

# Energiamurroksen ennakoidut vaikutukset 2030: Huipputeho ja varavoima

Salla Annala  
Samuli Honkapuro  
Kimmo Ollikka



# Energiamurroksen ennakoidut vaikutukset 2030: Huipputeho ja varavoima

**Salla Annala**  
**Samuli Honkapuro**  
**Kimmo Ollikka**

## Smart Energy Transition -hanke

[www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)

Aalto-yliopiston julkaisusarja

**CROSSOVER** 15/2016

© Salla Annala, Samuli Honkapuro

Kimmo Ollikka

ISBN 978-952-60-7227-2 (pdf)

ISSN-L 1799-4950

ISSN 1799-4950 (painettu)

ISSN 1799-4969 (pdf)

[www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)

Unigrafia Oy

Helsinki 2016

Smart Energy Transition -hanke (293405) kiittää Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvostoa hankkeen mahdollistamisesta ja tuesta.

**Tekijä**

Salla Annala, Samuli Honkapuro &amp; Kimmo Ollikka

**Julkaisun nimi**

Energiamurroksen ennakoituvat vaikutukset 2030: Huipputeho ja varavoima

**Julkaisija** Kauppakorkeakoulu**Yksikkö** Johtamisen laitos**Sarja** Aalto-yliopiston julkaisusarja CROSSOVER 15/2016**Tutkimusala** Energiatutkimus**Kieli** Suomi**Tiivistelmä**

Tämä case-julkaisu liittyy Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET) -hankkeeseen ([www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)).

Huipputehon ja varavoiman hallinta on olennainen osa sähköjärjestelmän toimitusvarmuuden ylläpitoa nyt ja tulevaisuudessa. Vaihtelevan tuotannon osuuden lisääntyminen voi vaikeuttaa tehotasapainon ylläpitoa, jos markkina tai sääntely ei takaa riittäviä kannusteita säätökykyisen tuotantokapasiteetin ylläpitoon.

Kysyntäjousto voi sekä auttaa takaamaan tuotantokapasiteetin riittävyyttä, että edistää sähköverkkojen toimitusvarmuutta ja kustannustehokkuutta. Kysyntäjoustoparasiteetin käytön helpottamiseksi tarvitaan sekä ohjaukseen liittyvän tekniikan standardointia, että kuluttajille kannustimia joustoon.

**Avainsanat** energia, älykäs energia, energiamurros, huipputeho, varavoima, sähkö, kysyntäjousto

<b>ISBN (painettu)</b>	<b>ISBN (pdf)</b> 978-952-60-7227-2	
<b>ISSN-L</b> 1799-4950	<b>ISSN (painettu)</b> 1799-4950	<b>ISSN (pdf)</b> 1799-4969
<b>Julkaisupaikka</b> Helsinki	<b>Painopaikka</b> Helsinki	<b>Vuosi</b> 2016
<b>Sivumäärä</b> 15		



## *Sisällys*

1 Teknologiausta.....	1
2 Asiantuntijänäkemyksiä huipputehon ja varavoiman hallinnasta Suomessa vuoteen 2030 mennessä.....	2
2.1 Delfoi 1. kierros .....	2
2.2 Delfoi 2. kierros .....	4
3 Mahdollisuudet/ epävarmuudet .....	6
3.1 Linkittyvät teknologiat .....	6
3.2 Potentiaaliset toimijat.....	7
3.3 Käyttökelpoiset ohjauskeinot .....	7
4 Yhteenveto.....	8
Lähteet.....	10

## 1 Teknologiausta

Smart Energy Transition (SET) on Suomen Akatemian rahoittama tutkimushanke, jossa tutkitaan globaalin energiamurroksen aiheuttamia vaikutuksia Suomessa. SET-hanke järjesti keväällä 2016 asiantuntijakyselyn ja -työpajan, joilla kartoitettiin energiamurroksen teknologioiden ennakoitua kehitystä ja käyttöönottoa Suomessa vuoteen 2030 mennessä. Kaksikerroksiseen kyselyyn kutsuttiin mukaan yli 250 energia-alan asiantuntijaa, siihen osallistui noin 60 henkeä, ja tulosten pohjalta kesäkuussa 2016 järjestettyyn työpajaan osallistui noin 40 henkeä. Yhtenä työpajan teemoista oli sähkön tuotanto ja kulutus

