



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Asko Pränni

Pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehdot

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikka
Insinöörityö
16.9.2019

Tekijä Otsikko	Asko Pränni Pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehdot
Sivumäärä Aika	43 sivua 16.9.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	lehtori Matti Sundgren
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli edistää pienkuluttajien tietoisuutta sähköenergiakulutuksen kustannustehokkaasta optimoimisesta sekä uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuuksista.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtoja Suomessa. Tutkimuskysymyksenä oli Minkälaiset ovat pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehdot Suomessa? Aineistoa hankittiin haastattelemalla muutamia sähköenergiayritysten edustajia sekä keräämällä tietoa erilaisista julkaisuista ja artikkeleista. Aineisto analysoitiin SWOT-analyysin avulla.</p> <p>Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan todeta, että pienkuluttajan hankintavaihtoehdot ovat Suomessa moninaiset mutta kuluttajan kannalta haasteelliset. Uusiutuvan energian käyttömahdollisuudet ovat kuitenkin lisääntyneet positiivisesti. Haasteellisuuteen vaikuttavat tulosten mukaan muun muassa valtion infrastruktuurin yksityistäminen, alueellisten sähkönjakeluverkkojen omistavien sähköyhtiöiden monopoliasema, hintajouaston uupuminen sekä asunto-osakeyhtiölain epäkohdat.</p> <p>Pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtojen vahvuutena olivat tulosten mukaan muun muassa uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksien lisääntyminen, hallitusohjelman 2019 tavoitteet sekä sähkömarkkinoiden kansainvälistyminen. Uusiutuvien energiantuotantolaitteistojen tekninen kehitys ja laitteistojen investointikustannusten pieneneminen, sekä hallitusohjelman tavoitteet tukevat tulevaisuudessa pienkuluttajan mahdollisuuksia monimuotoisemman sähköenergian hankintaan.</p>	
Avainsanat	sähkömarkkinoiden toiminta, sähköntuotanto, uusiutuva sähköenergia, aurinkosähköteknologia.

Author Title	Asko Pränni Purchasing Options for Small electricity Consumer
Number of Pages Date	43 pages 16 September 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Building Services
Instructors	Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to raise awareness among small consumers about the cost-effective optimization of electricity consumption and the possibilities of using renewable energy sources.</p> <p>Furthermore, an aim was to establish the alternatives available for small consumers to purchase electricity in Finland. The data, analysed with a SWOT analysis, were collected by interviewing representatives of electricity companies and by gathering information from various publications and articles.</p> <p>It was established that a Finnish small consumer has diverse purchasing options, but they are challenging for the consumer. The challenges arise, for example, from the privatization of infrastructure, the regional monopolies of power companies owning the distribution networks, the lack of price elasticity and the shortcomings of the Housing Companies Act. However, the availability of renewable energy has increased positively.</p> <p>It was further established that the increased availability of renewable energy, the goals of the Government 2019 program, and the internationalization of the electricity market are beneficial for a small consumer. The thesis speculated that the future technical development of the equipment for renewable energy production and the reduced cost of investment, as well as the objectives of the Government Program, will allow small consumer to obtain a more diverse electricity supply.</p>	
Keywords	electricity market, generation of electricity, renewable electricity, photovoltaic technology.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähkömarkkinoiden toiminta	3
	2.1 Sähkön tukkumarkkinat	3
	2.2 Kuluttajan sähkösopimustyytit	3
3	Sähköntuotanto, -kulutus ja -jakelu Suomessa	7
	3.1 Asumisen energiankulutus Suomessa	10
	3.2 Älykäs sähköverkko	13
4	Uusiutuvan sähköenergian tuotantomuodot kiinteistössä	14
	4.1 Uusiutuvan sähköenergian tuotantomuotojen jaottelu	14
	4.2 Aurinkosähkö	16
	4.3 Auringonsäteilyn määrä Suomessa	16
5	Aurinkosähköteknologiat	18
6	Nykyisen järjestelmän ongelmat kuluttajan kannalta	20
7	Opinnäytetyön toteutus	21
	7.1 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymys	21
	7.2 Aineistonkeruu ja analysointi	21
8	Sähköenergian hankinta ja käyttö kohteittain	23
	8.1 Kesämökit ja mökin tapaiset rakennukset	23
	8.2 Omakotitalot	24
	8.3 Aurinkoenergian käyttö omakotitalossa	26
	8.4 Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä	26
	8.5 Asunto-osakeyhtiöt	29
	8.5.1 Rivi- ja erillistalot	30
	8.5.2 Kerrostalot	31
	8.5.3 Pienet teollisuuskiinteistöt	32

8.6	Hybridijärjestelmät	33
8.7	Tulosten yhteenveto	34
9	Pohdinta	36
9.1	Tulosten tarkastelua	36
9.2	Eettisyys ja luotettavuus	39
9.3	Jatkotutkimusidea	40
	Lähteet	41

Lyhenteet

ESCO	<i>Energy service company</i> , energiansäästöohjelmaa ja uusiutuvien energia-lähteiden edistämishjelma, jossa investoinnin tehnyt ESCO-yritys saa osan energiatehokkuudesta saadusta kustannushyödyistä itselleen.
ICT	<i>Information and communication technology</i> , tieto- ja viestintätekniikka.
KWh	kilowattitunti, energiayksikkö.
LVI	lämpö, vesi ja ilmastointi.
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i> , suurimman tehopisteen seurantasäädin.
MW	megawatti, tehon yksikkö.
PPA	<i>Power purchase agreement</i> , pitkäaikainen sähkön ostosopimus.
SWOT	<i>Strengths (S), weaknesses (W), opportunities (O) ja threats (T)</i> . SWOT-analyysi on käytännöllinen laadullinen Albert Humbreyn kehittämä tutkimusmenetelmä, joka selvittää ilmiöitä neljästä näkökulmasta.
TWh	terawattitunti, energiayksikkö.
VTT	Valtion tekninen tutkimuslaitos.

1 Johdanto

Meneillään oleva energiamurros on nostanut Ollikkaan (2017) viitaten sähkömarkkinat energia- ja ilmastokeskustelujen keskiöön. Ilmastomuutos pitää ottaa vakavasti ja tämä näyttäytyy myös esimerkiksi Antti Rinteen hallituksen hallitusohjelmassa poikkeuksellisen kunnianhimoisena tavoitetasona (Pääministeri Rinteen hallitusohjelma 2019). Energiamurros ja ilmastomuutos edellyttävätkin jokaisella toimialalla merkittäviä muutoksia tavoitteiden saavuttamiseksi (esim. Lampila, Jouko. 2019). Tässä opinnäytetyössä käsitellään aihetta pienkuluttajan sähkömarkkinoiden ja sähköenergian käyttömahdollisuuksien näkökulmasta.

Suomessa on noin 400 voimalaitosta, joista yli puolet on vesivoimalaitoksia. Vesivoiman osuus sähköntuotannosta vaihtelee vesitilanteen mukaan. Huonona vesivuonna fossiilisten polttoaineiden käyttö lisääntyy sähköntuotannossa ja lisäksi sähköntuonti lähinnä Norjasta ja Ruotsista kasvaa. Maamme sähköntuotanto on moneen muuhun Euroopan maahan nähden varsin hajautettua. Sähköstä lähes kolmannes tuotetaan yhteistuotantona lämmöntuotannon yhteydessä, jolloin polttoaineen energiasta saadaan muutettua sähköksi ja lämmöksi jopa 90 prosenttia. Monipuolinen ja hajautettu sähkön tuotantorakenne lisää sähkön hankinnan varmuutta. (Energiavuosi 2018.)

Sähkömarkkinat koostuvat useista erilaisista, toisiinsa kytkeytyvistä markkinoista. Suurin ongelma pienkuluttajan näkökulmasta on sähkön tuotantokapasiteetin alentuneet investointinäkyvät ja markkinasignaalien heikko välittyminen tukkumarkkinoilta loppukuluttajille. Nykyisen ilmastopolitiikan seurauksena sähköntuotannossa siirrytään päästöttömään tuotantoon ja uusiutuviin energiamuotoihin, kuten tuuli- ja aurinkovoimaan. Tämä seurauksena sähkön hinta alenee tukkumarkkinoilla ja samalla olemassa olevan tai uuden säätö- tai huippukulutuksen aikaisen kapasiteetin kannattavuus heikkenee. Kuluttajien kiinteähintaisien sähkösopimuksien vuoksi markkinasignaalit eivät välity sähkön tukkumarkkinoilta vähittäismarkkinoille, jonka seurauksena kuluttajien kiinnostus sähkön säästöön kysyntäpiikkien aikana vähenee. Nykyinen sähkön verotus ja hinnoittelu ei myöskään kannusta kuluttajia sähkötehon hallintaan. (Ollikka 2017.)

Sähkömarkkinoilla hinnat nousevat, jos tarjonta on niukkaa. Hintojen nousuun vaikuttavat erilaiset tekijät, kuten polttoaineiden hinnat, sateet, pakkas- ja hellekaudet, sekä sähkön tuotannon, tuonnin ja siirron kapasiteetin niukkuus. Lisäksi kulutushuiput sekä suurten voimalaitosten käynnistys- ja pysäytyskustannukset. (Ollikka 2017.)

Tässä Metropolia-ammattikorkeakoulun tilaamassa opinnäytetyössä selvitetään pienkuluttajan eli mökki-, omakoti-, rivi- ja erillistalokiinteistöjen, sekä pienien kerrostalo- ja teollisuuskiinteistöjen sähköenergian ja uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuuksia Suomessa. Tarkasteltavien kiinteistöjen energialähteinä käytetään uusiutuvia energialähteitä, kuten aurinko-, tuulienergiaa, maalämpöä, lämpöpumppuja, sekä suoraan verkosta saatavaa sähköenergiaa. Sähköenergia voi olla tuotettu vesivoimalaitoksessa, biovoima-, biokaasu-, bioöljyvoimalaitoksessa tai atomivoimalaitoksessa sekä fossiilisilla polttoaineilla, kuten öljy, maakaasu, kivihiili, ruskohiili ja turve, toimivilla voimalaitoksilla. Tarkastelussa kiinnitetään erityistä huomiota energiankulutuksen optimoimiseen erilaisen ohjaus- ja valvontajärjestelmien avulla. Lisäksi työssä tarkastellaan poliittisen päätöksenteon vaikutusta sähköenergian hankintaan ja erilaisiin käyttömahdollisuuksiin pienkuluttajan näkökulmasta. Opinnäytetyön viitekehys koostuu käsitteistä sähkömarkkinoiden toiminta, sähköntuotanto, -kulutus ja -jakelu, uusiutuva sähköenergia sekä aurinkosähköteknologia.

2 Sähkömarkkinoiden toiminta

Tässä opinnäytetyössä pienkuluttajalla tarkoitetaan sähkölämmitteisiä mökki-, omakoti-, rivi- ja erillistalo kiinteistöjä sekä pieniä kerrostalo- ja teollisuuskiinteistöjä. Rajaukseen em. kiinteistöihin perustuu kiinteistö- ja huoneistokohtaisen älykkään sähköenergian ohjausjärjestelmän sekä älykkään sähköverkon käyttömahdollisuuteen.

2.1 Sähkön tukkumarkkinat

Pohjoismaissa, Baltian maissa sekä viidessätoista Keski-Euroopan maassa toimii sähkön yhteiset tukkumarkkinat, *NordPool-sähköpörssi*. Siellä käyvät kauppaa sähkön tuottajat, sekä sähkön suuret kuluttaja- ja välittäjäyhtiöt. Sähköpörssissä käydään kauppaa useilla eri markkinoilla, kuten Vuorokausimarkkinat (*Day-ahead market*), jossa kaupataan seuraavan vuorokauden jokaiselle tunnille kysynnän tarpeen mukainen sähköntuotanto. (Ollikka 2017.)

Vuorokausimarkkinoiden sulkeuduttua kauppaa käydään jokaiselle tunnille erikseen päivän sisäisillä *Intraday-markkinoilla*. *Intraday*-markkinoita seuraa kansallisten kanta-verkoyhtiöiden, kuten suomalaisen *Fingridin* hallinnoimat säätösähkö- ja reservimarkkinat. Niiden tarkoituksena on ylläpitää tehoa ja tasata yllättäviä kysyntätilanteita. *Intraday*-markkinat toimivat Pohjois- ja Baltian maiden lisäksi Saksan, Ranskan, Belgian, Itävallan, Hollannin ja Iso-Britannian sekä Kroatian ja Bulgarian markkinoilla. (Nordpool delivers 2019.)

2.2 Kuluttajan sähkösopimustyytit

Sähkön hinta vaihtelee tukkumarkkinoilla päivittäin ja etenkin vuodenaikojen välillä, mutta vähittäismarkkinoilla sähkö myydään kuluttajille pääasiassa kiinteään hintaan. Kiinteähintaisen sopimuksen etu on, ettei sähkön hinta vaihtele kuluttajalla sopimuskauden aikana. Sähkönmyyjä hinnoittelee sähkösopimuksen kuitenkin niin, että se kattaa sähkön välittäjän sähkönhankintakustannukset yli sopimuskauden ajan, eikä se näin tule kuluttajalle halvemmaksi kuin tunneittain vaihtuvaan sähkön tukkumarkkinahintaan

(Spot-hinnoittelu) sidottu sähkösobimus. Kuluttaja maksaa lisäksi kuluttamastaan sähköstään siirtomaksuja ja veroa (Ollikka 2017.)

