

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

Uusiutuvan energian investoinnit Suomessa 2030

Investments to renewable energy in Finland 2030

Työn tarkastaja: Tutkija Kari Luostarinen

Työn ohjaaja: Professori Esa Vakkilainen

Lappeenranta 14.11.2018

Tino Kallio

TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Tino Kallio

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Professori Esa Vakkilainen

Kandidaatintyö 2018

34 sivua ja 15 kuvaa.

Hakusanat: uusiutuva energia, investoinnit, 2030.

Tässä kandidaatintyössä perehdytään uusiutuvan energian tulevaisuuden investointeihin. Työn tavoitteena on saada lukijalle käsitys Suomessa tehtävistä uusiutuvaan energiantuotantoon liittyvistä investoinneista, ja niihin liittyvistä tekijöistä. Työn tehdään tutkimalla eri energiantuotantomuotojen kehityssuuntia, sekä ottamalla huomioon jo tehtyjä skenaarioita uusiutuvan energian investoinneista. Näiden lisäksi työssä pyritään esittämään omia näkemyksiä ja tulkintoja tulevaisuuden investoinneista ja niihin liittyvistä tekijöistä. Työssä on hyödynnetty mahdollisimman tuoreita Internetistä löytyneitä lähteitä, jotta työ pysyisi mahdollisimman kauan ajankohtaisena.

Uusiutuvan energian investointeihin vaikuttavat niiden kilpailukykyisyys ja valtion ajama tukipolitiikka. Työssä huomattiin, että voimakkaimmin lähitulevaisuudessa investoidaan tuulivoimaan. Tuulivoiman suosion takana on ollut syöttötariffijärjestelmä, joka on varmistanut tuulivoiman kilpailukykyisyyden. Tuulivoima on noussut tekniikan kehityksen myötä muutenkin kilpailukykyiseksi energianlähteeksi. Aurinkoenergian investoinnit ovat moninkertaistuneet viime vuosien aikana. Aurinkoenergiaa hyödynnetään silti vielä melko vaatimattomasti. Bioenergian tärkeä rooli säilyy myös tulevaisuuden investoinneissa. Muiden energianlähteiden kanssa esiintyy vielä paljon epävarmuuksia, jotka liittyvät pääasiassa niiden kannattavuuteen.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Ilmapiiri investoinneille	6
2.1 EU:n ja Suomen vaikutus	6
2.2 Energia- ja ilmastostrategia vuoteen 2030	7
3 Energiantuotantomuotojen kehitys	9
3.1 Aurinkoenergia	9
3.1.1 Aurinkolämpö Suomessa	10
3.1.2 Aurinkoenergian haasteet	11
3.1.3 Aurinkovoiman mahdollisuudet ja tulevaisuudennäkymät Suomessa	12
3.2 Bioenergia	13
3.2.1 Bioenergiահankkeet ja –investoinnit	14
3.3 Tuulivoima	15
Tuulivoima energiantuotantomuotona	15
3.3.1 Tuulivoimainvestoinnit tulevaisuudessa	16
3.4 Vesivoima	17
3.4.1 Investoinnit vesivoimaan	17
3.4.2 Vesivoiman hyvät ja huonot puolet	18
3.5 Lämpöpumput ja geoterminen energia	18
3.5.1 Lämpöpumppujen tulevaisuus	20
3.5.2 Geoterminen energia Suomessa	20
3.5.3 Geotermisen energian projektit	21
3.6 Aalto- ja vuorovesivoima	21
3.6.1 Vuorovesivoima	24
3.7 Energian varastointi	24
3.7.1 Vety ja metaani	25
4 Tulevaisuuden näkymät	27
4.1 Näkemys Työ- ja elinkeinoministeriön skenaarioista	30
5 Yhteenveto	33
6 Lähdeluettelo	35

1 JOHDANTO

Suomi on energiamurroksen keskellä. Uusiutuvat energianlähteet, kuten bioenergia ja tuulivoima ovat kasvattaneet merkitystään Suomen energiantuotannossa (Tilastokeskus 2016). Uusiutuvan energian tulehisen taustalla vaikuttavat uusiutumattomien energianlähteiden mukanaan tuomat ongelmat. Näitä ovat esimerkiksi uusiutumattomien energianlähteiden rajallisuus, ja erityisesti fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihillen, öljyn ja maakaasun tuottamat kasvihuonekaasupäästöt ja ilmansaasteet. Tulevaisuudessa Suomessa tullaankin hyödyntämään yhä enemmän uusiutuvia energianlähteitä, johon kannustavat myös EU:n ja Suomen tavoitteet. Uusiutuvia energianlähteitä on kuitenkin useita, ja toiset niistä sopivat paremmin Suomen oloihin kuin toiset. Käytännön investointeja suunniteltaessa onkin otettava huomioon monia teknillisiä ja taloudellisia seikkoja.

Kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, mihin uusiutuviin energiantuotantomuotoihin Suomessa investoidaan lähitulevaisuudessa aina 2030-luvulle asti. Työssä selvitetään mitkä tekijät vaikuttavat investointeihin ja miltä kunkin tuotantomuodon tulevaisuus Suomessa näyttää. Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) on julkaissut teettämänsä selvityksen EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan linjauksista ja niiden toteuttamisesta Suomessa. Selvityksessä käsitellään muun muassa uusiutuvan energian investointeja lähitulevaisuudessa. Selvityksen yhteydessä on esitetty kaksi skenaariota uusiutuvan energian investoinneista sähkön- ja lämmöntuotantoon (Pöyry Management Consulting Oy 2016)

Työssä verrataan näitä skenaarioita eri tuotantomuotojen tulevaisuudennäkymiin ja otetaan niihin kantaa. Omaa skenaariota Suomen energiantuotannon tulevaisuudesta ei pyritä luomaan, sillä tulevaisuuden investointeihin liittyy aina poliittisia ja taloudellisia epävarmuustekijöitä.

Työssä käydään läpi yleisiä asioita uusiutuvan energian investointeihin liittyen ja esitellään uusiutuvat energiantuotantomuodot ja niiden kehitys Suomessa. Käsiteltävät tuotantomuodot ovat aurinkoenergia, bioenergia, tuulivoima, vesivoima, geoterminen

energia, aaltovoima ja vuorovesivoima. Työssä esitellään myös keskeisimpiä uusiutuvaan energiantuotantoon liittyviä aiheita, kuten lämpöpumput ja energian varastointi. Eri tuotantomuotojen perusteet ja kehityssuunnat tuntemalla saadaan luotua kattava kuva Suomen uusiutuvan energian tilasta tulevaisuudessa.

2 ILMAPIIRI INVESTOINNEILLE

Investoinnit uusiutuvaan energiaan syntyvät kasvavasta energiantarpeesta, halusta korvata fossiilista ja uusiutumaton energiaa uusiutuvilla energianlähteillä sekä vanhentuvan kapasiteetin korvaamisesta. Uusiutuvan energian hinta on laskenut tekniikan kehityksen myötä, ja se on alkanut kirkkaasti hinnassa perinteisiä fossiilisia polttoaineita. Ainakin vielä toistaiseksi uusiutuvalla energialle myönnetään tukia, jotta sen kilpailukykyisyys saadaan varmistettua (TEM 2016a).

2.1 EU:n ja Suomen vaikutus

Euroopan Unioni on sitoutunut vähentämään päästöjään ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi, minkä johdosta myös Suomelle on asetettu tavoitteita tuleville vuosille. Komissio on ehdottanut Suomen tavoitteeksi saada vähentää päästöjä 39 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Investoinneille voikin hakea työ- ja elinkeinoministeriöstä energiataukea ja investointitukea, millä tuetaan tavoitteen täyttymistä. (TEM 2017)

Valtio tukee uusiutuvan energian investointeja energiataukeella. Energiataukea voidaan hakea hakea muun muassa hankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä. Uusiutuvan energian investointeihin voidaan hakea myös investointitukea, jota myönnettiin vuosille 2016 – 2018 yhteensä 100 miljoonaa euroa. (TEM 2016b) Tukipolitiikalla halutaan varmistaa uusiutuvan energian kilpailukykyisyys, ja siihen liittyvien teknologioiden kehitys Suomessa.

Uusiutuva energia on muuttumassa kilpailukykyisemmäksi tekniikan kehityksen myötä, ja tulevaisuudessa tukia ei välttämättä enää tarvita. Uusiutuvan energian tuet riippuvat kuitenkin istuvasta hallituksesta, ja onkin hankala ennustaa, miten tulevaisuudessa uusiutuvaa energiaa halutaan tukea. Yleinen mielipide on kuitenkin ilmastonmuutoksen ehkäisemisen kannalla, joka puoltaa tukea uusiutuvalla energialle. Toisaalta jos uusiutuvan energian investoinnit huomataan kannattaviksi ilman tukeakin, tuet saatetaan lakkauttaa.

Uusiutuvan energian investointeja tuetaan epäsuorasti myös verotuksella. Hiilidioksidi- ja energiasisältövero suosivat esimerkiksi biopolttoaineita fossiilisten polttoaineiden sijaan (Valtiovarainministeriö 2015). Verotuksella pyritäänkin tietoisesti hillitsemään ilmastonmuutosta. Samaan pyritään myös päästökaupalla. Uusiutuvat energianlähteet, joilla ei ole polttoainekuluja, kuten tuuli- ja aurinkovoima, hyötyvät suoraan kalliimmista päästöoikeuksista. Tämä johtaneekin siihen, että uusiutuvaa energiaa tuotetaan tulevaisuudessa yhä suuremmissa voimaloissa tai puistoissa, kun esimerkiksi polttoainekuluista koostuvat kustannukset pienentyvät radikaalisti. Tällöin kannattaa investoida mahdollisimman suureen tuotantoon, jolloin hinta tuotettua megawattituntia kohden saadaan mahdollisimman alhaiseksi.

2.2 Energia- ja ilmastostrategia vuoteen 2030

Hallitus hyväksyi vuoden 2016 lopulla kansallisen energia- ja ilmastostrategian, joka ulottuu vuoteen 2030. Strategian tavoitteena on saavuttaa EU:n asettamat tavoitteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi, joka on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 – 95 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. (TEM 2017)

Energialinjauksen keskeisenä osana oli uusiutuvan energian käytön lisääminen, jotta se ylittää 50 prosenttia 2020 – luvulla. Suomi luopuu lähes kokonaan kivihiilen käytöstä, ja biopolttoaineiden osuus aiotaan kasvattaa liikentessä 30 prosenttiin. Strategiassa pyritään vähentämään päästökaupasta riippumattomia päästöjä, joista merkittävin yksittäinen osa-alue on liikenne. Tavoite on saada Suomeen vähintään 250 000 sähköautoa ja 50 000 kaasukäyttöistä autoa. Liikennesektorin tavoite ylittää selkeästi EU:n asettaman 10 % osuuden uusiutuvalla energialle, Suomen oman tavoitteen ollessa 20 %. Vuodelle 2030 Suomen tavoite on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 39 % vuoteen 2005 verrattuna. (TEM 2017)

Suomen energia- ja ilmastostrategia asettaa selkeät raamit uusiutuvan energian kehitykselle. Erityisesti bioenergian rooli tulevaisuudessa korostuu, kun biopolttoaineiden määrää pyritään kasvattamaan rajusti. Sähköautojen tulo markkinoille nostanee sähköntarvetta, vaikka sähköautojen lataus hoidettaisiinkin älykkäästi alhaisen

sähkönkulutuksen aikaan. Tämä sähkö olisikin hyvä tuottaa joko uusiutuvilla energianlähteillä tai ydinvoimalla, koska muuten positiivinen ilmastovaikutus menetetään.

