



Tammikuun tehopiikki – mitä tapahtui 7.1.2016? Miten tehoa hallitaan paremmin jatkossa?

Juhani Heljo,^a Pirkko Harsia,^b Hannele Holttinen,^c Pami Aalto,^d Tomas Björkqvist,^a Pertti Järventausta,^a Jari Kaivo-oja,^e Matti Kojo,^d Timo Korpela,^a Antti Rautiainen,^a Sami Repo,^a Ilkka Ruostetsaari^d ja Jaakko Sorri,^a

a = Tampereen teknillinen yliopisto

b = Tampereen ammattikorkeakoulu

c = Teknologian tutkimuskeskus VTT

d = Johtamiskorkeakoulu, Tampereen yliopisto

e = Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto

ISBN: 978-952-03-0346-4

1. Tiivistelmä

Tammikuussa 2016 Suomen sähköjärjestelmää koetteli tehopiikki, jossa sähkönkulutuksen tuntikeskiteho nousi uuteen ennätykseen, yli 15 100 MW:iin. Tehopiikki herätteli energijärjestelmän avaintoimijat pohtimaan entistäkin vakavammin sähkötehon riittävyttä koskevia kysymyksiä. Sähköjärjestelmän epätasapaino saattaisi aiheuttaa vakavan sähkön jakeluhäiriön ja siten erilaisia vaikeuksia yhteiskunnan keskeisille toiminnoille.

Tässä analyysissä kysymme: 1) Mistä tammikuun 2016 tehopiikin aiheuttama kulutus muodostui? 2) Mitkä tekijät todennäköisimmin aiheuttavat uusia tehopiikkejä Suomessa? Pohdimme myös tehon hallintaa ja esitämme suosituksia toimenpiteiksi.

Tammikuun tehopiikki toi esille jo pitkään kyteneen, monitahaisen tehontarpeen ongelman. Tulevaisuudessa sekä hetkellinen tehontarve, että sähkön tuotannon vaihtelu todennäköisesti

kasvavat entisestään. Siirtyminen ilmastoneutraalimpaan energijärjestelmään merkitsee yhteiskunnan sähköistymistä. Sähkö ja sähköteho ovat yhä tärkeämpiä yhteiskunnalle.

Teollisuuden kulutus ei selitä tammikuun tehopiikkiä, koska tuolloin teollisuustuotanto käytti sähkötehon, joka vastaa vuotuista keskiarvotehoa. Analyysissä pyrimme kuvaamaan, mistä osista tehopiikki muodostuu ja mitkä ovat niiden suuruusluokat. Alustavan arviomme mukaan rakennuksissa tapahtuva sähkönkäyttö, jossa ei ole mukana tuotannon sähkönkäyttöä, muodostaa yli kaksi kolmasosaa koko sähkötehopiikistä. Lopusta yhdestä kolmasosasta kattaa suurimman osan teollisuustuotanto. Pienempinä osuuksina tehoa kasvattavat maataloustuotanto, rakennustoiminta, liikenne, julkinen sähkönkäyttö sekä sähköverkoston häviöt. Eräs keskeisistä havainnoistamme koskee lisätiedon tarvetta – tällä hetkellä mikään taho Suomessa ei tiedä tarkasti, miten tehopiikki muodostuu.

Keskeisin päätelmämme on, että sähköjärjestelmää on aiempaa vahvemmin ohjattava tehopohjaisena paitsi verkon hallinnan ja markkinan, myös kuluttajainnoittelun ja kulutuksen osalta. Toinen olennainen päätelmä koskee sähkön roolia lämmitysjärjestelmissä. Viime vuosina varsinaista sähkölämmitystä rakennuksissa on pyritty vähentämään, mutta samaan aikaan rakennusten lämmitysvalintoja ohjataan takaisin sähkönkäytön suuntaan. Kolmas päätelmä koskee rakennusten merkitystä tehontarpeelle. Vaikka olemme tässä analyysissä vasta esittäneet alustavan arvion, on syytä olettaa, että rakennusten osuutta on yleisesti ottaen saatettu aliarvioida Suomessa. Rakennusten sähkötehotarpeen tulee olla aiempaa keskeisempi osa energiapolitiikkaa.

Yksi tehopiikkiongelman taustalla oleva tekijä, joka olisi syytä tiedostaa ja ennakoita laajemminkin Suomessa, on äärisäätötilojen yleistyminen tulevaisuudessa. Äärisäätötilojen yleistyessä myös kovien pakkaspäivien määrä lisääntyy (Perrels ym. 2010). Vastaavasti myös hyvin lämpimien päivien määrä yleistyy vuosittain. Kovien pakkaspäivien lisääntyessä myös rakennusten lämmitystarve tällaisina päivinä kasvaa. Tämä lisää tehopiikkiongelmia,

joihin olisi syytä varautua. Tämän analyysin suosituksissa nostamme esille kehittämiskohteita erityisesti tiedon keräämisen, tilastoinnin ja tiedon soveltamisen.

2. Ongelma: mistä tammikuun 2016 tehopiikki syntyi ja millaisia tehopiikkejä on odotettavissa jatkossa?

Tammikuun 7. päivänä 2016 kello 17–18 Suomen sähkökulutuksen tuntikeskiteho nousi uuteen ennätykseen, 15 105 MW:n tasolle. Lähes kaikki maan voimalaitokset olivat käytössä. Kotimainen tuotanto oli noin 10 900 MWh/h (vesivoima 2400, ydinvoima 2780, lämmön ja sähkön yhteistuotanto 4250, erillistuotanto 1330 ja tuulivoima 160 MWh/h) (Väre 2016). Sähkön nettotuonti oli noin 4 200 MWh/h, joka jakaantui tuontiin Ruotsista (2400 MW), Venäjältä (1480 MW) ja Virosta (320 MW). Suomen kantasähköverkkoa hallinnoivan valtionyhtiö Fingrid Oyj:n ei kuitenkaan tarvinnut käynnistää varalla ollutta 300 megawatin tehoreserviä (Fingrid 2016a; Hankalin ym. 2016).

Tammikuun 2016 tehopiikki ei ollut ensimmäinen laatuaan. Se korosti kuitenkin jo tiedossa ollutta tehon riittävyysongelmaa ja haastoi energijärjestelmän huoltovarmuudesta vastaavat viranomaiset, energiaintensiivisen teollisuuden edustajat sekä poliitikot pohtimaan entistäkin vakavammin sähkötehon riittävyttä koskevia kysymyksiä: olivatko viimeaikaiset pääasiassa hiiltä polttavien lauhdevoimaloiden sulkemiset hätiköityjä? Onko sähkötehon kysyntä pysyvästi nousussa, jos jatkuvasti nähdään uusia kulutushuippuja? Vaarantuuko teollisuustuotanto kulutushuipussa? Riittääkö koteihin sähköä ja lämpöä tammikuun pakkasilla? Mitkä muutokset kulutuksessa aiheuttavat tehopiikkien kasvamisen? Hallituksen energia- ja ilmastostrategian julkaisemisen yhteydessä elinkeinoministeri Olli Rehn (2016) korosti, että ”haasteena on sähkötehon riittävyys huippukulutuksen aikana, hetkellisten tuotannon ja kulutuksen muutosten hallinta ja tasapainon ylläpitäminen.”

Pian tammikuun tehopiikin jälkeen perjantai-aamun pakkasissa 22.1.2016 säätösähkön hinta nousi tunnin ajaksi ylimmälle sallitulle eli 3000 €/MWh tasolle (Fingrid 2016b). Tämän seurauksena Fingrid ja sähköjärjestelmän

asiantuntijat pohtivat, tulisiko sähkön kattohintaa nostaa tehopiikkien hillitsemiseksi, tai sallia hintojen heilahtelut täysin markkinaehtoisesti tarjonnan ja kysynnän mukaan (Fingrid 2016c; BC-DC Energia, EL-TRAN ja SET 2016).

Samalla kun tammikuun tehopiikki toi ilmi entistä selvemmin monitahoiseksi paisuneen tehon riittävyysongelman, on syytä odottaa tämän ongelman pahenevan ja laajenevan. Suomessa saavutetaan lähivuosina varsin todennäköisesti vielä monta uutta tehopiikkiä (ks. Kiviluoma ja Helistö 2014), vaikka sähkönkulutus ei kasvaisi vuositasolla. Sähkön käytön ennätysvuosista 2006 ja 2007 kulutus on pudonnut noin kymmenen prosenttiyksikköä. Kulutusta ovat vähentäneet etenkin metsäteollisuuden sähkönkulutuksessa tapahtuneet muutokset (Suomen virallinen tilasto 2016) sekä todennäköisesti merkittävästi myös erilaiset energiatehokkuutta parantaneet toimenpiteet. Vaikka Suomen talouskasvu on ollut heikkoa, on samalla syntynyt useita uusia tehopiikkejä (Energiateollisuus 2016). Tiedossa olevaa teho-ongelmaa pahentaa se, että tulevaisuudessa sekä hetkellinen tehontarve että sähkön tuotannon vaihtelu todennäköisesti kasvavat.