Kuluttaja tekee sähkösobimuksen sähköenergian kulutuksesta suomalaisen sähköyhtiön kanssa. Sopimusvaihtoehdot ovat seuraavat: NordPool:in tuntihinnoitteluun (Spot-hinta) perustuva Pörssisähkösobimus. Sähkösobimuksen energiakustannuksien hyödyntäminen on mahdollista kiinteistöissä, joissa on varaava lämmitysjärjestelmä tai käyttämällä älykästä ohjausjärjestelmää, jolloin lämmitys ohjataan tapahtumaan halvoille tunneille. (Optiwatin älyjärjestelmä 2019.)

Määräaikainen sähkösobimus: sähköenergian hinta on kiinteä sopimuskauden ajan, eikä sitä voi muuttaa. Haittana on, että asiakas ei voi irtisanoa sopimusta kesken sopimuskauden. Etu/haitta: sähköenergian hinta ei vaihtele pörssihinnan vaihdellessa. (Sähkön hinta 2019.)

Toistaiseksi voimassaolevasähkösobimus: sopimus on toistaiseksi voimassa, kunnes se irtisanoaan. Sähkön KWh-hintaa tarkastetaan joko neljännes- tai puolivuositain. Kerrostaloasunnoissa on mahdollisuus saada toistaiseksi voimassa oleva sopimus myös kiinteällä kuukausihinnalla. (Sähkön hinta. 2019.)

Ekosähkösobimus: Ekosähkösobimus on sähköenergian tuotantoon sidottu sopimus. Asiakas voi sopia hiilidioksidipäästöttömästä sähköenergista, kuten esim. tuuli- tai aurinkoenergialla tuotetusta sähköstä. EKO-energiamerkintä eli Vihreä sähkö on ympäristökriteereiden mukaisesti hiilidioksidivapaa, jäljitettävä ja kestävä. (Sähkön hinta. 2019.)

Sähköpankkisopimus: Nivos Energia Oy:n energiajohtaja Juha Voho (2019) kertoo yhtiön pientuotantoon liittyvän sähköpankin periaatteen olevan varsin yksinkertainen: He tekevät asiakkaan kanssa sekä sähkönmyynti- että ostosopimuksen. Jos jonain kuukautena asiakkaan tuotannosta syntyvä euromääräinen hyvitys ylittää ostot, siirtää yritys hyvityksen laskutuksessa seuraavalle kuukaudelle. Jos tämä toistuu taas seuraavana kuukautena, hyvitystä siirretään edelleen eteenpäin. Aurinkosähkön tuottajilla tuotanto vähenee syksyn mittaan, joten käytännössä pankki tyhjenee talvea kohden mentäessä. (Voho 2019.)

Voho (2019) toteaa tyypillisen sopimuksen sähköenergiasta omakotitaloasiakkaalle olevan kahden vuoden määräaikainen sopimus aikasähköaikajalla:

Meillä sen veroton hinta on tällä hetkellä perusmaksua 3,19 €/kk ja kulutusmaksut päivällä 5,15 snt/kWh ja yöllä 4,35 snt/kWh. Tähän kun lisätään arvonlisäveroa 24 %, niin verolliset hinnat ovat 3,95 €/kk ja päivä 6,39 snt/kWh ja yö 5,39 snt/kWh. Siirtohinnat vaihtelevat paljon siirtoyhtiöittäin, joten ne selvinnevät parhaiten siirtoyhtiöiden nettisivuilta. Lisäksi asiakkaan maksettavaksi tulee vielä energiavero 2,79372 snt/kWh. Tässä on mukana arvonlisäveroa 24 % eli energiaverosta maksetaan arvonlisäveroa.

Me maksamme asiakkaalle ylituotannosta saman hinnan kuin mitä asiakas maksaa meille meiltä ostamasta sähköstä”, Voho summaa. ”Yllä olevassa esimerkissä se olisi siis päivällä 5,15 snt/kWh ja yöllä 4,35 snt/kWh. Yleensä omakoti-asiakkaat ovat kuluttajia eivätkä ole arvonlisäverovelvollisia, joten emme maksa heille alv:n osuutta. Jos asiakas olisi alv-velvollinen, niin maksaisimme myös alv:n osuuden, mutta tällöin asiakkaan tulisi itse hoitaa alv:n tilitykset verottajan suuntaan. (Voho 2019.)

Farmisähkösopimus: Farmivirta on Ylen uutisten (2013) mukaan suomalaisten kotitalouksien tuottamaa kestäväää lähienergiaa. Farmivirran sähkö tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä tuottajan omiin tarpeisiin. Ylimääräinen sähkö myydään farmivirraksi. Sähkö tuotetaan mikro- ja pienvoimalaitoksissa uusiutuvilla energialähteillä, kuten puulla, tuulella ja auringolla. Tanja Hannus (2013) kirjoittaa hajautetun energiantuotannon kasvattavan kotimaista sähköntuotantokapasiteettia kestäväällä tavalla ja varmistavan omalta osaltaan kotimaisen energian riittävyyden myös tulevaisuudessa. Pienkulukuluttajalle konsepti tarjoaa mahdollisuuden hankkia toisen kuluttajan tuottamaa sähköä sekä tukea hajautettua, kestäväää energiantuotantoa. (Hannus 2013.)

Farmivirran tuottajat ovat sitoutuneet uusiutuviin energialähteisiin suomalaisina lähienergian pientuottajina. Farmivirran tuottajat myös hinnoittelevat sähkönsä itse niin, että perusmaksua ei peritä, mutta sähköenergian hinta on noin kaksinkertainen verrattuna sähkösopimukseen, esim. Fiskarsin voima: energiamaksu 7,44 senttiä/kWh, perusmaksu 0 €/kk. Ulkopuolinen asiantuntija varmistaa farmivirran mittauksen, laskennan ja seurannan. (Farmivirran tuottajat. 2019.)

Sähkönsiirto: Kuluttaja tekee sopimuksen sähköenergian siirrosta paikallisen verkkoyhtiön kanssa, joka huolehtii alueellisesta sähkönsiirrosta ja laskuttaa siitä siirtohintaa

(senttiä/kWh), sekä kiinteää perusmaksua (€/kk). Asiakkuus määräytyy asiakkaan sijainnin perusteella. Verkkoyhtiöt perustelevat hinnoitteluaan sähköverkon kunnossapito- ja uusimiskustannuksilla, viankorjaus- ja verkon toimivuuden valvontatyökustannuksilla, asiakaspalvelu- ja laskutus- sekä verkon sähkökatkokorvauskustannuksilla. Lisäksi kantaverkkoyhtiöiden maksuilla. (Sähkön hinta. 2019.)

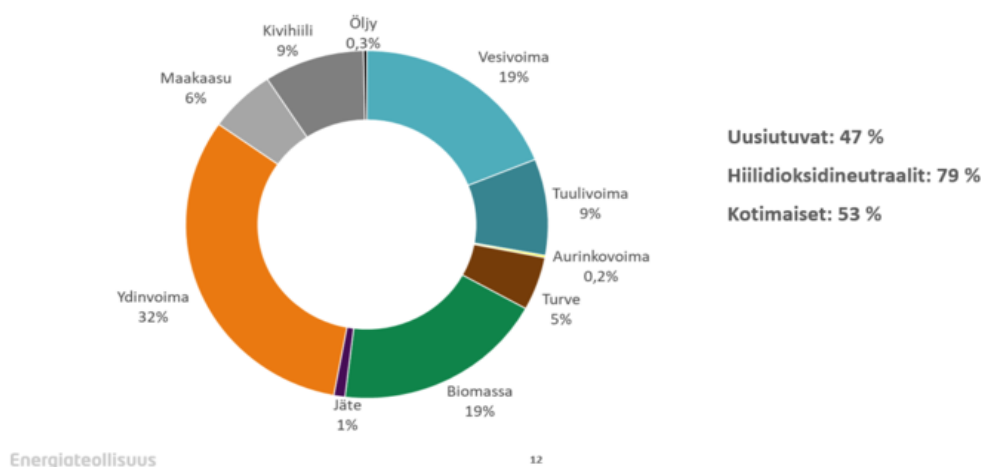
Kuluttaja maksaa sähköstä myös sähkö- ja arvonlisäveroa valtiolle. Sähköveron määrästä päättää eduskunta ja se on sidottu kulutuksen määrään. Sähkölaskussa sähkövero sisältyy siirtomaksuun, jonka sähköverkkoyhtiö tilittää valtiolle. Sähköveroluokat ovat: I-veroluokka: 2,79 senttiä/kWh, johon kuuluvat kuluttajat ja suurin osa yrittäjistä. II-veroluokka: 0,87 senttiä/kWh, johon kuuluvat yritykset, joiden toiminta on valmistava teollisuus, kaivostoiminta ja louhinta, sekä ammattimainen kasvinviljely. Arvolisänvero 24 % sisältyy molempiin veroluokkiin. (Sähkön hinta. 2019.)

3 Sähkön tuotanto, -kulutus ja -jakelu Suomessa

Suomen sähköenergian tarve on kasvanut viime vuosina tasaisesti, mutta tulevaisuudessa kasvun ennustetaan tasaantuvan. Sähköenergian kulutuksen kasvusta ja vanhojen voimalaitosten alasajosta seuraa arviolta 7 500 MW uuden tuotantokapasiteetin tarve vuonna 2010. (Hirvonen 2019.)

Kuten kuva 1 osoittaa on Suomessa monipuolinen ja hajautettu sähkön tuotantorakenne. Sähköstä tuotetaan lähes kolmannes lämmöntuotannon yhteydessä, jonka seurauksena noin 90 % polttoaineen energiasta saadaan muutettua sähköksi ja lämmöksi. Sähkön tuotanto jakautui vuonna 2018 energialähteittäin seuraavasti: ydinvoima 32 %, vesivoima 19 %, sekä lisäksi kivihiili 9 % ja maakaasu 6 %. Tuulivoiman osuus oli 9 %, mutta sen osuus on nopeassa kasvussa. Kotimaisista energialähteistä turpeen osuus on 5 %. (Kuva 1.) (Kostama 2018.)

Sähkön tuotanto energialähteittäin 2018 67 TWh



Kuva 1. Tärkeimmät sähkön tuotannon energialähteet 2018 (Energiavuosi 2018).

Suomessa vesivoimalaitosten ja sähkön jakeluverkon keskimääräinen käyttöikä on yli 20 vuotta. Niiden käyttöikää pidennetään perusparannuksien avulla, koska lisävesivoiman rakentaminen on rajallista. Ydinenergia voi olla merkittävä energian tuotantomuoto tulevaisuudessa, mikäli suuri yleisö ja poliitikot hyväksyvät sen. Fuusioreaktorin kaupallinen

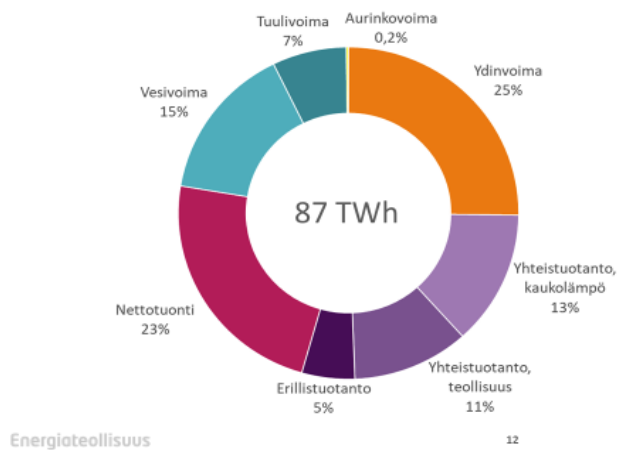
käyttöönotto siirtyy yli vuoden 2050. (Hirvonen 2019.)

Suomessa on noin 50 000–75 000 hehtaaria turvetuotantoalueita ja Suomi kuuluu Irlannin ohessa maailman suurimpiin turpeenpolttajiin. Turpeesta 90 prosenttia käytetään polttoaineena energiavoimalaitoksissa ja kiinteistöjen lämmityskattiloissa, loput käytetään maataloudessa eläinten kuivikkeena. (Hiilamo 2019.)

Turve on puun ohella toinen kotimainen energialähde, jonka verotusta tuetaan muita fossiilisia polttoaineita kevyemmällä verotuksella. Turpeen polttamisesta ja turvetuotantoalueen hiilidioksidipäästöt olivat 13 prosenttia kaikista Suomen kasvihuonepäästöistä vuonna 2017, mikä vastaa kivihiilenpolton päästöjä. Suomi on päättänyt kieltää kivihiilenpolton vuodesta 2029 alkaen. (Hiilamo 2019.)

Suomen sähköntuotanto oli vuonna 2018 yhteensä 87 TWh. Sähköntuonnin osuus ulkomailta oli 20 TWh. Suomen oma sähköntuotanto vastasi 67 TWh, josta 22 TWh tuotettiin ydinvoimalla, 13 TWh vesivoimalla, 6 TWh tuulivoimalla ja aurinkovoimalla vain noin 0,2 TWh. (Kuva 2.)