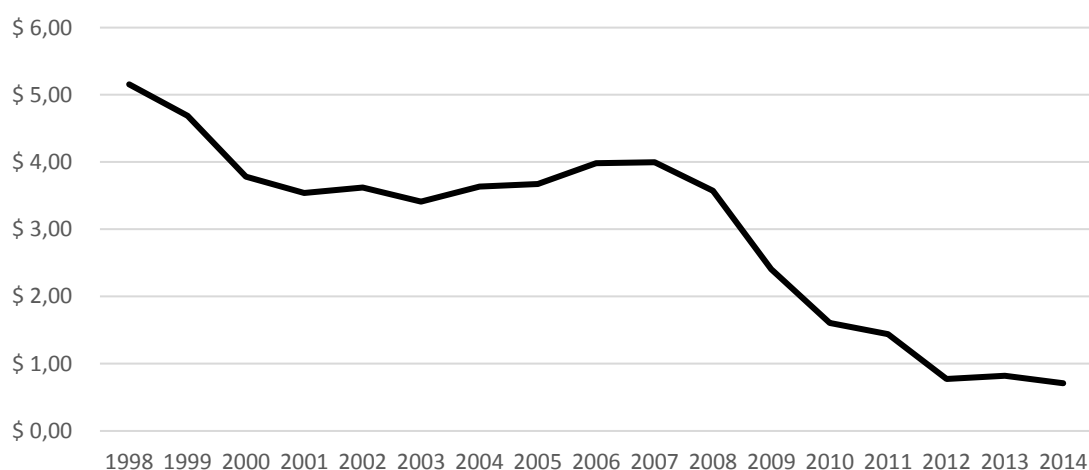
3 ENERGIANTUOTANTOMUOTOJEN KEHITYS

Tässä osiossa käydään läpi tärkeimmät uusiutuvan energian lajit sekä tarkastellaan niiden nykyistä tilaa ja tulevaisuutta. Näitä energiantuotantomuotoja ovat aurinkoenergia, bioenergia, tuulienergia, vesivoima, maalämpö ja geoterminen energia, sekä aalto- ja vuorovesivoima. Näiden lisäksi tarkastellaan energian varastoinnin roolia ja tulevaisuutta.

3.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergialiiketoiminta on kasvanut Suomessa nopeasti viime vuosina, ja sen määrän odotetaan lisääntyvän myös tulevaisuudessa. Aurinkoenergian suosion lisääntymisen taustalla ovat suuri tuotantopotentiaali ja tekniikan kehittyminen. Aurinkoenergiasta odotetaan maailmanlaajuisesti yhtä energiantuotannon kulmakiveä.

Tärkein syy suosion lisääntymiseen on aurinkopaneelien hinnan lasku, joka yhdessä hyötysuhteen parantumisen kanssa tekevät aurinkoenergiasta kilpailukykyisen vaihtoehdon. Hinnan lasku selittyy kehittyneillä tuotantotekniikoilla ja kasvaneella suosiolla, minkä vuoksi paneeleja voidaan tuottaa massatuotannolla halpaan hintaan. Kuvassa 1 nähdään aurinkoenergiasytemien hinnan kehitys Yhdysvalloissa ajan funktiona.

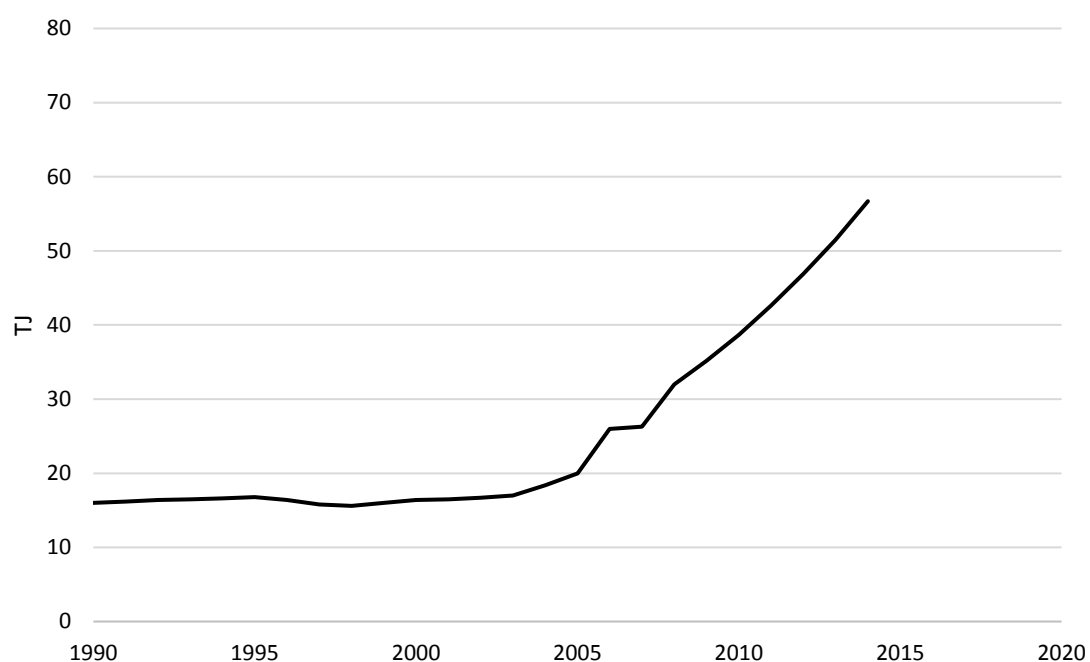


Kuva 1. Aurinkopaneelisysteemien hinnan kehitys Yhdysvalloissa ajan funktiona yksikössä \$/W. (Feldman 2016)

Kuvasta 1 nähdään hintojen lasku aina vuoteen 2014 asti. Trendi on selvästi laskeva ja hintojen lasku jatkuu maailmanlaajuisesti myös tulevaisuudessa.

3.1.1 Aurinkolämpö Suomessa

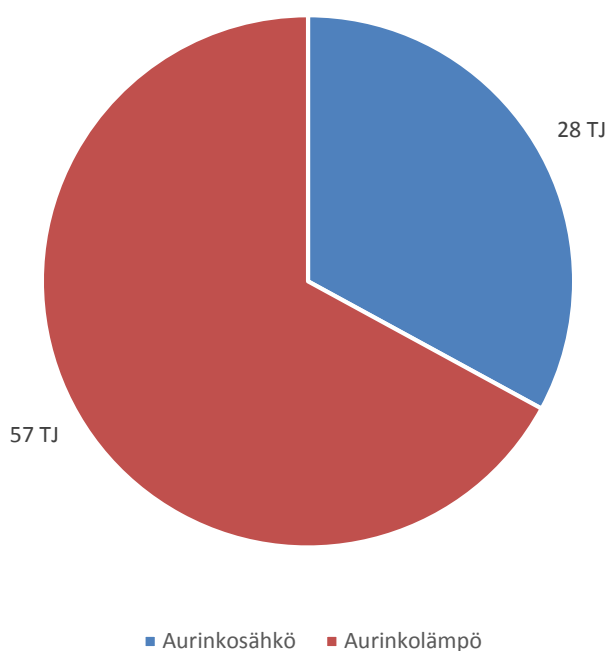
Aurinkoenergia koostuu aurinkosähköstä ja aurinkolämmöstä. Aurinkolämpö eroaa aurinkosähköstä siten, että auringosta saatu lämpö kerätään aurinkokeräimillä ja varastoidaan, esimerkiksi käyttövesivaraajaan (Motiva 2018a). Aurinkopaneelit sen sijaan tuottavat auringon säteilystä sähköä. Aurinkolämmön käyttö on kasvanut voimakkaasti viime vuosina, kuvassa 2 esitetään aurinkolämmön tuotanto Suomessa viime vuosikymmeninä.



Kuva 2. Aurinkolämmön tuotanto Suomessa terajouleina ajan vuodesta 1990 vuoteen 2014. (Suomen virallinen tilasto 2017)

Aurinkolämpö on Suomessa erityisen hyödyllistä, sillä lämmintä vettä tarvitaan ympäri vuoden. Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen tai teollisuudessa prosessiveden lämmitykseen. Sitä voidaan hyödyntää lisäksi monipuolisesti hybridienergiajärjestelmissä, missä energiaa tuotetaan toisiaan hyödyntävillä tavoilla. (FinSolar 2016)

Auringosta saatavaa energiaa hyödynnettiin vuonna 2014 enemmän lämpönä kuin sähköinä, joka on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Aurinkoenergian osuudet Suomessa vuonna 2014. (Suomen virallinen tilasto 2017)

3.1.2 Aurinkoenergian haasteet

Suomen pohjoisen sijainnin vuoksi neliometriä kohden kohdistuu vähemmän säteilyenergiaa kuin lähempänä päiväntasaajaa (European Commission 2017). Suomi ei ole ihanteellinen maa aurinkoenergian tuottoon, esimerkiksi Suomen pohjoisosissa kaamoksen aikaan paneelit eivät tuottaisi lainkaan sähköä. Tämä ei tee aurinkoenergiasta kuitenkaan kannattamatonta. Suuntaamalla paneelit aurinkoa kohden saadaan aurinkosähköä tuotettua tehokkaasti (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2014).