Emme voi myöskään rakentaa Suomen tulevaa sähköntuotantostrategiaa sellaisen oletuksen varaan, että Euroopan finanssikriisi ja Suomen nihkeä talouskasvu jatkuisivat ikuisesti (ks. Funke ym. 2016). Suomea koskevat hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n skenaarioanalyysit kertovat, että Suomella on hyvin erilaisia taloudellisen kasvun uria. Nämä simulointimallin pohjalta lasketut kasvu-urat eivät anna yksiselitteistä tukea sille, että Suomen tuleva talouskasvu olisi pysyvästi alentunut (Kaivo-oja ym. 2004). Uusin energiamarkkinoita käsittelevä tutkimus (ks. Liu ym. 2016) korostaa näkemystä, jonka mukaan epävakaus tuotannossa ja hintakehityksessä vaikuttaa eri kansantalouksien ja maiden maarisktiin. Tehopiikki ja siitä johtuva hintaepävakaus voivat nostaa pahimmassa tapauksessa Suomen maariskiä, joka voi vähentää halukkuutta investoida teollisuuteen Suomessa. Tarpeelle hallita ennakoivasti tehopiikkiongelmia voidaan löytää siten myös taloudellisia perusteita.

Lisääntyvällä tehontarpeella on lukuisia seurauksia paitsi Suomen sähköjärjestelmälle, siitä vastuullisille viranomaisille ja energia-alan yrityksille, myös sähköstä yhä enemmän riippuvaiselle yhteiskunnalle eli meille kaikille. Kun Suomi siirtyy asteittain ilmastoneutraalimpaan energijärjestelmään, fossiilisia polttoaineita poltetaan vähemmän. Tämä tarkoittaa muun muassa öljylämmityksen vähenemistä. Yhä useampia rakennuksia lämmitetään sähköä kuluttavilla lämpöpumpuilla. Samaan aikaan kodit, liikenne ja jossain määrin myös teollisuustuotanto sähköistyvät yhä enemmän. Siksi kysymme: 1) Mistä tammikuun 2016 tehopiikin aiheuttama kulutus muodostui? 2) Mitkä tekijät todennäköisimmin aiheuttavat uusia tehopiikkejä Suomessa? Pohdimme myös tehon hallintaa ja esitämme suosituksia toimenpiteiksi.

3. Tehopiikin anatomia ja tulevaisuus

3.1 Mitä tapahtui 7.1.2016?

Tehopiikkipäivä 7. tammikuuta 2016 oli loppiaisen jälkeinen torstai. Tällöin teollisuuden kulutus vastasi normaalia vuotuista kulutuskeskiarvoa 4400 MW (ks. Matilainen, 2016; Metsäteollisuus, 2016). Vaikka monesti teollisuus joustaa huippukulutusten aikana, ei teollisuus tällä kertaa laskenut kulutustaan maltillisen sähkön tuntihinnan (99 €/MWh) seurauksena. Teollisuuden kulutuksen pysyessä tavanomaisena ei tehopiikki selity teollisella toiminnalla. Entä lämpötila? Pakkanen vaihteli Suomessa kyseisenä päivänä -17 ja -28 asteen välillä. Rakennuskannalla ja kulutuksella painotettu keskilämpötila oli noin -25 astetta (kulutuksella painotettu lämpötila, Heikkilä 2016). Tuuli oli heikkoa lähes koko maassa. Kovempi tuuli olisi lisännyt tuulivoimalla tuotetun sähkön määrää, mutta samalla myös lämmitysenergian kulutus olisi kasvanut. Kulutushuipun aikaan klo 17–18 välillä rakennusten lämmitykseen tarvittavan sähkön kysyntä ei ole suurimmillaan, koska varaavat sähkölämmitykset ohjaavat kulutusta yöaikaan. Arkipäivisin aamuun ja alkuiltaan ajoittuvien tehopiikkien syynä on yhtäaikainen sähkönkäyttö kodeissa, työpaikoilla, kouluissa ja harrastuksissa.

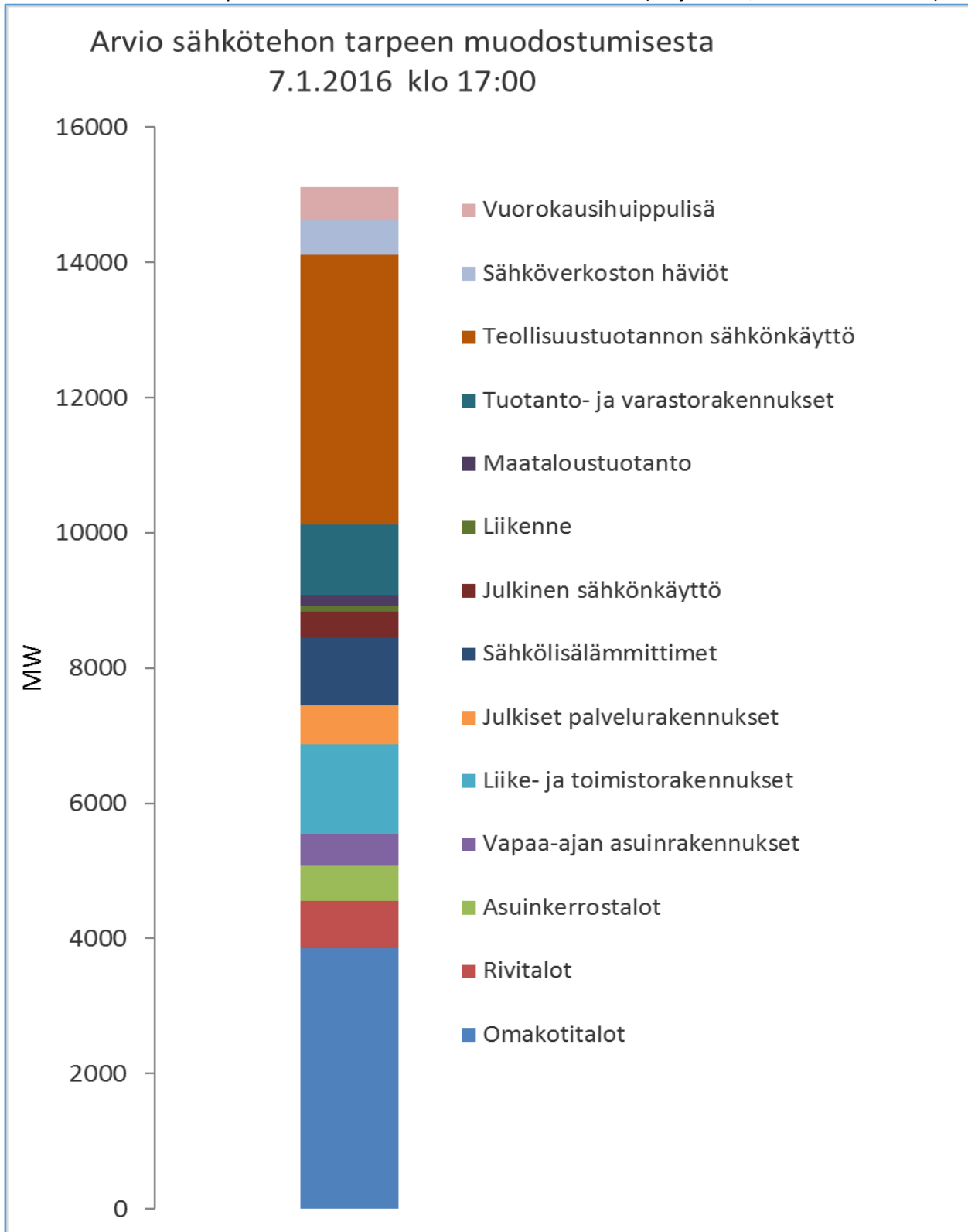
Karkeasti arvioiden koko rakennuskannan osuus tuotantorakennusten sähkölämmitys, valaistus ja talotekniikka mukaan lukien voi olla kaksi

kolmasosaa tehopiikistä. Rakennusten lämmitystehon tarve muuttuu keskimäärin noin yhden watin yhden asteen ulko- ja sisälämpötilan eroa ja yhtä lämmitettyjen tilojen lattiaaneliometriä kohti (1 W/K, m²). Koska sähkölämmitettyä rakennuskantaa on noin 100 milj. m², muodostuisi tällä laskentatavalla sähkön lisätehon tarvetta rakennusten lämmityksestä noin 100 MW /aste. Lähelle tätä arviota on päästy muidenkin tarkastelujen perusteella. Täytyy kuitenkin huomata, että tämä suhde on voimassa vain muutaman asteen ulkolämpötilaan saakka. Sen jälkeen ilman kylmetessä tulevat käyttöön erilaiset lisälämmittimet kuten autojen lohkolämmittimet, pakkasvahdit, kulkuväylien sulanapitolämmitykset ym. Yhden aluetarkastelun perusteella tehollisuus voi olla jopa kaksinkertaista eli noin 200 MW / aste ulkolämpötilan pudotessa muutaman asteen pakkasen puolelle. Sen jälkeen tehokasvu jatkuu alemmalla tasolla (ehkä noin 120 MW / aste) kunnes tehokasvu alkaa vähetä ulkolämpötilojen saavuttaessa mittaustalotiloja (Mutanen 2016). Suomessa on käytössä noin puoli miljoonaa ilmalämpöpumppua, joiden hyötysuhde puolestaan tyypillisesti laskee kovilla pakkasilla.

