

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Energiaomavarainen kylä

Energy self-sufficient village

Työn tarkastaja: Tero Tynjälä

Työn ohjaaja: Tero Tynjälä

Lappeenranta 4.5.2016

Tilda Vuorisalo

TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Tilda Vuorisalo

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Tero Tynjälä

Kandidaatintyö 2016

25 sivua, 5 kuvaa, 4 taulukkoa

Hakusanat: energiaomavarainen kylä, Feldheim, Wildpoldsried, Samsø, Parikkala, uusiutuva energia

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tehdä yleiskatsaus energiaomavaraisista kylistä. Olemassa olevien energiaomavaraisten kylien tarkasteluun on valittu Sakan Feldheim ja Wildpoldsried sekä Tanskan Samsø. Suomen olosuhteiden tarkasteluun on valittu Parikkala. Aluksi tutustutaan kylien energiantuotantoon tilastojen perusteella, minkä jälkeen vertaillaan kyliä keskenään ja pohditaan syitä energian tuoton eroille.

Feldheimissä suurin omavarainen energialähde on tuulivoima, Wildpoldsriedissä tuulivoima ja Samsøssa poltettava biomassa. Parikkalan idealisoidussa energiantuotantolanteessa, missä energiaa tuotettaisiin ainoastaan uusiutuvalla energialla, jakautuisi energiantuotanto melko tasaisesti puupolttoaineiden, peltobiomassan sekä tuulivoiman kesken.

Alueen sijainti vaikuttaa saatavilla oleviin energialähteisiin sekä energiantarpeeseen. Esimerkiksi Tanskan ja Saksan maaperä soveltuu paremmin viljelyyn ja ilmasto on lämpimämpi kuin Suomessa. Energian tuotanto ei aina ole suoraan sidoksissa asukaslukuun esimerkiksi myynnistä johtuen.

Energiaomavaraisuuteen päätymiseen vaikuttavat taloudellisuus ja asenteet. Uuteen teknologiaan ei välttämättä vielä luoteta riittävästi varsinkaan, jos vanhoilla voimalaitoksilla pärjää vielä hyvin. Käytössä olevien voimaloiden käytöstä poisto voi olla epätaloudellista ja energiaomavaraisuushankkeet laajoja. Energiaomavaraisuudella ja sen aiheuttamalla hajautetulla energiantuotannolla on kuitenkin työllistävä vaikutus ja mahdollisuus taloudellisiin hyötyihin.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

| | |
|--|-----------|
| Lyhenneluettelo | 3 |
| 1 Johdanto | 4 |
| 2 Energiaomavaraiset kylät maailmalla | 6 |
| 2.1 Feldheim | 6 |
| 2.2 Wildpoldsried..... | 8 |
| 2.3 Samsø | 10 |
| 3 Energiaomavaraisien kylien mahdollisuudet Suomessa | 15 |
| 3.1 Parikkala | 15 |
| 4 Tavallisesta kylästä energiaomavaraiseksi kyläksi | 18 |
| 5 Samankaltaisuudet ja eroavaisuudet eri kylien välillä | 20 |
| 5.1 Maakohtaiset eroavaisuudet..... | 21 |
| 6 Yhteenveto | 24 |
| Lähdeluettelo | 26 |

LYHENNELUETTELO

| | |
|------------|--|
| W.I.R-2020 | Wildpoldsried Innovativ Richtungsweisend (Wildpoldsried innovatiivinen suunnannäyttäjä) |
| IRENE | Integration of Renewable Energy and Electric Vehicles (Uusiutuvan energian ja sähköisten ajoneuvojen yhdistäminen) |
| HINKU | Hiilineutraali kunta |

1 JOHDANTO

Energiaomavaraisella kylällä tarkoitetaan tässä työssä asuinalueita, jonka vuotuinen energiatuotto kattaa vähintään alueen oman energiantarpeen. Täydelliseen omavaraisuuteen kuuluu, että alue kykenisi toimimaan täysin riippumattomana tuontienergiasta tai polttoaineista, mutta tämänlaista täydellistä omavaraisuutta ei kuitenkaan vaadita, jotta voisi kutsua aluetta energiaomavaraiseksi kyläksi. Uusiutuvat luonnonvarat ovat omavaraisuutta tavoiteltaessaärkevin energianlähde, sillä niiden avulla omavaraisuutta voidaan ylläpitää pitkään. Uusiutuva energia ei lopu toisin kuin esimerkiksi öljy, jonka varannot ovat rajalliset.

Ilmastomuutoksen ajankohtaisuuden vuoksi energiaomavaraisien kylien yleistymistä ja määrän lisäystä tulee harkita ja hyötyjä eri alueilla pohtia. Energiaomavaraisuudella pystytään vähentämään esimerkiksi energiansiirtohäviöitä, kuten sähköjohdoissa tapahtuvia häviöitä, jotka ovat sitä pienemmät, mitä lyhyemmät välimatkat ovat. Lisäksi uusiutuvien energialähteiden käyttö vähentää ilmakehään kohdistuvaa kuormitusta verrattuna fossiilisten polttoaineiden käyttöön, sillä käytetään vain maapallon normaalissa hiilikierrossa mukana olevia energialähteitä, jolloin kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä ei lisääny vaan pysyy ennallaan.

Kylien energiaratkaisujen suunnitteluun vaikuttavat pääosin alueen sijainti ja asutuksen määrä. Sijainti vaikuttaa esimerkiksi lämmityksen tarpeeseen ja saatavilla oleviin energialähteisiin. Lähellä päiväntasaajaa lämmityksen tarve on pieni ja auringosta tuleva säteilyenergia on suuri. Esimerkiksi Espanjan Rotassa lämpötila vaihtelee tavallisesti 7 °C:n ja 30 °C:n välillä (Weather Spark, 2015), kun taas Suomen Sodankylässä vuotuinen keskilämpötila on nollassa (Ilmatieteenlaitos, 2015). Pohjoisessa lämmityksen tarve on suurempi ja auringon säteilyenergian määrä on pienempi, ja ne ovat vahvasti sidoksissa vuodenaikaan. Asutuksen tiheys vaikuttaa energiantarpeeseen, ja asutuksen tiheydestä riippuu, kuinka keskitetysti tai hajautetusti energiantuotantoa kannattaa toteuttaa.

Työn tavoitteena on tehdä yleiskatsaus energiaomavaraisista kylistä ja pohtia, mitä täydellinen energiaomavaraisuus vaatii. Aluksi aihetta käsitellään kokoamalla tietoa olemassa olevista kylistä ja vertailemalla näiden kylien tietoja keskenään. Seuraavaksi tut-

kitaan energiaomavaraisten kylien mahdollisuuksia Suomessa, minkä jälkeen kootaan energiaomavaraisten kylien etuja ja ongelmakohtia. Olemassa olevia kyliä tarkasteltaessa tutustutaan Feldheimiin, Wildpoldsriediin ja Samsøn. Suomen kohdalla tarkasteluun valitaan Parikkala, joka ei kuitenkaan ole energiaomavarainen kylä.

2 ENERGIAOMAVARAISET KYLÄT MAAILMALLA

Energiaomavaraisia kyliä on jo olemassa maailmalla useampia. Energiantuotantoratkaisut vaihtelevan eri kohteissa saatavilla olevien energialähteiden ja energiantarpeen mukaan. Lähemmän tarkastelun kohteeksi valitaan Saksan Feldheim ja Wildpoldsried sekä Tanskan Samsø, koska edellä mainitut kylät ovat energiaomavaraisia ja kyseisistä kylistä on löydettävissä suhteellisen hyvin tietoa. Kuvassa 1 on esitetty käsiteltävien energiaomavaraisten kylien sijainnit, sekä Suomen olosuhteiden tarkastelua varten valittu Parikkala, joka ei ole energiaomavarainen.



Kuva 1. Feldheim, Wildpoldsried, Samsø ja Parikkala kartalla.