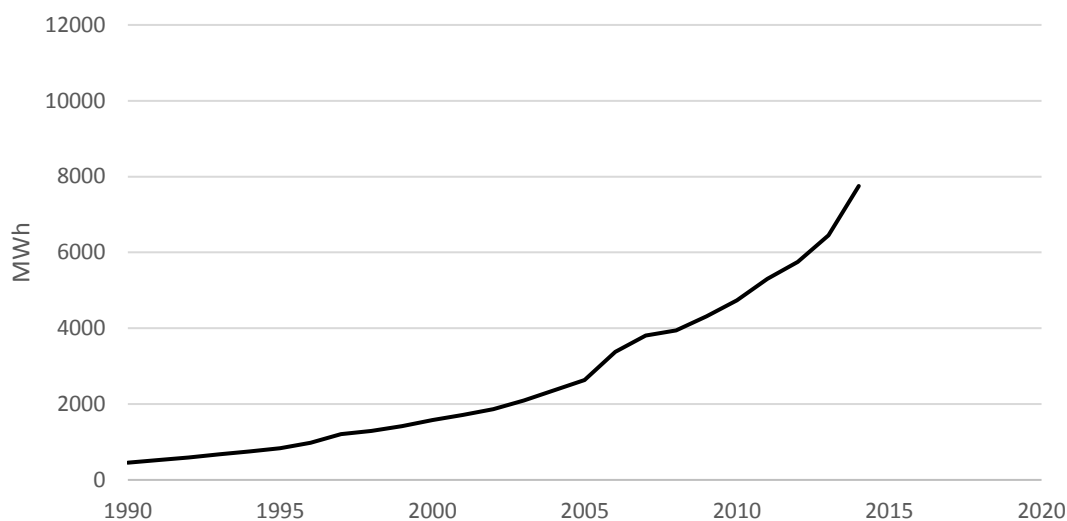
Yksi Suomen ongelmista on juurikin auringon säteilyn kausiluonteisuus. Kesäisin auringonpaiste on runsasta, mutta syksyisin ja talvisin aurinkoenergian tuotto vähenee, kun päivät ovat lyhyempiä ja sää usein pilvinen. Tämä johtaa siihen, että aurinkoenergia ei toimi itsenäisenä ja ensisijaisena energianlähteenä, vaan sen rinnalle tarvitaan säätövoimaa ja muuta tuotantoa, jotta voidaan taata sähkön tasainen saatavuus.

Tehotasapainon ylläpitäminen onkin yksi haasteista, johon voidaan reagoida muuttamalla muun sähkön tuotantoa. Käytännössä runsas aurinkovoiman lisääminen aiheuttaisi voimakasta sähkön hinnan vaihtelua pörssissä. Aurinkoisella säällä aurinkosähköä olisi runsaasti tarjolla, mikä laskisi hintoja. Vastaavasti pimeällä ja pilvisellä säällä sähkön hinta nousisi.

3.1.3 Aurinkovoiman mahdollisuudet ja tulevaisuudennäkymät Suomessa

Suuren tuotantopotentialinsa vuoksi aurinkovoimalla on suuret mahdollisuudet nousta merkittävimmäksi energianlähteeksi tulevaisuudessa, kun uusiutumattomien energianlähteiden käyttöä vähennetään. Suomen vaihtelevasta säästä huolimatta aurinkovoimalla on hyvät edellytykset toimia osana energiantuotantoa.

Luulen, että vielä vuoteen 2030 mennessä aurinkoenergia ei ole noussut tärkeimpien energiantuotantomuotojen joukkoon Suomessa. Tuotannon kasvusta huolimatta aurinkoenergiaa tuotetaan vielä vaatimaton määrä. Aurinkosähköä kannattaakin Suomessa hyödyntää ensisijaisesti omaan käyttöön, jolloin vältetään sähkön siirrosta koostuvat kustannukset. Kuvassa 3 nähdään tuotetun aurinkosähkön määrä megawattitunteina eri vuosina.



Kuva 4. Suomessa tuotettu aurinkosähkö vuosina 1990 – 2014 megawattitunteina. (Suomen virallinen tilasto 2017)

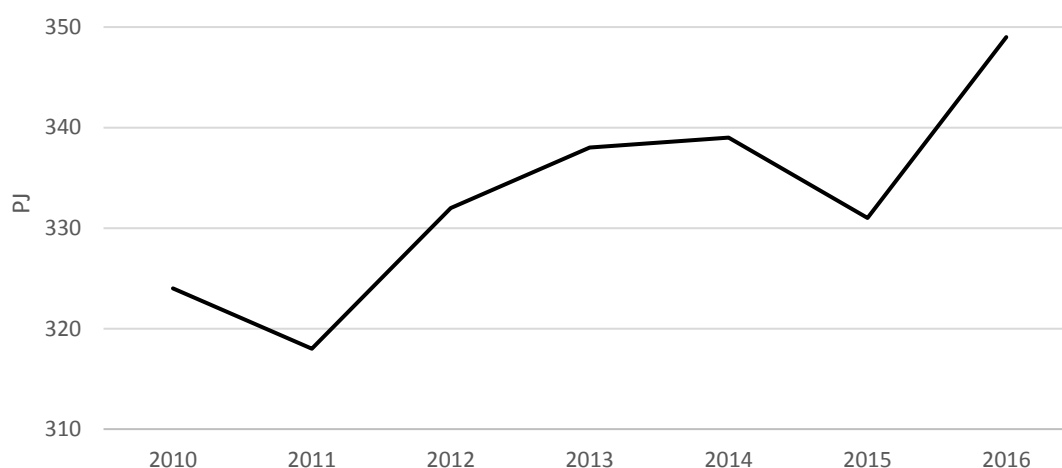
Kuten kuvasta 4 nähdään, kasvu on ollut voimakasta viime vuosina. Tilastokeskukselta saatu data ei huomio yksityisten toimijoiden verkkoon kytkemättömiä aurinkopaneeleja, eli todellista kapasiteettia on enemmän. Vuonna 2017 asennettu aurinkosähkökapasiteetti oli jo noin 70 MW (Finsolar 2018). Esimerkiksi 800 tunnin keskimääräisellä huipunkäyttöajalla tämä tekisi vuonna 2017 tuotetuksi sähköksi 56000 MWh.

3.2 Bioenergia

Bioenergia on Suomen tärkein uusiutuvan energian lähde. Bioenergiaksi luetaan puuperäiset polttoaineet, peltobiomassat, biokaasu ja kierrätys- ja jättepolttoaineiden biohajoava osa (Motiva 2018b). Bioenergia on hiilineutraali energianlähde, vaikka biomassan poltossa syntyykin hiilidioksidia. Pitkällä aikavälillä poltossa vapautunut hiili sitoutuu takaisin biomassaan, kun puut kasvavat takasin. Bioenergia on hyvä energiaratkaisu Suomelle, jossa metsäteollisuus on suuressa roolissa, ja biomassaa on runsaasti saatavilla.

Bioenergiaa hyödyntää eniten juurikin metsäteollisuus. Haketta ja muita prosesseissa syntyviä puupohjaisia sivutuotteita käytetään tehokkaasti hyödyksi metsäteollisuuden

energiantarpeeseen. Biomassan osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta oli 27 % vuonna 2017 (Suomen virallinen tilasto 2017b). Puupolttoaineet muodostavat suurimman osan bioenergiasta. Kuvassa 5 on esitetty sen määrän kehittymistä viime vuosina. (Motiva 2018b)



Kuva 5. Puupolttoaineiden osuus Suomen energiankulutuksesta vuosina 2010 – 2016. (Suomen virallinen tilasto 2017)

Kuvasta 5 nähdään, kuinka puupolttoaineiden osuus on kasvanut 2010 – luvun aikana. Vuosikasvu syntyi vuosien 2015 ja 2016 välillä 5,5 %, mikä vastaa 18 petajoulea. Se on enemmän, kuin tuulivoimalla tuotetun energian määrä, joka oli vuonna 2016 11 petajoulea. Suomen energia- ja ilmastostrategiassa bioenergian käyttöä pyritään lisäämään voimakkaasti. Suurimmat kasvutavoitteet liittyvät lähitulevaisuudessa metsähakkeen käyttöön, jota pyritään lisäämään 13 miljoonaan kuutiometriin. Vuonna 2015 metsähaketta käytettiin 7,3 miljoonaa kuutiometriä, eli määrä pyritään lyhyessä ajassa lähes kaksinkertaistamaan. (Motiva 2018b)

3.2.1 Bioenergiaprojektit ja -investoinnit

Bioenergian käytön lisäämistä tuetaan Suomessa ja muualla maailmassa. Kansainvälisesti bioenergian tuottoa on pyritty edistämään esimerkiksi Bioenergy4Business hankkeella, joka pyrki korvaamaan fossiililla polttoaineilla

tehtävää lämmöntuotantoa biopolttoaineilla. Suomessa bioenergiaprojekteilta voi saada julkista tukea eri rahoitusohjelmista, riippuen hankkeen luonteesta. Bioenergia kiinnostaa myös muiden toimialojen yrityksiä. Esimerkiksi elintarvikealalla toimiva Raisio otti vuonna käyttöön vuonna 2017 9,5 MW:n puuhakkeella toimivan bioenergialaitoksen (Raisio 2017).

3.3 Tuulivoima

Tuulivoimalla on tärkeä rooli uusiutuvan sähköntuotannon tulevaisuudessa. Tuulivoiman kannattavuus on parantunut tuuliturbiinien koon kasvun, alentuneiden käyttö- ja kunnossapitokustannusten ja pidettyneen huipunkäyttöajan ansiosta (Vakkilainen & Kivistö 2017). Tuulivoiman kannattavuuteen on vaikuttanut olennaisesti syöttötariffijärjestelmän käyttöönotto vuonna 2011, joka on mahdollistanut kaupallisen menestyksen (Tuulivoimayhdistys 2018a).

Syöttötariffi takasi sähkön tavoitehinnaksi 83,50 €/MWh, jotta sähkön kannattava tuotanto saatiin varmistettua (Finlex 2012). Sähkön hinnan alittaessa tavoitehinnan, valtio maksoi erotuksen tavoitehinnan ja markkinahinnan välillä. Vuonna 2018 astui kuitenkin voimaan uusi uusiutuvalle energialle teknologianeutraali tuotantotukijärjestelmä (Motiva 2018c).