Sähköjärjestelmässä sähkön tuotannon ja kulutuksen täytyy olla tasapainossa joka hetki. Perinteisesti tasapaino on ylläpidetty säätämällä tuotantoa kysynnän vaihtelun mukaan sekä tuonnin ja viennin avulla. Esimerkiksi toukokuun 2015 ja toukokuun 2016 välisenä aika pienin kuorma Suomen sähköjärjestelmässä oli 5200 MW ja suurin 15200 MW (Fingrid). Arvioiden mukaan huippukuorman ja kotimaisen tuotantokapasiteetin erotus ennen Olkiluoto 3:n valmistumista on 2800 – 4000 MW ja siirtokapasiteettia naapurimaista on 5100 MW (Pöyry 2015). Lisäksi ennakoitavissa oleva energiajärjestelmien sähköistyminen muun muassa liikenteen sähköistymisen myötä vaikuttaa sähkön kysyntään tulevaisuudessa. Sähkön kokonaiskysyntä tulee kasvamaan, mutta kysynnän parempi ohjaus muuttaa kysynnän ajallista profiilia.

Tehotasapainon ylläpitäminen tuotannon avulla on vaikeutumassa, koska vaihtelevan tuotannon (esim. tuuli- ja aurinkovoima) sekä sellaisen tuotannon, jota tyypillisesti ajetaan vaihteholla (ydinvoima), määrä on lisääntymässä. Samanaikaisesti säätökykyistä tuotantokapasiteettia on poistunut järjestelmästä, kun marginaalikustannuksiltaan matala uusiutuva energia on aiheuttanut epävarmuutta tuotantotuntien ja hintatason osalta. Koska joustava tuotanto on edelleen tärkeää toimitusvarmuuden kannalta, sitä voidaan tukea erilaisin kapasiteettimekanismein. Niihin kuitenkin liittyy myös riskejä, kuten huono likviditeetti, olemassa olevien tuottajien markkinavoiman käyttö sekä ongelmat rajat ylittävässä sähkökaupassa (Gore 2015).

Joustavan tuotannon lisäksi viennillä ja tuonnilla on ollut merkittävä rooli kysynnän ja tuotannon tasapainottamisessa. Viime vuosina investoinnit siirtoverkon vahvistamiseksi ja pullonkaulojen poistamiseksi eivät ole kuitenkaan toteutuneet täysin suunnitelmien mukaisesti (Makkonen 2015). Investointikustannusten ja niiden hyötyjen jakaminen maiden välillä sekä verkon rakentamisen pitkät lupaprosessit ovat osa ongelmaa. Tarvitaankin sääntelyä Euroopan tasolla ja yhteistyötä eri maiden siirtoverkko-operaattoreiden kesken, jotta investoinneissa otetaan kansallisten etujen lisäksi huomioon alueelliset edut.

Lisäksi on tarpeen tarkastella myös kysyntäpuolen resurssien ja varastojen roolia tehotasapainon hallinnassa. Energiaa voidaan varastoida lämpöenergiana, mekaanisena energiana ja sähkö- tai sähkökemiallisena energiana. Tällä hetkellä pumppuvoimalaitokset ovat yleisin

varastointimuoto sähköjärjestelmässä. Akkujen hinnan lasku lisää kuitenkin niiden käyttökel-  
poisuutta. Tällä hetkellä akkujen hinta on noin 500 €/kWh (Nykqvist and Nilsson 2015; Latour  
et al. 2015). Tällä hinnalla varastointi (yksi lataus- ja purkamissykli) maksaa noin 10  
snt/kWh, mikä on useissa tapauksissa liikaa. Arvioiden mukaan hinta voi kuitenkin laskea lä-  
hivuosina 200 euroon kilowattitunnilta, jolloin varastointi maksaisi alle 5 snt/kWh. Akkujen  
voidaan siis olettaa tulevaisuudessa olevan kilpailukykyinen vaihtoehto sähkön varastointiin.