Sähkön tuotanto Suomessa ja tuonti 2018: Sähkön nettotuonti edelleen merkittävää

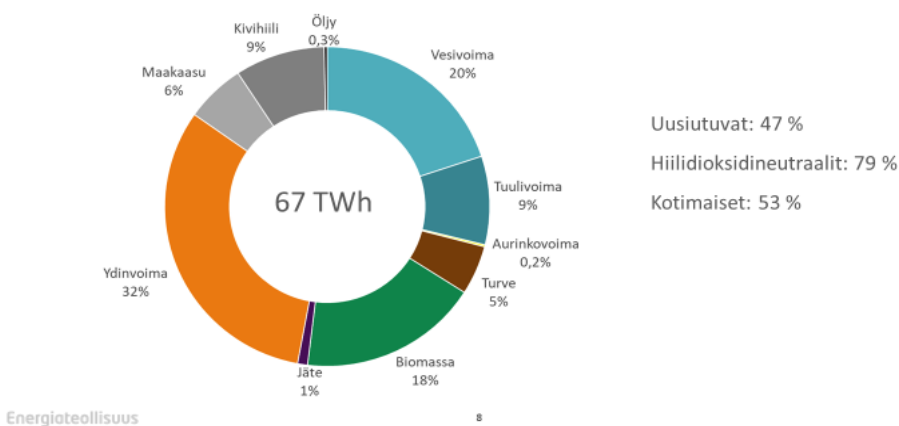


Kuva 2. Sähköntuotanto ja -tuonti Suomessa 2018 (Energiavuosi 2018).

Kotimaisten energialähteiden sähköntuotto vuonna 2018 oli 36 TWh, josta uusiutuvilla

energiälähteillä tuotettu sähkön määrä oli 32 TWh. Näistä bioenergia, erityisesti puupolttoaineet ja jätteiden energiakäyttö, on tärkein uusiutuva energialähde 19 prosentin osuudellaan. Hiilidioksidineutraalin tuotannon osuus oli 53 TWh. (Kuva 3.)

Uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön määrä saavutti uuden ennätyksen



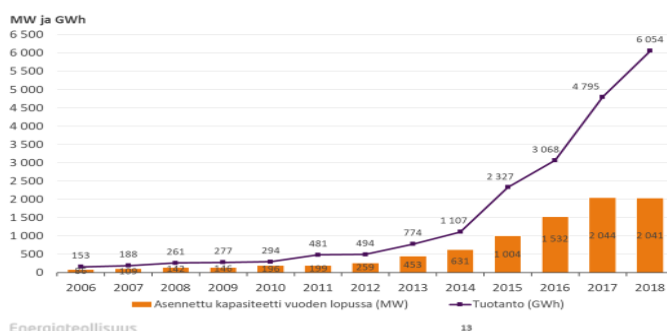
Kuva 3. Uusiutuvilla energialähteillä tuotettu sähkön määrä 2018 (Energiavuosi 2018).

Suomessa bioenergia on tärkein uusiutuva energianlähde, erityisesti puupolttoaineet ja jätteiden energiakäyttö. VTT:n asiantuntijoiden mukaan suomalaisessa tutkimus- ja kehitystyössä tulee keskittyä nykyisten huipputuotteiden, kuten polttoaineiden käsittelylaitteiden, leijukerrosteknologioiden ja dieselvoimaloiden jatkokehitykseen sekä uusien teknologioiden, kuten kaasutus- ja pyrolyysitekniikoiden kehittämiseen. (Hirvonen 2019.)

VTT:n asiantuntijoiden mukaan aurinkosähköpotentiaalin hyödyntäminen on Suomessa rajallista sekä lyhyellä, että keskipitkällä aikavälillä. Sen käyttökohteita ovat rakennuksiin integroidut erilaiset aurinkoenergiajärjestelmät. Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää jatkossa nykyistä tehokkaammin puun ja turpeen kuivatuksessa. (Hirvonen 2019.)

Tuulivoimaenergian tuotanto on kasvussa, uusi ennätys on yli 6 TWh (kuva 4). Tuulivoimakapasiteetin lisääminen edellyttää tuotantokustannusten laskua, käyttö- ja huoltokustannusten minimointia sekä suurten merituulipuistojen rakentamista Suomen rannikolle. (Hirvonen 2019.)

Tuulivoimatuotannon uusi ennätys yli 6 terawattituntia



Kuva 4. Tuulivoimatuotannon kasvu ja uusi ennätys (Energiavuosi 2018).

Syöttötariffijärjestelmän ohella keskeinen uusiutuvan energian tukimuoto on investointeihin myönnettävä energiatuki. Energiatuella pyritään erityisesti edistämään uuden energiateknologian käyttöönottoa ja markkinoille saattamista. Viralliset tulkinnot tukiin ja niiden myöntämiseen liittyen tehdään *Business Finlandissa* ja työ- ja elinkeinoministeriössä. Tukea eivät saa asuinkiinteistöt, asunto-osakeyhtiöt, eikä myöskään maatilat. (Investointituet 2019).

3.1 Asumisen energiankulutus Suomessa

Asumisen energiankulutus Suomessa oli (taulukko 1) vuonna 2017 yhteensä noin 66 TWh. Asuinrakennusten tilojen lämmitykseen kului 45 TWh, joka vastaa 68 prosentin osuutta koko asumisen energiankulutuksesta. Käyttöveden lämmitykseen kului 15 prosenttia (3 TWh) ja saunojen lämmitykseen viisi prosenttia (10 TWh). Ruoan valmistukseen ja valaistukseen käytettävien sähkölaitteiden osuus oli vajaat 13 prosenttia. (Asumisen energiankulutus 2017.)

Asuinrakennusten tilojen lämmitykseen käytetyt energialähteet olivat kaukolämpö, sähkö ja puu, joiden osuus oli yhteensä 82 prosenttia tilojen lämmitysenergian kulutuksesta. Seuraavaksi käytetyin energialähde oli lämpöpumppuenergia. Lämmitysenergian tarpeeseen vaikuttaa myös ulkoilman lämpötila. Sen muutoksia seurataan lämmitystarveluvuilla. Vuosi 2017 oli 1,8 prosenttia lämpimämpi kuin vuosi 2016, vaikka molemmat olivat kylmempiä kuin ennätyslämmin vuosi 2015. (Asumisen energiankulutus 2017.)

Kotitalouslaitteiden – ruoan valmistuksen (liesien ja uunien käyttö), valaistuksen ja muiden sähkölaitteiden – energiankulutus oli reilu 8 TWh. mikä vastaa yli 12 prosentin osuutta koko asumisen energiankulutuksesta. Tästä ruoan valmistukseen kului prosentti, valaistukseen kaksi ja puoli prosenttia ja loput yhdeksän prosenttia kului muissa sähkölaitteissa, kuten ruoan valmistuksen pienlaitteet, kylmälaitteet, pesu- ja kuivauskoneet, televisiot ja tietokoneet laitteineen, hissit ja autonlämmitys. (Asumisen energiankulutus 2017.)

Tilaston käsitteistö vastaa EU:n energiatilastoasetuksen jaottelua kotitalouksien energiankäytölle. Kokonaisenergia jaetaan loppukäyttöihin (muun muassa tilojen lämmitys, kotitalouslaitteet, saunojen ja käyttöveden lämmitys) laskentamallilla, joka kalibroidaan käyttäen useita tietolähteitä. Tiedonkeruiden välivuosina tiedot arvioidaan. Kotitalouslaitteiden kulutukseen sisältyy sähkön kulutuksen lisäksi (Taulukko 1.) myös neste- ja maakaasun käyttö ruoan valmistuksessa. (Asumisen energiankulutus 2017.)

Taulukko 1. Asumisen energiankulutus vuosina 2014–2017 (Asumisen energiankulutus 2017)

Tiedot	vuosina 2014-2017, GWh			
	2014	2015	2016	2017
Asuintilojen lämmitys	42 831	40 804	45 692	45 349
Varsinaiset asuinrakennukset yhteensä	40 690	38 760	43 252	42 876
Erilliset pientalot	25 967	24 507	27 373	27 504
Rivi- ja ketjutalot	3 925	3 816	4 208	4 127
Asuinkerrostalot	10 798	10 437	11 671	11 245
Vapaa-ajan asuinrakennukset	2 140	2 044	2 440	2 473
Kotitalouslaitteet 1)	8 091	7 886	8 295	8 126
Valaistus	1 919	1 876	1 770	1 633
Ruoan valmistus	689	680	681	673
Muut sähkölaitteet	5 483	5 330	5 844	5 820
Saunojen lämmitys	2 924	2 920	3 049	3 057
Käyttöveden lämmitys	9 789	9 850	9 961	9 954
Asuminen yhteensä	63 635	61 460	66 997	66 486

1) Kotitalouslaitteiden kulutukseen sisältyy sähkön kulutuksen lisäksi myös maakaasun ja nestekaasun käyttö ruoan valmistuksessa.

3.2 Älykäs sähköverkko

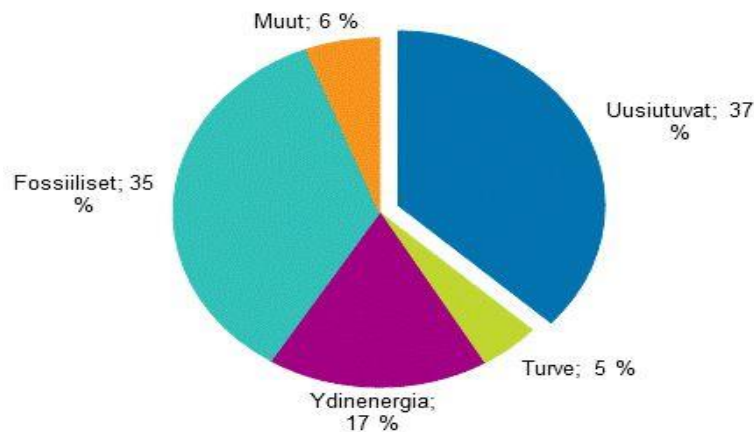
Älykäs verkko (*smart grid*) on sähkönsiirrossa käytettävä järjestelmä, jossa perinteiseen sähkövoimatekniikkaan yhdistetään automaatio-, tieto- ja viestintäteknologian ratkaisuja. Älykkääseen sähköverkkoon kuuluu sähköyhtiöiden *ICT*-järjestelmä (*information and communication technology*) ja sähkönsiirtoverkko, sekä kotiin asennettu etäluettava sähkömittari. (Älykkäät sähköverkot 2017.)

Älykäs sähköverkko mahdollistaa pienimuotoisen hajautetun energiantuotannon liittämisen valtakunnan verkkoon, esimerkiksi tuotetun ylimääräisen aurinkoenergian myymisen verkkoyhtiölle. Sen avulla voidaan optimoida sähköverkon siirtokapasiteettia ja samalla tasapainottaa tuotannon ja kulutuksen eriaikaisuuden aiheuttamia tehopiikkejä. Sähkön varastointi aiheuttaa ongelmia sähkön saatavuuteen. Älykäs sähköverkko ohjaa verkon sähkökuormaa tasaamalla sähkönkulutusta ja varmistaa sähkön katkottoman käytön myös erikoistilanteissa. (Älykkäät sähköverkot 2017.)

4 Uusiutuvan sähköenergian tuotantomuodot kiinteistössä

Suomi kuuluu yhdessä Latvian, Itävallan ja Ruotsin kanssa EU-maiden kärkijoukkoon uusiutuvan energian käytössä. Suomessa käytetään uusiutuvana energialähteinä pääasiassa puuta ja bioperäistä kierrätyspolttoainetta, Ruotsissa ja Itävallassa uusiutuvana energialähteenä toimii vesivoima.

Uusiutuvan energian osuus on ennakkotiedon mukaan 37 prosenttia kokonaisenergiamäärästä vuonna 2018, joka vastaa noin 32 TWh sähköenergiatuotantoa. Fossiilisen energian osuus on 35 prosenttia ja se vastaa 30 TWh sähköenergiatuotantoa. ja turpeen osuus on 5 prosenttia vastaten 4 TWh sähköenergiatuotantoa. (Kuva 6.)



Kuva 6. Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta 2018 (Energian hankinta ja kulutus 2019).

EU:ssa uusiutuvan energian tavoitteet määritellään suhteessa energian loppukulutukseen. Suomessa uusiutuvan energian osuus on ollut 3–5 prosenttiyksikköä korkeampi kuin energian kokonaiskulutuksesta laskettu osuus. Vuonna 2018 uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta kasvoi yhdellä prosenttiyksiköllä 37 prosenttiin. (Aarni 2019.)

4.1 Uusiutuvan sähköenergian tuotantomuotojen jaottelu

Seuraavassa tekstiosiossa jaotellaan uusiutuvan sähköenergian tuotantomuotoja kiinteistössä maalämpöpumpusta aurinkolämpöön.

Maalämpö: Maalämpöpumppu hyödyntää maa- ja kallioperään, sekä veteen varastoitunutta *geometristä* tai auringosta peräisin olevaa lämpöenergiaa. Auringosta peräisin oleva energia on 10–20 metrin syvyydellä. Maalämpöpumppu on ulkoilmanlämpötilasta riippumaton ja se tuottaa sähköä 2–4 kWh kuluttamaansa 1 kWh:n sähköenergiaa kohden. Maalämpöpumppu toimii hyvällä lämpökertoimella (suorituskerroin) ympärivuotisesti. Käyttökohteita ovat omakoti-, erillis- ja rivitalot, sekä pienet kerrostalo- ja teollisuuskiinteistöt. Hankintaa rajoittavaksi tekijäksi voi muodostua korkea investointikustannus ja sen kuoletusaika, sekä kiinteistön tontin koko. (Käpylehto 2016: 49.)

Ilmalämpöpumppu: Ilmalämpöpumppua (ILPO) käytetään yleensä suorasähkölämmittisen kiinteistön lisä lämmönlähteenä, koska sen hankintakustannus on edullinen, eikä se vaadi toimiakseen muuta, kuin sähköä. Ilmalämpöpumppu hyödyntää lämmintä poistoilmaa, kierrättämällä sitä suodattimen läpi takaisin huoneistoon. Ilmalämpöpumpun suorituskerroin on riippuvainen ulkoilmanlämpötilasta ja se toimii aina –20°C:seen asti. (Käpylehto 2016: 49–50.)

