

# Energiamurroksen teknologiat

Energiamurros avaa mahdollisuuksia uusien energia-alan ratkaisujen kehittämiseen. SET-hanke järjesti keväällä 2016 asiantuntijakyselyn ja -työpajan, joilla kartoitettiin energiamurrokseen liittyvien teknologioiden ennakoitua kehitystä ja käyttöönottoa Suomessa vuoteen 2030 mennessä. Tulosten pohjalta kesäkuussa 2016 järjestettyyn työpajaan osallistui noin 40 henkeä. Kyselyä ja asiantuntijatyöskentelyä pohjustivat teemoittaiset taustapaperit. Yhteenvetona työskentelystä on tuotettu teemakohtaiset raportit sekä tämä teknologiakooste.

## *Energiamurros Suomessa vuonna 2030*

Energiamurros on muutosprosessi, jossa teknologiset ja sosiaaliset tekijät vuorovaikuttavat keskenään ja luovat yhdessä uudenlaisia mahdollisuuksia energia-alan ratkaisujen kehittämiseen. Teknologinen muutos on prosessi, jossa energian tuotannon, varastoinnin, siirtämisen, seurannan ja hyödyntämisen uudet keinot nivoutuvat ratkaisuksi, jotka vähitellen saavat lisää uskottavuutta ja huomiota osakseen. Uusia ratkaisuja pidetään murrostekijöinä silloin kun ne levitessään haastavat ja jopa syrjäyttävät olemassa olevia järjestelmiä, toimintatapoja ja yksittäisiä toimijoita.

Smart Energy Transition -hankkeessa on tutkittu energiamurroksen teknologisia tekijöitä lähtien liikkeelle useammasta murroslogiikasta. *Tuulivoima* ja *aurinkoenergia* edustavat uusia, sähkömarkkinoiden murrosvaikutuksia tuottavia energialähteitä, joiden saatavuuden vaihtelevuus ja tuotantokustannus poikkeavat perinteisistä energialähteistä. Näitä teknologioita kehitetään globaalisti ja niitä voidaan pitää murroksen ajureina, jotka aiheuttavat muutostarpeita järjestelmän muissa osissa.

*Biomassan* käyttökohteiden ja jalostusprosessien tarkastelu koskee perinteisen uusiutuvan raaka-ainelähteen uudenlaista hyödyntämistä. Vaikka biomassapohjaisen energiajärjestel-



***Energiamurroksen teknologiset muutosvoimat sekä niistä koostetut teemakohtaiset raportit***

män mahdollisuudet ovat globaalisti erittäin rajalliset, Suomessa tapahtuvan energiamurroksen erityispiirre on uusien energiantuotantomuotojen ja metsäbiomassan energiakäytön välinen yhteensovittelu.

*Rakennusten energiatarvetta ja lämmittämisen paikallisia ratkaisuja* koskeva tarkastelu edustaa energiankäytön murrosten tarkastelua. Murroksesta voidaan puhua ainakin siinä mielessä, että rakennusten kokonaisenergiankäyttöä koskeva trendi on muuttunut. Pitkäaikaisen kasvun sijaan rakennusten energiantarve on kääntynyt 2010-luvulla laskuun.

Kaikkiin edelliseen nivoutuvat sähköjärjestelmän *huipputehontarve ja kysyntäjousto* ovat teemoja, jotka tarkastelevat järjestelmätason muutoksia ja niitä prosesseja, joiden myötä uudet tuotannon ja kulutuksen teknologiat integroituvat. Nämä teknologiat ovat murrosta mahdollistavia tekijöitä, joiden kehittäminen vauhdittaa tuotanto- ja kulutusrakenteessa tapahtuvia muutoksia. Energiankulutusta ja sähköverkkoa koskevat systeemitason tarkastelut keskittyvät globaalien teknologioiden ja paikallisten tai alueellisten erityispiirteiden yhteennivoutumiseen.

### ***Tuulivoima ja aurinkosähkö – muutoksen globaalit ajurit***

Tuuli- ja aurinkoenergiasta on tullut globaalisti varteenotettava vaihtoehto sähköenergian tuotantoon merkittävästi alentuneiden suorien tuotantokustannuksien ansiosta (kustannukset alhaisimmillaan 30-40 €/MWh). Näitä kahta sähköntuotantotapaa voidaan pitää energiamurroksen globaaleina ajureina, sillä esimerkiksi tuulivoiman voimakas rakentaminen Pohjoismaihin (ja erityisesti Ruotsiin) on vaikuttanut myös Suomen energiantuotantoon sekä voimalainvestointeihin sähkön pörssihinnan ollessa viime vuosina 30-40 €/MWh suuruusluokkaa.