2.1 Feldheim

Feldheim on saksalainen energiaomavarainen kylä, joka sijaitsee hieman Berliinin eteläpuolella. Feldheimissä asukkaita on noin 130, joten kyseessä on melko pieni yhteisö (Bowen 2015).

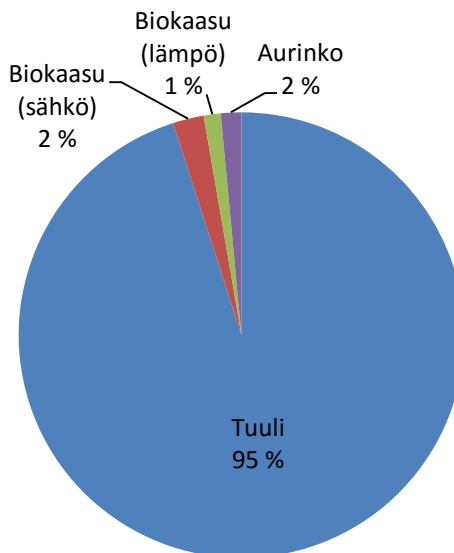
Asuntoihin tuodaan lämpö ja sähkö energiantuotantoalueelta. Verkostoon kuitenkin kuuluu vain kyseisen kylän asumukset toisin kuin tavallisesti samaan energiaverkkoon

kuuluu huomattavasti laajempia alueita. Sähkö tuotetaan pääosin tuulivoimalla ja lämpö biokaasulla. Lämmityksen lisäkapasiteettina poltetaan tarvittaessa puuta, mutta vain silloin kun on erittäin kylmä, joten puun poltto voidaan käytännössä jättää tarkastelun ulkopuolelle. (²Neue Energien Forum Feldheim 2013.)

Biokaasua tuotetaan maissirehusta, viljasta ja maatalaeläinten lannasta. (Bowen 2015.) Biokaasulla tuotetun sähkön vuotuinen määrä on noin 4 000 MWh ja laitos käyttää vuosittain raaka-aineenaan 8 600 m³ eläinten lantaa, 8 700 tonnia maissia sekä 190 tonnia viljakasveja. (¹Neue Energien Forum Feldheim 2013.) Kuvassa 2 on esitetty Feldheimin energiantuotanto vuonna 2014.

Feldheimissä jatkuvaa energiaomavaraisuutta on turvattu suurella akkujärjestelmällä. Akkuun voidaan varastoida 10,7 MWh sähköä, ja akkujärjestelmä on kytketty tuulipuistoon. (Neue Energien Forum Feldheim 2016.) Kun hetkellistä ylituotantoa saadaan viennin sijaan taltioitua omaan akkujärjestelmään, voidaan oman tuotannon sähköä käyttää silloinkin kun tuotanto ei hetkellisesti riitä. Näin ollen Feldheimin riippuvuus tuontisähkön osalta vähenee.

| Energialähde | Vuosituotanto [MWh] |
|------------------|---------------------|
| Tuuli | 175 500 |
| Biokaasu (sähkö) | 4 150 |
| Biokaasu (lämpö) | 2 275 |
| Aurinko | 2 748 |
| YHTEENSÄ | 184 673 |



Kuva 2. Feldheimin energiantuotanto. (Neue Energien Forum Feldheim 2014.)

Kuvasta 2 nähdään tuulivoiman olevan merkittävin lähde alueen energiantuotannossa, minkä osuus kokonaistuotannosta on 95 % eli 175 500 MWh. Seuraavaksi suurin energiantuotanto koostuu biokaasusta, ja se on jaettu lämmön- ja sähköntuotantoon, jotka yhdessä muodostavat 3 % osan Feldheimin kokonaisenergiantuotannosta. Sijainti rajoit-

taa muiden energianlähteiden käyttöä, jos esimerkiksi vesivoimaa tai poltettavaksi soveltuvaa puuta ei ole saatavilla. Alueella on kuitenkin selvästi hyvin tuulista ja maatalous tuottaa biokaasulle raaka-ainetta ja näin ollen antaa hyvät edellytykset juuri biokaasun tuotannolle. Ilmoitetun energiantuotannon lisäksi olisi tärkeää tietää myös fossiililla polttoaineilla tuotetun energian määrä esimerkiksi liikenteessä, mutta tätä tietoa ei kutienkaan Feldheimin sivuilta löytynyt.

2.2 Wildpoldsried

Wildpoldsried on Etelä-Saksassa sijaitseva noin 2 500 asukkaan kylä, eli aiemmin käsiteltyä Feldheimiä huomattavasti suurempi. Wildpoldsriedissä tehtiin suunnitelma W.I.R-2020-hankkeesta (Wildpoldsried Innovativ Richtungsweisend, suomeksi: Wildpoldsried innovatiivinen suunnannäyttävä) vuonna 1999, minkä tarkoituksena oli saada asukkaat pohtimaan ympäristöystävällisempää elämäntapaa ja lähtemään mukaan erinäisiin toimenpiteisiin ympäristöystävällisyyden suhteen. W.I.R-2020-hankkeen kolme pääkohtaa ovat uusiutuva energia sekä energian säästö, ympäristöystävällinen rakentaminen ja vesivarojen suojeleminen. Kyseisestä hankkeesta lähtivät liikkeelle monet uudet projektit muun muassa tuulivoiman rakentamisen suhteen. (Allen 2011.)

Keskitetty lämmitysjärjestelmä perustuu puupellettien polttoon. Aluetta ympäröi 1 413 hehtaaria metsää ja suuri osa lämmitykseen käytettävästä puusta on hakkuujätettä, kuten kantoja ja oksia, joita ei voida puutavaran varsinaiseen käyttötarkoitukseen hyödyntää. (Allen 2011.)

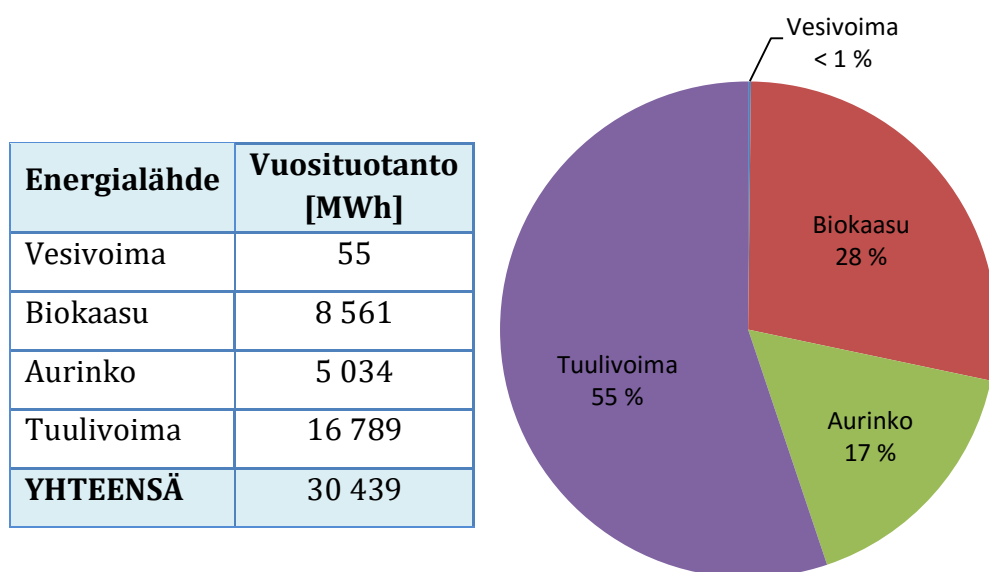
Asukkaiden jätevedet puhdistetaan luonnonmukaisissa soissa. Jätevedenpuhdistamo ei siis tarvita, vaan jätevesi saadaan käsiteltyä luonnonmukaisin menetelmin. (Allen 2011.) Vedenpuhdistusmenetelmällä on varmasti vaikutusta myös Wildpoldsriedin energiankulutukseen, sillä oletettavasti luonnonmukainen jäteveden puhdistus soissa ei tarvitse toimiakseen sähköä, toisin kuin tavallinen vedenpuhdistamo tarvitsee esimerkiksi valaistukseen ja veden sekoittamiseen puhdistamossa.

