

Ida-Maria Hanski

**Suomen energiankäyttö nyt ja
tulevaisuudessa**
- kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyö
Energiatekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Ida-Maria Hanski	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2017
Opinnäytetyön nimi Suomen energiankäyttö nyt ja tulevaisuudessa -kirjallisuuskatsaus		38 sivua
Toimeksiantaja		
Ohjaaja Jyri Mulari		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoite oli kuvata Suomen energiankäyttöä tällä hetkellä ja tulevaisuudessa 2030- ja 2050-luvuilla. Opinnäytetyö on rajattu öljyn, kivihiilen, maakaasun, turpeen, bioenergian, vesivoiman, tuulivoiman, aurinkovoiman ja ydinenergian käytön tarkasteluun nyt ja tulevaisuudessa. Opinnäytetyö perustuu kirjallisuuskatsaukseen. Haasteellisinta oli tiedon hankinta. Pääasiassa olen käyttänyt tiedonhankintaan internetiä, koska painettu tieto on jäljessä. Tulevaisuudessa haasteita tulevat olemaan energian kulutuksen vähentäminen, ympäristökijöiden huomioiminen ja energiamarkkinoiden vapautuminen. Pääsääntöisesti energiankulutus tulee vähenemään paitsi kotitalouksien energiankulutus. Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan Suomen energiapäätöksiin. Ilmastonmuutosta pyritään hallitsemaan energiansäästöillä, uusiutuvaa energiaa käyttämällä sekä uusilla ydinenergiateknologioilla. Fossiiliset polttoaineet tulevat säilyttämään asemansa. Öljy- ja maakaasuvarat tulevat vähenemään, mikä nostaa niiden hintoja. Riippuvuus öljystä ja maakaasusta tulee korvata uusiutuvilla sekä muilla fossiilisilla energianlähteillä. Ydinenergian merkitys kasvaa tulevaisuudessa. Bioenergia on tärkein uusiutuvista energianlähteistä. Se tulee olemaan vientivalttimme. Tuulivoima ja aurinkosähköpotentiaali ovat Suomessa rajalliset. Polttokennojen käyttö on tulevaisuuden teknologiaa. Omavaraisuusasteen on Suomessa lisäännyttävä. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataan toimia, joilla Suomi saavuttaa hallitusohjelmassa sovitut tavoitteet vuoteen 2030. Suomi luopuu pienin poikkeuksin kivihiilen energiakäytöstä. Liikenteen biopolttoaineiden osuus nostetaan 30 prosenttiin. Tavoitteena on vähintään 250 000 sähkökäyttöistä ja 50 000 kaasukäyttöistä autoa. Uusiutuvan energian osuus kulutuksesta ylittää noin 50 prosenttiin ja energian omavaraisuus 55 prosenttiin. Tuontiöljyn käyttö puolittuu tavoitellusti.		
Asiasanat energia, tulevaisuus, uusiutuva energianlähde		

Author (authors)	Degree	Time
Ida-Maria Hanski	Bachelor of Engineering	May 2017
Thesis Title Finnish Energy Consumption Now and in the Future -Literature Review		38 pages
Commissioned by		
Supervisor		
Jyri Mulari, Senior Lecturer		
Abstract		
<p>The objective of the thesis was to describe Finnish energy consumption now and in the future in 2030s and 2050s. The thesis is limited to oil, coal, natural gas, peat, bioenergy, waterpower, wind power, solar energy and nuclear energy consumption now and in the future.</p>		
<p>The thesis is based on literary sources. It was difficult to limit subject, because it was so large. I hope that my thesis will be an information package.</p>		
<p>Fossil fuels will be retained and oil and natural gas resources will decrease. Dependence on oil and natural gas will be replaced with renewable and other fossil energy sources. Dependence on oil and natural gas will be replaced with renewable and other fossil energy sources. In the future, the challenges will be reducing energy consumption, recognizing environmental effects and examining energy markets. Mainly energy consumption will reduce except for household energy consumption. Climate change will influence Finland's decisions which concern energy consumption.. Climate change is aimed to be controlled by saving energy and using renewable energy and new nuclear energy technology.</p>		
Keywords		
energy, future , renewable energy		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUOMEN ENERGIANKÄYTTÖ TÄLLÄ HETKELLÄ.....	2
2.1	Öljy	3
2.2	Maakaasu.....	4
2.3	Kivihiili	5
2.4	Turve	6
2.5	Bioenergia	7
2.6	Vesivoima.....	8
2.7	Tuulivoima	9
2.8	Aurinkoenergia	10
2.9	Ydinenergia	11
3.	SUOMEN ENERGIAN KÄYTTÖ 2030-LUVULLA	13
3.1.	Tulevaisuuden haasteet	13
3.2	Suomen energian tuotantoteknologiat 2030-luvulla.....	14
3.3	Energian käyttö ja jakelu	17
3.4	Kolme energiaskenaariota.....	20
3.5	Valtioneuvoston kansallinen energia- ja ilmastostrategia vuoteen 2030	21
4.	SUOMEN ENERGIAVISIO VUONNA 2050	23
4.1	Energian tuotantoteknologiat.....	26
4.2	Energiavarat 2050-luvulla.....	27
4.3.	Energian varastointi.....	28
4.4.	Energian käytön muutokset vuosina 2015, 2020 sekä 2030	28
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
	LÄHTEET.....	32

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on kypsynyt opintojeni aikana. Olen ollut aina kiinnostunut vaihtoehtoisista energiamuodoista ja miten energiankäyttöä ja -tuotantoa voitaisiin kehittää ympäristöystävällisempään suuntaan. Uusiutuvat energiamuodot tulevat tulevaisuudessa näyttelemään yhä suurempaa roolia Suomen energiapolitiikassa fossiilisten polttoaineiden poistuessa niille asetettavien kieltojen vuoksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tiettyjen energiamuotojen käyttöä tällä hetkellä sekä tulevaisuudessa 2030- sekä 2050-luvuilla. Työ on rajattu öljyn, kivihiilen, maakaasun, turpeen, bioenergian, vesivoiman, tuulivoiman, aurinkovoiman sekä ydinenergian tarkasteluun. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen. Työn rajaamisen koin haasteellisena, koska aihetta olisi voinut laajentaa lähes loputtomiin. Työ voi toimia infopakettina asiasta kiinnostuneille. Toivottavasti lukijat pohtivat lukiessaan omia tottumuksiaan, energiatalouttaan miettien voisiko jotakin tehdä, jotta omaa hiilijalanjälkeä saisi pienennettyä.

Opinnäytetyöni on tyypiltään kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsaus antaa tietoa siitä, millaista tietoa aiheesta on olemassa, mistä näkökulmasta aihetta on tutkittu ja millaisia menetelmiä käytetty. Työ perustuu teoreettiseen kirjallisuuteen, ei empiirisiin tutkimuksiin ja on luonteeltaan kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on yleensä kehittää olemassa olevia teorioita, luoda uusia teorioita, arvioida teorioita tai tehdä ”tutkimuksista tutkimus”. Nämä tavoitteet täyttyivät työssäni vain osittain. Enemmän olisin voinut suhtautua kriittisesti lähteisiin, mikä kuuluu kirjallisuuskatsauksen luonteeseen.

Työn ensimmäisessä osassa käsitellään lyhyesti eri energiamuotoja, joita Suomessa käytetään tällä hetkellä. Toisessa osassa luodaan visiota, miten energiankäyttö tulee muuttumaan mentäessä 2030- ja 2050-luvuille. Tässä

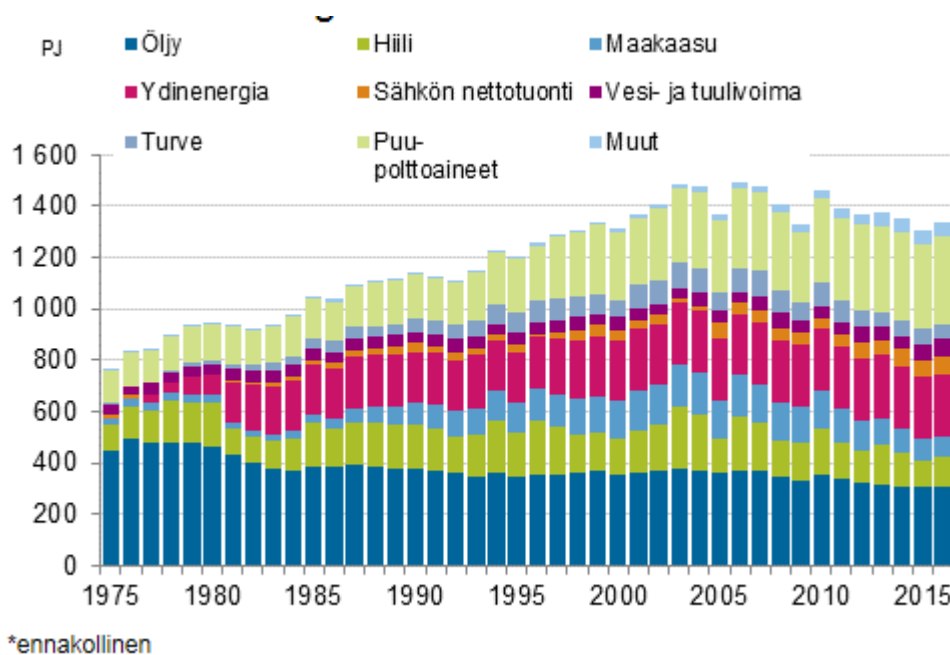
osiossa kuvataan kehitystä osin myös maailmanlaajuisesti, koska siellä tapahtuvat muutokset tulevat vaikuttamaan myös Suomen energiatalouteen.

2 SUOMEN ENERGIANKÄYTTÖ TÄLLÄ HETKELLÄ

Suomen energiapolitiikassa pyritään turvaamaan energian saatavuutta, kilpailukykyistä hintaa sekä ympäristöpäästöjen vähentämistä.

Energiajärjestelmä on hajautettu ja omavaraisuusaste on 30 % (vesivoima, turpe, biopolttoaineet). 70 % energiankäytöstä perustuu tuontiin, josta 80 % tuodaan Venäjältä (öljy, maakaasu, kivihiili, sähkö ja ydinpolttoaine). Vuonna 2014 Suomen energian kokonaiskulutus oli 1,35 miljoonaa terajoulea (TJ). (Venäläinen 2016 c.)

Alla olevasta kuvasta näkyy, miten energiakäyttö on sektoreittain jakaantunut vuosina 1975- 2015. Öljyn ja kivihiilen käyttö on pysynyt samana. Maakaasun, turpeen, sähkön nettotuonti sekä vesi- ja tuulivoiman käyttö on lisääntynyt jonkin verran. Eniten kasvua on ollut puupolttoaineissa sekä ydinenergian käytössä.