Ilma-vesilämpöpumppu: Ilma-vesilämpöpumppu liitetään vesikierojärjestelmää ja lämminvesivaraajaan. Se toimii hyvällä suorituskerroimella suurimmanosan vuodesta, mutta kovalla pakkasella se muuttuu käytännössä suoraksi sähkölämmitykseksi. Ilma-vesilämpöpumpun investointikustannus on noin puolet maalämpöpumpun kustannuksesta. (Käpylehto 2016: 50.)

Pelletti: Puupellettiä käytetään vesikiertoisissa keskuslämmitysjärjestelmissä lämmönlähteenä. Puupellettitakka voi toimia osana lämmitysjärjestelmää, tai sillä korvataan käytössä oleva öljylämmitys. Pelletti vaatii varastointitilaa. (Käpylehto 2016: 50.)

Aurinkolämpö: Aurinkolämpöä käytetään erityisesti kaukolämpöverkon ulkopuolella olevien omakotitalojen käyttöveden lämmittämiseen lämminvesivaraajassa. Lämminvesivaraajassa tulee olla aurinkokierukka tai paikka sen asennukselle. (Käpylehto 2016: 50–51.)

4.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkö ylivoimaisesti nopeimmin kasvava sähkötuotantomuoto maailmassa. EU:n alueella aurinkosähkö vastasi noin kolmasosaa rakennetusta uudesta tuotannosta vuonna 2014. Sähkömarkkinat käyttävät syöttötariffijärjestelmää lisätäkseen aurinkosähköntuotantoa. Siinä sähköntuottaja saa tuotannosta takuuhinnan. Mikäli markkinahinta on tätä hintaa alhaisempi, maksavat sähkönkäyttäjät erotuksen. (Käpylehto 2016:38-40.)

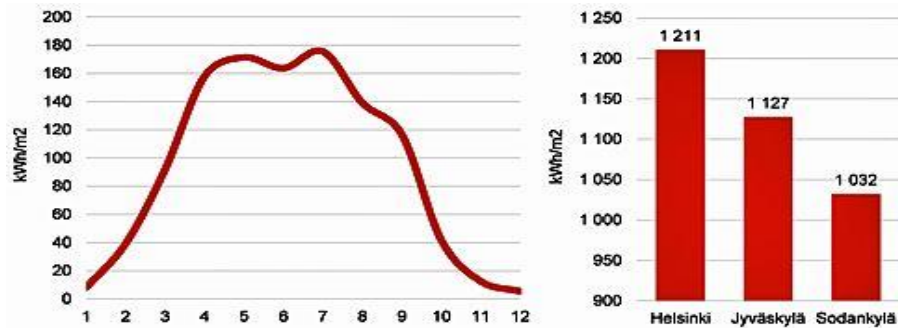
Alueilla, joissa aurinkosähkön tuotanto on Suomea suurempaa, käytetään PPA-mallia (*power purchase agreement*). Tässä mallissa aurinkosähköyritys asentaa ja rahoittaa aurinkosähköjärjestelmän paljon energiaa käyttävään kohteeseen. Sähkönkäyttäjä, esim. teollisuuskiinteistö tai kauppakeskus maksaa aurinkosähköyrittäjälle tuotannon mukaan ja välttyy näin suurilta investointikustannuksilta. Käytössä on myös samantapainen ESCO-malli (*energy service company*), jossa investoinnin tehnyt ESCO-yritys saa osan energiatehokkuudesta saadusta kustannushyödyistä itselleen. Aurinkoenergian eniten rakentaneet maat ovat Saksa, Kiina, Japani, Italia ja Yhdysvallat. (Käpylehto 2016:40-41.)

4.3 Auringonsäteilyn määrä Suomessa

Auringon kokonaissäteily koostuu auringon suorasta säteilystä ja hajasäteilystä, joka koostuu ilmakehän ja pilvien heijastamasta säteilystä sekä maasta heijastuvasta hajasäteilystä. Hajasäteilyn määrä on Suomessa suuri, esim. Etelä-Suomessa noin puolet vuoden säteilystä on hajasäteilyä. Suuren hajasäteilyn vuoksi auringon suoraa säteilyä seuraavat *tracking*-järjestelmät eivät ole taloudellisesti kannattavia, sillä ne perustuvat suoran säteilyn tehokkaaseen hyödyntämiseen. (Auringon säteilyn määrä Suomessa 2018.)

Ilmatieteen laitoksen testivuoden mukaan Helsingissä vuotuinen säteilymäärä vaakasuoralle pinnalle on noin 980 kWh/m² ja Sodankylässä noin 790 kWh/m². Säteilyn määrää voidaan lisätä vuositasolla 20–30 prosenttia verrattuna vaakasuoraan asennukseen, suuntaamalla paneelit 45 asteen kulmassa etelään päin. (Auringonsäteilyn määrä Suomessa 2019.) Kuvassa 7 on esitetty Suomessa 45 asteen kulmassa etelään suunnatun

paneelipinnan keskimääräiset kuukausittaiset säteilymäärät sekä vuotuiset säteilymäärissä eri kaupungeissa.



Kuva 7. Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa (Auringon säteilyn määrä Suomessa 2018).

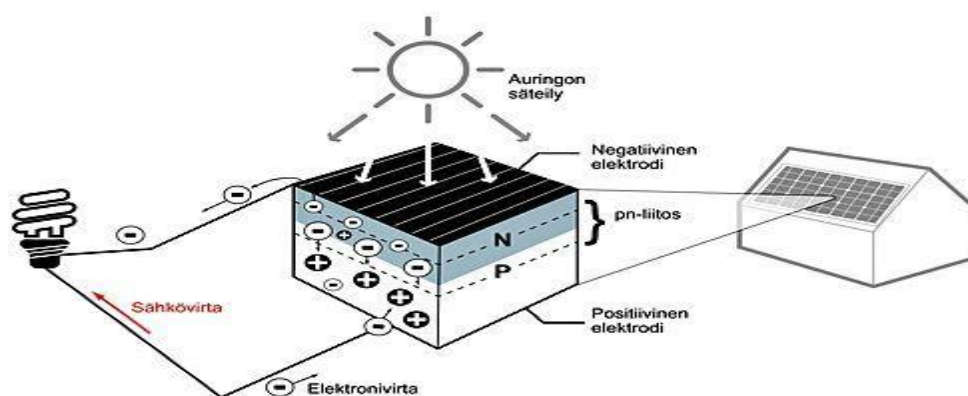
Suomessa vuotuinen säteily on lähes samaa suuruusluokkaa kuin Pohjois-Saksassa, mutta se keskittyy vahvemmin kesäkuukausille, joten tuotanto vaihtelee meillä enemmän vuodenaikojen mukaan kuin eteläisemmässä Euroopassa.

5 Aurinkosähköteknologiat

Aurinkosähköteknologiat voidaan jakaa kolmeen sukupolveen. Ensimmäisen sukupolven aurinkokennoista noin 90 prosenttia on yksi- tai monikiteisiä piikidekennoja. Niiden hyötysuhde on tavallisesti 15-17 prosenttia ja hyötysuhde paranee viileässä ilmassa suhteellisesti enemmän kuin ohutkalvokennojen. (Aurinkosähköteknologiat 2018.)

Ohutkalvoaurinkokennot ovat toisen sukupolven aurinkokennoja ja niiden hyötysuhde on noin 9–11 prosenttia. Ne päästävät enemmän valoa lävitseen, joten niillä ei saada hyödynnettyä auringonsäteilyä sähköntuotantoon yhtä hyvin, kuin kiteiseen piihin perustuvilla paneeleilla. Ohutkalvopaneeleilla pystytään keräämään hajasäteilyä hiukan tehokkaammin kuin kiteisen piin paneeleilla, mutta sillä ei ole vaikutusta vuositasolla. (Aurinkosähköteknologiat 2018.)

Kuvassa 8 on esitetty pn-tyypin puolijohdemateriaaliin perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate. Auringonsäteilyn fotonit vapauttavat puolijohdemateriaaliin osuessaan sen elektroneja. Säteilyn kykyä irrottaa elektroneja kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi.



Kuva 8. Pn-tyypin puolijohdemateriaaliin perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate. (Aurinkosähköteknologiat 2018).

Kolmannen sukupolven aurinkokennot ovat vielä tuotanto- tai tutkimusasteella, esimerkiksi nanokidekennot, joissa elektronien liike perustuu kemiallisiin reaktioihin. Lisäksi keskittäviin järjestelmiin on kehitetty aurinkokennoja, jotka asetetaan auringon säteilyä keräävän peilin tai linssin yhteyteen, jolloin kennomateriaalia tarvitaan vähemmän. (Aurinkosähköteknologiat 2018.)

Joustavista aurinkokennoista on jo sovelluksia käytössä. Ne vastaavat *ohutkalvoteknologiaa*, mutta niissä valoherkkä aine painetaan joustavalle pohjamateriaalille, esimerkiksi rullattavalle muoville. Muokattavuutensa ansiosta niitä voidaan käyttää lukuisissa sovelluksissa. (Aurinkosähköteknologiat 2018.)

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmä voi olla liitetty sähköverkkoon, jolloin sen tuottamaa ylimääräistä sähköä voidaan myydä sähköyhtiölle. Itsenäisesti toimivia aurinkosähköjärjestelmiä ei ole kytketty sähköverkkoon (*off-grid*). Järjestelmään voidaan liittää akusto sähköön varastointia ja myöhempää käyttöä varten. (Tarvittava laitteisto 2018.)

Aurinkosähköpaneelit asennetaan normaalisti rakennuksen katolle tai julkisivuun. Järjestelmän sähkölaitteet sijoitetaan useimmiten kiinteistön kuviin sisätiloihin, mutta invertteri voidaan asentaa myös ulkoseinään, kunhan huomioidaan laitteen takuuehdot. (Tarvittava laitteisto 2018.)

Pientalojen aurinkosähköjärjestelmään sisältyy useimmiten yksi invertteri, mutta saatavilla on myös paneelikohtaisesti liitettäviä mikroinverttereitä. Useasta mikroinvertteristä koostuva järjestelmä on investointikustannuksiltaan kalliimpi kuin yhden suurempitehoisen invertterin järjestelmä, mutta sen sähköön tuotto on tehokkaampaa osan paneeleista ollessa varjossa. Lisäksi järjestelmän huoltovarmuus heikompi kuin yhden invertterin järjestelmän. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2019.)

MPPT-säädin (*Maximum Power Point Tracking*) säätää aurinkopaneelien ulostulojännitteen toimimaan maksimitehopisteessä, jolloin aurinkosähköjärjestelmän paneelit tuottavat sähköä mahdollisimman suurella hyötysuhteella. Markkinoilla on myös paneelikohtaisesti asennettavia tasavirtaoptimoijia, jotka maksimoivat paneelien tehoa osan järjestelmän paneeleista jäädessä varjoon. Periaate on samankaltainen kuin mikroinverttereissä, mutta tasavirtaoptimoija vaatii järjestelmään erillisen invertterin, mikäli halutaan tuottaa vaihtosähköä. (Verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä 2016.)

6 Nykyisen järjestelmän ongelmat kuluttajan kannalta

Sähkön myyjät tarjoavat yleisesti tariffeja, joissa hinnat ovat voimassa toistaiseksi. Asiakkaan kannalta tämä ei ole hyvä vaihtoehto, koska tässä myyjä päättää hinnasta yksipuolisesti. Myyjän kannalta on edullista tarjota kiinteähintaisia sopimuksia, koska hintaan on sisällytetty myyjän riskikustannukset. Sähkön pienkuluttajille on tarjolla nykyään *Spot*-markkinahintoihin sidottuja energiatariffeja. (Ollikka 2017.)

Sähkömarkkinoiden tehokas ja varma toiminta edellyttää markkinoiden riittävää hintajoustoa, jotta kulutus ja tuotanto ovat tasapainossa. Koska sähköä ei voi riittävästi varastoida, tarvitaan kaikilla markkinoiden aikaskaaloilla hintajoustoa, kuten seuraavaa päivää tai seuraavaa tuntia koskevilla markkinoilla. (Ollikka 2017.)

Ruotsin ja Suomen sähkömarkkinoilla on suuria sähköntuottajaosapuolia, jotka osallistuvat sekä ostajina että myyjinä sähkömarkkinoiden kaupankäyntiin. Nämä yritykset pystyvät vaikuttamaan hieman sähkön hintaan silloin, kun markkinoilta puuttuu hintajoustoa. Sähkömarkkinoiden ja sähköjärjestelmän toimivuuden kannalta olisi hyvä, jos nopeaa hintajoustoa olisi enemmän useammalla sähkömarkkinoiden osapuolella niin, että hintasignaali siirtyisi sähkön loppukäyttäjälle. Tällöin loppukäyttäjällä olisi mahdollisuus reagoida muuttuviin sähkön hintoihin ja siten vaikuttaa omaan sähkölaskuunsa. Samalla sähkömarkkinoille saadaan lisää hintajoustoa. (Ollikka 2017.)

7 Opinnäytetyön toteutus

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli tuottaa tietoa pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtoista Suomessa. Kyseessä oli laadullinen tutkielma, jossa aineistonkeruumenetelmät olivat moninaiset.

Tässä opinnäytetyössä käytettiin *kvalitatiivista* eli laadullista tutkimusmenetelmää, joka valikoitui menetelmäksi siksi, että vastaajajoukko oli pienehkö, haastattelukysymykset olivat avoimia ja pyrkimyksenä oli enemmänkin löytää tosiasioita, kuin todentaa jo olemassa olevia väittämiä (esim. Hirsjärvi ym. 2010: 161).