Kylmän sään vaikutusta pahentaa se, että kovimmilla pakkasilla moni kuluttaja käynnistää sähkölisälämmittimiä muissakin kuin sähkölämmitystaloissa maksamatta merkittävästi aiheuttamastaan lisätehontarpeesta. Monissa lämpöpumppuratkaisuissa lämmityksen huipputeho aikaansaadaan lisälämmitysvastuksella, jolla pientaloissa hoidetaan usein myös ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmitys. Nykyisellä tariffirakenteella lisälämmittimen käyttäjä maksaa myyjälle ja verkkoyhtiölle energian käytöstä snt/kWh -hinnan mukaan. Tehopohjainen siirtotariffi, josta Suomessa on jo keskusteltu, toisi tähän muutoksen (ks. Laatikainen 2016). Sähköisten lisälämmittimien osuutta tehopiikistä ei tiedetä. Tämänhetkinen arviomme on, että niiden osuus on kasvanut viimeisinä vuosikymmeninä ja voi olla jopa 1000 MW.

Viedäksemme arviotamme pidemmälle pyrimme seuraavaksi kuvaamaan, millaisesta kulutuksesta tehopiikki mahdollisesti muodostuu ja mitkä ovat kulutuksen suuruusluokat (kuvio 1). Pohdimme myös epävarmuutta tuovia muutostekijöitä.

Kuvio 1: Arvio sähkötehon tarpeen muodostumisesta 7.1.2016 klo 17:00. Rakennuskannalla painotettu keskimääräinen ulkolämpötila Suomessa oli tuolloin noin – 25 astetta (Heljo 2016; Tilastokeskus 2016)



Rakennuksissa tapahtuva sähkökäyttö, jossa ei ole mukana tuotannon sähkökäyttöä, muodostaa yli kaksi kolmasosaa koko arvioidusta sähkötehopiikistä. Lopusta yhdestä kolmasosasta teollisuustuotanto kattaa suurimman osan. Pienempinä osuuksina tehoa kasvattavat maataloustuotanto, rakennustoiminta, liikenne, julkinen sähkökäyttö (katuvalaistukset, puhdistamot, jne.) sekä sähköverkoston häviöt. Sähkölisälämmittimien osuus on mielenkiintoinen osa tehontarvetta. Tähän melko hallitsemattomaan osuuteen ei ole vielä juuri pyritty vaikuttamaan. Muutoin lisälämmittimien osuus voi kasvaa edelleen merkittävästikin. Lisäksi voidaan pohtia ”vuorokausihuippulisän” vaikutusta.

Se tarkoittaa arviota vuorokaudenaikaisten tehonkäyttövaihtelujen aiheuttamista tehon lisäyksistä suhteessa keskimääräiseen viikoittaiseen, määrättyllä ulkolämpötilalla laskettuun tehontarpeeseen. Näitä tehonkäyttövaihteluita tasataan muun muassa varaavan sähkölämmityksen avulla. Teollisuuden sähkökäytöstä on arvioitu erikseen rakennusten osuus, joka on pääasiassa valaistussähköä ja talotekniikkasähköä. Teollisuuden sähkötehon käyttöä tarkasteltiin tässä yhteydessä huomattavasti karkeammin kuin rakennuskannan osuutta. Kaikkiin tässä arvioimiimme osuuksiin liittyy epätarkkuutta ja epävarmuutta.

3.2 Muutostekijät I: kulutus kasvaa?

Työ- ja elinkeinoministeriön valmisteleva, vuoteen 2030 ulottuva energia- ja ilmastopoliittinen strategia nojaa sähkön kulutusta kasvattavaan perusskenaarioon (Valtioneuvosto 2016). Kulutuksen lisääntyminen kasvattaa yleensä kulutusta myös huipputehon tunteina. Se voi lisätä korkean tehon tarvetta myös muina tunteina, riippuen siitä millaista kulutusta lisätään. Perusskenaario pohjautuu vuoteen 2016 mennessä toteutettuihin energia- ja ilmastopoliittisiin toimiin. Tässä perusskenaariossa oletetaan sähkön kulutuksen lisääntyvän noin kymmenyksellä vuodesta 2016 vuoteen 2030 mennessä (TEM 2016). Vaikka Pariisin 2015 ilmastopoliittisen ja EU-tasolla todennäköisesti sovittavien lisävelvoitteiden tuottamat politiikkatoimet saattavat pitää kulutuksen tätä ennustetta maltillisempina (ks. Aalto ym. 2016), sähkön kulutuksen tehovaihtelu

niin päivän kuin vuoden sisällä todennäköisesti kasvaa.

Toistaiseksi kenties suurin päivänsisäinen vaihtelu syntyy työ- ja lomapäivien erosta ja vuositasolla lämpötilaeroista. Jatkossa kulutuksen vaihteluun vaikuttavat aiempaa enemmän myös muut tekijät. Näitä ovat kuluttajien käyttäytymisen muutokset sekä sähköjärjestelmään vaikuttavat mikrotason päätökset (esimerkiksi sähköautot ja lämpöpumput). Niitä voidaan toki ohjata energiapoliittisilla toimilla. Kuten edellä esitimme, myös äärisäätilojen yleistyminen vaikuttaa kulutukseen (Perrels ym. 2010).

Hallituksen uuden energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on, että vuonna 2030 Suomessa olisi 250 000 sähköautoa. Tämä tarkoittaisi karkeasti arvioiden sähköenergian käyttöön alle 1 TWh/a lisäystä, eli noin 1 % Suomen kokonaiskulutuksesta. Yhtäaikainen autojen lataus voi kuitenkin aiheuttaa merkittävää hetkellistä tehon lisäystä, jopa useita satoja megawatteja. FLEXe-skenaariossa vuodelle 2050 1,86 miljoonaa sähköautoa lisäisi sähkön kulutusta 8,06 TWh. Tästä 2–3 GW tapahtuisi huippukulutuksen aikaan, riippuen rajoitetaanko latausta (Helistö ym. 2016; Helistö ym. 2017).

Lämpöpumput ovat toinen huomioitava muutostekijä. Talokohtaisesta öljylämmityksestä pyritään eroon. Se perustuu fossiiliseen polttoaineeseen ja kuuluu ei-päästökauppasektorin kulutukseen, jolle EU-tasolla on asetettu tiukat vähennystavoitteet. Öljylämmityksestä luopuminen voi lisätä sähkötehon tarvetta 500–1000 MW riippuen siitä, mihin lämmitystapoihin siirrytään ja millaisia maalämpöpumppujen mitoitus tapoja valitaan (täysteho- vai osatehopumppuja). Vuonna 2013 Suomessa oli käytössä jo noin 100 000 maalämpöpumppua (Sulpu 2016a).

Sähkölämmitystaloissa on otettu runsaasti käyttöön myös ilmalämpöpumppuja. Nykykehityksen valossa niitä saattaa olla käytössä jo 700 000 kappaletta vuonna 2020 (Sulpu 2016b). Ne vähentävät vuosittaista sähkön käyttöä, mutta eivät samalla tavoin alenna tehontarvetta kovimmilla pakkasilla.

Kaukolämpöalueilla on alettu asentaa myös kerrostaloihin maalämpöpumppuja ja poistoilmalämpöpumppuja, jotka vähentävät kaukolämmön kulutusta ja lisäävät sähkön kulutusta. Niiden yleistymiseen, jonka laajuutta on vaikea ennustaa, vaikuttaa kaukolämmön hinnoittelu. FLEXe -skenaariossa vuodelle 2050 lämpöteholtaan 2500 MW lämpöpumppua suoraan kaukolämpöverkkoon kasvattaisi tehopiikkiä 850 MW olettaen tehokkuusluvaksi 3 (esim. jätevesilämpöä käyttävät lämpöpumput) (Helistö ym. 2016).