Tulevaisuuden sähköjärjestelmissä kysyntäpuolen odotetaan osallistuvan tehotasapainon  
ylläpitoon nykyistä enemmän. Yksi tärkeimmistä kysynnän jouston resursseista Suomessa  
on sähkölämmitys, jota on ohjattu jo vuosikymmeniä kaksiaikatariffien perusteella. Lisäksi  
ohjattavaa kuormaa löytyy myös muilta aloilta (mm. teollisuus), mutta tämän potentiaalin ar-  
vioiminen on vaikeampaa. Tällä hetkellä noin 1000 MW lämmityskuormaa ohjataan älykkäi-  
den sähkömittarien kautta päivä-/yötariffien mukaisesti. Lisäksi suunnilleen vastaavaa mää-  
rää lämmityskuormia voidaan ohjata kuormanohjausreleen kautta ja käyttää intra-day –mark-  
kinoilla (Elbas). Tiedonsiirtoajapintojen standardointia ja muutoksia asiakaspään asennuk-  
sissa tarvitaan kuitenkin, jotta ohjaussignaalit voidaan siirtää riittävän nopeasti eri toimijoiden  
välillä (Järventausta et al. 2015). Lisäksi eri osapuolten roolit ja vastuut kysynnän jouston  
käytännön toteutuksessa ovat epäselviä, ICT-järjestelmien heterogeenisyys vaikeuttaa kuor-  
manohjausten toteuttamista ja osapuolten tarpeet kuormanohjauksille voivat olla keskenään  
ristiriidassa. Lisäksi kuluttajien näkökulmasta suurta osuutta kulutuksesta ei nähdä siirrettä-  
vissä olevana ja taloudelliset hyödyt voivat vaikuttaa pieniltä.

## ***2 Asiantuntijanäkemyksiä huipputehon ja varavoiman hal- linnasta Suomessa vuoteen 2030 mennessä***

Asiantuntijoiden näkemyksiä Suomen energiajärjestelmän tilasta ja siihen vaikuttavista teki-  
jöstä vuonna 2030 selvitettiin kahdella Delfoi-kyselykierroksella.

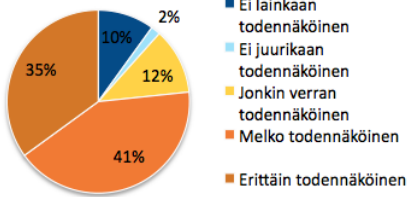
### **2.1 Delfoi 1. kierros**

Kyselyn ensimmäisellä kierroksella selvitettiin erilaisten muutosvoimien vaikutusta energiajär-  
jestelmään. Kyselyssä erityisesti huipputehoon ja varavoimaan liittyen asiantuntijoilta tiedus-  
teltiin heidän näkemyksiään muun muassa energian- ja sähkönkulutuksen kasvusta Suo-  
messa, energiankäytön sähköistymisestä, sähkön kapasiteettimarkkinoista, kuluttajien roolin  
kasvusta sähkömarkkinoilla, Suomen energiaomavaraisuudesta ja energiaturvallisuudesta.

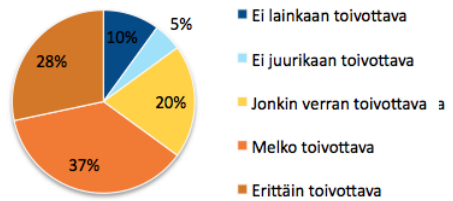
Asiantuntijoiden mielestä energiamarkkinat tulevat sähköistymään: suurin osa vastaajista piti  
energiajärjestelmien sähköistymistä vähintään melko todennäköisenä.



#### A4: Todennäköisyys



#### A4: Toivottavuus

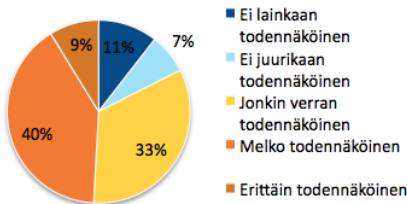


Kuva 1. Energijärjestelmät muuttuvat sähköperusteisiksi, koska monet uusiutuvan energian tuotantomuodot ovat sähköntuotantoa, ja koska energiatehokkuus (esim. lämpöpumput ja sähköinen liikenne) usein edellyttää sähkön käyttöön perustuvia ratkaisuja.

