



Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli)

Citation

Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., ... Belonogova, N. (2015). Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Year

2015

Version

Publisher's PDF (version of record)

Link to publication

[TUTCRIS Portal \(http://www.tut.fi/tutcris\)](http://www.tut.fi/tutcris)

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright, please contact tutcris@tut.fi, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO



Kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli)

-

Loppuraportti

Pertti Järventausta, Sami Repo, Petri Trygg, Antti Rautiainen,
Antti Mutanen, Kimmo Lummi, Antti Supponen, Juhani Heljo,
Jaakko Sorri, Pirkko Harsia, Martti Honkiniemi, Kari Kallioharju,
Veijo Piikkilä, Jaakko Luoma, Jarmo Partanen, Samuli Honkapuro,
Petri Valtonen, Jussi Tuunanen, Nadezda Belonogova

Tampereen teknillinen yliopisto - Tampere University of Technology

Pertti Järventausta, Sami Repo, Petri Trygg, Antti Rautiainen, Antti Mutanen, Kimmo Lummi, Antti Supponen, Juhani Heljo, Jaakko Sorri, Pirkko Harsia, Martti Honkiniemi, Kari Kallioharju, Veijo Piikkilä, Jaakko Luoma, Jarmo Partanen, Samuli Honkapuro, Petri Valtonen, Jussi Tuunanen, Nadezda Belonogova

Kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli)

Loppuraportti

Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan laitos

Tampere 2015

ISBN 978-952-15-3485-0

ESIPUHE

Energiateollisuus ry:n koordinoima energia-alan sähköverkko- ja palveluntuotantoalan tutkimusta edistävä yhteistoimintaelin Sähkötutkimuspooli (ST-pooli) käynnisti vuonna 2013 tutkimushankkeen ”Kysynnän jousto – Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR-pooli)”, joka alkoi 1.8.2013 ja päättyi 31.1.2015.

Tässä raportissa esitetään yhteenveto tutkimusprojektikonaisuudesta, jonka päärahoittajana on toiminut Sähkötutkimuspooli (ST-pooli), ja jonka rahoitukseen sekä johtoryhmätyöskentelyyn projektiosapuolina on osallistunut yhteensä 15 yritystä ja järjestöä.

Tutkimusprojektin toteutuksesta ovat vastanneet yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston (TTY), Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT) ja Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) tutkimusryhmät. Tutkimuksen toteutukseen ovat osallistuneet seuraavat henkilöt:

- TTY / Sähkötekniikan laitos: prof. Pertti Järventausta, prof. Sami Repo, TkT Petri Trygg, DI Antti Rautiainen, DI Antti Mutanen, DI Kimmo Lummi, tekn. yo. Antti Supponen
- TTY / Rakennustekniikan laitos: DI Juhani Heljo ja DI Jaakko Sorri
- TAMK / Rakentaminen ja teknologia-yksikkö: yliopettaja Pirkko Harsia, lehtori Martti Honkiniemi, lehtori Kari Kallioharju, lehtori Veijo Piikkilä, tek. yo. Jaakko Luoma
- LUT / Sähkömarkkinalaboratorio: prof. Jarmo Partanen, TkT Samuli Honkapuro, DI Petri Valtonen, DI Jussi Tuunanen, DI Nadezda Belonogova

Tutkimusprojektin toteutusta on ohjannut ja valvonut johtoryhmä, johon on kuulunut edustajia kaikista hankkeen projektiosapuolista, joita ovat olleet Sähkötutkimuspooli, Energiateollisuus ry (Sähköverkko ja Sähkökauppa), Ympäristöministeriö, Elenia Oy, Turku Energia Sähköverkot Oy, ABB Oy (Wiring Accessories), Enoro Oy, Empower IM Oy, Landis+Gyr Oy, Schneider Electric Buildings Finland Oy, Senaattikiinteistöt Oy, Sähköinfo Oy, TeliaSonera Finland Oyj. Lisäksi tutkimusprojektia ovat rahoittaneet Ulla Tuomisen säätiö ja Sähköturvallisuuden edistämiskeskus (STEK).

Tutkimusprojektin toteutukseen on liittynyt keskeisesti myös yritysten ja eri sidosryhmien kanssa järjestetyt työpajat.

TIIVISTELMÄ

Perinteisessä sähköenergiajärjestelmässä vaihtelevaan kulutukseen on sopeuduttu tuotantoa säätämällä esim. vesivoima- ja lauhdevoimalaitosten avulla. Jatkossa yhä suurempi osa tuotannosta on sellaista, jota ei teknisesti voida tai ei taloudellisesti kannata säätää, kuten sääriippuva tuuli- ja aurinkovoima, sekä tasaisesti ajettava ydinvoima. Kuormitus tarjoaa edullisen ratkaisun lisätä järjestelmään joustavuutta ainoastaan säätökapasiteetiksi rakennettavan sähköntuotannon sijaan. Tuntitason tehotasapainon hallinnan lisäksi joustavasti ohjattavissa oleva kuormitus muodostaa merkittävän potentiaalin myös voimajärjestelmän erilaisille nopeille reserveille. Näiden tarve korostuu järjestelmässä olevan pyörivän massan (inertian) määrän vähentyessä.

Valtakunnallisten tehohippujen aikaan sähköenergian hinta yleensä nousee selvästi. Samaan aikaan käytössä on yleensä paljon päästöjä aiheuttavia energiantuotantomuotoja. Kysynnän jouston avulla voidaan sähkönkulutusta siirtää kalliista tehohippuista edullisempiin ajankohtiin. Mikäli kysyntäjouston seurauksena tuotanto muuttuu esimerkiksi hiililauhteella tuotetusta sähköstä vesivoimaksi, pienentyvät myös sähköntuotannon päästöt. Sähkönjakeluverkon tasolla saattaa kuitenkin esiintyä tilanteita, jolloin paikallisen verkon huippukuormitus osuu ajankohtaan, jolloin halpa energia ja kysynnän jousto lisäisivät entisestään verkon huippukuormitusta. Tämä lisää osaltaan kysynnän jouston problematiikkaa.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen on taustalla myös uusissa rakentamiseen liittyvissä energiatehokkuusmääräyksissä, joiden tavoitteena on ohjata rakentamista yhä energiatehokkaampaan ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntävään suuntaan. Energiatehokkuutta arvioitaessa tuleekin kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota myös hetkellisiin tehohippuihin ja käyttöprofiileihin. Kysynnän jouston tarve ja tavoitteet tulee nähdä myös tarpeellisena osana tulevassa lähes nollaenergia eli nZEB-rakentamisessa.

Kysynnän jousto sisältää laajan joukon erilaisia toimintoja, joiden merkitys, tarve ja ansaintalogiikka vaihtelevat toimijan näkökulmasta. Kysynnän joustolla voidaan ymmärtää välillinen esimerkiksi hinnoittelurakenteilla toteutettava vaikuttaminen asiakkaan käyttäytymiseen, vaihtelevaan energian hintaan pohjautuvat suorat ohjaustoimenpiteet sekä siirto- ja jakeluverkon tarpeista tulevat ohjaukset, kuten. kuorman toimiminen kantaverkkoyhtiön reservinä tai yötariffiin kytketyn kuorman porrastaminen. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti kysynnän jouston mahdollisuuksia ja tarpeita eri toimijoiden näkökulmasta:

- **Kantaverkkoyhtiölle** kysynnän jousto tarjoaa mahdollisuuksia tehotasapainon hallintaan ja taajuuden säätöön käyttö- ja häiriöreservien osalta sekä mahdollisesti myös joustavuutta tehopula -tilanteiden hallintaan.
- Sähkön **vähittäismyyjä** voi hyödyntää kysynnän joustoa sähkön hankinnan suunnittelussa, tasevastaavana oman taseensa hallinnassa muiden toimenpiteiden rinnalla, säätösähkömarkkinoiden tarjouksissa sekä uusien tuotteiden ja oman liiketoiminnan kehittämisessä.
- **Jakeluverkkoyhtiö** voi hyödyntää kysynnän jouston mahdollisuuksia pitkän aikavälin verkon suunnittelussa verkon mitoitustehon näkökulmasta sekä reaaliaikaisessa käyttötoiminnassa esim. poikkeustilanteiden aikaisen huipputehon hallinnassa.
- Sähkön **loppukäyttäjän** näkökulmasta kysynnän jousto mahdollistaa mm. sähkön käytön edullisen hinnan aikana, ostosähkön vähentämisen, oman pientuotannon täysimääräisen hyödyntämisen, huipputehojen pienentämisen sekä mahdollisesti liittymäkoon rajoittamisen.
- **Laite- ja järjestelmätoimittajille sekä palvelun tarjoajille** (esim. kuormia aggregoiva ”jousto-operaattori”) kysynnän jousto tarjoaa uusia tuote- ja liiketoimintamahdollisuuksia.

Kysynnän jouston laajamittainen hyödyntäminen edellyttää eri toimijoiden välistä yhteistyötä.

Etäluettavat energiamittarit (AMR, Automated Meter Reading), joiden osalta Suomi on edelläkävijä maailmanlaajuisesti, mahdollistavat todelliseen tuntikulutukseen pohjautuvan taseselvityksen sekä vähittäismarkkinoille uusia tunti hinnoitteluun perustuvia hinnoittelumalleja. Nämä puolestaan mahdollistavat asiakkaan osallistumisen kysynnän jouston tuntimarkkinoille. Lisäksi etäluentajärjestelmää käytetään jo tänä päivänä kuormien ohjaamiseen asiakkaan käytössä olevien tariffien mukaisesti (esim. yö-/päiväsähkö). Olemassa olevaa AMR-infrastruktuuria on kansantaloudellisessa mielessä järkevää käyttää myös suoraan kuorman ohjaukseen siinä määrin kuin asennettu infrastruktuuri sen mahdollistaa.

Kysynnän jouston potentiaalia tarkasteltiin energian kulutuksen ja tyypillisimpien laitetehojen lähtökohdista. Vuodenajasta, vuorokaudesta ja vuorokauden tunnista riippuen potentiaalit vaihtelevat voimakkaasti. Suurimmat ohjauspotentiaalit ovat lämmityskaudella sähkölämmityksessä sekä käyttöveden lämmityksessä läpi vuoden. Mahdollisuuksia on myös isompien kiinteistöjen ilmanvaihdon, jäähdytyksen ja valaistuksen ohjauksessa sekä mm. ulkovalaistuksessa, auto- lämmityksissä, erilaisissa lisälämmitysvastuksissa sekä erikoiskohteissa, kuten kasvihuoneet.

Tehtyjen analyysien ja verkkoyhtiöille tehdyn kyselyn perusteella AMR-mittareiden ohjausaikatauluun kytketyn ohjausreleen kautta on ohjattavassa yli 1 000 MW pääosin erilaista sähkölämmitys- ja lämminvesivaraajakuormaa. Tämä ohjattavissa oleva kuormitus olisi otettavissa käyttöön hyvinkin nopeasti, ja hyödynnettävissä esim. day-ahead (Elspot) -markkinoilla toimittaessa. Käytännön toteutus vaatii kuitenkin vielä tietojärjestelmärajapintojen standardointia siten, että ohjaussignaalit kulkevat saumattomasti sähkönmyyjien ja verkkoyhtiöiden välillä. AMR-mittareiden ns. kuormanohjausreleeseen on kytkettynä samaa suuruusluokkaa oleva määrä ohjattavaa kuormaa, jota voitaisiin hyödyntää päivän sisällä tapahtuvissa ohjauksissa (intra-day (Elbas), säätösähkömarkkina). Riittävän nopeaan ja luotettavaan tiedonsiirtoon sekä mittareiden ja keskusten asennuksiin liittyy ohjausaikatauluun perustuvaan ohjaukseen verrattuna enemmän teknisiä haasteita. Jakeluverkkoyhtiöiden valvontamallia, esim. innovaatiokannustimen muodossa, tuleekin kehittää siten, että se luo kannusteita verkkoyhtiöille edistää AMR-mittareiden kautta ohjattavissa olevan ohjauspotentiaalin täysimääräistä hyödyntämistä.

Day-ahead ja intra-day markkinoita merkittävämmän taloudellisen potentiaalin tarjoavat kanta-verkkoyhtiön olemassa olevat, maailmanlaajuisesti edistykselliset, käyttö- ja häiriöreservimarkkinat. Nykyistä AMR –teknologiaa ei voida sellaisenaan käyttää nopeisiin ohjauksiin, vaan reservimarkkinoille tarjottava kuorman ohjaus vaatii teknisesti kehittyneempiä ratkaisuja. Todennäköisesti reservimarkkinoille tarjottava kysynnän jousto laajenee ensin isompien kiinteistöjen kuormien ohjauksista; esim. reservimarkkinoille hyvin soveltuvat ilmanvaihto-, jäähdytys- ja valaistuskuormat muodostavat satojen megawattien suuruisen kuormituksen valtakunnan tasolla.

Isompien kiinteistöjen (palvelu-, liike ja toimistorakennukset) ohjauksissa kiinteistöautomaatiojärjestelmät ovat ensisijainen ratkaisu kysynnän jouston toimintojen kehittämiseen. Myös pienasiakkaiden (kotitalous- ja vapaa-ajan kiinteistöt) kuormien ohjauksissa tarvitaan AMR-mittaria kehittyneempiä järjestelmiä, jos halutaan tarjota ohjauksia reservimarkkinoille tai toteutetaan älykkäämpiä ohjauksia, esim. kun asiakkaalla on omaa pientuotantoa. Taloudellinen kannattavuus on yleisesti ottaen sitä parempi, mitä reaaliaikaisemmilla markkinoilla operoidaan.

Sähkön myyjän näkökulmasta Day-ahead tai intra-day markkinoihin tai tasehallintaan liittyvällä kysynnän joustolla saavutettavien taloudellisten hyötyjen realisoitumista edesauttaa se, että kysynnän jouston toteutukseen vaadittava infrastruktuuri on lähes valmiina. Mikäli kysyntäjoustotuotteen tarjoaa joku muu kuin asiakkaan sähkönmyyjä, tulee luoda menettely, jolla ratkaistaan tasevastuuseen liittyvät kysymykset.

Sähkönmyyjällä ja jakeluverkkoyhtiöllä on periaatteellinen eturistiriita suhteessa kysynnän joustoon. Kun kuormituksia ohjataan kaikille asiakkaille yhtenäisen ohjaussignaalin, kuten sähkön

markkinahinnan perusteella, vähenee normaali kuormien risteily, mikä kasvattaa verkon tehoja. Tehopohjaisen maksukomponentin sisältävä siirtotariffi puolestaan luo asiakkaalle kannusteen kiinnittää huomiota myös omiin huipputehoihin. Todellisella jakeluverkolla ja kuormitustiedoilla tehdyissä simuloinneissa ilmeni, että tarkastellussa jakeluverkossa huipputehot (suurin tuntikeskiteho) kasvavat merkittävästi, mikäli kuormia ohjataan markkinaperusteisesti. Tätä kuormien kasvua on simulointien perusteella mahdollista tasoittaa tehopohjaisilla siirtotariffeilla. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan toteuttaa esim. asiakkaan toteutuneeseen huipputehoon tai liittymispisteeseen määriteltyyn tehorajaan tai -kaistaan perustuvan maksukomponentin avulla. Sähkön myyjän hinnoittelu voi siitä huolimatta perustua edelleen tuntihinnoitteluun, esim. spot-hintaan, jolloin asiakkailla on kannuste optimoida kuormia myös markkinahintojen perusteella. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan nähdä jopa edellytyksenä järjestelmän kokonaistehokkuuden toteutumisen näkökulmasta, jotta markkinahinta-pohjaisella ohjauksella saavutettava hyöty ei eliminoidu verkon kapasiteettitarpeen kasvamisena ja siten asiakkaiden korkeampina siirtomaksuina.

Keskeistä kysynnän jouston laajamittaiselle hyödyntämiselle on muodostaa kokonaisvaltainen näkemys kysynnän jouston toiminnallisuudesta ja eri toimijoiden mahdollisesti ristikkäisistäkin rooleista, kaikkien toimijoiden liiketoimintaa tukevasta markkinamallista, tiedonsiirto-rajapintojen yhteensovittamisesta sekä kysynnän joustoa edistävän lainsäädännön kehittämisestä. Erityisesti kysyntäjouston ansaintalogiikka vaatii kehittämistä, asiakkaiden ymmärrystä tulee lisätä ja asiakkaille tulee tarjota kannusteita kysynnän joustoon osallistumiseen. Kuorman ohjauksen käyttöönotto edellyttää myös uusien ja uusittavien kiinteistöjen sähköverkon ja laitevalintojen suunnittelun tavoitteellista ohjausta. Lainsäädäntöön liittyvien kysymysten lisäksi keskeisiä esteitä kysynnän jouston toteutumiselle yleisesti ovat hajanainen toimialakenttä (suuri määrä erilaisia toimijoita), standardoimattomat prosessit, tietojärjestelmien rajapinnat ja toimintavasteiden suuri hajonta, sekä asiakkaan kuormien ohjattavuustiedon puuttuminen.

Tutkimusprojektin lopputuloksena esitetään lukuisia joukko toimenpiteitä, joilla voidaan edesauttaa laajamittaisen kysynnän jouston yleistymistä. Vastuu toimenpiteistä jakautuu laajasti toimialan yrityksille (mm. sähkön myyjät ja verkkoyhtiöt), toimialan järjestöjen edustajille sekä viranomaisille. Toimenpiteet liittyvät:

- kysynnän jouston **tuotteistamiseen** sähkön myyjän ja jakeluverkkoyhtiön toimintojen osalta,
- eri sidosryhmien **informointiin** ja koulutukseen,
- **toimintatapojen yhtenäistämiseen** toimintaprosessien sekä teknisten järjestelmien osalta,
- **lainsäädännön, viranomaismääräysten ja ohjeiden kehittämiseen**, joihin sisältyy erityisesti verkkoliiketoiminnan valvontamallin ja rakennusmääräysten kehittäminen.

Vaikka kysynnän jouston laajamittainen käyttöönotto edellyttää vielä paljon erilaisia toimenpiteitä, niin olemassa oleva infrastruktuuri ja markkinapaikat sekä meneillään oleva kehitystyö luo uskoa kysynnän jouston laajamittaisen toteutuksen käynnistymiselle lähitulevaisuudessa.

ABSTRACT

This research report provides the results of the research project called “*Demand Response – Practical Solutions and Impacts for DSOs in Finland*”. This research work was carried out between August 2013 and January 2015 in collaboration with Tampere University of Technology, TUT (electrical and civil engineering), Tampere University of Applied Sciences, TAMK, and Lappeenranta University of Technology, LUT. Project was funded by Finnish Electricity Research Pool, Finnish Energy Industries, STEK (the Finnish Association for Electrical Safety), Ulla Tuominen Foundation, Ministry of Environment, Elenia Oy, Turku Energia Sähköverkot Oy, ABB Oy (Wiring Accessories), Enoro Oy, Empower IM Oy, Landis+Gyr Oy, Schneider Electric Buildings Finland Oy, Senaattikiinteistöt Oy, Sähköinfo Oy, and TeliaSonera Finland Oy.

The main objectives of the research project have been to solve out how different demand response (DR) resources can be utilized for different purposes, and what would be applicable technical solutions for load control in new and existing buildings. Furthermore, one aim has been to analyze the impacts of the DR for distribution system operators (DSO), and to suggest how DSOs can alleviate possible negative impacts of the market based demand response. Research work has included questionnaires to stakeholders, expert workshops, and technical and economic simulations, in which real-life market, consumption, network, and building data have been applied.

Five main tasks of the research project have been

- 1) Requirements and pricing and market structures for DR
- 2) Technical and economic potential of the DR in Finland
- 3) Technical solutions for load control in building installations
- 4) The impacts of the DR for DSOs
- 5) Legislation and regulation

In addition to research reports, results have been or will be reported in following scientific publications, which can be downloaded from project website (<http://dr.wordpress.tamk.fi/>).

- Honkapuro S., et. al., “Demand Response in Finland – Potential Obstacles in Practical Implementation”. Proceedings of 12th Nordic Conference on Electricity Distribution System Management and Development (NORDAC 2014), Stockholm, September 2014
- Honkapuro S., et.al, “Practical Implementation of Demand Response in Finland”. Accepted to 23rd International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2015), Lyon, France, June 2015
- Lummi K., et. al., “Implementation Possibilities of Power-based Distribution Tariff by using Smart Metering Technology”. Accepted to 23rd International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2015), Lyon, France, June 2015
- Valtonen P., et. al, “Economic potential of load control in balancing power market.” Accepted to 23rd International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2015), Lyon, France, June 2015
- Rautiainen et. al., “Power-based Distribution Tariffs of Small Customers as Incentives for Demand Response – Case Study of a Real DNO’s Network”. Submitted article to IEEE Transactions to Smart Grids
- Honkapuro S., et. al., “Demand Side Management in Open Electricity Markets from Retailer Viewpoint”. Accepted to 12th International Conference on the European Energy Market, Lisbon, Portugal, May 2015
- Supponen A., et. al., “Network Impacts of Distribution Tariff Schemes with Active Customers”. Submitted abstract to PowerTech2015 conference in Eindhoven, Netherlands, 29 June - 2 July 2015

Sisällysluettelo

ESIPUHE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO.....	7
1 JOHDANTO	11
1.1 TUTKIMUSPROJEKTIN TAVOITTEET JA OSATEHTÄVÄT	11
1.2 TUTKIMUSPROJEKTIN TOTEUTUS, VERKKOAINEISTO JA JULKAISUT	12
2 KYSYNNÄN JOUSTON TARPEET, MARKKINAT JA TOTEUTUSMAHDOLLISUUDET	16
2.1 YLEISTÄ	16
2.2 KYSYNNÄN JOUSTON INFRASTRUKTUURI	19
2.3 KYSYNNÄN JOUSTON HYÖDYT JA VAIKUTUKSET ERI TOIMIJOLLE	23
2.4 TUTKIMUSPROJEKTIN KESKEISET TULOKSET	25
2.4.1 Tekninen potentiaali	26
2.4.2 Asiakaspään tekniset ratkaisut	32
2.4.3 Kysynnän jouston taloudellinen kannattavuus	33
2.4.4 Kysyntäjouston vaikutukset jakeluverkkoyhtiöille	34
2.4.5 Kysynnän jouston toteutusmahdollisuudet eri markkinapaikoille	36
2.4.6 Kysyntäjouston laajamittaisen soveltamisen esteitä	37
2.5 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	38
3 KYSYNTÄJOUSTON HYÖDYNTÄMINEN SÄHKÖMARKKINOILLA	43
3.1 KYSYNTÄJOUSTON HYÖDYNTÄMINEN SPOT-MARKKINOILLA JA MYYJÄN TASEHALLINNASSA	44
3.2 KYSYNTÄJOUSTON HYÖDYNTÄMINEN RESERVEINÄ	47
3.3 SÄHKÖMARKKINOIDEN HINNOITTELUPERIAATTEET	50
3.4 KYSYNTÄJOUSTORESSIEN SOVELTUVUUS ERI MARKKINAPAICOILLA	52
3.5 KYSYNTÄJOUSTON TALOUDELLISEN POTENTIAALIN MALLINTAMINEN	54
3.6 KYSYNTÄJOUSTON TALOUDELLINEN POTENTIAALI SUORAN SÄHKÖLÄMMITYKSEN JA KÄYTTÖVEDEN KUORMITUSRYHMÄN	
LOPPUKÄYTTÄJILLÄ	58
3.6.1 Esimerkkilaskelma 1: Kuormien ohjaus Elspot-hintaan perustuen	60
3.6.2 Esimerkkilaskelma 2: Kuormien ohjaus osana myyjän tasehallintaa	61
3.6.3 Esimerkkilaskelma 3: Kuormien ohjaus säätösähkömarkkinoilla ylössäätävänä kapasiteettina	63
3.6.4 Esimerkkilaskelma 4: Kuormanohjauksien potentiaali taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilla	68
3.6.5 Yhteenveto esimerkkikuormitusryhmän taloudellisesta potentiaalista eri markkinapaikoilla	70
3.6.6 Taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinan analysointia	73
3.7 KYSYNTÄJOUSTON TALOUDELLINEN POTENTIAALI ERI VUOSINA	75

4	KUORMIEN OHJAUSPOTENTIAALI.....	80
4.1	POTENTIAALISET KOHTEET RAKENNUSKANNASSA	80
4.2	ERI KUORMITUSTYYPPIEN OHJAUSPOTENTIAALI	88
4.2.1	Sähkölämmitteiset asuinrakennukset	88
4.2.2	Sähkölämmityksen tehopotentiaali.....	90
4.2.3	Lämpöpumppujen ohjauspotentiaali	93
4.2.4	Saunat	94
4.2.5	Autolämmitys	94
4.2.6	Tie- ja katuvalaistus	95
4.2.7	Kasvihuoneet	95
4.2.8	Toimitilat ja liikerakennukset.....	95
4.3	YHTEENVETO	97
5	ASIAKASPÄÄN TEKNISET RATKAISUT	100
5.1	KYSYNTÄPOTENTIAALIN MÄÄRITTELY	100
5.2	TYYPPIKIINTEISTÖT	101
5.3	ASUINRAKENNUSTEN OHJAUSMAHDOLLISUUDET	105
5.3.1	Pientalot.....	106
5.3.2	CASE-kohteet	111
5.3.3	Rivitalot.....	119
5.3.4	Kerrostalot.....	121
5.3.5	Sähkölämmityksen ohjauskytkennät.....	122
5.3.6	Uuden ohjausjärjestelmät	127
5.3.7	Asuinkiinteistöjen tehomuutokset 2010 –luvulla	127
5.3.8	Ohjausvaikutukset asuinkiinteistöissä.....	128
5.3.9	Asuinrakennusten kuormitusten ryhmittely	130
5.3.10	Kustannusvaikutukset	134
5.4	TOIMITILA- JA PALVELURAKENNUKSET	135
5.4.1	Olemassa olevat kiinteistöt	136
5.4.2	Kysynnän jouston huomioiminen uusissa toimitila- ja palvelurakennuksissa	140
5.5	KIINTEISTÖAUTOMAATIO OSANA KYSYNNÄN JOUSTOA.....	146
5.5.1	Olemassa olevat automaatiojärjestelmät	146
5.5.2	Ajallinen käyttäytyminen.....	153
5.5.3	Toimintojen priorisointi	155
5.5.4	Kuorman todentaminen	156
5.6	ESIMERKKI LIIKE-, TOIMISTO- JA OPETUSRAKENNUSTEN KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄSTÄ	157
5.7	SUUNNITTELURATKAISUJEN RISKIEN HALLINTA	159
5.7.1	Toiminnalliset turvallisuusvaatimukset elektroniikka-, ohjaus- ja rakennusautomaatiojärjestelmille.....	159
5.7.2	Vaarojen ja riskien arviointi.....	160

5.7.3	<i>Suunnitteluratkaisujen kehittäminen</i>	162
5.8	YHTEENVETO JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	163
5.8.1	<i>Toimenpide-ehdotukset asuinrakennuksille</i>	164
5.8.2	<i>Toimenpide-ehdotukset toimi- ja palvelurakennuksille</i>	165
6	KYSYNNÄN JOUSTON VAIKUTUKSET JAKELUVERKKOYHTIÖILLE.....	167
6.1	MYYJÄN TEKEMIEN OHJAUSTEN VAIKUTUS JAKELUVERKKOON	168
6.2	VERKKOYHTIÖN TEKEMIEN OHJAUSTEN VAIKUTUKSET MYYJÄN TASEESEEN	174
6.3	JAKELUVERKON VARAYHTEYSKAPASITEETIN KORVAAMINEN TAI OSITTAINEN KEVENTÄMINEN KYSYNNÄN JOUSTON AVULLA	176
6.4	PIENTUOTANNON VAIKUTUKSET JAKELUVERKKOON	177
6.5	SÄHKÖAUTOJEN VAIKUTUKSET JAKELUVERKKOON	181
6.6	MAALÄMPÖPUMPPUJEN VAIKUTUKSET SÄHKÖNJAKELUVERKON KUORMITUKSIIN	185
6.7	ASIAKKAAN ENERGIA- JA/TAI SIIRTOKUSTANNUSTEN MINIMOINTIIN PERUSTUVAN KYSYNNÄN JOUSTON JAKELUVERKKOVAIKUTUKSET	193
6.7.1	<i>Tarkasteltavat siirtotariffit</i>	193
6.7.2	<i>Kuormanohjausjärjestelmä</i>	197
6.7.3	<i>Tariffien ja kuormanohjauksen yhteisvaikutus jakeluverkkoon</i>	199
6.8	YHTEENVETO VERKOSTOVAIKUTUKSISTA.....	204
7	KYSYNNÄN JOUSTOON VAIKUTTAVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA VIRANOMAISVALVONTA	207
7.1	ENERGIATEHOKKUUSLAINSÄÄDÄNTÖ	208
7.2	VERKKOLIIKETOIMINNAN REGULAATIO	211
7.3	RAKENTAMISEN SÄÄNTELY.....	214
7.4	LÄHES NOLLAENERGIARAKENTAMINEN.....	217
7.4.1	<i>Muuta energiatehokkuuden ohjauksesta rakennuksissa</i>	218
7.4.2	<i>Rakentamisen suunnittelu</i>	219
7.4.3	<i>Sähköenergiajärjestelmiin liittyvät säädökset ja ohjeet</i>	220
7.4.4	<i>Konedirektiivi</i>	222
7.5	YHTEENVETO	224
8	TIEDONSIIRTORAJAPINNAT JA STANDARDOINTI.....	226
8.1	VAIHTOEHTOJA TIEDONSIIRRON RAJAPINNOIKSI.....	226
8.2	IEC CIM	229
8.3	KANONINEN TIETOMALLI.....	233
9	KYSYNNÄN JOUSTON TOIMIJAT JA HEIDÄN NÄKEMYKSENSÄ.....	234
9.1	TYÖPAJAT	234
9.1.1	<i>Yritystyöpaja 1 - 10.12.2013</i>	234
9.1.2	<i>Työpaja 2 - 7.5.2014</i>	235
9.1.3	<i>Työpaja 3 - 29.9.2014</i>	236
9.1.4	<i>Työpaja 4 - 21.1.2015</i>	237

9.2 KYSELYT.....	238
9.2.1 Verkkoyhtiökysely.....	238
9.2.2 Myyntiyhtiöiden näkemykset kysyntäjoudesta.....	244
9.2.3 Toimittajakysely AMR-tekniikan mahdollisuuksista kuorman ohjaukseen.....	253
9.2.4 Suunnittelijakysely.....	258
LÄHDELUETTELO	264
TERMIT JA LYHENTEET	270
LIITE I TYÖPAJA 10.12.2013.....	275
KYSYNTÄJOUSTO ERI MARKKINAOSAPUOLTEN NÄKÖKULMASTA	275
<i>Myyjän näkökulma</i>	275
<i>Jakeluverkkoyhtiön (DSO) näkökulma</i>	277
<i>Asiakasnäkökulma</i>	279
<i>Kantaverkkoyhtiön näkökulma</i>	280
TYÖPAJAN I ESITEHTÄVÄ	282
TYÖPAJAN I ESITEHTÄVÄKYSELY	286
10.12.2013 TYÖPAJAN OSALLISTUJAT	287
LIITE II TYÖPAJA 7.5.2014.....	289
LIITE III TYÖPAJA 29.9.2014.....	293
LIITE IV TYÖPAJA 21.1.2015	301
LIITE V VERKKOYHTIÖKYSELY	306
LIITE VI MYYNTIYHTIÖKYSELY	313
LIITE VII SUUNNITTELIJAKYSELY	319
LIITE VIII SÄHKÖLÄMMITYKSEN OHJAUSKYTKENNÄT.....	338
LIITE IX YHTEENVETO VERKKOYHTIÖIDEN OHJEISTA.....	348
LIITE X PERIAATTEELLINEN PÄÄJAKELUKAAVIO.....	350
LIITE XI MAALÄMPÖPUMPUN VERKOSTOVAIKUTUKSIEN LASKENTAAN TARVITTAVAN KUORMITUSKÄYRÄN MÄÄRITTÄMINEN	354

1 Johdanto

Tässä raportissa esitetään yhteenveto Tampereen teknillisen yliopiston (TTY), Lappeenrantaan teknillisessä yliopiston (LUT) ja Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) tutkimusryhmien yhteistyönä toteuttamasta tutkimusprojektikonaisuudesta. Raportissa kuvataan eri osatehtävien toteutusta ja keskeisiä tuloksia, joita on kuvattu osin laajemmin ja yksityiskohtaisemmin hankkeen aikana tehdyissä kansainvälisissä julkaisuissa ja opinnäytetöissä sekä muissa erillisdokumenteissa, jotka löytyvät projektin verkkosivulta.

Tutkimusprojektin toteutuksessa on myös hyödynnetty rinnakkaisten hankkeiden tuloksia, erityisesti Cleen Oy:n 5-vuotinen tutkimusohjelma ”Smart Grids and Energy Market (SGEM)”. Projektin aikana on myös osallistuttu mm. ”FinZEB - Lähes nollaenergiarakentaminen Suomessa” -kehityshankkeeseen sekä vaikutettu aihepiiriin liittyvään lainsäädännön ja suositusten kehittämiseen mm. osallistumalla Energiatehokkuuslain kommentointiin ja käsitteilyyn Eduskunnassa.

Tutkimusprojektin aihe on ollut hyvin ajankohtainen, mikä näkyy mm. siinä, että toimialan yritykset ovat selvästi aktivoituneet viimeisten kahden vuoden aikana kysynnän jouston toimintojen kehittämiseen, pilotointiin ja tuotteistamiseen.

1.1 *Tutkimusprojektin tavoitteet ja osatehtävät*

Kysynnän joustoon liittyvä lähestymistapa on tutkimusprojektissa ollut käytännön kysymyksiin liittyvä, näkökulman ollessa kuitenkin hyvin laaja-alainen. Keskeistä kysynnän jouston laajamittaiselle hyödyntämiselle on teknisten kysymysten lisäksi muodostaa kokonaisvaltainen näkemys kysynnän jouston toiminnallisuudesta ja eri toimijoiden mahdollisesti ristikkäisistäkin rooleista, kaikkien toimijoiden liiketoimintaan tukevasta markkinamallista, tiedon siirtorajapintojen yhteensovittamisesta sekä kysynnän joustoa edistävän lainsäädännön kehittamisestä.

Tutkimusprojektin kokonaisvaltaisena tavoitteena on ollut muodostaa näkemys siitä, miten ja millä aikataululla erilaisia kuormanohjausresursseja voidaan hyödyntää eri kysynnän jouston toiminnoissa sekä tarkastella kysyntäjouston roolia jakeluverkkoyhtiöiden kannalta. Yhtenä keskeisenä tavoitteena on ollut selvittää Suomeen soveltuvat käytännön tekniset ratkaisut kuorman ohjaamiseksi olemassa olevissa rakennuksissa ja toisaalta uusissa tyyppitaloissa. Lisäksi tavoitteena on ollut määritellä suosituksia liittyen tekniseen kiinteistön sähköverkon suunnitteluun, lainsäädännön muutostarpeisiin ja sähkömarkkinoiden kehittämiseen sekä

analysoida kysynnän jouston vaikutuksia jakeluverkkoyhtiöille ja näiden mahdollisuuksia vastata näihin vaikutuksiin. Tarkasteluissa on otettu huomioon, millä aikajänteellä mahdollisia ratkaisuja voidaan hyödyntää, huomioiden lyhyellä aikavälillä sovellettavat ratkaisut ja pidemmällä aikavälillä tapahtuva kehitys liittyen mm. älykkäiden automaatiojärjestelmien, sähköautojen ja paikallisen pientuotannon yleistymiseen.

Tavoitteena on ollut luoda myös näkemys siitä, miten alan käytänteitä ja osaamista kehitetään niin, että uudiskohteiden asennuksissa sekä olemassa olevien kiinteistöjen muutos- ja lisäasennuksissa osataan ottaa huomioon kuormanohjauksen tarpeet ja tavoitteet. Merkittävänä osana tulosten jalkauttamista on tiedon suora siirtyminen osaksi alan koulutusta niin yliopisto- kuin AMK-tasolla.

Tutkimusprojekti on jakautunut viiteen osatehtävään, joiden toteutus on tapahtunut projektiosapuolien yhteistyönä:

- 1) Kysynnän jouston tarpeet, hinnoittelurakenteet ja markkinamekanismit
- 2) Kysynnän jouston teknis-taloudellinen potentiaali
- 3) Kuluttajapään tekniset ratkaisut erilaisissa kohteissa
- 4) Kysyntäjouston vaikutukset jakeluverkkoyhtiöille
- 5) Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta

Tutkimusprojektin keskeiset tulokset on esitetty tiivistetysti luvussa 2 ja yksityiskohtaisemmin raportin muissa luvussa.

1.2 Tutkimusprojektin toteutus, verkkoaineisto ja julkaisut

Osana tutkimusprojektia toteutettiin jakeluverkkoyhtiöille, sähkön myyntiyhtiöille, urakoitsijoille ja sähkösuunnittelijoille sekä AMR-mittaritoimittajille kohdennetut laajat kyselytutkimukset, joita on esitelty tarkemmin luvussa 9.

Tutkimusprojektissa tehtiin laajasti erilaisia laskennallisia tarkasteluja ja simuloiteja, joissa hyödynnettiin mm. erään myyntiyhtiön todellista aineistoa talvikuukausilta (n. 290 GWh kokonaisynti), erään jakeluverkkoyhtiön verkkotietoja (110/20 kV:n sähköaseman syöttämä keskijänniteverkko (457 km), 469 jakelumuuntajaa ja pienjänniteverkko (793 km) ja kyseisen verkkoalueen asiakkaiden (7612 kpl) todellisia tuntitehomittauksia useammalta vuodelta, yksittäisten kohteiden tarkempia mittauksia (mm. Vuoreksen asuntomessualue) sekä erilaisia rakennuskantaan ja energiankäyttöön liittyviä tietokantoja.

Ohjauspotentiaaleja arvioitiin energiankulutustietojen sekä tyyppillisten laite- ja mitoitus tietojen pohjalta, jolloin syntyi kuva kokonaispotentiaalista ja todennäköisistä ohjausmahdollisuuksista.

Tarkastellun verkkoalueen asiakastiheys (verkkopituus / asiakas) on 164 m/as, kun kaikkien suomalaisten jakeluverkkoyhtiöiden mediaani on 157 m/as. Tarkasteltavassa verkossa asiakkaita liittymää kohden on 1,35 kpl, kun koko maan tasolla mediaani on 1,41. PJ-verkkopituuden suhde KJ-verkkopituuteen on tarkasteltavalla verkkoalueella 1,74, ja koko maassa 1,97. Jakelumuntajia puolestaan on 1,03 keskijännitejohtokilometriä kohden, kaikkien yhtiöiden mediaanin ollessa 1,01. Näiden tunnuslukujen valossa tarkasteltu verkkoalue edustaa kohtalaisen hyvin keskimääräistä suomalaista jakeluverkkoa.

Tutkimusprojektin toteutukseen on liittynyt keskeisesti myös yritysten ja eri sidosryhmien kanssa järjestetyt työpajat (yht. 4 kpl), joissa toisaalta tutkijat saivat arvokasta tietoa yrityksiltä ja toisaalta mahdollistivat osaltaan tutkimusprojektin tulosten leviämistä alan toimijoiden keskuuteen. Tutkimusprojektin aikana järjestettyjä työpajoja on kuvattu tarkemmin luvussa 9 sekä raportin liitteissä.

Tutkimusprojektille muodostettiin oma verkkosivusto, jonne on kerätty projektin tutkijoille ja johtoryhmälle tarkoitettu sisäinen dokumentaatio (mm. johtoryhmäkokouksissa ja yritystyöpajoissa olleet alustukset ja yhteenvedot), sekä julkisen dokumentaatio sisältävä julkinen verkkosivu: <http://dr.wordpress.tamk.fi/>.

Projektin tuloksia on toistaiseksi esitetty seuraavissa toimialan seminaareissa. Lisäksi on sovittu ainakin seuraavista listalla olevista esityksistä kevään 2015 aikana:

- Sähkötutkimuspoolin tutkimusseminaari, Vantaa, 2.10.2014 (Järventausta P.)
- Sähkön kysyntäjoustoseminaari (Adato Oy), Vantaa, 5.11, 2014
 - Kysynnän joustoa tukevat asiakaspään tekniset ratkaisut (Harsia P.)
 - Verkkoyhtiöiden ja myyntiyhtiöiden näkemykset (Honkapuro S.)
 - Kysynnän jouston verkostovaikutukset (Järventausta P.)
- Sähkökauppapäivä (Adato Oy), Vantaa, 2.12.2014 (Honkapuro S.)
- Sähköinsinööriilyn (SIL-S) Sähköpäivä, Tampere, 23.4.2015 (useampi esitys)

Tutkimusprojektin tuloksien pohjalta on valmistunut/valmistumassa useita kansainvälisiä konferenssi- ja lehtijulkaisuja (yht. 7 kpl). Valmisteuilla on kevään 2015 aikana useampi julkaisu kotimaisiin alan lehtiin. Tutkimustuloksia sisältyy myös useampaan jo valmistuneeseen

seen tai v. 2015 valmistuvaan opinnäytetyöhön (3 väitöskirjaa, 1 diplomityö ja 5 ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä). Projektiin liittyvää dokumentaatiota on listattu seuraavassa:

Kansainväliset julkaisut

- Honkapuro S., et. al., Demand Response in Finland – Potential Obstacles in Practical Implementation. Proceedings of 12th Nordic Conference on Electricity Distribution System Management and Development (NORDAC 2014), Stockholm, September 2014
- Honkapuro S., et.al, Practical Implementation of Demand Response in Finland. Accepted to 23rd International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2015), Lyon, France, June 2015
- Lummi K., et. al., Implementation Possibilities of Power-based Distribution Tariff by using Smart Metering Technology. Accepted to 23rd International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2015), Lyon, France, June 2015
- Valtonen P., et. al, Economic potential of load control in balancing power market. Accepted to 23rd International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2015), Lyon, France, June 2015
- Rautiainen et. al., Power-based Distribution Tariffs of Small Customers as Incentives for Demand Response – Case Study of a Real DNO's Network. Submitted article to IEEE Transactions to Smart Grids
- Honkapuro S., et. al., Demand Side Management in Open Electricity Markets from Retailer Viewpoint. Accepted to 12th International Conference on the European Energy Market, Lisbon, Portugal, May 2015
- Supponen A., et. al., Network Impacts of Distribution Tariff Schemes with Active Customers. Submitted abstract to PowerTech2015 conference in Eindhoven, Netherlands, 29 June - 2 July 2015

Opinnäytetyöt (tehty DR-pooli projektiin liittyen tai joihin sisältyy DR-pooli projektin tuloksia)

- Rautiainen Antti, Aspects of electric vehicles and demand response in electricity grids. Väitöskirjan käsikirjoitus, 2015
- Tuunanen Jussi, Effects of the network load changes on electricity distribution business. Väitöskirjan käsikirjoitus, 2015
- Valtonen Petri, Utilization of DER as part of electricity retailer profit optimization in a smart grid environment. Väitöskirjan käsikirjoitus, 2015
- Luoma Jaakko, Liike-, toimisto- ja koulurakennuksien sähkökuormat kysynnän jouston reserveinä. Diplomityö, 2015

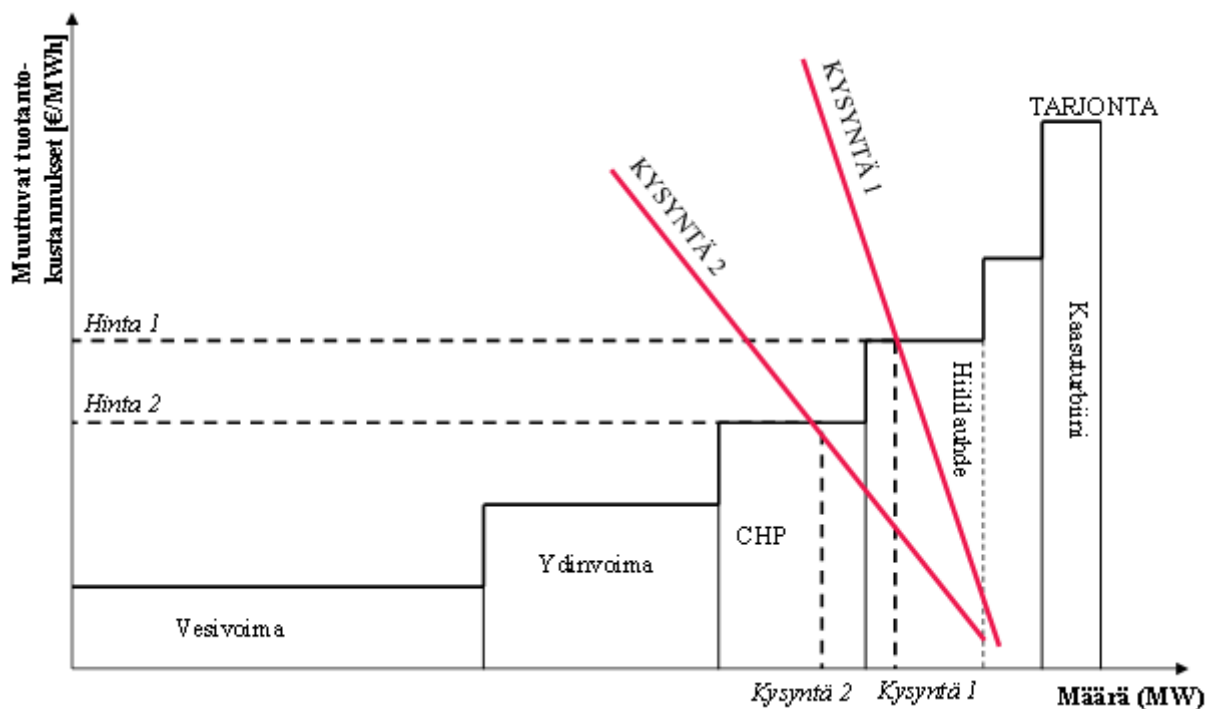
- Eskelinen Heikki, Kysynnän jousto, Kiinteistöautomaatiojärjestelmät osana kysynnän jouston toteutumista. Opinnäytetyö, TAMK, 2014
- Salminen Sami, Kysynnän jousto, Automaatiojärjestelmien hyödyntäminen kysynnän jouston teknisessä toteutuksessa. Opinnäytetyö, TAMK, 2014
- Rantanen Jesse, Kysynnänjousto, Asuinkiinteistöjen sähköverkot. Opinnäytetyö, TAMK, 2014
- Siivonen Joonas, Kysynnän jousto –hanke, Tekniset ratkaisut julkisissa kiinteistöissä. Opinnäytetyö, TAMK, 2014
- Koivisto Matti, Verkkoyhtiöiden ohjeistus. Opinnäytetyön käsikirjoitus, 2015

2 Kysynnän jouston tarpeet, markkinat ja toteutusmahdollisuudet

2.1 Yleistä

Sähköjärjestelmässä tuotannon ja kulutuksen on oltava joka hetki yhtä suuret. Mikäli kulutus on tuotantoa suurempi, lähtee verkon taajuus laskemaan, päinvastaisessa tilanteessa taajuus nousee. Perinteisessä energijärjestelmässä tuotanto on seurannut kulutusta, eli järjestelmän tehoasapainon hallinta on toteutettu tuotantoa säätämällä (esim. vesivoima ja lauhdelaitokset). Erilaisen sääriippuvan uusiutuvan tuotannon (tuuli- ja aurinkosähkö) sekä tassisesti ajettavan ydinvoiman lisääntyessä tarvitaan entistä enemmän tehoasapainon hallintaan osallistuvaa säätökapasiteettia. Tuotannon jota ei teknisesti voida tai ei taloudellisesti kannata säätää lisääntyessä tehoasapainon ylläpito on haastavampaa. Tämän lisäksi sähköjärjestelmässä olevan inertian (liike-energian) pienentyminen uusiutuvan tuotannon myötä lisää haasteita. Tämän takia osan sähkön kulutuksesta tulisivat seurata tuotantoa ja tehoasapainon hallitsemiseksi järjestelmään tulisi nykyistä enemmän sisällyttää kysynnän joustoa sekä erilaisia energiavarastoja. Siten kysynnän jousto auttaa osaltaan ylläpitämään energijärjestelmän luotettavuutta sekä edistää päästöttömän ja uusiutuvan tuotannon markkinoille saamista. Joustavasti käyttäytyvä ja ohjattavissa oleva kuormitus muodostaa merkittävän potentiaalin myös koko voimajärjestelmän erilaisille reserveille. Sähkön kysynnän jouston edistäminen onkin keskeinen tavoite älykkään sähköverkon kehittämisessä. Se tulee myös nähdä tarpeellisena osana tulevassa lähes nollaenergia eli nZEB -rakentamisessa.