Sähkölämmitys yleistyy varustelutason kasvun myötä vapaa-ajan rakennuskannassa. Tämä voi tarkoittaa 500–1000 MW tehontarvelisäystä vuoteen 2050 mennessä. Huoneistosaunojen yleistymisen (lisäys noin 25000 saunaa/vuosi) ja samaan aikaan kiuastehojen kasvu aiheuttavat puolestaan merkittävän lisäyksen sähkön käyttöön ja tehon kasvuun; tämä lisäys osuu tiettyihin kellonaikoihin ja viikon ajankohtiin (Järventausta ym. 2015).

Autojen lohko- ja sisälämmittimet aiheuttavat kylmimpään aikaan vuodesta merkittävän suuren tehotarpeen. Kylmimpinä viikkoina vuodesta autojen lämmitys vaatii noin 1000–1100 MW:n tehon. Tämä lämmitys on päällä ajallisesti 1–2 tuntia vuorokaudesta, mutta ajoittuu arkipäivien aamun tunteihin (Järventausta ym. 2015).

3.3 Muutostekijät II: Miten kulutushuippu katetaan: sähkön tuotannon muutokset

Kulutuskäyttäytymisen ohella on syytä pohtia sähköntuotannon suurimpia muutosvoimia. Suurin parhaillaan käynnissä oleva muutos on uusiutuvan energian lisääntyminen, erityisesti tuuli- ja aurinkovoiman osalta. (Aalto ym. 2016). Pohjoismaissa tuulivoiman tuotanto on jo noin 10 % sähkönkulutuksesta. Etenkin Ruotsi ja Tanska ovat kasvattamassa tuotantoa edelleen.

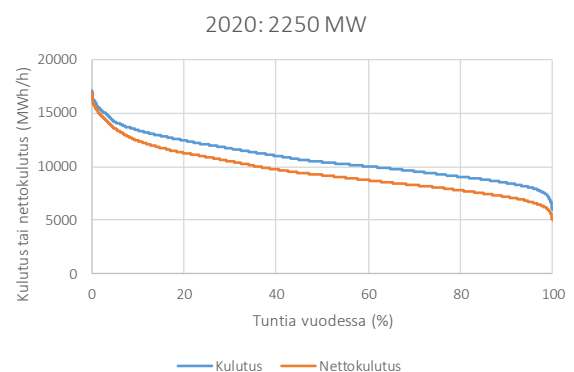
Tuulivoiman tuotantoa saadaan talvella enemmän kuin kesällä, mutta silti tuotanto juuri tehopiikkien aikana on epävarmaa. Esimerkiksi viimeisen 10 vuoden aikana tuulivoima on tuottanut 4–50 % rakennetusta kapasiteetista tehopiikin aikana Suomessa (7.1. noin 16 %). Suomessa on arvioitu, että tuulivoimaan voidaan luottaa 18 % verran, kun järjestelmässä on pieni määrä tuulivoimaa, ja 13 % jos järjestelmässä on

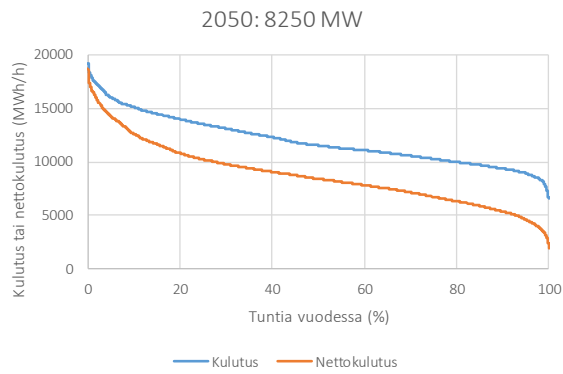
suuri määrä tuulivoimaa (Kiviluoma ja Helistö 2014). Kun Suomessa on 3000 MW tuulivoimaa ja sillä tuotetaan 10 % sähköstä, tehopiikkien aikana voidaan luottaa noin 400 MW verran tuulivoimaan. Pohjoismaiden tasolla tuulivoimaa saadaan tasaisemmin. On harvinaista, että tuotanto putoaa alle 15 % asennetusta kapasiteetista (kuviot 2a, b). Tuuli- ja aurinkotuotanto vähentävät siis tarvittavaa muuta tuotantoa, mutta suuren sähkönkulutuksen aikana huomattavasti vähemmän kuin pienen kulutuksen aikana.

Vesivoima puolestaan pystyy Suomessa talvella tuottamaan yhtäaikaisesti noin 2400 MW sähköä. Pohjoismaissa vesivoimakapasiteettia on moninkertainen määrä, mutta sitä tarvitaan myös muiden Pohjoismaiden noin 65 000 MW kulutushuipun kattamiseen.

Ydinvoiman tuotantoa on näillä näkymin tulevaisuudessakin, mutta hiili- ja kaasuvoiman erillistuotantoa ollaan lopettamassa. Samalla yhteistuotannosta saatava määrä (yli 4000 MW tammikuun tehopiikin aikana) on kannattavuusnäkökulmasta epävarma erityisesti jatkossa.

Kuviot 2a, b. Suomen sähkönkulutus (vuoden tunnit suuruusjärjestyksessä) sekä kulutus, josta vähennetty tuuli- ja aurinkovoimatuotanto (2250 MW v.2020 ja 8250 MW v. 2050) (Helistö ym. 2016)





Toinen merkittävä Suomen sähköjärjestelmän ulkopuolinen muutostekijä on Ruotsin ydinvoimapolitiikka. On mahdollista, että Ruotsi sulkee kaikki ydinvoimalat pyrkiessään kohti 100 % uusiutuvaa sähkön ja lämmön tuotantoa vuoteen 2040 mennessä ('Ramöverenskommelse...' 2016; Hankalin ym. 2016, 10). Toteutuessaan tämä vähentäisi perusvoimantuotantoa pohjoismaisessa sähköpörssissä, josta Suomi toi vuoden 2016 tehopiikin aikana yli 4000 MW.

Lisääntyvä kilpailu tuotantomuotojen kesken sähkömarkkinoilla ei ainakaan nyky muodossaan ratkaise Suomen pahenemassa olevia teho-ongelmia erityisesti talvipäivinä. Sähkömarkkinat auttavat tuotannon ja kulutuksen tasapainon säätelyssä, mutta uusien investointien tekemiseen tarvitaan suuria hintapiikkejä. Talvipakkasilla vähän käytössä olevan tuotantokapasiteetin ja Fingridin vastuulla olevan, 10–15 minuutissa käynnistettävän 1000 MW varavoiman kustannukset tulee kattaa. On pohdittava, mistä tulevat näiden tuotantomuotojen tulot, jos tällaiselle palvelulle on jatkossa kysyntää ehkä vain neljänä talvikuukautena vuodesta (ks. päätelmät). Tulevaisuuden skenaariot sähköjärjestelmästä, jossa on paljon tuuli- ja aurinkovoimaa, osoittavat selvän trendin perusvoimantuotannosta kohti huippuvoimantuotantoa. Vaikka huippuvoimantuotanto on kalliimpaa tuotettua megawattituntia kohti, tulee se järjestelmän kannalta edullisemmaksi rakentaa alle 1000 tunnin käyttöä varten kuin halvempi perusvoimantuotanto, jota ei enää tarvita kustannusten kattamiseen vaadittavaa määrää (yli 5000–6000 h vuodessa).

Kapasiteetin riittävydessä Euroopassa siirrytään alueelliseen tarkasteluun: kuten Suomenkin esimerkki osoittaa, naapurimaista on yleensä saatavilla sähköä huippukulutuksen aikaan, koska yksittäisten maiden huippukulutus ei osu samalle tunnille tai päivälle.

Jatkossa Suomen sähköjärjestelmä kohtaa myös tilanteita, joissa kulutus on vähäistä ja ylimääräistä tuotantoa runsaasti. Tällaisia tilanteita syntyy lisääntyvän tuulivoimakapasiteetin myötä, erityisesti Tanskassa ja Ruotsissa, mutta myös Suomessa asennettavan lisäkapasiteetin johdosta. Samalla kasvaa tarve lyhytaikaisempiin joustoihin tuulisella säällä, sunnuntaisin tai yöaikaan, jolloin kulutus on pientä. Näitäkin ongelmatilanteita Pohjoismaiden yhteismarkkina toki osaltaan helpottaa, mutta jatkossa myös kulutusjoustojen lisääminen on tärkeää.

Kun tuuli- ja aurinkoenergiaa on järjestelmässä paljon, tulee sähkömarkkinoille ajoittain niin runsaasti marginaalikustannuksiltaan halpaa tuotantoa, että sähkön hinta putoaa. Vastaavasti kun perinteistä lauhde- ja yhteissähköntuotantoa poistuu, tuulettomina iltoina sähkön hinta voi nousta hyvin korkeaksi. Tällaiset hintavaihtelut voivat tehdä sekä kulutusjoustoista että sähkövarastoista kannattavia.