SET-hankkeen työpajassa aurinkosähkö ja tuulivoima nähtiin yleisellä tasolla toisiaan täydentävinä teknologioina, joista erityisesti tuulivoimalla on disruptiivinen vaikutus Suomessa johdun siihen liittyvästä säätövoiman tarpeesta. Virallisiin skenaarioihin nähden hankkeen kyselyyn osallistuneet uskoivat erityisesti merituulivoiman yleistymiseen Suomessa kustannustason laskun myötä. Toinen työpajassa esiin tullut poikkeava näkemys on aurinkosähköjärjestelmien voimakas yleistymisen. Kyselyyn vastaajista 40 % oli arvioinut aurinkosähkön osuudeksi merkittävää, noin 5-10 % kulutuksesta Suomessa jo vuonna 2030, mikä laskentatavasta riippuen tarkoittaa 500-10 000 MWp:n asennuskantaa (5% hetkellisestä tehontarpeesta – 10% vuotuisesta sähköenergiantarpeesta).

Tuuli- ja aurinkoenergian roolin kasvaessa myös joustavalle kulutukselle on tulossa yhä enemmän tarvetta: tähän Suomessa on jo nyt käytössä kysynnänjoustoratkaisuja, joiden avulla sähkö- ja lämpöpumppulämmitteiset kodit pystyvät hyödyntämään ne ajankohdat, jolloin sähkö on halvinta. Myös akkujärjestelmien potentiaalista roolia on selvitetty SET-hankkeen aikana, mutta niissä vastaan tulee järjestelmien hinta suhteessa Suomen alhaiseen sähkön hintaan.

### ***Biomassaa siirtymävaiheena***

Biomassan merkitys energiantuotannossa on lisääntynyt Suomessa viimeisen 20 vuoden aikana ja tälläkin hetkellä Suomessa on käynnissä lukuisia hankkeita bioenergian käytön lisäämiseksi. Osa näistä kytkeytyy suoraan esimerkiksi liikenteen biopolttoaineiden jakeluvoitteen täyttämiseen ja osa puolestaan on sellutehdashankkeita, jotka tulevat sivutuotteenaan tuottamaan biomassasta sähköä. Teknologiat kehittyvät siten, että metsäbiomassasta voidaan jalostaa erilaisia fossiilisia polttoaineita suoraan korvaavia tuotteita ilman merkittäviä

muutoksia jakelussa ja käytössä. Biopolttoaineet eivät siksi edusta murrosteknologioita. Asiantuntijat kuitenkin näkivät synteettisen metaanin tuotannon avaavan uusia mahdollisuuksia hiilineutraalille bioenergiatuotannolle.

SET-hankkeen työskentelyssä on noussut esiin poikkeavia näkemyksiä metsäbiomassan tulevaisuudesta. Ilmakehän kohoava hiilidioksidipitoisuus edellyttää hiilidioksidinielujen aktiivista luomista. Tästä syystä metsäbiomassan käyttökin voi muuttua radikaalisti. Käyttömoodot, jossa hiili sitoutuu pitkäaikaisesti, mahdollistavat kaksinkertaisen arvonluonnin. On mahdollista, että ilmastonmuutoksen eteneminen, muiden uusiutuvien energialähteiden tuotantokustannusten halpeneminen ja sähkön varastointiteknologiat aiheuttavat murroksen, jossa metsäbiomassan energiakäyttö on väliaikainen ratkaisu, joka muuttuu kannattamattomaksi pidemmällä aikajänteellä.

### **Lämmöntarve- ja tuotanto**

Rakennusten lämmitykseen kuluu noin 40 % vuotuisesta energiatarpeesta. Vaikka uuden rakennuskannan energiatehokkuus on parantunut merkittävästi, muutos koko rakennuskannassa on hidaskäyttö. Lämpöpumput ovat yksittäinen merkittävin murrosteknologia, koska ne kilpailevat keskitettyyn tuotantoon perustuvan lämmön- ja sähköntuotannon kanssa. Lämmönvarastoinnin tekniikoissa ei välttämättä tapahdu teknologista murrosta, mutta lämpövaraajien ja lämpöpumppujen yleistymisen auttaa tuottamaan lämpöä energiatehokkaasti hyödyntäen jätelämpövirtoja, sään lämpimiä jaksoja ja sähkön halpaa hintaa. Joustavaa uusi lämpöjärjestelmää voidaan kuvata eksergia-älykkääksi päällekkäisten teknologioiden lämpöjärjestelmäksi, jossa pääasiallinen energialähde on sähkö. Biomassojen suora lämpökäyttö puolestaan rajoittuu kulutushuippuihin.