Tuulivoima energiantuotantomuotona

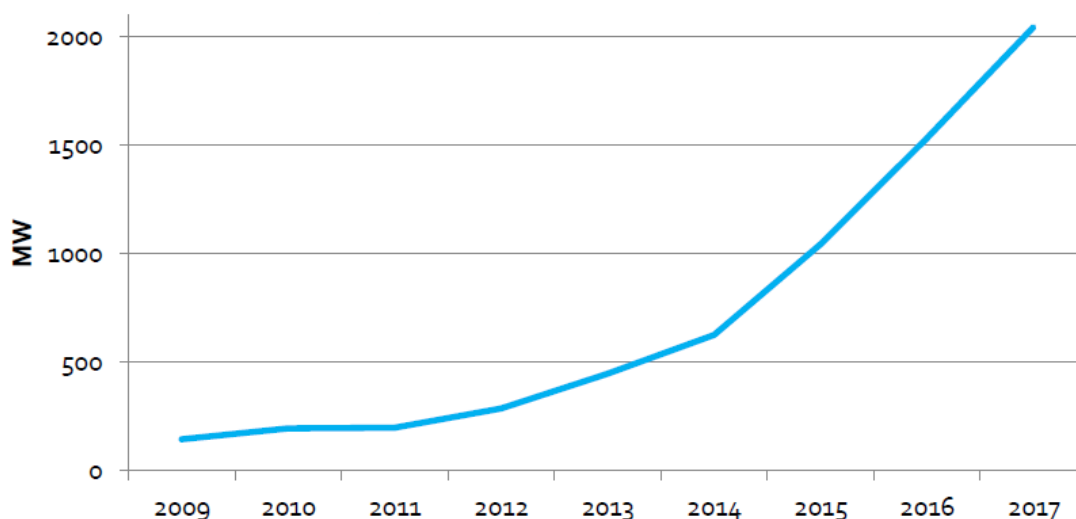
Tuulivoiman hyviä puolia ovat sen saasteettomuus ja sekä uusiutuvuus. Sähkö saadaan tehtyä tuulen liike-energiasta, joka pyörittää tuuliturbiinin lapoja ja sitä kautta generaattoria. Tuulivoimalla ei siis ole lainkaan polttoainekustannuksia, vaan ainoat kustannukset syntyvät tuulivoimalan rakentamisesta ja sen ylläpidosta. Itse rakentaminen on moniin muihin energianlähteisiin verrattuna nopeaa. (Tuulivoimayhdistys 2018b)

Tuulivoimalla on myös joitain heikkouksia. Tuulivoimalat ovat melko kalliita rakentaa, ja yhä korkeampien voimaloiden rakentaminen lienee myös tulevaisuudessa kallista. Tuulivoiman aiheuttamaa melua ollaan kuvattu häiritseväksi, ja sen katsotaan myös aiheuttavan maisemahaittoja. Merkittävä heikkous on myös tuulesta riippuva, ja siten

epäsäännöllinen tuotanto. Lisääntyvä tuulienergia luo sähkömarkkinoille epävarmuutta, sekä tarpeen säätövoimalle, aivan kuten aurinkovoimakin. Toisaalta kun tuulivoimaloita rakennetaan enemmän eri puolelle Suomea, tuotanto saattaa hieman tasoittua, sillä usein kuitenkin jossain päin Suomea tuulee.

3.3.1 Tuulivoimainvestoinnit tulevaisuudessa

Kasvava tarve uusiutuvalle energialle on luonut lukuisia uusia tuulivoimainvestointeja. Suomeen oli keväällä 2018 suunnitteilla jopa 15500 MW edestä tuulivoimahankkeita, jotka ovat arvoltaan yli 23 miljardia euroa. Näistä hankkeista runsaat 2000 MW on määrä rakentaa merelle, ja 13000 MW maalle. Noin puolelle tästä kapasiteetista on myönnetty luvat, joten tuulivoimakapasiteetin on syytä olettaa kasvavan voimakkaasti lähitulevaisuudessa, nykyisen kapasiteetin ollessa noin 2044 MW. Rakennettavan tuulivoimakapasiteetin todellista määrää on kuitenkin vielä vaikea arvioida, sillä kaikki suunniteltavat tuulivoimalat eivät välttämättä toteudu. Kuvassa 6 esitetään tuulivoimakapasiteetin muutosta viime vuosikymmenen aikana. (Tuulivoimayhdistys 2018b)



Kuva 6. Tuulivoiman asennettu kumulatiivinen kapasiteetti vuosina 2009 – 2017. (Suomen tuulivoimayhdistys 2017)

Kuvasta huomaa, kuinka vuodesta 2011 eteenpäin tuulivoimakapasiteetti on lähtenyt kasvuun. Kasvun taustalla näkyy syöttötariffijärjestelmän käyttöönotto, mikä vauhditti tuulivoiman rakentamista. Vuodesta 2018 eteenpäin käyrä näyttäne vielä jyrkemmältä, kun suunnitteilla olevat investoinnit alkavat toteutua.

Tuulivoiman nopea kasvu ei voi jatkua loputtomiin. Kasvu jatkuu kuitenkin näillä näkymin ainakin seuraavan vuosikymmenen ajan, kun suunnitteluvaiheessa olevat voimalat valmistuvat. Kannattavuus nousee merkittävimmäksi tekijäksi investointeihin uuden tuotantotukijärjestelmän ansiosta. Tuulivoimalla on hyvät edellytykset tuottaa sähköä todella edullisesti. Esimerkiksi tuulivoimayhtiö TuuliWatti on rakentamassa Iihin tuulipuistoa, jonka tuotantokustannukset tulevat olemaan arvioiden mukaan hieman alle 30 €/MWh, mikä on alhainen verrattuna muihin tuotantomuotoihin (TuuliWatti 2018). TuuliWatin mukaan alhaiseen tuotantokustannuksen takana on kasvanut tornikorkeus, jolloin päästään käsiksi voimakkaampiin tuuliin.

Tuulivoiman tuotantoon liittyy myös epäsuoria kustannuksia, jotka tulisi huomioida investointia tehtäessä. Tuotantokustannuksiin tulisi lisätä myöskin sähkön varastointi, huipputeho ja varavoima, eli noin 15 €/MWh, jotta tuottokustannukset huomioisivat kaikki tekijät. (Vakkilainen & Kivistö 2017)

3.4 Vesivoima

Vesivoima on suurin uusiutuvan sähkön tuottaja Suomessa. Sen osuus sähkön kokonaiskulutuksesta oli 15,6 %. Vesivoima perustuu veden potentiaalienergian hyödyntämiseen. Vesi virtaa korkeammalta vesitasolta alemmalle turbiinin läpi. Suomessa toimii noin 250 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettua kapasiteetti on noin 3190 MW. (Motiva 2017)

3.4.1 Investoinnit vesivoimaan

Suomen suurimmat vesivoimaan sovelletut kohteet on pääasiassa jo rakennettu, eikä mahdollisuuksia suureen lisärakentamiseen juuri ole. Pienvesivoiman, eli alle 1 MW laitosten rakentamiselle on mahdollisuuksia, joita kuitenkin rajoittavat projektien

kannattamattomuus sekä ympäristöseikat. Vesivoimakapasiteetin lisääntyminen tulevaisuudessa onkin pitkälti nykyisten voimaloiden tehonkorotusten vastuulla. Tulevaisuudessa vesivoimakapasiteetin ei oleteta kasvavan suuresti, sillä suurin osa tehonkorotuksista olemassa oleviin voimaloihin on jo tehty. Uusia vesivoimaloita ei todennäköisesti tulla juurikaan enää rakentamaan. (Energiateollisuus 2018)

3.4.2 Vesivoiman hyvät ja huonot puolet

Vesivoiman positiiviset puolet liittyvät sen uusiutuvuuteen ja käyttövarmuuteen. Vesivoima on puhdas tapa tuottaa sähköä, eikä se tuota ilmastoon päästöjä. Vesivoimalla voidaan tuottaa sähköä tasaisesti, ja sillä katetaankin vuosittain 12 – 16 % osuus Suomen sähköntuotannosta, riippuen vuoden virtausmääristä. Vesivoima sopii mainiosti säätövoimaksi, sillä sen tuotantoa pystytään nopeasti ja helposti säätelemään vastaamaan tarvetta. Tulevaisuudessa säätövoiman tarve tulee kasvamaan tuuli- ja aurinkosähkön myötä, joten vesivoimalla on nyt ja tulevaisuudessa tärkeä rooli uusiutuvana säätövoimana, sekä osana luotettavaa ja paikallista sähköntuotantoa. (Energiateollisuus 2018)

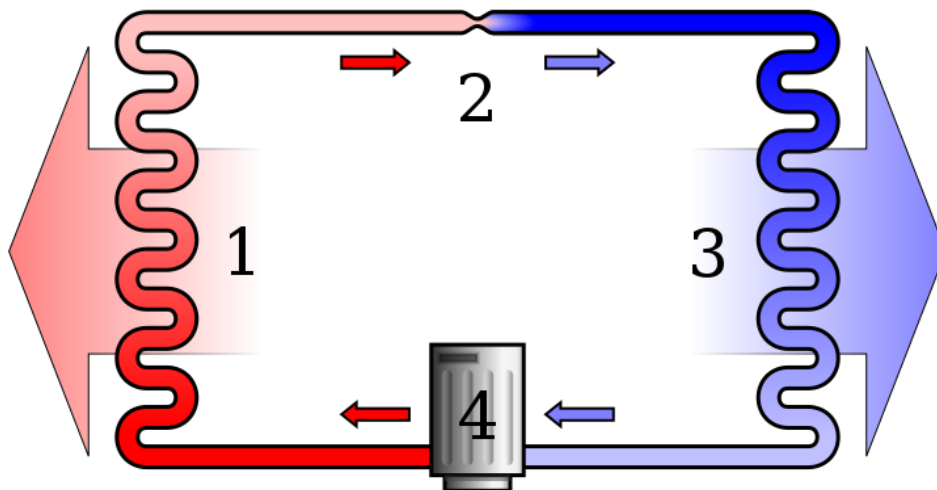
Vesivoiman haasteet liittyvät sen rajallisuuteen ja vaikutuksiin lähiympäristöön. Kuten todettu, vesivoimaa ei ole tarjolla juuri nykyistä kapasiteettia enempää, joten siitä ei saada ratkaisua fossiilisten polttoaineiden korvaamiselle ja sähkönkulutuksen nousulle. Vesivoimaloiden rakentamisella on lähiympäristölleen joitain haitallisia vaikutuksia. Vesi ei pilaannu tai huonone kulkiessaan vesivoimalan läpi, mutta padot ja säännöstelyaltaat vaikuttavat kalakantoihin, sekä veden pinnankorkeuteen ja virtaamiin. Vesivoimaloiden yhteydessä olevat padot estävät kaloja liikkumasta, jolla on vaikutuksia koko joen ekosysteemiin. Näitä vaikutuksia pyritään kuitenkin pienentämään esimerkiksi kalojen istuttamisella. (Energiateollisuus 2018)

3.5 Lämpöpumput ja geoterminen energia

Lämpöpumput ovat kasvattaneet nopeasti suosiotaan viime vuosien aikana (Sulpu 2013). Lämpöpumput jakautuvat ilma- ja maalämpöpumppuihin sen perusteella mistä lämpö

otetaan. Ilmalämpöpumppuja on erilaisia, mutta niiden investointikustannukset ovat maalämpöpumppuihin verrattuna pienemmät. Ilmalämpöpumput toimivat huonommin kylmällä ilmalla, ja tarpeeksi kovalla pakkasella niistä ei ole enää mitään hyötyä, minkä vuoksi niitä ei voi pitää itsenäisenä lämmönlähteenä. Maalämpöpumput ovat taas investointeina melko kalliita, mutta ovat käyttökustannuksiltaan alhaisia. Maasta saatu lämpö on toisaalta tasaista, mikä helpottaa lämmitysjärjestelmän suunnittelua. (Motiva 2018c)

Lämpöpumpun idea perustuu kylmäaineen olomuodon muutoksiin. Kylmäaineen painetta säädellään kompressorin ja paisuntaventtiilin avulla, alhaisella paineella kylmäaine höyrystyy, jolloin se sitoo itseensä lämpöä. Höyrystynyt kylmäaine siirtyy kompressorille, joka nostaa sen painetta. Kompressorin jälkeen kylmäaine lauhtuu takaisin nesteeksi vapauttaen ympäristöön lämpöä. Kuvassa 7 on esitetty yksinkertaistettu lämpöpumppprosessi.