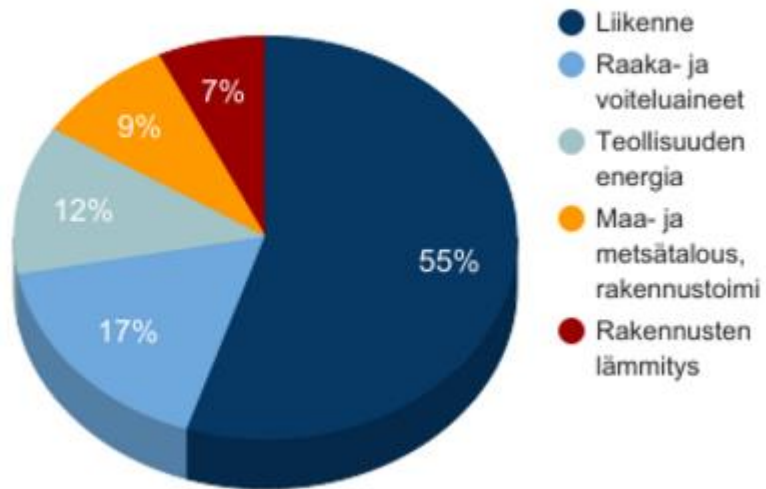
Kuva 1. Suomen energiankulutus vuosina 1975-2015 (Suomen virallinen tilasto 2016)

2.1 Öljy

Suomessa toimii kaksi öljynjalostamo: Porvoossa ja Naantalissa. Suomen öljynjalostusteollisuus on Euroopan suurimpia. Koska Suomessa on kehitetty korkealaatuisia polttoaineita, se on mahdollistanut uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden kehittelytyön. Runsas puolet öljystä käytetään liikenteen polttoaineeksi. Öljytuotteiden kulutus vuonna 2015 jakaantui seuraavasti: liikenne 55 %, raaka-voiteluaineet 17 %, teollisuuden energia 12 %, maa-metsätalous, rakennustoimi 9 % sekä rakennusten lämmittäminen 7 %. (Venäläinen 2016 a.)

Autojen polttoaineen kulutus on pienentynyt, koska tekninen kehitys on pienentänyt bensiininkulutusta ja autovero suosii vähän polttoainetta kuluttavia ajoneuvoja. Vuonna 2015 moottoribensiiniä myytiin 2 miljardia litraa. Dieselin myynti on ollut kasvusuunnassa: sitä myytiin vajaat 3 miljardia litraa vuonna 2015. Kevyttä polttoöljyä käytettiin ko. vuonna noin 1,8 miljardia litraa. Polttoöljyä käytetään pääasiassa maa- ja metsätalouden koneissa ja laitteissa, rakennustoiminnassa ja teollisuudessa. Kolmasosa kevyestä polttoaineesta käytetään lämmitykseen. Öljyn kulutus on vähentynyt lämmityslaitteiden energiatehokkuuden lisääntyessä. Öljyn rinnalle on otettu käyttöön uusiutuvaa energiaa. Raskasta polttoöljyä käytetään pääasiassa teollisuudessa. Sitä kului vuonna 2015 noin 400 000 tonnia. (Venäläinen 2016 a.)

Kulutus vuonna 2015

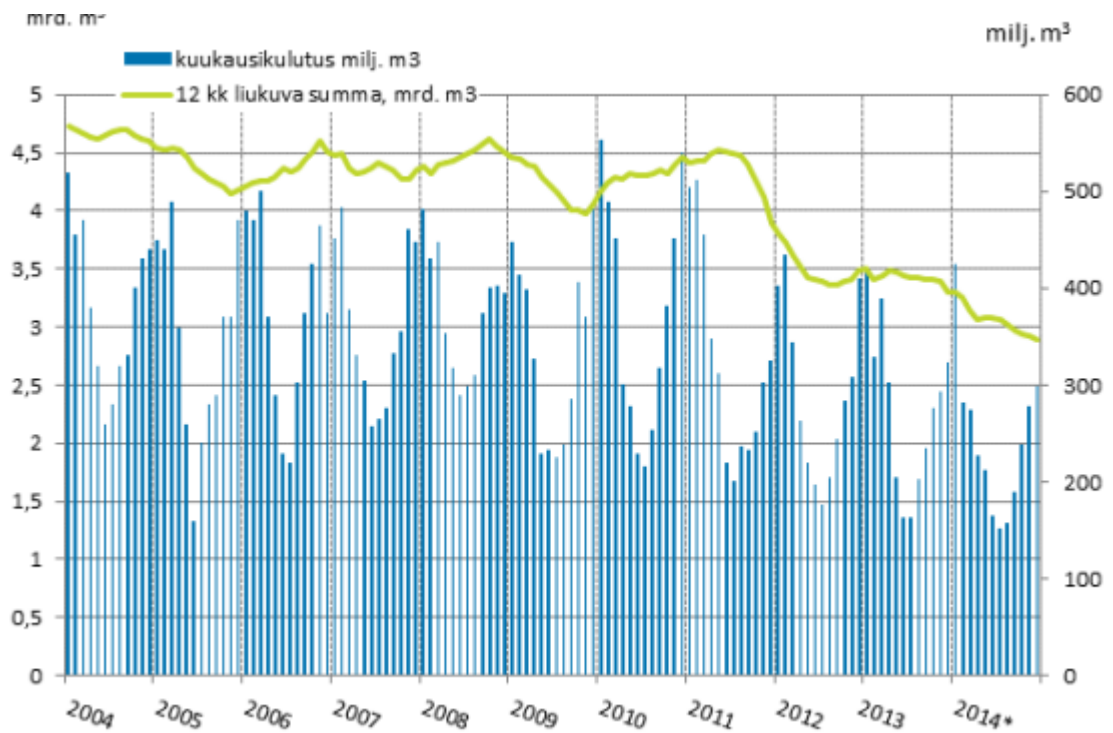


Kuva 2. Öljytuotteiden kulutus käyttäjäryhmittäin vuonna 2015 (Venäläinen 2016)

Öljy eroaa energialähteenä monella tavalla. Sitä kulutetaan kaikkialla maailmassa, mutta öljyvarat ovat epätasaisesti jakaantuneet. Öljyn kuljettaminen ja varastointi on helppoa. Siksi globaalit markkinat ovat niin nopealiikkeisiä. Energiankäytön lisäksi öljyä voidaan hyödyntää teollisuudessa esimerkiksi muoviteollisuudessa. Valtaosa öljyn energiankäytöstä koostuu liikennepolttoaineesta. Öljy vaikuttaa maailmanpolitiikkaan ja päinvastoin. Osa tuottajamaista on hyvin riippuvaisia öljyn vientituloista. (Venäläinen 2016 b.)

2.2 Maakaasu

Maakaasu on fossiilisista polttoaineista vähiten haitallinen. Maakaasuvarat nykyisellä kulutuksella riittävät 60 vuodeksi. Suomessa ei ole maakaasuvarantoja eikä maakaasutuotantoa. Suomeen maakaasua tulee Venäjältä, joka johdetaan maakaasuputkia pitkin Etelä- ja Kaakkois-Suomeen. Siirtoputkista ja kaasutoimituksista vastaa Gasum Oy. Suomi on tehnyt sopimuksen Venäjän kanssa maakaasun toimittamisesta. Sopimus on voimassa vuoteen 2025 ja kattaa 60 TWh:n vuosittaisen tuonnin Venäjältä Suomeen. Liikenteessä on jonkin verran maakaasua käyttäviä ajoneuvoja. (Härmä 2013.)

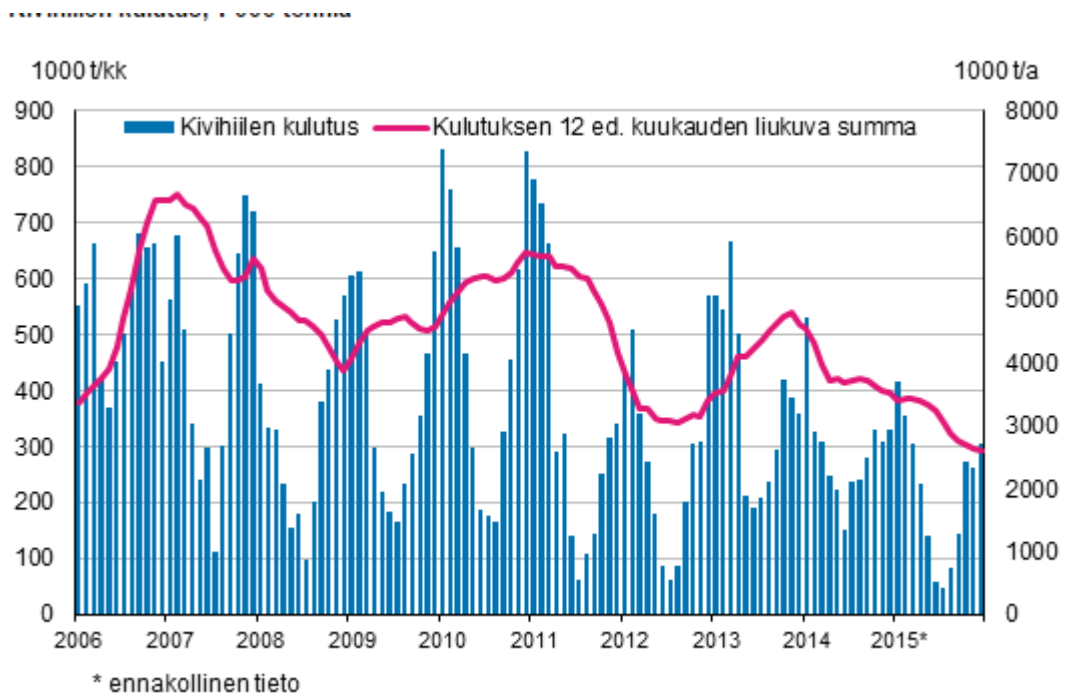


Kuva 3. Maakaasun kulutus Suomessa vuosina 2004-2014 (Energiavirasto 2015)

Maakaasun käyttö laski vuonna 2014 edellisestä vuodesta yli 10 %. Kaasun kulutus laski edelleen vuonna 2015. Syynä ovat olleet maakaasuun liittyvät veronkorotukset, yleinen taloudellinen lama, leudot talvet sekä kaasun käytön väheneminen energian tuotannossa. Vuonna 2014 valmistui Gasumin ja LABIO Oy:n biokaasun tuotanto- ja jalostuslaitos, jossa käytetään biojätettä raaka-aineena. Laitos tuottaa biokaasua n. 50 GWH/ vuosi. Vuonna 2016 valmistui Riihimäelle Ekokemin kiertotalouskylä. (Energiavirasto 2015.)

2.3 Kivihiili

Kivihiili on öljyn jälkeen toiseksi tärkein energianlähde. Fossiilisista energialähteistä sen riittävyys on kaikista suurin. Maailmanlaajuisesti sen merkitys korostuu johtuen Kiinan talouskasvusta. Suomessa kivihiilestä saadaan 9 % energian kokonaiskulutuksesta. Sitä käytetään sähkön ja kaukolämmön tuotantoon. Saamme kivihiiltä pääosin Puolasta ja Venäjältä. Kivihiilen käytössä on paljon etuja. Sen runsaat varannot ovat jakautuneet useiden maiden alueille. Hinta on edullisempi ja vakaampi kuin öljyn. Kivihiili on kiinteää ainetta, joten sitä on helppo kuljettaa, varastoida, louhia ja käyttää. Se kestää pitkiäkin varastointiaikoja, josta on hyötyä poikkeusolosuhteissa sekä kulutuspiikeissä. (Härmä 2013.)