Energian kulutusta pyritään pienentämään sillä, että uusien rakennusten on oltava passiivitaloja (Allen 2011). Passiivitalolla tarkoitetaan rakennusta, joka täyttää tietyt kriteerit lämpöhäviöiden suhteen ja minimoi niitä esimerkiksi ilmastoinnin lämmöntal-

teenotolla. Passiivitalon ideana on minimoida tapahtuvat energiahäviöt. (VTT 2006.) Kannattaakseen normaaleita taloja kalliimmaksi tulevien passiivitalojen rakentamista kaupunki maksaa tontin hinnasta 15 euroa neliometriä kohden, mikäli tontille rakennetaan passiivitalo. (Allen 2011.)

Passiivitalorakentamisen lisäksi remontoidessaan asuntojaan asukkaiden on tehtävä tarkastelu, josta ilmenevät sellaiset rakennuksen ratkaisut, jotka eivät ole energiatehokkaita. Asuntoaan remontoivat saavat neuvoja energiankulutuksen ja lämpöhäviöiden vähentämiseksi. (Allen 2011.) Muutoksia ei siis välttämättä ole pakko tehdä, mutta tarkastelu avaa asukkaiden silmät sellaisille ratkaisuille, jotka ovat ongelmakohtia energiatehokkuuden kannalta. Todennäköisesti monelle ei tulisi mieleen tehdä tarkastelua epä-energiatehokkaista ratkaisuisista ja rakenteista, ellei se olisi pakotettu tehtäväksi. Tarkastelun tehtyään asukkaat oletettavasti ymmärtävät paremmin hukkalämpövirtojen merkityksen, ja tekevät parantavia muutoksia oma-aloitteisesti.

Wildpoldsriedin energiankulutus vuonna 2014 oli 6 323 MWh, mikä vastaa noin 21 % alueen energiantuotannosta (Wildpoldsried 2014). Wildpoldsriedin energiantuotanto on esitetty kuvassa 3, jossa tuotanto on jaoteltu energialähteittäin.



Kuva 3. Wildpoldsriedin vuoden 2014 energiantuotanto energialähteittäin taulukkona ja ympyrädiagrammina. (Wildpoldsried 2014.)

Kuvasta 3 on nähtävissä, että selkeästi suurin energiantuotantomuoto on tuulivoima. Muita alueella käytettyjä energiantuotantomuotoja ovat biokaasu, aurinkoenergia ja

suhteessa muihin käytettyihin energialähteisiin hyvin vähäinen vesivoima. Energiantuotannosta voidaan päätellä, että alue sijaitsee tuulisella paikalla. Wildpoldsriedin sivulla ei ole mainittu, kuinka paljon tuontipolttoaineilla tuotettua energiaa kulutetaan erimerkiksi bensiiniautoissa.

Vuonna 2011 tulevaisuuden suunnitelmat liittyvät sähköautoihin ja älykkään sähköverkon kehittelyyn ja käyttöönottoon. Wildpoldsried on valittu mukaan muun muassa IRENE-projektiin (Integration of Renewable Energy and Electric Vehicles), jossa tarkoituksena on yhdistää uusiutuva energia ja sähköiset kulkuneuvot. (Allen 2011.)

2.3 Samsø

Samsø on Tanskaan kuuluva saari. Kyseinen saari on energiaomavarainen kuten aiemmin esitellyt Feldheim ja Wildpoldsried. (CBS 2007.) Saari on hyvin tuulisella paikalla, joten yksi yleinen sähköntuotantomuoto on tuulivoima. Tuulta hyödynnetään myös offshore-tuulivoimaloilla eli merellä sijaitsevilla tuulivoimaloilla, koska merellä tuuli on yleensä voimakkaampaa kuin maalla. (McNamara 2007.) Asukkaita Samsø:n saarella oli 3 733 vuonna 2015 (VisitSamsø 2016).

Lämmitys hoidetaan polttamalla kuivia olkia, jotka ovat kasvatettu saarella. Polttoenergialla lämmitetään vettä, joka pumpataan talouksiin maanalaista putkistoa pitkin. (CBS 2007.) Lämpöä tuotetaan myös aurinkovoimalalla, joka saa lisätehoa puuhakkeen poltosta. (Lundén, Larsen 2014.)

Yksi omavaraisuushankkeen suosiota nostava tekijä on varmasti taloudellisuus. Saaren asukkaat omistavat 90 % alueen tuulivoimaloista, mikä tarkoittaa taloudellisen hyödyn pysyvän pääosin omalla alueella (Lundén, Larsen 2014). Tämä tarkoittaa sitä, että yli-tuotannon myyntivoitot menevät Samsø:n asukkaille, eli he saavat suoraa taloudellista hyötyä omavaraisuudesta.

Energiatohokkuutta pyritään lisäämään erilaisten käytössä olevien laitteiden ja rakennusten energiatohokkuutta parantamalla. Vuoden 2009 jälkeen rakennetut rakennukset ovat matalaenergiataloja eli tavallisia rakennusmääräyksiä energiatohokkaampia, mutta eivät yhtä energiatohokkaita kuin passiivitalot. Lisäksi viilennysjärjestelmien vanhat

energiankulutukseltaan suuret pumput on korvattu uusilla vesipumpuilla. (Lundén, Larsen 2014.)

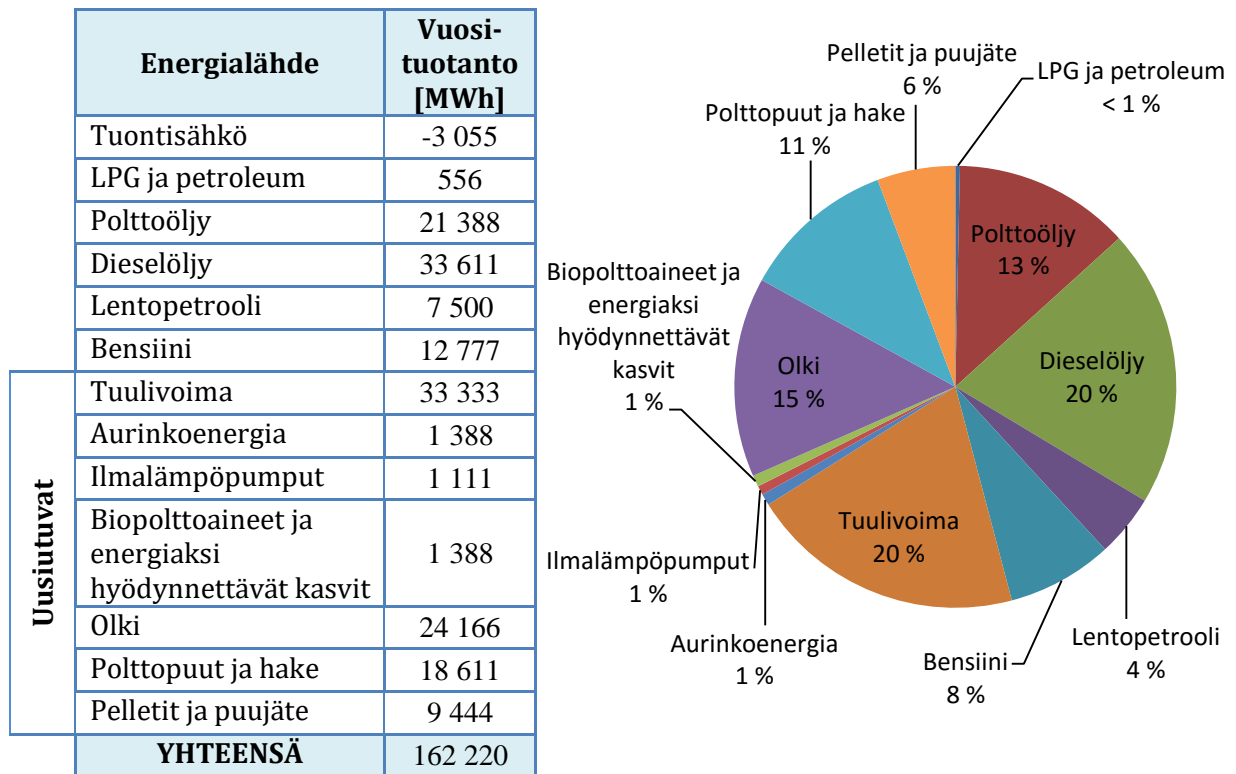
Saaren koko sähkönkulutus täytetään yhdellätoista maalla sijaitsevalla tuulimyllyllä. Lämmityksestä 70 % tuotetaan uusituvalla energialla. Yksi maalla sijaitseva tuulimylly tuottaa sähköä 600 kotitalouden tarpeisiin. Offshore-voimala puolestaan tuottaa yli kolminkertaisen määrän sähköä maalla sijaitsevaan tuulimyllyyn verrattuna. (Lundén, Larsen 2014.)