Kuva 7. Lämpöpumppprosessi. Kohdassa 1 kylmäaine lauhtuu ja luovuttaa lämpöä, kohdassa 2 paisuntaventtiili erottaa kylmää ja lämmintä puolta ja ylläpitää paine-eroa, kohdassa 3 kylmäaine höyrystyy ja sitoo itseensä lämpöä ja kohta 4 on kompressor, joka nostaa painetta. (Karonen 2017)

Lämpöpumppua voidaan käyttää myös kylmäkoneena, jolloin prosessi toimii toiseen suuntaan. Tämä on erityisen hyödyllistä, kun lämpöpumppu tulee tilaan, joka vaatii ajoittain sekä jäähdytystä, että lämmitystä.

3.5.1 Lämpöpumppujen tulevaisuus

Lämpöpumppujen merkitys tulee tulevaisuudessa kasvamaan, ja niiden määrä on noussut viime vuosina rajusti. Lämpöpumppujen suosiota on selittänyt niiden hyvä kannattavuus ja COP:n (Coefficient Of Performance), eli tehokertoimen nousu. Lämpöpumppulla voidaan tuottaa lämpöä jopa 3-5 kertaa tehokkaammin verrattuna suoraan sähkölämmitykseen, riippuen ulkoilman lämpötilasta. Suosiota ovat nostaneet lisäksi suhteellisen alhaiset investointikustannukset, jotka mahdollistavat lämpöpumppujärjestelmien hankinnan myös matalatuloisten asuntoihin.

Lämpöpumppujen hyödyllisyys korostuu tulevaisuudessa, kun sähkömarkkinoiden tulee sopeutua tuuli- ja aurinkovoiman tuotannon vaihteluun. Lämpöpumppuja voi hyödyntää energian varastointiin, jota voi käyttää, kun sähkön kysyntä ja hinta on korkealla. Esimerkiksi aurinkolämpöä voi varastoida maalämpöpiiriin, jolloin maalämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella, mikä tarkoittaa pienempää sähkönkulutusta, kun lämmitystarve pysyy vakiona. (Motiva 2018c)

3.5.2 Geoterminen energia Suomessa

Geoterminen energia on ainakin vielä toistaiseksi melko tuntematonta Suomessa. Geoterminen energia muistuttaa hieman maalämpöä, sillä molemmissa tapauksissa hyödynnetään maaperästä saatavaa lämpöä. Ero näiden välillä syntyy kuitenkin siitä, että geoterminen energia hyödyntää radioaktiivisesta hajoamisesta syntyvää lämpöä, ja maalämpö auringosta saatua lämpöä (Energiateollisuus 2017). Geoterminen energia vaatii paljon syvemmän reiän maalämpöön verrattuna, jotta lämpöä saadaan hyödynnettyä, sillä lämpötila kasvaa syvemmälle maaperään mentäessä.

Geotermistä energiaa voidaan hyödyntää tehokkaasti maissa, jotka ovat tuliperäisiä, kuten Islannissa, jolloin kuuma vesi on maan pinnalla tai lähellä sitä. Suomessa

geoterminen energia perustuu kuitenkin syvien reikien poraamiseen, joihin pumpataan vettä. Kierrossa oleva vesi lämpenee, josta lämpö otetaan talteen. Geoterminen energia on siis lähes päästötöntä, vaikka sähköä kuluukin prosessissa esimerkiksi veden pumppaamiseen. Suurimman esteen geotermiselle energialle luovatkin syvien reikien porauskustannukset, jotka nostavat geotermisen energian investointikustannuksia huomattavasti. (Energiateollisuus 2017)

3.5.3 Geotermisen energian projektit

ST1 rakentaa Espoon Otaniemeen Suomen ensimmäistä geolämpövoimalaa, joka valmistuessaan tulee teholtaan olemaan 40 MW. Lämpö tuotetaan poraamalla kaksi noin 6,5 kilometrin syvyistä reikää maahan, joista toiseen pumpataan vettä. Toisesta reiästä otetaan lämpimän veden mukana tuleva lämpö talteen lämmönvaihtimen avulla, ja syötetään tuotettu lämpö kaukolämpöverkkoon. (ST1 2018)

Suomen kova kallioperä luo projektille haasteita, kilometrien syvyyteen poraaminen on kallista ja teknisesti haastavaa. Reikien porauksen jälkeen vesi on saatava kiertämään reikien välillä, mikä vaatii tuntemusta veden virtauksesta kallioperässä. Tämän avulla voidaan optimoida toisen reiän poraamissuunta maan alla. (ST1 2018)

Onnistuessaan projektilla voi olla merkittävä vaikutus Suomen energiantuotantoon. Tasainen lämmöntuotanto, joka ei perustu palamiseen, herättää taatusti mielenkiintoa, kun pyritään päästöttömään tulevaisuuteen. Tässä vaiheessa on vaikea arvioida geotermisen energian investointeja tulevaisuudessa, sillä projektin epäonnistuessa tai ollessa kannattamaton, kiinnostus geolämpöön todennäköisesti lopahtaa lähivuosiksi, kun tarjolla on muitakin kiinnostavia energiantuotantomuotoja. Onnistuessaan projekti voi synnyttää nopeastikin uusia investointeja, kun kaukolämmön tuotannosta halutaan päästötöntä.

3.6 Aalto- ja vuorovesivoima

Aaltovoima on energiantuotantomuotona melko uusi ja tuntematon. Aaltovoimala hyödyntää aaltojen liike-energiaa muuntaen sen sähköksi. Eri aaltovoimalatyyppejä on

monia. Suomessa toimivia aaltoenergiaan keskittyviä yrityksiä ovat esimerkiksi Wello ja AW-energy, jotka tarjoavat erilaisia ratkaisuja aaltoenergian hyödyntämiseen. Kuvassa 8 näkyy Wellon kehittämä Penguin wave energy converter, joka on rakenteeltaan veneen tapainen, ja se heiluu aallokossa. Heilunnan liike-energia saadaan talteen kannen alla olevan roottorin avulla (Wello 2018). AW-energyn tarjoama aaltovoimala perustuu merenpohjaan rakennettavaan valtavaan siipeen, joka liikkuu edestakaisin aaltojen mukana (AW-energy 2018). AW-energyn voimalaratkaisu on esitetty kuvassa 9.



Kuva 8. Wellon kehittämä aaltovoimala, joka hyödyntää aluksen keinuntaa sähkön tuottoon. (Wello 2017)



Kuva 9. AW-energyn kehittämä meren pohjaan asennettava aaltovoimala. (AW-energy 2018)

Maailmanlaajuisesti aaltoenergiaa hyödynnetään vielä hyvin vähän, vuoden 2017 lopulla Wello sai tilauksen 10 MW aaltovoimalasta Balille, joka tulee valmistuessaan olevan maailman suurin aaltovoimala (Wello 2017). Suomessa aaltovoimaan on investoinut merkittävästi esimerkiksi Fortum, joka on osakkaana sekä Wellossa, että AW-energysssä (Fortum 2017).

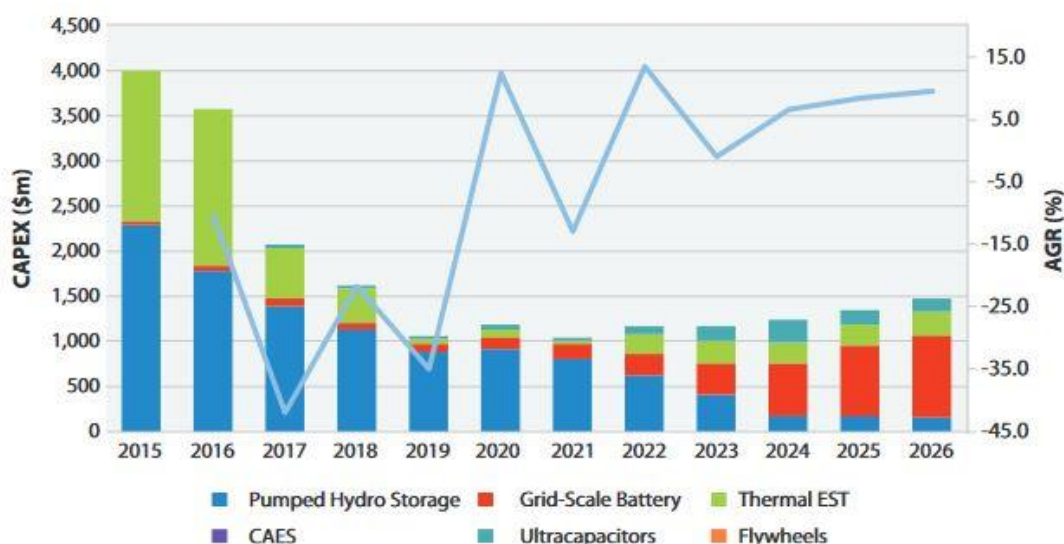
Aaltoenergiassa kiinnostavat ympäristöystävällisyyden lisäksi sen suuri tuotantopotentiaali ja tuotannon ennustettavuus. Aallot sisältävät paljon energiaa, ja niiden suuruutta voidaan ennustaa tuulen liikkeitä paremmin, koska aallot syntyvät tuulesta. Aaltoenergian kehitystä onkin mielenkiintoista seurata tulevina vuosina, sillä potentiaalia on paljon, mutta kaupallinen soveltaminen on vielä alkutekijöissään. Aaltoenergia on kiinnostavaa lähinnä globaalisti ajateltuna. Suomen rannikoille iskevät aallot ovat melko heikkoja globaalisti ajateltuna, ja meren jäätyminen talvella voi tuoda ongelmia aaltoenergian tuotantoon. Suomesta kuitenkin löytyy potentiaalisia aaltoenergian yrityksiä, joten tulevaisuudessa kehitystyö ja investoinnit aaltoenergiaan jatkunevat, vaikeivat voimalat Suomeen tulisikaan.

3.6.1 Vuorovesivoima

Vuorovesi-ilmiöstä johtuvasta veden virtauksesta voidaan myös tehdä sähköä vesiturbiinien avulla. Vuorovesi-ilmiö johtuu kuun vetovoimasta, joka vetää vettä puoleensa, mikä näkyy rannikoilla vetäytyvänä rantaviivana (Alternative-energy-tutorials 2018). Vuorovesivoima soveltuu parhaiten paikkoihin, joissa vuorovesi-ilmiö on erityisen voimakas. Suomi ei kuitenkaan kuulu näihin paikkoihin, joten lienee turvallista sanoa, ettei vuorovesivoimaloita tulla Suomessa rakentamaan.

3.7 Energian varastointi

Monet uusiutuvat energianlähteet, kuten esimerkiksi aurinko- ja tuulivoima tuottavat sähköä epäsäännöllisesti, mikä luo haasteita sähköntuotannon tasaisuuden säilyttämiselle. Tämä luo tarpeen sähkön varastoinnille, johon tulee myös panostaa uusiutuvan energian lisääntyessä. Suurin osa energiavarastoista perustuu lämpövarastoihin ja pumppuvoimalaitoksiin. Kuvassa 10 on esitetty arvio energiavarastomarkkinoista tulevaisuudessa.