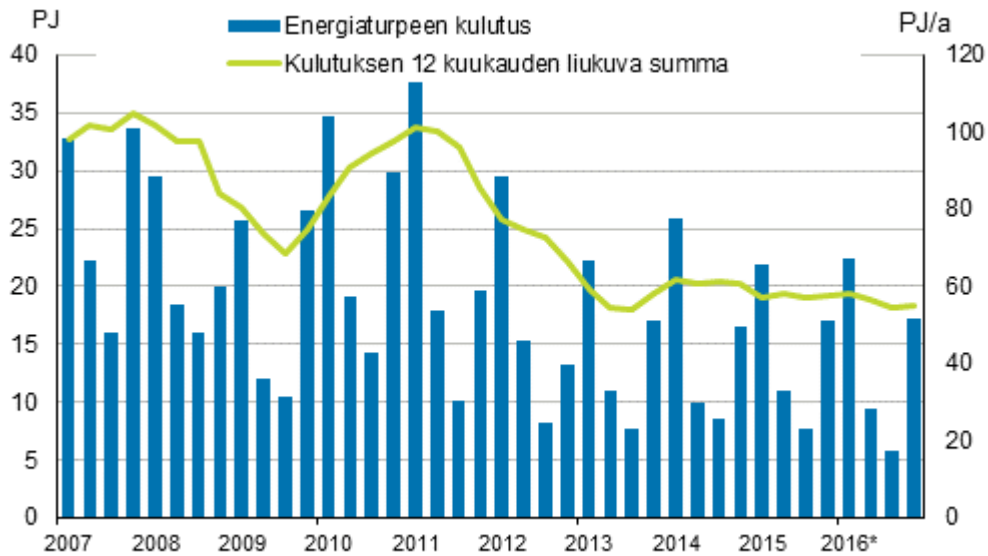


Kuva 4. Kivihiilen kulutus vuosina 2006-2015 (Tilastokeskus 2015)

Vuonna 2015 kivihiilen käyttö väheni edellisvuodesta 26 %.(kuva 4) Kulutus on ollut näin alhaalla viimeksi 1890-luvun alussa. 2000-luvun keskiarvoon verrattuna käyttö on vähentynyt 45 %. Käytön vähenemiseen on erityisesti vaikuttanut sähkön tukkuhinnan selkeä lasku. Hyvä vesivoiman saatavuus ja lisääntynyt tuulivoiman käyttö syrjäyttävät kivihiilen käyttöä. Kaksi hiililauhdelaistosta on siirretty pitkäaikaiseen säilöntään kannattavuusongelmien takia. (Tilastokeskus 2015.)

2.4 Turve

Suomessa turve luokitellaan hitaasti uusiutuvaksi energianlähteeksi. Polttoaineena sitä käytetään kivihiilen tapaan. Pääasiassa turvetta käytetään sähkön ja kaukolämmön tuottamiseen. Turpeen merkitys kokonaisenergiasta on 5 %. Kyseessä on kotimainen energianlähde, jonka varannot ovat suuret suurien suoalueiden takia. Turvealueet sijaitsevat usein syrjäisillä seuduilla, joten se vaikuttaa alueellisesti työllistymiseen. (Härmä 2013.)



Kuva 5. Energiaturpeen kulutus vuosina 2007-2016 (Energiavirasto 2015)

Turpeen kulutus on vähentynyt viime aikoina (kuva 5). Siihen on vaikuttanut mm. turpeen verotason yli kaksinkertaistaminen, metsähakkeen lisääntynyt käyttö sekä luvituksesta johtuvat saatavuus ongelmat. Metsähakkeen ja turpeen kilpailukykyä on parannettava-käyttö nyt laskussa. (Energiavirasto 2015.)

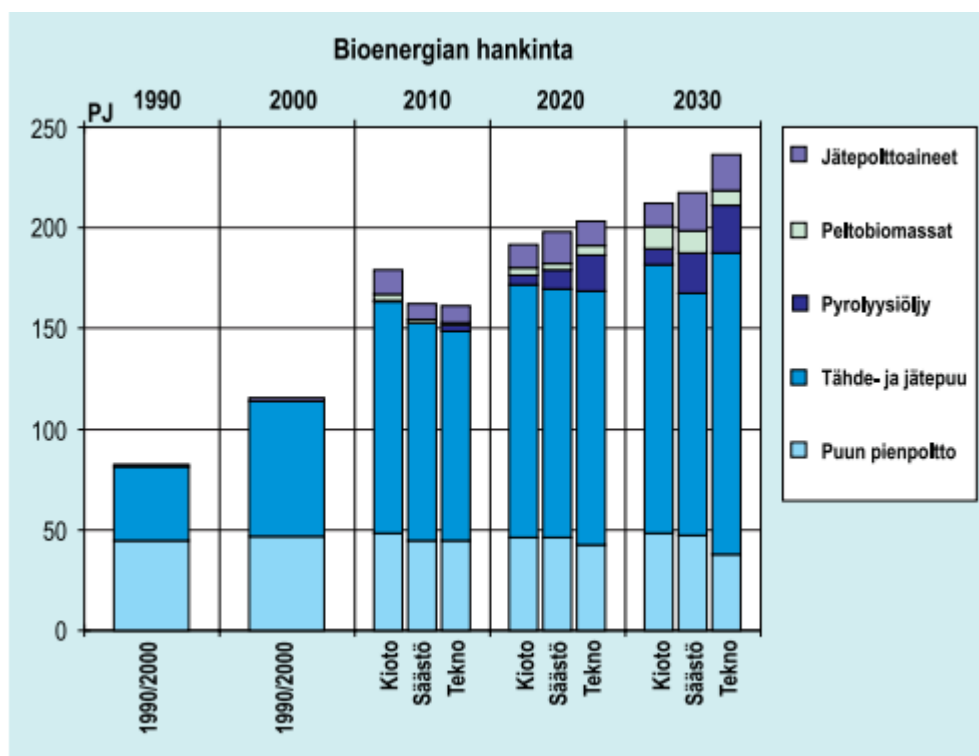
2.5 Bioenergia

Bioenergia on kasvava energiamuoto, jolla pyritään korvaamaan fossiilisia polttoaineita liikenteessä sekä lämmön- ja sähköntuotannossa. Bioenergian osuus uusiutuvista energianlähteistä on 80 % ja energian käytöstä 25 %. (Liukkonen 2016, 5.)

Puusta lähtöisin olevat tuotteet, joita saamme teollisuuden, rakentamisen ja metsänhoidon tuloksena ovat omiaan hyödynnettäväksi poltettavana kuten esimerkiksi polttopuut, hake, sahanpurut, puun kuoret ja pelletit. (Määttä 2013.)

Valtioneuvoston selonteon mukaan (2017, 41) biokaasun hyödyntäminen on kasvanut muutamalla prosentilla vuosittain. Biokaasua tuotetaan eniten kaasulaitoksilla, jotka usein sijaitsevat kaatopaikkojen yhteydessä sekä yhteismädätyslaitoksilla sekä yhdyskuntajäteveden puhdistamalla. Biokaasua

käytetään lämmön ja sähkön tuottamiseen. Liikenteessä käyttö on vähäisempää, mutta lisääntynyt viime vuosina. Biokaasun tuotannosta suurin osa on sidoksissa maatalouteen. Biokaasun lupaavimmat käyttöalueet ovat liikenne ja työkonepolttoaineena käyttö.



Kuva 6. Bioenergian käytön lisääntyminen vuoteen 2030 (Hirvonen 2002)

2.6 Vesivoima

Vesivoima on kotimainen, uusiutuva ja päästötön energiamuoto. Vuonna 2015 Suomen energiantuotannosta saatiin vesivoimasta noin viisi prosenttia. Jos puhutaan sähköntuotannosta, silloin vesivoiman osuus nousee 10–15 prosentin luokkaan riippuen vesivuodesta. Vuonna 2012 Suomessa oli yli 220 vesivoimalalaitosta ja vesivoima -kapasiteetti oli noin 3190 MW.

Tulevaisuudessa vesivoiman vuosituotannon tavoite vuoteen 2020 mennessä on 14 000 GWh. Suomessa on vielä mahdollisuuksia rakentaa lisää

vesivoimaa, vaikka suurimmat kohteet onkin jo pääosin rakennettu. Ympäristösuojelullisten syiden takia kokonaan uuden vesivoiman lisärakentaminen on epätodennäköistä. Kaikkein edullisinta on lisätä vesivoimakapasiteettia esimerkiksi pääkoneistojen peruskorjausten yhteydessä. Lisäpotentiaalia saadaan laitosten tehoa kasvattamalla. Tuotantokustannukset laskevat, koska vesivoimalat ovat käyttöikänsä pitkäikäisiä. Maksettavaksi jää vain käyttö- ja huoltokulut. (Motiva 2016.)

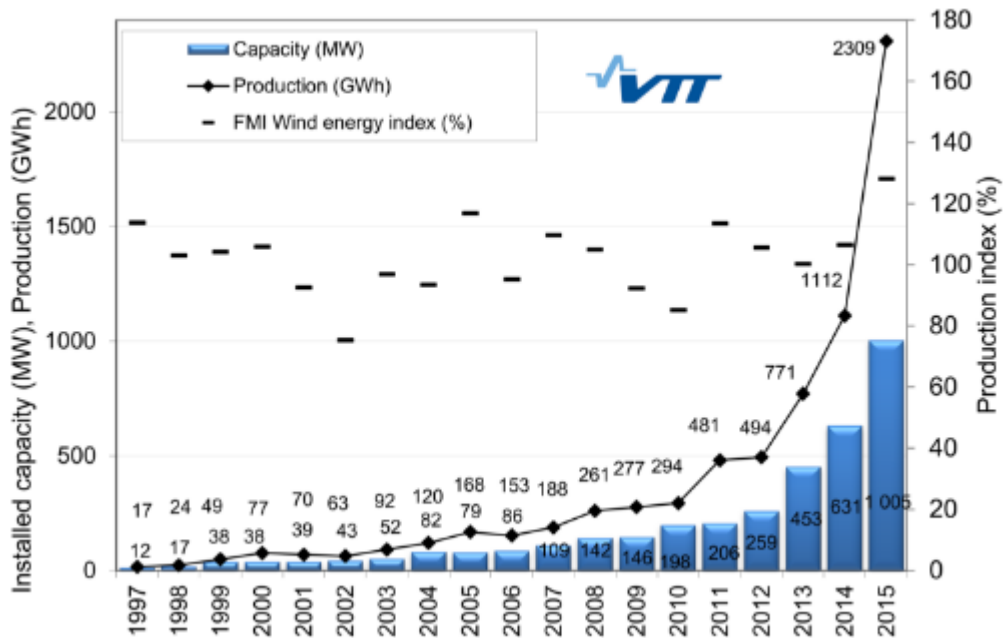
Vesivoiman ympäristövaikutukset ovat paikallisia. Vesivoimalaitos ja sen yhteydessä oleva tekoallas vaikuttavat valjastetun vesistön ja tekoaltaan alla olevan maa-alueen ekologiseen tasapainoon. Alueen eliöstö joko tuhoutuu tai joutuu väistymään tieltä ja tekoalaiden rakentaminen johtaa usein myös asutuksen pakkosiirtoihin. Alle jäävän maan haitalliset aineet kuten raskasmetallit liukenevat veteen ja kertyvät kaloihin. Raskasmetallien lisäksi vaelluskalojen nousu kutujokiin vaikeutuu tai estyy. Kalaportailta voidaan tilannetta helpottaa. Kalojen kudun ja poikasten selviytymiseen vaikuttavat vedenkorkeuden vaihtelut. (Motiva 2016.)

Käytettäessä aalto- ja vuorovesivoimaa, hyödynnetään veden luontaisia massojen liikkeitä ja muunnetaan niiden tuottama liike-energia sähköenergiaksi. Tulevaisuudessa tullaan aaltojen voimaa ottamaan enemmän hyötykäyttöön. Rohkean arvion mukaan kyseisellä energiantuotolla voisi maailmanlaajuisesti kattaa jopa 10 % koko maailman energiantarpeesta. Suomessa Fortum on satsannut runsaasti kyseiseen energiamuotoon. (Fortum 2016.)

2.7 Tuulivoima

Suomessa tuulivoimaa saadaan eniten talvella, koska talvikuukaudet ovat kesäkuukausia tuulisempia. Tuulivoiman tuotantoon soveltuvat hyvin rannikot, merialueet, tunturit ja osin sisämaa. Viime vuosina tuulivoimaloiden kapasiteetti on lisääntynyt huomattavasti. Vuonna 2015 Suomessa oli 387 tuulivoimalaa. Tuulivoimasta saatiin noin 2,8 % Suomen sähkönkulutuksesta. Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Tuulivoimahan on uusiutuvaa energiaa ja lähes päästötöntä.