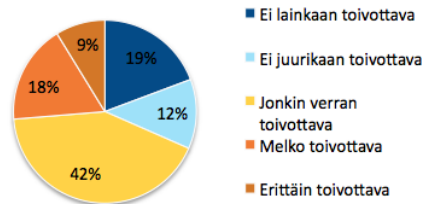
Sähköistymisen myötä sähkönkulutuksen uskottiin kasvavan erityisesti liikenteessä (kasvaa tai kasvaa merkittävästi n. 90 %) ja ICT-palveluissa (kasvaa tai kasvaa merkittävästi n. 80 %). Enemmistö uskoi sen sijaan, että energiantensiivisen teollisuuden sähkön kulutus laskee (vähenee tai, vähenee merkittävästi n. 60 %).

Mahdollisia kapasiteettimarkkinoita sivuten, reilu 80 % vastaajista piti ainakin jonkin verran todennäköisenä, että huipputehon tarve tulee olemaan keskeinen laskutusperuste sähkön kulluttajamarkkinoilla.

#### A6: Todennäköisyys



#### A6: Toivottavuus



Kuva 2. Sähkömarkkinoiden keskeiseksi laskutusperusteeksi tulee huipputehon tarve. Kulutetun energian kokonaismäärän vaikutus laskutusperusteena vastaavasti pienenee merkittävästi.

Aihetta kommentoitiin mm. seuraavasti:

*Tehon riittävyys on keskeinen osa toimitusvarmuutta. Tämä asia on järjestettävä tavalla tai toisella. Tehoa saadaan tuotannosta, sähkövarastoista ja kulutuksen joustoista. Kaikkialla se maksaa jotain. Markkinan kautta teholle saadaan hinta ja alkaa ohjaamaan käyttäytymistä oikeaan suuntaan. (melko todennäköinen, erittäin toivottava)*

*Ohjausvaikutus kuluttajien energiankäyttöön ja energiatehokkuuteen saattaa olla ei-toivottu. Kokonaisenergiankulutuksen merkitys vähenee kuluttajien silmissä, kun huipputehon merkitys nousee. (melko todennäköinen, melko toivottava)*

Kuluttajien roolin arvioitiin kasvavan muun muassa kuluttajien alkaessa toimia myös sähkön tuottajina. Lisäksi automatisoitujen sähkön kysyntäjoustojärjestelmien uskottiin olevan käytössä kuormitushuippujen tasaamisessa vuonna 2030. Niiden rooliin uskottiin huomattavasti enemmän kuin muiden kyselyssä mukana olleiden teknologioiden.

Yli 70 prosenttia vastaajista katsoi, että energiaomavaraisuus lisääntyy Suomessa vuoteen 2030 mennessä. Energiaomavaraisuuden kasvussa asiantuntijat korostivat liikennesektorin merkitystä. Keskeisimmäksi energiaturvallisuutta ja energian riittävää saatavuutta parantavaksi keinoksi nähtiinkin pohjoismaisten sähköverkkojen tiiviimpi yhdistäminen, jota seurasi erilaisten polttoaineiden ja energialähteiden monipuolinen käyttö sekä kotimaisiin polttoaineisiin pohjautuva energiatuotanto.

## 2.2 Delfoi 2. kierros

Delfoi-kyselyn 2. kierroksella huipputeho ja varavoima olivat yksi kyselyn seitsemästä teknologiateemasta. Useimpien vastaajien mielestä huipputehon ja varavoiman hallinnan rooli Suomen energijärjestelmässä on merkittävä vuonna 2030. Mielenpisteet tuonnilla katettavan huippukulutuksen tehovajeen suuruudesta vaihtelivat jonkin verran. Suurta vajetta (yli 4000 MW, 3000-4000 MW) perusteltiin etenkin sähköä kuluttavien kuormien (lämpöpumput, sähköinen liikenne) ja vaihtelevan tuotannon määrän kasvulla ja sillä, että uusiutuva tuotanto syrjäyttää vanhaa perustuotantoa markkinalta. Riippumatta arvioidusta tehovajeesta, useat vastaajat korostivat kysynnän jouston merkitystä huipputehon hallinnassa. Myös varastoilla nähtiin pieni rooli.