Kuvassa 4 on esitetty Samsøen energiantuotanto vuonna 2011. Vuoden 2011 tietojen perusteella fossiiliset polttoaineet kuluvat pääosin lämmitykseen ja liikenteeseen. Suuriin osa kaikesta energiasta menee asuntojen käyttöön. Samsøen kokonaisenergiankulutus on 110 833 MWh, mikä tarkoittaa ylituotannon olevan 51 387 MWh eli 46 % alueen omasta energiankulutuksesta. (Kristensen 2011.) Voidaan siis todeta, että vuosituotannon perusteella on mahdollista luopua ainakin liikenteen osalta fossiilista polttoaineista, mikäli liikennevälineet saataisiin kulkemaan uusituvilla polttoaineilla tuotetulla energialla.

Samsøssa tuotetaan siis edelleen huomattava määrä energiaa fossiililla polttoaineilla, mikä ei tue omavaraisuutta. Fossiilisia polttoaineita käytetään pääosin liikennepolttoaineena ja niiden osuus kokonaisenergiantuotannosta on noin 45 % eli 75 833 MWh.

Kuvassa 4 olevan tuontisähkön (tanskaksi: elimport) määritelmä jäi hieman epäselväksi negatiivisen etumerkkinsä vuoksi. Kristensen (2011) ei ole sen tarkemmin avannut oman taulukkonsa käsitteitä ja hänen tekemänsä taulukko on tanskankielinen, mikä osaltaan hankaloittaa oikeaoppisen tulkinnan tekemistä. Negatiivisella tuontisähköllä tarkoitetaan todennäköisesti muualle myytävää sähköä, mutta sillä voidaan myös tarkoittaa ostosähköä, joka joudutaan hankkimaan muualta silloin, kun hetkellisesti oma sähköntuotanto ei riitä. Esimerkiksi tyynellä ilmalla voi tulla tilanne, jolloin tuulivoimalat eivät pysty kattamaan sähköntarvetta. Vuositasolla tuotanto kuitenkin riittää kokonaiskulutuksen kattamiseen, mutta väliaikaisia riippuvuushetkiä voi olla. Epäselvyyden vuoksi tuontisähkö on jätetty pois kuvien 4 ja 5 ympyrädiagrammeista. Lisäksi tuon-

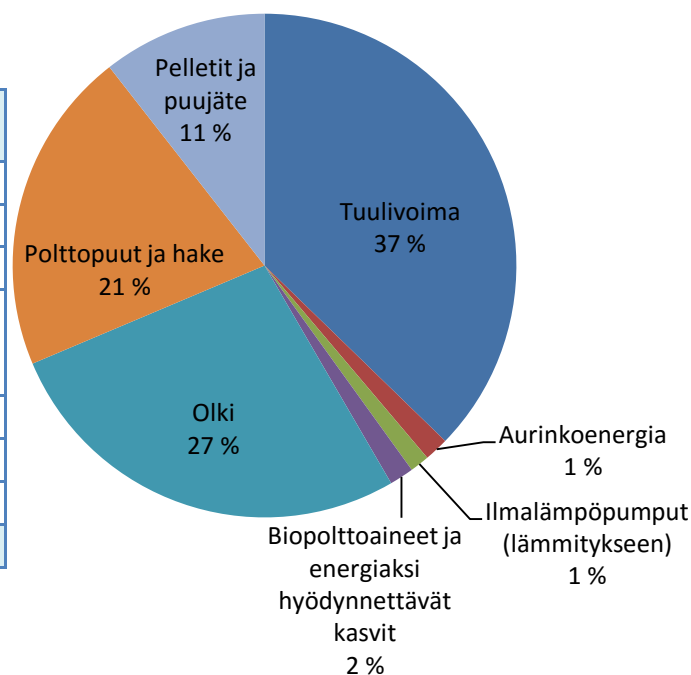
tisähkö on suhteellisen pieni muihin energialähteisiin verrattuna, joten sen poisjättäminen ei vaikuta merkittävästi tuloksiin.



Kuva 4. Samsønergiantuotanto vuonna 2011 mukaan luettuna tuontipolttoaineet. (Kristensen 2011.)

Kuvassa 5 tarkastellaan omavaraista energiantuotantoa, jotta voidaan vertailla Samsøntietoja paremmin Feldheimin ja Wildpoldsriedin tietoihin. Kuvan 5 tarkastelusta on siis jätetty pois tuontipolttoaineet ja kuvasta nähdään, että suurin omavarainen energianlähdekokonaisuus muodostuu biomassasta, jonka jälkeen seuraa tuulivoima. Muut energiantuotantomuodot ovat joko hyvin vähäisesti hyödynnettyjä tai ei ollenkaan käytössä. Esimerkiksi Suomessa suosittua vesivoimaa ei Samsøssa ole käytössä ollenkaan.

| Energialähde | Vuosituotanto [MWh] |
|---|---------------------|
| Tuulivoima | 33 333 |
| Aurinkoenergia | 1 388 |
| Ilmalämpöpumput | 1 111 |
| Biopolttoaineet ja energiaksi hyödynnettävät kasvit | 1 388 |
| Olki | 24 166 |
| Polttopuut ja hake | 18 611 |
| Pelletit ja puujäte | 9 444 |
| YHTEENSÄ | 89 441 |



Kuva 5. Samsø:n omavarainen energiantuotanto (ei fossiilisia polttoaineita) vuonna 2011.

Aiemmin on kerrottu energian kulutuksen olevan 110 833 MWh, mutta kuvan 5 taulukosta nähdään, että uusiutuvalla energialla tuotettu energia on vain 89 441 MWh, mikä tarkoittaisi sitä, että alue ei ole kokonaisuudessaan energiaomavarainen. Epäselväksi jää onko energiaomavaraisuutta määrittäessä jätetty pois liikenteen tarvitsema energiankulutus vai korjaako negatiiviseksi merkitty tuontisähkö asian.

Fossiilisia polttoaineita käytetään edelleen jonkin verran muun muassa ajoneuvoissa. Tulevaisuuden suunnitelmat kohdistuvatkin edellä mainittuun seikkaan; Tavoitteena on päästä kokonaan eroon fossiilisten polttoaineiden käytöstä. (¹Energy Academy 2012.) Fossiilisista polttoaineista on tarkoitus luopua vuoteen 2030 mennessä (Lundén, Larsen 2014). Hyvät edellytykset tavoitteelle antaa se, että alueella on jo käytössä biopolttoaineita. Osa traktoreista käyttää jo polttoaineenaan esimerkiksi rapsiöljystä tehtyä biopolttoainetta (McNamara 2007).