Sähkön hinta tukkumarkkinoilla määräytyy joka tunnille kysynnän ja tarjonnan (markkinaosapuolien toimittamien osto- ja myyntitarjousten) perusteella, kuvan 2.1 mukaisesti. Tukumarkkinahinta, joka on yhteinen kaikille markkinaosapuolille, muodostuu kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteessä. Tarjouskäyrässä sähkön tarjonta asetuu tuotannon marginaalikustannusten mukaisesti halvimmasta kalleimpaan. Siten kullakin tunnilla sähkön hinta määräytyy kalleimman käytössä olevan tuotantomuodon mukaan. Valtakunnallisten sähkön-tehohuippujen aikaan energian hinta yleensä nousee selvästi, ja näiden aikaan on käytössä myös paljon päästöjä aiheuttavia energiantuotantomuotoja. Kysynnän pienentyessä (siirtäessä kuvassa kysyntäkäyrältä 1 käyrälle 2) markkinahinta laskee, jolloin hyötyvät kaikki sähkökäyttäjät, eivät ainoastaan kulutustaan pienentäneet käyttäjät. Mikäli tuotanto muuttuu kysyntäjouston seurauksena vähäpäästöisemmäksi, siirrytään esimerkiksi hiililauhteesta yhteistuotantoon (CHP), pienentyvät myös sähköntuotannon päästöt.



Kuva 2.1 Sähköenergian tukkumarkkinahinnan muodostuminen

Kysynnän jouston avulla voidaan sähkökulutusta siirtää tehuhuipuista toisiin ajankohtiin. Vastaavasti sähkön kysynnän kuoppien ja halvan energiahinnan ajankohtiin on mahdollista lisätä sähkökulutusta korvaamalla muita energiamuotoja sähköllä (esim. tulevaisuudessa verkosta ladattavat sähköajoneuvot). Sähkönjakeluverkon tasolla saattaa kuitenkin esiintyä tilanteita, jolloin verkon huippukuormitus osuu ajankohtaan, jolloin energia olisi halpaa, mikä voi lisätä entisestään verkon huippukuormitusta. Tämä lisää osaltaan kysynnän jouston problematiikkaa.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen on taustalla myös uusissa rakentamiseen liittyvissä energiatehokkuusmääräyksissä, joiden tavoitteena on ohjata rakentamista yhä energiatehokkaampaan ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntävään suuntaan. Eri ratkaisujen vaikutuksia sähköverkon kulutushuippuihin ei ole juurikaan selvitetty, koska energiakulutuksen laskenta tapahtuu sähkön osalta vuositasolla. Energiatehokkuutta arvioitaessa tulisi kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota myös hetkellisiin tehuhuippuihin ja käyttöprofileihin. EU-tasolla on hyväksytty uusi energiatehokkuusdirektiivi, joka tuo sähköyhtiöille uusia velvoitteita. Kysynnän jouston ja huoltovarmuuden edistäminen kytkeytyvät näissä asioissa yhteen. Samaa tekniikkaa, jota hyödynnetään normaalitilassa kysynnän jouston potentiaalina, voidaan hyödyntää myös huoltovarmuuden parantamisessa esim. tehopulatilanteissa ja paikallisissa varavoimaratkaisuisissa. Älykkäällä rakentamisella voidaan edistää samaan aikaan se-

kä taloudellista ja ympäristöystävällisempää energiankäyttötapaa ja tehokkaasti toimivia sähkömarkkinoita että turvallisuusnäkökohtia.

Sähkøyhtiöillä oli ennen sähkömarkkinoiden vapautumista osin yhtiökohtaisia, osin yhteiseen kytkentäsuositukseen perustuvia vaatimuksia erityisesti sähkölämmityskiinteistöjen tehonrajoituksista ja tehonohjausvarauksista. Yleisesti kiinteistöjen sähköverkoja tai niiden ohjausjärjestelmiä ei ole kuitenkaan enää suunniteltu eikä suunnittelua ole ohjattu ottamaan huomioon kuormanohjaustarpeita. Kuorman ohjauksen käyttöönotto edellyttää uusien ja uudistettavien kiinteistöjen sähköverkon ja laitevalintojen suunnittelun tavoitteellista ohjausta. Tällä hetkellä suunnittelua ohjaa tilaajan asettamat tavoitteet eikä niissä yleisesti ole tuotu esiin varautumista kysynnän joustoon.

Keskeistä kysynnän jouston laajamittaiselle hyödyntämiselle on muodostaa kokonaisvaltainen näkemys kysynnän jouston toiminnallisuudesta ja eri toimijoiden mahdollisesti ristikkäisistäkin rooleista, kaikkien toimijoiden liiketoimintaan tukevasta markkinamallista, tiedon siirtojärjestelmien yhteensovittamisesta sekä kysynnän joustoa edistävän lainsäädännön kehittämisestä. Erityisesti kysyntäjouston ansaintalogiikka vaatii kehittämistä, asiakkaiden ymmärrystä tulee lisätä ja asiakkaille tulee tarjota kannusteita osallistumiseen. Taloudellisten hyötyjen ohella houkuttelevuutta voidaan lisätä korostamalla kysyntäjouston merkitystä järjestelmän käyttövarmuuden ja uusiutuvan tuotannon kannalta.

Kysynnän jousto muodostaa moniulotteisen kokonaisuuden, joka sisältää erilaisia kysynnän jouston markkinapaikkoja, ajan suhteen vaihtelevia ohjattavia kuormia, teknisiä toteutusmahdollisuuksia sekä esim. tiedonhallintaan ja lainsäädäntöön liittyviä kysymyksiä. Kysynnän jouston markkinapaikat tai tarpeet sisältävät tuntipohjaiset day-ahead ja intra-day –markkinat, säätösähkömarkkinan, taajuusohjatut käyttö- ja häiriöreservi –markkinat, voimajärjestelmän tehopula tilanteen, jakeluverkkoyhtiön teho-pohjaiset tariffirakenteet, jakeluverkkoyhtiön verkon kapasiteetin hallinnan sekä sähkön loppukäyttäjän omat tarpeet. Näitä on tarkasteltu tarkemmin kappaleessa 2.3. Asiakaspäässä kysynnän jouston kehityskohteita ja tarkastelunäkökulmia ovat mm. kuorman ohjauksen tekninen toteutus ja erilaisten ratkaisujen tekninen valmius, ohjattavat kuormitustyytit (esim. lämmitys, jäädytys, IV...) ja niiden tekninen ohjauspotentiaali sisältäen olemassa olevat ja uudet rakennukset. Lisäksi tarkastelussa ovat sähkömarkkinamallit ja eri toimijoiden roolit, taloudellinen potentiaali eri toiminoissa ja markkinapaikoilla, lainsäädäntöön ja viranomaismääräyksiin liittyvät esteet ja kannusteet, tiedonhallintaan (ennen ohjausta / ohjaushetkellä / ohjauksen jälkeen) ja tietoturvaan (security / privacy) liittyvät kysymykset.

Kuormien ohjauksen toteutus vaikuttaa toimijoiden rooliin. Ohjaus voidaan toteuttaa joko etäluettavalla energiamittarin (AMR), erillisen ohjausjärjestelmän (HEMS) tai kiinteistöautomaatiojärjestelmien (BACS) kautta. AMR-pohjaisessa ohjauksessa osapuolena toteutuksessa on jakeluverkkoyhtiö, kun taas erillisten automaatiojärjestelmien (HEMS, BACS) kautta toteutettavassa kuormanohjauksessa verkkoyhtiön osallistumista ei edellytetä. Kummasakaan vaihtoehdossa ei kuitenkaan vielä ole standardoituja rajapintoja tai toimintamalleja. Kysyntäjoustopuotteiden kehityksessä ja myynissä aktiivisin toimija on todennäköisimmin sähkön myyjä. Kysynnän jouston laajamittainen hyödyntäminen edellyttää kuitenkin eri toimijoiden välistä aktiivista yhteistyötä, ja mikäli kysyntäjoustopuotteen tarjoaa joku muu kuin asiakkaan sähkönmyyjä, tulee luoda menettely, jolla ratkaistaan tasevastuuseen liittyvät kysymykset.

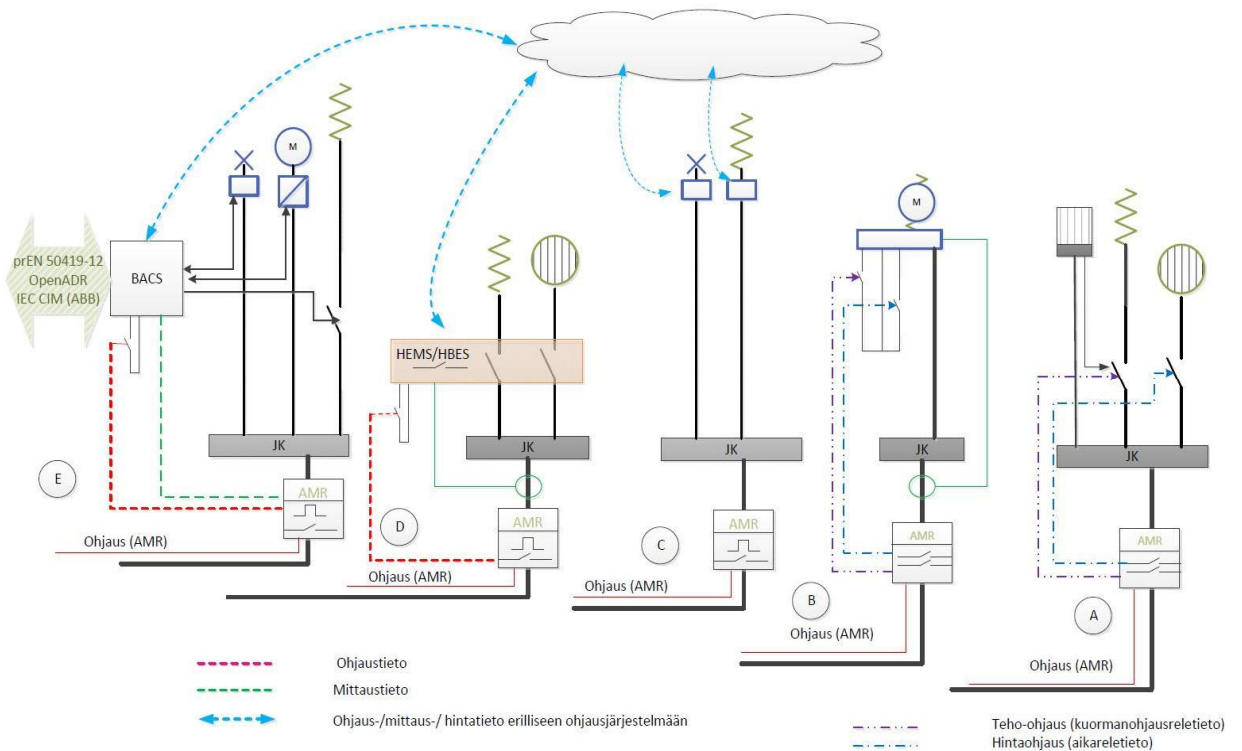
2.2 *Kysynnän jouston infrastruktuuri*

Tutkimusprojektissa keskeisessä roolissa on ollut selvittää asennetun AMR-infrastruktuurin mahdollisuudet kysynnän jouston laajamittaiseen toteuttamiseen. Myös muita teknisiä ratkaisuja laitevalmistajakohtaisista ohjausjärjestelmistä suurien kiinteistöjen kiinteistöautomaatiojärjestelmiin asti on projektissa tarkastelu laajasti.

Kuvassa 2.2 on kuvattu vaihtoehtoisia tarkastelunäkökulmia kiinteistöjen kuormien ohjausmahdollisuuksista, jotka jaoteltiin tutkimusprojektissa seuraavasti:

- tapahtuuko ohjaus AMR-mittarin välityksellä
 - ohjaus AMR-mittarin ohjausreleeltä suoraan kuormalle (A)
 - välitys AMR-mittarin reletiedosta automaatiojärjestelmään tai yksittäinen laitteen omaan älykkyyteen (B)
- erillisellä järjestelmällä tai siihen varautumisella
 - ohjaustieto sähköverkosta tai muusta järjestelmästä suoraan kiinteistöautomaatiojärjestelmään (E)
- ohjaustieto erilliseen ohjausjärjestelmään (esim. HEMS) (D) tai yksittäiselle laitteelle (C)

Näiden lisäksi kysynnän joustona voidaan nähdä manuaaliset, kuluttajan ohjaustoimet, jotka tehdään sähkön hinnan mukaan.



Kuva 2.2 Ohjaustiedon välityksiperiaatteet kiinteistön sähköverkkoon ja kuormiin. AMR-ohjaus voidaan toteuttaa myös AMR-mittarin sijaan muullakin reletiedolla.

Kiinteistön sähköverkon rakenteen näkökulmasta ei ole niinkään olennaista ohjaustiedon välitysmuoto (”reletieto”) vaan se, miten eri laitteet ja laiteryhmät saadaan ohjattua, mikä on ohjauksen vaikutus käyttäjille tai turvallisuudelle ja mikä on käyttäjän saama hyöty ohjauksesta. Kysynnän jouston vaatimat ryhmittelyt ja ohjauksen vaatimat kytkennät, kontaktorit, laitevalinnat, johdotukset tai automaatiojärjestelmät tulisi suunnitella ja asentaa sähköjärjestelmän rakennus-vaiheessa. Jälkeenpäin asennusmuutokset ovat yleisesti hyvin hankalia toteuttaa.

Suomi on maailman johtavia maita kysyntäjoustoinfrastruktuurin suhteen mitä tulee etäluettaviin energiamittareihin (AMR), kuten käy ilmi kuvassa 2.3 esitetystä älymittareiden tilanteesta Euroopan maissa vuonna 2012. Suomessa on lähes kaikilla asiakkailla on etäluettavat mittarit, jotka mittaavat tunnitaisen energiankäytön ja joiden tulee asetuksen (66/2009) mukaan myös ”kyetä vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja”.



Kuva 2.2 Älymittareiden tilanne eri Euroopan maissa vuonna 2012 (Hierzinger et al. 2013)

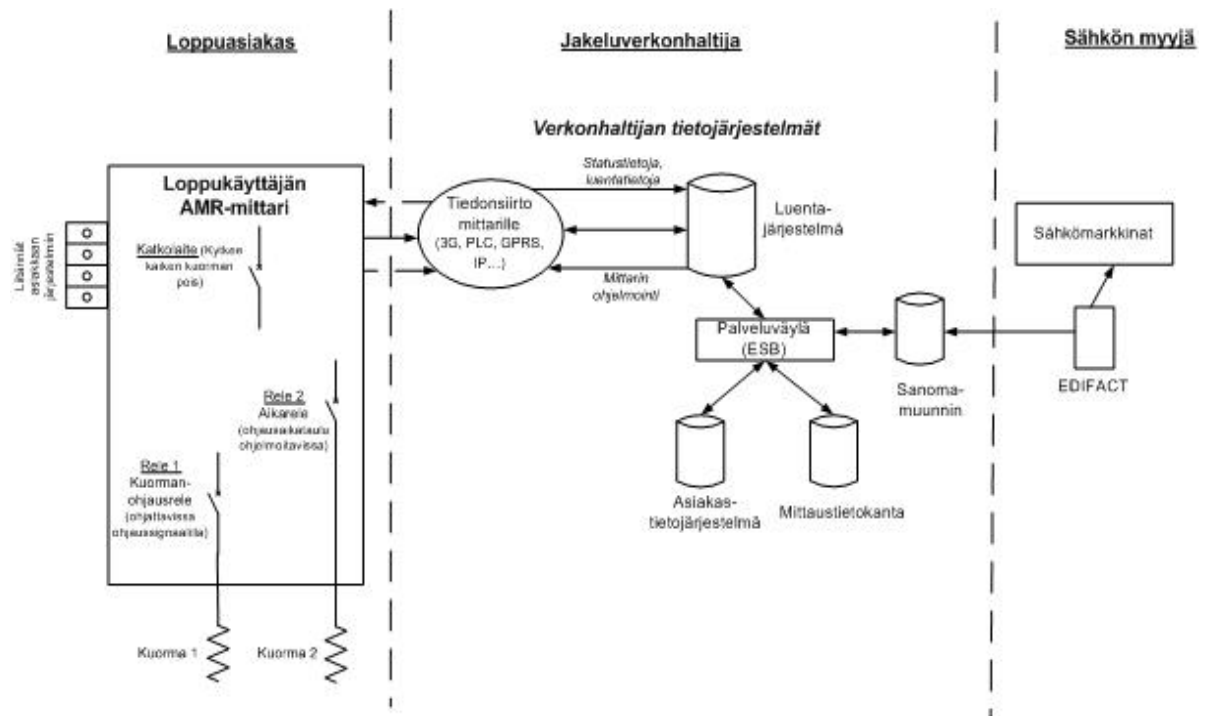
Etäluettavat mittarit mahdollistavat todelliseen tuntikulutukseen pohjautuvan taseselvityksen sekä vähittäismarkkinoille uusia tuntihinnoitteluun perustuvia hinnoittelumalleja, miltä osin Suomi on edelläkävijä jopa maailmanlaajuisesti. Tuntihinnoittelu tukee välillisesti kysynnän joustoa. Todelliseen kulutukseen perustuva hinnoittelu ja tuntitason taseselvitys mahdollistavat asiakkaan osallistumisen kysynnän jouston tuntipohjaisille markkinoille teknisestä infrastruktuurista riippumatta, sekä joustosta saatavan hyödyn oikeudenmukaisen kohdistamisen asiakkaalle.

AMR-mittareiden releiden ohjattavaksi on kytkettynä suuri määrä aikaohjattavaa kuormaa sekä tehorajoituskuormaa pääosin sähkölämmitteisissä kiinteistöissä, mikä myös on poikkeuksellista maailmanlaajuisesti. Niissä on jo aiemmin toteutettu kysynnän joustoa myös 2-aikatariffeilla (päivä/yö tai kausisähkö).

Olemassa olevaa AMR-infrastruktuuria on kansantaloudellisessa mielessä järkevää käyttää mahdollisimman laajasti siinä laajuudessa kuin nykyinen asennettu infrastruktuuri sen mahdollistaa. AMR-infrastruktuurin avulla kysynnän joustoon liittyviä tuotteita on otettavissa käyttöön hyvinkin nopeasti esim. sähkön myyjän toiminnoissa.

Pelkät mittarit eivät kuitenkaan yksistään mahdollista kysyntäjoustoa, vaan mittareiden ohjauksessa tulee olla fyysisiä kuormia, ja ICT-infrastruktuurin tulee mahdollistaa mittaus- ja ohjaussignaalien välittäminen markkinaosapuolten (asiakas, jakeluverkkoyhtiö, sähkön myyjä, aggregaattori, kantaverkkoyhtiö) välillä. Ohjaussignaalien välittämistä on kuvattu kuvassa

2.4, jossa on esitetty pelkistetty kaaviokuva tiedonsiirrosta loppukäyttäjän AMR-mittarin ja sähkömarkkinoiden välillä. Haasteita tässä asettaa erityisesti toimijoiden ja tietojärjestelmien heterogeenisuus. Lisäksi kuluttajapäässä mittareiden ohjaustietoa on jäänyt sinetöityyn osaan keskuksia, mikä käytännössä ei mahdollista kolmannelle osapuolelle ohjaustiedon hyödyntämistä.



Kuva 2.3 Kysyntäjoustop tiedonsiirron pelkistetty prosessikaavio sähkön myyjän ja loppuasiakkaan välillä.

Tarkastelussa on ollut omana osanaan asuinkiinteistöt sekä palvelu- ja toimitilarakennukset. Olemassa olevissa asuinrakennuksissa on vähän käytössä kiinteistöautomaattioratkaisuja ja niissä tehonohjaus, ainakin lähitulevaisuudessa, olisi toteutettavissa esisijaisesti AMR-mittarin ohjausreleillä tai uusilla erillisillä ohjauspalveluilla. Palvelu- ja toimitilakiinteistöissä, kuten toimistorakennuksissa, kouluissa, kaupan tiloissa, on laajalti käytössä jonkin tasoisia kiinteistöautomaatiojärjestelmiä. Niissä ohjaus olisi luontevinta, ja teknisesti yleisesti yksinkertaisinta, tehdä automaatiojärjestelmän kautta. Palvelu- ja toimitilarakennuksista tarkastelun ulkopuolelle jätetään teollisuuskiinteistöt sekä maatalouden kiinteistöt.

Asuinrakennuksissa on lisääntynyt viime vuosina erilaiset kiinteistöohjaus- ja automaatiojärjestelmät, mutta niiden kokonaisuus on edelleen hyvin pieni. Ohjausjärjestelmiä, kotiautomaatiota ja laite- tai järjestelmäkohtaista "älykkyyttä" on tullut tekniikan kehittymisen myötä yhä enemmän. Näissä järjestelmissä on, ainakin osassa, mahdollisuuksia kehittyneempiin kuormanohjaustapoihin kuin AMR-mittarin reletiedon tai erillisen ohjauksen muodossa. Rat-

kaisujen laajamittaisessa käyttöönotossa ja ylläpidossa on kuitenkin paljon haasteita. Niissä, on ne sitten kokonaisjärjestelmiä tai laitekohtaisia, on käytössä laajalti valmistajakohtaisia ratkaisuja. Tällöin laitevalikoima on rajattu ja käyttö- ja ylläpito tulee työlääksi varsinkin tilanteissa, joissa ratkaisun valmistus on lopetettu. Laitekohtaiset ratkaisut ovat usein suljettuja, vain tiettyyn käyttötarkoitukseen tehtyjä. Osaa olemassa olevasta mahdollisuuksista ei ole otettu käyttöön (esim. maalämpöpumppujen Smart Grid –toiminnot).

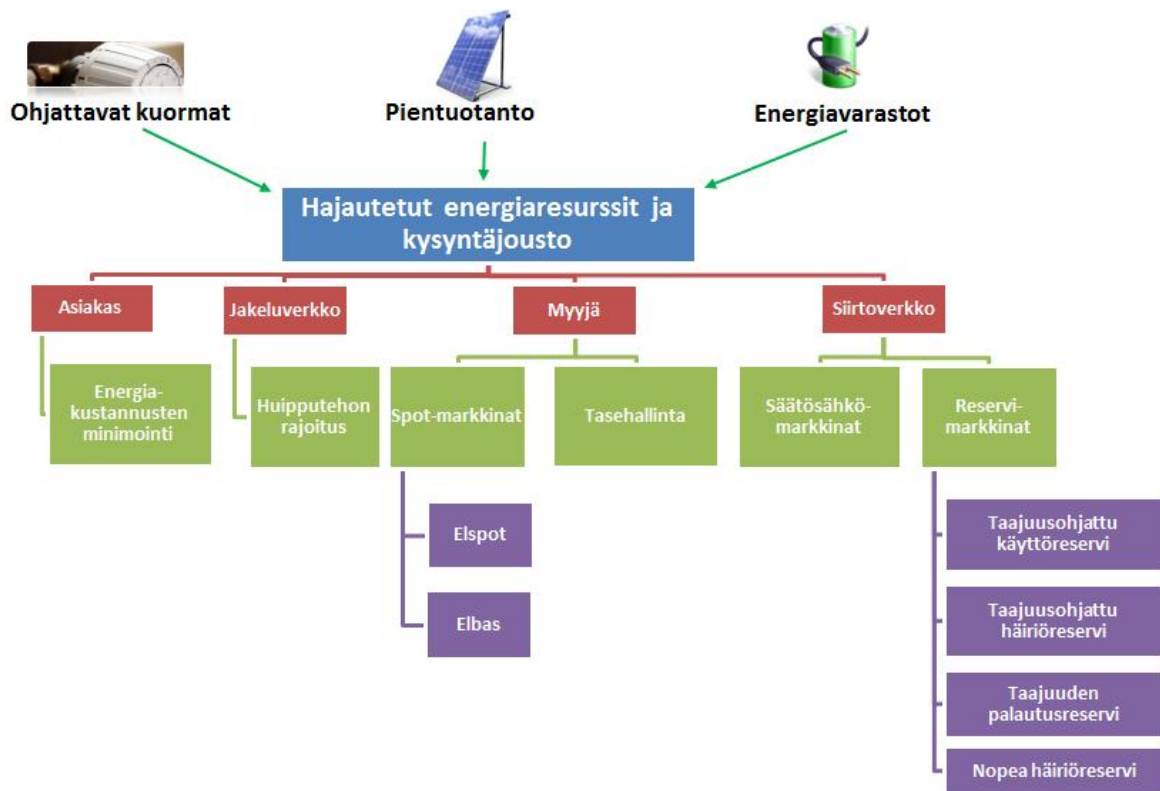
Toistaiseksi kuormanohjauksen kehittämisen näkökulma on ollut pääasiassa yleisessä sähköjärjestelmässä ja sen edellyttämässä teknisissä ratkaisuissa sekä kysynnän joustoa tukevista sähkömarkkinamalleissa. Ilman riittävää huomiota on jäänyt kiinteistöjen käyttäjien toiminta, tarpeet ja ratkaisut. Toimivan ja tavoiteltuja tuloksia tekevien ratkaisujen tulee kuitenkin pohjautua kokonaisvaltaiseen näkemykseen siitä, miten eri toimijat saadaan toimimaan yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi.

Erilaisten kiinteistöjen ja asiakaspään teknisiä ratkaisuja, kiinteistöautomaatiota ja kysynnän joustoon liittyvään infrastruktuuria käsitellään laajasti raportin luvussa 5.

2.3 Kysynnän jouston hyödyt ja vaikutukset eri toimijoille

Käsite ”kysynnän jousto (Demand Response, DR)” sisältää laajan joukon erilaisia toimintoja, joiden merkitys, tarve ja ansaintalogiikka vaihtelevat toimijan näkökulmasta. Tässä kysynnän joustolla ymmärretään erilainen välillinen, esim. hinnoittelurakenteilla toteutettava, vaikuttaminen asiakkaan käyttäytymiseen, vaihtelevaan energian hintaan pohjautuvat suorat ohjaustoimenpiteet sekä siirto- ja jakeluverkon tarpeista tulevat erilaiset ohjaukset (esim. kuorman toimiminen kantaverkkoyhtiön reservinä tai yötariffiin kytketyn kuorman porrastaminen). Kysynnän jouston toiminnallisuutta kehitettäessä pitää huolehtia, että ne noudattavat vallitsevia sähkömarkkinamalleja ja -käytäntöjä, esimerkiksi tasevastuun pitää toteutua myös kuormia ohjattaessa.

Kuvassa 2.5 on havainnollistettu kysyntäjouston hyödyntämistä eri osapuolten (asiakas, jakeluverkkoyhtiö, sähkönmyyjä, siirtoverkkoyhtiö) kannalta. Lisäksi kysynnän jouston tekninen ja liiketoiminnallinen toteuttaminen tarjoaa uusia tuotemahdollisuuksia niin laite- ja järjestelmätoimittajille kuin palvelun tarjoajille (esim. kuormien aggregoijana toimiva ”jousto-operaattori”).



Kuva 2.5 Kysyntäjouston ja hajautettujen energiaressit eri markkinaosapuolten näkökulmista.

Kantaverkkoyhtiölle kysynnän jousto tarjoaa uusia mahdollisuuksia tehotasapainon hallintaan ja taajuuden säätöön käyttö- ja häiriöreservien osalta sekä mahdollisesti myös joustavuutta tehopula -tilanteiden hallintaan. Esimerkiksi yöllä päällä olevat kuormat, kuten varaavat sähkölämmitykset, voisivat tarjota täydennystä reservitehoon, koska samaan aikaan tuotannon reserviteho (vesivoima) on pienimmillään. Kantaverkkoyhtiön reservimarkkinoita on käsitelty tarkemmin raportin luvussa 3.

Sähkön vähittäismyyjä voi hyödyntää kysynnän joustoa sähkön hankinnan suunnittelussa, tasevastaavana oman taseensa hallinnassa muiden toimenpiteiden (esim. päivän sisäinen Elbas-kauppa) rinnalla, säätösähkömarkkinoiden tarjouksissa sekä uusien tuotteiden ja oman liiketoiminnan kehittämisessä. Kysynnän jouston sähkön myyjän näkökulmasta on käsitelty tarkemmin raportissa luvussa 3.

Jakeluverkkoyhtiö voi hyödyntää kysynnän jouston mahdollisuuksia pitkän aikavälin verkon suunnittelussa verkon mitoitustehon näkökulmasta sekä reaaliaikaisessa käyttötoiminnassa esim. poikkeustilanteiden aikaisen huipputehon hallinnassa. Kysynnän joustonvaikutuksia sähkönjakeluverkkoihin on tarkasteltu laajemmin raportissa luvussa 6.

Sähkön vähittäismyyjän ja jakeluverkkoyhtiön asiakkaan, eli sähkön loppukäyttäjän näkökulmasta kysynnän jousto mahdollistaa mm. sähkön käytön edullisen hinnan aikana, ostosähkön vähentämisen, asiakkaan oman pientuotannon täysimääräisen hyödyntämisen, huipputehojen pienentämisen sekä mahdollisesti liittymäkoon rajoittamisen. Pientuottajan näkökulmasta oma tuotanto on taloudellisesti kannattavinta silloin, kun sen pystyy käyttämään omassa kiinteistössä. Kannattavuus heikkenee merkittävästi, mikäli pientuottaja myy tuottamaansa sähköä markkinoille, johtuen ostetun ja myydyn sähkön erilaisista kustannuksista. Kuluttaja maksaa verkosta ottamastaan energiasta siirtomaksun (n. 30 % sähkölas-kusta), verot (n. 30 %) sekä sähköenergian hinnan (n. 40 %). Mikäli kuluttaja puolestaan myy ylijäämätuotantoa verkkoon, saa hän korvauksen ainoastaan sähköenergiasta. Tätä on havainnollistettu kuvassa 2.6. Kysyntäjousto parantaa siten pientuotannon kannattavuutta, mikäli sen avulla asiakas voi käyttää itse suuremman osan tuottamastaan sähköenergiasta. Aurinkopaneeleilla tuotettua ylijäämäsähköä on mahdollista käyttää kesäaikaan esim. lämpimän käyttöveden lämmitykseen tai rakennuksen jäähdytykseen. Vaikka aurinkopaneelien tuotto on maksimissaan kesällä, tuottavat paneelit sähköä jossain määrin myös lämmityskauden aikana.



Kuva 2.6. Pientuottajan osto- ja ylijäämäsähkön hinnanmuodostus. (Grönberg 2014)

2.4 Tutkimusprojektin keskeiset tulokset

Kysynnän jouston teknistä ohjauspotentiaalia analysointiin projektissa toisaalta erilaisten rakennuskantaan liittyvien tietokantojen, energiatilastojen ja laskentamallien avulla sekä toisaalta tyypillisten laitteiden ja mitoitusperusteiden sekä todellisten mittauskohteiden avulla.

2.4.1 Tekninen potentiaali

Energian kulutusten perusteella saadaan arvioitua eri kulutusryhmien keskimääräisiä käytössä olevia tehoja. Lämmityksen osalta arviot saadaan tehtyä valituilla ulkolämpötiloilla, jolloin saadaan tietoa ohjausmahdollisuuksista eri vuodenaikoina (eri ulkolämpötiloilla). Nämä energian kulutukseen pohjautuvat arviot kuvaavat keskitehoja viikkotasolla. Laitetehtojen kautta saadaan arvioitua asennettujen sähkötehtojen määrät ja tarkempaa tietoa ohjausmahdollisuuksista vuorokausi- tunti- ja rakennustasolla. Nämä laitetehoihin (asennettuun tehoon) perustuvat tehot ovat usein huomattavasti suurempia kuin käytössä olevat keskimääräiset tehot. Tässä kohdassa pääpaino on laitetehoissa (teknisessä potentiaalissa). Alussa on kuitenkin esitetty tiivistelmä energian kulutukseen perustuvista potentiaalitarkasteluista.

Arvio rakennuskannan sähkötehon tarpeesta on esitetty taulukossa 2.1 energiankulutukseen perustuvan tarkastelun pohjalta. Kyseinen taulukko on laskettu 0 °C ulkolämpötilalla, mikä on likimain keskimääräinen ulkolämpötila lämmitys-kaudella Suomessa. Tuotantorakennusten osuus, joka ei sisällä varsinaista tuotantoa, on taulukossa epävarmin.

Lämmitykseen liittyvät ohjauspotentiaalit riippuvat siis voimakkaasti ulkolämpötilasta. Energiankulutuslaskelmiin perustuvien teholaskelmien perusteella koko rakennuskannan sähköteho (viikkokeskiteho) muuttuu lämmityskaudella noin 100 MW yhtä ulkolämpötila-asteen muutosta kohti. Tässä arvioissa ei ole mukana sähköllä toimivia lisälämmittäjiä, jotka lisäävät tehotarvetta ulkolämpötilan laskiessa pakkasen puolelle.

Taulukko 2.1 Rakennuskannan keskimääräinen sähkötehon tarve ulkolämpötilalla 0 C, joka on keskimääräinen ulkolämpötila lämmityskaudella. Kovilla pakkasilla lämmitystekot ovat yli kaksinkertaiset. Erityis-tarkasteluun on poimittu ilmanvaihtopuhaltimien sähkötehon tarve. Tämä sisältyy talotekniikkasähköön.

Rakennuskannan keskimääräisen sähkötehon tarvearvio 0 °C ulkolämpötilalla (keskimääräinen ulkolämpötila lämmityskaudella). Lähde: TEHOREM -mallin kehitysversio	tilojen sähkölämmitys	lämmin käyttö- vesi	toiminta- sähkö	valaistus- sähkö	talo- tekniikka	yhteen- sä	Tarkempi tarkastelu- kohde: Ilmanvaihto- koneet päivä- aikaan
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Omakotitalot	1379	193	609	118	137	2436	49
Rivitalot	207	28	131	26	28	420	12
Asuinkerrostalot	30	4	333	71	108	546	41
Yksityiset palvelurakennukset	183	23	264	267	148	885	146
Julkiset palvelurakennukset	61	6	147	151	91	457	64
Tuotantorakennukset	317	32	846	363	304	1863	224
Vapaa-ajan asuinrakennukset	130	2	31	9	9	182	0
						0	
asuinrakennukset yhteensä	1616	225	1074	215	273	3402	102
palvelurakennukset yhteensä	243	29	412	418	239	1341	209
asuin- ja palvelurakennukset yhteensä	1859	254	1485	633	512	4743	312
kaikki rakennukset yhteensä	2306	288	2363	1004	825	6788	536

Sähkölämmitys aiheuttaa suuren sähkötehon tarpeen. Sähkölämmitys on ollut käytössä erityisesti pientaloissa, rivitalokiinteistöissä ja pienissä yksityisissä palvelurakennuksissa. Taulukossa 2.2 on arvioitu sähkölämmityslaitteiden asennustehoja sekä SLY-ohjaukseen perustuvaa ohjauspotentiaalia. Arvion mukaan aikaohjausreleen (kello-ohjaus) tehopotentiaali on yli 3200 MW. Lisäksi kiinteistöissä olisi ohjausmahdollisuus n. 2900 MW:n lämmityslaiteteen joko AMR-mittarin kuormanohjausreleen tai muun järjestelmän avulla. Näiden lisäksi sähkölämmityskiinteistöissä tehdään huipputehon ohjausta mm. sähkökiukaiden vuorotteluohjauksella.

Taulukko 2.2 Arvio pientalojen ja rivitaloasuntojen asennetuista sähkölämmitystehoista ja ohjauspotentiaalista.

Pientalo + rivitaloasunnot. Sähkölämmityksen tehoarvio

	Kaikki	Verkkoyhtiön ohjauskytkentä (arvio)	SLY-ohjatut		Ohjaus-potentiaali arvio
			Suora tai osittain varaava	Sähkövaraaja + vesikierr. lämm.	
Määrä	604643 kpl	125000 kpl	280000 kpl	60000 kpl	
Kerrosala	78695863 m ²	16269065 m ²	36442706 m ²	7809151 m ²	
Sähkölämmityksen kokonaisteho (arvio) 25 W/m ³	5115 MW	1057 MW	2369 MW	508 MW	
Varaava lämmitys ("yöohjaus") á teho					
Läminvesivaraajat 3 kW		375 MW	840 MW	630 MW	
Varaajat			1441 MW		
Osittain varaava lämmitys (arvio)					
Kello-ohjausvaraus (arvio) K2		375 MW	2281 MW	630 MW	3286 MW
Lämmitys, teho-ohjaus -varaus					
Huonekohtainen lämmitys (60 % tehosta)		637 MW	827 MW		
Osittain varaavat lämmitykset			1125 MW		
Varaaja/päiväkäyttö				300 MW	
Teho-ohjausvaraus (arvio) K1		637 MW	1952 MW	300 MW	2888 MW

Taulukossa ei ole tarkasteltu sähkönkäytön lisäämismahdollisuuksia kysyntäjoustotoimenpiteenä. Esimerkiksi lähes kaikissa öljylämmityskattiloissa on sähkövastukset varalla. Niillä voidaan tarvittaessa lämmittää öljyn sijasta. Sähkön kulutus näissä vastuksissa on nykyään lähes nolla, mutta sähkön käytön lisäysmahdollisuudet ovat merkittävät.

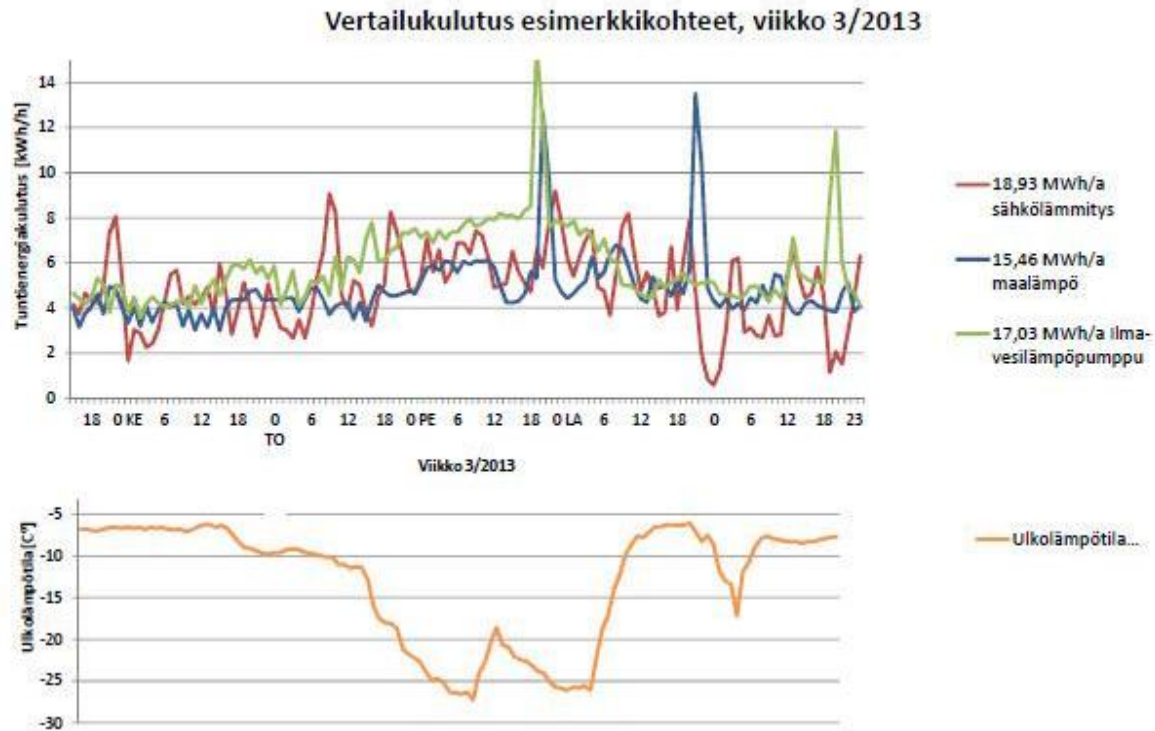
Suurimmat ohjauspotentiaalit näyttäisivät olevan omakotitalojen sähkölämmityksessä sekä lämpöpumppujen sähkökäytössä lämmityskaudella. Lämpimän käyttöveden tehontarpeesta noin neljäsosa tulee muissa kuin sähkölämmitystaloissa (pääasiassa puulämmitystaloissa) käytetyistä läminvesivaraajista. Vapaa-ajan rakennuksissa sähkötehon ohjaukseen on merkittävästi suuremmat mahdollisuudet kylmillä ilmoilla kuin mitä voisi taulukon perusteella päätellä. Tämä johtuu siitä, että nämä tyypillisesti peruslämmössä olevat rakennukset ovat talvella vähäisellä käytöllä ja siten lämpöviihtyvyystekijät eivät rajoita ohjausta.

Sähkölämmitys edustaa suurta, hyvin ennakoitavaa tehoa ja sähkölämmityskohteisiin on tehty laajalti valmiiksi ohjauskytkentöjä. 1990-luvun puoleen väliin asti sähköyhtiöillä oli merkittävä rooli kiinteistöjen sähköverkkojen suunnittelun ohjauksessa ja paikallisten vaatimusten esittämisessä erityisesti tehojen ja kuormitusten ohjauksen osalta. Sähkölaitosyhdistyksen Sähkölämmityksen kytkentäsuosituksen (SLY 7/92) periaatteet ovat käytössä edelleen hyvin laajasti. Vakiokytkentä on antanut yhteisen pohjan kytkennöille ja merkinnöille ja on osaltaan mahdollistanut sen, että sähkölämmityskohteisiin on saatavilla vakiokeskuksia.

Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset ja rakentamisen muut ohjaus- ja markkinointitoimet ovat aiheuttaneet muutoksia pientalorakentamisessa. Omakotitaloissa kuormanohjausmahdollisuuksiin tulee vaikuttamaan lämmitystapavalintojen muutokset. Huonekohtaisen sähkölämmityksen osuus tulee vähenemään ja lämpöpumppulämmitysten osuus tulee lisääntymään voimakkaasti. Vuoden 2014 lopussa uusista pientaloista jopa 55 %:iin valittiin maalämpöpumppulämmitys ja vanhoihin kohteisiin on asennettu runsaasti ilma-
lämpöpumppuja. Tämän hetkissä rakentamista ohjaavissa säädöksissä ja suosituksissa ei ole elementtejä, jotka ohjaavat toteuttamaan sähkötehoja tasaavia, saati rajoittavia, ratkaisuja. Pientaloihin tehdään ylisuuriakin liittymiä (3x35 A tai 3x50 A) lämpöpumppujen käynnistysvirtojen, lisälämmitysvastusten ja suurten kiuastehojen vuoksi. Kerrostalojen linjasaneerausten yhteydessä uudistetaan huoneistojen nousujohdot ja keskukset 3-vaiheisiksi. Tämä voi johtaa kodinkoneiden tehojen ja määrän lisääntymiseen sekä mm. sähköisten lattialämmitysten lisääntymiseen myös kaukolämpötaloissa. Laitteissa, kuten maalämpöpumpuissa, olevia ohjausmahdollisuuksia, jotka mahdollistaisivat sekä huipputehon tasoittamisen sekä kuormanohjauksen tekemisen ei ole otettu Suomessa käyttöön.