*Tehovaje on arvioitua suurempi johtuen yhteisvaikutuksesta, joka tulee lämpöpumppujen lisääntymisestä ja uusiutuvan tuotannon (aurinko ja tuuli) kasvusta sekä näiden tukijärjestelmien vuoksi kannattamattomana pysähtyvän vanhan perustuotannon vaikutuksesta. Yhteisvaikutus tekee sähkön tarpeesta nopeasti*

*"huipukkaan", jolloin kylmille talvipäiville ei tuotantoa löydy Suomesta eikä naapurimaista: vanha tuotanto pysäytetty, aurinko ei paista ja tuulikin saattaa olla työntä. (Vastaajan mielestä tehovaje yli 4000 MW)*

*Jos huippuvoimaloita ajetaan alas samalla tavalla, vaje kasvaa. Vajeen vähentäminen vaatii kysynnän joustojärjestelmän kehittämisen välittömästi. (Vastaajan mielestä tehovaje 3000-4000 MW)*

*Huiput hoidetaan osittain kysyntäjoustolla ja pienessä määrin varastoilla. Koosuutta ei voi sanoa tehovajeeksi. (Vastaajan mielestä tehovaje 2000-3000 MW)*

*Visio: huippukulutuksen piikit eivät nouse jatkossa korkealle, koska älykäs sähköjärjestelmä keskustelee käytössä olevien laitteiden kanssa ja rytmittää niiden toiminnan järkevästi. (Poliitikkojen pitäisi vain päättää kuka tämän järjestelmän rakentaa ja kenen vastuulla se on?) (Vastaajan mielestä tehovaje alle 1000 MW)*

Pienempää tehovajetta (alle 1000 MW, 1000-2000 MW) ennustaneet viittasivat myös uusien ydinvoimaloiden valmistumiseen ja rooliin vajeen osittaisina paikkaajina.

Tehovajeeseen viitattiin myös turvallisuuspoliittisena ja kansantaloudellisena asiana. Nykyinen energiantuonnin taso todettiin liian suureksi. Toisaalta vaikka tehon riittävyys täytyy varmistaa, myös tehoreservin ylimitoittaminen ja päällekkäiset varajärjestelmät nähtiin kalliina riskinä.

Asiantuntijoita myös pyydettiin arvioimaan kotimaisen varavoiman, vahvojen siirtoyhteyksien, kysynnän hallinnan/kysyntäjoustopuon ja energiavarastojen keskeisyyttä tehotasapainon hallinnassa. 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 huipputehon ja varavoiman hallintaan.

*Tulisi antaa markkinoiden toimia, jolloin annettava myös hintojen kuvastaa mahdollisimman hyvin tilannetta (sallitaan niukkuustilanteessa hintapiikit, jotka kannustavat osapuolia kysyntäjoustopuon ym., mutta toisaalta ylituotantotilanteessa negatiivisten hintojen on mentävä sellaisenaan kaikille tuottajille kustannuksena).*

Markkinasignaalien toivottiin myös menevän läpi kuluttajille asti.

*Sähkömarkkinoilla pitäisi siirtyä kulloiseenkin markkinahintaan perustuvaan hinnoitteluun kuluttajille, kysyntäjoustopuon mahdollistavia älykkäitä ohjausjärjestelmiä pitäisi ottaa laajassa mitassa käyttöön mm. palveluyrityksissä ja kotitalouksissa.*

Toisaalta hintapiikkien riskinä nähtiin vientiteollisuuden kilpailukyvyn heikkeneminen ja riittävä poliittinen tahto.