Muita tulevaisuuden tavoitteita ovat joustavan energijärjestelmän kehittäminen, lämpö- ja sähköenergian kulutuksen vähentäminen, tehokas reagoiminen uusiin tilanteisiin ja mahdollisuuksiin. (²Energy Academy 2012.) Fossiiliset polttoaineet aiotaan korvata

osittain biokaasulla. Biokaasu tuotetaan orgaanisesta jätteestä ja muusta biomassasta.
(Lundén, Larsen 2014.)

3 ENERGIAOMAVARAISIEN KYLIEN MAHDOLLISUUDET SUOMESSA

Suomen olosuhteet ovat haastavammat verrattuna aiemmin käsiteltyihin keskieurooppalaiseen energiaomavaraisten kylien olosuhteisiin. Talvisin on lunta, joka voi peittää aurinkopaneelit eikä aurinko välttämättä paista koko päivänä. Lisäksi Suomessa on keskimäärin kylmempää kuin esimerkiksi Saksassa, joten lämmitysenergian tarve on suurempi. Kylmät olosuhteet vaikuttavat myös monien kulkuvälineiden polttoaineen kuluutukseen, sillä öljy paksuuntuu kylmässä ja moottorin pyörittäminen vaatii tällöin enemmän energiaa. Toisaalta energiatehokkuuden parantamisella on suurempi vaikutus kuin lämpimämmässä olosuhteissa, sillä hukkalämpövirrat ovat todennäköisesti suuremmat sisä- ja ulkolämpötilojen välisen eron kasvaessa, joten hukkalämpövirtojen hyödyntämisellä saadaan suurempia energiasäästöjä.

Suomen olosuhteiden tarkastelua varten valitaan tarkempaan käsittelyyn Parikkalan kunta. Tarkemmat perustelut valinnalle on kerrottu seuraavassa luvussa.

3.1 Parikkala

Parikkalassa on noin 5 700 asukasta ja se sijaitsee Etelä-Karjalassa. Parikkala on osana HINKU-hanketta eli Hiilineutraali kunta -hanketta (Suomen ympäristökeskus 2014). Hiilineutraalilla kunnalla tarkoitetaan sitä, ettei toiminta kasvata kasvihuonekaasupäästöjen määrää ilmakehässä. Kasvihuonekaasupäästöt on kompensoitu esimerkiksi sillä, että metsät sitovat hiiltä ilmakehästä tai energia tuotetaan uusiutuvalla energialla.

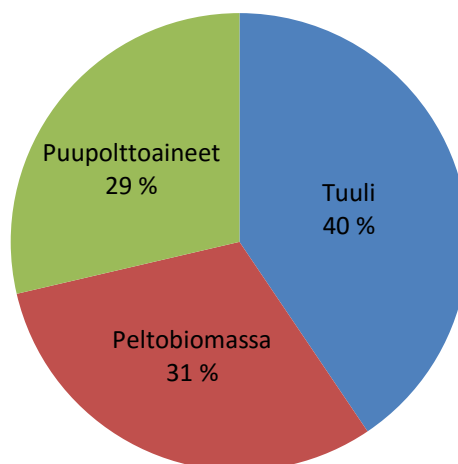
Parikkalan HINKU-hanke ei ole sama asia, kuin energiaomavarainen kylä, mutta sekä hiilineutraalius että energiaomavaraisuus perustuvat uusiutuvaan energiaan sekä muutoksiin energian käytössä ja tuotossa. Koska Parikkalan kunta on mukana HINKU-hankkeessa, on kunnasta saatavilla suhteellisen tarkkaa energiatilastointia, joten tästä syystä Parikkala on hyvä vertailukohde mietittäessä energiaomavaraisen kylän mahdollisuuksia Suomessa.

Parikkala on kuitenkin siinä mielessä poikkeava alue verrattuna Suomen keksimääräisiin olosuhteisiin, että alueella ei ole raskasta teollisuutta. Raskas teollisuus nostaa merkittävästi hiilidioksidipäästöjä asukasta kohden. (Parikkalan kunta 2016.) Lähtökohdat hiilineutraaliudelle ovat siis hyvät, mutta hieman poikkeavat Suomen keskivertaisista olosuhteista. Raskaan teollisuuden puuttuminen vaikuttaa myös energiaomavaraisuutta tutkittaessa, sillä kesimääräisissä olosuhteissa alueen energiantarve olisi suurempi, koska teollisuus on merkittävä energian kuluttaja.

Parikkala on suosittu paikka kesäasukkaille. Alueella on paljon kesämökkejä, jotka eivät ole pääasiallisia asumuksia. Osa mökeistä on käytössä vain kesäisin, mutta osaa mökeistä käytetään myös talviaikaan. Mökkien lukumäärä vuonna 2011 oli 1814. (Tainio, Kontiokorpi 2013, 19.) Kesämökkien yhteenlaskettu vuotuinen sähkönkulutus on 4600 GWh (Tainio, Kontiokorpi 2013, 20) ja lämpöenergiankulutus 5 400 MWh (Tainio, Kontiokorpi 2013, 19). Kesämökkien runsaus nostaa alueen energianlutusta varsinkin kesäisin. Energiakulutus on todennäköisesti suurempi myös talvisin, sillä kesäasuntoja monesti lämmitetään myös talvisin jonkun verran, jotta välttyään kosteusvaurioilta.

Vuonna 2011 suurin energiantuotantomuoto Parikkalassa olivat puupolttoaineet. Muita mahdollisia energialähteitä alueella kuitenkin on riittävästi oman energiantarpeen kattamiseen. Kolme merkittävintä hyödynnettävissä olevaa energialähdettä ovat tuulivoima (75 000 MWh), peltobiomassat (57 000 MWh) ja puupolttoaineiden käytön lisäys (53 000 MWh). (Tainio, Kontiokorpi 2013, 8.) Näillä voitaisiin korvata kokonaan Parikkalan energiantuotanto, joka vuonna 2011 oli 89 500 MWh (Tainio, Kontiokorpi 2013, 9). Kuvassa on esitetty idealisoitu tilanne, jossa kaikki energiantuotantokapasiteetti on otettu käyttöön tuulivoiman, peltobiomassan ja puupolttoaineiden suhteen. Ihanteellisessa tilanteessa puupolttoaineiden, peltobiomassan ja tuulivoiman tuotanto ovat melko lailla yhtä suuret keskenään.

| Energialähde | Vuosituotanto [MWh] |
|-----------------|---------------------|
| Tuuli | 75 000 |
| Peltobiomassa | 57 000 |
| Puupolttoaineet | 53 000 |
| YHTEENSÄ | 185 000 |



Kuva 5. Parikkalan idealisoitu energiantuotanto, jos käytettävissä oleva potentiaali hyödynnettäisiin puupolttoaineiden, tuulivoiman ja peltobiomassojen suhteen.

Tainion ja Kantokorven suunnitelmassa ei ole tarkoitus päästä täydelliseen omavaraisuuteen tai ihanteelliseen energiantuotantotilanteeseen. Jos heidän ehdottamansa toimenpiteet toteutuvat, öljyllä tuotettu energia vähenee 500 MWh/a, kivihiilen käyttö lopetetaan kokonaan ja muiden uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö pidetään ennallaan (4 700 MWh/a). Vähennetty fossiilisiin polttoaineisiin perustuva energian tuotto korvataan puupolttoaineilla tai muilla uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla. (Tainio, Kontiokorpi 2013, 9.)

Tuulivoiman käyttöpotentiaalin voisi hyödyntää ja korvata sillä fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Lisäksi peltobiomassoja voitaisiin hyödyntää paremmin. Puuhakkeen huono puoli on suhteellisen hidas uusiutuminen verrattuna esimerkiksi pelloilta saatavaan biomassaan, mutta puupolttoaineen käytön voisi myös hyödyntää. Ylimääräinen energia voidaan hyödyntää myymällä, jolloin saadaan taloudellista hyötyä.