Energian varastointijärjestelmien kehitys voi jatkossa auttaa tehopiikkiongelman hallintaa. Varastojen avulla huippukapasiteettia voidaan leikata, kulutusta ohjata edullisemmille tunneille sekä ylläpitää korkeampaa omavaraisuusastetta. Energian varastoinnin teknologiset näkymät ovatkin lupaavia (ks. esim. International Energy Agency 2014, Amirante ym. 2017), jotka voivat edesauttaa siirtymistä vähähiiliseen talouteen ja tuotantoon. Uusiutuvan energian laajamittainen käyttö edellyttää, että energiaa voidaan varastoida lyhemmäksi tai pidemmäksi ajaksi. Investoiminen uusiin varastointiratkaisuihin voi olla ainakin osa ratkaisua myös tehopiikkiongelmaan. Toistaiseksi riskit investointien osalta koetaan vielä melko korkeiksi ja ilman julkisen vallan tukea pilottihankkeisiin investointeihin ei välttämättä haluta lähteä. Myös energiavarastojen verotuksen osalta on vielä lukuisia avoimia kysymyksiä.

3.4 Muutostekijät III: Kuluttajien joustovalmius huippukulutuksen aikana?

Mietittäessä tarkemmin mitä tehohuipun aikana tapahtuu, kun tuotantoa ei ole tarpeeksi saatavilla, tullaan väistämättä kulutusjoustojen piiriin. Tehopulatilanteessa, jossa kaikki käytettävät säätösähkömarkkinoiden tarjoukset, varavoima ja tehoreservi on hyödynnetty, kantaverkkoyhtiö pyytää jakeluverkkoyhtiöitä vähentämään verkon kuormitusta alueellaan esimerkiksi 10 % ennalta tehdyn suunnitelman mukaisesti. Kantaverkkoyhtiö antaa jo ennalta tehopulatilanteen kehittyessä ilmoituksen jakeluverkkoyhtiöille varautua kuormituksen vähentämiseen, joka sitten toteutetaan tarvittaessa. Kuormaa vähennetään yleensä ohjaamalla tarvittava määrä johtolähtöjen katkaisijoita auki, mikä tarkoittaa sähkön jakelun keskeytystä laajemmalle alueelle (esim. kokonainen kaupunginosa). Keskeytystä, joka kestää esim. 1–2 tuntia, kierrätetään alueelta toiselle katkaisijoiden kytkentätilaa muuttamalla.

Sähkönjakelun keskeytyksen sijaan kuorman vähentämisessä voitaisiin hyödyntää esim. etäluettaviin energiamittareihin kytkettyjä kuormituksia, jotka yleensä ovat lämminvesivaraaja- ja sähkölämmitykseen liittyviä kuormia. Tällaisia kuormia on kytkettyä jo nykyisin etäluettaviin energiamittareihin lähes 2000 MW. Vuorottelemalla asiakkaiden kuormituksia saataisiin merkittävä vähennys valtakunnalliseen kuormitukseen aiheuttamatta kuitenkaan sähkönjakeluun keskeytyksiä, jotka aiheuttavat huomattavasti enemmän haittaa yhteiskunnalle ja asiakkaille. Ohjattavat kuormat ja niiden ohjaus etäluettavien mittareiden ohjausreleiden avulla on jo olemassa olevaa teknologiaa, mutta mittareiden releiden ohjaus ylempään tason tietojärjestelmistä vaatii vielä kehitystyötä. Tulevaisuudessa älykkään sähköverkon ja kysynnän jouston toiminnallisuuden kehittyessä kuormituksen vähentäminen tehopulatilanteessa voidaan hoitaa yhä hienojakoisemmin ja vähemmän haittaa asiakkaille aiheuttaen.

Entä ovatko kansalaiset omalta osaltaan valmiita vähentämään sähkön käyttöönsä huippukulutuksen aikana? EL-TRAN-konsortio toteutti elo-lokakuussa 2016 kansalaiskyselyn, johon vastasi 1349 suomalaista. Vastajilta

kysyttiin: ”Olisitko valmis korvausta vastaan laskemaan asuntosi huonelämpötilaa kaksi astetta nykyistä alemmaksi silloin, kun sähkön kulutus on valtakunnallisesti huipussaan” (ks. Taulukko 1).

Taulukko 1. Valmius (%) laskea korvausta vastaan asunnon huonelämpötilaa kaksi astetta nykyistä alemmaksi silloin, kun sähkön kulutus on valtakunnallisesti huipussaan

	Kyllä (%)	Ei (%)
Sukupuoli		
Nainen	59	41
Mies	48	52
Ikä		
18–29 -vuotiaat	66	34
30–44 -vuotiaat	67	33
45–59 -vuotiaat	57	43
60–75 -vuotiaat	41	59
Peruskoulutus		
Ylioppilastutkinto	64	36
Keski- tai peruskoulu	48	52
Kansakoulu	34	66
Koulutusala		
Humanistinen tai taideala	72	28
Terveys- ja sosiaali-ala	67	33
Kasvatustiede tai opetus	64	36
Yhteiskuntatieteellinen	62	39
Luonnontieteellinen	61	39
Tekniikan koulut	52	48
Maa- ja metsätalous	48	52
Palveluala	40	60
Muu koulutusala	43	58
Puoluekannatus		
Vihreä liitto	81	19
Vasemmistoliitto	66	34
Kokoomus	56	46
Perussuomalaiset	52	48
Suomen Sosialidemokraattinen Puolue	46	54
Kristillisdemokraatit	45	55
Ruotsalainen kansanpuolue	45	55
Suomen Keskusta	43	57

Suomalaisista noin puolet (54 %) olisi valmis laskemaan asuntonsa huonelämpötilaa korvausta vastaan. Sukupuolten välinen ero on tuntuva:

siihen olisi naisista valmis 59 %, mutta miehistä vain 48 %. Tämä valmius vähenee iän myötä. Samoin peruskoulutuksella ja ammatillisella koulutuksella on lineaarinen vaikutus. Pelkän kansakoulun käyneistä 34 %, mutta ylioppilastutkinnon suorittaneista lähes kaksi kertaa suurempi osa (64 %) olisi valmis alentamaan huonelämpötilaansa. Koulutusaloittain kannatus on pienintä palvelualojen koulutuksen (40 %) saaneiden keskuudessa ja korkeimmillaan humanistisen tai taidealan (72 %) koulutuksen saaneiden joukossa.

Taajama-asteella on suoraviivainen vaikutus: kaupunkien keskustoissa asuvista asuinlämpötilan alentamiseen on valmis 57 %, mutta maaseudun haja-asutusalueella asuvista vain 45 %. Asumismuodon vaikutus on yllättävä, sillä asunnon lämpötilan alentamisesta saatava säästö on välittömästi omakotitaloissa, mutta niissä asuvista lämpötilan alentamiseen valmis on vain 54 %, kun kerrostaloissa asuvista jopa 56 %:lla ja rivi- tai paritaloissa asuvista valmiutta on vain 49 %:lla. Asunnon omistussuhde vaikuttaa siten, että eniten valmiutta lämpötilan alentamiseen on vuokra-asunnossa asuvien (62 %) keskuudessa, jonka jälkeen tulevat omistusasunnossa (52 %), asumisoikeusasunnossa (48 %) ja osaomistusasunnossa (39 %) asuvat.

Asunnon lämmitysmuoto vaikuttaa siten, että eniten halukkuutta asuinlämpötilan alentamiseen on niiden keskuudessa, joiden asunnossa pääasiallinen lämmitysmuoto on lämpöpumppu (65 %), jonka jälkeen tulevat sähkölämmitys 57 %, kaukolämpö 53 %, maalämpö 52 %, öljy 52 % sekä puu (hake/halot) 42 %.

Sähkökiukaat ovat asuntojen suuritehoisimpia laitteita. Kansalaiskyselyssä tiedusteltiin ”olisitko valmis korvausta vastaan siirtämään sähkösaunan lämmitystä sähkön huippukulutuksen jälkeiseen ajankohtaan?” (ks. Taulukko 2). Myös tässä yhteydessä kysyttiin valmiutta omaavilta tarvittavaa rahallista korvausta (ks. Taulukko 3). Suomalaisten valmius siirtää sähkösaunan lämmitystä on suurempi kuin valmius alentaa asuinlämpötilaa, sillä 60 % olisi valmis korvausta vastaan siirtämään sähkösaunan lämmitystä. Myös Motivan ja Huoltovarmuuskeskuksen teettämien kyselyiden pohjalta on raportoitu,

että kuluttajilla on halukkuutta tilapäiseen energiankulutuksen vähentämiseen, mikäli yhteiskunnan etu sitä vaatii (Motiva 2016).

