk/index.html>
- Tilastokeskus (2011c). Sähkön ja lämmön tuotanto. Helsinki. Tilastokeskus. Verkkojulkaisu. Viitattu 18.11.2011. Saatavilla: <http://tilastokeskus.fi/til/salatuo/index.html>
- Tilastokeskus (2011d). Rakennukset ja kesämökit. Helsinki. Tilastokeskus Viitattu: 2.4.2012. Saatavilla: <http://tilastokeskus.fi/til/rakke/tau.html>.
- Tolppa, R. ja Uotila, L. (2011). Peltoenergia. Teoksessa Maunula, L. (2011). Pirkanmaan puuenergiaselvitys 2011. Pirkanmaan metsäkeskus. Tampere: 20.
- Tuomi, J. ja Sarajärvi, A. (2002). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki. Tammi.
- Unruh, G. (2000). Understanding carbon lock-in. Energy Policy. 28 (12): 817–830.
- Uotila, L., Liukko, P. ja Tolppa, R. (2006). Esiselvitys peltoenergian hyötykäytöstä Pirkanmaalla v. 2006. ProAgrid Pirkanmaa.
- Utterback, J. (1994). Mastering the dynamics of innovation. Harvard business school press. Boston.
- Vaasan energiainstituutti (2012). Tutkimus ja konsultointi. Www-dokumentti. Viitattu 14.3.2012. <http://vei.fi/content/fi/11501/11/11.html>
- Valkonen, J., Tommila, T., Jaakkola, L., Wahlström, B., Koponen, P., Kärkkäinen, S., Kumpulainen, L., Saari, P., Keskinen, S., Saaristo, H. ja Lehtonen, M. (2005). Paikallisten energiaressurssien hallinta hajautetussa energiajärjestelmässä. Espoo 2005. VTT Tiedotteita . Research Notes 2284. Verkkojulkaisu. Viitattu 5.12.2011. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2284.pdf>

- Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea (2009). Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009. Verkkojulkaisu. Viitattu 17.2.2012. Saatavilla: http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2009/j28-ilmasto-selonteko-j29-klimat-framtidsredogorelse-j30-climate_/pdf/fi.pdf
- Vartiainen, E. (2000). Daylight modelling and optimization of solar facades. Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan julkaisuja. TKK-F-A803. Teknillinen korkeakoulu. Espoo. Verkkojulkaisu. Viitattu 2.4.2012. Saatavilla: <http://lib.tkk.fi/Diss/2001/isbn9512253372/isbn9512253372.pdf>
- Vartiainen, E.; Luoma, P.; Hiltunen, J. & Vanhanen, J. (2002), Hajautettu energiantuotanto: teknologiat, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt. Edita Oy. Helsinki. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: http://www.gaia.fi/files/106/Hajautettu_energiantuotanto_loppuraportti.pdf
- Vergne, J-P ja Durand, R. (2010). The Missing Link Between the Theory and Empirics of Path Dependence: Conceptual Clarification, Testability Issue, and Methodological Implications. *Journal of Management Studies*. 47 (4): 736–759.
- Verplanken, B ja Holland, R. (2002). Motivated decision making: Effects of activation and self-centrality of values on choices and behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*. 82(3): 434–447.
- VTT (1999). Energia Suomessa. Tekniikka talous ja ympäristövaikutukset. Edita Publishing Oy.
- WADE (2003). Guide to Decentralized Energy Technologies. World Alliance for Decentralized Energy. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: http://www.localpower.org/documents/report_de_technologies.pdf
- WADE (2006). World Survey of Decentralized Energy 2006. World Alliance for Decentralized Energy. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.10.2011. Saatavilla: http://www.localpower.org/documents/report_worldsurvey06.pdf

LAIT JA ASETUKSET:

Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta 12.12.1996/1094

Laki pienpuun energiatuesta 2011/101

Laki uusiutuville energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 30.12.2010/1396