7.1 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymys

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtoja Suomessa. Tavoitteena oli edistää pienkuluttajien tietoisuutta sähköenergiakulutuksen kustannustehokkaasta optimoimisesta sekä uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuuksista.

Opinnäytetyön tutkimuskysymys on: Minkälaiset ovat pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehdot Suomessa?

7.2 Aineistonkeruu ja analysointi

Tietoa kerättiin haastattelemalla puhelimitse ja sähköpostitse eri energiayhtiöiden asiantuntijoita. Viidestä energiayhtiöstä vastauksia saatiin kolmen yhtiön asiantuntijalta. Lisäksi tiedon keräämisessä hyödynnettiin kirjallisuuskatsauksen menetelmiä soveltuvien osin. Opinnäytetyö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle.

Opinnäytetyön kohderyhmänä toimivat kotimaiset energiayhtiöt. Tiedonkeruu ja haastattelut toteutettiin osin marraskuussa 2018 ja osin heinä-elokuussa 2019. Aineisto analysoitiin osin SWOT-analyysillä ja osin teemoilla ja tiivistäen keskeisiä toistuvia tietoja aineostosta vastauksena tutkimuskysymykseen.

Seuraavat energiayhtiöt vastasivat haastattelukysymyksiin:

Optiwatti Oy – 23.11.2018

Nivos Energia Oy – 31.8.2019

Pohjoisen Energia – 6.8.2019 (vastaus sähköpostitse)

Kirjallisia hakuja tutkimuskysymykseen tehtiin mm. seuraavista lähteistä:

- Käpylehto 2016, Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2006, Sähköasennukset 1
- Asumisen energiankulutus 2017, Tilastokeskus
- Distributed Energy Systems – Desy. 2015. VTT Technology

Aineisto analysoitiin SWOT-analyysin avulla. Tämän nelikenttämenetelmän perusteella tiivistettiin yksityiskuluttajan sähköenergian hankintamahdollisuuksien vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. SWOT-analyysissa vahvuudet ja heikkoudet liittyvät yleensä tarkasteltavien ilmiöiden sisäisiin tekijöihin, kun taas mahdollisuudet ja uhat edustavat enemmän ulkoisia tekijöitä. (Heinonen ym. 2003: 4–5.)

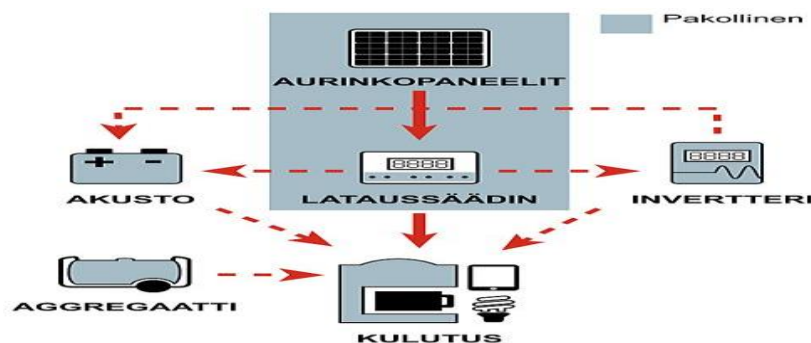
8 Sähköenergian hankinta ja käyttö kohteittain

Seuraavassa tarkastellaan sähköenergian hankintavaihtoehtoja kiinteistökohtaisesti. Selvitetään eri kiinteistötyyppien energianhankintamahdollisuudet, niiden investointi- ja käyttökustannuksia, sekä energian käyttökustannusten säästöön vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi huomioidaan uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuus.

8.1 Kesämökit ja mökin tapaiset rakennukset

Suomessa on käytössä noin 1 000 verkkoon liitettyä aurinkosähköjärjestelmää ja noin 80 000 kesämökkisähköjärjestelmää, joita ei ole liitetty sähköverkkoon. Lisäksi on noin 400 000 mökkiä tai mökin tapaista rakennusta, joissa ei ole sähköä ollenkaan. Näissä lämmönlähteenä käytetään yleensä puuta. Mökkijärjestelmällä tarkoitetaan kohdetta, jota ei ole kytketty verkkosähköön ja jossa aurinkosähköjärjestelmä toimii itsenäisesti. Kohde voi olla mökin lisäksi matkailuauto, purjevene tai vastaava. (Käpylehto 2016:42-44.)

Mökkijärjestelmässä aurinkopaneelista saatava energia varastoidaan ennen käyttöä akkuihin, mikäli sähköntuotanto ja -kulutus eivät osu samaan hetkeen. Aurinkopaneelien ja akuston väliin asennetaan MPPT-lataussäädin, joka säätää ja valvoo, että akusto latautuu optimaalisella tavalla. Mökkijärjestelmän tyypillinen teho on 100 W – 1 kW, mutta on mahdollista saada myös omakotitaloa vastaavat tehot. Käyttöjännite on 12 V ja verkkojännite tuotetaan invertterin avulla. Itsenäisiin järjestelmiin voidaan liittää myös esimerkiksi bensiini- tai dieselmoottorilla toimiva aggregaatti, joka toimii varavoimanlähteenä. Mökkijärjestelmän hankinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota paneelien ja akuston mitoittamiseen siten, että tuotanto vastaa ajallisesti kulutusta. (Kuva 9.) Järjestelmän investointikustannus kuoleentuu heti, mikäli vaihtoehtona on kallis verkkosähköliittymän hankinta. (Käpylehto 2016:42-44.)

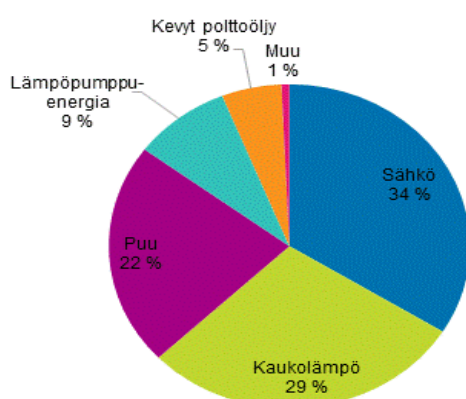


Kuva 9. Verkkoon kytkemättömän (*off-grid*) aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano. (Verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä 2016).

Rakennuksen lämmityksen ja hälytysten ohjaamiseen on lisäksi mahdollista asentaa erillinen älykäs ohjausjärjestelmä, joka toimii etäohjauksella.

8.2 Omakotitalot

Sähkölämmitteinen omakotitalo Suomessa kuluttaa 15 000-35 000 kWh sähköenergiaa vuodessa. Sähkölämmityksen ottama energia on siitä yli 50 prosenttia. Kulutukseen vaikuttaa kiinteistön lämmitysmuoto ja *energiatohokkuus*, sekä käyttötottumukset ja talven pakkaskaudet. Kuva 10 osoittaa, että lämmitysenergian tuottajana voi toimia verkkosähkön lisäksi maalämpö, puu, pelletti, ilmalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppu tai aurinkoenergia. (Käypylehto 2009; Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi 2019.)



Kuva 10. Asumisen energiankulutus energialähteittäin. (Asumisen energiankulutus 2017).

Omakotitalon ollessa kytkettynä suoraan sähköverkkoon sen energiankulutuksen ohjausta säädetään tavallisesti sähköpatterien termostaateilla, ulko- ja sisätilälämpöantureilla, huoneistokohtaisilla liikeantureilla, saunan aikaohjatulla päälle-pois kytkimellä, sekä saunan kiukaan termostaatilla. Markkinoilla on nykyään lisäksi tarjolla erilaisia kodin energiankulutuksen optimoimiseksi kehitettyjä älykkäitä sähköenergian huoneistokohtaisia ohjausjärjestelmiä, joiden avulla voidaan lämmitysenergiankulutusta vähentää noin 40 prosenttia, investoinnin takaisinmaksuajan ollessa 3-5 vuotta. (Sähköasennukset 1 2006; Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi 2019.)

Huoneistokohtainen älykäs ohjausjärjestelmä toimii kaikkien sähkösopimuksien kanssa ja se kytketään olemassa olevan lämmitysjärjestelmän rinnalle, ohjaamaan huoneistokohtaisesti lämmitystä ja viilennystä. Sillä voidaan ohjata sähkökäyttöisiä pattereita, katto- ja lattialämmitystä, ilmalämpöpumppua, lämminvesivaraajaa, sekä auton lämmitystä ja sähköauton latausta. (Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi 2019.)

Langattomien lämpötila-antureiden asennuksessa huomioidaan huoneiden käyttö ja ihmisten oleskelualue. Lisäksi huoneen lämmitysominaisuuksiin vaikuttavat tekijät, kuten ulkoseinien määrä, ikkunoiden koko, huoneen sijainti ilmansuuntaan nähden, sekä muut lämmönlähteet, kuten lämpöä tuottavat sähkölaitteet. (Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi 2019.)

Älykäs ohjausjärjestelmä ohjaa lämmitystä huonekohtaisesti käyttötarpeen mukaan. Se huomioi sääennusteen, ulkolämpötilan ja huoneistosta keräämänsä lämmitystiedon, joiden perusteella se määrittelee lämpötilan huoneistokohtaisesti vuorokauden eri hetkille, muodostaen viikko-ohjelman, jonka mukaisesti huoneistoa lämmitetään. Mikäli käytössä on tuntikohtainen sähkön pörssisopimus, niin järjestelmä ohjaa automaattisesti lämmityksen aina edullisimmalle tunnille. Järjestelmästä on mahdollisuus saada myös hälytystietoja: lämpötilan ja kosteuden hälytysrajat ovat aseteltavissa huoneistokohtaisesti. Laitteiston ohjaus tapahtuu älypuhelimella tai tabletilla. (Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi 2019.)

8.3 Aurinkoenergian käyttö omakotitalossa

Omakotitalon aurinkosähköjärjestelmä kytketään älykkääseen sähköverkkoon (smart grid), joka liittää hallitusti yhteen ohjattavia sähkökuormia ja tuotantoa sekä hetkellisiä kuormia ja vaihtelevaa tuotantoa. Tämä edellyttää oikein suunniteltua ja toteutettua automaatiota. Mikäli verkkoon kytketyn aurinkosähkön määrä kasvaa merkittävästi eikä kulutus riitä sen täysimittaiseen hyödyntämiseen, voidaan ylituotantoa varastoida esimerkiksi lämmitykseen tai jäähdytykseen sen sijaan, että tuotantoa rajoitettaisiin tai myytäisiin. Sähköntuotannon varastointi akustoihin ei myöskään ole kannattavaa omakotitaloissa. Tulevaisuudessa sähköautojen määrän kasvaessa, ylimääräistä energiantuotantoa voidaan käyttää sähköautojen akustojen lataamiseen, jolloin verkon kuormitusta tasapainottuu. (Käpylehto 2016: 99-104.)

Käpylehto (2016) toteaa, että oikein mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä maksaa itsensä takaisin 15 vuodessa. Investointikustannuslaskelmassa tulee huomioida kaikki järjestelmän hankintaan ja käyttöön liittyvät kustannukset. Tarkastelussa on käytetty pinta-alaltaan 230 neliömetrin omakotitaloa, jonka sähkön vuosikulutus on 32 000 kWh. Talon kulutusprofiili edustaa reilusti kuluttavaa omakotitaloa, jossa lämmitysmuotona on sähkö, maalämpö tai ilma-vesilämpöpumppu. Aurinkosähköjärjestelmä on mitoitettava pienemmäksi, mikäli kohteen käyttövesi lämmitetään muulla, kuin sähköllä. Tarkastelun lopputuloksena päädyttiin 5 kW:n voimalakokoon, koska järjestelmän hinta asennettua kilowattia kohden on edullisempi, kuin suuremmassa 8 kW:n järjestelmässä. Epäedullisen verkkoon myytävän sähkön määrä on 16,1-17,6 prosenttia, kun se suuremmassa 8 kW:n järjestelmässä on 30,9-33,6 prosenttia. Mikäli verkkoon ei myytäisi sähköä ollenkaan, laskennallinen aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika olisi 14 vuotta. (Käpylehto 2016:99-104.)

8.4 Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä

Kiinteistökokoluokan verkkoon kytketyissä järjestelmissä vaaditaan paneelien ja invertterien lisäksi kaapelit laitteiden kytkentöjä varten. Suojalaitteet ja tasavirtapiiriin turvakytin ovat järjestelmässä pakollisia, mutta ne on yleensä integroitu invertteriin. Mikäli invertteri ei sisällä tarpeellisia suojauksia, ne on asennettava erikseen. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2018.)

Lisäksi kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän on oltava erotettavissa sähköverkosta lukittavalla vaihtovirtapiirin turvakytkimellä, johon verkkoyhtiöllä on oltava vapaa pääsy. Kyt-kin sijaitsee invertterin ja pääkeskuksen tai ryhmäkeskuksen välissä. Järjestelmään kuu-luu myös kiinteistön energiamittari, jolla mitataan verkkoon syötettyä ja sieltä otettua te-hoa. Energiamittari on sähkönjakeluverkonhaltijan vastuulla, joten aurinkosähköjärjes-telmän käyttäjän ei tarvitse huolehtia mittarin hankinnasta. (Verkkoon liitetty aurinkosäh-köjärjestelmä 2018.)

Verkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ovat aurinkopaneeli(t) ja 1- tai 3-vaiheinen vaihtosuuntaaja eli invertteri. Aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa, joka muutetaan invertterin avulla kiinteistön sähköverkon sekä jakeluverkon vaatimuksia vas-taavaksi vaihtovirraksi. Vaihtovirta kytketään kiinteistön sähköpääkeskukseen (Kuva 12.). Sähköverkkoon kytketty järjestelmä ei takaa sähkön saantia verkon sähkökatkojen aikana ilman lisälaitteita. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2018.)