Tuulivoima on suositeltavaa, koska se vähentää tuontiriippuvuutta. Suomen energia- ja ilmastostrategiassa (2013) on tavoitteena tuulivoimasähkön tuotannon nostaminen yhdeksään terawattituntiin vuoteen 2025 mennessä. Tuotantokapasiteettia tulee tällöin nostaa noin 3000 MW. (Aarni 2016.)



Kuva 7. Suomen tuulivoimatuotanto (VTT 2016)

Suomi sijaitsee kaukana valtameristä, joten merituulivoimala tuottaa vähemmän, korkeintaan 30 % huipputehosta. Suomessa talviolosuhteet aiheuttavat lisäongelmia. Tuulimyllyjen on kestettävä ahtojäitä. Sähkön kulutus on suurinta korkeapaineeseen liittyvinä kylminä pakkaspäivinä. Kylmistä sääjaksoista puolet on heikkotuulisia eikä sähköä saada. Hajallaan olevat 1700 tuulimyllyä, joissa koneistot sijaitsevat korkealla tornissa nostavat huoltokustannuksia. Merituulisähkön hinta on yli kolminkertainen ydinsähkөөn verrattuna. Tuulivoima täyttää huonosti kestävän tulevaisuuden edellytykset. Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan tuulienergiaan. Tuulet perustuvat lämpötilaeroihin, joten ne tulevat heikkenemään ilmastonmuutoksen edetessä. (Tiuri 2011, 55, 58.)

2.8 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voisi Suomessa hyödyntää huomattavasti enemmän sekä lämmön että sähkön tuottamiseksi. Etelä-Suomen alueella jokainen neliometri

vastaanottaa vuoden aikana noin 1000 kilowattituntia auringonsäteilyä. Ajanjakso, jolloin aurinkoenergiaa ei saada talteen, ovat joulutammikuu. Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää kahdella eri tavalla: passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivisella käytöllä tarkoitetaan auringon valon ja lämmön hyödyntämistä ilman erillisiä laitteita. Aktiivisessa käytössä auringonsäteily muunnetaan sähköksi aurinkopaneeleilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä. Pientaloissa voidaan hyödyntää sekä passiivista että aktiivista menetelmää. Sähköstä, joka saadaan aurinkopaneeleilla, 15 % voidaan muuttaa sähköksi ja aurinkokeräimillä 25–35 % lämmöksi. (Seuna 2016.)

Tiurin (2011,58) mukaan aurinkopaneelien tuotanto on 2000-luvulla lisääntynyt 15 % vuosittain. Aurinkosähkö on pätkäsähköä, mutta verrattuna tuulisähköön se on tasaisempaa varsinkin aurinkoisilla alueilla. Tuotantokapasiteetti on suuri, mutta keskiteho alhainen.

Aurinkolämmitysjärjestelmä voidaan yhdistää kaikkiin päälämmitysmuotoihin. Parhaiten se soveltuu lämmitysjärjestelmän yhteyteen, jossa on vesivaraaja (puu- ja hakelämmitys) sekä lämpöpumppujärjestelmiin. Öljykattilan avulla voidaan yhdistää öljy- ja aurinkolämpö. Talossa, jossa on sähkölämmitys, aurinkosähköllä voidaan lämmittää käyttövesi. Huoneiden lämmityskin onnistuu, jos se kytketään lämminvesivaraajaan. Perinteisesti aurinko - sähköjärjestelmää on käytetty alueilla, missä ei ole verkkosähköä kuten kesämökit, veneet, väyläloistot, linkkimastot, saaristo- ja erämaakohteet. (Seuna 2016.)

2.9 Ydinenergia

Suomessa toimii tällä hetkellä sähkön tuotannossa 4 ydinvoimalaitosyksikköä, joista kaksi Loviisassa ja kaksi Eurajoen Olkiluodossa. Suomen viides ydinvoimalaitosyksikkö on rakenteilla Olkiluotoon ja kuudes suunnitteilla Pyhäjoelle. Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisan ydinvoimalaitosyksiköt. Laitokset ovat tyypiltään painevesireaktorilaitoksia. Molempien laitoksien nettosähköteho on 502 MWe (2016). Teollisuuden Voima Oy omistaa Olkiluodon kaksi laitosyksikköä. Ne ovat tyypiltään

kiehutusvesireaktorilaitoksia, joiden nettosähköteho on 880 MWe.
(Säteilyturvakeskus 2016.)

Ydinvoimalla tuotetaan neljäsosa sähköstä, kokonaisenergiasta vajaa viidennes. Voimaloissa käytettävä uraani tuodaan mm. Kanadasta ja Australiasta, joskin Suomen kallioperässä on myös jonkin verran uraania. Kaikki voimalat ovat fissiivoimaloita. Ydinenergialla on monia etuja. Toimiva ydinvoimala tuottaa valtavasti sähköä, koska yhdestä grammasta uraania vapautuu yhtä paljon energiaa kuin kolmesta tonnista hiiltä. Sähköntuotanto on tasaista ja sähkön hinnan pystyy ennustamaan. Ydinenergia sopii hyvin teollisuuteen, jossa tarvitaan paljon sähköä kuten metalli- ja paperiteollisuus. Uhkana on se, että jos voimalalle sattuu jotakin se vaikuttaa nopeasti energian saatavuuteen. Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi 12.4.2017 mennessä lausunnot ydinenergialain muutoksesta. Muutokset koskevat ydinlaitosten käytöstä poistamista, ydinjätehuoltoa, turvajärjestelyitä sekä painelaitesäätelyä. (Valtioneuvoston selonteko 2017.)



Kuva 8. Loviisan ydinvoimala (Säteilyturvakeskus 2016)

Olkiluoto 3 (OL3) on EPR-tyyppinen painevesilaitos, jossa on hyödynnetty modernia teknologiaa ja uusia turvallisuus ominaisuuksia. Keskeisenä teemana kehittämisessä on vakavien onnettomuuksien estäminen ja hallitseminen sekä tuotannon tehokkuuden ja taloudellisuuden huomioiminen. Esikuvana laitokselle ovat olleet N4-laitostyyppi Ranskassa sekä Kohvoi-laitostyyppi Saksassa. Nettosähköntuotanto tulee olemaan noin 1600 MW. Säännöllinen sähköntuotanto alkaa vuoden 2018 lopulla. Rakennustekniset työt alkavat olla pääosin valmiit ja turbiinien käyttöönoton ensimmäinen vaihe on valmis. (TVO 2016.)

3. SUOMEN ENERGIAN KÄYTTÖ 2030-LUVULLA

3.1. Tulevaisuuden haasteet

Viime vuosikymmeninä on markkinoille tullut useita uusia energianlähteitä, jotka nopeasti valtaavat Suomen energiamarkkinoita. Vuodet 2030 - 2050 ovat kaukana tulevaisuudessa, joten Suomen energiastruktuuria on haasteellista ennustaa luotettavasti.

Suomenkin energia-alan haasteita tulevat olemaan mm. energiankulutuksen kasvun hillitseminen, ympäristövaikutusten vähentäminen ja energiamarkkinoiden vapautuminen. Globaalit muutokset vaikuttavat myös Suomeen. International Energy Agency (IEA) ennustaa globaalissa primäärienergian käytössä 60 % kasvua johtuen mm. kehitysmaiden ja siirtymätalousmaiden talouskasvusta seuraavan 20 vuoden aikana. Suomessa on meneillään talouden rakennemuutos, joka tulee vähentämään energian kulutusta. Tähän asti sähkön tarve on tasaisesti kasvanut, mutta kasvu tulee lähivuosina taantumaan. (Hirvonen 2002,4.)

Suomessakin kasvava energiantarve johtaa lisääntyviin ympäristönpaineisiin. Erityisesti ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan merkittävästi Suomen tulevaisuuden energiapäätöksiin. Ympäristövaikutuksista huolimatta fossiiliset polttoaineet tulevat säilyttämään asemansa myös tulevaisuudessa. Globaalisti

ajatellen fossiilisten polttoaineiden osuus ennustetaan olevan 2020 noin 90 %. Näin ollen pitkällä aikavälillä ilmastonmuutosten hallitseminen tuottaa vaikeuksia, elleivät myös kehitysmaat sitoudu globaaliin ilmastopolitiikkaan. Ilmastonmuutosta hallitsevat mm. energiansäästö, uusiutuvien energianlähteiden hyödyntäminen, uudet ydinenergiateknologiat sekä tehokkaat hiilidioksidin talteenotto- ja loppusijoitusmenetelmät. (Hirvonen 2002,4.)

Paineet ilmastonmuutoksen hallintaan nousevat Pariisin ilmastopimuksesta, jonka mukaan maapallon keskilämmön nousu tulee rajoittaa alle kahteen asteeseen. Se vaatisi, että vuonna 2050 globaalit päästöt olisivat 40- 70 % alhaisemmat kuin vuonna 2010. (Salokoski 2017,8.)

Öljy- ja maakaasuvarojen väheneminen tulevina vuosikymmeninä johtaa globaaleihin ongelmiin. Jos kulutustaso pysyy samana, nykyiset öljyvarat riittävät noin 40 vuotta ja kaasuarat noin 60 vuotta. Ennuste voi parantua, jos löydetään uusia öljy- ja kaasuaroja. Jos varannot ehtyvät, öljyn ja maakaasun hinta tulee nousemaan radikaalisti. Globaalina haasteena pidetään myös sitä, että energianlähteet (fossiiliset energianlähteet) keskittyvät yhä harvempiin maihin. Tämän takia maiden on siirryttävä öljystä ja maakaasusta uusiin energiamuotoihin kuten metanoliin ja vetyyn. Riippuvuus tuontipolttoaineista ja lisääntyvät hintojenvaihtelut ovat riski myös Suomen kansantaloudelle. Hiilen merkitys polttoaineena tulee kasvamaan pitkällä aikavälillä johtuen hiilivarojen suuresta määrästä ja laajasta alueellisesta jakautumisesta verrattuna öljyyn ja maakaasuun. (Kara 2002, 49–53.)