Kuvassa 2.7 on esimerkki kolmen pientalokohteen kulutuksen vaihteluista kylmimpinä päivinä tarkasteluvuotta. Kohteissa on sähköenergian vuosikulutus samaa suuruusluokkaa, ne sijaitsevat samalla alueella ja ne on rakennettu samaan aikaan. Esimerkkikohteissa on nähtävillä lämpöpumpputaloissa sähkökiukaiden ja saunomisen vaikutus tuntikulutuksen huipun ollessa tarkastelupäivinä perjantai-illassa. Suuret tehovaihtelut ja -piikit voitaisiin suurelta osin välttää joko vuorottelukytkenöillä, tehovaltien käytöllä kuorman ohjauksessa tai hyödyntämällä laitteiden omia rajoitustoimintoja.

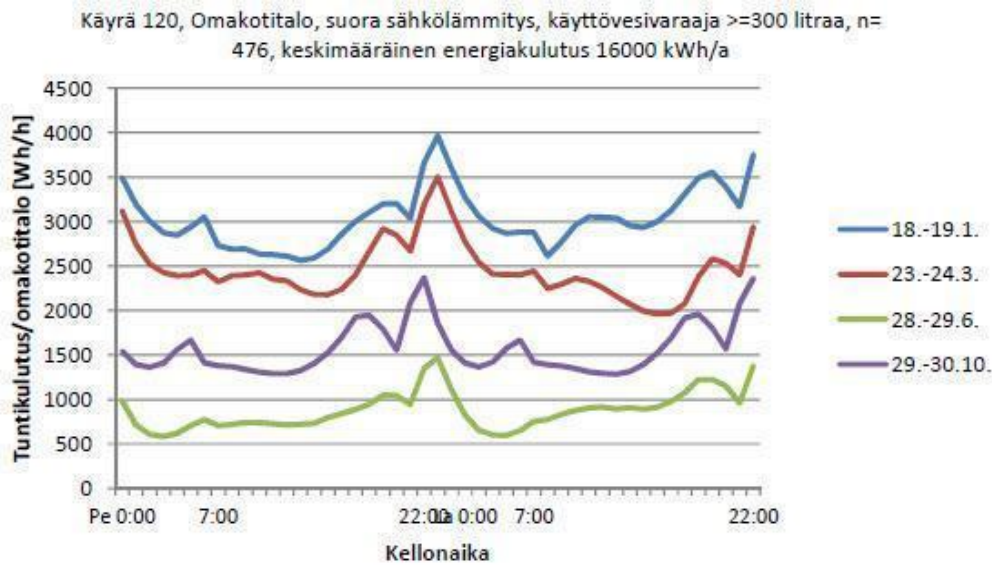
Sähkölämmityskohteissa tyypillisesti sähkötehon huippuaika ajoittuu yöaikaan lämminvesivaraajien päällekytketymisen vuoksi. Asuinkiinteistöjen huippukulutusaikoina aamuisin ja iltaisin asunnoissa on päällä tyypillisesti lämmittävää muuta tehoa, jolloin jatkuvatoiminen sähkölämmitys nopeasti säätyvänä kytkeytyy pois päältä. Kuvassa 2.8 on esitetty suoran sähkölämmityksen keskimääräistä tuntienergiajakautumaa eri vuodenaikoina mittausalueen kohteissa.



Kuva 2.7. Kolmen pientalon tuntikulutusvertailu vuoden 2013 huippukulutuksen aikana.

Kysynnän jouston kannalta kerrostalokohteet ovat vaikeammin hyödynnettäviä. Niissä suurimman ja ohjattavissa olevan tehon muodostavat autolämmitys, saunat ja mahdolliset sähköiset lattialämmitykset peseytymistiloissa. Mikäli sähköautojen lataus tulee lisääntymään, aiheuttaa se myös muutospainetta autolämmityspisteiden asennuksille ja mahdollisesti myös koko kiinteistön pääjakelulle. Tällöin kysynnän jouston tarpeet voitaisiin ottaa samalla huomioon. Kerrostaloissa on lisääntymässä lämpöpumput, joilla korvataan tai täydennetään öljy- tai kaukolämpöä. Tällöin sähkötehot ja sähköenergian käyttö kasvaa, vaikka kiinteistön kokonaisenergiankulutus pienenee.

Kysynnän jouston kannalta kerrostalokohteet ovat vaikeammin hyödynnettäviä. Niissä suurimman ja ohjattavissa olevan tehon muodostavat autolämmitys, saunat ja mahdolliset sähköiset lattialämmitykset peseytymistiloissa. Mikäli sähköautojen lataus tulee lisääntymään, aiheuttaa se myös muutospainetta autolämmityspisteiden asennuksille ja mahdollisesti myös koko kiinteistön pääjakelulle. Tällöin kysynnän jouston tarpeet voitaisiin ottaa samalla huomioon. Kerrostaloissa on lisääntymässä lämpöpumput, joilla korvataan tai täydennetään öljy- tai kaukolämpöä. Tällöin sähkötehot ja sähköenergian käyttö kasvaa, vaikka kiinteistön kokonaisenergiankulutus pienenee.



Kuva 2.8. Mittauskohteiden keskimääräinen tuntienenergiakulutus eri vuodenaikoina. Suora sähkölämmitys.

Toimitila- ja palvelukiinteistöjen sähkötarpeet vaihtelevat suuresti käyttötarkoituksen, rakentamisajankohdan ja teknisten ratkaisujen perusteella. Kiinteistöjen käsittely tyypikiinteistöperusteisesti ei anna kuin suuntaviivoja mahdollisille ratkaisuille. Ohjattavaa potentiaalia voidaan tarkastella myös järjestelmä- tai laitetyypeittäin, joita erilaisissa palvelu- ja toimitilakiinteistöissä on käytössä. Ohjattavaa kuormaa löytyy mm. ilmanvaihton, jäähdytyksen, valaistuksen ja sulanapidon aiheuttamasta sähkön käytöstä.

Taulukossa 2.3 on esitetty arviot ilmanvaihton, jäähdytyksen, valaistuksen ja sulanapito- lämmitysten käyttämästä sähkötehosta. Rakennustyytit ovat jaoteltu Tilastokeskuksen jaottelun mukaan liike-, toimisto- ja opetusrakennuksiin.

Taulukko 2.3 Arvio liike-, toimisto- ja opetusrakennusten sähkötehoista.

	Rakennusla, lkm	Kerrosala, m ²	Arvio sähkötehosta / MW			
			Ilmanvaihto	Jäähdytys	Valaistus	Sulanapito (sähkö)
Liikerakennukset	4 2580	283 20836	160	140	540	30
Toimistorakennukset	1 0907	192 29947	90	160	240	20
Opetusrakennukset	8916	181 04779	160	40	220	20
			410	340	1 000	70

2.4.2 Asiakaspään tekniset ratkaisut

Asiakaspään teknisten ratkaisujen osalta tavoitteena on ollut löytää ohjausmahdollisuudet eri kiinteistötyypeissä. Tarkastelun pohjana on käytetty tyypillisiä olemassa olevien kohteiden sähköjärjestelmien ratkaisuja. Niiden pohjalta on koottu näkemyksiä siitä, miten uudiskohteissa tulisi ohjeistaa perusrakenteita niin, että kysynnän jousto olisi tulevaisuudessa mahdollista vähäisin muutuskustannuksin tai että ne olisivat jo valmiina kysynnän jouston hyödyntämiseen.

Suurimmassa osassa sähkölämmitteisiä pientaloja on valmiina ohjausta varten SLY-kytkentää soveltavat asennukset. Niitä on pääosin hyödynnetty AMR-mittarin 2-aikatariffin avulla. Kiinteistöjen sähköverkon rakenteet mahdollistaisivat myös teho-ohjauksen AMR-mittareiden välityksellä, jos niissä on kaksi ohjausrelettä ja ne on kytkettyinä. Vastaavat rakenteet ovat myös käytössä sähkölämmitteisissä rivitaloissa, mutta niissä haasteen aiheuttavat kiinteistökohtaiset ohjaustiedot.

Tekninen kehitys on tuonut 2010-luvulla useita erilaisia, useimmiten yhden valmistajan tuemia, lämmityksen etäohjaus- ja optimointiratkaisuja sekä lämmityslaittevalmistajien omia ohjausjärjestelmiä ja niihin liitettyjä mobiiliohjausmahdollisuuksia pientalokohteisiin. Näistä osa hyödyntää myös SLY-peruskytkentää kuluttajapään laitteiston ohjauksessa. Ohjaustieto voidaan välittää ilman AMR-mittarin ohjaustietoja esim. sähkön hintatietoon perustuvalla palvelulla. Ohjausjärjestelmät tulevat uusissa tai uudistettavissa kohteissa tarjoamaan teknisesti monipuolisia kuorman ohjausmahdollisuuksia osana muita ominaisuuksia. Laittevalmistajakohtaiset ratkaisut voivat kuitenkin olla haasteellisia ylläpidon näkökulmasta. Olennaista niiden hyödyntämisessä on ottaa jo suunnittelussa ja asennusten ryhmittelyssä ohjaustarpeet riittävästi huomioon.

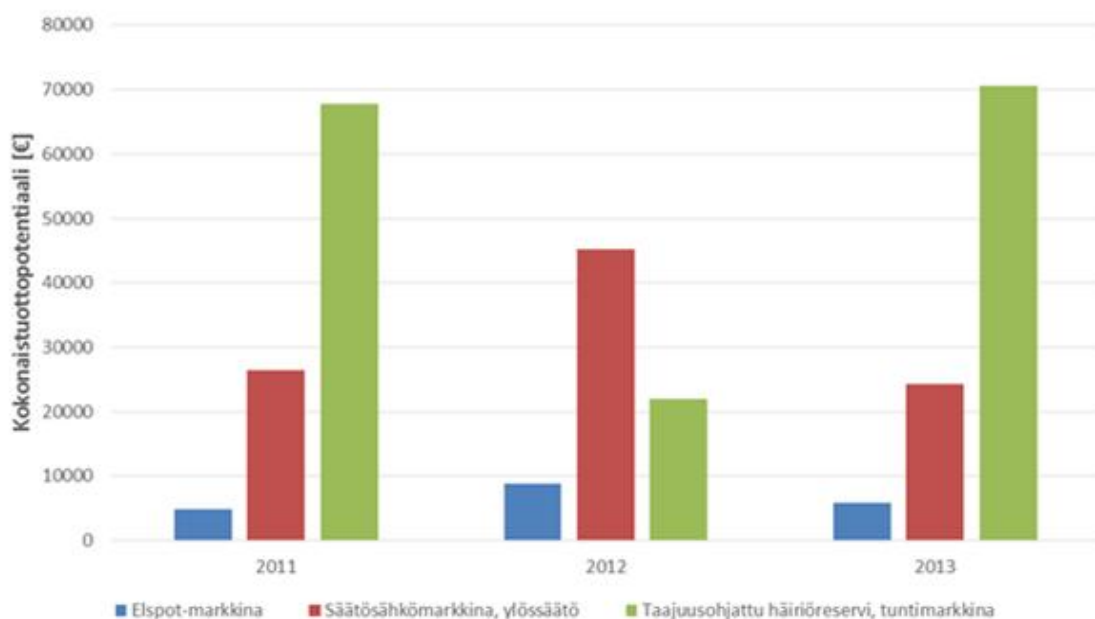
Ohjausjärjestelmien lisäämisen kustannukset vanhoissa kiinteistöissä syntyvät kytkentämuutoksista, keskusten uudistamistarpeista ja valitusta ohjaustavasta. Mikäli ohjausperiaatteena käytetään AMR- tai erillisen releen ohjauskäskyjä, aiheutuisi suurimmat kustannukset mittareiden uudelleenkytkennästä. Uudiskohteissa potentiaalisina ratkaisuinä olevien automaatio-ratkaisujen kustannukset ovat suuremmat, mutta toisaalta niillä mahdollistetaan useita muita toimintoja kiinteistössä. Mikäli energiatehokkuussäädöksissä tullaan lisäämään energiankulutuksen mittausta ja seurantavaatimuksia, aiheutuu tästä joka tapauksessa tarve tehdä aiempaa kehittyneempiä ratkaisuja, jotka myös voisivat samalla mahdollistaa kysynnän jouston ohjaustarpeet.

Olemassa olevassa rakennuskannassa toimitila- ja palvelurakennukset omaavat jo tällä hetkellä yleisesti ainakin jonkin tasoisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän. Kiinteistöautomaatioon pohjautuvia ratkaisuja on tarkasteltu laajasti myöhemmin raportissa.

2.4.3 Kysynnän jouston taloudellinen kannattavuus

Kysynnän jouston taloudellinen kannattavuus on yleisesti ottaen sitä parempi, mitä reaaliaikaisemmilla markkinoilla operoidaan; tuotto-odotukset spot-markkinoilta ovat kohtalaisen vaatimattomia verrattuna reservi- ja säätösähkömarkkinoihin.

Projektissa tehdyissä laskelmissa on tarkasteltu suoran sähkölämmityksen ohjauksen tuotto-odotuksia eri markkinapaikoilla. Tarkasteluun on sisällytetty Elspot-, säätösähkö- ja reservimarkkinat sekä kysyntäjouston hyödyntäminen sähkönmyyjän tasehallinnassa. Näiden simuloitien perusteella voidaan todeta, että Elspot-markkinan tarjoama taloudellinen potentiaali on melko vaatimaton verrattuna muihin markkinapaikkoihin. Myyjän tasehallinta puolestaan tarjoaa Elspot markkinaan verrattuna yli 3-kertaisen tuottopotentialin. Säätösähkömarkkinan tarjoama teoreettinen maksimituottopotentiali on lähes 7-kertainen, ja yksinkertaistetulla tarjousstrategialla saavutettu käytännön potentiaali noin 4-kertainen, verrattuna Elspot markkinaan. Taajuusohjatun häiriöreservin markkina tarjosi kyseisellä tarkasteluajanjaksolla selvästi suurimman laskennallisen tuottopotentialin. Sen teoreettinen tuottopotentiali oli Elspot-markkinaan verrattuna noin 17-kertainen. Kuvassa 3.3 on esitetty 1 MW:n ohjattavan kuorman simuloitu vuotuinen taloudellinen potentiaali eri markkinapaikoilla vuosien 2011-2013 hintatiedoilla.



Kuva 2.9. 1 MW esimerkkikuormanohjauksen kapasiteetin tuottopotentiali eri markkinoilla vuosina 2011-2013

Kysynnän jouston taloudellinen kannattavuus on yleisesti ottaen sitä parempi, mitä reaaliaikaisemmilla markkinoilla operoidaan. Vaikka reservimarkkinat tarjoavat suuremman taloudellisen potentiaalin, kysynnän jouston toteutus vaatii niiden osalta vielä teknistä kehitystyötä. Day-ahead tai intra-day markkinoihin tai sähkön myyjän tasehallintaan liittyvällä kysynnän joustolla saavutettavien taloudellisten hyötyjen realisoitumista edesauttaa se, että kysynnän jouston toteutukseen vaadittava infrastruktuuri on lähes valmiina.

Edellä esitettyjen simulointien tulokset ovat teoreettisia arvoja, joiden saavuttamiseen liittyy monia käytännön haasteita. Käytännössä laskennallisen potentiaalin saavuttaminen on helppoa Elspot-markkinoiden kohdalla, koska tulevan vuorokauden Elspot hinnat julkaistaan jo käyttötuntia edeltävänä päivänä n. klo 15 Suomen aikaan. Muiden tarkasteltujen markkinoiden hinnat sen sijaan tiedetään vasta toimitustunnin jälkeen, joten ohjausten ajoittaminen optimaalisesti vaatii sähkön kulutuksen- ja hintojen ennustamista. Pahimmassa tapauksessa huonosti ajoitettu ohjaus voi jopa tuottaa tappiota, jos kuormanohjauksen jälkihuiipun kattamiseen tarvittavan energian hankintakustannukset ovat suuremmat kuin poisohjauksesta saatu tuotto.

Näissä tarkasteluissa on simuloitu suoran sähkölämmityskuorman siirtämistä yhdeltä käyttötunnilta seuraavalle tunnille, ja simuloinnit ovat sisältäneet lisäksi rajoituksia ohjauksen estoajasta ja maksimiohjausten määrästä. Em. seikkojen vuoksi kysyntäjouston taloudelliset hyödyt jäivät tehdyissä simulaatioissa selvästi pienemmiksi verrattuna tilanteisiin, joissa kuormitusta voisi optimoida pidemmän aikaikkunan sisällä, esim. päivän ja yön välillä. Tuloksia tarkasteltaessa täytyy myös huomioida, että tarkastelussa ei ole otettu kantaa käytännön toteutuskustannuksiin, jotka vaikuttavat olennaisesti kysyntäjouston lopulliseen käytännössä saavutettavaan taloudelliseen potentiaalin. Lisäksi tulee muistaa, että teoreettinen tuottopotentiaali riippuu merkittävästi tarkasteluajanjakson markkinahinnoista ja hintojen volatiliteetistä sekä ohjattavissa olevasta potentiaalista, ja voi näin ollen vaihdella merkittävästi tarkasteluajanjaksosta riippuen.

2.4.4 Kysyntäjouston vaikutukset jakeluverkkoyhtiöille

Sähkönmyyjällä ja jakeluverkkoyhtiöllä on periaatteellinen eturistiriita suhteessa kysynnän joustoon, mikä näkyy hyvin tutkimusprojektissa tehdyissä laajemmissa kuorman ohjauksen ja verkostovaikutusten simulaatioissa. Spot-hinta -pohjainen kuorman ohjaus voi kasvattaa merkittävästi verkon kulutushuippuja. Toisaalta tehopohjaisella siirtotariffilla voidaan hallita näitä Spot-hinta -pohjaisen ohjauksen vaikutuksia.

Kun kuormituksia ohjataan kaikille asiakkaille yhtenäisen ohjaussignaalin, kuten sähkön markkinahinnan perusteella, vähenee kuormien risteily, mikä kasvattaa verkon tehoja. Vastaavantyyppistä ohjausta on ollut tähänkin saakka käytössä yösähköllä toimivien varaavien sähkölämmitysten yhteydessä, mikä on näkynyt jakeluverkossa kuormituksen kasvuna varaajien kytkeytyessä illalla päälle. Mikäli ohjauksen piiriin otetaan varaavan lämmityksen lisäksi myös suora sähkölämmitys, voi jakeluverkon huippukuormitus kasvaa nykyisestä, erityisesti mikäli verkkoalueella on suosittu enemmän suoraa kuin varaavaa sähkölämmitystä. Todellisella jakeluverkolla sekä kuormitustiedoilla tehdyissä simuloinneissa on käynyt ilmi, että jakeluverkon huipputehot (suurin tuntikeskiteho) kasvavat tarkastellussa verkossa, mikäli kuormia ohjataan markkinaperusteisesti. Simulointeja on tehty erilaisilla optimointijaksoilla, joista lyhimmissä ohjattava kuorma kytketään tunniksi pois päältä ja seuraavalla tunnilla takaisin. Pisimmässä optimointijaksossa kuormat puolestaan siirretään vuorokauden sisällä optimaalisimpaan ajankohtaan. Verkostovaikutukset ovat samansuuntaisia, riippumatta optimointijakson pituudesta. Lisäksi vaikutuksia on kaikilla verkkotasoilla; tehot kasvavat jakelumuuntamoilla, keskijännitelähdöillä sekä myös päämuuntajatasolla. Samankaltainen tehojen kasvu on nähtävissä riippumatta siitä, tehdäänkö ohjaukset spot-, säätö- vai reservimarkkinoiden tarpeiden mukaan.

Tehopohjaiset siirtotariffit puolestaan luovat asiakkaalle kannusteen kiinnittää huomiota myös tehoihin. Verkostosimuloinneilla onkin osoitettu, että tehopohjaiset siirtotariffit tasoittavat markkinahintaohjauksen vaikutuksia verkon tehojen kasvuun. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan toteuttaa esimerkiksi asiakkaan toteutuneeseen huipputehoon tai liittymispisteesseen määritettyyn tehorajaan perustuvan maksukomponentin avulla. Sähkön myyjän hinnoittelu voi siitä huolimatta perustua edelleen tuntihinnoitteluun, esim. spot-hintaan, jolloin asiakkailla on kannuste optimoida kuormia myös markkinahintojen perusteella. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan nähdä jopa edellytyksenä järjestelmän kokonaistehokkuuden toteutumisen näkökulmasta, jotta markkinahinta-pohjaisella ohjauksella saavutettava hyöty ei eliminoidu verkon kapasiteettitarpeen kasvamisena ja siten asiakkaiden korkeampina siirtomaksuina. Tehopohjaista hinnoittelun teknistä toteutusta edesauttaa osassa AMR-mittareita oleva valmius ohjattavan tehorojoituksen ("software fuse") käyttöönottoon. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan kuitenkin toteuttaa myös ilman mittarin ko. ominaisuutta.

Nykyisten kuormitusten lisäksi simuloinneilla on tarkastelu maalämpöpumppujen, pientuotannon ja sähköautojen vaikutuksia. Jos ei-sähkölämmitteiset kiinteistöt siirtyvät maalämpöpumppulämmitykseen, verkon tehot kasvavat. Tehdyissä simuloinneissa on havaittu, että tarkastellussa verkossa lämpöpumppujen aiheuttama kuormituksen kasvu vaikuttaa merkittävästi verkon jännitetasoihin. Uudessa kuormitustilanteessa pitää keskittyä erityisesti sii-

hen, että asiakkaiden liittymäpisteiden jännitteet pysyvät hyväksyttävällä tasolla. Verkon loppupäässä, jossa jännitteenalenemat ovat suurimpia, olisi mahdollista säätää jakelumuuntajien väliottokytкимиä siten, että jännitteet nousevat. Myös jakelumuuntajien kuormitukset nousevat siten, että yhä useampi muuntaja on ajoittain nimellistä suuremmassa kuormassa. Lämmityskaudella talvella huippukuormitustilanteessa ulkolämpötila mahdollistaa nimellistä kuormitusta merkittävästi suuremman ylikuormituksen jakelumuuntajalla. Simuloinneissa oletuksena oli maalämpöpumpun täysehomoitus.. Jos lämpöpumput olisivat osateholle mitoitettuja, verkon kuormitukset kasvaisivat vielä simulointituloksissa esitettyä enemmän.

Pientuotannon osalta on tarkasteltu asiakkaiden aurinkopaneleiden verkostovaikutuksia. Vaikka pientuotanto vähentää asiakkaan verkosta ottamaa energiaa, ei se pienennä huipputehoa, koska suurin tuotanto ajoittuu kesäaikaan. Pienen kulutuksen aikana tuotantomäärät ylittävät asiakkaan kulutuksen, ja tehoa lähtee siirtymään verkkoon päin. Tämä vaikutus näkyy tehon siirtosuunnan muutoksissa jakelumuuntamoilla ja keskijännitelähdöillä, ja jopa päämuuntajatasolla jo kohtalaisilla penetraatioasteilla. Asiakkaalta sähköaseman suuntaan siirtyvät tehot ovat kuitenkin selvästi pienempiä kuin huippukulutuksen aikaan verkosta asiakkaalle siirtyvät tehot. Siten pientuotannon muodostuminen mitoitavaksi tekijäksi jakeluverkossa laajassa mittakaavassa on epätodennäköistä.

Sähköautojen vaikutukset riippuvat huomattavasti siitä, millä logiikalla niiden latausta ohjataan. Mikäli sähköautoja ladataan ohjaamattomasti siten, että autojen lataus aloitetaan välittömästi auton saavuttua kotipihaan, kasvavat verkon kuormat. Simulointien perusteella tämä ei kuitenkaan vaikuttaisi merkittävästi tarkastellun jakeluverkon mitoitukseen. Mikäli sähköautojen latausta ohjataan verkon kuormitusten mukaisesti, on lataus periaatteessa mahdollista toteuttaa myös siten, että sillä ei ole vaikutusta jakeluverkon huipputehoihin. Sähköautojen älykäs lataus onkin yksi tulevaisuuden keskeisistä kysyntäjoustoressursseista, ja mikäli autojen akuista on mahdollisuus syöttää tehoa verkkoon päin (V2G, vehicle-to-grid), voidaan niitä käyttää myös energiavarastona.

2.4.5 Kysynnän jouston toteutusmahdollisuudet eri markkinapaikoille

Day-ahead (Elspot) markkinalla voidaan toteuttaa tuntihintapohjaista ohjausta AMR-mittareiden ohjausaikatauluun kytketyn ohjausreleen kautta. Käyttöön soveltuvaa ohjattavaa kuormaa on olemassa merkittävästi, verkkoyhtiökyselyn ja tehtyjen laskelmien perusteella yli 1000 MW. Käytännön toteutus vaatii vielä tietojärjestelmärajapintojen standardointia siten, että ohjaussignaalit kulkevat saumattomasti sähkönmyyjien ja verkkoyhtiöiden välillä

Päivän sisäisen ohjauksen (intra-day, säätösähkö) toteutus on edellistä haasteellisempaa ja sisältää teknisiä haasteita mm. riittävän nopean ja luotettavan tiedonsiirron sekä mittareiden ja keskusten asennusten osalta. Ohjattavaa kuormaa olisi kuitenkin olemassa merkittävästi (edellä mainitun aikaohjatun kuorman lisäksi luokkaa 1000 MW), joskin monessa ohjattavassa kohteessa puuttuu kytkentä AMR-mittarin kuormanohjausreleen ja ohjattavan kuorman välillä.

Nykyistä AMR –teknologiaa ei voida käyttää sellaisenaan nopeisiin ohjauksiin ja/tai **kantaverkkoyhtiön reservimarkkinoille**. Esim. paikallisen taajuuden mittauksen hyödyntäminen vaatii vähintään mittarin ohjelmiston päivityksen.

AMR-mittaria kehittyneempiä järjestelmiä, kuten kotitautomaatiolaitteistoja (HEMS) tarvitaan pienasiakkaiden ohjauksissa, jos halutaan tarjota ohjauksia **reservimarkkinoille** tai toteutetaan älykkäämpiä ohjauksia liittyen esim. **pienasiakkaan oman pientuotannon ohjauksiin**. Kotiautomaatiojärjestelmiä on jo nykyisin tarjolla, mutta standardoimattomat toiminnot ja rajapinnat vaikeuttavat niiden hyödyntämistä yleisemmin markkinoilla. Kehitys tällä alueella on kuitenkin erittäin nopeaa.

AMR-mittareissa olevaa ”Software fuse” –toimintoa voidaan hyödyntää pienasiakkaan **tehopohjaisen tariffikomponentin toteutukseen**. Toiminto löytyy suuresta osasta mittareita, mutta toiminnon käyttöönotto vaatii yleensä vähintään mittarin ohjelmistopäivitystä. Tehotariffi voidaan kuitenkin toteuttaa myös ilman mittarin ko. toiminallisuutta.

Muiden kuin pienasiakkaiden (kotitalous- ja vapaa-ajan kiinteistöjen) kiinteistöjen ohjauksissa muut kuin AMR-pohjaiset ratkaisut, erilaiset kiinteistöautomaatiojärjestelmät, ovat ensisijainen ratkaisu. Kysynnän jouston laajamittaisempi liikkeellelähtö voikin tapahtua **palvelu-, liike- ja toimistorakennuksista**, joissa kohteissa löytyy monipuolisia taloteknisiä ratkaisuja sekä mahdollisesti selkeämpi liiketoimintahyöty.

2.4.6 Kysyntäjouston laajamittaisen soveltamisen esteitä

Monet esteistä ja haasteista kysynnän jouston laajamittaiselle soveltamiselle ovat taloudellisia tai poliittisia. Kysynnän jouston pitäisi olla yleistyäkseen riittävän kannattavaa kaikkien kysynnän joustoosallistuvien osapuolten kannalta. Ilman sitä, että loppuasiakkaat kykenevät kysynnän joustoosallistamiseen ei se voi laajasti yleistyä. Hinnoittelumallien pitäisi olla riittävän selkeitä, tekniikan tulisi olla luotettavaa ja helppokäyttöistä, sekä myös kysynnän joustoasioita koskevan informaation saatavuuden ja tietämyksen tulisi olla riittävällä tasolla

loppukäyttäjien keskuudessa. Näitä esteitä ja rajoitteita voidaan poistaa ja vähentää tuotteistamisen kautta.

Kysynnän jouston edellytykset riippuvat lukuisista erillisistä säädöksistä. Näiden säätämistä ei ole toistaiseksi koordinoitu kysynnän jouston näkökulmasta. Nykyiset rakentamismääräykset eivät ota huomioon rakennusten tehon kulutusta ja energiankäytön ajallista jakautumista, vaan rakennusten energiankulutusta tarkastellaan pääosin vuosienenergiana. Lain-säädäntö edellyttää AMR-mittariin releen, jolla kuormaa voidaan ohjata, mutta ohjausreleen takana ei ole pakko olla kuormaa. Lisäksi kiinteistöistä ja asiakkaiden sisäasennuksista puuttuu usein kuormanohjaus-johdotukset. Siksi etäluettavien sähkömittareiden kautta ei välttämättä kuormia ole mahdollista ohjata, vaikka mittarissa itsessään olisikin ohjausominaisuus.

Verkkoyhtiöllä ei ole nykytilanteessa kannustinta kysynnän jouston edistämiseen. Kysynnän jousto ei ole Energiaviraston nykyisen kannan mukaan edes sähköverkkotoimintaa. Verkko-liiketoiminnan valvontamalli kannustaa verkkoyhtiöitä Suomessa investointeihin, jolloin myös kysynnän jouston infrastruktuuriin on kannattavaa investoida. Kuitenkaan malli ei kannusta siihen, että kysynnän joustoa käytettäisiin verkon vahvistuksen sijasta. Siksi verkon pullonkaulat kannattaa nykyisten kannusteiden mukaan poistaa ennemmin verkostoinvestoinneilla.

Keskeisiä esteitä kysynnän jouston toteutumiselle yleisesti ovat myös hajanainen toimialakenttä (suuri määrä erilaisia myyjiä ja verkkoyhtiöitä), standardoimattomat prosessit (sellaisissa kohdissa, joissa voisi olla perusteltua olla yhtenäiset käytännöt), tietojärjestelmien rajapinnat ja toimintavasteiden suuri hajonta. Lisäksi tieto asiakkaan kuormista ja niiden ohjattavuudesta usein puuttuu.

2.5 Toimenpide-ehdotukset

Tutkimusprojektin tulosten johtopäätöksenä esitetään seuraavia toimenpiteitä kysynnän jouston laajamittaisen soveltamisen mahdollistamiseksi ja edistämiseksi Suomessa. Teknologian ja liiketoimintamallien kehittämisen

Toimenpide-ehdotusten osalta on alla olevaan taulukkoon kirjattu myös toimenpiteen toteutamisesta ensisijaisesti vastuussa olevat tahot sekä arvio toimenpiteen aikataulusta. Aikataulussa kyse on nimenomaan toimenpiteen toteutuksen aikataulusta, sen vaikutus voi tulla huomattavasti pidemmällä aikajänteellä.

Toimenpide	Vastuutaho	Aikataulu
TUOTTEISTAMINEN		
Kysynnän jouston tuotteistaminen, markkinointi sekä potentiaalisten asiakkaiden löytäminen ja asiakkaiden aktivointi, esim. uusien hinnoittelumallien tai helppokäyttöisen loppuasiakkaan käyttöliittymän avulla.	sähkön myyjät, kanta-verkkoyhtiö, DR-operaattori	< 2 vuotta
Tehopohjaisen siirtotariffin tuotteistaminen, jonka tavoitteena on vähentää kysynnän jouston intressiritiritoja, luo kannusteita asiakkaiden kysynnän joustolle ja tuo kysynnän jouston hyötyjä myös verkkoyhtiöille leikkaamalla suurimpia huipputehoja.	jakeluverkkoyhtiöt	< 6 vuotta
INFORMOINTI		
Kokonaisvaltaisen näkemyksen jalkauttaminen, toimijoiden roolien selkiyttäminen ja toimialan yhteistyön vahvistaminen.	Toimialan kaikki toimijat omien sidosryhmiensä osalta (*, tarkennus taulukon jälkeen)	< 2
Yleisen tietoisuuden kasvattaminen siitä, mitä kysynnän jousto koko laajuudessaan tarkoittaa ja miksi sitä tarvitaan, kohderyhmänä erityisesti asiakkaat (sisältää myös kiinteistöjen omistajat) ja viranomaiset.	Tietoisuuden lisäämisessä vastuussa kaikki omien sidosryhmiensä osalta (*, tarkennus taulukon jälkeen)	< 2
Alan toimijoiden tietoisuuden ja osaamisen lisääminen <ul style="list-style-type: none"> • perus- ja täydennyskoulutus • yhteiset verkkoaineistot 	Opetusta antavat yksiköt	< 2

LAINSÄÄDÄNNÖN, VIRANOMAISMÄÄRÄYSTEN JA OHJEIDEN KEHITTÄMINEN		
Selkeä kannuste verkkoyhtiöiden valvontamalliin kysynnän jouston edistämiseksi mm. tietojärjestelmien rajapintojen ja toiminnallisuuden kehittämiseksi. Kannuste voidaan sisällyttää esim. valvontamallin innovaatiokannustimeen.	Energiavirasto	< 1 tai < 8 vuotta
Säädöksen valmistelutyön (sähkömarkkinalaki, rakentamismääräykset, sähköturvallisuuslaki, energiatehokkuuslaki, erilaiset muut määräykset, ohjeistukset) koordinaatio kokonaisuutena kysyntäjouston näkökulmasta silloin, kun näitä määräyksiä muutenkin ollaan kehittämässä.	Viranomaiset, toimialan järjestöjen edustajat	jatkuvaa toimintaa
Kysynnän jouston edellytysten luominen osana uudistettavaa rakentamista ohjaavaa lainsäädäntöä <ul style="list-style-type: none"> • sähkötehon ja ohjauspotentiaalin määrittely osaksi nZEB-rakennuksen vaatimuksia • kannusteiden luominen esim. energiamuotoker toimien avulla • uusiutuvaksi ”lähiuotannoksi” (near-by) määritellyn tuotannon vaikutusten huomioonottaminen kokonaisratkaisuisissa 	Viranomaiset, säädösvalmisteluun osallistuvat toimialan edustajat	< 2
Perusvaatimusten luominen kiinteistöjen sähköjärjestelmien teknisille valmiuksille ja suunnittelulle osana rakentamisen kokonaisohjausta rakentamismääräysten uudistuksen yhteydessä <ul style="list-style-type: none"> • sähköjärjestelmien suunnitteluvaatimus • tekniset perusvaatimukset kysynnän joustoon varautumiselle (ryhmitykset, vakioidut ohjaustietojen kytkennät ja ohjaustietojen välitystavat) • sähköasennusten dokumentaatiovaatimus muutenkin kuin sähköturvallisuuden näkökulmasta 	Viranomaiset, toimialan järjestöjen edustajat	< 2

TOIMINTATAPOJEN YHTENÄISTÄMINEN		
Kysynnän jouston toimintoihin osallistuvien tietojärjestelmärajapintojen ja teknisten vaatimusten (esim. vastaajien) standardointi. Viestiliikenteen tulee perustua selkeisiin standardoituin sanomiin.	ET, verkkoyhtiöt, sähkön myyjät, järjestelmätoimittajat standardointitoimikunnat	< 2 v
Toimintatapa, jolla asiakas voi helposti vertailla eri kysyntäjoustotuotteiden soveltuvuutta omaan joustopotentiaaliinsa ja kulutusprofiiliinsa. Esimerkiksi Energiaviraston ylläpitämää sähkönhinta.fi –sivustoa tulisi kehittää niin, että se mahdollistaa myös kysyntäjousto ja muiden uusien innovatiivisten tuotteiden ilmoittamisen palvelussa. Tiedot asiakkaan nykyisestä kulutusprofiilista voisi asiakkaan luvalla välittää kilpailutuspalveluun tulevaisuudessa esim. Data Hubin kautta.	Energiavirasto, verkkoyhtiöt, sähkön myyjät, järjestelmätoimittajat, Data Hubin toteuttaja	< 4 v
AMR-mittareiden kytkentöjen yhtenäiset käytännöt ja seuraavan sukupolven AMR-mittareiden minimitoiminnallisuuksien (mittaukset, ohjaukset, tiedonsiirto) määrittely siten, että tulevaisuuden mittari-infrastruktuuri tukee kysyntäjousto mahdollisimman hyvin.	viranomaiset, verkkoyhtiöt, standardointitoimikuntien jäsenet, Sähkötieto ry	< 6
Suunnitteilla olevan Data Hubin tietosisällön määrittely siten, että se tukee kysynnän jouston toimintojen kehittämistä. Data Hubin tulisi sisältää mm. tietoa asiakkaiden joustopotentialista ja ohjaukseen liittyvistä reunaehdoista sekä toteutetuista joustotoiminnoista. Tämä antaa mahdollisuuden arvioida vaikutuksia markkinoille näkyvään kuormitusmalliin sekä parantaa myyjien mahdollisuutta markkinoida joustotuotteita potentiaalisille asiakkaille.	Data Hubin kehityksestä ja ylläpidosta vastaavat tahot	< 2
Esimerkkiratkaisujen luominen ST-kortistoon <ul style="list-style-type: none"> • tieto ohjattavissa olevasta tehosta • kuormien ryhmitykset • automaation vaatimukset • mittauskytkennät 	Sähkötieto ry	< 2 v

MUUT TOIMENPITEET		
Tuntimittausten perusteella syntyvän mittausdatan hyödyntäminen eri kulutusryhmien tehotietojen ja profiilien keräämisessä. Tiedon perusteella voidaan parantaa mm. liittymien mitoitusta, saada lisätietoa tehohuippujen muodostumisesta ja kysyntäjoustopotentiaalista sekä parantaa yleistä tietoisuutta sähköverkkojen ja energiajärjestelmän käyttäytymisestä. Mittaustietojen keräämisessä pitää huomioida tieto- ja yksityisyyden suojaan liittyvät kysymykset.	Myyntiyhtiöt, verkkoyhtiö, Data Hub Tutkimuslaitokset	< 2 v
Kiinteistöjen turvallisuusnäkökulmien selvitys <ul style="list-style-type: none"> tietoturvallisuus automaation ja ohjausten vaikutukset 	Tutkimuslaitokset Standardointitoimikunnat	< 4 v
Suunnitteluohjelmistojen kehittäminen <ul style="list-style-type: none"> kuorman ohjauksen sisältämä "sähköjärjestelmien tietomalli" 	Ohjelmistotalot	< 4 v
Kysyntäjouaston toteutuksen seuraaminen Pohjoismaissa ja EU:ssa sekä kysyntäjoustoratkaisujen toteutukseen vaikuttaminen EU:ssa, jotta vältetään sellaiset vaatimukset, jotka eivät sovellu Suomen toimintaympäristöön	Viranomaiset ja toimialajärjestöt Yliopistot ja tutkimuslaitokset	jatkuvaa

*

- Toimialajärjestöjen vastuulla kysynnän joustoon liittyvän tiedon jalkauttaminen omille jäsenille
- Toimialan yritysten vastuulla demo- ja pilottihankkeiden toteuttaminen ja tuotteistaminen
- Koulutuksen järjestäjien vastuulla kysynnän joustoon liittyvien kysymysten huomioiminen teknisen alan peruskoulutuksessa (sähkösuunnittelijat, rakennuttajat ja asentajat), ylemmän asteen koulutuksessa (AMK-insinööri, DI, TkT) sekä täydennyskoulutuksessa
- Tutkimuslaitoksien vastuulla jatkotutkimushankkeiden tunnistaminen, ideointi ja toteutus
- Tutkimusrahoittajien vastuulla (esim. ST-pooli, Tekes, TEM) kysynnän joustoon liittyvien kysymysten tunnistaminen ja rahoittaminen tutkimuskohteena
- Viranomaisten (esim. Energiavirastolla lakisääteinen velvoite olemassa) vastuulla tarjota kysynnän joustoon liittyvää yleistä informaatiota, esim. verkkosivuston muodossa
- Kaikkien toimijoiden vastuulla yhteistyön vahvistaminen

3 Kysyntäjoustopohjainen hyödyntäminen sähkömarkkinoilla

Kysyntäjoustopohjainen hyödyntäminen voi tarjota merkittävää teknistaloudellista potentiaalia sähkömarkkinoiden toimijoille. Tämän tarkka arvioiminen on kuitenkin haastavaa, koska kysyntäjoustopohjaisen käytännön valjastamiseen liittyy vielä monia avoimia kysymyksiä. Teknistaloudellinen potentiaali riippuu mm. käytettävien kysyntäjoustopohjaisien resurssien tyypistä (eri laiteryhmittä), ohjaukseen käytettävistä laitteistoista (HEMS, AMR) sekä kysyntäjoustopohjaisen käytötarkoituksesta (eri markkinapaikat). Näin ollen tämän potentiaalinnan tarkka analysointi edellyttää eri laiteryhmittien ominaisuuksien, markkinaosapuolien näkökulmien, sekä markkinoiden, lakien, asetusten yms. tekijöiden huomioimista. Tässä luvussa keskitytään pääasiassa potentiaalisimpien laiteryhmittien, kuten eri lämmitysjärjestelmien tarjoaman taloudellisen tuottopotentialinnan analysointiin ja sen käytännön hyödyntämismahdollisuuksiin sähkömarkkinoilla.

Sähkön jälleenmyyjät käyvät aktiivisesti kauppaa sähkömarkkinoilla ja heillä on jo olemassa oleva asiakaskunta. Täten he ovat se markkinaosapuoli jolla on monessa suhteessa parhaat edellytykset markkinapohjaisen kysyntäjoustopohjaisen käytännön toteutukseen. Periaatteessa myös joku muu markkinatoimija, kuten aggregaattori tai muu erillinen palveluntarjoaja voi olla kysyntäjoustopalvelujen käytännön toimeenpanijoita. Tämä voi kuitenkin aiheuttaa haittaa tasevastuussa olevalle toimijalle. Siten tässä yhteydessä rajoitaudutaan tarkastelemaan kysyntäjoustopohjaisien resurssien hyödyntämistä ja niiden tarjoamaa taloudellista potentiaalia osana sellaisen sähkönmyyjän liiketoimintaa, joka ohjaa omaan taseeseensa kuuluvien loppukäyttäjien kuormia.

Kysyntäjoustopohjainen tarjoaa potentiaalisen työkalun sähkönmyyjälle sekä sähköhankintojen pitkän aikavälin suojauksen varmentamiseen ja suunnitteluun, että lyhyen aikavälin fyysisen sähkökaupan tuloksen maksimoimiseen. Pitkän aikavälin suojauksen tasoa voidaan esimerkiksi pienentää, tai suojauksen riittävyttä varmentaa, kun myyjällä on käytettävissä riittävä määrä ohjattavia kysyntäjoustopohjaisia resursseja. Sähköhinnan kohotessa korkealle ja suojauksen tason ollessa riittämätön, myyjä voi käyttää kysyntäjoustopohjaisia resurssejaan kattamaan osan kuormituksesta sen sijaan että ostaa sähköä markkinoilta kalliiseen hintaan. Toisaalta, myyjä voi pyrkiä maksimoimaan lyhyen aikavälin kaupankäynnin tuloksen hyödyntämällä aktiivisesti kysyntäjoustopohjaisia resursseja spot-, säätösähkö- ja reservimarkkinoilla ja/tai omassa tasehallinnassaan. Tämän lisäksi kysyntäjoustopohjainen tarjoaa myyjälle uusia keinoja kilpailuedun saavuttamiseen esimerkiksi asiakkaiden sitouttamisen ja vihreiden arvojen edistämisen kautta.

Hajautettujen energiaresurssien (DER) tehokas hyödyntäminen sähkömarkkinoilla edellyttää että resurssit kootaan riittävän suuriksi kokonaisuuksiksi, jolloin niitä voidaan käyttää monipuolisemmin eri markkinapaikoilla. On myös huomioitava, että eri markkinapaikat asettavat erilaisia kapasiteetti ja säädettävyyksivaatimuksia resurssien käytölle. Toisaalta taas eri markkinapaikat tarjoavat erilaista taloudellista potentiaalia niiden hyödyntämiselle. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että mitä tiukemmat ohjattavuusvaatimukset markkinat asettavat käytettäville resursseille, sitä suuremmat ovat tuotto-odotukset. Käytännössä kysyntäjoustoresurssien teknistaloudellisen potentiaalin optimaalinen hyödyntäminen edellyttää, että resursseja käytetään kokonaisvaltaisesti osana sähkönmyyntiliiketoimintaa huomioiden eri markkinoiden, resurssien ohjattavuuden ja muiden vastaavien tekijöiden asettamat reunaehdot.

3.1 *Kysyntäjouaston hyödyntäminen spot-markkinoilla ja myyjän tasehallinnassa*

Suurin osa fyysisistä sähkökaupoista tehdään Spot-markkinoilla, joihin kuuluvat yhteispohjoismainen Elspot-markkina ja päivänsisäinen Elbas-markkina. Vuonna 2012 Elspot markkinoiden kaupankäynnin osuus oli noin 84 % kaikista pohjoismaisista sähkötoimituksista. Päivän sisäinen Elbas-markkina mahdollistaa markkinaosapuolien sähkön hankintojen ja kulutuksen välistä tasetta korjaavien kauppohen solmimisen aina tuntia ennen toimitustunnin alkua asti. Spot-markkinoiden lisäksi markkinaosapuolet käyvät tasesähkökauppaa avoimien toimitusten ketjun kautta. Jokaisella markkinaosapuolella on avoin toimittaja, joka vastaa toimijan kulutuksen/myyntien ja ostojen/tuotannon välisen tasapainon toteutumisesta. Näin ollen sähkön myyjä pystyy hyödyntämään kysyntäjoustoresurssia osana omaa tasehallintaansa, esimerkiksi pyrkiä minimoimaan oman kulutustaseensa tasevirheen tai ohjaten kulutustasettaan niin, että avoimien toimitusten kautta tehdyt tasesähkökaupat hyödyttävät myyjää.