Kuva 10. Energiavarastomarkkinat vuosina 2016 – 2026. (Energy Storage Technologies (EST) Yearbook 2016)

Yksi ratkaisua on säilöä sähköä akkuihin. Akkuvarastoinnin ongelmana on kuitenkin sen korkea hinta ja huono hyötysuhde (Partanen 2018). Akkuteknologia kuitenkin kehittyy kovaa vauhtia ja hintojen lasku voi olla tulevaisuudessa hyvinkin rajua. Maailmalla on jo tekeillä merkittäviä projekteja. Kesällä 2018 uutisoitiin maailman suurimman sähkövaraston rakentamisesta Etelä-Australiaan (Energia uutiset 2018). Teslan toimittama sähkövarasto on kapasiteetiltaan 100 MW ja se rakennetaan tuulivoimapuiston yhteyteen.

Sähköautojen yleistyminen ja kehitys saattaa olla ratkaisu tulevaisuuden varastointiongelmaan. Älykkään sähköverkon myötä sähköautojen akut voisivat toimia verkkoon kytkettynä myös sähkövarastoina. Näin varastointikapasiteetti olisi hajautettua, eikä olisi tarvetta investoida suuriin ja kalliisiin sähkövarastoihin.

3.7.1 Vety ja metaani

Energian varastointi vetyyn tai metaaniin on myös vaihtoehto. Vetyä voidaan tuottaa esimerkiksi elektrolyysin avulla vedestä, jolloin vesimolekyyli hajoaa vedyksi ja hapeksi johtamalla siihen sähköä. Metaaniin voidaan varastoida sähköä tuottamalla Sabatier – reaktion avulla metaania vedystä ja hiilidioksidista (Guerra et al. 2018). Polttokennoilla vetystä voidaan taas haluttaessa tehdä sähköä. Vety ja metaani toimivat kuitenkin myös polttoaineena, ja niitä voidaan käyttää eri polttoaineseoksissa.

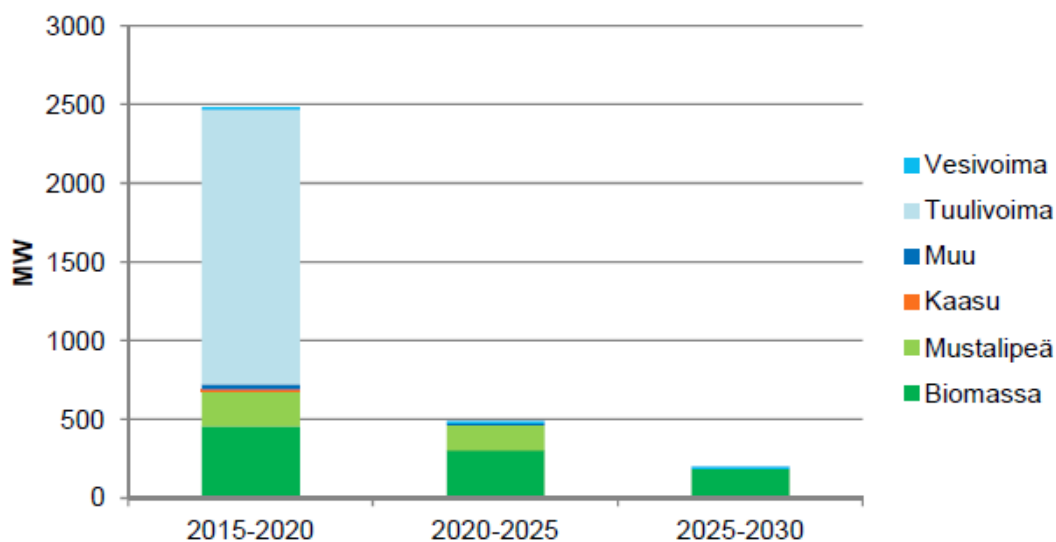
Tulevaisuudessa voidaankin siirtyä niin sanottuun metaanitalouteen, jossa metaania käytetään laajasti energian säilymiseen ja kuljetukseen sekä polttoaineena. Vetyyn verrattuna metaani on turvallisempi ja helpompi käyttää (Lampinen 2012, 68). Suomessa maa- ja biokaasua myy esimerkiksi Gasum. Jalostettu biokaasu ja maakaasu ovat molemmat suurimmaksi osin metaania. Gasumin mukaan vuonna 2017 Suomessa oli arviolta 3500 kaasuautoa (Taloussanomien 2017), joten matkaa TEM:n asettamaan tavoitteeseen 50 000 kaasuautoa vuonna 2030 on vielä runsaasti matkaa.

Energian kantajana ja sähkövarastona on tutkittu myös metanolia. Metaani- ja metanolilaitosten operatiivisten tutkimusten perusteella metanolille saatiin 44,9 %

kokonaishyötysuhde, mikä on korkein kemiallisista sähkövarastoista. Myös metanolin yleisyys kemikaalina tekee siitä hyvän ehdokkaan tulevaisuuden energiavarastoksi. (Räuchle et al. 2016)

4 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

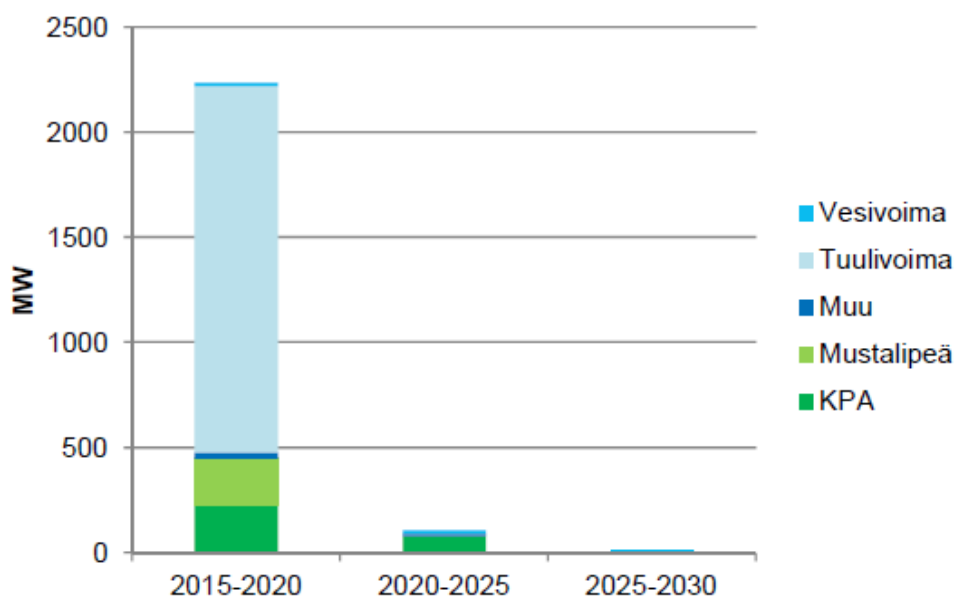
Tulevaisuuden investointien tarkastelussa on tärkeää ymmärtää eri energiantuotantomuotojen teknistä kehitystä ja potentiaalia. TEM:n teettämän selvityksen perusteella arvioidaan EU:n energia- ja ilmastostrategiaa vuoteen 2030. Selvityksessä arvioidaan investointien tulevaisuutta niiden kannattavuuden ja sähkön hintakehityksen perusteella. Kuvassa 11 on esitetty selvityksessä tehty skenaario investoinneista uusiutuvaan energiaan.



Kuva 11. Kansalliset tavoitteet – skenaario. Investoinnit uusiutuvaan energiaan sähköntuotannossa vuosien 2015 ja 2030 välillä. (Pöyry management Consulting Oy 2016, 54)

Kuvasta 10 nähdään tuulivoiman suuret investoinnit lähitulevaisuudessa, joista suuri osa on jo käynnissä. Lisäksi bioenergian odotetaan kasvavan myös hallituksen nykyisen linjan mukaisesti. Skenaarion mukaan investoinnit laskevat voimakkaasti 2020 – luvulle tultaessa, kun suuri määrä tuulivoimaprojekteja toteutuu. Syöttötariffien poistuminen vuonna 2018 vaikuttaa skenaariossa vähentävästi tuulivoimainvestointeihin. Selvityksen julkaisuvuonna 2016 tuulivoiman oletettiin todennäköisesti olevan riippuvainen tuesta myös tulevaisuudessa. Vasta vuoden 2018 aikana tuulivoiman kilpailukykyisyys on noussut esille tuulivoimayhtiöiden esittämien tuotantohintojen perusteella.

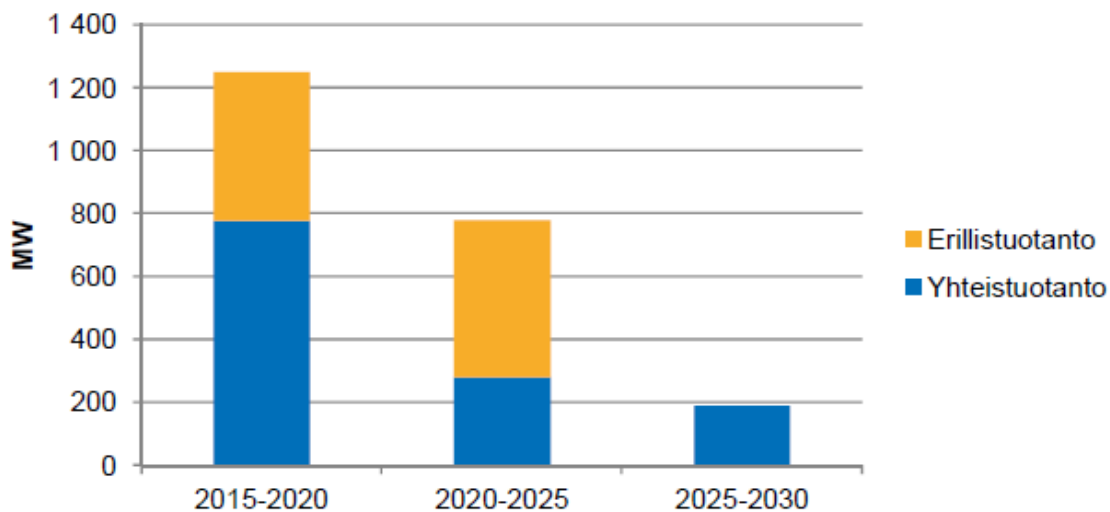
Skenaariossa muut tuotantomuodot muodostavat vain hyvin pienen osan lähitulevaisuuden investoinneista, vesivoiman investoinnit lienevät tehonkorotuksia. TEM esittää myös Matalan kasvun skenaarion, joka on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Uusiutuvan sähköntuotannon arvioidut investoinnit Matalan kasvun skenaariossa vuosien 2015 – 2030 välillä. (Pöyry management Consulting Oy 2016, 54)