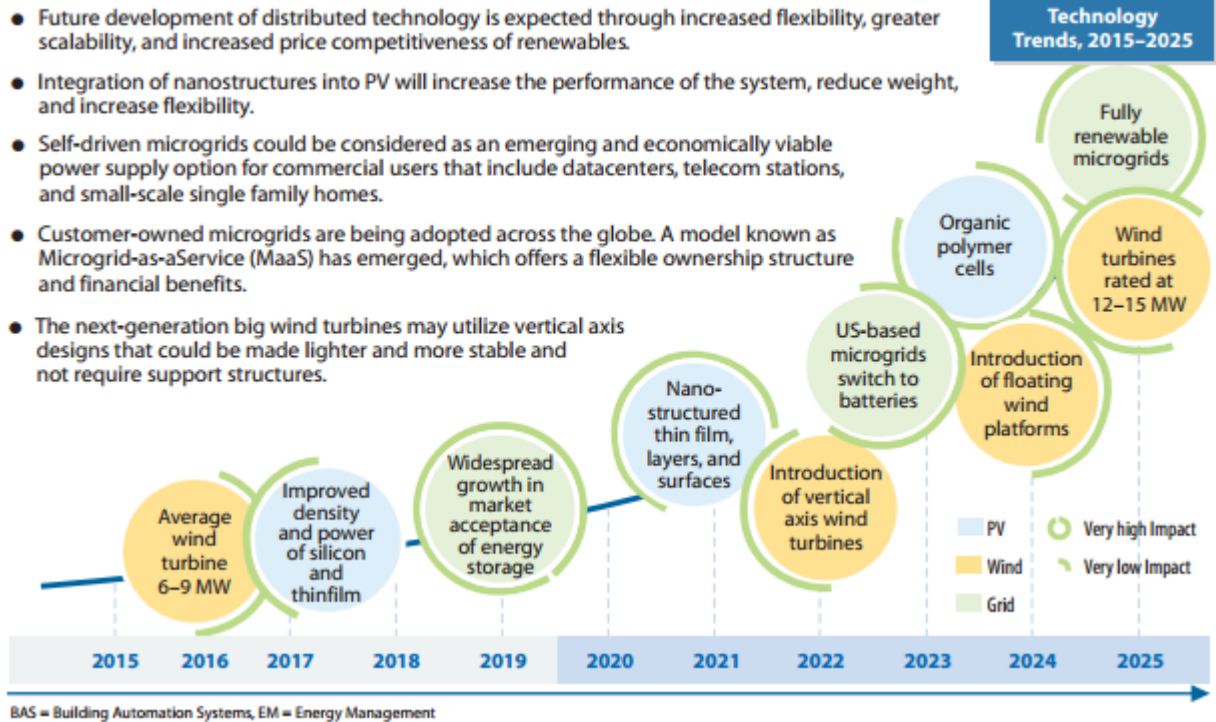
3.2 Suomen energian tuotantoteknologiat 2030-luvulla

Energian tuotantoteknologia kohtaa seuraavia haasteita. Tulevaisuudessa maailman väestöstä suuri osa elää kehitysmaissa. Energiankulutus näissä maissa tulee kasvamaan eikä heillä ole paljon edellytyksiä edistyksekkäiden teknologioiden käyttöön. Energian säästö tulee olemaan teknologiakehityksen yksi kulmakivi. Uusien teknologioiden tulisi auttaa kestävästä kehityksestä,

vähentää ympäristöongelmia sekä säästää uusiutumattomia luonnonvaroja. Energian riittävyys ja hintavaihtelut johtavat siihen, että riippuvuutta öljystä ja maakaasusta tulisi vähentää ja korvata uusiutuvilla energianlähteillä sekä fossiilisilla polttoaineilla, joiden kohdalla panostetaan puhtaampiin tuotantoteknologioihin. Sähköntuotannon selkärankana tulevaisuudessa ovat suuret fossiilista polttoainetta käyttävät voimalaitokset. (Hirvonen 2002,7.)

Tulevaisuudessa ydinenergian merkitys kasvaa energian tuotantomuotona, jos poliitikot ja suuri yleisö sen hyväksyvät. Jo olemassa olevien ydinvoimalaitosten tavoitteena on käyttöiän pidentäminen sekä tehon nosto. Kehityshaasteina ovat ydinenergian kilpailukyvyn parantaminen, radioaktiivisen jätteen määrän vähentäminen sekä turvallisuuden varmistaminen. Fuusioreaktorin käyttöönotto siirtyy yli vuoden 2050 ja hyötyreaktoreiden tarvetta lykkää halpojen uraanivarastojen riittävyys. Koska kasvihuonepäästöjen vähenemisvaatimus ja kestävän kehityksen ideologia valtaavat alaa edellyttää se meiltä uusiutuvien energianlähteiden kasvavaa käyttöä. Suomessa bioenergia erityisesti puupolttoaineet ja jätteiden energiakäyttö ovat tärkein uusiutuva energianlähde. Suomalaisessa kehitystyössä kannattaa tulevaisuudessa keskittyä nykyisten huipputuotteiden kehittämiseen kuten polttoaineiden käsittelylaitteet, leijukerrosteknologia, dieselvoimalat, kaasutus ja pyrolyysitekknologia. (Kara 2002, 93, 105.)

Renewable Energy: Technology Trends



Kuva 9. Uusiutuvan energian teknologiatrendejä vuosina 2015–2025 (Salokari 2017)

Yllä oleva kuva osoittaa, kuinka voimakkaasti uusiutuvan energian käyttö tulee lisääntymään seuraavien vuosikymmenien aikana (Salokari 2017, 9). Jotta tuulivoimakapasiteetti lisääntyisi, se edellyttäisi tuotantokustannusten laskua, käyttö- ja huoltokustannusten minimointia sekä suurten merituulipuistojen rakentamista Suomen rannikolle. Lisävesivoiman rakentamismahdollisuudet ovat rajalliset. Aurinkosähkötentiaali Suomessa on myös rajallinen - katsotaan tilannetta sitten lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Jos aurinkoenergiaa hyödynnetään rakennuksiin, sillä on suotuisat kehitysnäkymät. Aurinkolämpöä voitaisiin tehokkaasti hyödyntää myös puun ja turpeen kuivatuksessa. (Kara 2002, 98–103.)

Lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, CHP-tuotantoa, käytetään Suomessa laajasti. Sitä käytetään sekä lämmöntuotannossa että prosessiteollisuudessa. Tulevaisuudessa pienen mittakaavan hajautettu tuotanto kuten mikroturbiinit ja polttokennot tarjoavat pienellekin lämmön ja sähkön kuluttajalle uusia teknologisia mahdollisuuksia. Polttokennot tulevat olemaan tärkein hajautetun tuotannon teknologioista. Pitkällä aikavälillä yhdistellään useita materiaali- ja energialähteitä, joiden lopputuotteita voivat olla esimerkiksi sähkö, lämpö, jäähdytys, suolan poisto merivedestä, puhdas vesi, bioöljy, biokaasu tai vety.

Suomessa satsataan myös jätteiden kierrätyksen integrointiin niin, että maksimoidaan jätteiden kierrätys ja hyödynnetään kaikki ei-kierrätettävät palavat komponentit. Tärkeimpiä energian tuotannon teknologioita joihin Suomessa kannattaa panostaa ovat: leijukerrosteknologia biomassoille ja seospoltoaineille, kaasutusteknologia mustalipeälle ja biomassalle sekä biopoltoaineneiteiden valmistus ja käyttö. Näihin verrattavia ovat myös hajautettu energiantuotanto (pienet CHP-laitokset, tuulivoima). Bioenergia tulee olemaan vientivalttimme. Suomen vahva informaatio- ja tietoliikennetekniikan osaaminen auttavat kehittämään laitosten käyttöön ja verkkoon liittyviä ratkaisuja, jotka mahdollistavat hajautetun sähkön ja lämmön yhteistuotannon entistä pienemmissä kokoluokissa. (Kara 2002, 67–68, 77–78, 116-120.)



Kuva 10. Tulevaisuuden tuotantoteknologioita Suomessa (Kara 2002)

3.3 Energian käyttö ja jakelu

Eniten Suomen energian käyttöön on vaikuttanut **massa- ja paperiteollisuus**. Suurimmat teknologiset muutokset ovat tapahtuneet pääprosessikomponenttien ja tuotantolinjojen yksikkökoon kasvussa.

Ympäristövaikutukset ovat merkittävästi vähentyneet viimeisten 30 vuoden aikana. Se miten massa- ja paperiteollisuuden tulevaisuudessa käy, riippuu raaka-aineiden saatavuudesta, energian saatavuudesta ja hinnasta, ympäristölainsäädännöstä sekä informaatioteknologian kehittymisestä. Kysyntä on sidoksissa talouskehitykseen. Vuosittainen kasvu on ollut 2-3 %. Kysyntä on vaihtunut sanomalehtipaperista toimistopapereihin. Massa- ja paperiteollisuudessa kokonaisenergiatehokkuuden kasvaessa on sähkön ominaiskulutuskin kasvanut. Sähkön kulutusta voidaan pienentää kehittämällä mekaanista massanvalmistusta ja prosessi-integraatiota, mitoittamalla ja säätämällä prosessipumppuja sekä käyttämällä tehokkaita energianhallintamenetelmäjärjestelmiä. Massa- ja paperiteollisuuden kehitysten tarkasteluun liittyy kaksi skenaariota. Ensimmäisessä skenaariossa sähkön hinta ja saatavuus rajoittavat tuotannon kasvua, jolloin paperin ja kartongin tuotanto jää tasolle noin 15 Mt vuodessa. ja sähkön kulutus on tasolla 28 TWh vuonna 2030. Toisen skenaarion mukaan tuotantoteknologian kehittyminen johtaa pienempään ominaiskulutukseen, noin 4 % nykytasolta vuonna 2030. Keskeisiä keinoja ovat raaka-aineiden laatuvahtelujen vähentäminen sekä kuitujen selektiivinen käsittely. Tällöin sähkönkulutus on nykyistä tasoa myös vuonna 2030. (Hirvonen 2002,14.)

Metalliteollisuudessa maailmanlaajuisia haasteita ovat paineet pääomakustannusten pienentämiseen, ehtyvät raaka-ainevarat sekä kasvavat ympäristövaatimukset. Energia on todella tärkeä kustannustekijä metallien valmistuksessa. Tärkeimmät valmistettavat metalliteollisuuden tuotteet ovat teräs, ferokromi, kupari, sinkki ja nikkeli. Suomalaiset yritykset ovat menestyneet maailmalla ainoastaan erikoistumalla räätälöityihin tuotesegmentteihin. Suurimmat sähkönkäyttökuluttajat ovat sulatus- ja kuumennusuunit sekä sinkin elektrolyyttinen valmistus. Näillä näkymin metalliteollisuus tulee jatkossakin kasvamaan aiheuttaen sähkön kulutuksen kasvua. Metalliteollisuudessa energiaa käytetään tehokkaasti, joten vain pieniä tehokkuusparannuksia on odotettavissa vuoteen 2030 mennessä.(Hirvonen 2002,17–18.)

Kemian teollisuudessa sähköstä noin 90 % ja lämmöstä 95 % käytetään kemikaalien valmistukseen ja raakaöljyn jalostukseen. Sähköä käytetään mm. elektrolyysiin, pumppuihin ja puhaltimiin. Lämmön käyttökohteita ovat prosessivirtojen lämmitys sekä tislaus- ja haihdutusprosessit. Suuria investointeja ei ole kemianteollisuuteen tulossa. Kemian teollisuuden sivutuotteita vetyä ja lämpöä voidaan hyödyntää omassa sähköntuotannossa ja lähellä olevien yhdyskuntien lämmöntuotannossa. Muun teollisuuden osuus sähkön kulutuksesta on alle 10 % sisältäen elintarviketeollisuuden sekä puutavaran valmistuksen. (Hirvonen 2002,18.)

Kotitaloudet ja palvelusektorit kuluttavat energiaa mm. lämmitykseen, valaistukseen, lämpimään veteen, ruoanvalmistukseen sekä sähkölaitteisiin. Suomalaisten rakennusten lämmitykseen kuluu energian kokonaiskulutuksesta noin 22 %. Jos verrataan lämmitysenergian käyttöä/ lämmitetty huone, käyttö on vähentynyt noin puoleen viimeisten 30 vuoden aikana. Energian kulutusta on vähentänyt parempi rakennusten eristäminen sekä kerros- ja rivitalojen lisääntyminen Vastakkaista kehitystä on kotitalouspuolella. (Hirvonen 2002,18–19.)

Sähkön käyttö kotitalouksissa on kasvanut lähes viisinkertaiseksi viimeisen 30 vuoden aikana. Kasvu tulee jatkumaan myös seuraavien vuosikymmenien aikana. Säästöä saadaan aikaan energiatehokkailla lämmitysjärjestelmillä ja sähkölaitteilla, lämpöeristystä parantamalla sekä energiahallintajärjestelmiä kehittämällä. Ulkoseinien ja kattojen lämmöneristyksen parantaminen, ikkunoiden uusiminen ja lämmön talteenottoon panostaminen tulevat säästämään energiaa. Tärkeimmät lämmitystavat tulevat olemaan kaukolämpö, sähkö- sekä öljylämmitys. Vuonna 2020 kaukolämmön arvioidaan olevan noin 50 %:ssa rakennuksista. Uusista lämmitysvaihtoehdoista tulevat lisääntymään lämpöpumput sekä aurinkolämmitys. Kotitalouksien sähkönkäyttöä lisää myös sähkölaitteiden lisääntyminen. Uutta energiaa säästävää teknologiaa tullaan hyödyntämään kylmälaitteissa, valaistuksessa ja viihde-elektronikassa. (Hirvonen 2002,19.)