Kuva 12. Verkkoon kytketyn pientalon aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2019).

Pieniin alle 3 kWh:n aurinkosähköjärjestelmiin on saatavana vain 1-vaiheinvertteri, joten tuotettua aurinkosähköä voi hyödyntää vain kyseiseen vaiheeseen kytketyt sähkölaitteet. Suurempitehoisiin järjestelmiin on saatavana 3-vaiheisia inverttereitä, jolloin kaikki kolme vaihetta on käytössä. Järjestelmästä saatavan tehon optimoimiseksi on kiinnitettävä huomiota laitteiden ryhmittelyyn. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2019.)

Pientuotannon myyminen jakeluverkkoon eroaa monella tapaa sähkön ostamisesta ver-kosta. Niiden verotuskohtelu on erilainen, eikä pientuottajan sähkönmyyntiin sovelleta kuluttajansuojalakia, jonka seurauksena sähkön tuottaminen omaan tarpeeseen on kan-

nattavampaa kuin sen myyminen verkkoon. Verkkoon syötettävän sähkön määrää voidaan minimoida kytkemällä suurta sähkötehoa tarvitsevat 3-vaihelaitteet, kuten lämminvesivaraajat, kiukaat ja liedet päälle silloin, kun aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä. Mikäli vain yhdessä tai kahdessa vaiheessa on laitteita päällä, ilman kuormia olevaan vaiheeseen/vaiheisiin syötetty sähkö siirtyy verkkoon. 3-vaiheisen invertterin kokonaisteho on noin 3 kW. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2019.)

Taulukossa 2 on esitetty kiinteistökohtaisesti aurinkosähköjärjestelmän asennuskulut vuoden 2016 tasolla. Kategorioissa* on noudatettu IEA PVPS -maaraportoinnissa käytettävää luokittelua.

Taulukko 2. Aurinkosähköjärjestelmien keskimääräiset avaimet käteen -asennushinnat vuonna 2016.

Kategoria* / koko kW	Tyypillisiä sovelluskohteita ja lisätietoja	Hinnat €/kWp (ALV 0%)
Verkkoon kytketyt yli 250 kW:n järjestelmät, katto-asennus	Aurinkosähköä tuotetaan teollisuus- tai suuressa kaupan alan kiinteistössä omaan kulutukseen.	1 300–950 €/kWp
Verkkoon kytketyt 10–250 kW:n järjestelmät, katto-asennus	Aurinkosähköä tuotetaan toimisto- ja kaupparakennuksissa ja kuntakiinteistöissä omaan kulutukseen.	1 350–1 050 €/kWp
Verkkoon kytketyt alle 10 kW:n järjestelmät	Aurinkosähköä tuotetaan omakotitaloissa ja muissa pienissä rakennuksissa omaan kulutukseen.	2 000–1 300 €/kWp
Yli 1 kW:n aurinkosähkö- ja akkujärjestelmät (off-grid)	Aurinkosähköä tuotetaan sähköverkon ulkopuolisiin kesämökkeihin ja muihin pieniin rakennuksiin.	3 500 €/kWp
Alle 1 kW:n aurinkosähkö- ja akkujärjestelmät (off-grid)	Aurinkosähköä tuotetaan veneissä, asuntovaunuissa ja pienillä kesämökeillä omaan kulutukseen.	5 000 €/kWp

8.5 Asunto-osakeyhtiöt

Sähkömarkkinalain mukaisesti jokaisella osakkaalla on oikeus valita oma sähköntoimittaja. Perinteisessä mallissa jokainen huoneisto tekee oman sähkösopimuksen sähköyhtiön kanssa, jolloin jokaisessa huoneistossa on oma sähköliittymä ja sähköyhtiö laskee osakkeen omistajaa kulutetun sähkön perusteella. (Käpylehto 2016: 106, 134–135.)

Kiinteistösähkön sähkönkulutus maksetaan taloyhtiön yhtiövastikkeesta. Kiinteistösähköllä tarkoitetaan asunto-osakeyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutusta, kuten pihavalaisuksen, rappukäytävien, pesutupien, saunojen, LVI-tekniikan tilojen ja ilmastoinnin sekä

autojen sähköpaikkojen sähkönkulutusta. (Käpylehto 2016: 106, 134–135.)

Kiinteistösähkö on kannattavaa tuottaa aurinkosähköllä, mikäli suurin osa tuotannosta käytetään itse. Aurinkosähköjärjestelmän liittäminen kiinteistöliittymään on vaivatonta:

- Ei vaikutusta osakkaiden sähkösopimukseen, eikä sähkön käyttöön.
- Vähentää kiinteistöliittymän ostettavaa sähkön määrää.
- Taloudellisesti kannattavaa, mikäli järjestelmä on mitoitettu oikein.
- Hankintapäätös vaatii yhtiökokouksen päätöksen yksinkertaisella enemmistöllä (Käpylehto 2016.)

Takamittarointia voidaan käyttää kaikissa asunto-osakeyhtiömuodoissa, mutta erillistalo-yhtiöissä päästään taloudellisesti kannattavampaan tulokseen ilman sitä. Takamittaroinnissa kiinteistö tekee sähkösopimuksen, jolloin sähköliittymä on kiinteistöllä. Taloyhtiö laskuttaa huoneistoa sähkövastikkeena käytetyn sähkön mukaan. Tällöin tulee huomioida asunto-osakeyhtiön lainsäädäntö ja päätöksenteon menettelytavat (Käpylehto 2016: 134–136.)

8.5.1 Rivi- ja erillistalot

Rivi- ja erillistaloissa kiinteistösähkön kulutus on pientä ja se tapahtuu aurinkosähkön tuotannon kannalta väärään aikaan, joten sitä varten ei ole kannattavaa asentaa aurinkosähköjärjestelmää. Suuremmissa rivitalokohteissa aurinkosähköjärjestelmän hankinta voi tulla kuitenkin kysymykseen.

Yksittäiseen huoneistoon on kannattavaa kytkeä aurinkosähköjärjestelmä, mikäli se on mitoitettu oikein ja varsinkin mikäli lämmin käyttövesi tuotetaan huoneiston omalla sähköllä. Aurinkosähköjärjestelmän asennukseen osakas tarvitsee yhtiökokouksen luvan. Tällöin on huomioitava seuraavat seikat:

- Asennus mieluummin osakkaan omassa käytössä olevalle katolle.

- Osakas vastaa omalla kustannuksellaan aurinkopaneelin purkamisesta, esimerkiksi kattoremontin ajaksi. Asennusyritys vastaa asennuksen aiheuttamista vahingoista asunto-osakeyhtiölle.
- Tarkistus, kuuluuko aurinkopanelisto kiinteistönvakuutuksen piiriin vai tuleeko osakkaan ottaa oma vastuuvakuutus sille.

(Käpylehto 2016.)

8.5.2 Kerrostalot

Tavallisesti kerrostalokiinteistössä asukkailla on oma sähköliittymä ja taloyhtiöllä on kiinteistösähköliittymä, jonka sähkön kulutuksesta taloyhtiö perii maksua asukkailta yhtiövastikkeessa. Kytkemällä oikein mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä kiinteistöliittymään tai takamittarointiin saadaan kustannustehokas vaihtoehto. Takamittarointi kerrostalossa mahdollistaa suuremman aurinkosähköjärjestelmän käytön. Käytettäessä takamittarointia on huomioitava sen vaativan sataprosenttisen kannatuksen osakkailta ja yhtiöjärjestyksen muuttamisen, koska asukkaat luopuvat oikeudestaan valita sähköntoimittajan. Tällöin taloyhtiöstä myös tulee piensähkötoimittaja, joka myy huoneistoihin mittaroitua sähköä sähkövastikkeena. Lisäksi huoneistojen sähköliittymät poistetaan. (Käpylehto 2009.)

Tyypillinen sadan huoneiston kerrostaloyhtiön aurinkosähköjärjestelmä on 10 kW aurinkosähköjärjestelmä, jonka vuosituotanto on 8 500 kWh. Järjestelmän investointihinta on 18 000 € (alv 0%).

Esimerkkimallinnus suurehkon taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuudesta:

- Aurinkosähköliittymä asennetaan kiinteistöliittymään, jolloin investointi vähentää taloyhtiön vuosittaista energiakustannusta.
- Kiinteistöliittymän vuosikulutus on 120 000 kWh.
- On käytetty *Spot*-hinnoittelua.
- Vuosituotanto on 810 kWh yhtä asennettua aurinkosähköjärjestelmän kilowattia kohden, jolloin aurinkopaneelien ei tarvitse olla optimaalisesti suunnattu.

Mallinnuksessa on käytetty oikean Etelä-Suomalaisen sähkövoimalan tuntidataa, sekä kulutusprofiili on mallinnettu oikeasta kulutusdatasta. (Käpylehto 2009: 107–110.)

Mallinnuksen tulokset:

- aurinkosähköä 10 kW, vuosituotannosta 4,5 prosenttia myyntiin
- aurinkosähköä 15 kW, vuosituotannosta 13 prosenttia myyntiin
- aurinkosähköä 20 kW, vuosituotannosta 19 prosenttia myyntiin
- aurinkosähköä 30 kW, vuosituotannosta 30 prosenttia myyntiin.

Esimerkkimallinnuksen yhteenvedon mukaan mallinnuksen sopiva aurinkosähköjärjestelmän koko on 15 kW, jolloin 13 prosenttia tuotetusta sähköstä myydään. Järjestelmän arvioitu vuosituotanto on 120 000 kWh, mikä vastaa 10:tä prosenttia vuosittaisesta kiinteistöliittymän sähkönkulutuksesta. Aurinkopaneelien määrä on noin 60 kappaletta, mikä vastaa noin 100 neliömetrin aurinkopaneelien pinta-alaa ja vaatii 200 neliömetrin asennuspinta-alaa tasakatolla. Investoinnin laskettu takaisinmaksuaika on 15 vuotta taustaoletuksineen: aurinkosähköjärjestelmän investointihinta on 31 500 €, sähkönhinnan vuotuinen nousu neljä prosenttia ja korkokanta kaksi prosenttia. Ostosähköhintaa on 13 senttiä/kWh, ja hinta sisältää siirtomaksun ja veron. Tuotetusta sähköstä käytetään itse 87 prosenttia, tuotantotehon vuotuinen lasku on 0,5 prosenttia. Aurinkopaneelien käyttöikä on 40 vuotta ja tuotantotakuu 25 vuotta. Järjestelmän jäännösmyyntihinta on 35 prosenttia, kun se puretaan ja myydään. Lisäksi kiinteistön arvo nousee ja energiaomavaraisuus paranee. (Käpylehto 2009: 107–110.)

8.5.3 Pienet teollisuuskiinteistöt

Suomen 68 000 teollisuus- ja varastorakennuksen lämmönkulutus kattaa 28 prosenttia maan kaikesta lämmönkulutuksesta. Pienien teollisuuskiinteistöjen energiankulutukseen vaikuttaa niiden sijainti, rakennuksen muoto ja materiaali, sekä tuotannon tila- ja ilmanlaatuvaatimukset. (Energiatehokas teollisuuskiinteistö 2019: 4.) Kiinteistöjen lämpötilojen oikeanlaisella optimoinnilla on mahdollista saavuttaa jopa useiden kymmenien prosenttien säästöjä lämmityskustannuksissa (Mikä on *Optiwatti* 2019).

Peruslähtökohtaisesti pienet teollisuuskiinteistöt ovat kytketty älykkääseen sähköverkkoon, jolloin niissä voidaan hyödyntää *Spot*-hintan perustuvaa sähkösopimusta. Älykkään huoneistokohtaisen ohjausjärjestelmän käyttö tuotantokiinteistössä tuo monia muita etuja energiakustannusten optimoimisen lisäksi. Laitteistossa on monia erilaisia ominaisuuksia, joita voi hyödyntää varsinkin tuotantotilojen erilaisiin ohjauksiin ja valvontaan liittyen, kuten esimerkiksi valaistuksen ohjaamiseen. (Mikä on *Optiwatti* 2019.) Valaistuksen käyttökustannuksia voidaan alentaa myös käyttämällä *LED*-valaistusta loisteputkivalaisimien sijaan. Näin voidaan säästää jopa 60 prosenttia valaistuksen kustannuksista. (Energiatehokas teollisuuskiinteistö 2019: 17.)

Energiavaihtoehtona hybridimallin mukaan maalämmön käyttö yhdessä aurinkosähköjärjestelmän kanssa on toimiva lähes kaikissa teollisuuskiinteistöissä. Tämän lisäksi voidaan käyttää tilan ja tuotannon vaatimuksen mukaisesti vesikiertoisia- tai maalämpöpumppuja tai ilmalämpöpumppuja, joiden ohjaus tapahtuu älykkään ohjausjärjestelmän avulla. (Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi 2019; Distributed Energy Systems – Desy 2015.)

8.6 Hybridijärjestelmät

VTT:n johtamassa *CLEEN Oy:n DESY (Distributed Energy Systems)* -projektissa todettiin aurinkosähköjärjestelmän käyttämisen maalämpöpumpun rinnalla olevan kannattava ja ekologinen hybridiratkaisu. Projektissa tutkittiin eri lämmitysmuotoja yhdistelemällä rakennusten ja alueen energia- ja kustannustehokkuutta. Tehokkaimmaksi hyötysuhteeltaan ja elinkaarikustannuksiltaan osoittautui hybridiratkaisu, jossa yhdistyy maalämpöpumppu ja aurinkolämpö. Hankkeessa havaittiin, että useamman kuin yhden paikallisen hybridiratkaisun lisääminen rakennukseen ei ole toistaiseksi kannattava investointi. (Distributed Energy Systems – Desy 2015.)