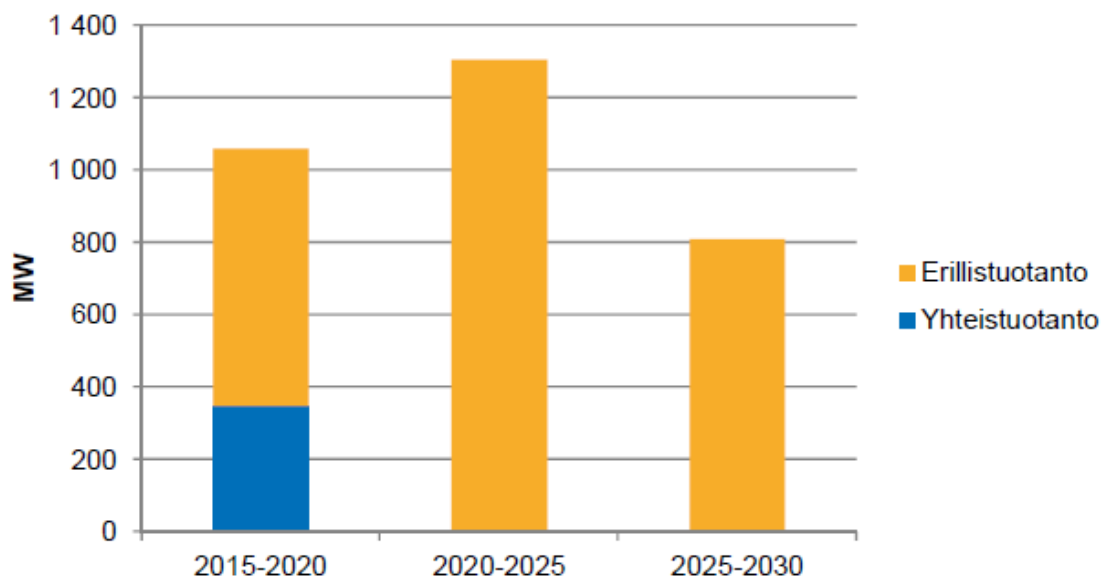
Kuvan 11 mukainen Matalan kasvun skenaario esittää pessimistisemmän näkemyksen uusiutuvan sähköntuotannon investoinneista. Investoinnit oletetaan noin 800 MW alhaisemmiksi kuin Kansalliset tavoitteet skenaariossa, ja esimerkiksi uusia sellutehdashankkeita ei oleteta syntyvän Äänekosken sellutehtaan lisäksi. Matalan kasvun skenaario olettaa, että vanhentuvia yhteistuotantolaitoksia ei korvata, vaan että ne korvataan joko lämpökattiloilla tai muilla keinoin. Yhteistuotannon epävarmaan tulevaisuuteen vaikuttaa esimerkiksi sähkön epävarma hintakehitys tulevaisuudessa.

Skenaariot on tehty myös uusiutuvan lämmöntuotannon investoinneista. Kansalliset tavoitteet skenaario on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Investoinnit uusiutuvaan energiaan kaukolämmöntuotannossa Kansalliset tavoitteet-skenaariossa vuosina 2015 – 2030. (Pöyry management Consulting Oy 2016, 55)

Kansalliset tavoitteet- skenaario odottaa lämmöntuotannon siirtyvän hiljalleen sähkön ja lämmön yhteistuotantoon paremman kannattavuuden vuoksi. Suurin osa investoinneista tapahtuu skenaarion mukaan vuosien 2015 ja 2020 välillä, ja vuoden 2025 jälkeen investoinnit keskittyvät yhteistuotantoon. Investoinnit ovat luonteeltaan vanhentuvan kapasiteetin korvaamista. Varsin erilaiset kuvan tulevaisuuden lämmöntuotannosta luovuttavan Matalan kasvun skenaario, joka on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Investoinnit uusiutuvaan energiaan kaukolämmöntuotannossa Matalan kasvun skenaarion mukaan vuosina 2015 – 2030. (Pöyry management Consulting Oy 2016, 56)

Kuvan 14 esittämä Matalan kasvun skenaario luo varsin erilaisen kuvan tulevaisuuden investoinneista. Skenaario olettaa lämmön erillistuotannon muuttuvan kilpailukykyisemmäksi kuin yhteistuotanto, jolloin investoinnit keskittyvät erillistuotantoon. Lisäksi skenaario olettaa investointeja kaukolämmöntuotantoon, mikä näkyy kokonaismäärän kasvuna lähempänä vuotta 2030.

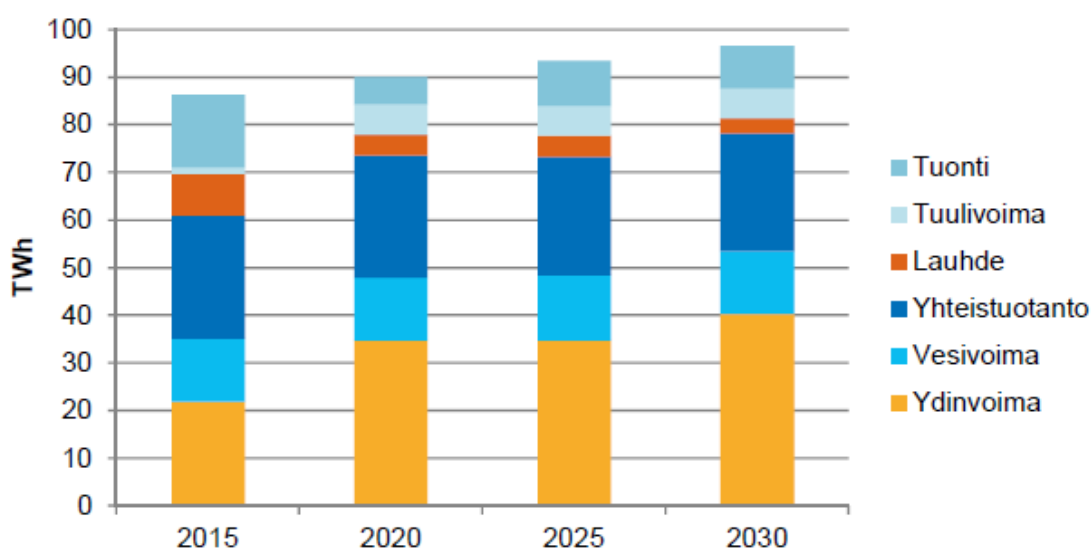
4.1 Näkemys Työ- ja elinkeinoministeriön skenaarioista

Investoinnit uusiutuvaan energiaan tehdään skenaarioiden mukaan suurimmaksi osin 2020 – luvun tienoilla. Tämä pohjautuu siihen, että näillä investointimäärillä Suomi saavuttaisi EU:n antaman uusituvan energiantuotannon tavoitteensa. Skenaariot tehtiin kannattavuuden sekä tiedossa olevien investointien perusteella. Lisäksi huomioitiin vanhan kapasiteetin vanheneminen.

Skenaarioiden mukaan tuulienergia luo suurimman osan lähitulevaisuuden kasvusta, joka on linjassa sen tiedon kanssa, mitä löysin muista lähteistä. Myös bioenergian vahva asema uusiutuvan energian tuotannossa jatkuu, ja siihen investoidaan myös tulevaisuudessa. Yksi silmiinpistävä asia oli aurinkoenergian puuttuminen tulevaisuuden investoinneista.

Aurinkoenergia ei ole vielä lyönyt kunnolla läpi Suomessa, vaikka maailmalla investoidaankin satojen megawattien aurinkovoimaloihin. Vuonna 2017 sähköverkkoon kytkettyä kapasiteettia oli noin 20 MW, mikä on vielä melko vaatimaton määrä.

Tekes arvioi tulevaisuuden energia – katsauksessaan aurinkosähkön lyövän läpi 2020 ja 2030 – luvun paikkeilla, kun hintojen aleneminen ja sähkön varastointikustannukset laskevat tarpeeksi (Tekes 2017, 20). Samaan aikaan uusien paneelityyppien hyötysuhteiden paraneminen lisää houkuttavuutta. Nämä asiat huomioon ottaen pidän outona, ettei TEM ole kummassakaan skenaariossaan ottanut aurinkosähköä huomioon edes vuosien 2025 ja 2030 välille. Suomessa esimerkiksi ja S-ryhmä on alkanut investoimaan aurinkosähköön. Fortum toimittaa S-ryhmälle 10 MW aurinkosähköjärjestelmän, jotka rakennetaan Prismojen ja muiden liikekiinteistöjen katoille (Kauppalehti 2018). Suurten yritysten investoinnit uusiutuvaan energiaan toimivat suunnan näyttäjinä myös muille toimijoille. Tulevaisuudessa voidaankin odottaa lisää vastaavanlaisia investointeja muilta yrityksiltä. Samaan aikaan tuontisähkön määrän oletetaan pysyvän noin 10 % tienoilla, kuten nähdään kuvassa 15, johon on mallinnettu Suomen sähköntuotanto lähitulevaisuudessa.



Kuva 15. Kansalliset tavoitteet – skenaarion mukainen sähköntuotanto Suomessa tuotantomuodoittain vuosina 2015 – 2030.

Osan tuontisähkön määrästä voisi hyvin korvata aurinkoenergialla, mutta se vaatisi varastointi- ja säätövoimakustannusten alenemista tuotantokustannusten ohella. Erityisesti paikallisella aurinkosähköntuotannolla voitaisiin tuottaa osa suurten yritysten sähköstä. Sähkön hinnannousulla lienee positiivinen vaikutus niin suuriin kuin pieniinkin aurinkovoimainvestointeihin. Sähkön hinta on noussut melko voimakkaasti vuosien 2017 ja 2018 välillä, mikä helpottaa aurinkosähköinvestointien nousua kannattavaksi.

5 YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tarkasteltiin uusiutuvan energian investointeja lähitulevaisuudessa aina 2030-luvulle asti. Uusiutuvan energian investointeihin vaikuttavat tulevaisuudessa eri tuotantomuotojen tekninen kehitys sekä valtion ajama tukipolitiikka. Tekniikan kehittyminen ja sen tuoma kustannusten lasku on tehnyt esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimasta kilpailukykyisiä.

Eniten lähitulevaisuudessa investoidaan tuulivoimaan, jonka investoinnit sijoittuvat 2020-luvun tienoille. Tuulivoiman suuren suosion takana oli syöttötariffijärjestelmä, joka takasi tuulisähkön tuottajalle korkean myyntihinnan. Tämä tukijärjestelmä kuitenkin poistui vuonna 2018. Uudet tuulivoimalat pystyvät jo tuottamaan sähköä kilpailukykyisesti ilman tariffijärjestelmää. Tulevaisuudessa kannustetaan kilpailukykyisimmän tuotannon rakentamiseen, johon tuulivoimalla on hyvät mahdollisuudet.