Liikenteen tulevaisuuden haasteita ovat liikenteen sujuvuus, energian kulutuksen vähentäminen, päästöjen vähentäminen sekä kestävä kehityksen

huomioiminen. Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi polttomoottorin energiatehokkuutta on parannettava tai korvattava uusilla teknologioilla, jotka ovat saasteettomia ja joissa käytetään uusiutuvia energianlähteitä. (Hirvonen 2002, 20–21.) Suomessa oli vuonna 2016 noin 2200 paineistettua kaasua käyttävää ajoneuvoa. Ennusteen mukaan kaasuautoja on vuonna 2020 noin 3600 ja vuonna 2030 jo 13100 kappaletta. Uusi aluevaltaus tulevaisuudessa tulee olemaan meriliikenne, jossa siirrytään nesteytetyn metaanin käyttöön. (Valtioneuvoston selonteko 2017,25-26.) Halmeen ym. (2015, 26) mukaan liikenteessä öljyn käyttöä voidaan reippaasti vähentää kehittämällä kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä, tiukentamalla paljon öljyä käyttävien polttomoottoriautojen verotusta, tukemalla sähköisen liikenteen yleistymistä ja lisäämällä kestävien nestemäisten biopolttoaineiden ja biokaasun käyttöä liikenteessä. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan (2016, 26) sähköisen tai kaasua hyödyntävän liikenteen tehokkaampi käyttöönotto vaatii autokannan ja infrastruktuurin uusimista. Avainsana muutoksessa kohti uusiutuvaa liikennettä on monipuolisuus.

3.4 Kolme energiaskenaariota

Kioton skenaariossa tyydytään Kioton sopimuksen mukaisiin kasvihuonekaasujen päästötavoitteisiin. Suomeen ei rakenneta lisää ydinvoimaa. **Voimakkaan energiansäästön skenaariossa sekä vahvaan teknologiseen kehitykseen perustuvassa skenaariossa** kasvihuonepäästöjä vähennetään 20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Säästöskenaariossa tehdään voimakkaista verotuksellisia toimenpiteitä energian säästämiseksi. Teknologiaskenaariossa keskipisteenä ovat kasvihuonepäästöjä rajoittava tutkimus ja kehitystyö, jolla saadaan uusien teknologioiden hintaa alemmaksi. Energiansäästön skenaariossa yksi uusi ydinvoimala aloittaisi toimintansa vuonna 2015, teknologiaskenaariossa jo 2010. Teknologiaskenaariossa pienempiä ydinvoimalayksiköitä voidaan rakentaa vuodesta 2020 lähtien. (Hirvonen 2002, 24.)

Skenaarioiden mukaan maakaasun käyttö ei tule nousemaan kohoavien hintojen takia. Suuret fossiilista polttoainetta käyttävät voimalaitokset tulevat pysymään sähköntuotannon selkärankana. Bioenergian käyttö kasvaa

voimakkaasti kaikissa skenaarioissa. Näiden polttoaineiden käyttö saattaa nousta jopa 100 % nykytasolta. Merituulipuistoja rakentamalla tuulivoiman osuus saattaa nousta 10 %:iin sähköntuotannosta vuoteen 2030 mennessä. Kotimaisten energianlähteiden lisääntyminen johtaa energiahuollon omavaraisuuden lisääntymiseen., jolloin emme tulevaisuudessa ole enää niin riippuvaisia tuontienergiasta. (Hirvonen 2002, 27.)

Kaikissa skenaarioissa energian käyttö tehostuu huomattavasti, voimakkaimmin teknologiaskenaariossa.. Liikenteessä hybridautojen sekä metanoli- että vetykäyttöisten polttokennoautojen osuus voi tulla merkittäväksi jo vuonna 2020, jolloin liikenteen hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus vähenevät. Ilmanlaatu kaupungeissa tulee näin parantumaan. Sähkön siirrossa ja jakelussa keskitytään ikääntyvän sähköverkon sekä sähkön laadun parantamiseen. Teknologiaskenaarion suorien kustannusten säästö Kioto-skenaarioon verrattuna vuosina 2005–2030 on noin 9 miljardia euroa. (Kara 2002, 193–194.)

3.5 Valtioneuvoston kansallinen energia- ja ilmastostrategia vuoteen 2030

Valtioneuvoston kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa (2017,11,26,30, 59) pääministeri Juha Sipilän hallitus on asettanut kovat tavoitteet Suomen energiapolitiikalle. Hallitusohjelmassa tavoitellaan uusiutuvan energian osuuden lisäämistä yli 50 prosenttiin, omavaraisuuden lisäämistä yli 55 prosenttiin sisältäen mm. turpeen, hiilen käytöstä luopumisen, öljyn käytön puolittamisen sekä uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämisen 40 prosenttiin. Hevosenlannan käyttö energiantuotannossa sallitaan. Tavoitteiden saavuttamisen aikarajaksi on asetettu vuosi 2030. Uusiutuvan energian käytössä ollaan etuajassa. Vuoden 2020 minimitavoite 38 prosenttia ylittyi jo vuonna 2014. Näyttää siltä, että ennen vaalikauden loppua uusiutuvan energian osuus nousee yli 40 prosenttiin. EU:n velvoite liikennesektorille on 10 prosenttia, mutta Suomi on nostanut tavoitteeksi uusiutuvan energian käytön liikenteessä 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteena olisi,

että Suomessa olisi vuonna 2030 vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa (sähköautot, vetyautot sekä hybridi-autot) ja vähintään 50 000 kaasukäyttöistä autoa. Erityisen tärkeitä biopolttoaineet ovat tulevaisuudessa kuorma-autoille, linja-autoille sekä lentoliikenteelle.

Suomesta pyritään asteittain tekemään hiilineutraali yhteiskunta. Energia- ja ilmastokomitean mietintö ”Energia- ja ilmastotiekartta 2050” on ohjenuorana tähän. Tavoitteena on vähentää Suomen kasvihuonepäästöjä vuoden 1990 tasosta 80–95 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Energia- ja ilmastotiekartan mukaan hiilineutraaliin yhteiskuntaan siirtymiseen vaikuttavat energian toimintavarmuus kaikissa olosuhteissa, metsäbiomassan kannattavuus ja nollapäästöisyys, liikenteen fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopohjaisilla polttoaineilla sekä kilpailukyvyn lisäämisellä. Eurooppa-neuvoston ja komission säädösehdotukset vuodelle 2020 sisälsivät 20- 20- 20 tavoitteet: 20 prosentin vähennykset päästöistä, 20 prosentin uusiutuvan energian käyttö sekä 20 prosentin parannus energiatehokkuuteen. Suomen velvoite on vähentää päästöjä 16 prosenttia, lisätä uusiutuvaa energiaa 38 prosenttia sekä parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla. Eurooppa-neuvosto tulee vielä ennen vuotta 2020 arvioimaan energiatehokkuuden tavoitetta, josko sen voisi nostaa 30 prosenttiin. (Valtioneuvoston selonteko, 2017,13, 15, 21, 24.)

Kasvihuonekaasujen vähentämistavoite vuoteen 2030 on 39 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna. Ennusteen mukaan päästöt ovat vain 8 prosenttia pienemmät verrattuna vuoteen 2020 ja 22 prosenttia pienemmät verrattuna vuoteen 2005. Päästökehitys ei tällä hetkellä ole riittävä vähennysveloitteen savuttamiseksi ja vaatii huomattavasti lisätoimia. **Uusiutuvan energian käytön lisääminen** jatkaa kasvuaan. Metsähakkeen ja metsäteollisuuden jäteliemien käyttö tulee lisääntymään. Biokaasun käyttö tulee kasvamaan. Jatkossa kehitetään kaasukäyttöisiä autoja ja työkoneita. Lämpöpumppujen määrä tulee lisääntymään. On ennustettu, että tuulivoiman käyttö vähenee tuotantotuen vähentyessä. Aurinkosähkön tuotanto moninkertaistuu vuosituotannon jäädessä kuitenkin alle yhden TWh:n. Aurinkolämmön- tai jäädytyksen hyödyntäminen on vielä vähäistä. Aaltoenergia kaupallistuu vuoden 2020 jälkeen. Geotermisessä lämpöenergiassa on suuret mahdollisuudet, joita pystytään tulevaisuudessa hyödyntämään. Uusiutuvan

energian käyttö kasvaa, mutta hitaammin. Jos visio toteutuu, niin uusiutuvan energian osuus on 42 prosenttia vuonna 2020 ja 47 prosenttia vuonna 2030. Hallituksen asettama tavoite ei siis ihan toteudu. **Kivihiilen energiakäytöstä luopuminen** tapahtuu asteittain. Kivihiililauhdevoimaloita poistetaan koko ajan käytöstä ja vuonna 2030 arvioidaan olevan toiminnassa ainoastaan yhden lauhdelaitoksen. Tällöin kivihiilen osuus energian kokonaiskulutuksesta on enää noin 1-2 prosenttia. Lauhdelaitoksia tarvitaan yleensä talvisin suuren sähköntarpeen aikana ja ovat tärkeitä turvaamaan sähkön riittävyttä. (Valtioneuvoston selonteko, 2017, 31–33, 105–106.) Kivihiilen käytön lopettaminen on mahdollista vähentämällä rakennusten lämmitystarvetta, korvaamalla kivihiiltä maa- ja biokaasulla, puulla, suurilla lämpöpumpuilla, hukkalämmöllä sekä geotermisellä energialla. (Halme ym. 2015, 25.)

Liikenteen uusiutuvan energian lisäämisen tavoite jää paljon hallituksen asettamasta tavoitteesta. Ennusteessa arvioidaan, että uusiutuvan energian käyttö liikenteessä jää 2020- luvulla 22 prosentin tasolle, mikä jää reilusti hallituksen asettaman 40 prosentin tavoitteesta. **Energian hankinnan omavaraisuuden kasvattaminen** onnistuu uusiutuvan energian lisääntymisen myötä. Tavoitteessa tullaan huomioimaan uusiutuvan energian käyttö, turve, jäte ja kierrätyspoltoaineet sekä teollisuuden reaktiolämpö. Ennuste näyttää kuitenkin siltä, että jäämme 4 prosenttia alle hallituksen asettaman tavoitteen. **Tuonti öljyn energiakäytön puolittaminen** on alkanut jo 2000- luvun alkupuolella. Vuonna 2020 dieselöljyä, bensiiniä, polttoöljyä, lentopetrolia ja -bensiiniä käytetään 68 TWh vuonna 2020 ja 62 TWh vuonna 2030. Fossiilisen öljyn määrä on vuonna 2030 57 TWh, mikä on runsaat 12 TWh enemmän kuin tuonti öljyn puolittamisen tavoitemäärä 44 TWh. Liikennesektorin toimet kohdistuvat päästöjen vähentämiseen, rakennusten erillislämmitykseen sekä työkoneisiin. Näiden avulla pyritään tuonti öljyn käytön puoliintumiseen 2020-luvun loppuun mennessä. (Valtioneuvoston selonteko, 2017, 32, 35- 36.)