Eri markkinapaikkojen hinnoitteluperusteet, kaupankäyntisyklit sekä muut vastaavat kaupankäyntiin liittyvät rajoitteet vaihtelevat merkittävästi. Eri markkinapaikkojen asettamia rajoitteita energiaresurssien käytölle on ensin analysoitava markkinapaikkokohtaisesti, jotta voidaan tarkemmin arvioida erityyppisten resurssien soveltuvuutta kullekin markkinapaikalle. Taulukkoon 3.1. on koottu spot-markkinoiden kaupankäyntiin ja myyjän tasehallintaan liittyvät keskeisimmät tiedot, joiden pohjalta eri ohjattavien resurssien soveltuvuutta kullekin markkinapaikalle voidaan analysoida tarkemmin.

Taulukko 3.1 Kaupankäynti Elspot-, Elbas- ja säätösähkömarkkinoilla

	Elspot- markkina	Elbas- markkina	Myyjän tasehallinta (sähkökauppa avoimien toimi- tusten kautta)
Vähimmäi- skapasiteetti	Kaupankäynti 0,1 MW kerrannaisil- la	Kaupankäynti 1,0 MW ker- rannaisilla	-
Kaupankäynnin sulkeutuminen	Kaupankäynti seuraavan päivän tunneille sulkeu- tuu 13:00 suo- men aikaa	1 h ennen toimitustunnin alkua	Tasetta tasapainot- tavia toimia voidaan periaatteessa tehdä ohjaamalla DR- resursseja aina toi- mitustunnin loppuun saakka
Vaatus aktivoitumis- ajalle (säädettyvyys)	12 h	1 h	Ei tarkkaa vaatimus- ta, käytännössä oh- jattavaa kapasiteet- tia on pystyttävä säättämään lähellä toimitushetkeä

Taulukosta 3.1 nähdään, että kysyntäjoustoressurssien hyödyntäminen Elspot-markkinoilla ei aseta kovin merkittäviä vaatimuksia ohjattavan kapasiteetin määrälle tai säädettyvyydelle. Tarjoukset Elspot-markkinalle jätetään viimeistään kaupankäyntiä edeltävänä päivänä klo. 13:00. Tiedot hyväksytyistä kaupoista ja Elspot-hinnoista julkaistaan n. klo 14, joten kapasiteetin aktivointiin on aikaa useita tunteja. Elbas-markkinalle puolestaan voidaan tehdä tarjouksia vähintään 1 MW kapasiteetista viimeistään tuntia ennen toimitustunnin alkua. Tiedot hyväksytyistä kaupoista julkaistaan sitä mukaan kun kauppooja toteutuu. Täten kapasiteetin aktivointiin jää aikaa tyypillisesti noin tunnin verran.

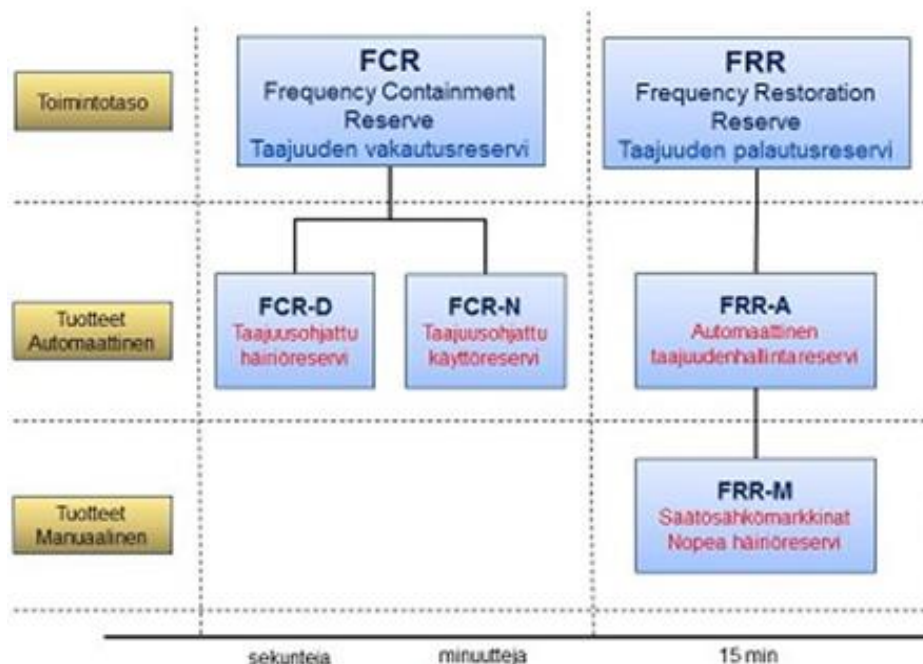
Taulukossa 3.1 esitettyjen vaatimusten lisäksi tulee huomioida myös muut spot-markkinoiden kaupankäyntiin vaikuttavat tekijät, jotka voivat vaikuttaa DR-resurssien käytännön hyödynnettävyyteen. Tällaisia ovat ennen kaikkea markkinoiden tarjousmenettelyyn ja kaupankäyntiin liittyvät tekijät. Elspot-markkinoille tarjoukset jätetään ehdollisina rajatarjouksina, ja kaupat toteutetaan pörssin määrittämään aluehintaan. Myös useamman tunnin toisiinsa sidottuja blokki-tarjouksia voidaan jättää. Käytännössä tämä mahdollistaa joustavien tarjousstrategioiden käytön ja näin myös kysyntäjoustoressien käytön tehokkaan suunnittelun jo tarjousten jättövaiheessa.

Elbas-markkinan tarjousmenettely ja kauppohen toteutus eroaa merkittävästi Elspot-markkinasta. Tarjouksia tasetta tasapainottavista päivän sisäisistä kaupoista jätetään kiinteinä hinta-määrä pareina. Kaupat toteutetaan tarjoushintaan sitä mukaan kun osto/myyntitarjouksille löytyy vastatarjouksia. Elbas-markkinalle ei myöskään muodostu vastaavaa yhtenäistä aluehintaa kuin Elspot-markkinalla, vaan toteutuneiden kauppohen pohjalta pörssi määrittää ylimmän (high), alimman (low) ja keskimääräisen (average) kaupankäyntihinnan. Lisäksi Elbas kaupankäynnin volyymit voivat vaihdella merkittävästi, mutta ovat verrattain pieniä suhteessa Elspot kaupankäyntiin. Kaupankäynnin pieni volyymi puolestaan aiheuttaa riskin, että osto- tai myyntitarjoukselle ei löydy vastatarjousta, joka on edellytys kaupan toteutumiselle. Käytännössä edellä mainitut Elbas kaupankäynnin käytännön rajoitteet voivat vaikeuttaa merkittävästi kysyntäjoustoressien hyödyntämistä. Toisaalta kysyntäjoustoressien hyödyntäminen voi tarjota myyjälle vaihtoehdon Elbas-kaupoille, ja mahdollistaa näin taseen korjaamisen vaikka Elbas kaupankäynti ei onnistuisi esimerkiksi pienen kaupankäynnin volyymin tai tarjousten hintatason johdosta.

Spot-markkinoiden jälkeen sähkömarkkinaosapuolet ostavat/myyvät tasesähköä avoimien toimitusten ketjun kautta kattaakseen sähkön kulutuksen ja hankintojen välisen erotuksen. Käytännössä markkinaosapuoli ostaa tai myy tasesähköä määrän, joka tasapainottaa markkinaosapuolen taseen toteutuneiden ostojen/tuotannon ja kulutuksen/myyntien välillä. Tasesähkön hinta kullekin tunnille määräytyy säätösähkön hintaan perustuen. Periaatteessa sähkönmyyjät voivat hyödyntää kysyntäjoustoressseja myös osana omaa tasehallintaansa. Tämä ei aseta tarkkoja vaatimuksia käytettävän kapasiteetin määrälle, vaan mahdollistaa pienenkin kysyntäjoustoressin hyödyntämisen. Tehokas DR-resurssien käyttö osana myyjän tasehallintaa kuitenkin edellyttää, että myyjä pystyy säätämään ohjattavaa kapasiteettia lähellä käyttötuntia riittävän nopeasti ja tarkasti ennustetun kulutuksen ja/tai ennustetun tasesähkön hinnan pohjalta.

3.2 Kysyntäjouaston hyödyntäminen reserveinä

Suomessa käytössä oleviin reserveihin kuuluvat Fingridin ylläpitämät reservit sekä Energia-
viraston valvoma erillinen tehoreservijärjestelmä. Kuva 3.1 havainnollistaa yleisesti reservi-
järjestelmän rakennetta sekä Fingridin ylläpitämiä reservejä.



Kuva 3.1 Reservijärjestelmä ja Fingridin ylläpitämät reservit (Fingrid, 2014)

Yleisesti ottaen kuvassa 3.2.1 esitetyt reservit voidaan jakaa niiden käyttötarkoituksen perusteella kahteen eri ryhmään seuraavasti:

1. Taajuuden vakautusreservejä käytetään jatkuvaan taajuuden hallintaan.
2. Taajuuden palautusreservien tarkoituksena on palauttaa taajuus normaalialueelle ja vapauttaa aktivoituneet taajuuden vakautusreservit takaisin käyttöön.

Tasevastaavina toimivat markkinaosapuolet voivat osallistua säätösähkömarkkinoille tasepalvelusopimuksen kautta, ja muut markkinoiden toimijat erillisen säätösähkömarkkinasopimuksen kautta. Taajuusohjattujen reservien vuosi- tai tuntimarkkinoille osallistuminen edellyttää erillistä Fingridin kanssa tehtävää sopimusta. Vuosimarkkinoilla kapasiteetti varataan markkinoiden käyttöön koko vuodeksi, mutta tuntimarkkinoille markkinaosapuolet voivat tarjota säätökykyistä kapasiteettiaan tuntikohtaisesti. Nopea häiriöreservi otetaan käyttöön vasta vakavissa voimajärjestelmän häiriöissä ja näin ollen sitä käytetään vain harvoin. Fingrid täyttää nopean häiriöreservin veloitteensa omistamillaan varavoimalaitoksilla sekä kahdenvälisin sopimuksin hankituilla käyttöoikeussopimuslaitoksilla ja irtikytkettävillä kuormilla.

Suomessa käytössä olevalla erillisellä tehoreservijärjestelmällä turvataan sähkön toimitusvarmuus niissä tilanteissa, joissa sähkön markkinaehtoinen tarjonta ei riitä kattamaan sähkönkulutusta. Energiavirasto määrittää maassamme tarvittavan tehoreservin määrän, kilpailuttaa reservilaitokset, vahvistaa reservin ehdot sekä valvoo järjestelmän toimintaa. Tehoreserviin voivat osallistua sekä voimalaitokset että sähkönkulutuksen joustoon kykenevät kohteet pitkäkestoisten (nykyinen sopimuskausi 2 vuotta) sopimusten kautta. Taulukossa 3.2. on esitettyjä keskeisiä tietoja reservimarkkinoiden kaupankäynnistä, joiden pohjalta kysyntäjoustoressien soveltuvuutta näille markkinoille voidaan analysoida.

Taulukosta 3.2. nähdään, että reservijärjestelmän markkinapaikat asettavat merkittävästi tiukemmat säädettävyys- ja kapasiteettivaatimukset kysyntäjoustoressien hyödyntämiselle kuin spot-markkinat. Säätosähkömarkkinoille voidaan tarjota vähintään 10 MW kapasiteettia joka pystytään säätämään täyteen tehoon 15 minuutissa. Tämän lisäksi tehon muutokset on pystyttävä todentamaan reaaliaikaisesti. Samoin häiriöreservimarkkinoille osallistuminen edellyttää vähintään 10 MW kapasiteettia, joka on tarvittaessa pystyttävä säätämään täyteen tehoon 15 minuutissa.

Vuonna 2013 Pohjoismaisessa voimajärjestelmässä otettiin käyttöön uusi reservilaji, automaattinen taajuudenhallinta reservi (FRR-A). Fingrid ilmoittaa etukäteen tunnit joille kyseistä reserviä tullaan ylläpitämään. Yksittäisen tarjouksen koko tälle markkinalle voi olla 5 MW. Muille taajuusohjattavien reservien markkinoille voidaan osallistua suhteellisen pienilläkin kapasiteeteilla, mutta kapasiteetin on pystyttävä reagoimaan nopeasti taajuuden muutoksiin. Taajuusohjatun käyttöreservin markkinoille minikapasiteettivaatimus on 0,1 MW ja taajuusohjatun häiriöreservin markkinoille 1 MW.

Kysyntäjoustoressien kuten ohjattavien kuormien hyödyntämistä reservimarkkinoilla tarkasteltaessa on tärkeä muistaa, että koko markkinoille tarjottu kapasiteetti on oltava käytössä tarvittaessa. Toisaalta tulee myös huomioida, että markkinat kehittyvät koko ajan kulloistenkin tarpeiden mukaan. Näin ollen esimerkiksi reservimarkkinoita ja niiden asettamia vaatimuksia (esim. vaadittu minimikapasiteetti) voidaan kehittää yhteistyössä niin, että myös pienempien kysyntäjoustoressien hyödyntäminen markkinoilla on helpompaa.

Taulukko 3.2 Kaupankäynti reservimarkkinoilla

Markkina- paikka	Sopimus- tyyppi	Minimi- säätö	Säädettävyys ja akti- voitumisaika vaati- mukset	Aktivointi
Säätösähkö- markkina	Tasepalvelu- tai säätösähkömarkki- nasopimus	10 MW	15 min	Useita kertoja vuorokaudessa
Taajuusohjattu käyttöreservi	Vuosi- ja tuntimark- kinat	0,1 MW	Taajuusalueella 49,9- 50,1 Hz, aktivoiduttava 3 min. +/- 0,1 Hz:n muutoksesta	Jatkuvasti
Taajuusohjattu häiriöreservi	Vuosi- ja tuntimark- kinat	1 MW	Voimalaitoskoneisto: Aktivoiduttava 50% / 5 s ja 100% / 30 s kun f alle 49,9 Hz.	Voimalaitos- koneisto: Useita kertoja vuoro- kaudessa
			Relekuorma: Kytkeydyttävä irti 30 s kun f alle 49,7 Hz tai 5 s kun f alle 49,5 Hz	Relekuorma: Melko harvoin
Taajuusohjattu häiriöreservi (on-off-malli)	Pitkäaikainen sopimus	10 MW	Välittömästi, kun f alle 49,5 Hz	Harvoin
Automaattinen taajuudenhal- lintareservi	Tuntimarkkinat	5 MW	2 min	Fingrid ilmoittaa etukäteen tunnit joille reserviä hankitaan
Nopea häiriö- reservi	Pitkäaikainen sopimus	10 MW	15 min	Harvoin
Tehoreservijär- jestelmä	Pitkäaikainen sopimus	10 MW	15 min	Harvoin

Kuten spot-markkinoiden yhteydessä, myös reservimarkkinoiden yhteydessä tulee huomioida rajoitteet joita tarjousmenettelyn ja itse kaupankäynti mahdollisesti asettavat kysyntäjoustoreservien hyödyntämiselle. Taajuusohjatun käyttö- ja häiriöreservin vuosimarkkinoilla seuraavan vuorokauden tunneilla käytettävissä oleva säätökapasiteetti tulee ilmoittaa Fingridille viimeistään klo. 18:00. Vastaavien tuntimarkkinoiden kohdalle tarjoukset seuraavan vuorokauden tunneille jätetään klo. 18:30 mennessä. Fingrid ilmoittaa hyväksytyt tarjoukset viimeistään klo. 22:00. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kysyntäjoustoressien käyttö taajuusohjattujen reservien markkinoilla tulee suunnitella seuraavan vuorokauden tuntien osalta useita tunteja etukäteen. Käytännössä tämä voi rajoittaa joidenkin kysyntäjoustoressien tehokasta reservikäyttöä. Esimerkiksi lämmityskuormia voidaan ohjata pois vain silloin kun lämmitys on kytketty päälle, ja kun ohjausta ei estä minimilämmitystarpeen asettamat rajoitteet.

Yleisesti ottaen, reservimarkkinoiden yhteydessä on huomioitava että eri reservit asettavat hyvinkin erilaisia vaatimuksia säädön toteutukselle. Esimerkiksi taajuusohjatun käyttöreservin markkinoilla käytettävän kapasiteetin on kyettävä säätämään sekä ylös- että alaspäin, kun taas taajuusohjatun häiriöreservin tarpeisiin riittää säädettävyyys yhteen suuntaan (kulutuksen vähennys / tuotannon lisäys). Käytännössä ohjattavan kapasiteetin hyödyntäminen reservimarkkinoilla edellyttää aina riittävän tarkkaa ja reaaliaikaista tietoa ohjattavan kapasiteetin käytettävyydestä. Lisäksi kapasiteettiä on oltava käytettävissä riittävä määrä aina kun sitä tarjotaan markkinoille.

3.3 Sähkömarkkinoiden hinnoitteluperiaatteet

Kysyntäjoustopotentiali eri markkinapaikoilla riippuu olennaisesti kyseisen markkinan hinnoittelumallista. Spot-, tase-, ja säätösähkömarkkinoilla hinnoittelu perustuu energian markkinahintaan, mikä määräytyy kullekin markkinapaikalla jätettyjen tarjouksien perusteella. Reservimarkkinoilla hinnoittelu pohjautuu pitkälti kapasiteetin käytettävyyteen. Tämän lisäksi eräillä reservimarkkinoiden markkinapaikoilla maksetaan kapasiteetin käytöstä energiamaksua, joka käytännössä kompensoi reservin myyjälle reservin käytöstä aiheutuneen tasevirheen kustannuksen reservikäytön ajalta. Taulukkoon 3.3 on koottu eri markkinoiden hinnoitteluperusteita.

Taulukko 3.3 Markkinapaikkojen hinnoitteluperusteet

Markkinapaikka	Sopimus- tyyppi	Korvaustaso 2014
Taajuusohjattu käyttöreservi	Vuosimarkkina	Kiinteä sopimushinta: 15,8 €/MW,h + energiahinta
	Tuntimarkkina	Markkinahinta määritetään tunnille jä- tettyjen tarjouksien perusteella
Taajuusohjattu häiriöreservi	Vuosimarkkina	Kiinteä sopimushinta: 4,03 €/MW,h
	Tuntimarkkina	Markkinahinta määritetään tunnille jä- tettyjen tarjouksien perusteella
Taajuusohjattu häiriöreservi (on-off-malli)	Pitkäaikainen sopimus	0,5 €/MW,h + 580 €/MWh + aktivointi-korvaus 580 €/MW
Automaattinen taa- juudenhallintareservi	Tuntimarkkinat	Hyväksytystä tarjouksesta saatava kor- vaus on sama kuin toimijan tarjoukselle asettama hinta
Säätösähkö- markkinat	Tuntimarkkinat	Tarjouksien perusteella määritetty markkinahinta
Nopea häiriöreservi	Pitkäaikainen sopimus	0,5 €/MW,h + 580 €/MWh
Elspot	Tuntimarkkinat	Tarjouksien perusteella määritetty markkinahinta
Elbas	Tuntimarkkinat	Hyväksytty tarjous toteutetaan toimijan asettamaan tarjoushintaan
Tehoreservit	Pitkäaikainen sopimus	Sopimuspohjainen

Spot- ja säätösähkömarkkinoilla sekä tasehallinnassa kysyntäjoustopotentiali vaihtelee sähkön tuntihinnan muutoksien mukaisesti. Yleisesti ottaen säätösähkön hin-
nan, ja siihen pohjautuvan tasesähkön hinnan volatiliiteetti ja hintapiikit ovat korkeampia kuin

spot-markkinoiden. Näin ollen tase- ja säätösähkömarkkinat tarjoavat yleensä paremman taloudellisen potentiaalin kysyntäjoustopotentialin hyödyntämiseksi kuin spot-markkinat. Elbas markkinoilla energiakaupat tehdään toteutuessaan toimijan jättämään tarjoushintaan. Täten taloudelliseen potentiaalin Elbas-markkinalla vaikuttaa olennaisesti myös markkinatoimijan käyttämä tarjousstrategia ja sen toteutuminen käytännössä.

Reservimarkkinoiden hinnoitteluperusteet vuosimarkkinoilla määritellään kuhunkin markkinapaikkaan liittyvissä sopimuksissa. Vuonna 2014 reservimarkkinoille vuosisopimuksella tarjotun taajuusohjatun käyttöreservin kapasiteettikorvaus oli 15,8 €/MW,h. ja taajuusohjatun häiriöreservin kapasiteettikorvaus 4,03 €/MW,h. Vastaavien reservien tuntimarkkinoilla kapasiteettikorvausta suuruus määräytyy kullekin tunnille jätettyjen tarjousten perusteella, ja voi näin ollen vaihdella eri tuntien välillä hyvinkin paljon. Automaattisen taajuudenhallinta-reservin markkinoilla hyväksytystä tarjouksesta saatava korvaus on sama kuin toimijan tarjoukselle asettama hinta. Nopean häiriöreservin ylläpidosta maksetaan teho-korvausta 0,5 €/MW,h ja aktivoituneelle energialle maksetaan 580 €/MWh.

3.4 Kysyntäjoustoressien soveltuvuus eri markkinapaikoilla

Tässä kappaleessa tarkastellaan esimerkinomaisesti potentiaalisimpien kuormaryhmien soveltuvuutta eri markkinapaikoille. Näin pyritään havainnollistamaan tekijöitä jotka vaikuttavat keskeisesti eri kuormien hyödyntämismahdollisuuksiin, ja samalla myös taloudelliseen potentiaaliin, eri markkinoilla. Tavoitteena ei kuitenkaan ole määrittellä suoraan mitä kuormitusryhmää tulisi käyttää milläkin markkinalla, vaan ainoastaan havainnollistaa yleisellä tasolla miten eri lämmitysjärjestelmien ominaisuudet ja ohjattavuus vaikuttavat niiden soveltuvuuteen eri markkinapaikoille.

Varaavat sähkölämmitysjärjestelmät soveltuvat kuormanohjaukseen siinä suhteessa hyvin, että myös pitkäaikaiset poiskytkennät ovat mahdollisia ilman, että loppukäyttäjälle aiheutuu merkittävää haittaa. Käytännössä varaavia sähkölämmitysjärjestelmiä on perinteisesti ohjattu yö- ja päiväaika tariffin mukaisesti. Tällöin lämmitysjärjestelmät kytkeytyvät päälle klo. 22:00 - 23:00 yöaikatariffin mukaan, ja ovat päällä tästä eteenpäin, lämmitystarpeesta riippuen, joitain tunteja tai mahdollisesti aina aamuun klo 6:00 - 7:00 asti. Kuormanohjauksen näkökulmasta varaavan sähkölämmityksen päälle kytkeytyminen noin klo 22 tarkoittaa sitä, että suurin ohjaukskapasiteetti on nykyisellään käytössä heti tämän jälkeen, ja vähenee asteittain aamuun päin mentäessä.

Haasteena käytännön ohjattavuuden ja taloudellisen potentiaalin analysoinnin kannalta on, että varaavien lämmitysjärjestelmien poiskytketymisaikaa on usein vaikea arvioida. Omi-

naisuuksiensa puolesta varaavat sähkölämmitysjärjestelmät soveltuvat ohjattavaksi useilla eri markkinapaikoilla. Käytännössä varaavien sähkölämmitysten poiskytkentä on nykyisellään mahdollista vain kylminä vuodenaikoina ja yöaikaan, jolloin lämmitysjärjestelmät ovat päällä. Periaatteessa varaavan lämmityksen käyttö- ja ohjausyksiä voidaan muuttaa myös täysin erilaiseksi, esimerkiksi spot-hintaa perustuvaksi.

Markkinoiden näkökulmasta varaava sähkölämmitys soveltuu nykyisellään parhaiten ohjattavaksi Elspot-markkinan hinnan mukaan. Sähköjärjestelmän ja ominaisuuksiensa puolesta varaavat lämmitysjärjestelmät voisivat soveltua hyvin myös täydentämään taajuusohjattavien reservien tarpeita yö-aikaan, jolloin säätävää vesivoimatuotantoa on tyypillisesti vain vähän käytössä. Ohjattavuutensa puolesta nämä kuormat soveltuvat periaatteessa myös monille muille markkinapaikoille kuten säätösähkömarkkinoille tai myyjän tasehallintaan. Ohjauksen taloudellista potentiaalia näillä markkinoilla vähentää merkittävästi ohjausmahdollisuuksien rajoittuminen vain yöaikaan, jolloin myös kulutuksen leikkauksen tarve on usein vähäinen

Suora sähkölämmitys, osittain varaava sähkölämmitys ja käyttöveden lämmitys (pienet varaajat) ovat ohjattavuuden näkökulmasta samankaltaisia ryhmiä. Näiden päälle ja pois kytkeytymisiä on vaikea ennustaa yksittäisiltä loppukäyttäjiltä ilman erillisiä mittauksia. Käytännössä nämä järjestelmät voivat kytkeytyä päälle/pois millä vuorokauden hetkellä hyvänsä riippuen kohteen lämmitystarpeesta. Ohjattavuutensa puolesta nämä kuormat soveltuvat hyödynnettäväksi markkinoilla, joissa ohjattavaa kapasiteettia voidaan tarjota markkinoille suhteellisen lyhyeksi aikaa (esimerkiksi tunniksi). Periaatteessa näitä kuormaryhmiä voidaan siis hyödyntää lähes kaikilla markkinoilla. Suoraa tai osittain varaavaa lämmitystä ei kuitenkaan voida käyttää reservien vuosimarkkinoilla, joilla kapasiteetin on oltava käytettävissä myös lämmityskauden ulkopuolella. Reservikäytössä ohjattavan kapasiteetin riittävyys ja todentaminen aiheuttavat lisähaasteita. Käytännössä näiden vaatimusten täyttäminen edellyttää siis esimerkiksi riittävän tarkan ja reaaliaikaisen tehomittauksen asentamista.

Suoran- ja osittain varaavan sähkölämmityksen sekä käyttöveden lämmityksen kuormitusryhmien käytännön hyödyntäminen ainakin spot-markkinoilla on mahdollista toteuttaa AMR-järjestelmien kautta. Myös näiden hyödyntäminen osana myyjän tasehallintaa on mahdollista AMR-pohjaisella ratkaisulla, mikäli ohjauksien viiveet eivät ole liian suuria. Kyseisten kuormitusryhmien hyödyntäminen reserveinä puolestaan edellyttää näiden todentamiseen tarvittavien mittausjärjestelmien asentamista. Reservimarkkinoilla ohjauksien täytyy toimia myös riittävän reaaliaikaisesti, jolloin AMR-järjestelmien käyttö ohjaukseen voi olla mahdo-

tonta. Lisäksi kyseisten kuormien käyttö taajuusohjattavana reservinä edellyttää taajuusmitausta.

Edellä mainittujen kuormitusryhmien lisäksi esimerkiksi lämpöpumput, ilmanvaihtojärjestelmät, jäähdytysjärjestelmät, mutta myös muut vastaavat kuormat voivat tarjota merkittävää ohjauskapasiteettia eri markkinoille. Käytännössä näiden käyttösyklit ja energianvarauskyky, ja toisaalta eri markkinapaikkojen asettamat vaatimukset, määrittävät pitkälti niiden soveltuvuuden kullekin markkinalle. Periaatteessa kuormien ohjattavuus ja ohjausten dynamiikka (vaikutus kuormitusprofiiliin) voi vaihdella merkittävästi jopa samantyyppisten kuormien välillä käyttökohteesta riippuen. Vastaavasti myös eri markkinat asettavat erilaisia vaatimuksia aggregoitujen kuormien ohjattavuudelle.

Yleisesti ottaen markkinapaikat mahdollistavat periaatteessa useiden erilaisten aggregoitujen kuormien hyödyntämisen. Toisaalta, markkinoiden sopimusehdoissa ei yleensä tarkemmin määritellä millaisia aggregoituja kuormia markkinoille voidaan tarjota. Myöskään siihen ei oteta kantaa, täytyykö aggregoitujen kuormien olla saman tasevastuun alla. Esimerkiksi säätösähkömarkkinoiden sopimusehdoissa määritellään kuormien aggregoinnin suhteen ai-noastaan, että ”tarjous voi koostua useasta alle 10 MW yksiköistä ts. säätävää kapasiteettia voi aggregoida”. Täten erilaisten kuormien soveltuvuus eri markkinapaikoille täytyy käytännössä selvittää usein tapauskohtaisesti. Yleisellä tasolla eri kuormatyyppien soveltuvuutta eri markkinoille voidaan arvioida tarkemmin taulukoissa 3.1, 3.2 ja 4.10 esitettyjen tietojen pohjalta.

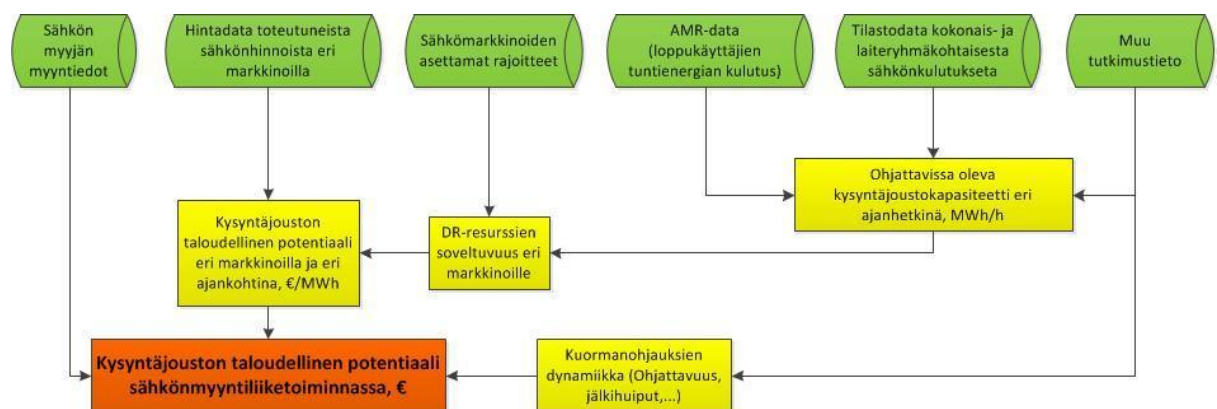
3.5 Kysyntäjoustopotentialin mallintaminen

Edellisissä kappaleissa selvitettiin keskeisimmät markkinapaikkojen asettamat vaatimukset kysyntäjoustopotentialin näkökulmasta sekä käytiin pintapuolisesti läpi erilaisten kysyntäjoustopotentialien soveltuvuutta eri markkinoille. Nämä tiedot luovat pohjan kysyntäjoustopotentialien tarkemmalle analysoinnille. Lisäksi taloudellisen potentialin arvioiminen edellyttää analyseja kysyntäjoustopotentialin käytettävien kuormien ohjauksen vaikutuksista kuormituskäyriin. Kuormanohjauksen vaikutuksia täytyy myös tarkastella myyjän liiketoiminnan kokonaisprosessin sekä loppukäyttäjän näkökulmasta. Käytännössä saavutettavaan taloudelliseen potentialiin vaikuttaa yleensä myös myyjän käyttämä tarjousstrategia ja sen onnistuminen käytännössä.

Kaikkien taloudelliseen potentialiin vaikuttavien tekijöiden tarkka analysointi ja mallintaminen on käytännössä mahdotonta. Täten pääpaino kysyntäjoustopotentialin

analysoinnissa on laitettu keskeisimpiin kuormitusryhmiin (lämmityskuormat). Tämän lisäksi taloudellista potentiaalia tarkastellaan myös yleisellä tasolla ottamatta tarkasti kantaa mikä ohjattava kapasiteetti on käytännössä. Näiden tarkastelujen pohjalta saadaan tuloksia siitä miten taloudellinen potentiaali vaihtelee eri ajanjaksoina. Tämän pohjalta voidaan edelleen analysoida miten teoreettinen taloudellinen potentiaali voidaan saavuttaa käytännössä eri kuormitusryhmien kohdalla.

Yleisellä tasolla taloudellista potentiaalia pystytään arvioimaan suhteellisen luotettavasti käytettävissä olevien tietojen pohjalta, joihin lukeutuvat AMR-data loppukäyttäjien sähkönkulutuksesta, toteutuneet sähköhinnat eri markkinoilla, yms. tutkimus- ja tilastotiedot. Kuvassa 3.2 on esitetty yleisellä tasolla metodiikkaa, jota on sovellettu kysyntäjoukon taloudellisen potentiaalin arviointiin.



Kuva 3.2 Kysyntäjoukon taloudellisen potentiaalin analysointi

Suuraviivaisin ja käytännönläheisin lähestymistapa taloudellisen potentiaalin arviointiin on tarkastella sitä historiatietojen pohjalta. Kaikista laskennassa mallinnettavista muuttujista, kuten kuormanohjauksien jälkihuipuista, ei kuitenkaan ole saatavilla käytännön mittaustietoja. Täten niiden suhteen joudutaan tekemään eräitä yksinkertaistuksia ja oletuksia. Taulukossa 3.4 on esitetty keskeisimmät kysyntäjoukon taloudelliseen potentiaaliin vaikuttavat tekijät ja niiden mallintaminen laskennassa.

Sähkön hinnanvaihteluita mallinnetaan laskennassa historiallisiin hintatietoihin perustuen. Näiden pohjalta pystytään arvioimaan miten suurta tuottopotentiaali kysyntäjousto tarjoaa ohjattavissa olevaa energiayksikköä kohden. Toisin sanoen, hintatietojen pohjalta voidaan arvioida miten suurta taloudellista potentiaalia (€/MWh) mikäkin markkinapaikka tarjosi tarkasteluajanjaksolla.

Tarkempi taloudellisen potentiaalin analysointi edellyttää myös ohjattavan kapasiteetin määrittämistä kunakin tarkasteluajanhetkenä. Käytännössä ohjattavan kapasiteetin määrästä ei yleensä ole saatavissa tarkkoja kulutusryhmäkohtaisia tietoja, ainakaan laajassa mittakaavassa. Loppukäyttäjien sähkön kokonaiskulutuksesta on kuitenkin saatavilla valtavasti tuntitason tietoa AMR-mittauksien muodossa. Yhdistämällä AMR-dataa, tilastotietoja sekä muuta tutkimustietoa eri laiteryhmien sähkönkulutuksesta, sekä huomioimalla sähkölämmityksen energiankulutuksen lämpötilariippuvuus, voidaan ohjattavan potentiaalia määrätä mallintaa riittävällä tarkkuudella tuottopotentiaalin analysoimiseksi. Yksityiskohtaisimmissa esimerkkilaskelmissa on hyödynnetty SLY:n sähkön käytön kuormitustutkimuksen (SLY 1992b) kuormituskäyrän 110 loppukäyttäjien AMR dataa, joka käsittää suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden lämmityksen (varaaja < 300l) loppukäyttäjiä. Huomioimalla sähkölämmityksen lämpötilariippuvuus, sähkölämmityksen käyttämä energian saadaan arvioitua suhteellisen luotettavasti tuntitasolla.

Taulukko 3.4 Kysyntäjoustopotentialiin vaikuttavat tekijät ja kuvaus niiden mallintamisesta taloudellisen potentiaalin analyyseissa.

Tekijä	Vaikutus	Mallintaminen
Sähköhinnan vaihtelut	Mitä suurempia hinnanvaihteluita tai korkeampia hintoja markkinoilla esiintyy, sitä suurempi on kysyntäjoustopotentialissa oleva taloudellinen potentiaali	Historiallinen hintadata ja markkinakohtaiset hinnoitteluperusteet
Ohjattavien DR-resurssien määrä ja ohjattavuus eri ajanhetkinä	Mitä enemmän kysyntäjoustopotentialia on käytettävissä, sekä mitä joustavammin ja reaaliaikaisemmin resurssia voidaan ohjata, sen suurempi taloudellinen potentiaali on	Mallinnus AMR-dataan sekä tutkimus- ja tilastotietoon pohjautuen
Ohjauksen jälkihuippu	Mitä suurempi jälkihuippu ohjauksesta syntyy, sitä haastavampaa resurssien ohjaus on, ja sitä tarkemmin ohjauksen ajoitus täytyy onnistua taloudellisen potentiaalin maksimoimiseksi.	Käytettävissä olevien tutkimus- ja mittaustietojen pohjalta.
Myyjän liiketoimintaprosessi	DR-resurssien ohjaukset tulee huomioida etukäteen mahdollisuuksien mukaan. Ohjaukset tulee myös pyrkiä ajoittamaan niin, että ohjauksen jälkihuippu ei aiheuta liian suurta tasevirhettä joka syö ohjauksen kannattavuuden.	Ohjauksien jälkihuippujen vaikutusten huomiointi laskennassa.

Lämmityskuormien poisohjauksen jälkeen, kun kuormat kytketään takaisin päälle, syntyy energiankulutukseen jälkihuippu, koska kuormat pyrkivät palauttamaan asetuslämpötilan. Käytännössä kuormanohjauksien jälkihuipuista on saatavissa hyvin rajatusti mittausdataa. Lisäksi jälkihuipun suuruuteen (teho) ja kestoon vaikuttavat lukuisat eri tekijät, jotka riippuvat mm. ohjattavan kuorman ominaisuuksista, ohjauksen käytännön toteutuksesta (esim. pois-kytkennän kesto) ja loppukäyttäjän toimista ohjauksen aikana. Yksittäisten lämmitysjärjestelmien synnyttämien jälkihuippujen arviointi on siis hyvin vaikeaa, koska jälkihuippujen kesto ja suuruus voi vaihdella merkittävästi riippuen em. tekijöistä. Laajassa mittakaavassa ja tuntitasolla yksittäisten jälkihuippujen vaihtelut kuitenkin tasoittuvat. Näin ollen kuormitusryhmän ohjauksen kokonaisjälkihuippua voidaan mallintaa olemassa olevan mittaus- ja tutkimustiedon pohjalta riittävällä tarkkuudella kuormanohjauksien taloudellisen potentiaalin analysoimiseksi.

Esimerkkilaskelmissa on oletettu että kuormitusryhmän 110 kuormanohjauksien aiheuttaman jälkihuipun kesto ja energian kulutuksen kasvu ovat yhtä suuria kuin kuormien poisohjauksen kesto ja sen seurauksena syntynyt energiankulutuksen väheneminen. Yleisesti ottaen kuormanohjauksen jälkihuippu on teholtaan sitä suurempi, mitä pidempi käytön keskeytys on. Palautunut teho on suurimmillaan tyypillisesti heti takaisinkytkennän jälkeen. Vähitellen tehonkulutus pienenee, kun yhä useampi lämmitysjärjestelmä saa palautettua asetuslämpötilan ja kytkeytyy pois päältä. Kuormanohjauksien vaikutukset energiankulutukseen puolestaan riippuvat pääosin keskeytyksen pituudesta ja ulkoisista tekijöistä kuten loppukäyttäjän toimista ja ulkolämpötilasta. DR-resurssin tyyppi puolestaan määrittää pitkälti sen aiheutuuko kuormanohjauksesta energian kulutuksen lisääntymistä, vähentymistä, vai ei kumpaakaan.

Kuormanohjauksien käytännön toteutuksen näkökulmasta on tärkeä huomioida myös muut ohjauksien vaikutukset myyjän liiketoimintaan. Ennen kaikkea kuormanohjauksien vaikutukset myyjään taseeseen tulee huomioida. Käytännössä myyjän tulee ottaa huomioon myös eri markkinapaikkojen asettamat rajoitteet kuten aikarajat osto/myyntitarjouksien jättämiselle, erilaisien tarjousstrategioiden vaikutukset, yms. tekijät. Jotta laskennan kompleksisuus ei kasva liian suureksi, analyyseissa on oletettu että myyjä on huomioinut mahdolliset kuormanohjaukset aiemmassa sähkönhankintojen ja suojausten suunnittelussa. Kuormanohjauksen vaikutukset, mukaan lukien jälkihuiput, on pyritty mahdollisuuksien mukaan huomioimaan analyyseissa.

Kysyntäjoustoressurssien ohjauksien tarjoaman tuottopotentialin lisäksi taloudelliseen kokonaispotentialin vaikuttaa olennaisesti kysyntäjouaston toteutuksen kustannukset. Käytännössä toteutuksen kustannukset voivat vaihdella merkittävästi riippuen toteutukseen käytetyistä laitteistoista, asennettavien laitteiden määrästä ja monista muista tekijöistä. Tämän luvun taloudellisen potentialin analyyseissa keskitytään kuitenkin ainoastaan tuottopotentialin arviointiin.

Lopuksi tulee vielä muistaa, että aiemmin toteutunut tuottopotentiali voi tulevaisuudessa olla pienempi tai suurempi, riippuen ennen kaikkea sähkön hintakehityksestä. Mitä enemmän sähkönhinnoissa on vaihtelua eri tuntien välillä, tai mitä korkeammat hinnat ovat, sitä suurempi saavutettavissa oleva taloudellinen potentiali on. Yleisesti ottaen uusiutuvan tuotannon lisääntymisen oletetaan lisäävän sähkön hinnanvaihteluita, jonka pohjalta kysyntäjouaston taloudellisen potentialin voidaan olettaa ennemmin kasvavan kuin laskevan tulevaisuudessa.

3.6 Kysyntäjouaston taloudellinen potentiali suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmän loppukäyttäjillä

Tässä kappaleessa tarkastellaan millaista taloudellista potentialia voidaan saavuttaa ohjaamalla tehonrajoitusreleen takana olevien suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden lämmityksen (varaaja<300l.) esimerkkikuormaryhmään 110 kuuluvien 1388 kotitalousasiakkaan lämmityskuormia seuraavilla markkinapaikoilla;

- 1) Elspot markkina
- 2) Myyjän tasehallinta
- 3) Säätosähkömarkkina
- 4) Taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkina

Muut markkinapaikat on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle, koska kyseisen kuormitusryhmän ohjaus on näillä haastava toteuttaa. Poikkeuksena tähän on kuitenkin Elbas markkina, jolla kyseisiä kuormia voitaisiin periaatteessa ohjata. Elbas markkinan ajoittain vähäisien kaupankäyntivolyyymien, käytetyn hinnoittelumallin sekä muiden laskennan epävarmuutta lisäävien tekijöiden johdosta se on rajattu myös tarkasteluiden ulkopuolelle.

Esimerkkikuormitusryhmän asiakkaiden kuormanohjausten taloudellista potentialia tarkastellaan aikavälillä 1.1.2011 -31.12.2011. Taloudellinen potentiali on laskettu kyseisen ajanjakson toteutuneisiin markkinahintoihin, sekä AMR-datan pohjalta lämpötilariippuvana mallin-

nettuun sähkölämmityksen kulutukseen (ohjattava kapasiteetti) pohjautuen. Kuormanohjauksien toteutusta on laskennassa rajoitettu verkko-ohjesäännössä esitettyjen rajoitusten mukaisiksi ja loppukäyttäjien mukavuustason säilymisen varmistamiseksi. Maksimissaan 5 tunninkestoista ohjausta on sallittu vuorokauden aikana. Lisäksi jokaisen kuormanohjauksen toimeenpanon jälkeen kuormien uudelleenohjaus on estetty ohjausta seuraavalle tunnille syntyvän jälkihuipun ja sitä seuraavan tunnin ajan. Kuormanohjauksen estoaika kunkin ohjauksen loppumisen jälkeen on siis kaksi tuntia, paitsi taajuusohjatun häiriöreservin tarkasteleissa 1 tunti. Tällä varmistetaan että simuloidut ohjaukset eivät vaaranna loppukäyttäjän mukavuustasoa tarkasteluajanjaksolla. Toisaalta tämä verrattain pitkä uudelleenohjauksen estoaika myös pienentää laskennallista taloudellista potentiaalia. Käytännössä lyhempi ohjauksenesto-aika, kuten 1 tunti, riittäisi useimmissa tapauksissa. Taulukossa 3.5 on esitetty tiivistetysti laskennassa käytetyt reunaehdot ja oletukset.