Taulukko 2. Valmius (%) siirtää korvausta vastaan sähkösaunan lämmitystä sähkön huippukulutuksen jälkeiseen ajankohtaan

	Kyllä (%)	Ei (%)
Sukupuoli		
Nainen	65	35
Mies	55	45
Ikä		
18–29 -vuotiaat	70	30
30–44 -vuotiaat	65	35
45–59 -vuotiaat	64	36
60–75 -vuotiaat	51	49
Peruskoulutus		
Ylioppilastutkinto	71	29
Keski- tai peruskoulu	57	44
Kansakoulu	41	59
Koulutusala		
Terveys- ja sosiaaliala	75	25
Luonnontieteellinen	74	26
Humanistinen tai taideala	72	28
Kasvatustieteellinen tai opetus	64	36
Tekniikan ala	61	39
Yhteiskuntatieteellinen	54	46
Palveluala	52	48
Muu koulutusala	46	54
Maa- ja metsätalousala	45	55
Puoluekannatus		
Vihreä liitto	77	23
Vasemmistoliitto	71	29
Suomen Sosiaali- demokraattinen Puolue	58	42
Suomen Keskusta	54	46
Perussuomalaiset	49	51
Ruotsalainen kansanpuolue	48	52
Asumismuoto		
kerrostalo	63	37
rivi- tai paritalo	61	39
omakotitalo	58	42

Sukupuolten välinen ero on jälleen suuri: naisista lämmitysajankohdan siirtämiseen olisi valmis 65 %, mutta miehistä vain 55 %. Iän karttuessa tämä valmius vähenee. Peruskoulutuksella on lineaarinen vaikutus, sillä pelkän kansakoulun käyneistä 41 %, kun taas ylioppilastutkinnon suorittaneista 71 % olisi valmis siirtoon. Myös ammatillisen koulutuksen korkeudella on merkittävä vaikutus: ammatillista koulutusta kokonaan vailla olevista 49 %, mutta yliopistotutkinnon suorittaneista 69 % olisi valmis siirtämään sähkösaunansa lämmitystä. Kuitenkin – kuten asuinlämpötilan alentamisen kohdalla – vähiten valmiutta löytyy pelkän ammattikurssin käyneiden keskuudesta.

Asumismuodon vaikutus on jälleen yllättävä, sillä saunan lämmityksen siirrosta saatava säästö on välittömästi omakotitaloissa, mutta niissä valmius on vähäisempää (58 %) kuin rivit- tai paritalossa (61 %) tai kerrostalossa asuvilla (63 %). Asunnon lämmitysmuodon vaikutus jää vähäiseksi. Eniten valmiutta sähkösaunan lämmityksen siirtoon huippukulutuksen aikana on niiden keskuudessa, joiden asunnossa pääasiallinen lämmitysmuoto sähkö (63 %), kaukolämpö (63 %), tai maalämpö (63 %), kun taas vähäisintä vaikutus on öljyllä (54 %), lämpöpumpulla (53 %) tai puulla eli hakkeella tai haloilla (51 %) lämmitetyissä asunnoissa.

Kuinka paljon suomalaisille tulisi sitten maksaa huippukulutuspäivää kohden, että he joko suostuisivat asuinlämpötilansa laskemiseen kahdella asteella tai saunomisajankohdan siirtämiseen pois valtakunnallisesta huippukulutusajankohdasta? Suomalaiset olisivat valmiita siirtämään sähkösaunan lämmitystä halvemmalla kuin alentamaan asuinlämpötilaansa. Lämpötilan alentamisen kohdalla yleisin vastaus oli 10 euroa (106 vastaajaa) ja sähkösaunan lämmityksen siirtämisen osalta viisi euroa (98 vastaajaa).

Niiltä, jotka olivat tähän valmiita, tiedusteltiin lisäksi, kuinka paljon tästä pitäisi saada korvausta €/huippukulutuspäivä (ks. Taulukko 3).

Taulukko 3. Suomalaisten pyytämä korvaus (€), valmius alentaa asuinlämpötilaa ja siirtää sähkösaunan lämmitystä huippukulutustilanteessa (%)

Korvaus €	Valmis alentamaan asuinlämpötilaa %	Valmis siirtämään sähkösaunan lämmitystä %
0	9	14
alle 1	2	2
1–2,9	16	22
3–4,9	5	7
5–5,9	22	21
6–6,9	2	1
10–14,9	25	18
15–20	9	6
21–30	4	0,4
31–	8	5
N=	430	460

4. Päätelmät: miten teho hallitaan jatkossa?

4.1 Havainnot: Tehontarvetta hallittava paremmin

Alustava ongelma-analyysimme sekä käsittelemämme muutostekijät johtavat yhteen keskeiseen päätelmään: kulutusjoustoilla on jatkossa tärkeämpi rooli ja sähköjärjestelmää on ohjattava tehopohjaiseksi, ei enää vain energiapohjaiseksi. Energian käytön tarkastelu yksin kokonaiskulutuksen valossa ei kerro, millainen sähkön- tai muun energiankäyttäjä kohde on. Kuluttajan tehoprofiili eli se, milloin ja kuinka paljon energiaa hetkellisesti käytetään, tulee olemaan tulevaisuudessa yhä keskeisempi.

Toinen olennainen päätelmä koskee sähkön roolia lämmitysjärjestelmissä. Varsinaisen sähkölämmityksen käyttöä rakennuksissa on pitkään ohjattu erilaisin toimin. Arava-lainojen ehtoissa edellytettiin aikoinaan varaavien takkojen rakentamista. Vuonna 2005 ympäristöministeriön asettama työryhmä mietti sähkölämmitysveron toteuttamiskelpoisuutta. Työryhmän mukaan käyttökelpoisin vaihtoehto asuntojen mahdollisen sähkölämmitysveron toteuttamiseksi olisi ollut veroluokan I mukaisen veron korottaminen. Sähkön hinnan silloisen noususuuntaisen kehityksen vuoksi sähköveron korottamisesta kuitenkin pidättäytyttiin. Työryhmä kuitenkin totesi, että asiaa on syytä seurata ja ryhtyä tarvittaessa toimiin vaihtoehtoisten lämmitysmuotojen kilpailukykyä parantamiseksi (Ympäristöministeriö 2006).

Energiatehokkuussäätelyssä erityisesti vuodesta 2012 lähtien on energiamuotokertoimien avulla asetettu sähkölämmitystaloille muita tiukempia vaatimuksia energian kulutuksen suhteen. Osana EU-politiikkaa ja sitä soveltavan ilmastolain toteutusta rakentamisen säätelyssä kuitenkin ohjataan lämmitystapavalintoihin, jotka lisäävät sähkön käyttöä ja erityisesti huipputehon tarvetta. Tähän vaikuttavat tavoitteet parantaa energiatehokkuutta, vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä ja pienhiukkaspäästöjä sekä lisätä uusiutuvien energianlähteiden osuutta rakennusten lämmityksessä esimerkiksi maalämmön ja ilmalämpöpumppujen avulla. Näillä ohjaustoimilla on yhä laajemmin toteutuessaan huomattavia sähkötehon tarvetta lisääviä vaikutuksia.

Tehontarvelisäys on ongelmallinen, koska se on suhteellisen lyhytaikaista vuositason, terävöittää tehontarveprofiilia eikä toteudu vuosittain samalla tavalla. Kenen intressissä olisi rakentaa ja ylläpitää voimalaitoksia, joiden käyttö jää lyhytaikaiseksi eikä niitä tarvita edes joka vuosi? Tehontarpeeseen ei ole käytössä tarpeeksi vahvoja ohjauskeinoja. Samalla kun merkittävä osa siitä aiheutuu ympäristöministeriön toimialueella olevasta ja toki myös EU-tason politiikan muokkaamasta lämmitystapojen ohjauksesta, on itse tehontarve työ- ja elinkeinoministeriön ja Fingridin toimialuetta. Horisontaalista ja poikkihallinnollista ohjausta tarvitaan lisää energiapolitiikassa tehontarveongelmien ratkaisemiseksi.

Kolmas päätelmä koskee rakennusten merkitystä tehontarpeelle. Vaikka olemme tässä analyysissä vasta esittäneet alustavan arvion, on syytä olettaa, että rakennusten osuus on yleisesti ottaen aliarvioitu Suomessa. Rakennusten tehontarve tulee olla aiempaa keskeisempi osa energiapolitiikkaa. Tarvitaan enemmän tietoa siitä, miten eri kulutusryhmät vaikuttavat huipputehoon. Tämäkin edellyttää horisontaalista ja poikkihallinnollista ohjausta samoin kuin tarkempien arvioiden kehittämistä yhteistyössä tutkijoiden, viranomaisten ja yritysten kesken. Kokonaisvaltaiselle kysynnän joustolle, sisältäen myös energiavarastot eri muodoissaan, on selkeä tarve (ks. Harsia ym. 2016).