*Mikäli sähkön hintapiikkien sallitaan kasvaa, tulee vastavuoroisesti vientiteollisuuden kilpailukyky turvata (esim. kompensaatiot?), koska hintapiikeiltä suojautuminen tulee myös kalliimmaksi. Ja mitä jos hintapiikkitalanne jatkuu viikon/viikkoja? Poliitikot eivät kestäisi katsoa sivusta kansalaisten valitusta, vaan rupeaisivat puuhaamaan korjaavaa sääntelyä. Markkinaehtoisuutta (kilpailutukset) sisältävä sääntely lienee jatkossakin hyvä kompromissi.*

*Markkinaehtoisuus olisi tervein ratkaisu, mutta luultavasti mahdollisuus menetetään seuraavaan talvikuukauteen.*

### 3 Mahdollisuudet/ epävarmuudet

Työpajassa 6.6.2016 huipputehon ja varavoiman hallintaa pohtineet asiantuntijat edustivat Energiavirastoa, Fingridiä sekä korkeakouluja ja tutkimuslaitoksia (Tampereen AMK, LUT, VATT). Vaikka pöydän teemana oli huipputeho ja varavoima, keskustelu liittyi paljon myös kysyntäjoustopuolueen edellytysten luomiseen, sillä kysyntäjoustopuolue nähtiin tärkeänä työkaluna tehohuippujen hallintaan.

#### 3.1 Linkittyvät teknologiat

Huipputehon tarpeeseen linkittyä monia teknologioita. Sähköautojen ja lämpöpumppujen määrän odotettiin lisääntyvän vuoteen 2030 mennessä ja mahdollisesti lisäävän sähkökäyttöä ja huipputehoa. Jos lämpöpumput korvaavat kaukolämpöä ja siten CHP-tuotantoa, heikentää tämä myös tuotannon määrää. Toisaalta sähköautojen akkuja voisi myös hyödyntää syöttämällä tehoa takaisin järjestelmään huippukuorman aikaan. Muutenkin akkujen määrän uskottiin kasvavan sekä kotitalouksissa että teollisuudessa. Jäähdytykseen käytettävien lämpöpumppujen tehontarvetta voitaisiin kattaa aurinkovoimalla. Muuten tehohuippujen kattaminen uusiutuvalla energialla nähtiin Suomessa ongelmallisena, koska kulutushuiput osuvat talviaikaan, kun aurinko- ja tuulivoimat tuotanto on pientä.

Globaalina ilmiönä, Suomesta poiketen, huippukuormien nähtiin ajoittuvan enemmän kesäaikaan ja jäähdytyksen lisääntyvään tarpeeseen. Lisäksi sähkönkulutusta pienentävänä teknologiana keskusteltiin muun muassa LED-valoista, joiden merkitys valaistuksen kehityksessä tunnistettiin erityisesti sähköverkkojen ulkopuolisena ratkaisuna ja joiden markkinoille tuloa vahvisti tiukka sääntely.

Asiantuntijoiden mukaan verkossa tarvitaan edelleen joustavaa tuotantoa. Koska merkittävän määrän järjestelmään nyt liitetystä lämpövoimasta uskottiin poistuvan vuoteen 2030 mennessä, tuotannon varajärjestelmä [tehoreservijärjestelmä] nähtiin tarpeellisena jatkossakin.

Toisena tärkeänä keinona huipputehon hallintaan nähtiin kysyntäjousto. Tällä hetkellä ohjataan lähinnä sähkölämmitystä, mutta ohjauspotentiaalia voisi löytyä myös ilmanvaihdosta ja valaistuksesta. Kysyntäjouston kotitalouksissa tulisi olla automatisoitua, eli laitteiden ja koti-automaation tulisi mahdollistaa ohjaukset. Monia ohjauksia pystyttäisiin tekemään kuluttajan huomaamatta. Toisaalta vaikka joustot pystyttäisiin automatisoimaan, haasteena on edelleen, miten kuluttajat saadaan ostamaan laitteita, jotka mahdollistavat ohjaukset ja jouston.