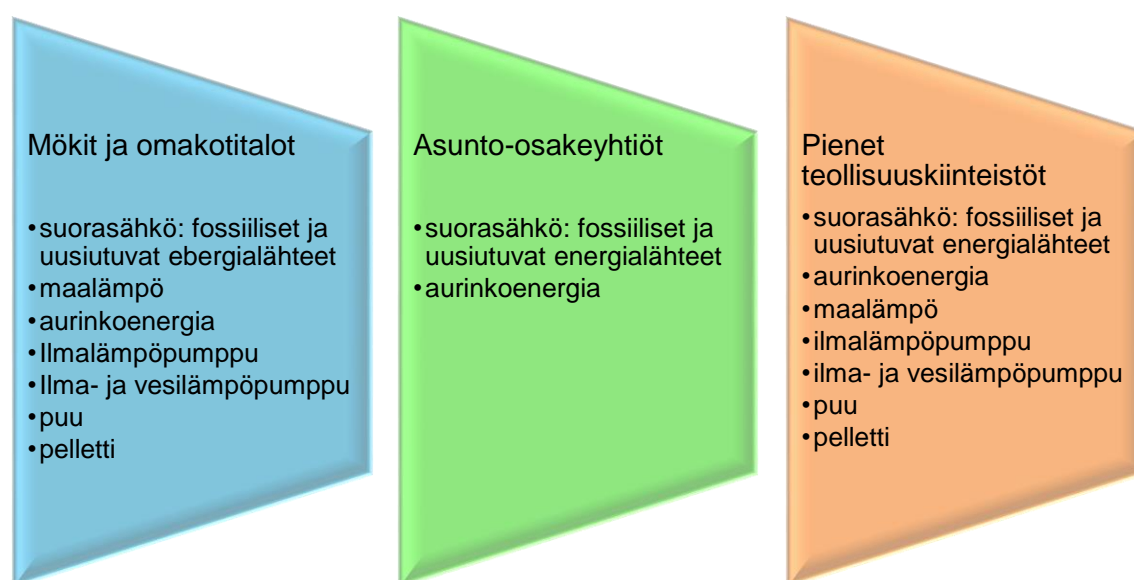
Tulokset osoittavat, että maalämpöpumpun ostosähkön tarvetta on kannattavaa pienentää aurinkoenergialla, jota hyödynnetään lämpönä tai sähköinä. Erityisesti aurinkolämpö osoittautui kannattavaksi maalämmön rinnalla arvioitaessa investointien kannattavuutta. Investoinnin takaisinmaksuaika on 5–6 vuotta verrattuna öljy- ja sähkölämmityskustannuksiin. Jos aurinkosähköllä leikataan lämpöpumpun ostosähkön tarvetta, investoinnin takaisinmaksuaika on noin 9 vuotta. (Distributed Energy Systems – Desy 2015.)

Aurinkolämmön hyödyntäminen kaukolämmön rinnalla on myös kannattavaa, jos aurinkolämpö korvaa keväästä syksyyn tuotantokustannuksiltaan kalliimpaa lämpökattilakapasiteettia. Paikallista kaukolämpöverkkoa voidaan käyttää myös talojen tuottaman ylijäämälämmön lyhytaikaisvarastointiin. (Distributed Energy Systems – Desy 2015.)

Lähes nollaenergiatalossa tarvitaan lisäksi aurinkoenergiaa lisälämmön ja sähkön lähteenä, jolloin ympäristöpäästöt ovat noin 50 prosenttia pienemmät kaukolämpöön ja sähkölämmitykseen verrattuna. (Distributed Energy Systems – Desy 2015.)

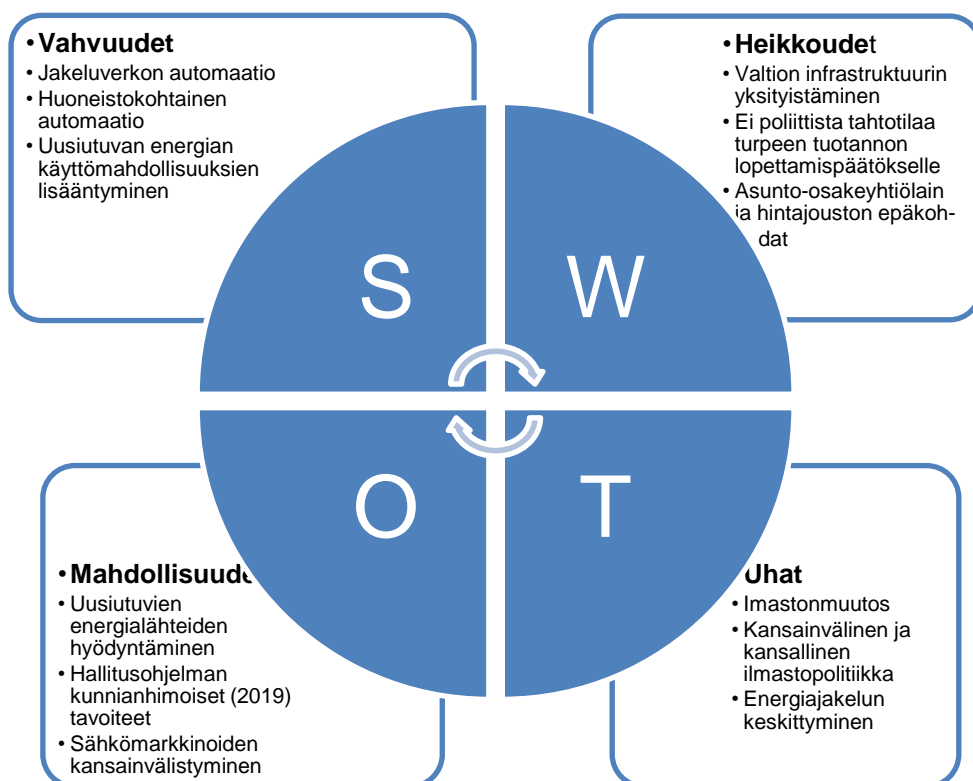
8.7 Tulosten yhteenveto

Pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehdot Suomessa ovat moninaiset, mutta kuluttajan kannalta haasteelliset. Eri vaihtoehtoja on tulosten mukaan useita, mutta yksiselitteistä vastausta siihen, mikä olisi milloinkin kuluttajaystävällisin, edullisin tai kestävä kehityksen kannalta parhain vaihtoehto, on mahdotonta antaa. Kuvassa 13 on koostusti ja tiivistetysti eri vaihtoehdot. Kuvasta voidaan havaita, että asunto-osakeyhtiöissä asuvien pienkuluttajien energianhankintavaihtoehdot ovat huomattavasti suppeammat kuin mökeissä, omakotitaloissa ja pienissä teollisuuskiinteistöissä.



Kuva 13. Pienkuluttajan energianhankintavaihtoehdot

SWOT-analyysissä (kuva 14) esitellään yhteenvedona pienkuluttajan sähköenergian hankintamahdollisuuksien vahvuudet ja heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat Suomessa. Vahvuuksiksi nousivat jakeluverkon automaatio, huoneistokohtainen automaatio sekä uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksien lisääntyminen. Heikkouksina olivat aineiston perusteella valtion infrastruktuurin yksityistäminen, turpeentuotannon lopettamispäätöksen puuttuminen sekä asunto-osakeyhtiölain epäkohdat.



Kuva 14. Pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtojen SWOT-analyysi

Mahdollisuuksiksi nousivat tulosten mukaan uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen, hallitusohjelman 2019 tavoitteet sekä sähkömarkkinoiden kansainvälistyminen. Uhkina olivat aineistossa ilmastonmuutos, kansainvälinen ja kansallinen ilmastopoliittikka sekä energiajakelun keskittyminen. (Kuva 14.)

9 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtoja Suomessa. Tavoitteena oli edistää pienkuluttajien tietoisuutta sähköenergiakulutuksen kustannustehokkaasta optimoisesta sekä uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuuksista. Tarkoitus saavutettiin hyvin, koska erilaisia hankintavaihtoehtoja esiteltiin laajasti eri lähteisiin perustuen. Myös tavoite saavutettiin kohtuullisesti, koska opinnäytetyössä kerrotaan energiankulutuksen optimoisesta sekä uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuuksista mahdollisimman selkeästi ja lukijaystävällisesti.

Pohdinnassa syvennytään tuloksiin ja niiden ratkaisuvaihtoehtoihin sekä kerrotaan opinnäytetyön eettisyydestä ja luotettavuudesta. Lopuksi esitellään jatkotutkimusidea ja luodaan katsaus tulevaan.

9.1 Tulosten tarkastelua

Tulosten mukaan pienkuluttajan hankintavaihtoehdot ovat Suomessa moninaiset, mutta kuluttajan kannalta haasteelliset. Haasteellisuuteen vaikuttavat SWOT-analyysin mukaan muun muassa valtion infrastruktuurin yksityistäminen, alueellisten sähköjakeluverkkojen omistavien sähköyhtiöiden monopoliasema, hintajoustopuupumisen sekä asunto-osakeyhtiölain epäkohdat.

Alueellisten sähköjakeluverkkojen omistavien taloudellista voittoa tavoittelevien sähköyhtiöiden monopoliasema rajoittaa sähköenergian hintakilpailua oleellisesti, koska kuluttajan maksamasta sähkön hinnasta lähes puolet on siirtomaksua. Samoin se vähentää pientuottajan intressiä toimia energiantuottajana (Voho 2019). Myös Ollikka (2017) puhuu jakeluverkon keskittymisen ja siitä aiheutuvan hintajoustopuupumisen haasteellisuudesta pienkuluttajan kannalta. Ruotsin ja Suomen sähkömarkkinoilla on suuria sähköntuottajaosapuolia, jotka osallistuvat sekä ostajina, että myyjinä sähkömarkkinoiden kaupankäyntiin. Sähkömarkkinoiden ja sähköjärjestelmän toimivuuden kannalta olisi hyvä, jos nopeaa hintajoustopuuta olisi enemmän useammalla sähkömarkkinoiden osapuol-

lella niin, että hintasignaali siirtyisi sähkön pienkuluttajalle. Tällöin kuluttajalla olisi mahdollisuus reagoida muuttuviin sähkön hintoihin ja siten vaikuttaa omaan sähkölaskuunsa. (Ollikka 2017.)

Ratkaisuvaihtoehtona voisi toimia lakimuutos, jossa valtionyhtiölle siirtyisi sähkön jakeluverkkojen osakepääoman osake-enemmistö (51–100 prosenttia). Yhtiön tulisi toimia osuuskuntaperiaatteella, voittoa tavoittelematta. Verkon investointi- ja käyttökulut perittäisiin käytetyn sähköenergian mukaisesti siirtokuluna, kuten aikaisemminkin: teollisuuskiinteistöt kiinteistöliittymäkohtaisesti, asunto-osakeyhtiöt kiinteistöliittymäkohtaisesti, jolloin käytettäisiin takamittarointia ja asukas maksaisi taloyhtiölle yhtiökokouksessa sovitun korvauksen käyttämästään sähköstä.

Toinen kuluttajan kannalta haasteellinen seikka on suomalainen asunto-osakeyhtiölaki, joka käytännössä estää uusiutuvien energialähteiden käytön asunto-osakekiinteistöissä. (Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009 1 10§). Ratkaisuna epäkohtaan voisi olla lakimuutos, jossa yksinkertainen enemmistö riittäisi päätöksentekoon energiantoimittajasta. Lisäksi tarvittaisiin valtion tuki uusiutuvien energialähteiden investointiin ja käyttöön asunto-osakeyhtiöissä sekä energiavero fossiilisesti tuotetun sähköenergian käytöstä niin kiinteistöliittymässä, kuin osakkaan liittymässäkin.

Pienkuluttajan sähköenergian hankintavaihtoehtojen vahvuutena olivat tulosten mukaan muun muassa uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksien lisääntyminen, hallitusohjelman 2019 tavoitteet, sekä sähkömarkkinoiden kansainvälistyminen. Uusiutuvien energiatuotantolaitteistojen tekninen kehitys ja -laitteistojen investointikustannusten pieneminen, sekä hallitusohjelman tavoitteet tukevat tulevaisuudessa pienkuluttajan mahdollisuuksia monimuotoisemman sähköenergian hankintaan.

Valtio-omisteisen jakoverkon kunto tulisi selvittää ja verkon kunnostus- ja uusimisinvestoinnit käynnistää välittömästi. Ensisijaista on ilmaverkkojen maakaapelointi vikatiheysalueella sekä suurten asuinkeskuksien jakoverkot. Oletusarvo on, että tällöin vikatiheys vähintään puoliintuu tai jopa putoaa neljäsosaan. Näin verkon kokonaiskäyttökulut puoliiintuisivat jo muutamassa vuodessa, ja sähkönkuluttajilta perittävä energiansiirtomaksu voitaisiin pitää alhaisena. Tämä tukee osaltaan pientuottajien investointihalukkuutta uusiutuvien energialähteiden käyttöön.

Lisäksi sähkön pientuottajien tuottamasta ja myymästä sähköstä ei pitäisi peritä siirtomaksua pientuottajalta, vaan ainoastaan sähkön ostajalta. Tämä kannustaisi osaltaan pientuottajan intressiä investoida uusiutuvan energian tuotantolaitteistoon. Syntyisi alueellisia uusiutuvaan energiantuotantoon perustuvia omavaraisia kokonaisuuksia. Nämä uudet alueet voisivat toimia toistensa varaenergiälähteinä älykkään sähköverkon avulla. Mökkijärjestelmissä ja omakotitaloissa tuettaisiin vastaavasti uusiutuvien energialähteiden tuotantoa valtion toimesta esimerkiksi laiteinvestointien sekä tuotetun ja myydyn sähkön siirtomaksujen vapautusten osalta. Vastaavasti energiavero fossiilisesti tuotetun sähköenergian käytöstä ohjaisi ja kannustaisiin pienkuluttajia lisäämään uusiutuvan energian käyttöään.