Sähkömarkkinalaki 17.3.1995/386

Sähköverolaki 30.12.1996/1260

Tuloverolaki 30.12.1992/1535

Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista 2007/1313

Liite 1 Haastattelut

Pvm	Haastateltavan organisaatio / rooli
17.1.	Enerkon ympäristöpalvelut oy
18.1.	Doranova oy
18.1.	Airia oy
19.1.	Energiateknologian klusteriohjelma / Tampereen OSKE
20.1.	Metsäkeskus, Pirkanmaa
23.1.	TAMK, ESSI-ohjelma
24.1.	Kasvihuoneviljelijä, tuulivoimahanke tilalle käynnissä
25.1.	ECO2- Ekotehokas Tampere 2020
27.1.	Pispalan JA-VU oy; tausta pellettilämpöyrityksessä
30.1.	Lämpöyrittäjä, Puuwatti oy
31.1.	Pirkanmaan luonnonsuojelupiiri
2.2.	Ekokumppanit oy
6.2.	Verte oy
6.2.	Tampereen Sähkölaitos oy
8.2.	Finnwind oy
8.2.	Enmac oy
14.2.	ProAgria
20.2	Maatuuli
22.2.	Gurux oy

Liite 2 Työpajan osallistujat

Osallistuja	Organisaatio
Alander Reijo	Airia Oy
Eklund Esa	Suomen Tuulivoimayhdistys; Kodin Vihreä Energia
Ermala Sakari	Verte Oy
Hakola Paula	Energiateknologian klusteriohjelma /Tampereen OSKE
Halme Anneli	TAMK
Leinonen Tenho	Pirkanmaan ELY-keskus
Maunula Lasse	Suomen metsäkeskus, Pirkanmaa
Mäkelä Pasi	Doranova Oy
Ovaskainen Jarmo	Pispalan JA-VU Oy
Peräinen Matias	FinnWind Oy
Perälä Anu	Apila Group oy
Pirhonen Matti	Pirkanmaan luonnonsuojelupiiri
Raiko Risto	TTY
Rajala Jukka	LNI-verkko Oy
Sajeva Maurizio	MTT
Seppänen Elina	ECO2- Ekotehokas Tampere 2020
Soininen Ari	Suomen Tuulivoimayhdistys; Innopower oy
Sopanen Ismo	Apila Group oy
Tappura Kari	Tampereen sähköverkko Oy
Uusi-Rajasalo Harri	Enerkon ympäristöpalvelut Oy
Virtanen Raimo	Verte Oy
Vänni Kimmo	TAMK

Liite 3 Toimenpiteet hajautetun energiantuotannon edistämiseksi

Toimenpide	Mahdollinen toimija	Vaikuttavuus
Vanhan polun horjuttaminen: tietoisuuden lisääminen		
Skannataan ja monistetaan muualla toteutettuja hajautetun energiantuotannon ratkaisuja	OSKE	Mahdollista oppimisen ja hyvien käytäntöjen levittämisen
Tarjotaan helposti ja vaivattomasti tietoa hajautetusta energiantuotannosta	Kuntien rakennusyksiköt, Ekokumppanit, Metsäkeskus, ProAgria, yhdistykset	Lisää tietoisuutta ja antaa ihmisille mahdollisuuden toteuttaa hajautettuja ratkaisuja
Tuodaan esille hajautetun energiantuotannon potentiaalia	Ekokumppanit	Lisää tietoisuutta ja yritysten kiinnostusta hajautetusta energiantuotannosta
Lisätään pien-CHP:n tutkimuksessa jatkuvuutta yksittäisten, yritysveitoisten hankkeiden sijaan	VTT*	Parantaa tutkimuksen laatua ja jatkuvuutta
Lisätään tiedottamista uusista teknologioista ja korjataan väärää informaatiota	Tiedeyhteisö*	Kohdistaa T&K toimintaa potentiaalisimmille aloille
Järjestetään reaaliaikainen energiapuun hintaseuranta	Metsäkeskus	Edistää energiapuun tuloa markkinoille
Vanhan polun horjuttaminen: vaihtoehtoiset tavat löytää asiakkaita		
Luodaan keskusteluyhteyksiä mahdollisten energiantuotantolaitosten yhteistoteuttajien välille	Kunnat, Pirkanmaan liitto, ProAgria	Yksittäiset, liian pienet toimijat voivat löytää kumppanin laitoksen toteuttamiseen
Kehitetään kokonaisvaltaista palvelutoimintaa hajautetulle energiantuotannolle <ul style="list-style-type: none"> • kunnallisen tason hankkeisiin • yksityisten ihmisten tarpeisiin 	Yritykset, kuluttajat, julkisyhteisöt; liiketoiminnan kehittämisorganisaatiot	Lisää vaihtoehtoja ja houkuttelevuutta hajautetun energian hankkimiseen
Edistetään kaasu- ja sähköautojen yleistymistä	Poliittiset päättäjät, biokaasuyhdistys, Gasum oy; muita biokaasun tuottajia	Lisää biokaasun liikennekäytön houkuttelevuutta; mahdollistaa sähköverkon tehokkaan käytön
Uuden polun vahvistaminen: ratkaisun luotettavuuden lisääminen		
Päivitetään Pirkanmaan energiaohjelma	Pirkanmaan liitto	Suunnannäyttävä maakunnan energia-asioissa
Rakennetaan pilottilaitoksia julkisiin kohteisiin	Kunnat ja muut julkiset organisaatiot; rahoittajana TEKES, OSKE-ohjelma, ELY-keskus (EAKR, EMR), Pirkanmaan liitto (EAKR, maakunnan kehittämisraha)	Lisäävät uskottavuutta ja luotettavuutta Tietoisuus kasvaa Toimintamalleja muodostuu ja testataan Hajautetun energiantuotannon teknologioiden osaaminen lisääntyy