4. SUOMEN ENERGIAVISIO VUONNA 2050

Maailman energiajärjestelmä on suurien haasteiden edessä. Energian kysyntä tulee kasvamaan johtuen maailmantalouden ja väestön kasvusta. Haasteita asettaa ilmastonmuutoksen hillitseminen, mikä tulee huomioida entistä

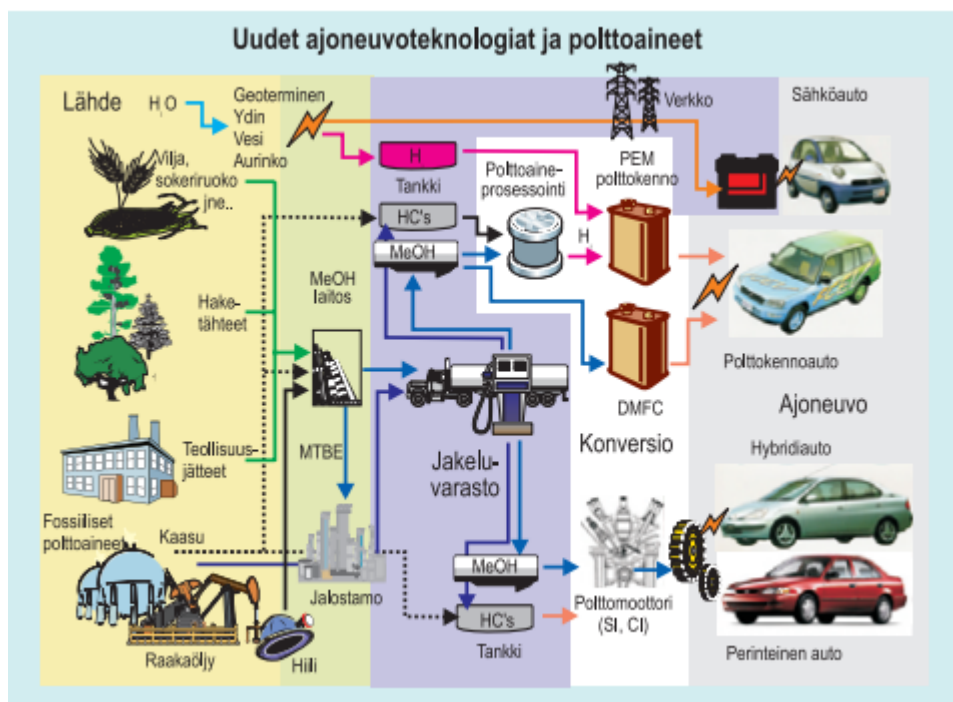
tehokkaammin energian tuotannon ja käytön ympäristövaikutuksissa. Lisäksi tulevaisuudessa korostuvat energiaturvallisuuteen liittyvät haasteet. Maakohtaisesti katsottuna haasteet ovat hyvin erilaisia. Kehittyneissä maissa on vielä 1,5 miljardia ihmistä ilman energiapalveluita, mikä vaikeuttaa kehitystä. Kehittyneissä maissa haasteena on ikääntyvien energijärjestelmien kasvihuonepäästöjen vähentäminen. Haasteisiin vastaamiseen tarvitaan tehokkaampien energiatuotannon- ja loppukäyttöteknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa. Energiatuotannon tulee tulevaisuudessa perustua hiilidioksidivapaisiin ja vähäpäästöisiin tuotantomuotoihin kuten uusiutuvia energialähteitä hyödyntäviä teknologioita, ydinvoimaa sekä hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologiat. Energiatehokkuus tulee olemaan keskeinen käsite tulevaisuudessa. Sillä tarkoitetaan sellaisen uuden teknologian tai käyttömahdollisuuksien omaksumista, joka vaatii vähemmän energiaa. Energiatehokkuuden parantaminen parantaa myös energiatehokkuutta ja vähentää ympäristövaikutuksia. (Similä 2009, 4-5.)

Teollisuuden energiankäytössä kehityssuuntaus on kulkenut kohti tuotteiden korkeampaa jalostusastetta, mikä on johtanut energiankulutuksen lisääntymiseen. Tätä pyritään kompensoimaan parantamalla energiatehokkuutta. Energiatehokkuutta suunnitellaan prosessien suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Suurin teollisuudenala energiankäytöltään on kemian- ja petrokemianteollisuus. Seuraavina ovat metalliteollisuus ja mineraaliteollisuus sekä metsä- ja paperiteollisuus. Edellä mainitut käyttävät yli 60 % teollisuuden globaalista energiankulutuksesta. Paperiteollisuudessa voidaan esimerkiksi vähentää energiankulutusta käyttämättä vettä paperinvalmistusprosessissa tai korvata prosessiin käytettävä energia matalalämpöisellä höyryllä. Eli säästöjä saadaan kehittämällä prosesseja. (Similä 2009, 7-8.)

Rakennussektorilla energiatehokkuutta pyritään tehostamaan rakennusten energiatarpeiden vähentämällä sekä vähentyneen energiantarpeen tyydyttämällä uusiutuvilla energianlähteillä. Suomessa erilaisten koerakennusprojektien avulla lämmitysenergian säästömahdollisuudet voivat olla yli 50 % nykyisestä tasosta. Rakennussektorilla on tulevaisuudessa

mahdollisuus merkittäviin CO₂-päästöjen vähennyksiin, mikä edellyttää suuria muutoksia rakennusäänöksiin. Vaikka nykYTEknologiallakin toteutettu matalaenerginen rakennus maksaa 2-5 % enemmän, niin pienempien energiakustannusten avulla investointi maksaa itsensä takaisin 5-15 vuodessa takaisin. Lämmityksen osuus energiankulutuksesta tulee vähenemään huomattavasti vuoteen 2050 mennessä. Sähkö- ja jäähdytyslaitteiden energiatehokkuutta lisätään, joka tulee vähentämään energiankulutusta. Huomiota kiinnitetään erityisesti laitteiden lepovirtakulutuksen pienentämiseen sekä led-valaistuksen kehittämiseen. (Similä 2009, 8-10.)

Liikennesektorilla kehitys huomataan uusien autojen polttoaineenkulutuksessa. Se on laskenut viime vuosina merkittävästi moottorien tehokkuuden paranemisen ansiosta. Toisaalta kuluttajat suosivat suuria ja tehokkaita kulkuneuvoja, jotka taas lisäävät polttoaineen kulutusta. Vaihtoehtona kehitellään hybridi ja sähköautoja sekä polttokennoteknologiaa. suurin muutos tulee olemaan biopolttoaineiden lisääntyvä käyttö verrattuna öljypohjaisiin polttoaineisiin. liikenteen käyttämä energia tulee kasvamaan yli 60 %:lla vuoden 2005 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Lentoliikenne tulee kasvamaan kaikkein nopeimmin. viime vuosina on saatu huimia tuloksia päästövähennyksistä ja suunnan odotetaan jatkuvan edelleen. Biopolttoainekomponenttien lisääminen dieselajoneuvoihin onnistuu jo tänä päivänä ja voidaan nostaa korkealle tasolle vuoteen 2050 mennessä. Tulevasta teknologiakehityksestä voidaan mainita hybridisähköautot, plug-in-hybridit sekä polttokennot, jotka käyttävät polttoaineena vetyä. (Kara 2002, 182–184.) Pistokehybridit voidaan ladata verkosta. Niillä pystyy kulkemaan 50 kilometriä, mikä riittää useimpiin työmatkoihin. Tiurin mukaan (2011, 92) sähköautojen yleistymistä estää kehittymättömät akut. Tällä hetkellä akun lataukseen kuluu tunteja aikaa ja kestävyys on huono. Akku painaa kymmeniä kiloja ja maksaa suuren osan auton hinnasta.



Kuva 11. Ajoneuvojen kehittyminen tulevina vuosina (Kara 2002)

4.1 Energian tuotantoteknologiat

Teknologioiden tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja vähentää riippuvuutta fossiilisista energiavaroista. Teknologiat perustuvat uusiutuviin tai vähäpäästöisiin energianlähteisiin tai hyötysuhteen parantamiseen. Uusia teknologioita hyödynnetään sähköntuotannossa sekä biopolttoaineiden tuotannossa. Tulevaisuudessa tulevat kehittymään tuuleen, biomassaan, aurinkoon, vesivoimaan ja valtamerien energiaan perustuvia sähköntuotantoteknologioita. (Similä 2009, 12–14.)

Ydinvoiman tulevaisuuteen vaikuttavat uudet laitosvaihtoehdot. Kehitystyön tuloksena on syntynyt fissioon perustuvia voimalaitoksia. Kehitys mahdollistaa uraaniresurssien hyödyntämisen ja riittävyyden pitkälle tulevaisuuteen. Fuusioenergian hyödyntäminen on teoreettisesti mahdollista, mutta vaatii paljon vielä kehittämistyötä. Bioenergian hyödyntäminen riippuu tehokkaista hankintajärjestelmistä, kun biomassaa korjataan, kuljetetaan ja varastoidaan matkalla pelloilta tai metsistä energialaitokselle. Biomassaa hyödynnetään ensin raaka-aineena ja sivutuotteita sekä jätteitä hyödynnetään energiantuotannossa. Biomassaa tullaan käyttämään fossiilisten

polttoaineiden rinnalla seospoltossa ja kaasutuksessa teollisuudessa ja CHP-laitoksissa. (Similä 2009, 13.)

4.2 Energiavarat 2050-luvulla

Fossiiliset polttoaineet tulevat loppumaan kiihtyvällä vauhdilla. Jos kulutus jatkuu nykyisellä tasolla, raakaöljy- ja maakaasuvarojen arvioidaan riittävän 40–70 vuotta. Hiilivarat ovat lähes kaksinkertaiset ja kestävät vuosisatoja nykyisellä kulutuksella. Fossiilisten polttoainevarojen osuus tulee olemaan merkittävä vielä vuosikymmeniä. Aurinkoenergia on mahdollistanut biomassavarojen karttumisen. Suurin osa nykyisistä uusiutuvista energianlähteistä (bioenergia, tuulivoima, vesivoima) on peräisin aurinkoenergiasta. Aurinkoenergialla voidaan tyydyttää suuri osa energiantarpeesta. Noin pari prosenttia ilmakehän energiasta muuttuu tuuleksi. Tuulivoiman potentiaalin maailmassa arvioidaan olevan 1000 PWh/a. Biomassaa käytetään eniten kehittyneissä maissa. Energiasta 33 % tulee biomassasta, jota käytetään polttopuuna ruoanlaitossa ja lämmityksessä. Ydinenergia ja fissio voi olla tulevaisuudessa riittävä energianlähde. Vetyä pidetään lupaavana polttoaineena tulevaisuudessa. Sillä on suuri energiasisältö massayksikköä kohti ja sitä voidaan varastoida. Vetyä pitäisi kuitenkin tuottaa uusiutuvilla lähteillä ja ydinvoimalla. (Similä 2009, 226–229.)

Monet teknologian menetelmät ovat tällä hetkellä kehitysvaiheessa. Läheskään kaikki eivät ole vielä kaupallisia tai tulleet markkinoille. Energiajärjestelmät uusiutuvat yleensä hitaasti ja prosessi on kallis. Vaikka ilmastonmuutos vaatii suuria muutoksia, teknologian kehittyminen auttaa uusien keinojen keksimisessä. Eri aurinkoenergiateknologiat tulevat asteittain kilpailukykyisemmiksi ja rooli energiajärjestelmässä tulee kasvamaan. Ydinvoimalaitosteknologiat edesauttavat fossiilisista polttoaineista luopumiseen. Tiurin (2011,40) mukaan energiajärjestelmien muuttuminen on hidasta. Ydinvoimalan suunniteltu ikä on 60 vuotta, hiilivoimalan 40 vuotta ja tuulivoimalan 20–25 vuotta. Kymmeniä vuosia eteenpäin tehtävien suunnitelmien tekeminen on epävarmaa. Innovaatioita, teknologian ja talouden kehitystä on hyvin haastavaa ennakoida pitkällä aikavälillä. Toteutuvat skenaariot voivat olla aivan erilaisia, mitä on arvioitu.