Parikkalan tilanne ei vielä vastaa omavaraisuutta, sillä polttoainetta joudutaan tuomaan alueen ulkopuolelta ja energiaa tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla. Omavaraisuuden saavuttamiseksi fossiilisten polttoaineiden käyttö tulisi lopettaa kokonaan.

Yksi huomattava seikka on, ettei Tainion ja Kontiokorven suunnitelmassa ole mainittu harkituksi energian käytön vähentämistä. Rakennuksien lämmönpitävyyden parantaminen etenkin vielä rakentamattomissa rakennuksissa tulisi pohtia ja energiasyöppöjä laitteita voitaisiin korvata uusilla tai laitteiden käyttöä vähentää.

4 TAVALLISESTA KYLÄSTÄ ENERGIAOMAVARAISEKSI KYLÄKSI

Suuremmissa muutoksissa, kuten älykkäissä sähköverkoissa ja kokonaisvaltaisessa energiatuotantomuodon muutoksessa on yhtenä vaikuttavana tekijänä raha. Uuden rakentaminen ei ole taloudellisesti erityisen kannattavaa, jos vanhat voimalat ovat vielä käyttökuntoisia. Suuremmilla investoinneilla takaisinmaksuaika on pitkä, mikä on otettava huomioon vanhojen laitosten korvaamista suunniteltaessa. Pienempiin muutoksiin, kuten aurinkopaneeleihin, voitaisiin saada kannustettua asukkaat omakustanteisesti. Suurempiin hankkeisiin tarvitaan hyvin todennäköisesti isompia yrityksiä rahoittajiksi.

Muutos uuteen aiheuttaa epävarmuutta. Energiaomavaraisista kylistä ei ole vielä tullut yleistä käytäntöä ja nykymuodotkin toimivat vielä ihan hyvin. Muutos on aina riski ja varsinkin kun uusiutuvan energian hyödyntämiseen kuuluu suhteellisen uutta teknologiaa, ei pidempää kokemusta välttämättä ole vielä kenelläkään. Uusiutuvaan energiaan perustuvat kulkuneuvot kuten sähköautot saattavat esimerkiksi olla kuluttajien silmissä vielä epävarmoja kulkuneuvovaihtoehtoja etenkin kylmissä olosuhteissa. Sähköautojen akkujen kestosta on uutisoitu paljon, ja suurin uutisointi keskittyy yleensä ongelmiin. Moni pitää varmasti myös latauspisteitä hyvin harvinaisina. Esimerkiksi Suomessa julkisia latauspisteitä on kuitenkin lähes 200 ympäri maata (Plugit Finland Oy).

Myös asenteilla on merkittävä vaikutus muutosten kannalta. Motivan Energiateollisuudelle tekemän tutkimuksen mukaan suomalaiset kannattavat uusiutuvien energialähteiden lisäämistä sähköntuotannossa. Kannatusta kuitenkin saavat myös maakaasu, turve ja ydinvoima. Selkeä vastustuskanta kohdistuu kivihiiileen, tuontisähköön sekä öljyyn. (Energiateollisuus 2014, 25.) Jotkut ihmisryhmät vastaavat harvemmin kyselyihin, mikä on huomioitu painottamalla kyselytulokset eri ikä- ja sukupuoliryhmillä (Energiateollisuus 2014, 4). Epätasaisesta vastausjakaumasta johtuen kyselyn tulokset eivät välttämättä vastaa täysin kaikkien suomalaisten kantaa. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että suurta vastarintaa fossiilisia polttoaineita kohtaan ei ole, mikä voi johtua muun muassa vastaajien piittaamattomuudesta ympäristöongelmia kohtaan, epätietoisuudesta tai siitä, että nykyinen energiantuotanto nähdään toimivana, joten ei koeta tarvetta muutokselle.

Energiaomavaraisuudella voitaisiin kuitenkin saavuttaa paljon hyvää. negatiiviset ympäristövaikutukset pienenevät fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyessä eikä riippuvuussuhteita muualle enää olisi. Energiaomavarainen alue pystyy täyttämään asukkaiden ja yritysten energiankulutuksen, vaikka tilanne muualla olisi epävaka. Energiaomavaraisuudella on myös laaja työllistävä vaikutus. Energiaomavaraisuus edellyttää yleensä hajautettua energiantuotantoa, mikä puolestaan tarkoittaa työpaikkojen hajautumista suuria voimaloita laajemmalle alueelle. Laitteistoa pitää huoltaa, asentaa, suunnitella ja myös valmistaa. Kaksi jälkimmäistä eivät tosin välttämättä sijoitu oman kylän alueelle, mutta työpaikkoja silti syntyy asennus-, käyttö- ja purkuvaiheessa.

5 SAMANKALTAISUUDET JA EROAVAISUUDET ERI KYLIEN VÄLILLÄ

Yksi yleisimmistä ongelmista täydellisen omavaraisuuden suhteen vaikuttaa olevan liikenne. Uusiutuviin energialähteisiin perustuvat kulkuneuvot ovat vielä suhteellisen harvinaisia, eikä vielä varsinaista yleistymistä kuluttajien keskuudessa ole tapahtunut. Kokonaisvaltainen muutos vaatisi suuria investointeja ja muutoksia, sillä esimerkiksi bensinikäyttöisen auton muuttaminen sähköautoksi ei ole aivan pieni muutos, vaan järkevämpi vaihtoehto on ostaa kokonaan uusi auto.

Energiatuotantotavat riippuvat alueesta. Samoja tuotantotapoja ja tuotantomääriä ei ole järkevää käyttää kaikissa energiaomavaraisissa kylissä. Esimerkiksi Samsø sijaitsee tuulisella alueella meren ympäröimänä, joten alueella on kannattavaa hyödyntää tuulivoimaa tehokkaasti. Feldheimissä puolestaan on maataloutta, joten siellä biokaasun tuotanto ja käyttö tuulivoiman rinnalla on kannattavaa. Vesivoimaa ei juuri ole käytössä tarkastelluissa kylissä. Vesivoiman käytön vähäisyys johtuu todennäköisesti siitä, ettei alueilla ole juuri virtaavaa vettä. Meren rannalla voitaisiin kuitenkin hyödyntää aaltovoimaa, mutta ainut rannikolla sijaitseva kohde on Samsø, jossa energia saadaan tuotettua pääosin tuulella, joten aaltovoiman käyttöönottoa ei välttämättä koeta tarpeelliseksi.

Kaksi suurinta joukosta erottuvaa energiantuotantomuotoa ovat tuulivoima ja biomassan hyödyntäminen. Tuulivoima on suhteellisen varma ja yksinkertainen energiantuotantomuoto, ja siitä on suhteellisen pitkää käyttökokemusta maailmalla. Biomassaa hyödynnetään polttamalla Samsøssa kun taas Feldheimissä ja Wildpoldsriedissä biomassalla tuotetaan biokaasua, jota poltetaan. Biomassan polttoon on kannattavaa hyödyntää kuivaa ja lämpöarvoltaan korkeaa biomassaa. Kaasutuotantoon puolestaan soveltuu paremmin kostea aines, joka mätänee helposti.

Uusiutuvilla eli omavaraisuutta tukevilla energialähteillä tuotettu energia on vertailukohteista selvästi suurin Feldheimissä (184 673 MWh). Parikkalassa on mahdollista käyttöpotentiaali (185 000 MWh) on kuitenkin enemmän kuin Samsøssa tuotettu energiamäärä. Parikkalan energiantarve (89 500 MWh) on kuitenkin pienempi kuin mahdollinen käyttöpotentiaali, joten energiaa saataisiin myös myyntiin. Samsøn energiantuotanto on 98 441 MWh ja selvästi pienituottoisimmassa Wildpoldsriedissä 30 439 MWh.