Maiden välisen siirtokapasiteetin odotettiin lisääntyvän, jolloin pienistä alueista tulee suurempia markkina-alueita. Täysin pullonkaulatomaan eurooppalaiseen verkkoon ei kuitenkaan uskottu. Myös luottamus naapurimaiden välillä laajentuneissa verkoissa koettiin mahdolliseksi ongelmaksi.

### 3.2 Potentiaaliset toimijat

Tällä hetkellä etenkin pieniltä asiakkailta (kuten kotitalouksilta) puuttuvat kannustimet huipputehon hallintaan ja usein myös tekniset ratkaisut kysynnän jouston helpottamiseksi. Asiantuntijat toivoivat:

- Kokonaispalveluiden toimittaja
- Tehopohjaisia sähköverkkotariffeja kannustamaan huipputehon hallintaan verkossa
- Ajan mukaan vaihtuvia/reaaliaikaisia myyntitariffeja tehon riittävyden hallintaan
- Tuntikohtaista tietoa sähkön alkuperästä asiakkaalle
- Mittausdataa sellaisessa muodossa, mitä asiakkaat ymmärtävät

### 3.3 Käyttökelpoiset ohjauskeinot

#### Hintasignaalit

Huipputehon ja varavoiman hallintaan voidaan soveltaa sekä markkinaehtoisia että säänneltyjä ohjauskeinoja. Työpajassa keskustelu keskittyi enemmän tehon riittävyden takaamiseen markkinaehtoisesti. Sähkömarkkinan hintapiikit nähtiin osittain tarpeellisena signaalina tuotantokapasiteetin rakentamiselle ja ylläpitämiselle sekä myös kannustimena kysyntäjoustoille, minkä takia sähkömarkkinoilla ei pitäisi olla hintakattoja. Osa vastaajista kuitenkin epäili, että poliittisesti hintapiikit eivät välttämättä ole hyväksyttäviä etenkin, jos ne heikentävät teollisuuden kilpailukykyä.

Lisäksi toivottiin, että tuotannon sijasta keskityttäisiin tukemaan uusin teknologioihin keskittyvää tutkimus- ja kehitystyötä. EU:n päästökaupan ohjausvaikutuksen lisäämiseksi toivottiin ”hintalattian” käyttöönottoa.

Verkkotariffien osalta tehopohjaiset tariffit pitäisi mahdollistaa ja niihin siirtymistä voitaisiin regulaation kautta kannustaa. Lisäksi voitaisiin miettiä sähkön verotukseen liittyviä kannustimia kysyntäjouston lisäämiseksi.

### Standardoinnit, tekniikka

Automatisoidun kysynnän jouston mahdollistamiseksi toivottiin älykkään sähköverkon ja ohjaukset mahdollistavien rajapintojen kehittämistä (mm. kuluttaja/verkko -rajapinta, kotitalouslaitteiden avoimet rajapinnat ja standardointi, fiksusti suunniteltu sisäverkko).

Rakennusten sähköjärjestelmillä tulee olla suunnitelma ja dokumentaatio, jotta ohjattavat kuormat ovat tiedossa. Sähköasentajille tulee myös olla riittävästi koulutusta ohjauksen rajapinnoista.

Sähköautojen latausmahdollisuutta uusissa ja peruskorjatuissa kiinteistöissä haluttiin myös edistää sääntelyn kautta.

### Muut toimenpiteet

Tehokysymyksiä toivottiin otettavan mukaan energia- ja ilmastostrategiassa sekä energiatehokkuuteen liittyvässä sääntelyssä. Esimerkiksi nykyisen energiatodistusjärjestelmän ei koettu ohjaavan resurssitehokkuuteen.

Sääntelytarpeena nähtiin kysynnän ohjaukseen liittyvien roolien ja vastuiden selkeyttäminen. Lisäksi pohdittiin, tarvitseeko toimitusvarmuuden olla kaikissa kohteissa yhtä suuri, sillä tarvittava toimitusvarmuus myös heijastuu tarvittavaan tehoreserviin. Toimitusvarmuudelle voisi olla erilaisia luokitteluja, jotka näkyisivät myös asiakkaan maksamassa sähkön hinnassa.