4.2 Suositukset: kenen pitäisi toimia, ja miten?

Analyysimme nostaa esille kehittämiskohteita erityisesti tiedontarpeen, tilastoinnin ja tiedon soveltamisen osalta. Tehonhallinnassa on jatkossa myös syytä kiinnittää enemmän huomiota joustoihin sekä muun muassa lämpöpumppujen vaikutuksiin:

- *Tiedontarve, tilastointi ja ennakointi kulutuksesta ja kuormista:* on tuotettava tilastoja siitä, mitä eri sähkön kulutusmuodot kuluttavat tehona. Tällä hetkellä viranomaiset (Tilastokeskus), energian tuottajat tai myyjät (Energiateollisuus r.y.) eivät tuota tällaisia tilastoja. Valtakunnallinen ja myös jakeluverkkotason tehon ajallinen käyttäytyminen jo tunnetaan. Sen jakautumisesta ajallisesti eri sähkön käyttökohteiden ja -laitteiden välillä sen sijaan ei ole juuri julkaistua tietoa. Tällaisen tiedon tuottaminen ja tilastointi tulee olla jatkossa osa energiapoliittista suunnittelua, jossa fokus on toistaiseksi ollut vuositason energiankäytön kasvussa. Tilastoinnin kehittämisessä on syytä integroida ilmastotilastoinnin ja sähkönkulutustilastoinnin Big Data – analyysien keinoin. Näin ilmaston tilassa havaitut ääriarvot ja sähkön kulutuksessa havaitut äärihavainnot voidaan käsitellä joustavasti yhdessä.
- *Tiedontarve ja huoltovarmuus:* huoltovarmuusnäkökulmastakin yksittäisen kuluttajan sähkön käyttö pitäisi pystyä jakamaan lämmitykseen vaadittavaan energiaan (ja sen joustokykyyn), muuhun välttämättömään sähkön käyttöön ja ei-välttämättömään sähkön käyttöön, jotka toisaalta lähtevät rakennuksen tai teollisuusprosessin tarpeista ja toisaalta ihmisen mukavuudesta.
- *Tiedontarve ja 'data hub' –mahdollisuudet:* on pohdittava, miten tilastointia voidaan kehittää 'data hub'- ja 'data mining' tekniikoilla ja mallinnuksella. Big Datan eli massadatan hyödyntämistä ennakoiviin analyyseihin on syytä kehittää monipuolisesti (ks. Kaivo-oja 2016). Esimerkiksi olisi hyödyllistä, jos sähköjärjestelmän tehontarpeet ja

rakennusten paikkatiedot (rakennusrekisteri) voitaisiin yhdistää. Jotta sähköjärjestelmä voidaan mitoitaa resurssitehokkaaksi, tarvitsisivat sähkön tarjoajat olemassa olevan asiakastiedon lisäksi tietoa rakennuskannasta. Miten mitoitetaan liittymä? Miten tietty asuinalue siirtyy toisenlaiseen järjestelmään vaikkapa aurinkovoiman ja maalämmön avulla? Valtakunnalliset 'data hub' -ratkaisut antaisivat lähinnä yksittäisen asiakkaan tuntien energian vaihtelusta tietoa. Kun halutaan tarkempaa tietoa kiinteistön sisältä (varsinkin suuremmista kiinteistöistä) ja eri laiteryhmiä sähkön käytöstä, ei tuntipohjainen data hub -tieto yksin riitä, vaikka niitä erilaisilla data mining -louhintamenetelmillä voidaankin tarkastella. Jos tehontarvetta ja rakennuskantaa koskevia tietoja voidaan analysoida ja mallintaa yhdessä, nousee haasteeksi esimerkiksi asiakkaiden sähkön käytön tottumusten muutos lämmitysratkaisujen muuttuessa, hintaohjatun kysynnän jouston yleistyessä, pientuotannon lisääntyessä tai asiakkaiden omien energiavarastojen (esim. Teslan Powerwall) lisääntyessä.

- *Tiedon soveltaminen ja jalkauttaminen:* kun tehonhallinnan tarve kasvaa rakennusten osalta, tarvitaan rakennusten korjauksiin, ylläpitoon ja uudisrakentamiseen lisää teknisesti vaativien järjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-osaamista. Tällaista on kasvavaan tarpeeseen nähden toistaiseksi melko vähän saatavilla, ja erityisen vähän kasvukeskusten ulkopuolella. Koulutusta, T&K -rahoitusta sekä yritysten starttirahoitusta voisi kanavoida tähän tarkoitukseen.
- *Tiedontarve ja joustojen toteutus:* kulutuksen joustomuodot tulee myös saada tilastoiduiksi. Fingridin tieto säätösähköstä koskee Pohjoismaiden tasoa. Emme kuitenkaan tiedä, mitä kuormia kullakin tunnilla on.
- *Joustojen kehittäminen:* Toistaiseksi business-to-business -joustot toimivat kohtuullisesti,

mutta tehopiikkien ja siten joustotarpeen kasvaessa on pidemmällä aikavälillä myös pienemmät kuluttajat saatava osallistumaan joustoihin aivan kuten uusi energia- ja ilmastostrategia jo linjaa (Valtioneuvosto 2016, 42, 46). Kulutusjoustomahdollisuuksia on siis aktiivisesti kehitettävä erityisesti pienkuluttajien mukaan saamiseksi. Nykyiset etäluettavat energiamittarit tarjoavat jo merkittävästi mahdollisuuksia kuormien ohjaamiseen, jos ominaisuudet ja mittareiden ohjausreleisiin kytketyt kuormat otetaan täysimääräisesti toimialalla käyttöön. Sähkön pörssihinnan suuremmat vaihtelut ja niiden näkyminen kuluttajille asti on yksi mahdollisuus kannustaa joustoihin.

- *Sähkömarkkinoiden kehittäminen:* tehopiikkien aikana talvipakkasilla käytössä olevan tuotantokapasiteetin kustannusten kattaminen sähkömarkkinoilta vaatisi sen että hintojen annetaan nousta hyvin korkeiksi, koska tuotantoaika on vähemmän ja kiinteät kustannukset on katettava muutaman kuukauden aikana saaduilla tuloilla. Sähkön hinta putoaa aurinkoisina ja tuulisina hetkillä alas, joten kuluttajan maksaman vuosihinnan ei tarvitsisi kasvaa. Suuret hintavaihtelut voivat tehdä sekä kulutusjoustoista että sähkövarastoista kannattavia, jolloin tehopiikki pienenee. Ellei sähkömarkkinoita saada toimimaan näin, on vaihtoehtona erillisten kapasiteettimaksujen käyttöönotto, tai strategisten reservien voimakas lisääminen. Tämä taas saattaa tulla kalliiksi, ellei pystytä arvioimaan tarkasti mistä kapasiteetista tulee maksaa ja paljonko.
- *Tehoreservi:* tehoreserviä on syytä kasvattaa Energiaviraston ehdottamaan 600MW tasoon.
- *Avoimuutta lisättävä:* sähkötehoa ja sähkötehon tarpeen kehitystä koskevaa tietoa tulisi tilastoida ja julkaista vastaavasti kuin energian kulutuksesta.

Lähteet:

Aalto, Pami, Harsia, Pirkko, Heljo, Juhani, Holttinen, Hannele, Jaakkola, Iida, Järventausta, Pertti, Kirkinen, Johanna, Kojo, Matti, Konttinen, Jukka, Oksa, Anna, Rönkkö, Topi, Sorri, Jaakko ja Toivanen, Pasi (2016) Pohjoismaiden energiapolitiikka 2030: hiilineutraalimpaan energiajärjestelmään osin yhdessä, osin eri polkuja pitkin. EL-TRAN analyysi 4/2016. <https://tt.eduuni.fi/sites/EL-TRAN/Julkaisut%20tiedostot/Pami%20Aalto%20et%20al,%20Pohjoismainen%20energiapolitiikka%202030%20--%20hiilineutraalimpaan%20energiajärjestelmään.pdf>

Amirante, R., Cassone, E., Distaso, E. & Tamburrano, P. (2017) Overview on recent developments in energy storage: Mechanical, electrochemical and hydrogen technologies. Energy Conversion and Management, 132(15), 372–387.

BC-DC Energia, EL-TRAN ja SET (2016) BCDC, EL-TRAN ja Smart Energy Transition -konsortioiden kommentit Fingridin keskustelupaperiin "Sähkömarkkinat korjauksen tarpeessa -- mitä voimme tehdä?". <https://tt.eduuni.fi/sites/EL-TRAN/Julkaisut%20tiedostot/Yhteiskommentit%20Fingridin%20keskustelupaperiin%2015-9-2016.pdf>

Fingrid (2016a) Sähkönkulutus kaikkien aikojen ennätystasolla 7.1.2016. Fingrid Oyj:n lehdistötiedote 7.1.2016. <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/tiedotteet/Sivut%2FS%3%A4hk%3%B6nkulutus-kaikkien-aikojen-enn%3%A4tystasolla-7.1.2016.aspx><http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/tiedotteet/Sivut%2FS%3%A4hk%3%B6nkulutus-kaikkien-aikojen-enn%3%A4tystasolla-7.1.2016.aspx>

Fingrid (2016b) Säätosähkön hinta kohosi kaikkien aikojen huipputasolle. Fingrid Oyj:n lehdistötiedote 22.1.2016. <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/tiedotteet/Sivut%2FS%3%A4%3%A4t%3%B6s%3%A4hk%3%B6n-hinta-kohosi-kaikkien-aikojen-huipputasolle.aspx>

Fingrid (2016c) Sähkömarkkinat korjauksen tarpeessa – mitä voimme tehdä? <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Lehdist%3%B6tiedoteliitteet/2016/FINGRID-Sahkomarkkinat-tulevaisuus-2016-WEB.PDF>

Funke, M., Schularick, M. & Trebesch, C. (2016) Going to extremes: Politics after financial crises, 1870–2014. European Economic Review, Vol. 88, 227–260.