Sähköverkosta erillään olevassa mökissä investointi ja käyttökustannuksiltaan edullisin energiavaihtoehto on varaava aurinkosähköjärjestelmä. Verkkosähköön kytketyssä mökissä edullisin lisäenergia saadaan asentamalla aurinkosähköjärjestelmä. Mikäli mökin käyttö on ympärivuotista, tulee harkita älykkään huoneistokohtaisen ohjausjärjestelmän hankkimista, jolloin oleskelutilojen käyttömukavuus lisääntyy ja samalla käyttökustannukset optimoidaan.

Älykkääseen sähköverkkoon kytketyssä omakotitaloissa edullisin energiavaihtoehto on tuntihintaan (*Spot*-hintaa) sidottu sähkösopimus, lisäksi älykäs huoneistokohtainen ohjausjärjestelmä pienentää lämmityskustannuksia jopa 40 prosenttia ja sen investointikustannus kuoleentuu 3–5 vuodessa. Peruslämmitysjärjestelmänä edullisin on hybridimalli, jossa kiinteistön lämmitykseen käytetään maalämpöä ja lisäenergiälähteenä käytetään aurinkosähköä. Maalämmön käyttöä energialähteenä rajoittaa tontin koko. Tulevaisuudessa teknologian kehittyessä aurinkosähköenergiaa voidaan varastoida nykyistä paremmin ja mahdollisesti myydä järkevään hintaan.

Asunto-osakekiinteistöissä (erillis-, rivitalo ja kerrostalokiinteistöt) sähkön kiinteistöliittymäsopimus on kannattavinta tehdä *Spot*-hintaan sidotuksi. Käyttämällä lisäksi oikein mitoitettua aurinkosähköjärjestelmää voidaan kiinteistösähkökustannuksia alentaa oleellisesti varsinkin suurissa asunto-osakeyhtiöissä, kuten kerrostaloissa. Aurinkosähköjärjestelmän hankintaan ja kiinteistöliittymäsopimuksen tekemiseen tarvitaan kiinteistön hallituksen enemmistöpäätös. Tällä hetkellä asukkailla on huoneistokohtaisesti vapaus valita oma sähköntoimittaja, joten yhteisen energiantoimittajan hankkiminen on vaikeaa,

koska tarvitaan 100-prosenttinen kannatus asialle. Edullisin energiakustannus vaihtoehto olisi asunto-osakeyhtiön *Spot*-hintaan kytketty kiinteistöliittymän sähkösopimus, josta asukkaat maksavat asuntokohtaisesti takamittaroidun sähkön käytön mukaan vastiketta taloyhtiölle. Lisäenergialähteenä käytettäisiin aurinkosähköjärjestelmää.

9.2 Eettisyys ja luotettavuus

Tässä opinnäytetyössä noudatettiin tutkimuksen eettisiä ohjeita läpi tutkimusprosessin (esim. Hirsjärvi ym. 2004: 26–27). Tutkijan perusvelvollisuuksiin kuuluu luotettavan tiedon tuottaminen sekä kunnioitus tutkittavien oikeuksia kohtaan. Pääperiaatteena tutkielman teossa on muun muassa, että tutkimusta ei saa tehdä vastoin tutkittavien tahtoa. Opinnäytetyön haastattelukysymyksiin vastaaminen perustui vapaaehtoisuuteen. Lisäksi vastaajien anonymiteetistä pidettiin huolta läpi prosessin ja opinnäytetyön tarkoituksesta ja tavoitteista informoitiin vastaajia.

Opinnäytetyöprosessissa vältettiin epärehellisyttä kaikissa sen osavaiheissa. Tutkielman kirjallisessa osuudessa ei plagioitu toisten tekstiä ja lainausten yhteydessä lainattu teksti osoitettiin asianmukaisin lainausmerkein ja lähdemerkinnöin. Tuloksissa ei sorjuttu johtopäätösten kaunisteluun. Raportoinnissa vältettiin harhaanjohtamista ja käytetyt menetelmät selvitettiin ja perusteltiin. Myös puutteet ja mahdolliset virheet kuvattiin avoimesti. (Hirsjärvi ym. 2004: 27–28.).

Tulosten luotettavuutta heikentää se, että vain muutama yritys seitsemästä vastasi haastattelukysymyksiin. Aineistosta ja lähteistä kuitenkin saatiin vastaukset tutkimuskysymyksiin, eivätkä useammat vastaajat olisi välttämättä tuoneet esille mitään uutta.

Tieteellistä tutkimuskirjallisuutta oli opinnäytetyön käsitteistä melko vähän saatavilla. Tämän vuoksi osa lähteistä on suomenkielisiä nettilähteitä. Tutkielman lähdekritiikki on ollut kuitenkin muilta osin tarkkaa. Kaikissa kohdissa ei tosin ollut mahdollista käyttää primäärlähteitä. Sekundäärlähteiden kohdalla on painotettu tiedon oleellisuutta ja toissijaisten lähteiden luotettavuutta. Opinnäytetyön aihealueeseen viitaten on lähdeaineistossa muutenkin melko paljon sähköisiä lähteitä. Niissä on kuitenkin painotettu sivustojen ja aineiston luotettavuutta, lähdeviitteiden ja lähdeluettelon vastaavuutta sekä oikeata merkitsemistapaa (ks. Hirsjärvi ym. 2004; Hirsjärvi ym. 2016).

9.3 Jatkotutkimusidea

Tämän opinnäytetyön jatkotutkimusideana on selvittää pienkuluttajien näkemyksiä uusiutuvan energian käytöstä sähkön lähteenä. Olisi mielenkiintoista tutkia, ovatko kuluttajat valmiita maksamaan enemmän sähköstään kuin aikaisemmin uusiutuvan energiateollisuuden tukemiseksi? Myös *Farmivirran* tuottajien ja käyttäjien kokemuksia olisi tarpeen selvittää tulevaisuuden opinnäytetöissä lisää. Pienten teollisuuskiinteistöjen energian hankinta voisi olla erillinen tutkimusaihe sen laajuuden vuoksi.

Valtion toimet nyt ja lähitulevaisuudessa ovat avainasemassa siirryttäessä uusiutuvan sähköenergian käyttöön laajamittaisemmin. Hallituksen tulisi tehdä päätös turpeen polttamisen kiellosta vuoteen 2030 mennessä saavuttaakseen ilmastopoliittiset tavoitteensa. Tällä hetkellä ainoastaan päästökauppa ja puun käyttäminen polttoaineena rajoittaa turpeen polttoa. Lisäksi tarvitaan autokannan muutosta fossiilisilla polttoaineilla toimivista autoista hybridi- ja sähköautoihin. Tämä edellyttää valtion tukea sähköautokantaan ja verotuksen lisäämistä fossiilisille polttoaineille tai vaihtoehtoisesti verotuksen kiristämistä autokannan päästöjen mukaan. Sähköautojen käyttö lisää pienkuluttajan investointihalukkuutta uusiutuvan energian käyttöön, koska tuotettu ylimääräinen sähköenergia voidaan hyödyntää sähköautojen lataamiseen. Näillä keinoilla edistetään pienkuluttajan mahdollisuuksia uusiutuvien energiavaihtoehtojen tuottamiseen ja käyttöön.

Lähteet

Aarni, Milja. 2019. Uusiutuva energia Suomessa. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa>. Luettu 27.7.2019.

Asunto-osakeyhtiölaki 2009. 1599/22.12.2009

Asumisen energiankulutus 2017. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. https://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_fi.pdf>. Luettu 29.7.2019.

Auringon säteilyn määrä Suomessa. 2018. Aurinkosähkön perusteet. Uusiutuva energia. Ratkaisut. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa>. Luettu 29.7.2019.

Aurinkosähköt teknologiat. 2018. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat>. Luettu 29.7.2019.

Distributed Energy Systems – Desy. 2015. VTT Technology 224. Verkkoaineisto. VTT. <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T224.pdf>>. Luettu 18.8.2019.

Energiatehokas teollisuuskiinteistö 2019. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf>. Luettu 11.9.2019.

Energian hankinta ja kulutus 2019, 2. vuosineljännes. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. https://www.stat.fi/til/ehk/2018/04/ehk_2018_04_2019-03-28_kuv_013_fi.html>. Luettu 29.7.2019.

Energiavuosi 2018. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto>. Luettu 12.9.2019.

Farmivirran tuottajat. 2019. Verkkoaineisto. Oulun energia. Pohjoista voimaa. <https://www.oulunenergia.fi/farmivirran-tuottajat>>. Luettu 5.8.2019.

Hannus, Tanja. 2013. Sähköä voi ostaa nyt suoraan kotitalalta. Tekniikka 11.12.2013. Verkkoaineisto. Uutiset. Yle. <https://yle.fi/uutiset/3-6979367>>. Luettu 5.8.2019.

Haveri, Petteri. Tukkumarkkinaa yli Euroopan. Tukkumarkkinat. Sähkömarkkinat. Perustietoa energia-alasta. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/tukkumarkkinat>. Luettu 30.7.2019.

Heinimäki, Riina. 2018. Sähköä kannattaa käyttää joustavasti. Sähkömarkkinat. Energiamarkkinat. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/kulutusjousto>. Luettu 2.8.2019.

Heinonen, Sirkka., Hietanen, Olli., Härkönen, Ene., Kiiskilä, Kati. & Koskinen, Laura. 2003. Kestävän kehityksen tietoyhteiskunnan SWOT-analyysi. Tieto. Tutu-julkaisuja 4/2003. Turun yliopisto. https://www.utu.fi/yksikot/ffrc/julkaisut/tutu-julkaisut/Documents/Tutu_2003-4.pdf>. Luettu 5.9.2019.

Hiilamo, Elina-Alina. 2019. Pyhä vai paha turve. Verkkoaineisto. Helsingin Sanomien erikoissartikkeli 8.8.2019. https://dyn-mic.hs.fi/2019/turve/?_ga=2.214396574.820250730.1568298082-824823861.1547639903>. Luettu 11.9.2019.

Hirsjärvi, Sirkka., Remes, Pirkko. & Sajavaara, Paula. 2004. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Hirsjärvi, Sirkka., Remes, Pirkko. & Sajavaara, Paula. 2010. Tutki ja kirjoita. 15.-16. painos. Hämeenlinna: Kirjayhtymä.

Hirvonen, Ritva. (toim.) 2019. Energy visions 2030 for Finland. Suomen energiavisio 2030. Suomenkielinen tiivistelmä. Verkkoaineisto. VTT. https://www.vtt.fi/files/projects/energy_book_series/ev_2030_tiivistelma.pdf>. Luettu 11.9.2019.

Investointituet. 2019. Katselmus ja investointituet. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus-ja_investointituet/investointituet>. Luettu 15.8.2019.

Kostamo, Jari. 2018. Sähkön tuotanto. Perustietoa energia-alasta. Verkkoaineisto. Energiatieto. https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto>. Luettu 14.8.2019.

Käpylehto, Janne. 2016. Auringosta sähkö kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Print Best: Viro.

Lampila, Jouko. 2019. Energiamurros on välttämätön reaktio. Verkkoaineisto. Kestävä energiatalous. <https://www.energiatalous.fi/?p=2439>>. Luettu 16.8.2019.

Mikä on Optiwatti. 2019. Verkkoaineisto. Optiwatti. <https://www.optiwatti.fi/mika-on-optiwatti/>>. Luettu 15.8.2019.

Nord Pool delivers day-ahead and intraday trading, clearing and settlement to customers. 2019. Trading. Verkkoaineisto. Nordpoolgroup. <https://www.nordpoolgroup.com/trading>>. Luettu 30.7.2019.

Ollikka, Kimmo. 2017. Miten sähkömarkkinat toimivat. Verkkoaineisto. Smart Energy transition -hanke. <http://smartenergytransition.fi/fi/miten-sahkomarkkinat-toimivat/>>. Luettu 13.7.2019.

Optiwatin älyjärjestelmä ohjaa lämmitystä puolestasi. 2019. Toimintaperiaate. Verkkoaineisto. Optiwatti. <https://www.optiwatti.fi/mika-on-optiwatti/toimintaperiaate/>>. Luettu 15.8.2019.

Pääministeri Rinteen hallitusohjelma 2019. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/rinteen-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>>. Luettu 16.8.2019.

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2006. Sähköasennukset 1. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Sähkön hinta. 2019. Verkkoaineisto. Optiwatti Oy. <https://www.optiwatti.fi/sahkon-hintamita-kwh-maksaa-enta-sahkonsiirto/>>. Luettu 2.8.2019.

Tarvittava laitteisto. 2018. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto>. Luettu 30.8.2019

Uusiutuva energia Suomessa. 2018. Uusiutuva energia. ratkaisut. Verkkoaineisto. Motiva. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia-suomessa>. Luettu 28.7.2019.

Verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_kytkeaton_aurinkosahkojarjestelma>. Luettu 30.8.2019

Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä 2019. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma>. Luettu 19.7.2019

Voho, Juha. 2019. Nivos Energia Oy. Henkilökohtainen tiedoksianto 31.7.2019.

Älykkäät sähköverkot, 2017. Uusiutuva energia. Ratkaisut. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/alykkaat_sahkoverkot>. Luettu 30.8.2019.