Varavoimakapasiteetin tehokkaampaa hyödyntämistä voitaisiin edistää laskemalla reservimarkkinan tehorojoja. Kiinteistöistä todettiin jo nyt löytyvän varavoimaa, mutta kannusteet sen käyttöön puuttuvat.

## 4 Yhteenveto

Huipputehon ja varavoiman hallinta on olennainen osa sähköjärjestelmän toimitusvarmuuden ylläpitoa nyt ja tulevaisuudessa. Vaihtelevan tuotannon osuuden lisääntyminen voi vaikeuttaa

tehotasapainon ylläpitoa, jos markkina tai sääntely ei takaa riittäviä kannusteita säätökykyisen tuotantokapasiteetin ylläpitoon.

Kysyntäjousto voi sekä auttaa takaamaan tuotantokapasiteetin riittävyyttä, että edistää sähköverkkojen toimitusvarmuutta ja kustannustehokkuutta. Kysyntäjoustopäiväkapasiteetin käytön helpottamiseksi tarvitaan sekä ohjaukseen liittyvän tekniikan standardointia, että kuluttajille kannustimia joustoon.

## Lähteet

Fingrid. 2016. Fingrid Oyj:n verkkosivut. Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/Sivut/default.aspx>

Gore, O. 2015. Impacts of capacity remunerative mechanisms on cross-border trading. Dissertation. LUT 2015.

Järventausta, P. et al. 2015. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille. Tutkimusraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. 2015.

Latour Q. X., Jarry G., Laffaille D., de Beau-fort R., Frizi N., Theophile D. (2015), 'Electricity storage: how to enable its deployment?', in Proc. 23th Int. Conf. and Exhibition on Electricity Distribution, CIRED, Lyon, France, 15–18 June 2015, pp. 1–5.

Makkonen, M. 2015. Cross-border transmission capacity development – Experiences from the Nordic electricity markets. Dissertation. LUT 2015.

Nykvist B., Nilsson M. 2015. 'Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles,' Nature Climate Change, vol. 5, pp. 329–332, April 2015.

Pöyry. 2015. Suomen sähkötehon riittävyys ja kapasiteettirakenteen kehitys vuoteen 2030. Raportti 23.1.2015.

*Tätä raporttia ovat olleet valmistelemassa ja kirjoittamassa Salla Annala (Lappeenrannan teknillinen yliopisto), Samuli Honkapuro (Lappeenrannan teknillinen yliopisto) ja Kimmo Ollikka (Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT). Työpajassa huipputeho- ja varavoimakeskustelun fasilitaattorina toimi Samuli Honkapuro ja kirjurina Eeva-Lotta Apajalahti (Aalto-yliopisto).*



Tämä case-julkaisu liittyy Suomen Akatemian strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaan Smart Energy Transition (SET) -hankkeeseen (293405) ([www.smartenergytransition.fi](http://www.smartenergytransition.fi)). SET-hanke tutkii, miten Suomi voi hyötyä hajautetun ja vaihtelevan uusiutuvan energian ympärille nousevista murroksellisista teknologioista. Kyse on ratkaisuista, joissa energiaa voidaan varastoida tai sen tarvetta ohjata vaihtelevan tuotannon mukaan (kysyntäjousto). Näihin ratkaisuihin liittyvät olennaisesti uudet digitaaliset ratkaisut, kuten esineiden internet. Samalla murrokseen liittyy myös kehitys, jossa rakennusten ja liikenteen energian tarve pienenee, energiaomavaraisuus kasvaa, ja rakennukset ja liikennevälineet muodostavat yhä kiinteämmän osan energiajärjestelmää.



ISBN 978-952-60-7227-2 (pdf)  
 ISSN-L 1799-4950  
 ISSN 1799-4950 (painettu)  
 ISSN 1799-4969 (pdf)

**Aalto-yliopisto**  
**Kauppakorkeakoulu**  
**Johtamisen laitos**  
[www.aalto.fi](http://www.aalto.fi)

**KAUPPA +  
 TALOUS**

**TAIDE +  
 MUOTOILU +  
 ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +  
 TEKNOLOGIA**

**CROSSOVER**

**DOCTORAL  
 DISSERTATIONS**