Käytetään energiaa tuottavia rakennusmateriaaleja	Rakennusyhtiöt, Finnish Green Building Council; kuntien rakennusvalvonta	Lisää suoraan hajautettua energiantuotantoa
Öljyllä lämpiävät taloyhtiöt vaihtavat pellettiin tai maalämpöön	Taloyhtiöt*, Ekokumppanit	Lisää suoraan hajautettua, uusiutuvaa energiantuotantoa
Uuden polun vahvistaminen: soluttaminen osaksi yhteiskunnan rakenteita		
Huomioidaan hajautettu energiantuotanto ja sen hyödyntäminen kaavoituksessa	Pirkanmaan liitto (maakuntakaava), Pirkanmaan kuntien kaavoitusosastot (yleis- ja asemakaava)	Edellytykset hajautetulle energiantuotannolle paranevat
Sähkön pientuotannon lupaprosessit ja verkkoon liittyminen yksinkertaistetaan	Sähköverkkoyhtiöt; kunnat	Edellytykset hajautetulle energiantuotannolle paranevat
Varmistetaan ylijäämäenergiasta saatava korvaus	Poliittiset päättäjät (lainsäädäntömuutokset), TEM, sähkön vähittäismyyjät	Hajautetun tuotannon houkuttelevuus paranee ja hinta laskee
Perustetaan Pirkanmaalle bioenergiaterminaali	?	Bioenergian saatavuus varmistuu; jalostustoiminta tuo uusia mahdollisuuksia käytölle
Luodaan järjestelmät biojätteen keräykseen	Pirkanmaalla toimivat jätehuoltoyhtiöt (Pirkanmaan Jätehuolto Oy, Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy, Kiertokapula Oy ja Jätehuoltoyhtiö Lakeuden Etappi Oy)	Mahdollistaa biojätteen käytön energianlähteenä
Kehitetään energiajärjestelmän älykkyyttä ja sähkön varastointimenetelmä	Tutkimus- ja kehityslaitokset (TTY, VTT...)	Mahdollistaa hajautetun energiantuotannon aiheuttamatta ongelmia sähköverkossa
Verkoston tehokas käyttö		
Kuntatoimijoiden yhteistyötä kehitetään kuntien välillä ja sisäisesti	Kunnat, rakennusvalvonta	Käytännöt on mahdollista yhdenmukaistaa ja oppia niistä toinen toisiltaan Vastuutaho on mahdollista löytää kunnan sisältä

*Toimija on nimetty suoraan työpajassa