4.3. Energian varastointi

Kehittyvä energian varastoiminen mahdollistaa sääriippumattoman tuotannon. Pumppuvoimalaitokset edustavat perinteistä tekniikkaa ja ovat edelleen merkittävin varastointikeino. Lämpö- ja akkuvarastot ovat viime aikoina lisänneet energian varastoinnin mahdollisuuksia. Jakeluverkkostoon liitetyt energiavarastot ovat vielä harvinaisia, mutta tulevat tulevaisuudessa lisääntymään. Esimerkiksi sähköautojen akkujen hinnat ovat laskeneet 40 % vuodesta 2010. Energian varastointia kannattaa hyödyntää tuotannon ja kulutuksen ohjaamisessa, huippukapasiteetin leikkaamisessa sekä sähkön säädössä. Varastointi voi toimia myös varavoimalaitoksena. Suomessa on meneillään projekti, jossa aurinko- ja tuulivoimalla tuotettu energia varastoidaan synteettiseen maakaasuun. Maailmalla satsataan tällä hetkellä uuteen akkuteknologiaan. Litiumakun käyttö on voimakkaassa käytössä. (Salokari 2017,17–18.)

4.4. Energian käytön muutokset vuosina 2015, 2020 sekä 2030

Tarkasteltaessa seuraavien vuosikymmenten energian kokonaiskulutusta (taulukko 1) öljyn, turpeen, kivihiilen, maakaasun käyttö sekä sähkön tuonti tulevat vähenemään. Tulevina vuosina tulevat lisääntymään tuuli-aurinko- energian, ydinenergian sekä puupolttoaineiden käyttö. Uusiutuvan energian kohdalla (taulukko 2) lämpöpumppujen, vesivoiman, puun ja pelletin, teollisuuden tähdepuun sekä biokaasun käyttö pysyy samalla tasolla nykyiseen verrattuna. Lisäystä tulee tuulivoiman, aurinkoenergian, metsäteollisuuden jäteliemien, metsähakkeen sekä nestemäisten biopolttoaineiden ja bionesteiden kohdalla. (Valtioneuvoston selonteko, 2017, 117.)

2015e = tilastoennakko

Energian kokonaiskulutus ja loppukulutus						
TWh	Tilasto		Perusskenaario		Politiikkaskenaario	
	2010	2015e	2020	2030	2020	2030
Öljy, sis. biokomponentin	97	87	81	77	79	73
Kivihiili	40	17	15	7	15	3
Koksi, masuuni- ja koksikaasu	12	12	16	18	16	18
Maakaasu	41	22	27	22	27	23
Ydinenergia	66	68	106	123	106	123
Sähkön nettotuonti	11	16	3	2	3	1
Vesivoima	13	17	14	15	14	15
Tuuli- ja aurinkoenergia	0	2	5	7	5	9
Turve	27	15	20	15	20	15
Puupolttoaineet	90	93	104	118	104	121
Muut	10	14	16	18	16	18
Energian kokonaiskulutus yhteensä	407	361	408	420	406	418
Energian loppukulutus	318	297	313	316	311	314
		(2014)				

Taulukko 1. Energian kokonaiskulutus vuosina 2015, 2020 sekä 2030 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017)

Uusiutuva energia						
TWh	Tilasto		Perusskenaario		Politiikkaskenaario	
	2010	2015e	2020	2030	2020	2030
Vesivoima	13	17	14	15	14	15
Tuulivoima	0,3	2	5	6	5	8
Aurinkoenergia	0	0	0,2	0,7	0,2	0,7
Puun pienkäyttö ja pelletit	19	16	19	20	19	21
Metsäteollisuuden jäteliemet	38	39	44	48	44	48
Metsähake	14	16	22	29	22	31
Teollisuuden tähdepuu	20	22	19	21	19	21
Lämpöpumput	3	4	6	7	6	7
Kierrätyspolttoaine, bio-osuus	3	4	5	5	5	5
Nestemäiset biopolttoaineet ja bionesteet	2	6	6	5	6	12
Biokaasu	0,5	1	1	1	1	2
Uusiutuva energia yhteensä	111	128	142	158	141	171

Taulukko 2. Uusiutuvan energian käyttö vuosina 2015, 2020 sekä 2030 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017)

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomen energiantuotanto tulee muuttumaan merkittävästi 2020-luvun jälkeen. Muutoksiin ovat vaikuttamassa erityisesti teknologian kehitys ja uusiutuva energiantuotanto sekä kuluttajan roolin kasvaminen. Aktiivinen kuluttaja on samanaikaisesti energian tuottaja, kuluttaja ja varastoija. Energian tuotanto tulee yhä enemmän olemaan liiketoimintaa. Kasvihuonepäästöjä vähennettäessä energiatehokkuus ja kiertotalousajattelu ovat keskeisiä asioita. Tulevaisuudessa Suomen on entistä enemmän keskityttävä teknologioiden kehittämiseen. Suomessa on investoitu paljon tuuli- ja aurinkoteknologiaan. Uusiutuvista energiamuodoista myös bioenergian tuotanto tulee nousemaan. Liikenteen kohdalla kehitystä tapahtuu biopolttoaineissa sekä liikenteen sähköistymisessä. (Salokoski 2017,6.)

Nyt on jo nähtävissä kivihiielen käytön väheneminen. Käyttö tulee edelleen vähenemään uusien energiamuotojen lisääntyessä. Öljyn käyttö vähenee maalämmön käytön yleistyessä. Öljyn käyttö liikenteessä on vielä runsasta, mutta sen merkitys tulee vähenemään kun panostetaan tulevaisuudessa biopolttoaineiden kehittämiseen ja autojen sähköistämiseen. Ydinvoiman kohdalla käyttö tulee kasvamaan, jos uutta ydinvoimaa rakennetaan. Jos rakentaminen kielletään, silloin todennäköisesti olemassa olevien laitosten elinikää ja tehoa on kasvatettava.

Maatuulivoimalle ennustetaan suurinta kasvupotentiaalia. Samoin aurinkoenergian käyttö Suomessa tulee lisääntymään. Aurinkoenergian hinnan alentuessa, käyttö tulee lisääntymään ja monipuolistumaan. Ongelmaksi muodostuvat usein ongelmalliset sääolot ja vuodenaikavaihtelut. Bioenergian tuotanto tulee lisääntymään, mikä erityisesti näkyy liikenteen biopolttoaineissa. Biopolttoaineet ovat ikään kuin siltana liikenteen sähköistymiselle.

Tulevaisuudessa bioenergia muodostaa yli puolet uusiutuvasta energiasta. Muita tärkeitä muotoja ovat tuuli- ja vesivoima.

Äskettäin Suomi noteerattiin sijalle 36, kun 40:tä maata verrattiin niiden kiinnostavuudessa uusiutuvien energialähteiden investoinneille. Suomi voi kehittyä vihreän talouden mestariksi- jos ja vain se sitä todella haluaa. Halmeen ym. (2015, 85- 86) mukaan vihreän energiatalouden mallissa uusiutuvilla energialähteillä ja energian käytön tehostamisella vaikutetaan talouskasvuun ja uusien työpaikkojen syntymiseen. Ratkaisut pohjautuvat pitkälti kotimaiseen lähienergiaan, omaan osaamiseen ja teknologiaan. Haasteena on se, miten pääsemme kotimarkkinoiden kautta laajentamaan osaamistamme ulkomaille. Energiavallankumous on alkanut. Suomella on mahdollisuuksia päästä mukaan kehitykseen ja saada osansa kehityksen hedelmistä. Suomalaisessa energiapolitiikassa pitää kääntää uusi puhdas sivu, jossa lukee suurin kirjaimin: suosi suomalaista, myös energiassa.

LÄHTEET

Aarni, M. 2016. Tuulivoima. WWW- dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima [viitattu 17.1.2017].

Energiavirasto. 2015. Kertomus maakaasun toimitusvarmuudesta 2015. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Kertomus+maakaasun+toimitusvarmuus+2015.pdf> [viitattu 29.4.2017].

Fortum. 2016. Fortum ja Sitra lisäävät panostustaan aaltoenergiateknologiaan. WWW- dokumentti. Saatavissa: <http://www.fortum.com/fi/media/Pages/fortum-ja-sitra-lisaavat-panostustaan-aaltoenergiateknologiaan.aspx> [viitattu 23.2.2017].

Halme, M., Hukkinen, J., Korppi-Tommola, J., Linnanen, L., Liski, M., Lovio, R., Lund, P., Luukkanen, J., Partanen, J., Nokso-Koivisto, O. & Wilenius, M. 2015. Maamme Energia. Helsinki: Into

Hirvonen, S. 2002. Energy visions 2030 for Finland. Helsinki: VTT

Härmä, E. 2013. Yhteinen ympäristö. WWW- dokumentti. Saatavissa: https://peda.net/yhdistykset/bmol-ry/koulutus/eyy/yhteinen_ymparisto/energia/ue7 [viitattu 18.2.2017].

Kara, M. 2002. Energy visions 2030 for Finland. Helsinki: Edita

Liukkonen, J. 2016. Uusiutuvat energiamuodot. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Motiva. 2016. Vesivoima. WWW- dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/vesivoima [viitattu 17.1.2017].

Määttä, T. 2016. Bioenergian käyttö. WWW- dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuvaenergia/bioenergia/bioenergian_kaytto [viitattu 1.5.2017].

Salokoski, P. 2017. Tulevaisuuden energia 2030...2050. Katselmus 332/2017. Helsinki: Tekes

Seuna, S. 2016. Aurinkoenergia. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia [viitattu 23.2.2017].

Similä, L. 2009. Energy visions 2050. Helsinki:Edita.

Suomen virallinen tilasto. 2016. WWW-dokumentti. Energian hankinta ja kulutus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04-2017-03-23_kuv_005_fi.html

Säteilykeskus. 2016. Suomen ydinvoimalaitokset. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/ydinvoimalaitokset/suomen-ydinvoimalaitokset> [viitattu 30.4.2017].

Tilastokeskus. 2015. Kivihiilen kulutus alimmillaan yli kolmeen vuosikymmeneen vuonna 2015. WWW- dokumentti. Saatavissa: www.tilastokeskus.fi/til/kivih/2015/12/kivih_2015_12_2016-01-28_tie_001_fi.html [viitattu 29.4.2017].

Tiuri, M. 2011. Tie kestäväään tulevaisuuteen. Tampere: Juvenes Print.

TVO. 2016. OL3. WWW- dokumentti. Saatavissa: <http://www.tvon.fi/OI3> [viitattu 30.4.2017].

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. 2017. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö.

Venäläinen, J. 2016 a. Öljyn käyttö Suomessa. WWW- dokumentti. Saatavissa: www.oil.fi/fi/oljy-suomessa/oljyn-kaytto-suomessa [viitattu 17.1.2017].

Venäläinen, J. 2016 b. Öljy Suomen kansantaloudessa. WWW- dokumentti. Saatavissa: www.oil.fi/fi/tietoa-oljysta/oljy-Suomen-kansantalodessa [viitattu 23.11.2016].

Venäläinen, J. 2016 c. Öljytuotteiden kulutus käyttäjäryhmittäin vuonna 2015. WWW- dokumentti. Saatavissa: www.oil.fi/fi/tilastot-3-suomen-oljymarkkinat/36-oljytuotteiden-kulutus-kayttajaryhmittain [viitattu 15.1.2017].

VTT. 2016. Suomen tuulivoimatuotanto. WWW- dokumentti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/palvelut/v%C3%A4h%C3%A4hiilinen-energia/tuulivoima/suomen-tuulivoimatilastot> [viitattu 30.4.2017].