Erot eri kylien energiantarpeen välillä selittyvät osittain väkiluvun perusteella. Samsøssa asukkaita on 3 733, Parikkalassa 7 500, Wildpoldsriedissä 2 500 ja Feldheimissä 130. Väkiluku ei kuitenkaan suoraan kerro energiantuotantoa, vaan tuotanto riippuu suuresti alueen ulkopuolisesta kysynnästä ja energiantuotantomahdollisuuksista. Esimerkiksi Feldheimin energiantuotanto on hyvin suuri asukaslukuunsa nähden, jos verrataan aluetta Wildpoldsriediin ja Samsøon kyliin.

Parikkalan kohdalla vertailu on hieman hankalampaa, sillä vertailu perustuu idealisoituun tilanteeseen. Parikkalan energiankulutuksen pitäisi olla asukasluvun perusteella suurempi kuin Samsøssa. Esimerkiksi lämpöolosuhteet huomioiden, on Parikkalan lämmitysenergiatarve todennäköisesti suurempi kuin muissa käsitellyissä kohteissa. Ero voi johtua kulutustottumuksista tai siitä, että ei ole täysin selvää, onko liikenteen energiantarve huomioitu. Yhtenä vääristävänä tekijänä voi olla myös se, ettei Parikkalassa ole raskasta teollisuutta, mikä kasvattaisi energiankulutusta.

5.1 Maakohtaiset eroavaisuudet

Ilmasto-olosuhteet voivat vaihdella maakohtaisesti hyvinkin paljon, mikä vaikuttaa energiantuotantomahdollisuuksiin ja energiantarpeeseen. Tässä kappaleessa keskitytään vertailemaan Suomen, Tanskan ja Saksan välisiä eroja, sillä tarkastellut kylät sijaitsevat näissä maissa.

Suomi kuuluu kahteen ilmastovyöhykkeeseen kun taas Saksa ja Tanska kuuluvat pääosin yhteen samaan ilmastovyöhykkeeseen. Suomen kaksi vaikuttavaa ilmasto-olosuhteita ovat subarktinen ja kostean mantereinen ilmasto, jotka luokitellaan kumpikin viileiksi ilmastotyypiksi. Saksa ja Tanska puolestaan kuuluvat kostean lauhkeaan ilmastovaluutaan, joka kuuluu lauhkeisiin ilmastoihin. Suomen viileä ilmasto tarkoittaa sitä, että sateet jakautuvat tasaisesti koko vuodelle ja vuodenajat erottuvat selkeästi. Kesällä on lämmintä ja talvisin on kylmää. Saksan ja Tanskan lauhkealle ilmastolle puolestaan on tyypillistä, että talvet ovat viileitä, mutta eivät yhtä kylmiä kuin viileässä ilmastossa, ja kesät ovat lämpimiä. Sateet jakautuvat hyvin tasaisesti, kuten Suomen ilmastossakin. (Brander et al. 2012, 64–65.) Ilmastoilla on vaikutusta esimerkiksi pilvisyyteen ja lumen määrään,

jotka puolestaan vaikuttavat esimerkiksi alueelle tulevan auringon säteilyenergian määrää. Lisäksi ilmasto vaikuttaa kasvillisuuteen ja näin ollen biopolttoaineiden tuotantoon.

Suomi kuuluu itätuulten vaikutusalueeseen. Itätuulet ovat kylmiä, napa-alueelta puhaltavia tuulia, jotka tulevat koillisesta ja kääntyvät kohti länttä. Saksa ja Tanska puolestaan kuuluvat länsituulten vyöhykkeelle, missä tuulet tuovat lämmintä ilma päiväntasaajan suunnalta lounaasta kääntyen itää kohti. Itä- ja länsituulten kohta-alue sijoittuu lähelle Tanskaa muodostaen polaaririntaman matalapainealueen, mistä seuraa sateita ja vaihtelevaa säätä. (Brander et al. 2012, 32–34.) Sademäärät ovat likimäärin samat sekä Tanskassa, Saksassa että Suomessa. Vuotuinen sademäärä on 500 – 1 000 mm. (Brander et al. 2012, 55.) Tuulet vaikuttavat lähinnä tuulivoiman tuotantoon ja lämmityksen tarpeeseen, sillä kylmät tuulet viilentävät olosuhteita. Sademäärällä on pääosin vaikutusta vain kasvillisuuteen.

Merivirtojen vaikutukset ovat melko samanlaiset Tanskassa, Saksassa ja Suomessa. Lämmin Golfvirta tuo lämpöä ensimmäisenä Tanskaan ja Saksan pohjoisrannikolle, minkä jälkeen se kulkee kohti Itämeren aiheuttaen lämmittävän vaikutuksen myös Suomeen. (Brander et al. 2012, 48–49.) Merivirtojen tuoma lämpö nostaa lämpötiloja etenkin rannikolla, mikä vähentää lämmityksen tarvetta.

Maaperällä on vaikutusta kasvillisuuteen ja näin ollen myös kasviperäiseen energiantuotantoon. Tanskan ja Saksan maaperä on ruskomaannosta, mikä tarkoittaa maaperän olevan hyvin ravinteikasta ja eloperäisen aineksen hajoaminen tapahtuu nopealla kierrolla. Maaperä on siis hyvin soveltuvaa lehtimetsille ja auttaa kasveja nopeaan kasvuun. Suomen maaperä on podsolimaannosta eli hapanta kerrostunutta ja sadevesi huuhtoo ravinteet syvälle maaperään. Lisäksi eloperäisen aineksen hajoaminen on hitaampaa Tanskan ja Saksan olosuhteisiin verrattuna. (Brander et al. 2012, 78–79.)

Ilmastosta ja maaperästä johtuen kasvillisuusalueet vaihtelevat. Suomi kuuluu pääosin havumetsäalueeseen, kun taas Saksa ja Tanska kuuluvat kesävihannan lehtimetsän alueeseen. Lehtimetsävyöhyke on hyvää aluetta maanviljelylle. Havumetsävyöhykkeen kasvusto painottuu nimensä mukaisesti havupuiden muodostamiin metsiin ja maatalouden harjoittaminen on hankalaa. Tiheässä kasvavat havupuut heikentävät aluskasvilli-

suuden ja pensaiden kasvuolosuhteita luomallaan varjolla. Havumetsävyöhykkeelle on myös tyypillistä, että sadeveden määrä on suurempi kuin maaperästä ilmaan haihtuvan veden määrä, joten alueelle on muodostunut paljon soita. (Brander et al. 2012, 82, 84.) Suomen olosuhteissa ei siis ole yhtä järkevää tuottaa biopolttoainetta viljoilla tai muilla vastaavilla peltoviljelyyn tarkoitetuilla kasveilla, kuin Saksassa ja Tanskassa.

6 YHTEENVETO

Tarkasteluun valituista kohteista tarkimmin tietoa energian kulutuksesta ja tuotosta on saatavilla Samsøn kylästä, jossa on huomioitu myös tuontipolttoaineilla tuotettava energia esimerkiksi autoissa. Muista kylistä saatavilla olevissa tiedoissa on tarkastelu kohdistettu pääosin alueella tuotettuun energiaan. Heikosti tietoa löytyy kylien riippuvuudesta tuontienergiaan. Välillä voi olla aikoja, jolloin on esimerkiksi pilvistä, joten kyseisellä hetkellä alue saattaa tarvita tuontienergiaa, mutta aurinkoisina päivinä saadaan tuotettua ylimääräistä energiaa, joten omavaraisuuden vuotuisen tuotannon määritelmä täyttyy. Voi myös olla, että jokin kylistä ei tulisi toimeen talvella ilman tuontienergiaa. Tutkimusta voisi tarkentaa kuukausittaiseen kulutukseen ja tuotantoon tai huomioida ne ajat, jolloin tarvitaan lämpöä tai sähköä muualta.