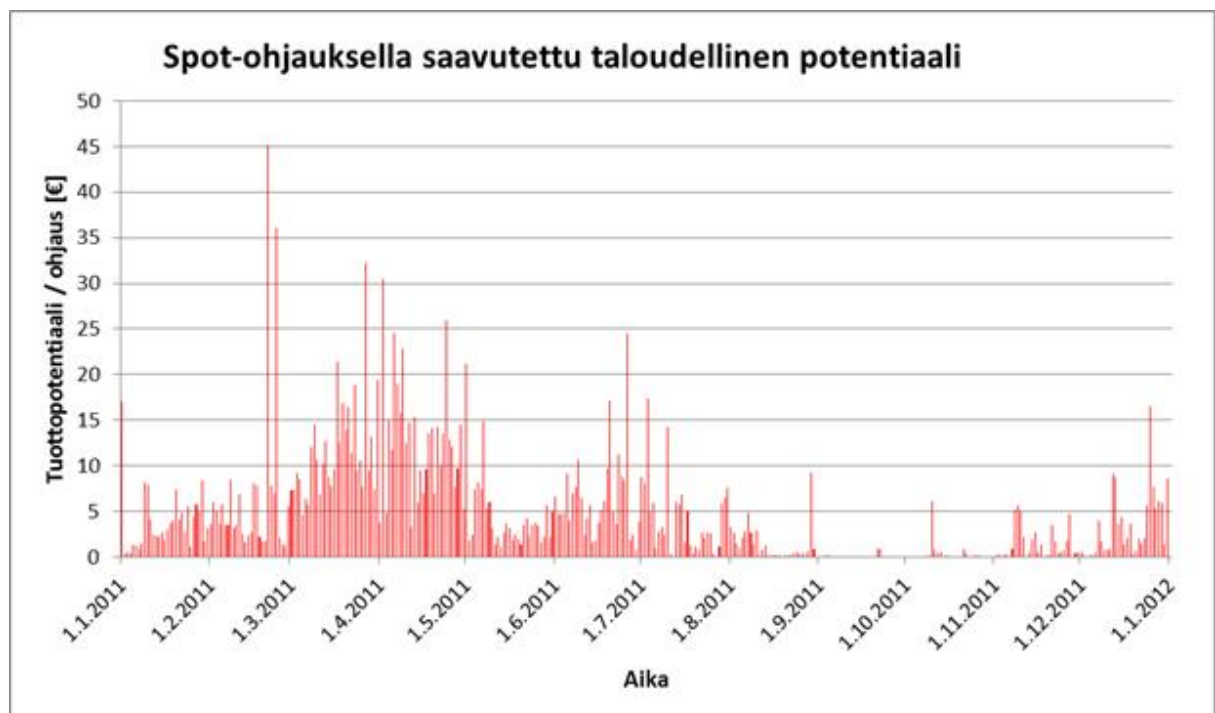
Taulukko 3.5 Kuormanohjauksien taloudellisen potentiaalin laskennassa käytetyt reunaehdot ja oletukset

Parametri / Reunaehto	Kuvaus	Mallinnus laskennassa
Ohjattavan kapasiteetin määrä	Tunneittain ohjattavissa olevan lämmityskuorman määrä	Vaihtelee tunneittain välillä 0 - 5,8 MW lämpötilan funktiona.
Ohjauksen kesto	Kuormien poiskytkennän yhtämittainen kesto	Tarkastellaan maksimissaan 1 tunnin kestoista poiskytkentää
Jälkihuippu	Kuormien poiskytkentää seuraavalle tunnille syntyy jälkihuippu kuormien takaisinkytkennän seurauksena	Jälkihuipun oletetaan kestävän yhtä kauan kuin kuormien poiskytkennän (yleensä 1 tunti) ja vastaavan energiamäärältään poiskytketyn energian määrää
Kuormanohjauksen rajoitukset	Kuormanohjauksien toimeenpanoa on rajoitettu asiakkaiden mukavuustason säilymisen takaamiseksi ja verkko-ohjesääntöjen pohjalta	<ul style="list-style-type: none"> - Max. 5 ohjausta/vrk - Max. 1h. kestoinen poiskytkentä sallittu - Jokaisen kuormien pois- ja takaisinkytkennän jälkeen uudelleenohjaus on estetty simuloidun jälkihuipun ja sitä seuraavan tunnin ajan

3.6.1 Esimerkkilaskelma 1: Kuormien ohjaus Elspot-hintaan perustuen

Ensimmäiseksi tarkastellaan esimerkkikuormitusryhmän 110 ohjausta Elspot markkinan hintojen pohjalta. Käytännössä tällainen ohjaus voidaan toteuttaa melko yksinkertaisesti ohjaamalla kuormanohjausreleen takana olevia kuormia Elspot-hintojen perusteella. Simuloitujen kuormien poiskytkentä tehdään sallitun ohjausjakson aikana ajanhetkenä jolloin ehto $\max(p_n - p_{n+1})$ toteutuu, jossa p_n on sähkön hinta tunnilla n ja p_{n+1} on sähkön hinta tuntia n seuraavalla tunnilla. Toisien sanoen kuormia ohjataan ohjausjaksolla niiden peräkkäisten tuntien välillä joiden hintaero on suurin, kuitenkin ohjaukselle asetettujen rajoitteiden puitteissa.

Kuvassa 3.3 on esitetty spot-hintaan pohjautuvalla kuormanohjauksella saavutettu taloudellinen säästöpotentiaali tuntitasolla.



Kuva 3.3 Kuormanohjauksen säästöpotentiaali Elspot-hintaan perustuvassa ohjauksessa simuloitulla ohjauskapasiteetilla (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta).

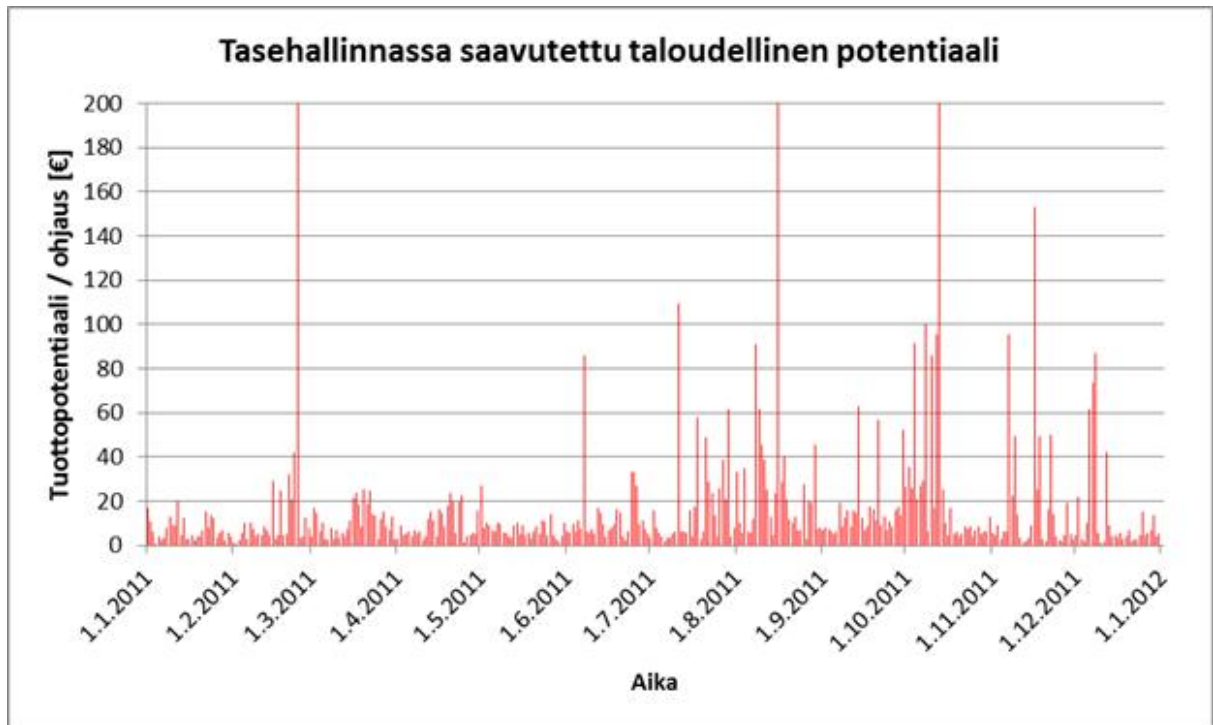
Simuloinnin tuloksista nähdään, että vuoden 2011 tarkasteluajanjaksolla kyseisen kuormitusryhmän (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta). spot-hintaan perustava kuormanohjaus tuotti n. 3 500 € säästöpotentiaalin. Kuten kuva 3.3 havainnollistaa, simuloituilla tunnin kestoisilla Elspot-hintaan perustuvalla kuormanohjauksella saavutettiin parhaimmillaan muutamien kymmenien Eurojen säästöjä ohjausta koh-

den. Tarkemmasta laskentadatasta puolestaan nähdään, että yksittäisellä kuormitusryhmän kaikille asiakkaille (1388 kpl) tehdyllä tunninkestoisella ohjauksella saavutettu suurin tuotto-
potentiaali on n. 45 € ja keskimääräinen potentiaali n. 2,8 €. Yhteensä ohjauksia tehtiin 1232
kpl vuoden 2011 aikana.

Kun kuormanohjauksella saavutettu tuottotaloudellinen potentiaali suhteutetaan ohjattavien
asiakkaiden määrän, ohjauksella saavutettu säästö asiakasta kohden vuoden 2011 aikana
on ainoastaan noin 2,5 €. Tämän esimerkin tuloksien pohjalta voidaan päätellä, että kysei-
sellä tarkasteluajanjaksolla esimerkkikuormitusryhmän lämmityskuormien ohjaus Elspot-
hintaan perustuen tarjosi melko vaatimatonta taloudellista potentiaalia. Tätä potentiaalia
pienentää kuorman siirron rajoittuminen peräkkäisten käyttötuntien välille. Mikäli kuormituk-
sia pystyttäisiin siirtämään vapaammin vuorokauden sisällä, olisi myös taloudellinen potenti-
aali suurempi.

3.6.2 Esimerkkilaskelma 2: Kuormien ohjaus osana myyjän tasehallintaa

Tässä esimerkissä tarkastellaan esimerkkikuormitusryhmän 110 ohjaamista osana sähkön
jälleenmyyjän tasehallintaa. Esimerkin laskelmat on tehty kulutustasesähkön hintaan ja oh-
jattavaan kapasiteettiin perustuen niin, että myyjä pyrkii ohjaamaan kulutustasettaan opti-
maaliseen suuntaan hinta- ja kulutusennusteiden pohjalta. Tuloksen kuvaavat näin ollen
teoreettisen tuottopotentiaalin jonka myyjä voi saavuttaa ohjaamalla kyseistä asiakasjouk-
koa osana tasehallintaansa. Käytännössä tämän tuottopotentiaalin saavuttaminen edellyt-
täisi, että myyjä pystyy ajoittamaan ohjaukset optimaalisesti kulutus- ja/tai hintaennusteiden
pohjalta. Muilta osin laskennan peruseriaatteet, käytetyt lähtöarvot ja reunaehdot ovat sa-
mat kuin edellä esitettyssä laskentaesimerkissä 1. Kuvassa 3.4 on esitetty simuloinnin tulok-
set.



Kuva 3.4 Kuormanohjauksen teoreettinen taloudellinen potentiaali myyjän tasehallinnassa simuloitulla ohjaukspotentiaalilla (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta).

Simuloinnin tuloksista nähdään, että vuoden 2011 tarkastelujaksolla kyseisen kuormitusryhmän spot-hintaan perustava kuormanohjaus tuotti n. 11 700 € säästöpotentiaalin myyjälle. Kuvasta 3.6.2 havaitaan, että simuloituilla tunnin kestoisilla kuormanohjauksilla saavutettiin muutamien tuntien aikana yli sadan euron säästöjä. Tarkemmasta laskentadatasta puolestaan nähdään, että yksittäisellä kuormitusryhmän kaikille asiakkaille (1388 kpl) tehdyllä tunninkestoisella ohjauksella saavutettu suurin säästö tasehallinnassa on yli 500 € ja keskimääräinen säästö n. 7,3 €. Yhteensä ohjauksia tehtiin 1 607 kpl vuoden 2011 aikana.

Kun kuormanohjauksella saavutettu kokonaistuottopotentiaali suhteutetaan ohjattavien asiakkaiden määrään, ohjauksella saavutettu teoreettinen säästö asiakasta kohden vuoden 2011 aikana on noin 8,4 €. Tämän esimerkin tuloksien pohjalta voidaan päätellä, että kyseisellä tarkasteluajanjaksolla lämmityskuormien ohjaus osana myyjän tasehallintaa tarjosi yli kolminkertaisen taloudellisen potentiaalin verrattuna Elspot-hintaan perustuvaan kuormanohjaukseen. Tulee kuitenkin muistaa, että käytännössä tämän potentiaalin hyödyntäminen edellyttää, että myyjä pystyy ajoittamaan kuormanohjaukset oikein kulutus- ja hintaennusteiden pohjalta. Lisäksi myyjän tasevirheen täytyy pysyä riittävän pienenä suhteessa toiminnan laajuuteen, mikä asettaa lisärajoitteita kuormanohjauksien hyödyntämisille osana tasehallintaa.

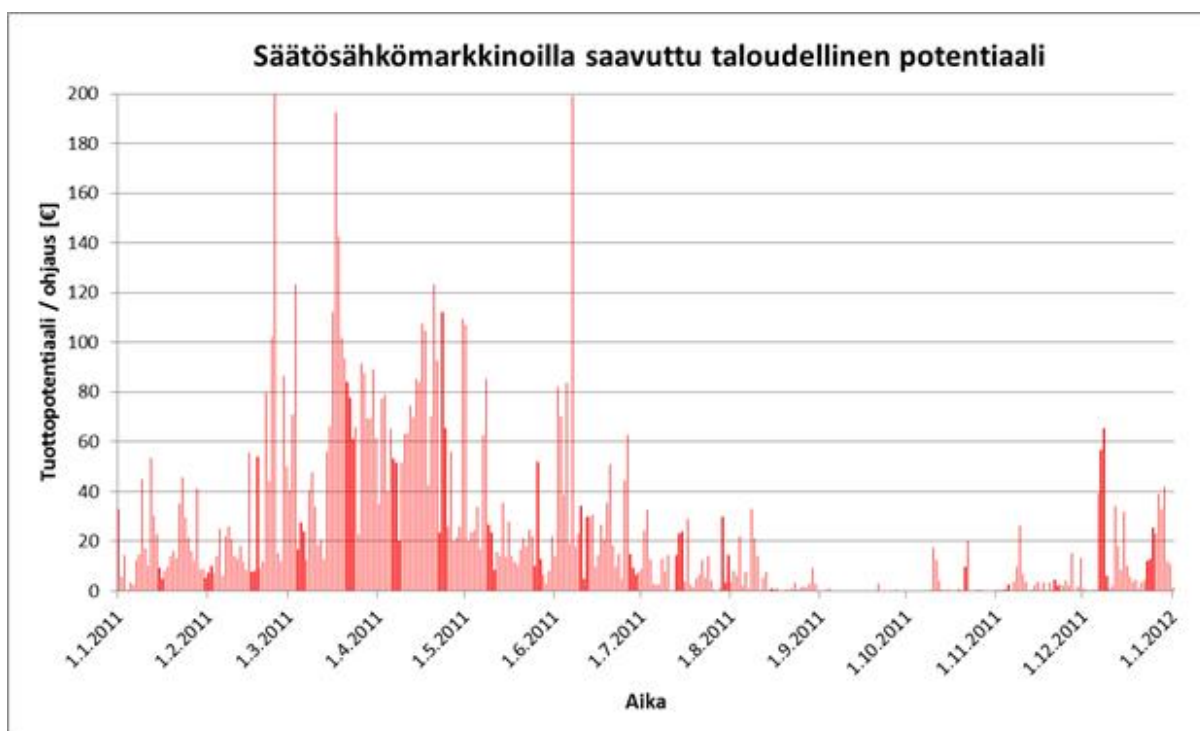
3.6.3 Esimerkkilaskelma 3: Kuormien ohjaus säätösähkömarkkinoilla ylössäätävänä kapasiteettina

Tässä laskentaesimerkissä tarkastellaan kuormitusryhmän 110 asiakkaiden ohjausta säätösähkömarkkinoilla ylössäätävänä (kulutuksen leikkaus) kapasiteettina. Tarkastelu koostuu kahdesta eri osasta. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan teoreettista tuottopotentiaali vastaavalla laskentaperiaatteella ja reunaehdoilla kuin kahdessa edellisessä laskentaesimerkissä. Toisessa osassa puolestaan tarkastellaan miten myyjän tarjousstrategia (tarjoushinta) vaikuttaa kuormanohjauksella saavutettuun taloudellisen potentiaaliin.

Säätösähkömarkkinoihin liittyvissä simuloinneissa kuormien poisohjauksella saavutettu tuotto lasketaan kyseisen tunnin säätökapasiteetin ja ylössäätötunnin hinnan mukaisesti. Kuormien poisohjausta seuraavalle tunnille syntyvän jälkihuiipun puolestaan oletetaan aiheuttaa myyjälle tasevirhettä. Tämän tasevirheen kattamiseksi myyjä ostaa energiaa kulutus- tasesähkön hintaan. Ohjauksien toteutukseen liittyvät rajoitukset ovat samat kuin esimerkkilaskelmissa 1 ja 2 (max. 5 ohjausta/vrk., ohjauksenesto-aika 2 h.).

Osa 1: Laskennallinen maksimituotto:

Ensimmäisessä osassa laskentaesimerkkiä tarkastellaan esimerkkiasiakasryhmän kuormanohjauksien teoreettista maksimi tuottopotentiaalia, kun kuormia ohjataan optimaalisesti annettujen reunaehtojen sisällä. Kuva 3.5 esittää simuloitun teoreettisen taloudellisen potentiaalin esimerkki-kuormitusryhmän 110 asiakkaiden kuormanohjauksille tarkastelujakson tunneille.



Kuva 3.5 Kuormanohjauksen teoreettinen taloudellinen potentiaali säätösähkömarkkinoilla simuloidulla ohjaukskapasiteetilla (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta).

Simuloinnin tuloksista nähdään, että vuoden 2011 tarkastelujaksolla esimerkkikuormitusryhmän asiakkaiden kuormanohjaus säätösähkömarkkinoilla, ylössäätävänä kapasiteettina, tuotti n. 24 000 € teoreettisen taloudellisen potentiaalin. Kuvasta 3.5 nähdään, että yli sadan euron säästöjä saavutettiin useilla ohjauksilla. Tarkemmasta laskentadatasta puolestaan nähdään, että yksittäisellä kuormitusryhmän kaikille asiakkaille (1388 kpl) tehdyllä tunninkestoisella ohjauksella saavutettu suurin säästö on yli 1 500 € ja keskimääräinen säästö n.18,4 €. Yhteensä ohjauksia tehtiin tarkastelujakson aikana 1 280 kpl.

Kun kuormanohjauksella saavutettu taloudellinen kokonaispotentiaali suhteutetaan ohjattavien asiakkaiden määrään, ohjauksella saavutettu teoreettinen säästö asiakasta kohden vuoden 2011 aikana on noin 17 €. Aiempien tuloksien pohjalta voidaan todeta, että kyseisellä tarkasteluajanjaksolla lämmityskuormien ohjaus säätösähkömarkkinoilla tuotti huomattavasti suuremman taloudellisen potentiaalin kuin ohjaus Elspot-hintaan perustuen tai osana myyjän tasehallintaa.

Käytännössä lasketun teoreettisen taloudellisen potentiaalin saavuttaminen säätösähkömarkkinoilla edellyttää, että myyjä onnistuu ajoittamaan ohjaukset optimaalisesti sähkön kulutus- ja hintaennusteiden pohjalta. Käytännössä tämä on kuitenkin haastavaa, eikä teoreettista säästöpotentiaalia pystytä todennäköisesti kokonaan hyödyntämään. Jotta käytännös-

sä saavutettavissa olevaa taloudellista potentiaali voidaan arvioida tarkemmin, luotiin myös vertaileva laskenta joka esitetään seuraavana.

Osa 2. Tarjousstrategian vaikutus käytännön taloudelliseen potentiaaliin

Tässä laskentaesimerkin toisessa osassa tarkastellaan miten tarjoushinta, jolla kuormanohjauksen kapasiteettia tarjotaan markkinoille ylössäätäväksi kapasiteetiksi, vaikuttaa kuormanohjauksella saavutettavaan tuottoon. Laskennan lähtöoletuksena on, että myyjä tarjoaa kuormanohjauksen kapasiteettia säätösähkömarkkinoiden tarjousmenettelyn mukaisesti ylössäätäväksi kapasiteetiksi aina kun kapasiteettia on käytettävissä riittävästi. Käytännössä säätösähkömarkkinoille voidaan tarjota vähintään 10 MW kapasiteettiä. Tässä laskentaesimerkissä esimerkkikuormitusryhmän oletetaan olevan osa suurempaa kuormajoukkoa, ja ohjaus tehdään kun vähintään 0,1 MW kapasiteettia on vapaana. Mikäli tunnin toteutunut ylössäätöhinta on suurempi kuin myyjän asettama tarjous (€/MWh), ylössäätötarjous toteutuu.

Vastaavasti kuin laskennan ensimmäisessä osassa, kuormien ohjauksista on oletettu syntyvän ohjausta seuraavalle tunnille jälkihuippu, joka katetaan ostamalla energiaa kulutus- ja säätösähkön hintaan avoimien toimitusten kautta. Simuloinnit on tehty useilla eri tarjoushinnoilla niin, että kussakin laskennassa tarjoushinta on sama tarkastelujakson (vuosi) kaikilla tunneilla. Kyseessä on siis erittäin yksinkertainen ”tarjousstrategia”, jonka ei voida olettaa tuottavan yhtä suurta taloudellista potentiaalia kuin laskentaesimerkin osassa 1 esitetty teoreettinen maksimipotentiaali. Taulukossa 3.6 on esitetty simulointien tulokset eri tarjoushinnoilla.

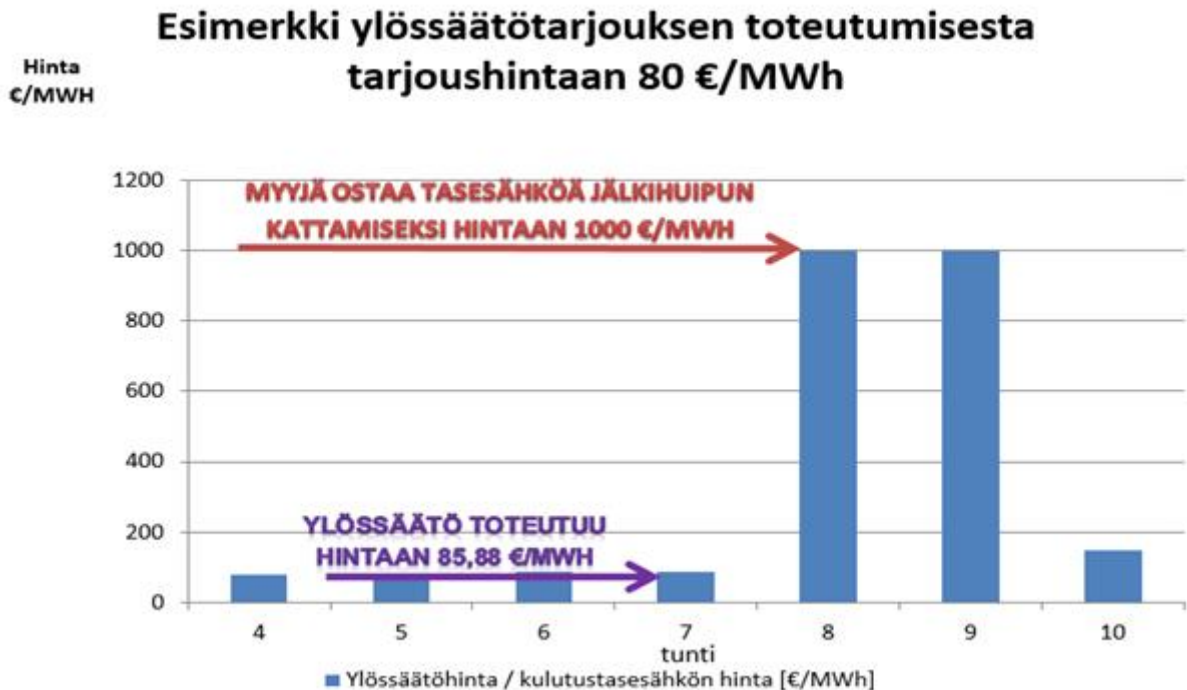
Taulukosta 3.6. nähdään että ylössäädön toteutumisesta saadaan yleensä sitä suurempi tuotto mitä pienempi tarjoushinta on, koska toteutuneiden ohjauksien määrä kasvaa tarjoushinnan pienentyessä. Toisaalta myös kuormanohjauksista aiheutuvien jälkihuippujen kattamiseen tarvittavan energian hankinnasta aiheutuvat kustannukset kasvavat sitä mukaa kuin ohjauksien määrä lisääntyy. Poikkeuksia edellä esitettyihin tulee kuitenkin aivan pienimmillä tarjoushinnoilla, jolloin ohjauksien määrä kasvaa suureksi. Näin ollen ohjauksien ajoittuminen asetettujen rajoitteiden puitteissa voi vaikuttaa olennaisesti ylössäädön tuottoihin ja jälkihuipun kustannuksiin. Yhteenvetona tästä voidaan sanoa, että toteutunut kokonaistuotto ei kasva aina samassa suhteessa kuin ohjauksien määrä lisääntyy, vaan kokonaistuotto riippuu olennaisesti myös jälkihuipun aiheuttamista kustannuksista ja ohjauksien ajoittumisesta annettujen rajoitteiden puitteissa.

Taulukko 3.6 Säätosähkötarkkinoilla saavutettu tuotto eri tarjoushinnoilla ja simuloitulla ohjauskapasiteetilla (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta).

Tarjoushin- ta, ylössä- tö [€/MWh]	Toteutunut tuotto ylössä- döstä [€]	Jälkihui- pun aihe- uttama kustannus [€]	Saavu- tettu tuotto [€]	Toteutunei- den säätojen määrä, [kpl]
10	109 605	-94 723	14 881	1 945
20	109 784	-94 955	14 828	1 938
30	109 661	-95 148	14 513	1 309
40	106 084	-92 583	13 502	1 172
50	98 323	-59 985	11 988	868
60	69 542	-62 120	7 422	616
70	22 839	-19 953	2 885	215
80	6 349	-8 340	-1 991	89
90	5 356	-5 349	6	43
100	4 262	-4 199	63	23
150	3 592	-3 293	300	13
200	3 114	-2 881	233	7
300	2 397	-2 274	123	2

Pääsääntöisesti ohjauksien kokonaistuotto kasvaa laskentaesimerkissä tarjoushinnan pienentyessä ja ohjauskertojen määrän lisääntyessä. Tarjoushinnan ollessa 80, 90 ja 100 €/MWh tässä trendissä nähdään selvä muutos. Erittäin huomionarvoista on, että tarjoushinnalla 80 €/MWh kuormanojauksista ei synny tuottoa vaan kustannuksia. Tämä johtuu siitä että monilla ohjauskerroilla ohjaukset ajoittuvat huonosti yksinkertaistetun tarjousstrategian johdosta. Tarkemmin sanoen ohjauksista moni ajoittuu niin, että säätosähkön ylössätohintaa ohjaustunnilla on pienempi kuin kulutustasesähkön hinta seuraavalla jälkihuippu tunnilla. Näin ollen ohjauksen jälkihuiipun kattamiseen tarvittavan kulutustasesähkön hankintakustannukset ovat suuremmat kuin edeltävällä ylössäto tunnilla toteutetun ohjauksen tuotot.

Tätä ohjauksien oikeaan ajoittamiseen ja sopivan tarjoushinnan asettamiseen liittyvää problematiikkaa on havainnollistettu kuvassa 3.6.



Kuva 3.6 Esimerkki tarkastelujakson aikaisen ohjauksen toteutumisesta tarjoushinnalla 80 €/MWh

Kuvan 3.6 esimerkistä nähdään, että myyjän tarjotessa ylössäätökapasiteettia säätösähkömarkkinalle hintaan 80 €/MWh, säätö toteutuu tunnilla 7 ylössäätöhintaan 85,88 €/MWh. Tällöin myyjä ohjaa kuormitusta pois ja saa tuottoa ohjatulle kapasiteetille ylössäätöhinnan mukaan. Kun myyjä ohjaa kuormat päälle takaisin, tunnille 8 syntyy jälkihiippu jonka kattamiseksi myyjä ostaa tasesähköä hintaan 1 000 €/MWh. Näin ollen kuorman ohjaus tuottaa tappiota ohjatun kapasiteetin osalta noin $(1\ 000 - 86 =) 914$ €/MWh.

Kuvan 3.6 esimerkin ja taulukon 3.6 tulosten pohjalta voidaan todeta, että ohjauksen oikea-aikainen ajoitus on erittäin tärkeää kuormanohjauksen tuottojen maksimoinnin näkökulmasta, etenkin kun ohjauksilla on jälkihiippu. Käytännössä sähkön hintaan ja kulutukseen liittyvä epävarmuus asettavat ohjauksen optimaaliselle ajoittamiselle suurimmat haasteet. Näin ollen kuormanohjauksilla teoriassa saavutettavissa olevan taloudellisen potentiaalin hyödyntäminen käytännössä edellyttää sähkön kulutuksen ja hinnan ennustamista sekä myyjän tarjousstrategian kehittämistä tarkoitukseen sopivaksi.

Tämän laskentaesimerkin yksinkertaistetussa tarjousstrategiassa kapasiteettia tarjottiin joka tunnille samaan hintaan. Käytännössä tarjousstrategiaa tulee kehittää tehokkaammaksi.

Esimerkki kuitenkin havainnollistaa tehokkaasti tarjousstrategian vaikutusta kuormanohjauksella käytännössä saavutettavaan tuottoon.

Yhteenveto laskentaesimerkistä 3:

Laskentaesimerkin osassa 1 laskettiin esimerkkikuormitusryhmän 110 asiakkaiden kuormanohjauksien teoreettinen taloudellinen potentiaali säätösähkömarkkinoilla annettujen reunaehtojen sisällä. Osassa 2 puolestaan tarkasteltiin tarjoushinnan vaikutusta käytännössä saavutettavaan tuottoon. Osassa 1 teoreettiseksi taloudelliseksi potentiaaliksi saatiin noin 24 000 €, ja suurin tuotto eri simuloituilla tarjoushinnoilla osassa 2 oli vähän alle 15 000 €. Käytännössä saavutettavissa oleva taloudellinen potentiaali lienee esimerkkilaskelmien tapauksessa jossain näiden lukujen välillä.

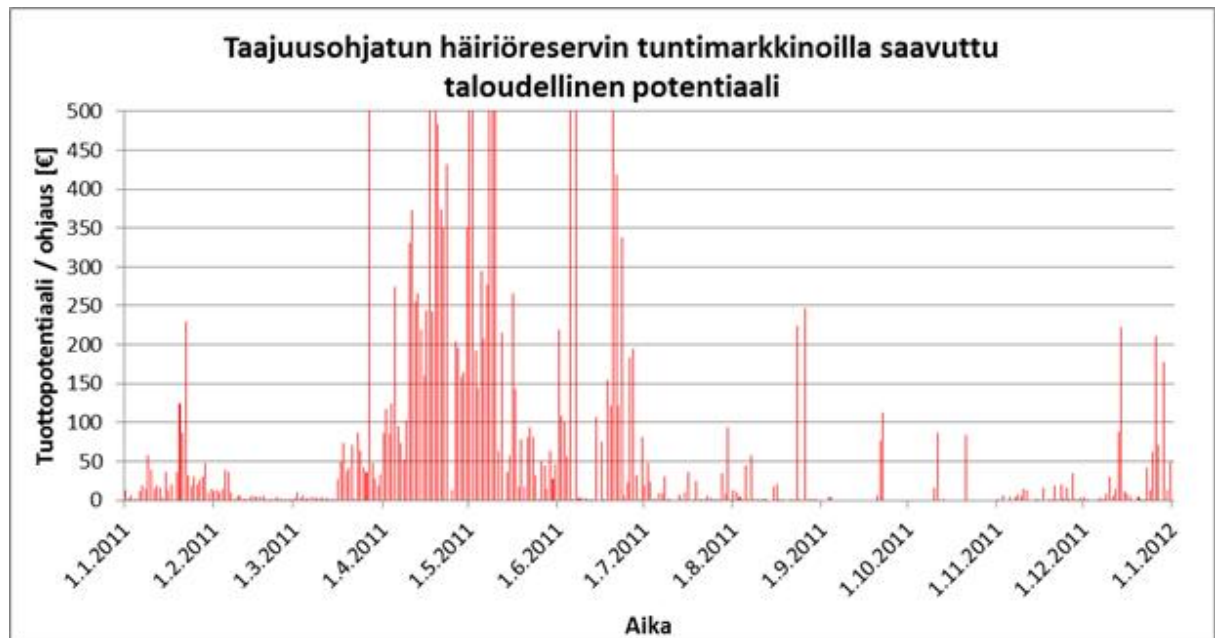
Teoreettisen maksimipotentiaalın 24 000 € saavuttaminen lienee käytännössä hyvin vaikeaa sähkön hintaan ja kulutukseen liittyvän epävarmuuden johdosta. Toisaalta taas osan 2 esimerkkilaskelmat pohjautuivat reunaehtoon että kapasiteettia tarjottiin markkinoille aina samaan hintaan, riippumatta vuoden tai kellonajasta. Käytännössä tätä tarjousstrategiaa voidaan siis kehittää tehokkaammaksi suhteellisen helposti huomioimalla eri vuorokauden ja vuodenaikojen vaikutus sähkön hintaan ja kulutukseen, mikä voi parantaa käytännön tuotto-potentiaali merkittävästi.

3.6.4 Esimerkkilaskelma 4: Kuormanohjauksien potentiaali taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilla

Tässä esimerkissä tarkastellaan millaista teoreettista taloudellista potentiaalia taajuusohjattujen reservien tuntimarkkinat tarjoavat esimerkkikuormituskäyrän 110 asiakkaiden kuormanohjauksille. Esimerkin laskelmat pohjautuvat todelliseen taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinan hintadataan ja samaan arvioituun ohjauspotentiaaliin kuin aiemmat esimerkkilaskelmat. Erona aiempiin esimerkkilaskelmiin on, että taajuusohjatun häiriöreservin kuormanohjausten yhteydessä toteutettujen ohjauksien oletetaan olevan kestoaltaan verrattain lyhyitä, jolloin myös ohjauksen vaikutus energiankulutukseen on pieni. Täten myös kuormanohjauksen jälkihuippu on energiamäärältään pieni ja kestoaltaan lyhyt.

Edellä esitetyn oletuksen pohjalta laskenta on toteutettu niin, että ohjauksien jälkihuiput syntyvät samalle tunnille jolla ohjaus toteutetaan. Näin ollen ne eivät aiheuta myyjälle merkittävää tasevirhettä. Tämän johdosta myös uuden kuormanohjauksen toteutus on mahdollista laskentaesimerkin simuloinneissa heti kun yksi tunti edellisestä ohjauksesta on kulunut. Toisin sanoen kuormanohjauksen estoaika on tässä laskentaesimerkissä yksi tunti. Muutoin

laskennan peruseriaate ja ohjauksien rajaukset ovat samat esimerkkilaskelmissa 1, 2 ja esimerkkilaskelman 3 osassa 1. Kuvassa 3.7. on esitetty simuloinnin tulokset taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinalla.



Kuva 3.7 Kuormanohjauksen teoreettinen taloudellinen potentiaali taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinalla simuloidulla ohjaukskapasiteetilla (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta).

Laskentatuloksista nähdään, että vuoden 2011 tarkastelujaksolla esimerkkikuormitusryhmän asiakkaiden kuormien ohjaus taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinalla tuotti n. 60 000 € teoreettisen taloudellisen potentiaalin. Kuten kuvasta 3.7 havaitaan, että useilla ohjauksilla saavutettiin vuoden 2011 aikana yli 500 € säästöjä. Tarkemmasta laskentadatasta puolestaan nähdään, että yksittäisellä kuormitusryhmän kaikille asiakkaille (1388 kpl) tehdyllä tunninkestoisella ohjauksella saavutettu suurin säästö on yli 1300 € ja keskimääräinen säästö n.50 €. Yhteensä ohjauksia tehtiin tarkastelujakson aikana 1204 kpl.

Kun kuormanohjauksella saavutettu taloudellinen kokonaispotentiaali suhteutetaan ohjattavien asiakkaiden määrään, ohjauksella saavutettu teoreettinen säästö asiakasta kohden on noin 43 €. Tämän ja aiempien tuloksien pohjalta voidaan päätellä, että taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkina tarjosi huomattavasti korkeamman teoreettisen taloudellisen potentiaalin simuloiduille kuormitusryhmän 110 ohjauksille kun muut tarkastelussa mukana olleet markkinapaikat. Markkinoiden hintataso ja ohjauksien vähäinen vaikutus myyjän taseeseen ovat tärkeimmät selittävät tekijät aiemmin analysoituja markkinapaikkoja huomattavasti korkeammalle taloudelliselle potentiaalille. Myös tämän laskentaesimerkin tuloksia tarkastelta-

essa tulee huomioida, että käytännössä laskennallisen teoreettisen tuottopotentialin tehokas hyödyntäminen edellyttää että myyjä pystyy ennakoimaan potentiaalisimmat ohjaustunnit kulutus- ja hintaennusteiden pohjalta, ja suunnittelemaan toimintansa sen mukaisesti.

3.6.5 Yhteenveto esimerkkikuormitusryhmän taloudellisesta potentiaalista eri markkinapaikoilla

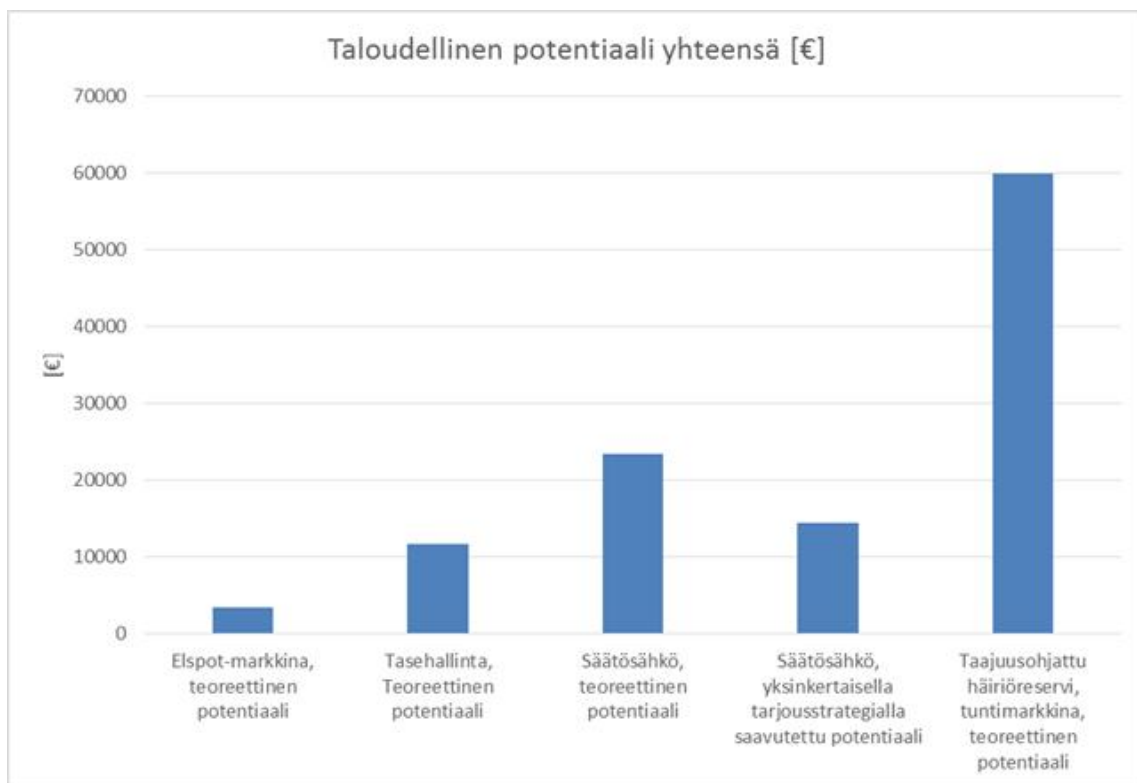
Tämän luvun lopuksi esitetään yhteenveto edellä esitetyistä laskentaesimerkeistä, joissa kuormituskäyrän 110 (suora sähkölämmitys + käyttöveden lämmitys) loppukäyttäjien kuormanohjauksia tarkasteltiin Elspot-, säätösähkö- ja taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilla sekä osana myyjän tasehallintaa. Taulukossa 3.7 on esitetty yhteenveto laskennan tuloksista.

Taulukko 3.7 Yhteenveto suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmän (110) simuloitujen kuormanohjauksien tuloksista ajanjaksolla 1.1.2011 -31.12.2011 (1 388 asiakasta).

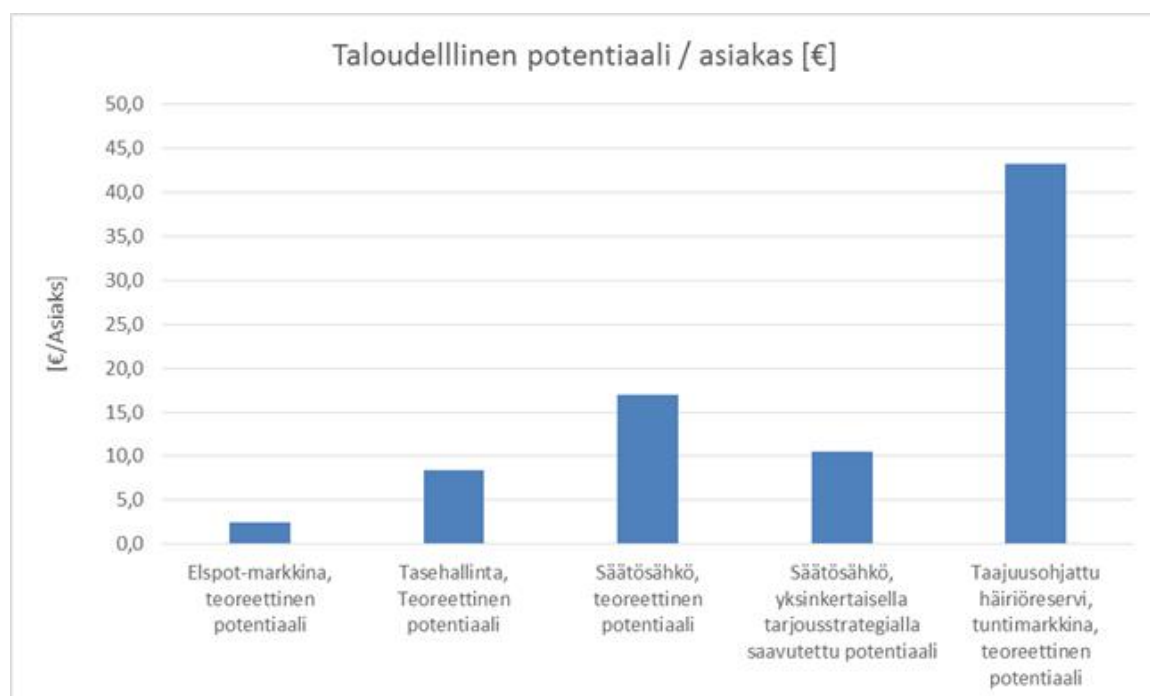
	Elspot- markkina	Tase- hallinta	Sää- tösähkö, ylössääto	Säätösähkö, (yksinkertai- nen tarjous- strategia)	Taajuusoh- jattu häiriö- reservi, tuntimark- kina
Kuormanoh- jauksilla saa- vutettu sääs- töpotentiaali yhteensä [€]	3 488	11 702	23 499	14 513	59 998
Ohjaukerto- jen määrä [kpl]	1 232	1 607	1 280	1 309	1 204
Keskimääräi- nen tuot- to/ohjaus [€]	2,8	7,3	18,4	11,1	49,8
Maximi tuot- to/ohjaus [€]	45	524	1502	1766	1337
Keskim. tuot- to / asia- kas[€]	2,5	8,4	16,9	10,5	43,2

Kuvissa 3.8 ja 3.9 on esitetty yhteenveto suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmän (110) 1388 asiakkaalle tehtyjen simuloitujen kuormanohjauksien tarjoamasta kokonais- ja asiakaskohtaisesta tuottopotentialista tarkastelluilla markkinapaikoilla. Tarkaste-

luajanjaksolla kuormitusryhmän poisohjatun energian määrä vaihteli tunneittain välillä 0-5,8 MWh/h.



Kuva 3.8 Vertailu simuloitujen kuormanohjauksien tarjoamasta kokonaistuottopotentialista (suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmä (110), 1 388 asiakasta).



Kuva 3.9 Vertailu suoran sähkölämmityksen ja käyttöveden kuormitusryhmän (110) simuloitujen kuormanohjauksien tarjoamasta keskimääräisestä tuottopotentialista ohjattavaa loppukäyttäjää kohden.

Yllä esitetyistä tuloksista nähdään, että Elspot-markkinan tarjoama taloudellinen potentiaali on vaatimaton verrattuna muihin markkinapaikkoihin. Myyjän tasehallinta tarjoaa Elspot markkinaan verrattuna yli 3-kertaisen tuottopotentialin, mutta ei yllä säätösähkömarkkina tasolle. Tulee myös muistaa, että simuloinneista saatu myyjän tasehallinnalla saavutettava taloudellinen potentiaali on laskennallinen arvo, jonka saavuttaminen käytännössä on haastavaa. Ennen kaikkea tasesähkön hinnanvaihteluihin liittyvä epävarmuus sekä tasehallintaan liittyvät käytännön rajoitteet vaikeuttavat teoreettisen tuottopotentialin saavuttamista käytännössä.

Säätösähkömarkkinan tarjoama teoreettinen laskennallinen tuottopotentiali oli lähes 7-kertainen, ja yksinkertaistetulla tarjousstrategialla saavutettu käytännön potentiaali noin 4-kertainen, verrattuna Elspot markkinaan. Tämän pohjalta voidaan päätellä, että käytännössä sopivalla tarjousstrategialla ja suhteellisen luotettavien hinta- ja kulutusennusteiden pohjalta säätösähkömarkkinoilla olisi voitu tarkasteluajanjaksolla saavuttavaa ainakin noin 5-kertainen tuottopotentiali Elspot markkinaan verrattuna.

Taajuusohjatun häiriöreservin markkina tarjosi kyseisellä tarkasteluajanjaksolla selvästi suurimman laskennallisen tuottopotentialin. Sen teoreettinen tuottopotentiali oli Elspot-markkinaan verrattuna noin 17-kertainen. Tämä on vertailussa olevista markkinoista selvästi suurin tuottopotentiali, ollen säätösähkömarkkinan potentiaaliin verrattuna noin 2,5 kertainen.