Hankalin, Ville, Sivill, Leena, Rantanen, Leena, Hellsten, Jarkko ja Juuri, Kalevi (2016) Selvitys keinoista sähkötehon riittävyyden varmistamiseksi kulutushuippuissa. Huoltovarmuuskeskus, Energiavirasto ja työ- ja elinkeinoministeriö. 11/8/2016. <http://huoltovarmuus.fi/mediabank/917.pdf>

Harsia, Pirkko, Penttinen, Sirja-Leena, Järventausta, Pertti, Sorri, Jaakko, Aalto, Pami, Kallioharju, Kari (2016) Edellytykset kysynnän jouston toteutumiseksi kiinteistössä. EL-TRAN analyysi 8/2016. (Tulossa)

Heikkilä, Mikko (2016) Tammikuun 2016 kulutushuiput. Fingrid. 10.2.2016 Markkinatoimikunta. <http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/asiakasliitteet/Markkinatoimikunta/2016/10.2.2016%20kokous/Markkinatoimikunta%20-%20Talven%20tehotilanne.pdf>

Helistö, Niina, Kiviluoma, Juha and Holttinen, Hannele (2016) The need and value of flexibility in North European power system 2050. Poster available at <http://flexefinalreport.fi/content/market-transition>

Helistö, Niina, Kiviluoma, Juha and Holttinen, Hannele (2017) Long term impact of variable generation and demand side flexibility on thermal power generation, submitted for review to IET Renewable Power Generation. (Forthcoming)

Heljo, Juhani (2016) TEHOREM -laskentamallilla tehdyt rakennuskannan sähköteholaskelmat sekä Tilastokeskuksen sähkönkulutustietojen perusteella arvioidut sähkötehot.

International Energy Agency (2014) Technology Roadmap: Energy Storage. Paris, France.

Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., Supponen, A., Heljo, J., Sorri, J., Harsia, P., Honkiniemi, M., Kallioharju, K., Piikkilä, V., Luoma, J., Partanen, J., Honkapuro, S., Valtonen, P., Tuunanen, J., Belonogova, N. (2015). Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille. Tutkimusraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. [https://tutcris.tut.fi/portal/fi/publications/kysynnän-jousto--suomeen-soveltu-vat-kaytannoen-ratkaisut-ja-vaikutukset-verkkoyhtio-eille-dr-pooli\(d8a7e38d-6533-417e-974c-8399326a55c6\).html](https://tutcris.tut.fi/portal/fi/publications/kysynnän-jousto--suomeen-soveltu-vat-kaytannoen-ratkaisut-ja-vaikutukset-verkkoyhtio-eille-dr-pooli(d8a7e38d-6533-417e-974c-8399326a55c6).html)

Kaivo-oja, Jari, Luukkanen, Jyrki and Wilenius, Markku (2004) Defining alternative national socio-economic and technological futures up to 2100: SRES scenarios for the case of Finland. Boreal Environmental Research 9, May 2004, 109–125.

Kaivo-oja, Jari (2016) Big Data ja ennakointi: Toimintamallit ja haasteet tulevaisuudentutkimukselle. Futura, 35(2), 19–29.

Kiviluoma, Juha ja Heliöstö, Niina (2014) Selvitys tehoreservin tarpeesta vuosille 2015–2020. Tutkimusraportti VTT-R-06032-14. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-06032-14.pdf>

Laatikainen, Tuula (2016) Suomalaisten sähkölaskut menevät uusiksi – mökkiläiset häviävät eniten. Tekniikka&talous 3.9. http://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/suomalaisten-sahkolaskut-menevat-uusiksi-mokkilaiset-haviavat-eniten-6579277

Liu, C., Sun, X., Chen, J. & Li, J. (2016) Statistical properties of country risk ratings under oil price volatility: Evidence from selected oil-exporting countries. Energy Policy, Vol. 92, May 2016, 234–245.

Matilainen, J. (2016) Tehotasapainon hallinta huippukulutustilanteissa. Fingrid. Kommenttipuheenvuoro EL-TRAN vuorovaikutuspaneeli, 16.12.2016, Helsinki.

Metsäteollisuus (2016) Sähkönkulutus sektoreittain 2015 E. https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/55-Energia/Julkinen-FI/d40Energia_006.pptx Haettu 19.12.2016.

Motiva (2016) Kuluttajilla valmiutta vähentää energiankulutusta. Tiedote 27.10.2016. http://www.motiva.fi/ajankohtaista/motivan_tiedotteet/2016/kuluttajilla_valmiutta_vahentaa_energiankulutusta.9832.news

Mutanen, A. (2016) Analyysia Suomen sähkönkulutuksen lämpötilariippuvuudesta. Julkaisematon.

Perrels, A., Veijalainen, N., Jylhä, K., Aaltonen, J., Molarius, R., Porthin, M., Silander, J., Rosqvist, T., Tuovinen, T., Carter, T. & Fronzek, S. (2010) The implications of climate change for extreme weather events and their socio-economic consequences in Finland. Government Institute for Economic Research, Research Reports 158. Helsinki.

'Ramöverenskommels mellan Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna' (2016) 10.6.2016. <http://www.regeringen.se/contentassets/b88f0d28eb0e48e39eb4411de2aabe76/energioverenskommelse-20160610.pdf>

Rehn, Olli (2016) Kansallinen energia- ja ilmastostrategia vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriö 24.11.2016. http://www.slideshare.net/TEM_esitykset/kansallinen-energia-ja-ilmastostrategia-vuoteen-2030

Sulpu r.y. (2016a) 'Lämpöpumpputilasto', <http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumpputilastoja-SULPU.pdf>

Sulpu r.y. (2016b) 'Lämpöpumppujen merkitys ja tulevaisuus', <http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen-merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf>

Suomen virallinen tilasto (2016): Energian hankinta ja kulutus [verkkójulkaisu].

ISSN=1799-795X. 4. vuosineljännes 2015, Liitekuvio 20. Sähkön kulutus sektoreittain 1980–2015 . Helsinki: Tilastokeskus.
http://www.stat.fi/til/ehk/2015/04/ehk_2015_04_2016-03-23_kuv_020_fi.html

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2016) Energia- ja ilmastostrategian keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan perusskenaario. 15.6.2016.

Tilastokeskus (2016), Energia 2015 – taulukkopalvelu.
Valtioneuvosto (2016) Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta.
<http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63>

Väre, Ville (2016) Sähkön toimitusvarmuuden tila. Esitys työ- ja elinkeinoministeriön sähkömarkkinaseminaarissa 27.1.2016. Energiavirasto.
http://tem.fi/documents/1410877/2680491/S%C3%A4hk%C3%B6markkinaseminaari_Ville+V%C3%A4re.pdf/6d3d4345-b730-44c9-96a2-6d359e42bcd6

Ympäristöministeriö (2006) Sähkölämmitysveron toteuttamiskelpoisuus Suomessa. Ympäristöministeriön moniste 166. Helsinki.

EL-TRAN -konsortio tutkii, mitä resurssitehokas sähköjärjestelmä tarkoittaa, miten se toteutetaan, millaisia politiikka-ongelmia sen toteutuksessa kohtaamme ja kuinka lopulta ratkomme niitä. Hanketta koordinoi Tampereen yliopisto, ja siinä ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Turun yliopisto, VTT ja Tampereen ammattikorkeakoulu.

Aiemmat EL-TRAN –analyysit	
1/2016	Miten toteutetaan resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraali sähköenergiajärjestelmä?
2/2016	Miten sähkön siirtohintoja voidaan korottaa? Kansainvälisen investointioikeuden näkökulma
3/2016	Yksilö energiapolitiikan keskiössä – aurinkoenergian sääntelystä Suomessa
4/2016	Pohjoismaiden energiapolitiikka 2030: hiilineutraalimpaan energiajärjestelmään osin yhdessä, osin eri polkuja pitkin
5/2016	Resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraalimpi energiajärjestelmä, mutta miten? Suomalaiset avaintoimijat vastaavat
6/2016	Suomalaiset eivät lämpene sähköautoille – miten kiinnostus sytytetään?