Aurinkolämpöä SET-hankkeen kyselyyn osallistuneet asiantuntijat eivät pitäneen murrosteknologiana. Pikemminkin, mikäli suurien aurinkolämpökeräimien ja varastoinnin teknologia jatkaa kehitystään, tämä tukee olemassa olevaa keskitettyyn tuotantoon perustuvaa kaukolämpöjärjestelmää.

### **Kysynnän ja tarjonnan tasapaino**

Sähköjärjestelmässä sähkön tuotannon ja kulutuksen täytyy olla tasapainossa joka hetki. Tehotasapainon ylläpitäminen tuotannon avulla on vaikeutumassa, koska satunnaisesti vaihtelevan tuotannon (esim. tuuli- ja aurinkovoima) sekä sellaisen tuotannon, jota tyypillisesti ajetaan vakioteholla (ydinvoima), määrä on lisääntymässä Suomessa lähivuosien aikana. Samaan aikaan investoiminen perinteisiin CHP- ja lauhdevoimalaitoksiin on tullut taloudellisesti epävarmemmaksi vaihtoehdoksi.

SET-hankkeen osallistujilta kysyttiin näkemyksiä kysynnän ja tarjonnan välisen tasapainon ylläpitämisestä. Mielipiteet jakoutuivat jonkin verran, mutta yksimielisimpiä oltiin siitä, että kysynnän hallinnalla ja joustolla on keskeinen rooli. Siitä onko huipputehotuotanto ja varavoima vuonna 2030 pääosin säänneltyä vai markkinaperusteista, ei ollut yhtenevää näkemystä. Monet vastaajat toivoivat ensisijaisesti markkinaehtoista ratkaisua huipputehdon ja varavoiman hallintaan. Osa vastaajista toivoi markkinasignaalien tavoittavan kuluttajat entistä paremmin.

Huipputehdon tarpeeseen nähdään linkittyvän useita teknologioita. Sähköautojen ja lämpöpumppujen määrän odotettiin lisääntyvän vuoteen 2030 mennessä ja mahdollisesti lisäävän sähkönkäyttöä ja huipputehoa. Toisaalta akkujen sekä erilaisten energiavarastojen nähtiin tarjoavan myös mahdollisuuksia huipputehdon tarpeen hallintaan. Jos lämpöpumput korvaavat

kaukolämpöä ja siten CHP-tuotantoa, heikentää tämä myös tuotannon määrää. Tehohuippujen kattaminen pelkästään uusiutuvalla energialla nähtiinkin Suomessa haasteellisena, koska kulutushuiput osuvat talviaikaan, kun aurinko- ja tuulivoimatuotanto on pientä. Tällöin biomassan rooli joustavana energianlähteenä (esim. CHP- ja CPF-laitosten muodossa) korostuu, kun kivihielestä halutaan päästä eroon ja myös ulkomailta tuotuja polttoaineita halutaan korvata kotimaisilla vaihtoehdoilla.

### **Yhteenveto**

Energiamurrokseen liittyvät teknologiat muodostavat kokonaisuuden, jossa myös perinteisillä raaka-aineilla on tärkeä roolinsa. Tuuli- ja aurinkoenergian odotetaan muodostavan myös Suomessa huomattavan osan sähköntuotannosta. Tällä kehityspolulla säättövoiman saataavuus ja biomassan rooli joustavana energianlähteenä tulevat entistä tärkeämmiksi. Lisäksi kysynnän joustolla sekä hallinnalla nähtiin olevan nykyistä merkittävämpi rooli 2030-luvun Suomessa.

### **Tekijät**

Mikko Jalas, Tatu Marttila  
Aalto ARTS  
mikko.jalas@aalto.fi, tatu.marttila@aalto.fi  
040-3538247

Tero Ahonen  
Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
tero.ahonen@lut.fi  
050-4122291

*Suomen Akatemian strategisen tutkimusneuvoston Smart Energy Transition (SET) -tutkimushankkeen julkaisu. Smart Energy Transition –hanke viitoittaa, millä toimialoilla ja miten Suomi voi menestyä globaalissa energiamurroksessa. Lisätietoja: [www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)*