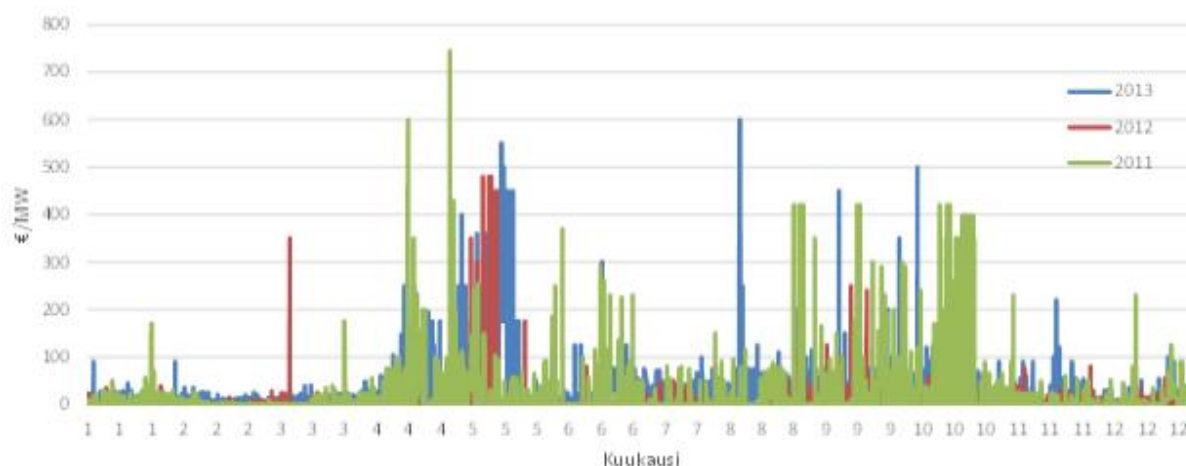
Yleisesti ottaen edellä esitettyjen simulointien tulokset ovat teoreettisia arvoja joiden saavuttamiseen liittyy myös käytännön haasteita. Käytännössä laskennallisen potentiaalın saavuttaminen lienee helpointa Elspot-markkinoiden kohdalla, koska tulevan vuorokauden Elspot hinnat julkaistaan jo käyttötuntia edeltävänä päivänä n. klo 14 suomen aikaan. Muiden tarkasteltujen markkinoiden hinnat sen sijaan tiedetään vasta toimitustunnin jälkeen, joten ohjausten ajoittaminen optimaalisesti vaatii sähkön kulutuksen- ja hintojen ennustamista. Pahimmassa tapauksessa huonosti ajoitettu ohjaus voi jopa tuottaa tappiota, jos kuormanohjauksen jälkihuiipun kattamiseen tarvittavan energian hankintakustannukset ovat suuremmat kuin poisohjauksesta saatu tuotto. Käytännössä kulutus- ja hintaennusteilla on täten tärkeä rooli kuormanohjauksien käytännön toteutuksessa, kuten myös yleisemmin myyjän sähkönkauppojen suunnittelussa. Ennen kaikkea ennusteisiin liittyvän epävarmuuden huomioiminen, esimerkiksi erilaisten tarjousstrategioiden ja riskinhallintamenetelmien avulla, on perusedellytys taloudellisesti kannattavalle sähkömyyntiliiketoiminnalle ja kuormanohjauksien käytännön toteutukselle.

Laskentatuloksia tarkasteltaessa tulee myös huomioida, että edellä esitetyt laskelmat kuvaavat ainoastaan kysyntäjoustopotentialiaa, eikä niissä ole otettu kantaa käytännön toteutuskustannuksiin. Toisaalta taas edellä esitetyissä laskelmissa on käytetty lähtöoletuksia, joiden seurauksena laskennallinen potentiaali ei ole yhtä suuri kuin se olisi myös ohjauksen reunaehtojen suhteen optimaalisesti suunniteltujen ohjauksien tapauksissa. Simuloinneissa on tarkasteltu kuorman siirtoa vain peräkkäisten käyttötuntien välillä. Lisäksi simuloinneissa käytetty kahden tunnin ohjauksenesto-aika (taajuusohjatun häiriöreservin tapauksessa 1 tunti), jolla varmistetaan että loppukäyttäjän mukavuustaso ei vaarannu, on suhteellisen pitkä. Käytännössä yhden tunnin ohjauksenesto-aika riittäisi useimmissa tapauksissa hyvin. Ilman em. rajoituksia parhaan tuottopotentialin tarjoavat tunnit saataisiin hyödynnettyä tehokkaammin kysyntäjoustopotentialin käyttöön, mikä nostaisi saavutettavissa olevaa tuottopotentialia.

Yhteenvedon voidaan lopuksi todeta, että edellä esitetyt tulokset antavat luotettavan kuvan siitä millaista tuottopotentialia kysyntäjoustopotentialia olisi mahdollistanut esimerkkikuormitusryhmän ohjauksille asetettujen reunaehtojen rajoissa kyseisellä tarkasteluajanjaksolla. Tuloksia tarkasteltaessa täytyy kuitenkin huomioida, että tarkastelussa ei ole otettu kantaa käytännön toteutuskustannuksiin, jotka vaikuttavat olennaisesti kysyntäjoustopotentialin lopulliseen käytännössä saavutettavaan taloudelliseen potentiaaliin. Lisäksi tulee muistaa, että teoreettinen tuottopotentialia riippuu merkittävästi tarkasteluajanjakson markkinahinnoista sekä ohjattavissa olevasta potentiaalista, ja voi näin ollen vaihdella merkittävästi tarkasteluajanjaksosta riippuen.

3.6.6 Taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinan analysointia

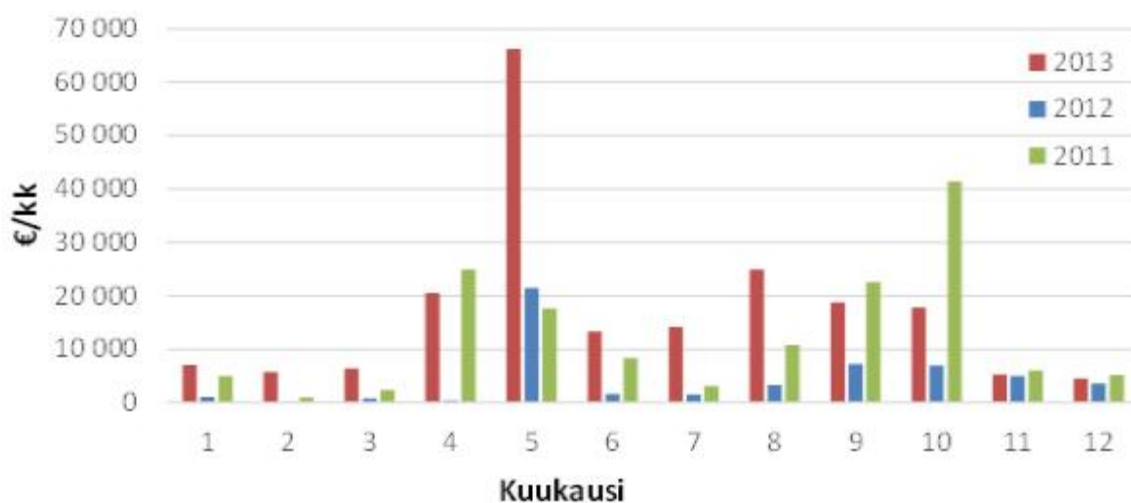
Seuraavassa on analysoitu taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinahintojen käyttäytymistä. Ohjattavan kuorman kannalta häiriöreservi on erityisen potentiaalinen vaihtoehto, koska tähän tarkoitukseen riittää säätökyky yhteen suuntaan. Kuvassa 3.10 on esitetty taajuusohjatun häiriöreservin hinta tuntimarkkinoilla vuosina 2011, 2012 ja 2013. Kuvasta nähdään, että hinnat ovat tyypillisesti korkealla keväällä ja syksyllä, jolloin vesivoiman säätökapasiteetti on rajoitetumpi. Talvella, jolloin ohjattavaa sähkölämmitystä olisi eniten käytössä, on hintataso puolestaan selvästi matalampi.



Kuva 3.10 Taajuusohjatun häiriöreservin hinta tuntimarkkinoilla vuosina 2011, 2012 ja 2013.

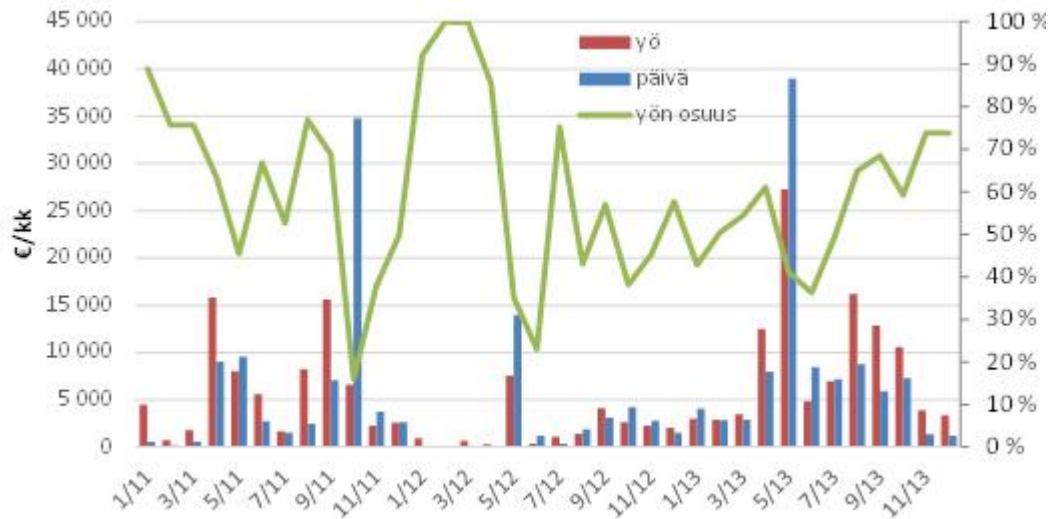
Taajuusohjatun häiriöreservin määrät vaihtelevat vuosittain. Vuonna 2013 reserviä käytettiin 6379 käyttötunnilla, vuonna 2012 käyttötunteja oli 2824 ja vuonna 2011 tuntien määrä oli 5832. Samoin hinnoissa on merkittävää vaihtelua vuosien välillä; vuonna 2013 nolosta poikkeavien hintojen keskiarvo oli 32 €/MW, vuonna 2012 keskiarvo oli 19 €/MW ja vuonna 2011 keskiarvoksi muodostui 25 €/MW. Keskimäärin tuntimarkkinoiden hinnat ovat kuitenkin olleet korkeammat kuin vuosimarkkinalla.

Kuvassa 3.11 on tarkasteltu, minkälaisia kuukausittaisia tuottoja olisi ollut mahdollista saada tarjoamalla 1 MW:n kuormaa taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoille jokaiselle käyttötunnille. Kuten aiemmasta kuvasta myös tästä nähdään, että suurimmat tuotot olisivat syksyllä ja keväällä, ja lämmityskaudella tuotot jäävät matalammiksi.



Kuva 3.11 Yhden MW:n ohjattavalla kuormalla saatava kuukausittainen hyöty taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilta vuosina 2011, 2012 ja 2013. Vuotuinen kokonaistuotto em. vuosina 205 k€a (2013), 53 k€a (2012) ja 148 k€a (2011).

Erityisesti varaava sähkölämmitys on kiinnostava kuormitusryhmä häiriöreservin kannalta, koska ko. kuormitukset ovat jo valmiiksi ohjattavissa ja niiden päälle ja pois kytkeytyminen voidaan ennakoida. Tätä varten kuvassa 3.12 on jaoteltu reservimarkkinan tuotto-odotukset yö- ja päiväajalle. Yöajaksi on oletettu klo 22–06.



Kuva 3.12 Yhden MW:n ohjattavalla kuormalla saatava kuukausittainen hyöty taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilta vuosina 2011–2013 jaoteltuna yö- (klo 22–06) ja päiväaikaan sekä yöajan osuus kokonaistuotosta.

Kuvasta nähdään, että useimpina kuukausina yöajan osuus on ollut yli puolet kokonaistuotto-odotuksesta, ja joinakin kuukausina yöajan osuus on ollut jopa 100 %. Tässä yhteydessä on myös hyvä huomata, että yöajan osuus vuorokauden tunneista on vain kolmannes. Häiriöreservi onkin aktivoitunut tyypillisesti juuri yöajan tunneilla. Esimerkiksi vuonna 2013 reserviä käytettiin 94 % yöajan tunneista, ja 62 % päiväajan tunneista. Vuodelle 2012 vastaavat luvut ovat 44 % yöllä ja 26 % päivällä, vuonna 2011 puolestaan reservi oli käytössä 91 % yön tunneista ja 54 % päivän tunneista.

3.7 Kysyntäjoustopotentialien taloudellinen potentiaali eri vuosina

Sähkön hinnat eri markkinoilla vaihtelevat merkittävästi riippuen vesitilanteesta, sääolosuhteista yms. tekijöistä. Täten myös kysyntäjoustopotentialien taloudellinen potentiaali voi vaihdella merkittävästi ajanjaksosta riippuen eri markkinapaikoilla. Tässä luvussa tarkastellaan kysyntäjoustopotentialia Elspot-, säätösähkö- ja häiriöreservimarkkinoilla vuosina 2011 – 2013.

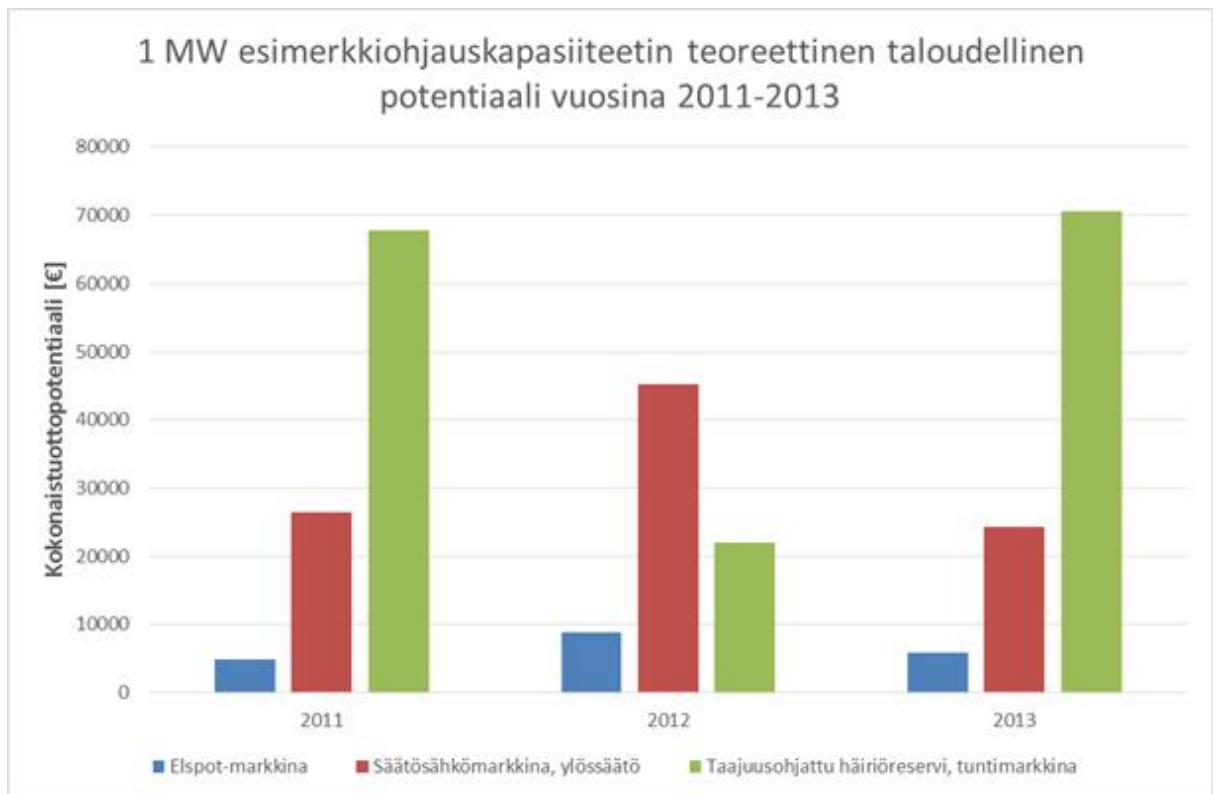
Tämän luvun laskelmat ovat yleisemmän tason tarkasteluja kuin luvussa 3.6 esitetyt esimerkkilaskelmat, eikä näissä ole otettu kantaa tarkemmin ohjattavan kuorman tyyppiin tai ohjattavuuteen eri aikoina. Sen sijaan laskelmat on tehty olettaen että ohjattavaa kapasiteettia on käytettävissä 1 MW vuoden joka tuntina. Näin saadaan tuloksia joita on helppo yleistää ja skaalata erilaisille ohjattaville kuormille. Käytännössä esimerkiksi erilaiset ilmastointi, kylmälaite ja/tai käyttövedenlämmitys kuormista voitaisiin koota esimerkkilaskelmissa käytetty kapasiteetti, joka olisi ohjattavissa riippumatta vuoden- tai kellonajasta.

Tämän laskentaesimerkin kuormanohjauksille on käytetty samoja reunaehtoja ja rajoituksia kuin luvun 3.6 esimerkkilaskelmissa. Toisin sanoen, Elspot- ja säätömarkkinoiden tapauksessa ohjausta seuraavalle tunnille oletetaan syntyvän jälkihuippu joka energiamäärältään ja kestoltaan vastaa poisohjattua kapasiteettia. Kuormien uudelleenohjaus on estetty jälkihuipun sekä sitä seuraavan tunnin ajan. Taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoiden tapauksessa puolestaan jälkihuipun oletetaan olevan kestoltaan lyhyt, energia määrältään vähäinen ja ajoittuvan samalle tunnille kuin kuormien poisohjaus. Näin ollen sen ei katsota aiheuttavan myyjälle merkittävää tasevirhettä. Lisäksi ohjauksien määrä kaikilla markkinapaikoilla on rajattu maksimissaan viiteen ohjaukseen vuorokaudessa. Taulukossa 3.8 on esitetty simulointien tulokset.

Taulukko 3.8 Simulointitulokset 1 MW esimerkkiohjauskapasiteetin kuormanohjauksista vuosina 2011-2013 Elspot-, säätösähkö ja taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilla.

Elspot-markkina			
Vuosi	2011	2012	2013
Tuottopotentiali yhteensä [€]	4796	8793	5900
Ohjaukset [kpl]	1750	1763	1722
Keskim. tuotto / ohjaus [€]	2,7	5,0	3,4
Max. tuotto / ohjaus [€]	73,5	231,3	142,8
Säätösähkömarkkina, ylössäätö			
Vuosi	2011	2012	2013
Tuottopotentiali yhteensä [€]	26522	45201	24357
Ohjaukset [kpl]	1775	1777	1784
Keskim. tuotto / ohjaus [€]	14,9	25,4	13,7
Max. tuotto / ohjaus [€]	850,0	1840,0	1500,0
Taajuusohjattu häiriöreservi, tuntimarkkina			
Vuosi	2011	2012	2013
Tuottopotentiali yhteensä [€]	67836	21942	70662
Ohjaukset [kpl]	1664	909	1638
Keskim. tuotto / ohjaus [€]	40,8	24,1	43,1
Max. tuotto / ohjaus [€]	745,0	480,0	600,0

Taulukossa esitettyä ohjauksen kokonaistuottopotentialia Elspot-, Säätosähkö- ja taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinoilla eri vuosina on havainnollistettu kuvassa 3.13.



Kuva 3.13 1 MW esimerkikiuormanohjauskapasiteetin tuottopotentiali eri markkinoilla vuosina 2011-2013.

Kuvasta 3.13 nähdään, että esimerkikiuormanohjauskapasiteetin teoreettinen tuottopotentiali vaihtelee merkittävästi niin eri markkinoiden kuin myös eri vuosien välillä. Elspot markkinan tuottopotentiali on kaikkina tarkasteluvuosina selvästi pienempi kuin säätosähkö- ja taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkinan potentialiaali. Paras tuottopotentiali Elspot markkinalle saavutettiin vuonna 2013 (n.9 k€), kun taas pienin tuottopotentiali oli vuonna 2011 (n.5 k€).

Säätosähkön ja taajuusohjatun häiriöreservin tuottopotentialin havaitaan olevan selvästi Elspot-markkinaa korkeampi kaikkina tarkasteluvuosina. Vuosina 2011 ja 2013 taajuusohjatun häiriöreservin tuntimarkkina tarjosi selvästi suurimman teoreettisen tuottopotentialin, noin 70 k€. Kyseisinä vuosina säätosähkömarkkinan vastaava tuottopotentiali ylössäädettävälle 1 MW kapasiteetille oli n. 25 k€. Vuosien 2011 ja 2013 voidaan siis havaita korreloivan selvästi keskenään saavutettujen tuottopotentialien suhteen. Vuosi 2012 taas poikkeaa selvästi joukosta. Tällöin säätosähkömarkkina tarjosi selvästi suurimman tuottopotentialin (n. 45 k€), kun taas vuosina 2011 ja 2013 suurimman tuottopotentialin omannut häiriöreservi tuotto jäi puoleen tästä (n. 22 k€).

Yhteenvetona tuloksista voidaan todeta, että Elspot-markkina tarjosi selvästi pienemmän tuottopotentialin kuin säätösähkö- ja taajuusohjatunhäiriöreservin tuntimarkkina kaikkina tarkasteluvuosina. Yleisesti ottaen taajuusohjatun häiriöreservin tuottopotentiali on ollut suurin, poikkeuksena kuitenkin vuosi 2012 jolloin säätösähkömarkkinan tuottopotentiali oli suurin. Kun näitä tuloksia verrataan luvussa 3.6 esitettyihin laskelmiin esimerkkikuormaryhmän tuottopotentialista vuonna 2011, voidaan tulosten havaita tukevan toisiaan. Tarkemmin sanoen, kun tarkastellaan markkinoiden välistä suhteellista tuottopotentialia, havaitaan tuloksien olevan hyvin samanlaisia sekä tämän luvun, että luvun 3.6 laskelmissa.

4 Kuormien ohjauspotentiaali

Sähköenergian käyttöä on selvitetty eri tutkimuksissa rakennus- ja kulutustyypeittäin. Tätä on luonnollisesti tukenut se, että mitattua sähköenergian kulutustietoa on ollut saatavilla. Paljon pienemmälle huomiolle on jäänyt sähkötehojen ja käyttöprofiilien selvitys. AMR-mittarit ovat mahdollistaneet hyvin tuntikeskitehotiedon saamisen.

Tässä luvussa arvioidaan kahdesta eri näkökulmasta suurimpia tai potentiaalisimpia teho-ryhmiä kysynnän jouston näkökulmasta. Toisessa tarkastelusuunnassa lähtökohtana on energiatilastot ja toisessa tyyppikiinteistöjen tyyppillisimmät laitetehot. Energian kulutusten perusteella saadaan arvioitua eri kulutusryhmien keskimääräisiä kulutustehoja. Lämmityksen osalta arviot saadaan tehtyä valituilla ulkolämpötiloilla. Nämä arviot kuvaavat käytössä olevia keskitehoja viikkotasolla. Laittehojen kautta saadaan arvioitua asennettujen sähkötehojen määrät. Nämä ovat usein huomattavasti suurempia kuin käytössä olevat keskimääräiset tehot.

4.1 *Potentiaaliset kohteet rakennuskannassa*

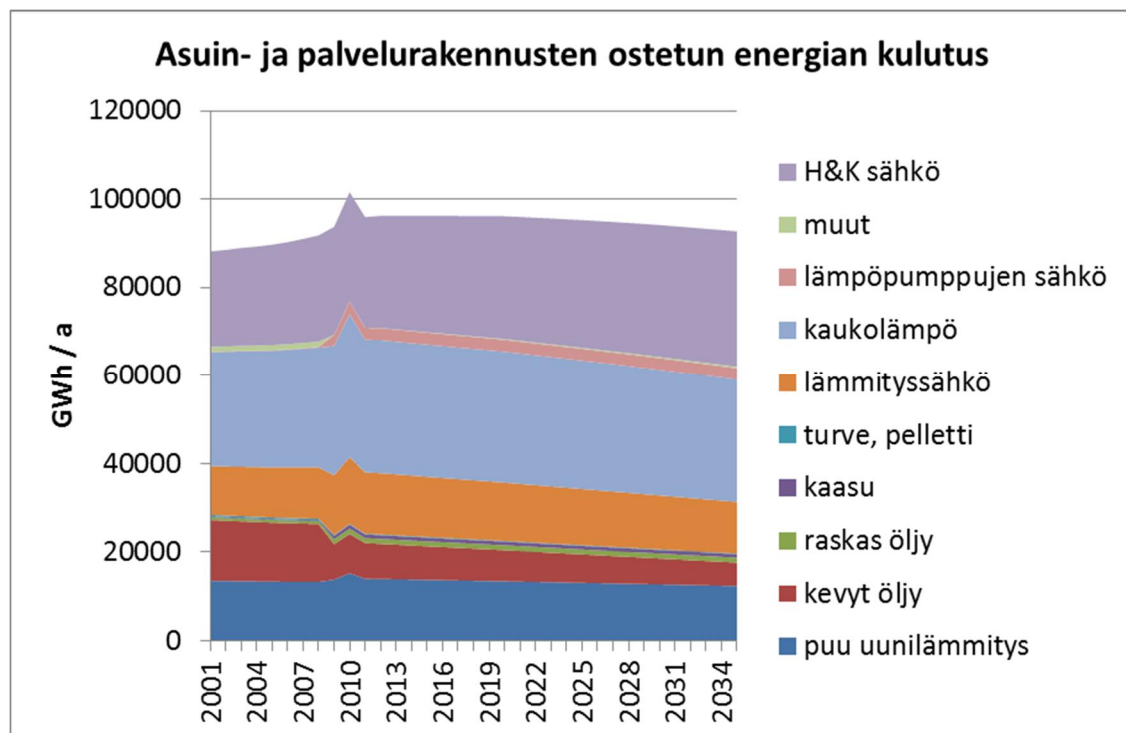
Rakennuskannan energiankäyttöä seurataan Energiatilastoissa ja erilaisten laskentamallien avulla. Tehonkäyttöä tarkastellaan ja seurataan kuitenkin hyvin vähän. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan rakennuskannan sähkötehon käyttöä kahdesta suunnasta:

1. Ylätasolla koko rakennuskannan energiankäytön analyseistä lähtien muutetaan energiankäyttöä (sähkönkäyttöä) osa-alueittain tehonkäytöksi. Työkaluina ovat pääasiassa Energiatilastot ja energiankäytön tarkasteluun tehty EKOREM -laskentamalli (EKOREM), jolla tehdään mm. laskelmia ympäristöministeriön erilaisiin tarpeisiin. EKOREM –mallilla TTY:llä tehtyjä aiempia energiatarkasteluja löytyy TTY:n Energia- ja elinkaari –tutkimusryhmän kotisivuilta www.tut.fi/ee kohdasta ”Päättyneet tutkimukset” hankkeiden EKOREM, EPAT ja TATOS raporteista. Näillä ylätasoinen tarkasteluilla saadaan arvio rakennusryhmien eri energiankulutusosuuksien keskimääräisestä tehonkäytöstä eri ulkolämpötiloilla. Nämä kuvaavat keskimääräisiä viikkotehoja. Eri viikonpäivinä ja eri tunteina tapahtuvia tehovaihteluita näistä laskelmista ei saa suoraan. Viikkotehot antavat kuitenkin käsityksen käytössä olevien tehojen suuruusluokista. Täytyy kuitenkin huomata, että asennettu teho on huomattavasti suurempi. Kaikki asennettu teho ei kuitenkaan ole normaalisti koskaan yhtä aikaa käytössä.

Poikkeuksena ovat mm. maalämpöpumput, jotka normaalisti eivät kata rakennusten koko sähkötehon tarvetta.

2. Alatasolla tarkastellaan vuorokausitasolla tunneittain sähkötehon käytön muodostumista. Kysynnän joustotarkasteluissa tarvitaan tuntitason tieto, koska keskimääräinen tehon käyttö ei kerro suoraan tehonkäytön ohjausmahdollisuuksia. Esimerkiksi lämpimän käyttöveden lämmittämisen keskimääräinen tehontarve on suhteellisen pieni. Sähkölämmitystaloissa nelihenkisellä perheellä se on noin 500 W, jos käyttöveden lämmitys tehdään tasaisella teholla. Lämminvaraajassa on kuitenkin vähintään 3 kW lämmitysvastus, jolla käyttövesi lämmitetään yhtäjaksoisesti yöaikana. Ohjausmahdollisuus tehana on siis kuusinkertainen keskimääräiseen tehontarpeeseen verrattuna.

Sähkönkäytön osuus tulee kasvamaan rakennuskannan energiankäytössä (kuva 4.1). Lämmityssähkön määrä pysyy samansuuruisena, mutta huoneisto- ja kiinteistösähkön (H&K) määrä kasvaa.

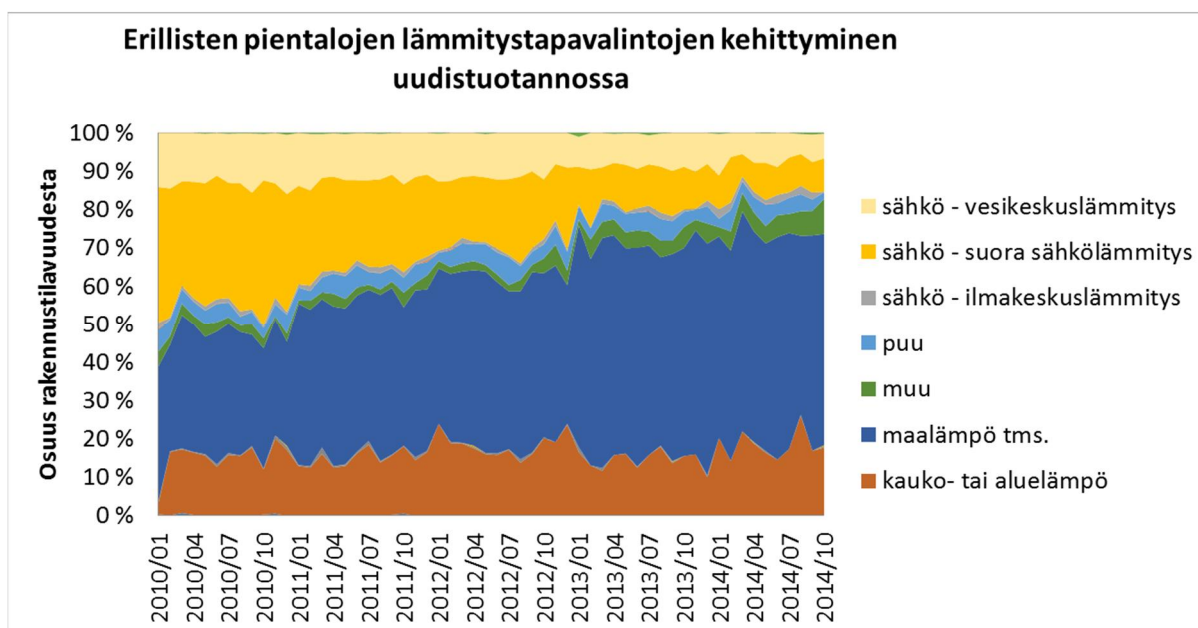


Kuva 4.1 Arvio asuin- ja palvelurakennuskannan energiantarpeen kehittymisestä lämmitystavoittain. Rosot kuvassa johtuvat siitä, että laskelmissa vuosina 2008-2010 on käytetty suoraan Energiatilastojen todellisia kulutusarvoja. Tästä eteenpäin malli jatkaa ennusteella. Tulevaisuuden uudistuotannon lämmitysvaihtajakaumaksi on tässä laskelmassa vakioitu vuoden 2010 lämmitystapajakauma. Lämpöpumppujen merkitys on aliarvioitu tässä laskelmassa, koska lämpöpumppujen asennusmäärät ovat koko ajan kasvaneet. Lähde: Julkaisematon POLIREM-laskentamalli.

Varsinkin pientalojen uudistuotannossa maalämmön suosio kasvaa voimakkaasti (kuva 4.2). Vuonna 2014 osuus oli uusissa erillisissä pientaloissa jo noin 55 % laskettuna rakennuskuutioista. Vuonna 2014 rakennusluvan saaneissa uusissa asuin- ja palvelurakennuksissa maalämmön osuus rakennuskuutioista oli jo noin 20%. Vuoden 2012 energiamääräykset ohjasivat pois sähkölämmityksestä. Kovin suurta vaikutusta määräyksillä ei kuitenkaan lopulta ollut, koska mm. sähkön hinnan voimakas nousu ohjasi jo ennen määräysten voimaantuloa muutenkin maalämpöön (ks. kuva 4.2). Pientalojen lämmityssähkön kokonaishinta nousi aikavälillä 2007 – 2011 puolitoistakertaiseksi.

Yö- ja päivä sähkö kokonaishintojen eron pienennyttyä ja uusien E-lukuun perustuvien energiatehokkuusmääräysten takia varaavan sähkölämmityksen suhteellinen osuus on todennäköisesti vähenemässä uusissa pientaloissa aiempaan verrattuna. 1990- ja vielä 2000-luvulla sähkön hinnoittelu kannusti tekemään kaikista sähkölämmitystaloista joko varaavia tai osittain varaavia sähkölämmitysratkaisuja. Varaavissa lämmityksissä käytettiin pääasiassa keskitettyä varaajalämmitystä ja vesikiertoista lämmönjakoa. Varaavat lattialämmitykset toteutettiin yleensä osittain varaavina. Tilastokeskuksen tilastojen mukaan vesikeskuslämmityksen osuus sähkölämmityksessä on säilynyt (kuva 4.2.). Tilastoista ei kuitenkaan saa selville, minkälaisia varaajia vesikeskuslämmityksessä on eikä osittain varaavien järjestelmien osuutta suoran sähkölämmityksen taloissa. Selkeä trendi on, että sähkölämmitystalojen osuus vähenee. Uusien vuoden 2012 energiamääräysten takia uusien sähkölämmitystalojen lämmönkulutus voi olla jopa 40% vähäisempi kuin aiemmin. Näiden syiden takia kysyntäjouston mahdollisuudet sähkölämmitystalokannassa vähenevät tulevaisuudessa.

Viimeisin rakennuskannan ja koko Suomen energiankäyttöä koskeva selvitys tehtiin Sitran toimesta koskien vuoden 2007 energiankäyttöä. Rakennuskannan osalta tarkastelut tehtiin pitkälti TTY:llä EKOREM-laskentamallilla (EKOREM) ja siitä kehitetyllä "TEHOREM" – laskentamallin kehitysversiolla Kyseisessä selvityksessä arvioitiin rakennuskannan sähkönkäytön jakauma (taulukko 4.1). Suurin sähkönkäyttöosuus kohdistuu omakotitalojen ja vapaa-ajan asuinrakennusten lämmitykseen. Vapaa-ajan rakennusten osuus tästä on noin 10%. Ohjausmahdollisuudet voivat talvella olla kuitenkin vapaa-ajan rakennuksissa suuremmat kuin omakotitaloissa, koska tyhjänä olevissa vapaa-ajan rakennuksissa lämpöviivyyden huononeminen ei rajoita ohjausta. Vapaa-ajan rakennukset ja lomakylät tulevat olemaan erittäin potentiaalisia sähkötehon ohjauskohteita.



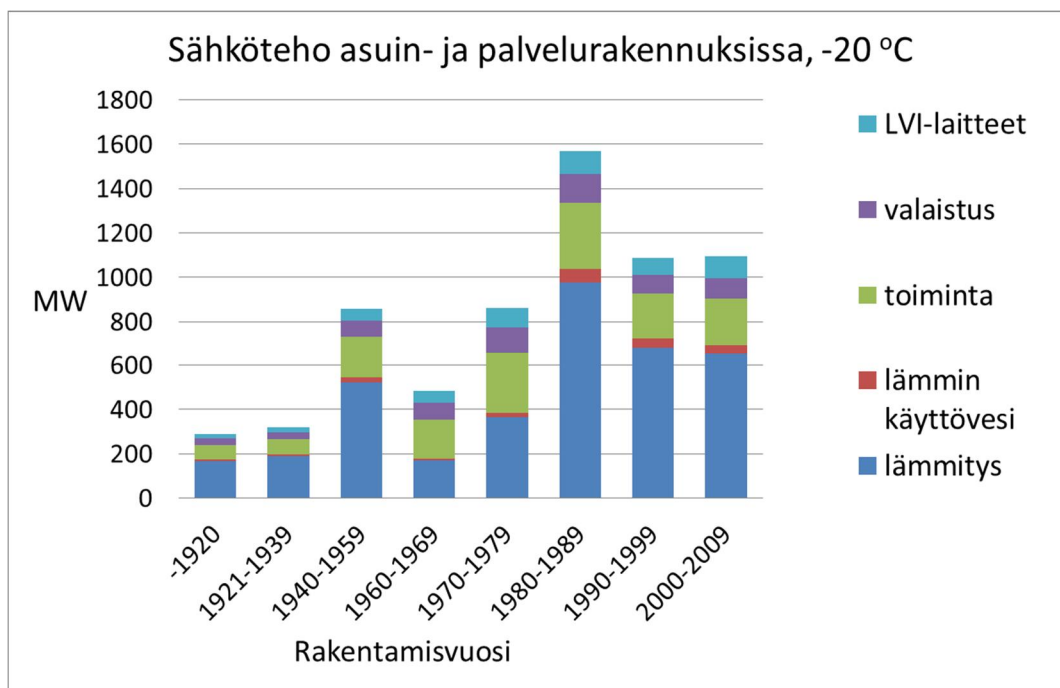
Kuva 4.2 Yhden asunnon talojen (omakotitalojen) lämmitystapajakauma uudistuotannossa kuukausittain myönnettyjen rakennuslupien mukaan rakennuskuutioperusteisesti. Kuvassa on esitetty yleisimmät lämmönlähteen ja lämmönjakojärjestelmän yhdistelmät. Vuoden 2012 uudet energiamääräykset kiihdyttivät jonkin verran muutosta sähkölämmityksestä maalämpöön. Uusia öljylämmitystaloja tehdään enää yksittäisiä kappaleita. Lähde: Tilastokeskus.

Taulukko 4.1 Asuin- ja palvelurakennusten sähkön ja polttoaineiden käyttö. ((Sitran selvityksiä 39).

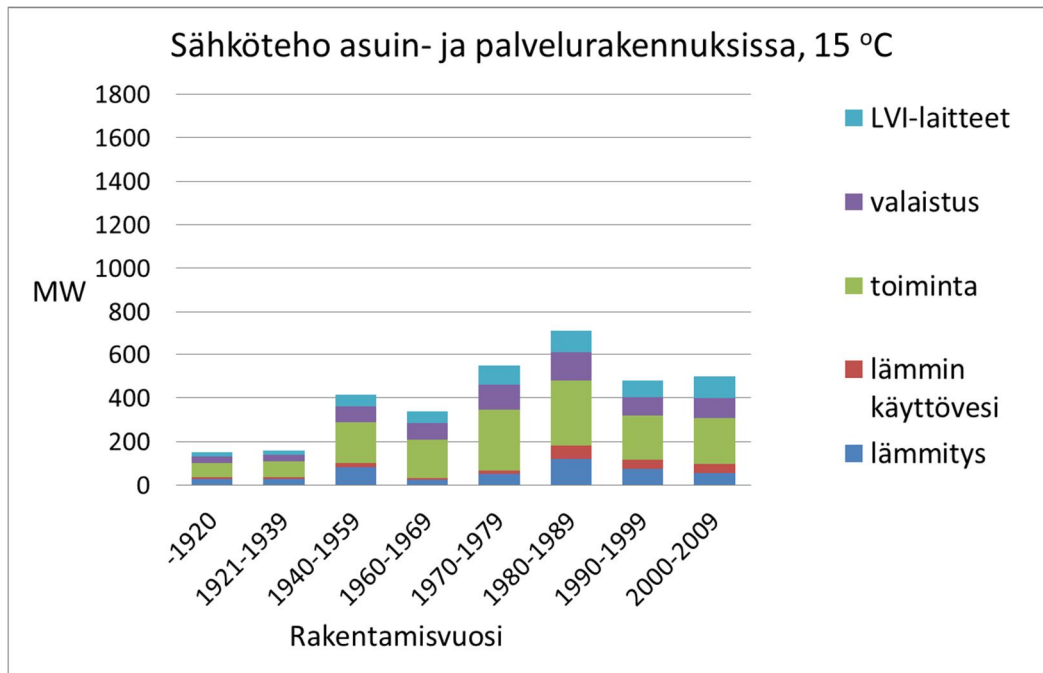
Rakennusten netto-ostoenenergian kulutus v.2007, TWh/a	Omakotitalot ja vapaa-ajan asuinrakennukset	Kerros- ja rivitalot	Palvelurakennukset	Yhteensä	%
SÄHKÖ					
kuluttajalaitteet	5,3	3,9	4,6	13,9	16 %
valaistus	1,1	0,8	4,2	6,0	7 %
talotekniikka	1,2	1,1	1,9	4,2	5 %
jäähdytys	0,3	0,2	0,3	0,8	1 %
lämmityssähkö	7,5	1,6	2,1	11,3	13 %
KAUKOLÄMPÖ	1,1	15,4	12,0	28,5	32 %
POLTTOAINEET					
öljy	5,5	1,9	4,4	11,7	13 %
puu ja pelletti	11,6	0,2	0,7	12,5	14 %
YHTEENSÄ	33,5	25,1	30,2	88,9	100 %
%	38 %	28 %	34 %	100 %	

Asuin- ja palvelurakennusten sähkötehon käyttöä rakentamisvuoden mukaan on arvioitu EKOREM-laskentamallin avulla erikseen eri ulkolämpötiloilla (kuvat 4.3 ja 4.4). Verrattaessa koko rakennuskantaan sähkölämmitteinen rakennuskanta on keskimäärin nuorempi kuin koko rakennuskanta. Sähkölämmitystä rakennettiin voimakkaasti 1980-luvulla.

Laskelmien perusteella koko rakennuskannan sähköteho (viikkokeskiteho) muuttuu lämmityskaudella noin 100 MW yhtä ulkolämpötila-asteen muutosta kohti. Asuinrakennuskannan osalta muutos on noin 80 MW/°C ja asuin- ja palvelurakennusten osalta noin 93 MW/°C. Näissä luvuissa ei ole mukana sähköllä toimivia lisälämmittimiä. Tällaisia ovat mm. autojen lämmittimet, pakkasvahdit, sulanapitokaapelit, ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmitys ja muiden kuin sähkölämmitystalojen lisälämmittimet. Näitä otetaan käyttöön kun ulkolämpötila menee pakkasen puolelle. Adaton tekemän arvion mukaan lämmityskaudella 2002/2003 lisälämmittimet lisäsivät pakkasilmoilla sähkötehon tarvetta 30-50 MW/°C (Ympäristöministeriö 2006). Kokonaisuudessaan lisälämmittimistä voi kertyä tässä kohdassa esitettyjen teho- tarpeiden lisäksi lisätehon tarvetta kovilla pakkasilla 500-1000 MW.



Kuva 4.3 Sähkötehon tarve (keskimääräinen viikkoteho, MW) asuin- ja palvelurakennuksissa vuonna 2010 laskettuna -20 °C ulkolämpötilassa (kuvassa 4.4 laskettuna + 15 °C ulkolämpötilassa). Lämpimän käyttöveden merkitys näyttää tässä kuvassa liian pieneltä, koska siinä on tehonkäyttö tasaisena tehona. Käytännössä lämpö varataan varaajiin yöaikana, jolloin ohjattava teho on tasaiseen tehoon verrattuna huomattavasti suurempi. Valaistusteho on oletettu eri ulkolämpötiloilla samaksi, vaikka se on todennäköisesti kovilla pakkasilla keskimääräistä suurempi, koska kovat pakkaset ovat pimeimpään vuodenaikaan.



Kuva 4.4 Sähkötehon tarve (keskimääräinen viikkoteho, MW) asuin- ja palvelurakennuksissa vuonna 2010 laskettuna +15 °C ulkolämpötilassa (kuvassa 4.1.4 -20 °C ulkolämpötilassa).

Arvio rakennuskannan sähkötehon tarpeesta on esitetty taulukossa 4.2. Kyseinen taulukko on laskettu 0 °C ulkolämpötilalla, mikä on likimain keskimääräinen ulkolämpötila lämmityskaudella Suomessa. Tuotantorakennusten osuus taulukossa on epävarmin. Tuotantorakennusten sähkönkäyttö ei sisällä varsinaista tuotantoa.

Taulukosta on poimittu tarkempaan tarkasteluun ilmanvaihtokoneiden sähkötehon tarve. Oletuksena on käytetty koneellisella poistoilmanvaihdolla sfp-lukua 1,0 kW/(m³/s) ja sisäänpuhallus- ja poistoilmanvaihdolla sfp-lukua 2,5 kW/(m³/s). Tarkasteluajankohta on arkipäivä päivällä, jolloin ilmanvaihtokoneet ovat päällä.

Asuinkerrostaloissa tyypillisesti ilmanvaihto käy puoliteholla normaalisti ja kuviteltuina ruuanlaittoaikoina käytetään täyttä tehoa. Taulukossa tämä ei näy. Ruuanlaittoaikoina sähkötehon tarve on siten korkeampi. Oleellista on, että tällainen ohjausmahdollisuus on olemassa. Tehostusajankohtaa voi hieman vaihdella, koska se ei kuitenkaan sovi kaikkien ruuanlaittoaikoihin.

Yksityiset palvelurakennukset muodostavat kiinnostavan ryhmän ilmanvaihdon sähkötehon tarpeen osalta. Arvio sähkötehon tarpeesta päiväaikaan on noin 140 MW. Vuoteen 2003 asti normaalisti kovilla pakkasilla ilmanvaihto puolitettiin. Nykyään se ei ole rakentamismääräys-

ten mukaan samalla tavalla sallittua. Nykyään täytyy pitää yöaikaankin ilmanvaihtoa pienellä teholla päällä, mikä hoidetaan joko ilmanvaihtoa pätkimällä tai erillisillä WC-tilojen ym. ilmanvaihtolaitteilla. Nämä tavat aiheuttavat erilaisen sähkötehon käytön.