Alueen sijainnilla on merkittävä rooli energiantarpeen ja saatavilla olevien energialähteiden kannalta. Lämpötila vaikuttaa lämmityksen tarpeeseen ja kasvien kasvuolosuhteisiin, johon vaikuttavat myös esimerkiksi maaperä. Myös muun muassa tuulet ja merivirrat vaikuttavat monella tapaa alueen energiantarpeeseen ja -tuotantoon. Lisäksi on otettava huomioon, että tarkasteltujen alueiden käyttö painottuu asutukseen. Teollisuus on merkittävä energiankuluttaja, eikä näin ollen voida pitää itsestään selvyytenä, että omavaraisuus onnistuisi kaikkialla yhtä mutkattomasti kuin esimerkiksi Feldheimissä.

Omavaraisen liikenteen energiantarpeen täytön ratkaisut ja seuraukset kaipaavat myös lisätutkimusta. Mahdolliseen liikenteen aiheuttamaan eroon energiankulutuksessa vaikuttaa, miten bensiini- ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen hyötysuhde eroaa esimerkiksi sähköautojen hyötysuhteesta. Huonommalla hyötysuhteella toimiva kulkuneuvo pystyy muuttamaan energian huonommin halutuksi liike-energiaksi kuin hyvällä hyötysuhteella toimiva kulkuneuvo. Jos omavaraisuutta tukevat kulkuneuvot, kuten sähköautot, ovat hyötysuhteeltaan huonompia kuin fossiilisia polttoaineita käyttävät, täytyy energiaa tuottaa enemmän, jos liikenteen määrä pysyy ennallaan.

Energiaomavaraisuuden saavuttaminen helpottuu energiatehokkuuden parantamisella. Tällöin hukkaenergiavirrat pienenevät ja tuotettu energia saadaan paremmin hyödyksi. Esimerkiksi talojen lämpöeristyksiä ja lämmön talteenottojärjestelmiä parantamalla

hukkalämpövirrat pienenevät, ja näin ollen lämmitykseen tarvittava energiamäärä pienenee.

Maailmalla vaikuttaa olevan kiinnostusta omavaraisuudelle ja uusiutuvan energian tuottamiselle. Siirtymäaika kuitenkin tarvitaan, sillä on taloudellisesti epäkannattavaa sulkea toimivia fossiilisia polttoaineita käyttäviä laitoksia, jos ne pysyvät kilpailukykyisinä uusiutuvan energian rinnalla. Myös uusien laitteiden suunnittelu, lupaprosessit ja toteutus vievät aikaa. Energiaomavaraisuudella on myös laaja työllistävä merkitys, mikä on hyvä ottaa huomioon energiaomavaraisuuden kannattavuutta ja hyötyjä puntaroidessa.

LÄHDELUETTELO

Allen, Christie. 2011. *German Village Achieves Energy Independence ... And Then Some* [verkkodokumentti]. BioCycle 2011 [viitattu 24.1.2016]. Julkaistu painettuna BioCycle-lehdessä, vol. 52, no. 8 (Aug 2011), s. 37-42. Saatavissa: <http://www.biocycle.net/2011/08/16/german-village-achieves-energy-independence-and-then-some/>. ISSN 02765055.

Brander, Nina; Hiekka, Sina; Ruth, Christina; Ruth, Olli. 2012. *Manner, Sininen Planeetta*. 1. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava. 147. ISBN 978-951-1-26018-9.

Bowen, Andrew. 2015. *Feldheim: Germany's renewable village* [verkkodokumentti]. Deutsche Welle 2015 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://www.dw.com/en/feldheim-germanys-renewable-village/a-18466800>.

CBS. 2007. *Danish Island Is Energy Self-Sufficient* [verkkodokumentti: video]. CBS 2007 [viitattu 24.1.2016]. <http://www.cbsnews.com/news/danish-island-is-energy-self-sufficient/>.

Energiateollisuus. 2014. *Suomalaisten Energia-asenteet 2014* [verkkodokumentti]. Energiateollisuus ry 2014 [viitattu 12.3.2016]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/9522/Suomalaisten_Energia-asenteet_2014.pdf.

Energy Academy. 2012. *Fossil Free Island* [verkkodokumentti]. Energy Academy 2012 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://energiakademiet.dk/en/fossilfri-o/>.

Energy Academy. 2012. *Samsø 2.0* [verkkodokumentti]. Energy Academy 2012 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://energiakademiet.dk/en/2-0/>.

Ilmatieteenlaitos. 2015. Vuositilastot [verkkodokumentti]. Ilmatieteenlaitos, 2015 [viitattu 23.2.2016]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>.

Kristensen, M. 2011. *Geografisk energibalance for Samsø Kommune 2011* [verkkodokumentti]. Samsø energiregnskab 2011 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://energiinstitut.dk/104/1/Sams%C3%B8%20energiregnskab%202011%20%281%29.pdf> [päivitetty 10.3.2014].

Lundén, M.; Larsen G. 2014. *Energy Academy Info Folder* [verkkodokumentti]. Energy Academy 2014 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: http://energiinstitut.dk/504/1/Folder%20DK_v12_FINAL.pdf.

McNamara, Melissa. 2007. *Danish Island Is Energy Self-Sufficient* [verkkodokumentti]. CBS 2007 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://www.cbsnews.com/news/danish-island-is-energy-self-sufficient/>.

¹Neue Energien Forum Feldheim. 2013. *Biogas* [verkkodokumentti]. Neue Energien Forum 2013 [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: <http://www.neue-energien-forum-feldheim.de/index.php/en/self-sufficient-village/biogas>.

²Neue Energien Forum Feldheim. 2013. *The energy self-sufficient village* [verkkodokumentti]. Neue Energien Forum 2013 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://www.neue-energien-forum-feldheim.de/index.php/en/self-sufficient-village>.

Neue Energien Forum Feldheim. 2014. *The only energy self-sufficient village in Germany* [sähköinen dokumentti]. Neue Energien Forum Feldheim 2014 [viitattu 10.3.2016]. Kylän esittely 13.11.2014, Feldheim, Saksa.

Parikkalan kunta. 2016. *Parikkala, Kohti hiilineutraalia kuntaa* [verkkodokumentti]. Parikkalan kunta 2016 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://www.parikkala.fi/fi/Palvelut/Kehityshankkeet/HINKU-hanke>.

Plugit Finland Oy. *Latauskartta* [verkkodokumentti]. Plugit Finland Oy [viitattu 25.1.2016]. Saatavissa: <http://plugit.fi/fi-fi/latauskartta/107/>.

Suomen ympäristökeskus. 2014. *Parikkala* [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus 2014 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: [http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Tietoa_foorumista/HINKUkunnat/Parikkala\(30696\)](http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Tietoa_foorumista/HINKUkunnat/Parikkala(30696)) [päivitetty 6.10.2014].

Tainio, Pasi; Kontiokorpi, Anniina. 2013. *Parikkalan kunta, Uusiutuvan energian kuntakatselmus, Katselmusraportti* [verkkodokumentti]. Parikkalan kunta 2013 [viitattu 24.1.2016]. Saatavissa: <http://www.hinku-foorumi.fi/download/noname/%7B845009FE-F9F8-4026-83EA-CA059FE528FA%7D/102181>.

VisitSamsø. *Facts about Samsø* [verkkodokumentti]. VisitSamsø.dk [päivitetty 6.1.2016] [viitattu 22.3.2016]. Saatavissa: <https://www.visitsamsø.dk/en/inspiration/facts-about-samsø/>.

VTT. 2006. *Passiivitalo* [verkkodokumentti]. VTT 2006 [viitattu 12.3.2016]. Saatavissa: <http://passiivitalo.vtt.fi/>.

Weather Spark. Average Weather For Rota, Spain [verkkodokumentti]. Cedar Lake Ventures, Inc [viitattu 23.2.2016]. Saatavissa: <https://weatherspark.com/averages/32050/Rota-Andalucia-Spain>.

Wildpoldsried 2014. *Natürlich energisch!* [verkkodokumentti]. Wildpoldsried 2014 [viitattu 11.3.2016]. Saatavissa: <http://www.wildpoldsried.de/index.shtml?Energie>.