Suomelle tärkeässä roolissa oleva bioenergia jatkaa kasvuaan hallituksen tavoitteiden mukaan. Selluntuotannon jäтелиemenä syntyvä syntyvän mustalipeän ja biomassan määrän odotetaan kasvavan TEM:n teettämän selvityksen skenaarioissa. Aurinkoenergia on kasvanut Suomessa voimakkaasti, mutta tuotanto on vielä vaatimatonta ottaen huomioon Suomen kokonaisenergiatarpeen. Aurinkoenergiaa hyödynnetäänkin Suomessa enemmän paikallisesti. TEM:n teettämän selvityksen skenaariot eivät usko aurinkoenergian investointeihin skenaarioissaan ainakaan vielä vuoteen 2030 mennessä.

Toisaalta toisessa Tekesin tekemässä selvityksessä aurinkoenergian uskotaan lyövän läpi

2020- ja 2030-lukujen taitteessa. Työssä havaittiin, että Tekesin arvio aurinkovoiman tulevaisuudesta on todennäköisemmin toteutuva, ja 2020-luvulla aurinkovoima on noussut jo huomionarvoiseksi energianlähteeksi sen nopean kasvun ansiosta. Aurinkoenergian tulevaisuutta ja muita tuotantomuotoja tutkimalla kuitenkin päädyttiin siihen johtopäätökseen, ettei aurinkoenergia ole vielä vuonna 2030 Suomen merkittävimpien energianlähteitä.

Myös muita energianlähteitä, kuten aaltovoimaa ja geotermistä energiaa kehitellään Suomessa. Tulevaisuuden investointeja näihin on hankala arvioida, sillä ne riippuvat pitkälti nykyisten projektien onnistumisesta ja kustannuksista. Vesivoimaan ei odoteta tulevaisuudessa suuria investointeja, sillä vesivoimalat parhaille paikoille on jo rakennettu. Tulevaisuuden investoinnit keskittyvät siis vanhojen voimaloiden kunnossapitoon ja mahdollisiin tehonkorotuksiin.

Tulevaisuuden investointien kohtalon päättää lopulta energiantuotannon hinta. Uusiutuvan energian investointeja tukee sille myönnettävät tuet ja verohelpotukset. Tuuli- ja aurinkoenergiaa hyödyntää myös päästökauppa, joka nostaa fossiilisilla polttoaineilla tuotetun energian hintaa. Energiantuotannon poliittisuuden vuoksi tulevaisuudessa esiintyy aina huomattavia epävarmuustekijöitä. Muutokset verotuksessa ja tukipolitiikassa voivat aina muuttaa kannattavuutta, minkä vuoksi tulevaisuuden investointeja arvioitaessa on säilytettävä tietty varoivaisuus.

6 LÄHDELUETTELO

Alternative energy tutorials, 2018. Tidal Energy. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.11.2018]. Saatavilla: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/tidal-energy/tidal-energy.html>

AW-energy, 2018. Waveroller. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.7.2018]. Saatavissa: <http://aw-energy.com/waveroller/#technology>

Energiateollisuus, 2017. Energiantuotanto. Sähköntuotanto. Geoterminen voima. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.8.2018]. Saatavissa: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/geoterminen_voima

Energiateollisuus, 2018. Energiantuotanto. Sähköntuotanto. Vesivoima. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.6.2018]. Saatavissa: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/vesivoima

Energiauutiset, 2018. 'Maailman suurin sähkövarasto' 30.5.2018. [Online]. [Viitattu 9.11.2018]. Saatavilla: <https://www.energiuutiset.fi/etusivu/maailman-suurin-sahkovarasto.html>

European Commission, 2017. Photovoltaic geographical information. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.8.2017]. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html#!

Feldman, David et al. 2016. Photovoltaic System Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections 2015 Edition. National Renewable Energy Laboratory. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 12.8.2017]. Saatavissa: <https://dx.doi.org/10.7799/1254998>.

Finlex, 2012. Laki uusiutuvilla energianlähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. Syöttötariffin maksaminen. 23 §, Tavoitehintaa ja muuttuva tuotantotuki. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.11.2018]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101396>

Finsolar 2016. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.8.2017]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>

Finsolar 2018. Aurinkoenergian tilastot. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.8.2018]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/aurinkoenergian-tilastot/>

Fortum, 2014. 'Fortum jatkaa panostustaan aaltovimateknologioiden tutkimukseen ja kehitykseen hankkimalla osuuden Wellosta' 1.9.2014. [Lehdistötiedote]. [Viitattu 4.7.2018]. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/media/2014/09/fortum-jatkaa-panostustaan-aaltovimateknologioiden-tutkimukseen-ja-kehitykseen>

Guerra et al., 2018. Methane production by a combined Sabatier reaction/water electrolysis process. Journal of Environmental Chemical Engineering. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 12.11.2018]. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/322107475_Methane_production_by_a_combined_Sabatier_reactionwater_electrolysis_process

Kauppalehti, 2018. 'S-ryhmästä Suomen suurin aurinkosähkön tuottaja – Fortum sai historiallisen suuren aurinkosähköjärjestelmän toimituksen' 16.4.2018. [Online]. [Viitattu 26.6.2018]. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/s-ryhmasta-suomen-suurin-aurinkosahkon-tuottaja-fortum-sai-historiallisen-suuren-aurinkosahkojarjestelman-toimituksen/cfe23c21-83c9-37e6-952b-c80265ea5fc5>

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2014. 'Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa', 12.11.2014, [Online]. [Viitattu 23.8.2017]. Saatavissa: https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa

Lampinen Ari, 2012. Tiekartta uusiutuvaan metaanitalouteen. Suomen Biokaasuyhdistys. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 12.11.2018]. Saatavissa: https://cbg100.net/_files/200000738-3a2fa3b28a/Sektoriraportti_LVM_2012.pdf

Motiva, 2017. Uusiutuva energia. Vesivoima. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.7.2018].
Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/vesivoima

Motiva, 2018a. Aurinkolämpö. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.6.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo

Motiva, 2018b. Uusiutuva energia. Bioenergian käyttö. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.2.2018].
Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto

Motiva, 2018c. Uusiutuva energia. Lämpöpumput. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.9.2018].
Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput

Partanen Jarmo, 2018. Energiavirtaa-lehti 1/2018. 'Miksi sähköä on niin vaikea
varastoida?' 23.2.2018. [Online]. [Viitattu 10.11.2018]. Saatavilla:
<https://www.vantaanenergia.fi/magazine/energiavirtaa-lehti-1-2018/miksi-sahkoa-niin-vaikea-varastoida/>

Pöyry Management Consulting Oy, 2016. EU:n 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan
linjausten toteutusvaihtoehdot ja Suomen omien energia- ja ilmastotavoitteiden
toteutuminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. [Verkkoaineisto]. [Viitattu
9.9.2017]. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2772829/EUn+2030+ilmasto-+ja+energiapolitiikan+linjausten+toteutusvaihtoehdot+ja+Suomen+omien+energia-+ja+ilmastotavoitteiden+toteutuminen.pdf/12eba82a-c044-47df-9325-e5d6c39ff1e9>

Raisio, 2017. 'Raisio-konsernin tehdasalue Raisiossa muuttuu hiilineutraaliksi'
21.6.2017, [Online]. [Viitattu 12.4.2018]. Saatavissa: <https://www.raisio.com/raisio-konsernin-tehdasalue-raisiossa-muuttuu-hiilineutraaliksi>

Räuchle et al., 2016. Methanol for Renewable Energy Storage and Utilization.
[Verkkoaineisto]. [Viitattu 16.11.2018]. Saatavissa:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ente.201500322>

Suomen virallinen tilasto (SVT). Energia 2017. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.8.2017]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2017/html/suom0000.htm

ST1, 2018. Geolämpö. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.8.2018]. Saatavissa: <https://www.st1.fi/geolampo>

Sulpu, 2013. Lämpöpumpputilasto. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 10.9.2018]. Saatavissa: <https://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumpputilastoja-SULPU.pdf>

Taloussanomat, 2017. ‘Suomessa 3500 autoa, Ruotsissa 50 000 – tästä syystä kaasuauto ei ole yleistynyt’ 19.9.2017. [Online]. [Viitattu 13.11.2018]. Saatavissa: <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000005373131.html>

Tekes, 2017. Tulevaisuuden energia 2030...2050. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 14.11.2018]. Saatavissa: https://tem.fi/documents/1410877/2772829/332_2017_Tulevaisuuden+energia_2030_2050.pdf/4f1c0ec0-58fc-4c1c-9297-7f90ac01615b

Tilastokeskus, 2016. StatFin. Energia. Energian hankinta ja kulutus. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin ja CO₂-päästöt. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 17.8.2017]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_001_fi.px/?rxid=503285ec-e209-4b69-ad44-f1deba9278db

Tuulivoimayhdistys, 2018a. Tietoa tuulivoimasta. Miksi tuulivoima tarvitsee tukea? [Verkkosivu]. [Viitattu 7.8.2018]. Saatavissa: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietopankki-tiiviisti-tarkeista-kysymyksista/miksi-tuulivoima-tarvitsee-tukea>

Tuulivoimayhdistys, 2018b. ‘Suomessa suunnitteilla tuulivoimainvestointeja 23 miljardin edestä’ 23.4.2018, [Online]. [Viitattu 8.8.2018]. Saatavilla: http://www.tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tiedotteet/3655/suomessa_suunnitteilla_tuulivoimainvestointeja_23_miljardin_edesta

Tuuliwatti, 2018. 'TuuliWatti aloittaa uuden strategiansa toteutuksen rakentamalla markkinaehtoisesti tuulipuiston Iin Viinämäkeen' 23.5.2018, [Online]. [Viitattu 5.11.2018]. Saatavissa: <http://www.tuuliwatti.fi/tiedotteet/tuuliwatti-aloittaa-uuden-strategiansa-toteutuksen-rakentamalla-markkinaehtois>

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016a. Energiatuki. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.7.2018]. Saatavissa: <https://tem.fi/energiatuki>

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016b. Energia- ja ilmastostrategia. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.7.2018]. Saatavissa: <https://tem.fi/strategia2016>.

Valtiovarainministeriö, 2015. Energiaverotus. [Verkkosivu]. [Viitattu 31.10.2018]. Saatavissa: <https://vm.fi/energiaverotus>.

Vakkilainen, Esa & Kivistö, Aija, 2017. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 'Sähköntuotannon hintavertailu: tuulivoima edullisin' 1.9.2017, [Online]. [Viitattu 5.11.2018]. Saatavissa: https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/sahkontuotannon-hintavertailu-tuulivoima-edullisin

Wello, 2017. 'Wello is supplying a 10 MW wave energy park to Bali' 28.12.2017, [Online]. [Viitattu 2.7.2018]. Saatavissa: <https://wello.eu/2017/12/28/wello-supplying-10-mw-wave-energy-park-bali/>

Wello, 2018. The Penguin. Techonology. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.7.2018]. Saatavissa: <https://wello.eu/the-penguin/technology/>