Taulukko 4.2 Rakennuskannan keskimääräinen sähkötehon tarve ulkolämpötilalla 0 °C. Erytystarkasteluun on poimittu ilmanvaihtopuhaltimien sähkötehon tarve. Tämä sisältyy talotekniikkasähköön.

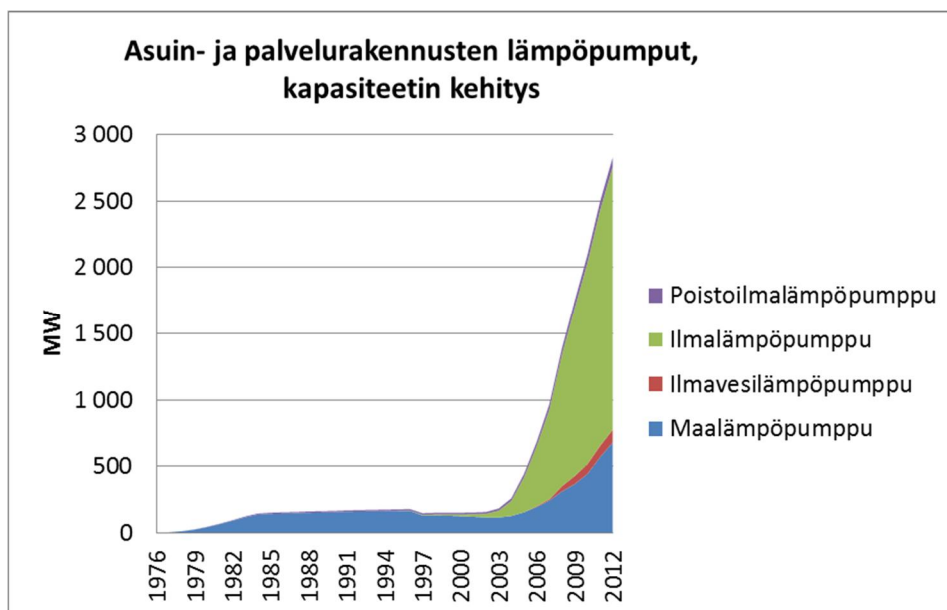
Rakennuskannan keskimääräisen sähkötehon tarvearvio 0 °C ulkolämpötilalla (keskimääräinen ulkolämpötila lämmityskaudella). Lähde: TEHOREM -mallin kehitysversio	tilojen sähkölämmitys	lämmön käyttövesi	toiminta-sähkö	valaistus-sähkö	talo-tekniikka	yhteensä	Tarkempi tarkastelukohte: Ilmanvaihtokoneet päivä-aikaan
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Omakotitalot	1379	193	609	118	137	2436	49
Rivitalot	207	28	131	26	28	420	12
Asuinkerrostalot	30	4	333	71	108	546	41
Yksityiset palvelurakennukset	183	23	264	267	148	885	146
Julkiset palvelurakennukset	61	6	147	151	91	457	64
Tuotantorakennukset	317	32	846	363	304	1863	224
Vapaa-ajan asuinrakennukset	130	2	31	9	9	182	0
						0	
asuinrakennukset yhteensä	1616	225	1074	215	273	3402	102
palvelurakennukset yhteensä	243	29	412	418	239	1341	209
asuin- ja palvelurakennukset yhteensä	1859	254	1485	633	512	4743	312
kaikki rakennukset yhteensä	2306	288	2363	1004	825	6788	536

Suurimmat ohjauspotentiaalit näyttäisivät olevan omakotitalojen sähkölämmityksessä talvella. Taulukossa esitetty sähkölämmitys sisältää myös lämpöpumppujen sähkökäytön. Niiden osuutta ei tiedetä kovin tarkasti. Energiatilastoissa esitetyn lämpöpumppujen sähkökäytön perusteella se voisi olla nolla asteen ulkolämpötilalla jopa yli 600 MW, joka on noin viidesosa kuvassa 4.5 esitetystä lämpöpumppujen kapasiteetista. Arvio ei ole kovin luotettava, mutta kuvaa sitä, että lämpöpumppujen merkitys kasvaa voimakkaasti ja niiden merkitystä pitäisi tarkastella tarkemmin. Lämpimän käyttöveden osalta potentiaali on myös suuri ja se on ympärivuotista (edellä esitetty tasaisen tehon tarkastelut antavat käyttöveden osalta liian vähäisen ohjausmahdollisuusvaikutelman). Lämpimän käyttöveden tehontarpeesta noin neljäsosa tulee muissa kuin sähkölämmitystaloissa (pääasiassa puulämmitystaloissa) käytetyistä lämminvesivaraajista. Arvio perustuu Energiatilastojen kehityksen yhteydessä tehtyihin tarkasteluihin. Vapaa-ajan rakennuksissa sähkötehon ohjaukseen on merkittävät mahdollisuudet, koska nämä rakennukset ovat talvella vähäisellä käytöllä ja siten lämpöviivästyestekijät eivät rajoita ohjausta.

Tässä ei ole vielä tarkasteltu sähkökäytön lisäämismahdollisuuksia ohjauskeinona. Esimerkiksi lähes kaikissa öljylämmityskattiloissa on sähkövastukset varalla. Niillä voidaan tarvittaessa lämmittää öljyn sijasta, koska sähkö hinta ja öljyllä tuotetun lämmön hinta ovat ol-

leet hyvin lähellä toisiaan. Vuoden 2015 alussa öljyn hinta kuitenkin laski oleellisesti. Fortum tarjoaa jo palvelua, jossa öljykattilan sähkövastuksen käyttöä ohjataan sähkön tunnitaisen hinnan mukaan.

Lämpöpumppujen yleistyminen on muuttanut ja muuttaa sähkötehon käyttöprofiilia "terävemmäksi". Tämä johtuu siitä, että maalämpöpumput ovat olleet yleisesti osatehomaalämpöpumppuja, jotka kattavat huipputehon tarpeesta esim. vain puolet ja toinen puoli katetaan suoralla sähköllä. Tällä hetkellä pyritään kuitenkin lähemmäksi täystehomitoitusta maalämpöpumpuissa ja tämä ilmiö vähenee maalämmön osalta. Maalämpöpumppujen mitoitusohjeissa suositellaan usein 60 – 85 % osuutta huipputehon tarpeesta. Ilmalämpöpumppujen osalta tehonkäyttö terävöityy sen takia, että lämpökerroin on kovilla pakkasilla huomattavasti huonompi kuin lämpimämmillä ilmoilla. Ilma-vesilämpöpumpuissa lämpökerroin on yleensä vielä huonompi kuin ilma-ilmalämpöpumpuissa. Lämpöpumppujen määrä ja kapasiteetti ovat lisääntyneet voimakkaasti rakennuskannassa vuoden 2003 jälkeen (kuva 4.5). Maalämpöpumppujen kapasiteetista suurin osa on kovilla pakkasilla käytössä. Ilmalämpöpumppujen osalta on vaikea arvioida, mikä osuus kapasiteetista on milläkin ulkolämpötilalla käytössä.



Kuva 4.5 Asuin- ja palvelurakennusten lämpöpumppujen kapasiteetin kehitys. Lähde: Tilastokeskus

Korjaustoiminnassa siirrytään jatkuvasti öljylämmityksestä pois pääasiassa maalämpöpumppulämmitykseen. Tämä johtuu siitä, että maalämpö on ollut viime vuosina selvästi taloudellisempi lämmitystapa kuin öljylämmitys.

4.2 Eri kuormitustyyppien ohjauspotentiaali

Kiinteistöissä ohjattavat tehopotentiaalit vaihtelevat niin kiinteistötyypin, tarkasteluajankohdan kuin myös kuorman ohjauksen vaikutustenkin kannalta. Seuraavassa on koottuna arvioita sekä suurista tehopotentiaaleista että kuormitustyypeistä, jotka soveltuvat ohjaukseen. Ohjaustapoja on selvitetty luvussa 5.

Verkkoyhtiökyselyssä, jota käsitellään tarkemmin luvussa 9, saatiin arvioksi sähkölämmityksen aikaohjauksen (mittarin rele K2) tehoarvioksi n. 1000 MW ja teho-ohjauksen (mittarin rele K1) arvioksi n. 800 MW. Seuraavassa on sähkölämmityksen tehopotentiaalia arvioitu kiinteistöjen rakennusajankohtien, mitoitusperiaatteiden ja ohjausratkaisujen näkökulmasta.

4.2.1 Sähkölämmitteiset asuinrakennukset

Sähkölämmitystä, jossa sähkö toimii suoraan lämmönlähteenä, käytetään erityisesti pientalojen, vapaa-ajanasuntojen ja pienten rivitalojen lämmitysratkaisuna. Se yleistyi lämmitysmuotona 1970-luvulta lähtien ja erityisesti 1980 – ja 1990 -luvuilla sähkölämmitteiset rakennukset lisääntyivät voimakkaasti. Taulukossa (

Taulukko 4.3) on esitetty rakennusten lämmitysainemuutokset eri vuosikymmeninä. Sähkölämmitteisistä rakennuksista oli pientaloja tai rivitaloja 89 % sähkölämmitteisten rakennusten kokonaislukumäärästä ja 80 % sähkölämmitteisten rakennusten kokonaispinta-alasta. (Tilastokeskus, Rakennukset pääasiallisen lämmitysaineen mukaan 2012).

Taulukko 4.3 Rakennukset lämmitysaineen mukaan 1970 - 2012. Lähde: Tilastokeskus

Lämmitysaine	Vuosi					
	1970	1980	1990	2000	2010	2012
Kaikki rakennukset	837 948	934 845	1 162 410	1 299 490	1 446 096	1 474 653
Kauko- /aluelämpö	..	48 538	105 608	130 946	164 721	171 914
Öljy, kaasu	320 171	347 498	306 750	320 934	322 279	320 250
Kivihiili, koksi	24 328	11 794	8 753	7 986	6 983	6 869
Sähkö	41 872	178 707	357 743	455 752	554 368	567 715
Puu, turve	429 467	327 230	321 342	292 763	277 553	277 944
Muu, tuntematon	22 111	20 578	62 214	91 243	120 192	129 961
%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Kauko- /aluelämpö	..	5,2	9,1	10,1	11,4	11,7
Öljy, kaasu	38,2	37,2	26,4	24,7	22,3	21,7
Kivihiili, koksi	2,9	1,3	0,8	0,6	0,5	0,5
Sähkö	5,0	19,1	30,8	35,1	38,3	38,5
Puu, turve	51,3	35,0	27,6	22,5	19,2	18,8
Muu, tuntematon	2,6	2,2	5,4	7,0	8,3	8,8

Lähde: http://www.stat.fi/til/rakke/2012/rakke_2012_2013-05-24_tau_003_fi.html

Loma-asunnot tilastoidaan erikseen muista asuinrakennuksista. Suomessa on loma-asuntoja n. 500 000 kpl. Näistä yli 50 % on sähkölämmitys ja arviolta n.35 % on ympärivuotisessa käytössä. Vuokrauskäytössä olevia lomamökkejä on n. 14000 kpl ja näistä n. 70 %:ssa on sähkölämmitys. (TEM Kesämökkibarometri 2008), (Tilastokeskus Rakennukset 124)

Sähkölämmitteisistä rakennuksista valtaosa on erillisiä pientaloja, mutta myös rivi- ja ketjutaloissa on käytetty sähkölämmitystä. 1980-luvulla nämä lisääntyivät n. 170 000 huoneistolla, 1990-luvulla n. 110 000 huoneistolla ja 2000-luvulla myös vielä n. 120 000 huoneistolla. Rakennuskannassa on myös runsaasti sähkölämmitteisiä asuntoja, jotka on rakennettu 1940 – 50 –luvulla. Näissä on mitä ilmeisimmin vaihdettu aiempi lämmitystapa (esim. puulämmitys) sähkölämmitykseksi. Kuvassa (Kuva 4.6) on esitetty sähkölämmitteisten huoneistojen rakentamismäärät.



Kuva 4.6 Sähkölämmitteisten asuntojen määrä rakentamisajankohdittain. Lähde: Tilastokeskus

Rakentamisajankohdan perusteella voidaan arvioida sekä sähkölämmityksen toteutusmuotoa että käytössä olleita ohjaustapoja. Vuonna 1986 tuli käyttöön sähköyhtiöiden yhteinen SLY-kytkentäsuositus, joka uudistettiin vuonna 1992 (SLY 7/92). Ennen tätä oli jakelualuekohtaisia kytkentävaatimuksia sähkölämmityskuormille. Ohjaustapoja on tarkasteltu tarkemmin luvussa 5 ja SLY-kytkentää liitteessä VIII.

4.2.2 Sähkölämmityksen tehopotentiali

Seuraavassa on arvioitu sähkölämmityksen tehopotentialia pientaloissa, rivitalokiinteistöissä sekä vapaa-ajan asunnoissa perustuen asennettuun lämmitystehoon. Muissa rakennustyypeissä sähkölämmitys on tehty kohdekohtaisin ratkaisuin ja tehomitoituksin. Sähkölämmitykseen liittyviä termejä on määritetty Termit –osuudessa.

Sähkölämmitystehon ja sen ohjauspotentialin arviointi perustuu seuraaviin arvioihin:

- 1970 – 1990 – luvuilla sähkölämmitys toteutettiin pääosin tilakohtaisilla sähkölämmittimillä tai kattolämmityksellä suorana sähkölämmityksenä
- 1990 –luvulla lisääntyi ja 2000 -luvulla tuli yleisimmäksi ratkaisuksi sähköinen lattia-
lämmitys osittain varaavana tai jatkuvatoimisena
- osa (n. 10 %) sähkölämmityksestä on toteutettu 1980 –luvulta lähtien varaajalämmityksenä ja vesikiertoisena lämmönjakona
- vuoden 1986 jälkeen suurin osa (n. 75 %) sähkölämmityskohteista on toteutettu SLY-ohjauskytkennän periaatteiden mukaisesti
- lämmitysteho on arvioitu rakennusten koon perusteella yleisesti käytössä olleella sähkölämmityksen mitoitusperiaatteella (n. 25 W/m^3)
- lämminvesivaraajien tehona on käytetty 3 kW
- varaajalämmitysten vastusteho on arvioitu yleisesti käytössä olleiden varaajien vastustehojen ($2 \times 6 \text{ kW} + 6 \text{ kW}$) perusteella.
- osittain varaavat (lattia)lämmitysratkaisuissa asennetut lämmitystehot ovat n. 1,5 –
kertaisia lämmitystehon tarpeeseen nähden.

Pientaloissa on arviolta sähkölämmityslaitteiden asennettua tehoa yhteensä n. 4500 MW. Tämä lämmitysteho riittäisi lämmittämään kappaleen 4.1 laskelmissa käytetyn laskentamallin mukaan pientalon vielä noin 40-45 asteen pakkasella. Niissä voidaan tehon ja rakennusten määrän perusteella arvioida olevan kytkettynä kaksoishinnoittelun ohjaukseen ("yö-ohjaus" K2) tehoa n. 2300 MW, joista osa (n. 900 MW) on lämminvesivaraajakuormaa. Osittain varaavan lämmityksen on oletettu olevan n. 100 000 rakennuksessa ja niistä muodostuu n. 1400 MW:n ohjauspotentialia. Lisäksi varaajalämmityksen tehoa on arviolta n. 540 MW. Ohjauskytkennät pientalokiinteistöissä mahdollistaisivat joko koko lämmitystehon tai osan siitä ohjaamisen mahdollisella toisella ohjausreleellä ("tehorajoitus" K1). Tätä lämmitystehoa on arviolta n. 2300 MW suorissa tai osittain varaavissa lämmityksissä. Lisäksi varaajalämmityksissä on päiväkäyttövastuksia n. 250 MW. Taulukossa 4.4 on esitetty yhteenveto tehoarviosta.

Taulukko 4.4 Arvio pientalojen sähkölämmitystehoista (asennettu teho) ja ohjauspotentiaalista

Pientalojen sähkölämmitystehoarvio

	Kaikki	Verkkoyhtiön ohjauskytkentä (arvio)	SLY-ohjatut		Ohjaus-potentiaali arvio
			Suora tai osittain varaava sähkölämmitys	Sähkövaraaja + vesikier.lämm.	
Määrä	479547 kpl	100000 kpl	210000 kpl	45 000 kpl	
Kerrosala	69141714 m ²	14418131 m ²	30278075 m ²	6488159 m ²	
Sähkölämmityksen kokonaisteho (arvio) 25 W/m ³	4494 MW	937 MW	1968 MW	422 MW	
Varaava lämmitys ("yöohjaus") á teho					
Läminvesivaraajat 3 kW		300 MW	630 MW		
Varaajat 12 kW				540 MW	
Osittain varaava lämmitys (arvio)			1406 MW		
Kello-ohjausvaraus (arvio) K2		300 MW	2036 MW	540 MW	2876 MW
Lämmitys, teho-ohjaus -varaus					
Huonekohtainen lämmitys (60 % tehosta) 60 %		562 MW	619 MW		
Osittain varaavat lämmitykset 80 %			1125 MW		
Varaaja/päiväkäyttö 6 kW				270 MW	
Teho-ohjausvaraus (arvio) K1		562 MW	1743 MW	270 MW	2575 MW

Rivitalojen huoneistokoko on keskimäärin n. 70 – 80 m² ja sähkölämmittisissä kohteissa on pääosin käytetty huonekohtaista sähkölämmitystä sähkölämmittimillä. Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän osuus on n. 3000 rivitalokiinteistöä (15000 huoneistoa). Kokonaissähkölämmitysteho (mitoitusteho) on arviolta n. 620 MW Taulukossa (Taulukko 4.5) on esitetty yhteenvedo rivitalokiinteistöjen sähkölämmityksen tehoarvioista.

Rivitalokiinteistöissä on arviolta kytkettynä kaksoishinnoittelun ohjaukseen ("yöohjaus" K2) tehoa n. 410 MW, josta lämminvesivaraajien osuus on n. 285 MW. Teho-ohjaukseen valmiuksia (K1) olevaa tehoa on huoneistoissa n.280 MW ja varaajissa n. 30 MW.

Taulukko 4.5 Rivitalokiinteistöjen sähkölämmitysten ja ohjattavuuden arviointi

Rivitalojen sähkölämmityksen ohjauspotentiaaliarvio

	Kaikki	Verkkoyhtiön ohjauskytkentä (arvio)	SLY-ohjatut		Ohjaus-potentiaali arvio
			Suora tai osittain varaava	Sähkövaraaja + vesikier.lämm.	
Huoneistomäärä	125096 kpl	25 000 kpl	70000 kpl	15 000 kpl	
Kerrosala	9554149 m ²	1909357 m ²	5346201 m ²	1145614 m ²	
Sähkölämmityksen kokonaisteho (arvio) 25 W/m ³	621 MW	124 MW	348 MW	74 MW	
Varaava lämmitys ("yöohjaus") á teho					
Läminvesivaraajat 3 kW		75 MW	210 MW		
Varaajat				90 MW	
Muu osittain varaava lämmitys (arvio)			35 MW		
Kello-ohjausvaraus (arvio) K2		75 MW	245 MW	90 MW	410 MW
Lämmitys, teho-ohjaus -varaus					
Huonetilan lämmittimet (60 % tehosta) 60 %		74 MW	209 MW		
Varaaja/päiväkäyttö				30 MW	
Teho-ohjausvaraus (arvio) K3		74 MW	209 MW	30 MW	313 MW

Loma-asunnot muodostavat myös merkittävän sähkölämmityspotentiaalin. Niiden koko ja varustelutaso on lisääntynyt viimeisten vuosikymmenten aikana. Osassa loma-asunnoista on käytetty vastaavia lämmitysratkaisuja kuin pientaloissa. Taulukossa (Taulukko 4.6) on arvioitu loma-asuntojen lämmitystehopotentiaalia rakennusajankohtien ja rakennusten kokojen muutoksen perusteella.

Taulukko 4.6 Arvio loma-asuntojen sähkölämmitystehosta ja sen ohjattavuudesta

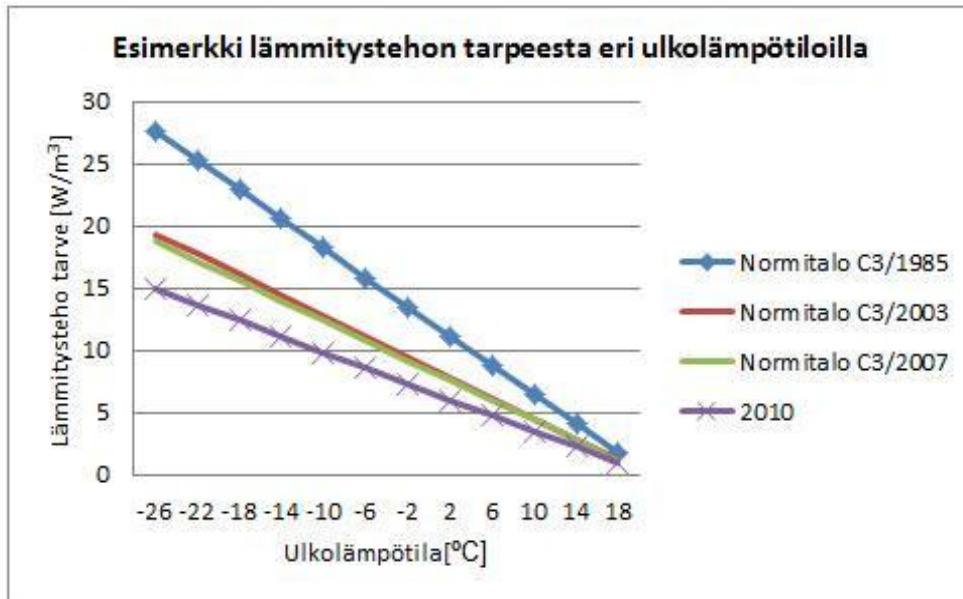
Loma-asuntojen sähkölämmitystehoarvio				
		Kaikki	Sähkölämmitys	SLY-ohjatut
				Suora tai osittain varaava sähkölämmitys
Määrä		498694 kpl	240000 kpl	50000 kpl
Kerrosala		23937312 m ²	11520000 m ²	3500000 m ²
Sähkölämmityksen kokonaisteho (arvio)	25 W/m ³	1556 MW	749 MW	228 MW
Varaava lämmitys ("yöohjaus")	ä teho			
Lämmivesivaraajat	3 kW		720 MW	150 MW
Muu osittain varaava lämmitys (arvio)				50 MW
Kello-ohjausvaraus (arvio) K2			MW	200 MW
Lämmitys, teho-ohjaus -varaus				
Huonetilan lämmittimet (60 % tehosta)	60 %		MW	137 MW
Teho-ohjausvaraus (arvio) K1			MW	137 MW

Loma-asunnoissa, kuten pientaloissa, on ilmalämpöpumppujen käyttö lisääntynyt voimakkaasti. Niiden tehoa ei laskelmissa ole otettu huomioon.

Kokonaisuudessaan pientaloissa, rivitaloissa ja loma-asunnoissa voidaan arvioida olevan aikaohjauksessa ("yöohjaus", rele 2) tai olisi mahdollista kytkeä aikaohjaukseen n. 3400 MW, josta käyttöveden lämmitystä n. 1000 MW ja muuta, lämpötilariippuvaa lämmitystä n. 2400 MW. Tehorajoitusohjaukseen (rele 1) valmiudet omaavaa tehoa kiinteistöjen keskuksissa olisi n. 3000 MW:n, joka on lämpötilariippuvaa. Osittain varaava lämmitys on kytkettynä suurimmassa osassa kohteista sekä aikaohjauksen että teho-ohjaukseen. Tätä päällekkäistä tehoa on arviolta n. 1100 MW. Kokonaisuudessaan huonetilojen sähkölämmityksen teho on arviolta n. 6500 MW.

Huonetilojen lämmitysteho on lämpötilariippuvaa ja suurimman osan lämmityskauttakin lämmitystehosta on kytkettyneenä n. 40 - 50 % mitoistehosta. Lämmityksen kokonaisteho

olisi käytävissä vain kylmimpinä päivinä vuodessa. Kuvassa (Kuva 4.6) on esitetty pientalon ominaislämmitystehon tarve (W/m^3) eri aikoina vaaditun lämmöneristyksen mukaan.



Kuva 4.7 Esimerkki pientalon lämmitystehon tarpeesta

Arvioidujen asennustehojen perusteella ohjattavaa tehopotentialia on enemmän kuin verkkoyhtiökyselystä saatiin tulokseksi. Eroavaisuudet tehojen suuruudessa voivat aiheutua siitä, ettei kaikki laiteteho ole samaan aikaan päälle kytkettyneenä, vaikka olisikin aikaohjauksessa. Samoin, mitä todennäköisimmin, verkkoyhtiökyselyn vastaajat ovat voineet teho-ohjausmahdollisuuden osalta vastanneet arvion siitä tehosta, joka on järjestelmästä ohjattavissa nykyisillä kytkennöillä AMR-mittareiden kautta. Tutkimuksen aikana on ilmennyt, että useat verkkoyhtiöt eivät ole mittareiden vaihdon yhteydessä kytkeneet tehorajoitusta, vaikka mittarissa olisi ollut siihen valmius.

4.2.3 Lämpöpumppujen ohjauspotentialia

Lämpöpumppujen käyttö on lisääntynyt voimakkaasti 2000-luvulla niin uudiskohteissa kuin lämmitysjärjestelmien peruskorjauksessa. Lämpöpumppuja on käytössä n. 600 000 kpl, joista suurin osa (yli 500 000 kpl) on pienitehoisia ilmalämpöpumppuja. Maalämpöpumppujen osuus on n. 50 000. (SUPLU). Lämpöpumppujen kokonaissähköteho voidaan arvioida olevan n. 1050 MW, josta maalämpöpumput ovat n. 250 MW, ilmalämpöpumput n. 400 MW ja lisälämmitysvastukset n. 400 MW.

4.2.4 Saunat

Asuinrakennuksissa on yhteensä n. 2 miljoonaa saunaa, joista sähkölämmitteisiä on n. 1500 000 (Tilastokeskus, Hermiö), (Vihola). Saunojen lukumäärä myös lisääntyy n. 25000 saunalla vuodessa. Sähkökiukaiden kokonaisteho on arviolta n. 9000 MW. Kiukaiden tehopotentiaalia pienentää sekä käyttöaikojen sijoittuminen ja pituus. Lisäksi sähkölämmityskiinteistöissä kiukaan käyttö vuorottelee ainakin osittain sähkölämmityksen kanssa.

4.2.5 Autolämmitys

Autojen lohko- ja sisälämmittimet muodostavat kylmimpään aikaan vuodesta merkittävän suuren tehopotentiaalin. Autolämmityspistorasiakoteloita on Suomessa arvioilta n. 1,5 miljoonaa kappaletta, joista suurin osa on kerrostaloissa, rivitaloissa tai työpaikoilla. Pientaloissa autolämmitys on usein tehty tavallisten pistorasia-asennusten kautta.

Taulukossa (Taulukko 4.7) on pientaloissa olevien autojen lämmitystehoa arvioitu autojen lukumäärän perusteella. Autojen lämmitysajat vuodessa on jaettu neljään eri alueeseen (Korhonen).

Taulukko 4.7 Arvio autolämmitystehosta

Alue	Lämmitys- viikko- määrä/a		Autojen lkm [kpl]	Lohko- lämmitin-teho [MW]*	Sisälämmitin- teho [MW]**	Yhteensä [MW]
1	14	5	411400	197	206	403
2	17	5	152000	73	76	149
3	20	5	276300	133	138	271
4	23	5	44300	21	22	43
Yhteensä				424	442	866

* Lohkolämmitin 80 %:ssa, teho 0,6 kW

** Sisätilälämmitin 50 %:ssa, teho 1 kW

Mikäli arvioidaan lisäksi muissa kohteissa olevan n. 20 %:ssa pistorasiakoteloista kytkettynä lohkolämmitys, joka muodostaa n. 200 MW:n tehon. Tällöin kylmimpinä viikkoina vuodesta autolämmitys muodostaa n. 1000 - 1100 MW:n tehon. Autolämmitys on päällä ajallisesti 1-2 tuntia vuorokaudesta, mutta ajoittuu arkipäivien aamun tunteihin.

4.2.6 Tie- ja katuvalaistus

Tie- ja katuvalaistuksessa käytetään vuodessa sähköenergiaa n. 900 GWh käyttöajan ollessa n. 4000 h. Valaistuksen kokonaisteho on siis n. 255 MW. Liikenneviraston osuus, johon kuuluu lähinnä tievalaistus, on kokonaistehosta n. 47 MW (18 %) ja suurimpien kaupunkien (Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa, Lahti) osuus n. 38 MW (15 %). Tie- ja katuvalaistuksen yksikköteho on pienentymässä siirryttäessä pois elohopealampuista ja LED-valaisimien lisääntyessä. Tällä ei kuitenkaan ole olennaista vaikutusta kokonaistehoon valaistavien alueiden samaan aikaan lisääntyessä. (Heikkilä 2014), (Martikainen 2014)

4.2.7 Kasvihuoneet

Kasvihuoneiden keinovalaistus muodostaa potentiaalisen kuormituksen kysynnän jouston ohjaukselle. Kasvihuoneiden tehopotentiaalia voidaan arvioida kasvihuoneiden pinta-alan ja eri kasvien tarvitseman keinovalaistuksen perusteella. Vihannesten tuotantoon olevaa kasvihuonepinta-alaa on n. 4,3 milj m² ja valaistustehoa niissä on tyypillisesti 100 - 250 W/m² ja valotettuna 25 - 100 %:iin viljelykasvista riippuen. (Maataloustilastot), (Puutarhatilasto 2013) . Kasvihuoneiden valaistus muodostaa arviolta n. 300 MW:n ohjauspotentiaalin.

4.2.8 Toimitilat ja liikerakennukset

Toimitilojen ja liikerakennusten toteutusratkaisut eri kiinteistöjen välillä eroavat rakennusajankohdan ja käyttötarkoituksen mukaan. Tällöin todellisen kuorman ohjauspotentiaalin arvioiminen on haastavaa. Suuruusluokkaa eri kuormatyyppien sähkötehoista on kuitenkin arvioitu mitoitusperusteisesti Tilastokeskuksen rakennuskannasta tehtyjen rakennustilastojen perusteella. (Tilastokeskus 2012). Ohjauspotentiaalin arviointi perustuu seuraaviin lähtötietoihin:

Ilmanvaihto:

- olemassa olevan rakennuskannan pinta-alan (m²) perusteella
- mitoitusilmamäärät arvioitu Rakentamismääräyskokoelman D2:n perusteella (liikerakennus 0,002 (m³/s)/m², toimistorakennus 0,0015 (m³/s)/m², opetusrakennus 0,003 (m³/s)/m² (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012)
- Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehona (SFP luku) käytetty ennen vuotta 2000 rakennetuille 3,0 (kW/m³)/s ja vuoden 2000 jälkeen rakennetuilla 2,5 (kW/m³)/s
- tehoarvio on normaalin mitoitusilmamäärän tuottamiseen tarvittava sähköteho.

Jäähdytys:

- olemassa olevan rakennuskannan pinta-alan (m²) perusteella
- mitoitustehona (W/m²) on käytetty 60 W/m², josta arviolta 1/3 on konetehoa
- jäähdytyksen osuutta kokonaispinta-alasta eri rakennustyypeillä arvioitu kertoimilla (liikerakennus 0,25, toimistorakennus 0,4, opetusrakennus 0,1)

Valaistus:

- olemassa olevan rakennuskannan pinta-alan (m²) perusteella
- mitoitustehona käytetty liikerakennuksille 19 W/m² ja muille rakennuksille 12 W/m²

Ränni- ja kattokaivosulatukset:

- olemassa olevan rakennuskannan pinta-alan (m²) perusteella
- arvioitu mitoitusteholla 20 W/m (lämmitysvastuksen pituus)
- tällöin arvioitu 4 krs:n (a 1000m²/krs) rakennuksen, jonka kokonaiskerrospinta-ala on 4000 m², teho on noin 4 kW (1 W/m²)

Taulukossa (Taulukko 4.8) on esitetty arviot ilmanvaihdon, jäähdytyksen, valaistuksen ja sulanapitolämmitysten käyttämästä sähkötehosta. Rakennustyytit ovat jaoteltu Tilastokeskuksen jaottelun mukaan liike-, toimisto- ja opetusrakennuksiin. (Luoma, 2015)

Taulukko 4.8 Arvio Liike-, toimisto- ja opetusrakennusten sähkötehoista. (Luoma, 2015)

	Rakennuksia, lkm	Kerrosala, m ²	Arvio sähkötehosta / MW			
			Ilmanvaihto	Jäähdytys	Valaistus	Sulanapito (sähkö)
Liikerakennukset	42580	28320836	160	140	540	30
Toimistorakennukset	10907	19229947	90	160	240	20
Opetusrakennukset	8916	18104779	160	40	220	20
			410	340	1000	70

Arviossa ei ole mukana alueiden, ajoliuskojen yms. sulanapitojärjestelmien tehoarvioita. Niissä asennustehot ovat 200 - 400 W/m². Sulanapitolämmityksiä on myös käytössä erilaisissa putkistoissa, joissa asennustehot ovat tyypillisesti 10 - 30 W/m.

Taulukossa esitetyt tehoarviot ovat käyttötilanteen mukaisia maksimitehoja, jolloin vain osa tästä tehosta olisi käytettävissä kysynnän joustoon. Järjestelmien sähkön käyttö riippuu myös voimakkaasti muun muassa tilojen käyttöajoista ja –asteista sekä esimerkiksi ulkolämpötilasta. Taulukossa 3 on esitetty edellä kuvatut tehoarviot pinta-alaan suhteutettuna. (Luoma, 2015)

Taulukko 4.9 Koko kiinteistömäärän tehoa-arviot pinta-alaa kohden. (Luoma, 2015)

	Kerrosala, m ²	Arvio sähkötehosta, (W/m ²)				Yhteensä
		Ilmanvaihto	Jäähdytys	Valaistus	Sulapito (sähkö)	
Liikerakennukset	28320836	6	5	19	1	31
Toimistorakennukset	19229947	5	8	12	1	27
Opetusrakennukset	18104779	9	2	12	1	24

Näitä arvioita pinta-alaa kohden voidaan verrata ST-kortissa 13.31 esitettyihin koulu- ja toimistorakennusten huipputehojen ominaisarvoihin. Koulurakennuksissa huipputeho on pääosin ST-kortiston esimerkkikohteissa n. 15 - 35 W/m² ja toimistorakennuksissa n. 15 - 45 W/m², joten arviot kokonaisuudesta voidaan todeta olevan samaa suuruusluokkaa. (ST 13.31)

4.3 Yhteenveto

Taulukkoon 4.10 on koottuna erityyppisten kuormitusten tehoarvioita sekä niiden ohjausmahdollisuuksia. Taulukon arvot ovat suuruusluokka-arvioita, koska käytettävissä ei ole edes kohdetyyppikohtaisia huipputehotietoja, saati tietoa eri kiinteistöjen laitetehoista. Eri lähtökohdista tapahtuva tehojen arviointi johtaa suuruusluokissa samansuuntaisiin arvoihin, mutta erot ovat arvioissa suuria.

Yhteenvedossa on käsitelty niitä kiinteistö- ja laiteryhmiä, jotka ovat laajimpia ja suurimpia sähköenergian käyttöryhmiä. Niiden lisäksi on kiinteistöjä, joilla on yksittäisiä suurakin tehoja, mutta joiden osuus kokonaisuudesta on pieni.

Laite- ja kiinteistöryhmittäin kuormitusten tehot ja käyttöprofiilit vaihtelevat niin vuorokauden kuin vuodenaikojenkin mukaisesti. Toisaalta nykyisellään on vähän ohjaustoimenpiteitä, lukuunottamatta sähkölämmityksen kaksiaikahinnoittelua, joka ohjaa kuormien käyttöaikoja. Erityisesti sähkölämmityksen osalta lämmityskausien aikana AMR-mittarein releiden avulla ohjattavaa tehoa olisi käytettävissä arviolta vähintään kaksinkertainen tehopotentiaali, mikäli mittareissa olisi kytketty ja kytkettäisiin sekä aikaohjaus että teho-ohjausreleet.

Luvussa 4.1 tehdyt tarkastelut perustuvat energiankäyttötietoihin ja laskelmia on tehty eri ulkolämpötiloilla. Laskelmat antavat tietoa keskimääräisestä todellisesta tehonkäytöstä valitulla ulkolämpötilalla. Luvussa 4.2 tarkastelut perustuvat mitoitus-tehoihin ja laitetehoihin. Teholuissa on suuri ero johtuen siitä, että kaikki asennettu teho ei ole normaalisti käytössä yhtä aikaa.

Taulukko 4.10 Arvio teho-ohjauspotentiaalista ja ohjausmahdollisuuksista

Ohjattavat kuormatyytit	Laitetehto/ asennus-teho [MW]	Tekninen ohjaus- potentiaali	on/off	säädet- tävä	Ajankohta/vrk				Vuodenaika- riippuvuus				Jälki- huippu	
					aa	pv	il	yö	Ta	Kev	Kes	Sy	On	Ei
Ilmanvaihto (ei as.rak)	600	400	(x)	x	x	x			x	x	x	x		?
Valaistus (ei as. rak)	4000	?	(x)	x	x		x		x	x	x	x		x
Sulanapito	100				x	x	x	x	x					
Autolämmitys	1100	500	x		x			x	x					x
Jäähdytys (tilajäähdytys)						x			(x)	x	x	(x)		
Valaistus asuinrak.	1500		x											
Maalämpöpumput	250		x	(x)										
Ilmalämpöpumput	400		x											
Lisävastukset (lp)	400		x											
Katuvalaistus	207		x	osittain			x	x	XX	x	x	XX		x
Tievalaistus	47,8			osittain			x	x	XX	x	x	XX		x
Muu ulkovaalaistus	?													
Kylmälaitteet ja -varastot	?													
Kasvihuoneet	300	?		x	x	x	x	x	x			x		ei
vesipumppaamot														
Sähkölämmittimet	5000	1800	x		x	x	x	x	X	x		X	x	
Lämmivesivaraaja	1500	1200	x					x	X	x	x	X	x	
Varaava lämmitys (sähkö)	500	350	x					x	X	x		X	x	
Varaava lämmitys (vesiv), yö	700	630	x					x	X	x		X	x	
Varaava lämmitys (vesiv), päivä	350	300	x		x	x	x		x	x	x	x	x	
Sähkökiuas	9000	450	x				x	x	x	x	x	x	x	

Taulukko 4.11 Arvio teho-ohjauksen vaikutuksista ja rajoitteista

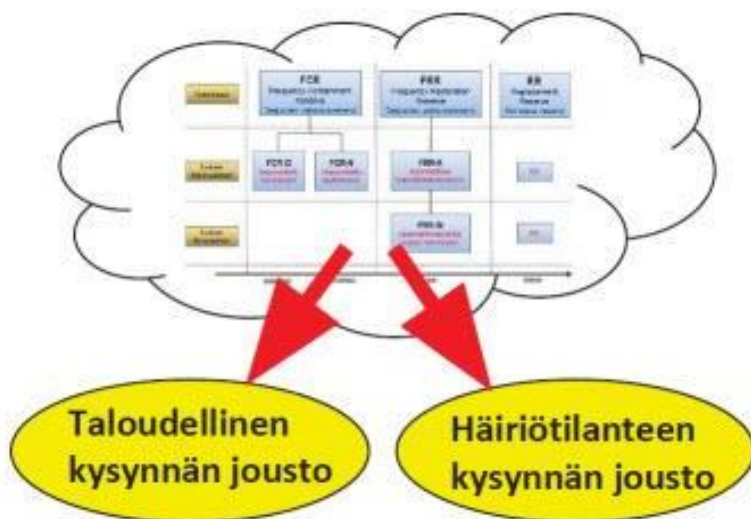
Ohjattavat kuormatyytit	Ohjauksen vaikutus		Ohjauksen max.kesto				Ohjauksen estoaika /palautumisaika	ohjauksia/vrk	Lämpötilariippuvuus		Vaste ohjaukselle I = välitön, II = viivettä III = hidas	Olemassa oleva	Uusissa kohteissa ohjatta-vissa	Vaikutus käyttäjälle "näkyvätömyys"	Käyttäjän vaikutus
	Siir.	Leikk.	s	min	h	vrk			On	Ei					
Ilmanvaihto (ei as.rak)	(x)	x		x	(x)				x		II	osittain	x	ei/lievä	
Valaistus (ei as. rak)		x		x	(x)				x		I	joissain kohteissa	x	ei/lievä	
Sulanapito	x	(x)			x				x		I	osittain	x	ei	
Autolämmitys	x	(x)			x				x		I	osittain	x	ei	
Jäähdytys (tilajäähdytys)	x				x				x		II		x	ei	
Valaistus asuinrak.													x	lievä	
Maalämpöpumput				x			2 h	5	x		II		x	ei	
Ilmalämpöpumput				x			2 h	5	x		I		x	ei	
Lisävastukset (lp)					x		2 h	5	x		I		x	ei	
Katuvalaistus		x		x						x	II		x	lievää haittaa	
Tievalaistus		x		x						x	II		x	lievää haittaa	
Muu ulkovalaistus				x						x			x		
Kylmälaitteet ja -varastot				x	(x)					x			(x)		
Kasvihuoneet		siir			x				3	x	I	osittain	on	ei haittaa	
vesipumppaamot															
Sähkölämmittimet	x			x			2 h	5	x		I	On	x	lievää haittaa	
Lämminvesivaraaja	x				x		2 h	5			I	On	x	ei haittaa	
Varaava lämmitys (sähkö)	x				x		2 h	5	x		I	On	x	ei haittaa	
Varaava lämmitys (vesiv), yö	x				x		2 h	5	x		I	On	x	ei haittaa	
Varaava lämmitys (vesiv), päivä	x				x		2 h	5	x		I	On	x	ei haittaa	
Sähkökiuas	x			x			1 h	3		x	I	On	On	lievä haitta	Takaisin-kytk. käsin

5 Asiakaspään tekniset ratkaisut

Asiakaspään teknisten ratkaisujen osalta tavoitteena on ollut löytää ohjausmahdollisuudet eri kiinteistötyypeissä. Tarkastelu jakaantui olemassa olevien, eri aikakausina rakennettujen tyyppikiinteistöjen tarkasteluun sekä uusien kohteiden esimerkkeihin. Kohteista kuvattiin tyypillisiä kuormia ja kiinteistöjen sähköverkon periaaterakenteita. Olemassa olevista tai potentiaalisista ohjausratkaisuista tehtiin selvityksiä, joiden pohjalta arvioitiin sekä toteutusmahdollisuuksia että ohjauksen vaikutuksia olosuhteisiin. Tarkastelussa on myös mukana turvallisuusnäkökulma sekä kustannusarvioita.

5.1 Kysyntäpotentiaalin määrittely

Kiinteistöjen sisäisten sähköjärjestelmien kysynnän joustopotentiaali on tässä hankkeessa jaettu **taloudelliseen kysynnän joustoon** ja **häiriötilanteen kysynnän joustoon**. (Kuva 5.1). Jaottelu on taloteknisten järjestelmien suunnittelijoille riittävän selkeä ja yksinkertainen, mutta se antaa kuitenkin kohtuullisen mahdollisuuden toteuttaa eri tarpeista syntyvää kysynnän joustoa.



Kuva 5.1 Rakennusten sisäisen kysynnän jouston potentiaalin jako taloudelliseen kysynnän joustoon ja häiriötilanteen kysynnän joustoon

Taloudellinen kysynnän jousto tarkoittaa tässä yhteydessä ohjausta, joka ei suoranaisesti vaikuta kiinteistön ensisijaisten toimintojen suorittamiseen tai häiritse normaalia kiinteistössä oleskelua ja työskentelyä (esim. valaisimien osittainen himmentäminen joissain tiloissa). Häiriötilanteen ohjauksessa olosuhteet voivat osassa kiinteistöä havaittavasti heikentyä, kunhan ensisijaisten työtehtävien suorittaminen on edelleen mahdollista ja kiinteistössä on turvallista liikkua ja oleskella. (esim. toisarvoisten tilojen valaistuksen osittainen sammuttaminen).

5.2 Tyypikiinteistöt

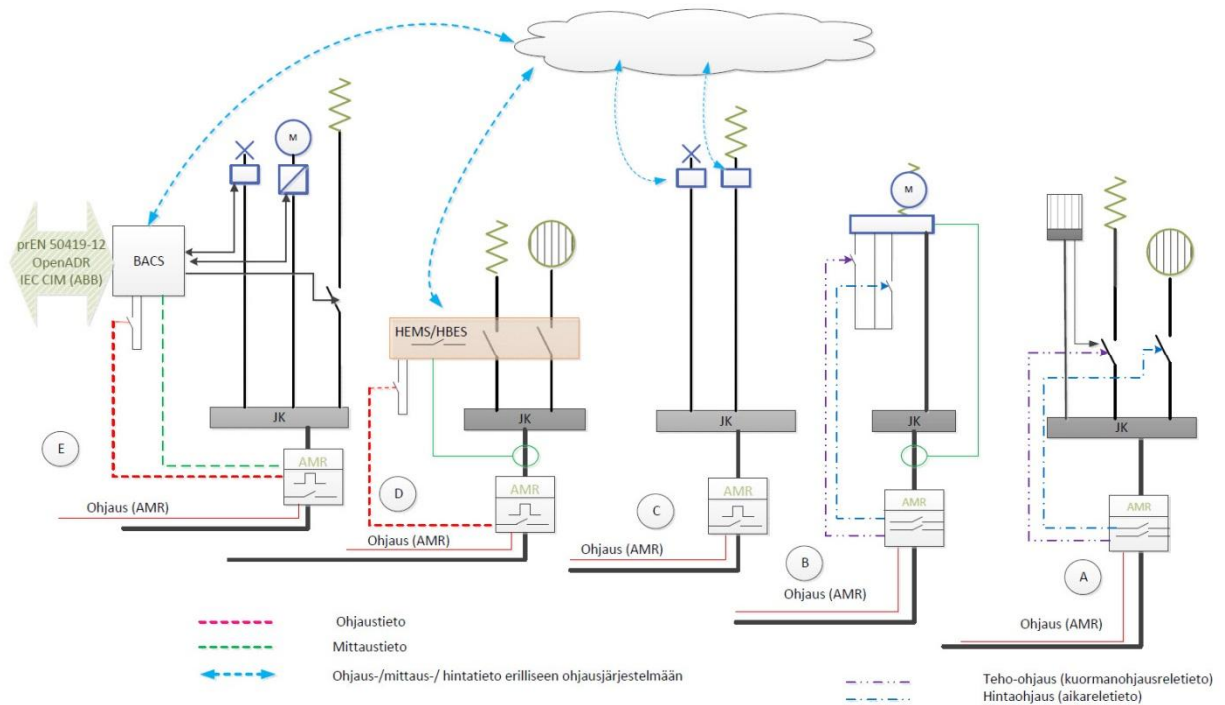
Teknisten ratkaisujen selvityksessä on käytetty lähtökohtana olemassa olevien kohteiden sähköjärjestelmien ratkaisuja. Esimerkkikiinteistöjen avulla kuvattiin olemassa olevia tyypillisiä kiinteistöjen sähköverkon rakenteita ja ohjausmahdollisuuksia. Samalla on koottu näkemyksiä siitä, miten uudiskohteissa tulisi ohjeistaa perusrakenteita niin, että kysynnän jousto olisi tulevaisuudessa mahdollista vähäisin muutuskustannuksin tai että ne olisivat jo valmiina kysynnän jouston hyödyntämiseen.

Taustatietona on käytetty kohteiden, jotka edustavat eri ajankohtina tehtyjä asuin-, toimitila- tai palvelukiinteistöjä, dokumentaatioita. Esimerkkien avulla on luotu käsitys siitä, millaisia tehoja kiinteistöissä on, miten ne on ryhmitelty, miten kiinteistön sähköverkon teho muodostuu eri ajankohtina ja millä tavoilla niitä ylipäätensä voidaan ohjata.

Kiinteistöjen ohjausmahdollisuuksien jaotellussa on käytetty tarkastelunäkökulmina:

- tapahtuuko ohjaus AMR-mittarin välityksellä
 - ohjaus AMR-mittarin ohjausreleeltä suoraan kuormanohjaukseen
 - välitys AMR-mittarin reletiedosta automaatiojärjestelmään
- erillisellä järjestelmällä tai siihen varautumisella
 - ohjaustieto sähköverkosta tai muusta järjestelmästä suoraan kiinteistöautomaatiojärjestelmään
- ohjaustieto erilliseen ohjausjärjestelmään (esim. HEMS)

Kuvassa 5.2 on kuvattu näitä vaihtoehtoperiaatteita. A-vaihtoehdossa AMR-mittarin ohjausreleiden tiedolla ohjataan joko aikatiedon tai tehorajoitustiedon mukaan kuormia. Tämä vastaa pitkään käytössä ollutta sähkölämmityksen SLY-kytkentää, mutta soveltuu muunkin kuorman ohjaukseen. Vaihtoehdossa B ohjaustieto välitetään yksittäiselle laitteelle, jolla on oma ohjausjärjestelmänsä. Vaihtoehdossa C yksittäiset ”älykkäät” laitteet saavat ohjaustiedot, kuten esimerkiksi hintatiedon, erillisestä ohjauspalvelusta. Vaihtoehdossa D energiahallintajärjestelmä mittaa sähkön käyttöä ja saa hinta- tai muita ohjaustietoja erillisestä palvelusta ja ohjaa tietojen avulla laitteiden sähkön saantia. Vaihtoehdossa E kiinteistöautomaatiojärjestelmä voi lukea monipuolisti eri mittaus- ja ohjaustietoja ja suorittaa kuorman ohjauksia samoilla ohjausjärjestelmillä, joilla se tekee muutakin ohjausta.



Kuva 5.2 Ohjaustiedon välityspeiraatteet kiinteistön sähköverkkoon

Esimerkkikiinteistöt jaoteltiin oheisten taulukoiden 5.1 ja 5.2 mukaisesti. Jaottelussa otettiin huomioon:

- Rakennustyyppi
 - Asuinrakennusten ja muiden rakennusten kulutuslaitteet ja suurimmat sähkötehot eroavat toisistaan. Muissa kuin asuinrakennuksissa on käytössä laajasti automaatiojärjestelmiä.
- Lämmitystapa
 - Lämmitystavat jaotellaan sekä lämmönlähteen että lämmönjakotavan perusteella.
- Rakentamisajankohta
 - Rakentamisajankohta vaikuttaa rakennusten varustelutasoon, sähköasennusten ryhmittykseen, lämmitysratkaisuihin ja automaatiojärjestelmien ratkaisuihin.

Taulukko 5.1 Asuinrakennusten jako

	Tyyppi	Lämmitystapa	< 1970	1970-1980	1780-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-
Asuinrakennukset	Pientalot	Sähkölämmitys ("suora")								
		Sähkölämmitys (osittain varaava)								
		Sähkölämmitys (varaaja)								
		Öljy/kaukolämpö								
		Maalämpö								
		Lämpöpumput/"seka"								
	Rivitalo	Sähkölämmitys ("suora")								
		Öljy/kaukolämpö								
		Maalämpö								
	Kerrostalo	Öljy/kaukolämpö								
		Maalämpö								
	Vapaa-ajan rakennukset	Sähkölämmitys ("suora")								
		Muu								

Taulukko 5.2 Toimitilojen jako

Palvelu-rakennukset	Tyyppi	Lämmitystapa	< 1970	1970-1980	1780-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-
Hoitoalan rakennukset	Terveyskeskukset									
	Sairaalat									
	Päiväkodit									
Opetus-rakennukset	Koulut									
	Korkeakoulut									
Muut palvelu-rakennukset	Toimistot									
Liikerakennukset	Myyväläarakennukset									
	Kauppakeskusrakennukset									
	Majoitusliikerakennukset									
	Asuntolarakennukset									
	Ravintolat									
Maatalous	Kotieläinrakennukset									
	Muut maataloudenrakennukset									
Liikenteen rakennukset	Liikenteen rakennukset									
Kokoontumis-rakennukset	Teatterit									
	Urheiluhallit									
	Muut kokoontumisrakennukset									
Muu kulutus	Katuvalaistus									
Teollisuus-kiinteistöt	Yhdyskuntatekniikan rakennukset									
	Teollisuuden tuotantorakennukset									
	Teollisuus- ja pienteollisuustalot									
	Muut teollisuuden tuotantorakennukset									

Tarkastelussa on omana osanaan asuinkiinteistöt sekä palvelu- ja toimitilarakennukset. Asuinrakennusten automaatiojärjestelmien asennusmääristä ei ole saatavilla myynti- tai asennusmäärätietoja. Uusien kohteiden perusteella voidaan arvioida, että alle 10 %:ssa olemassa olevissa asuinrakennuksissa on käytössä kiinteistöautomaatoratkaisuja eikä näissäkään juuri ole otettu huomioon kuormanohjauksen tarvetta. Asuinrakennuksissa tehonohjaus, ainakin lähitulevaisuudessa, olisi toteutettavissa ensisijaisesti AMR-mittarin ohjausreilla tai uusilla erillisillä ohjauspalveluilla. Palvelu- ja toimitilakiinteistöissä, kuten toimistorakennuksissa, kouluissa, kaupan tiloissa, on laajalti käytössä jonkin tasoisia kiinteistöautomaatiojärjestelmiä. Niissä ohjaus olisi luontevinta, ja teknisesti yleisesti yksinkertaisinta, tehdä automaatiojärjestelmän kautta. Palvelu- ja toimitilarakennuksista tarkastelun ulkopuolelle jätetään teollisuuskiinteistöt sekä maatalouden kiinteistöt. Erilaisia kiinteistöjen ohjausjärjestelmiä on selvitetty ja tarkasteltu tarkemmin hankkeen taustaraporteissa (Salmi-nen, Eskelinen).

Esimerkki kiinteistöt edustavat tyypillisiä ratkaisuja kunakin ajankohtana. Niiden avulla voidaan tehdä arvioita ohjauksen mahdollisuuksista. On kuitenkin otettava huomioon, että jokainen rakennus on oma yksilönsä ja että eri puolella Suomea on ollut aiemmin verkkokoh-taisia omia ohjeistuksiaan. Eri aikakausina käytössä olleilla kiinteistöjen teknisten ratkaisulla on suuri merkitys siihen, millaisia tehoja ja millä keinoilla on tehot ohjattavissa ilman, että sähköasennuksiin jouduttaisiin tekemään laajoja asennustöitä.

Kiinteistöjen kokonaisteho muodostuu aina eri laitteiden käytön vuorottelusta ja yleisesti kiin-teistön huipputeho ei ole suoraan laitetehojen summa. Laitteiden käyttöajat risteilevät ja vain osa tehosta on käytössä huipputehon, tai halutun ohjausajankohdan, aikana. Tehovuorotte-lun periaatteet vaihtelevat myös tilatyypeittäin. Esimerkiksi toimisto- tai koulurakennuksissa samaan aikaan on päällä sekä valaistus, ilmanvaihto että toimilaitteet. Asunnoissa yleisesti ei samaan aikaan ole käytössä sauna, liesi, pesukoneet ja autolämmitys. Taulukossa 5.3 on kuvattu esimerkki rivitalokiinteistön eri tehoportaista ja kokonaishuipputehon arviosta.

Kuorman ohjauksen kannalta siis on haasteena:

- kuinka suuria kuormia/tehokokonaisuuksia on kiinteistöissä
- mitkä ovat niiden käyntiajat verrattuna ohjaustarpeeseen
- miten kuorma ylipäättensä on ohjattavissa
- mitä haittoja ohjaus aiheuttaa käyttäjälle.

Tehoarviossa oleville käyttökertoimille (K1, K2, K22) ei ole olemassa edes suuntaa-antavia yleisiä arvoja, vaan jokainen suunnittelija määrittää ne perustuen omaan kokemukseensa.

Taulukko 5.3 Esimerkki kokonaistehon muodostumisesta laitetehoista ja niiden vuorottelusta.

	P_{laite} [kW]	K1	P_{vaad} [kW]	K2	P_{tarve} [kW]	JK P_{huippu} [kW]	kpI	P_{yht} [kW]	K22	P_{arvio} [kW]	P_{huippu} [kW]
Laitte 1	5,4	1	5,4	0	0	13	9	0	1	0	111
Laitte 2	0,9	1	0,9	1	0,9		9	8,1	1	8,1	
Laitte 3	3	1	3	1	3		9	27	1	27	
Laitte 4	6	1	6	1	6		9	54	1	54	
Laiteryhmä 5	8	1	8	0,25	2		9	18	0,5	9	
Laiteryhmä 6	2	1	2	0,25	0,5		9	4,5	0,5	2,25	
Laiteryhmä 7	2	1	2	0,25	0,5		9	4,5	0,5	2,25	
Valaistus 1	2	0,5	1	0,25	0,25		9	2,25	0,5	1,125	
Valaistus 2	2	0,5	1	0,25	0,25						
Laitte 21	12	1	12	0,9	10,8		15	1	10,8	0,5	
Laitte 22	5	0,5	2,5	1	2,5	1		2,5	0,5	1,25	
Laitte 23	5	0,5	2,5	0,5	1,25	1		1,25	0,5	0,625	

Kertoimet

K1 arvio kokonaistehon käyttöasteesta

K2 arvio tehon osuudesta (jakokeskuksen) huipputehon aikana

K22 arvio tehon osuudesta koko kiinteistön huipputehon aikana

Tutkimuksen osana tehdystä suunnittelijakyselystä, jota on käsitelty luvussa 9, ilmeni, että vain harvoja toteutuneita kohteita seurataan käyttöönoton jälkeen niin, että suunnitteluvaiheen tehoarvioita verrattaisiin toteutuneeseen käyttöön. Alan toimijoiden haastatteluista on myös tullut esiin käsitys, että suunnitteluvaiheessa huipputehot ylimitoitetaan. Edes suuret kiinteistöomistajat eivät ole systemaattisesti mitanneet tai seuranneet kiinteistöjen tehoja, vaan huomio on ollut energiakulutuksen seurannassa.

5.3 Asuinrakennusten ohjausmahdollisuudet

Asuinrakennuksissa on laajalti samantyyppisiä laitteita ja käyttöprofiileja. Suurimmat erot syntyvät rakennusajankohdan ja lämmitystavan perusteella. Kiinteistöjen sähköverkot on toteutettu laajalti perusratkaisuina, joissa kuitenkin haasteena kuormanohjauksen näkökulmasta ovat erilaiset laiteryhmittelyt, vähäiset tilavaraukset keskuksissa ja dokumentoinnin puutteet.

Tarkastelussa kuvattiin tyyppisiä asuinrakennusten sähköverkon rakenteita, laitetehoja ja nykyisten asennusten ohjausmahdollisuuksia. Aineistossa on lisäksi tarkemman mittausseu-

rannan pohjalta tehtyjä tehotarkasteluja. CASE-kohteiden ja ohjausjärjestelmien tarkempi kuvauksia on erillisjulkaisuissa. (Rantanen), (Salminen), (Eskelinen).

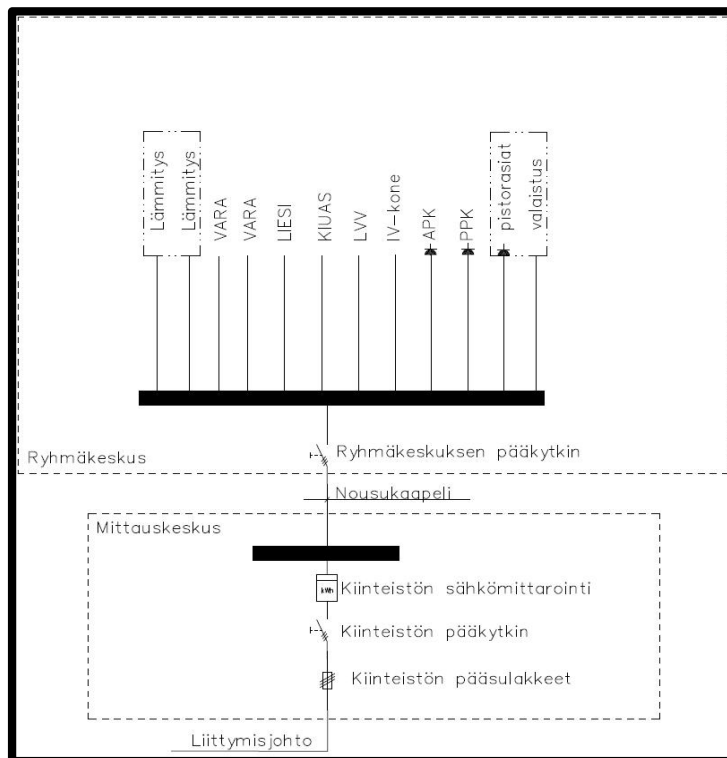
Tarkastelussa keskityttiin olemassa oleviin rakennuksiin. Uusien kiinteistöjen tuleville ratkaisuille voidaan kehittää niiden pohjalta suunnittelukäytänteitä, joissa kysynnän jousto on otettu huomioon.

5.3.1 Pientalot

Pientalot ovat Suomen rakennuskannasta n. 76 % määrällisesti ja n. 35 % kerrosalasta. Niissä käytetyimmät lämmitysmuodot ovat sähkölämmitys (n. 44 %), öljylämmitys (n. 24 %) ja puu (23 %). Viime vuosina ovat lämpöpumppuratkaisut lisääntyneet, mutta niiden osuus kuitenkin on melko vähäinen koko rakennuskannasta (maalämpö n. 4 %). Lisäksi ilmalämpöpumppuja käytetään tukilämmitysmuotona.

Suurimmassa osassa pientaloja kiinteistön sähköverkko on tehty hyvin perinteisesti ja siihen ovat eniten vaikuttaneet asennusmääräyksissä ja –standardeissa tapahtuneet muutokset sekä yleinen varustelutason kasvu. Olemassa olevissa kiinteistöissä ei ole odotettavissa nopeaa sähköasennusten uusiutumista, jolla voitaisiin saada esimerkiksi laitekohtaisia ohjauksia. Suuritehoiset (kuias, liesi) kojeet sekä valaistus ovat kiinteästi asennettuja, jolloin ohjausjärjestelmien lisääminen edellyttää asennusten muutostyötä. Asuinrakennusten keskusrakenteet ovat usein myös ahtaita niin asennuspaikaltaan kuin rakenteeltaan, jolloin lisäohjauksen asentaminen saattaa vaatia koko keskusrakenteen uusimista. Laajojen peruskorjausten yhteydessä olisi perusteltua myös uudistaa sähköverkon perusrakenne ja asettaa sille vastaavia vaatimuksia kuin uudiskohteelle asetettaisiin.

Kuvassa 5.3 on esitetty periaatteellinen kaavio pientalon sähköverkon rakenteesta ilman sähkölämmitystä, jota tarkastellaan kohdassa 5.3.2.



Kuva 5.3 Periaatteellinen kaavio pientalon sähköverkosta. Ryhmäkeskus- ja mittauskeskusosuus voivat myös olla samassa keskuksessa. (Rantanen)

Pientaloissa on lisääntynyt viime vuosina erilaiset kiinteistöohjaus- ja automaatiojärjestelmät, mutta niiden kokonaisuus on edelleen hyvin marginaalinen. Ohjausjärjestelmiä, koti-automaatiota ja laite- tai järjestelmäkohtaista ”älykkyyttä” on tullut tekniikan kehittymisen myötä yhä enemmän. Näissä järjestelmissä on, ainakin osassa, mahdollisuuksia kehittyneempiin kuormanohjaustapoihin kuin AMR-mittarin reletiedon tai erillisen ohjauksen muodossa.

Ratkaisujen laajamittaisessa käyttöönotossa on paljon haasteita. Niissä, on ne sitten kokonaisjärjestelmiä tai laitekohtaisia, on käytössä laajalti valmistajakohtaisia ratkaisuja. Tällöin laitevalikoima on rajattu ja käyttö- ja ylläpito tulee työlääksi varsinkin tilanteissa, joissa ratkaisun valmistus on lopetettu. Laitekohtaiset ratkaisut ovat usein suljettuja, vain tiettyyn käyttötarkoitukseen tehtyjä. Osaa olemassa olevasta mahdollisuuksista ei ole otettu käyttöön (esim. maalämpöpumppujen Smart Grid –toiminnot).

Pientaloissa on kuitenkin yleistynyt standardoidut KNX-pohjaiset järjestelmät. Vuosina 2012-2013 n. 8 %:iin pientalotaloista on käytetty KNX-järjestelmää. Myös EBTS-järjestelmällä, jossa myös on otettu huomioon kuormanohjausmahdollisuus, on kasvavat markkinat.

Pienkiinteistöjen kiinteistöautomaatiojärjestelmiä ja niiden toimivuutta kysynnän jouston näkökulmasta tarkemmin on käsitelty erillisjulkaisussa (Salminen.S. opinnäytetyö).

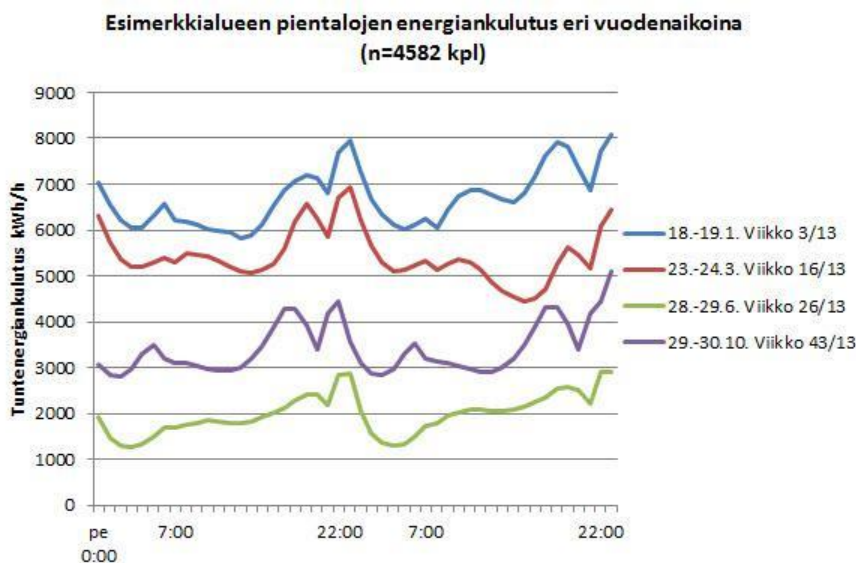
Pientalojen esimerkkikohteeksi on valittu vanhempia sähkölämmityskohteita sekä uusia ”sekalämmitys”-kohteita. Vanhemmissa kohteissa ratkaisut ja ohjausmahdollisuudet ovat laajalti samantyyppisiä. Uusissa kohteissa lämmitystavat muuttavat myös kiinteistön sähköverkon tehorrakennetta.

5.3.1.1 Ohjausmahdollisuudet pientaloissa

Pientaloissa sähkön käyttö vaihtelee sekä vuodenajoinn että käyttötunneittain huomattavasti. Asumiseen liittyvät toimet, ruuanlaitto, kodinkoneet, viihdelaitteet ja valaistus muodostavat peruskuorman, johon on hyvin haasteellista tehdä kuormanohjausta niin teknisesti kuin käyttömukavuuden näkökulmasta.

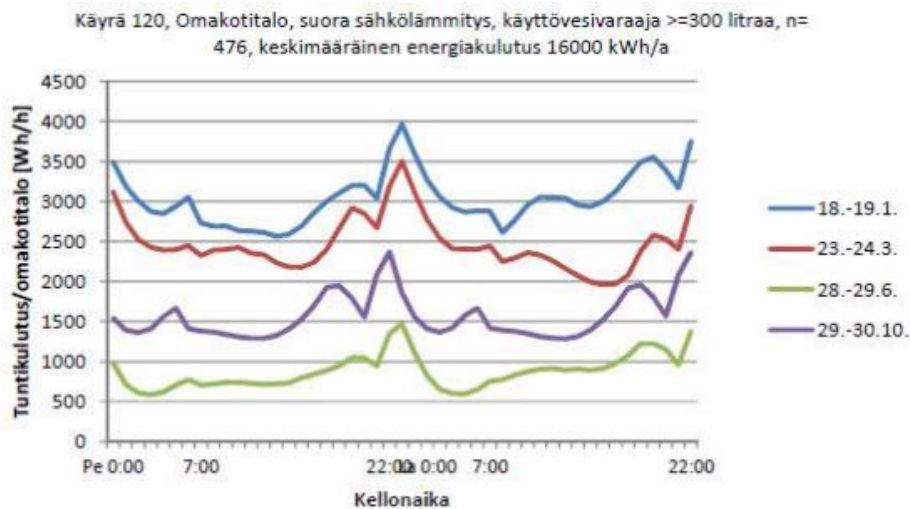
Tarkastelussa on käytetty esimerkkikohteina tutkimuksen aineistona olevaa yhden kunnan mitattua vuosikulutusaineistoa, joka on ryhmitelty tyyppikulutusten mukaisesti sekä yksittäisten mittauskohteiden aineistoja. Erillisissä mittauskohteissa on mukana 12 pientaloa, jotka on rakennettu vuonna 2012 ja jotka kaikki sijaitsevat samalla alueella. Lisäksi on yksittäisiä esimerkkikohteita.

Kohteita on tarkastelu pääsääntöisesti samojen mittausjaksojen ajalta, viikoilla 3/2013, 16/2013, 26/2013 ja 43/2014. Viikolle 3 sijoittui vuoden 2013 sähkökulutuksen huippukulutus (18.1.2013). Kuvassa 5.4 on esimerkkialueen pientalojen kokonaistuntienergian tuntikulutus eri vuodenaikoina.



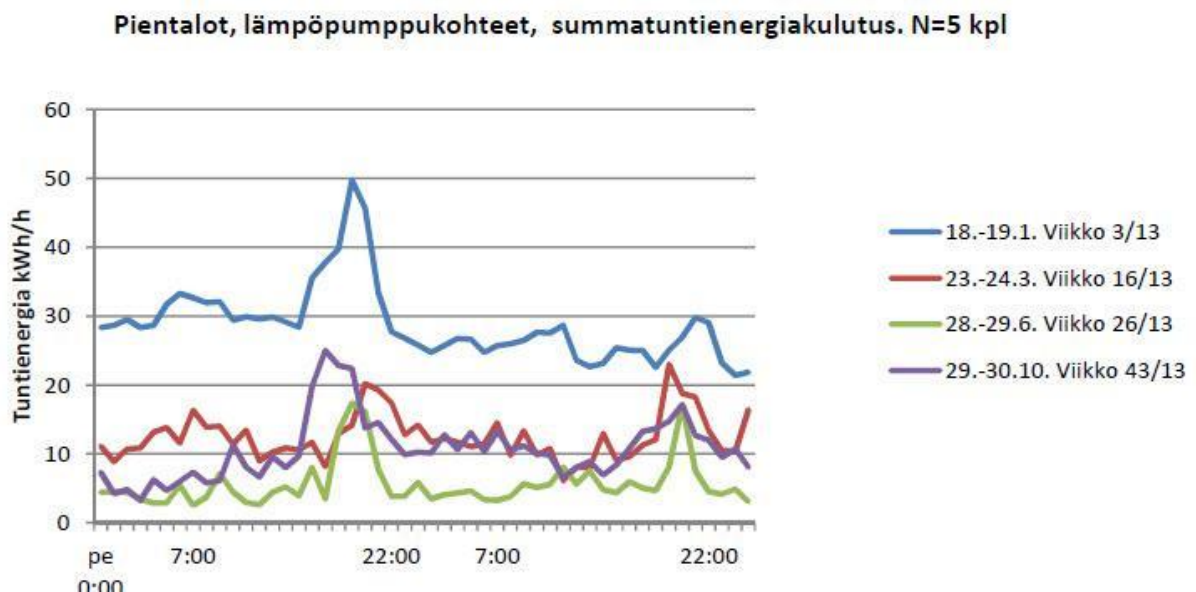
Kuva 5.4 Esimerkkialueen pientalojen kokonaistuntienergiakulutus

Pientaloissa suurimman ohjauspotentiaalın muodostavat lämmitysratkaisut sekä sähkökuikat. Sähkölämmityskohteissa tyypillisesti sähkötehon huippuaika ajoittuu yöaikaan lämmivesivaraajien päällekytkeytymisen vuoksi. Asuntojen huippukulutusaikoina (klo 7-9 ja klo 17-19) asunnoissa on päällä tyypillisesti lämmittävää muuta tehoa, jolloin jatkuvatoiminen sähkölämmitys nopeasti säätyvänä kytkeytyy pois päältä. Kuvassa 5.5 on esitetty mittausalueella sijaitsevien suoran sähkölämmityksen omaavien asiakkaiden keskimääräinen tuntienenergiajakautus eri vuodenaikoina.



Kuva 5.5 Mittauskohteiden keskimääräinen tuntienenergiakulutus eri vuodenaikoina. Suora sähkölämmitys.

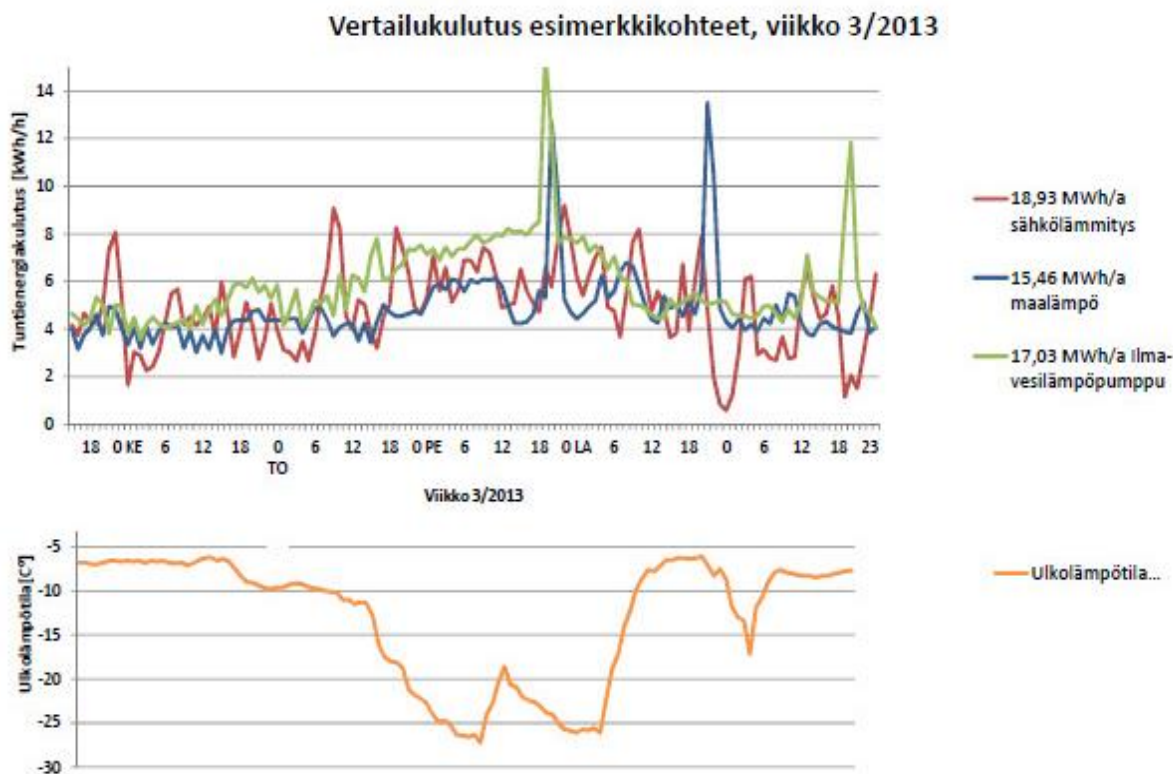
Lämpöpumpputaloissa tehon rajoitusta tai ohjausta ei ole otettu täysimääräisesti käyttöön, vaikka siihen teknisesti olisi mahdollisuudet. Lämpöpumppujen kokonaisvaikutusta on vaikea arvioida, koska käytössä hyvin monenlaisia ratkaisuja, laitteissa on lisälämmitystekhot valittavissa kojeesta ja vain osassa on tehovahdit käytössä. Kuvassa 5.6 on viiden esimerkimittauskohteen tuntienenergiakulutus eri vuodenaikoina.



Kuva 5.6 Mittauskohteiden kokonaistuntienenergiakulutus eri vuodenaikoina. Lämpöpumppukohteet. N= 5 kpl.

Esimerkkikohteissa on nähtävillä sähkökiukaiden ja saunomisen vaikutus tuntikulutuksen huipun ollessa tarkastelupäivinä perjantai-illassa. Suuret tehovaihtelut ja -piikit voitaisiin suurlta osin välttää joko vuorottelukytkennoillä, tehovaltien käytöllä tai kuorman ohjauksella. Useissa laitteissa on valmiudet myös "smart grid" -toiminnoille Rakentamisen ohjauksessa ja alan yleisissä ohjeistuksissa ei kuitenkaan ole tällä hetkellä vaatimuksia tai ohjeita näiden toimenpiteiden käyttöönottoon. Myöskään verkkoyhtiöt eivät omissa ohjeissaan ohjaa tehoroisteilyjen tekemistä muihin kuin sähkölämmityskiinteistöihin. Kohteiden toteuttajat, suunnittelijat ja urakoitsijat, eivät miellä lämpöpumppuratkaisuja sähkölämmitykseksi ja tehoroisteilyt jäävät toteuttamatta.

Kuvassa 5.7 on vertailu kahden seurantakohteen (rv. 2012) talviajan kulutusta ja sen lämpötilariippuvuutta. Kohteiden kokonaisvuosikulutus on samaa suuruusluokkaa. Kylmimpinä päivinä maalämpökohteen huipputeho on noin 1,5-kertainen verrattuna sähkölämmitteiseen kohteeseen. Maalämpökohteen E-lukuvuksi on laskettu 142 kWh/m²,a ja sähkölämmityskohteen 172 kWh/m²,a.



Kuva 5.7 Kolmen esimerkkipientalon (rv 2012) sähköenergian kulutus (viikko3/2013)

Lämmityskattiloilla varustetuissa pientaloissa kuten myös kaukolämpötaloissa ohjauksen mahdollisuudet ovat hyvin rajalliset, jos sähkötehoa halutaan rajoittaa. Jos tarve on saada

lisätehopotentiaalia, voisi lämmityslaitteissa olevat lisä- ja varavastukset toimia lisätehoina. Tämä kuitenkin edellyttää ohjausjärjestelmän asentamista.

Jatkossa haasteena tulee olemaan lämmitysjärjestelmien uudistaminen, jossa öljylämmityskattiloiden tilalle muutetaan maalämpöratkaisuja. Esimerkiksi, jos 1960 – 1970 luvuilla rakennetuista pientaloista puolessa tehdään tämä muutos, tarkoittaa se lämpöpumppujen sähkötehona vähintään 300 – 400 MW lisätehon tarvetta. Öljylämmityksestä poissiirtymisen on arvioitu aiheuttavan 600 - 1000 MW:n sähkötehon tarpeen (Ruotsalainen 2012).

5.3.2 CASE-kohteet

Case-kohteiden avulla esitettiin erilaisten lämmitysratkaisujen vaikutuksia sähkötehoihin. Tarkastelussa kuvataan esimerkkikohteiden avulla tyypillisiä asuin-kohteiden sähköverkon rakenteita, laitetehoja ja nykyisten asennusten ohjausmahdollisuuksia. Kohteissa on useita ”sekalämmitysjärjestelmillä” varustettuja kiinteistöjä. Vanhemmat, erityisesti sähkölämmitys-kohteet, ovat olleet yleisesti verkoltaan ja tehoiltaan pitkälti yhteneväisiä kunkin rakentamisajankohdan käytänteiden mukaisesti. Taulukossa 5.4 on esitetty esimerkkikohteet, joiden tietoja on mukana tarkastelussa. Case-tarkastelussa on mukana kirjaimin merkityt kohteet. Kohdetarkastelua on kuvattu tarkemmin erillisjulkaisussa Rantanen, J. Opinnäytetyö 2014 (Rantanen).

Taulukko 5.4 Esimerkkikohteet. Kirjaimilla merkityt ovat mukana tarkemmassa tarkastelussa. Muut kohteet (*) tausta-aineistona.

	Tyyppi	Lämmitystapa	< 1970	1970-1980	1980-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-
			Asuinrakennukset	Pientalot	Sähkölämmitys ("suora")				**	A*	
Sähköl. (osittain varaava)						****	*	**		*	
Sähkölämmitys (varaaja)								*	*		
Öljy/kaukolämpö							*	*			
Maalämpö										*	D
Lämpöpumput/"seka"											B,E
Rivitalo	Sähkölämmitys ("suora")				*	F***					
	Öljy/kaukolämpö										
	Maalämpö										
Kerrostalo	Öljy/kaukolämpö	*				*	*	G			
	Maalämpö										
Vapaa-ajan rakennukset	Sähkölämmitys ("suora")								**	*	
	Muu									*	

Esimerkkikohteissa on tarkasteltu joko tiedossa olevia tai arvioituja laitetehoja, laskennallista huipputehoa (ST 13.31 mukaisesti määritettynä tai suunnitelmista esitettyjä) sekä osasta kohteista seurantamittausten mukaisia todellisia kWh/h –arvoja. Osasta kohteista on myös saatavilla tarkempaa, laitekohtaista mittaustietoa.

Mitatuista vuosikulutuksista on otettu tarkasteluun neljä viikkoa (viikot 3/2013, 16/2013, 26/2013 ja 43/2013) ja niistä kaksi vuorokautta (perjantai – lauantai).

Case A : suora lämmitys SLY-kytkentä (rv. 1991)

Tyypikiinteistö on 120 m² kokoinen omakotitalo, joka on rakennettu vuonna 1991. Lämmitystapana on sähkölämmitys. Rakennuksessa on käytetty sähkölämmittimiä sekä lattialämmitystä. Lämmityksen ohjauskytkentänä on SLY-kytkentä. Noin puolet rakennuksen lämmitystehosta on kiuasvuoroteltu, sekä lisäksi kohteessa on kotona/poissa -kytkin sähkölämmittimien lämpötilan pudotustoimintoa varten.. Taulukossa 5.5 on esitetty tyypikiinteistön teho-
taulukko. (Rantanen)

Taulukko 5.5 Case A laite- ja huipputehot (Rantanen).

	P _{max} [kW]	K1	P _{vaad} [kW]	K2	P _{tarve} [kW]	P _{huippu} [kW]
Sähkölämmittimet	8,8	1	8,8	0,5	4,4	21
	3,3	1	3,3	0,5	1,7	
LWV	3	1	3	1	3,0	
Kiuas	8	1	8	1	8,0	
Liesi	8,5	1	8,5	0,25	2,1	
APK	2	1	2	0,25	0,5	
PPK	2	1	2	0,25	0,5	
Valo+pr	3	1	3	0,25	0,8	

Kysynnän jouston kannalta mahdollisuudet ovat sähkölämmityksessä ja LVV:ssä (taulukko 5.6) jotka sisältävät valmiin SLY-kytkennän mahdollistaman tariffi- ja huipputehonrajoitusmahdollisuuden. Muiden kojeiden ohjaaminen vaatisi kytkentämuutoksia ja lisäkontakteja. Lämmityksen tariffiohjattava teho vaihtelee välillä 0 – 6,34 kW käyttökytkimien asennon (jatkuva-0-yö) ja lämmitystarpeen mukaan. Tehonrajoituksen takana oleva ohjauspotentiaali vaihtelee välillä 0 – 8,8 kW. (Rantanen).

Taulukko 5.6 Case A lämmityksen ohjattavat tehot (Rantanen)

Tyypikiinteistön 1 ohjattavissa olevat tehot			
	kW (kok)	tariffiohjattu (kW)	tehonrajoitus (kW)
lattialämmitys	3,34	3,34	0
sähkölämmittimet	8,8	0	8,8
lämmivesivaaraja	3	3	0
Yhteensä	15,14	6,34	8,8

Case B VILP (rv. 2012)

Tyypikiinteistö on yksikerroksinen omakotitalo (163 m²), joka on rakennettu vuonna 2012. Kohteessa on ilmalämpöpumppu ja vesikiertoinen lattialämmitys. Kohteeseen on myös asennettu sadevesikouruun sulanapitolämmitys. Kiinteistön pääsulakkeet ovat 3 x 25 A.

Taulukossa 5.7 on esitettyä kohteen tehotaulukko. Kohteesta ei ole ilmoitettu laskettua huipputehoa, joten huipputeho on laskettu ST-kortin 13.31 ohjeen avulla. Laskennalliseksi huipputehoksi on saatu 18 kW. Tarkasteluvuonna (2013) mitattu tuntihuipputehon arvo oli 15,6 kW ja huipun käyttöaika 1091 tuntia.

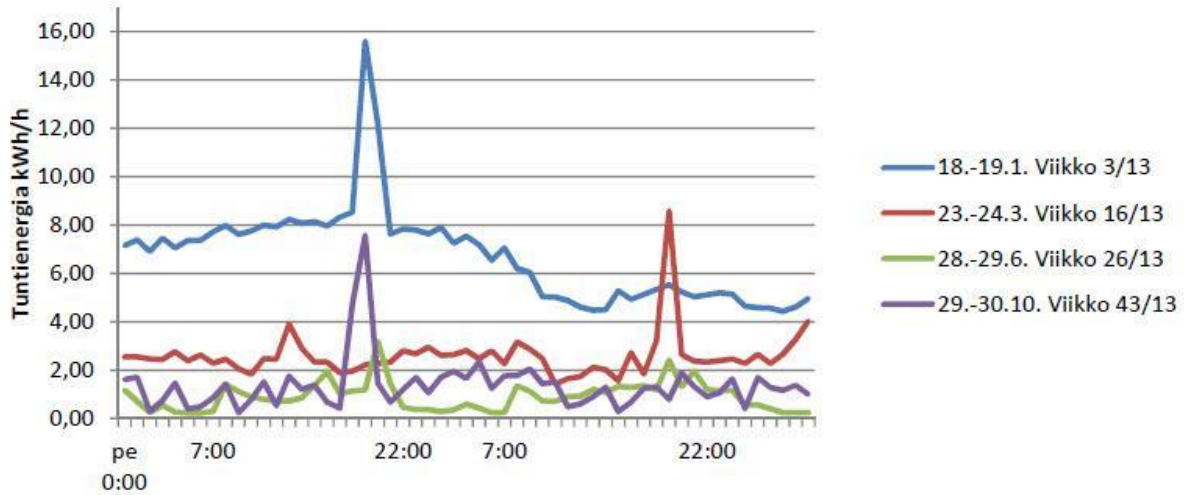
Taulukko 5.7 Case B tehotaulukko (Rantanen)

	P _{lata} [kW]	K2	P _{vaad} [kW]	K2	P _{lata} [kW]	P _{huippu} [kW]
VILP sähkövastus	6	1	6	1	6,0	18
Ilmanvaihtojärj. Lisävas.	2	1	2	0	0,0	
Rännilämmitys	1,25	1	1,2	0,6	0,7	
Kiuas	8	1	8	1	8,0	
Liesi	8,5	1	8,5	0,25	2,1	
APK	2	1	2	0,25	0,5	
PPK	2	1	2	0,25	0,5	
Valo+pr	2	1	2	0,25	0,5	

Kuvassa 5.8 on esitetty tuntikulutukset eri vuodenaikoina kahden vuorokauden aikana (pe-la). Talviaikaan ohjattava potentiaali vaihtelee n. 4 - 14 kW:n välillä. Tämä koostuu pääosin lämpöpumpun lisäsähkövastuksen ja kiukaan tehosta.

Huippukulutuksen ajankohta tarkasteltavana ajanjaksona on ollut perjantai-iltana 18.1.2013. Huipputehopiikin aikaan lämpötila on ollut n. -20° C, joten voidaan olettaa, että kuvasta näkyvän piikin aikaan ilmalämpöpumpun lisävastustukset ovat olleet päällä. Niiden lisäksi päällä on ollut myös mahdollisesti sähkökiuas. Muina vuodenaikoina kulutuspiikit ajoittuvat ilta-aikaan, jolloin sauna on mitä ilmeisimmin käytössä. (Rantanen)

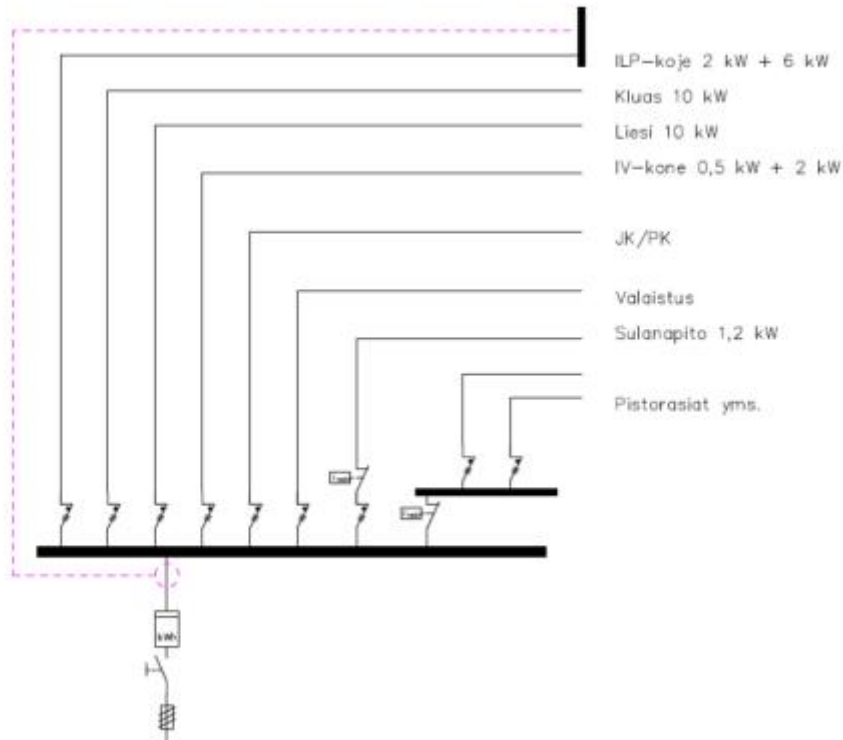
Esimerkkikohde: Omakotitalo rv. 2012, v-ilp-lämmitys



Kuva 5.8 Case B tuntikulutukset eri vuodenaikoina, pientalo, vesi-ilmalämpöpumppulämmitys

Kysynnän jouston kannalta ilmalämpöpumppu -kohteen potentiaali sijaitsee sisäyksikön lisävastuksessa. Lisävastuksen sähköteho on esimerkissä 6 kW, joka kytkeytyy päälle, kun ilmasta ei saada riittävää määrää lämpöä. Käytännössä tilanne tulee vastaan talviajan kylminä päivinä. Ilmalämpöpumpun sähkövastuksen kytkeminen tehonrajoitusreleen taakse vaatii lisäkontaktorin sekä kytkentämuutoksia. Vesikourulämmityksen potentiaali on 1250 W, joka vaatii myös lisäkontaktorin ja kytkentämuutoksia. Kesäajan ohjauspotentiaali on olematon. Kuvassa näkyvät pienet tehopiikit johtuvat kulutuskojeista. (Rantanen)

Tehopiikit saataisiin tasoitettua joko tehovahdilla varustetulla lämpöpumpulla tai tekemällä kiuasvuorottelu. Kuvassa 5.9 tehovahdin kytkentäperiaate.



Kuva 5.3 Tehovahdin kytkentäperiaate

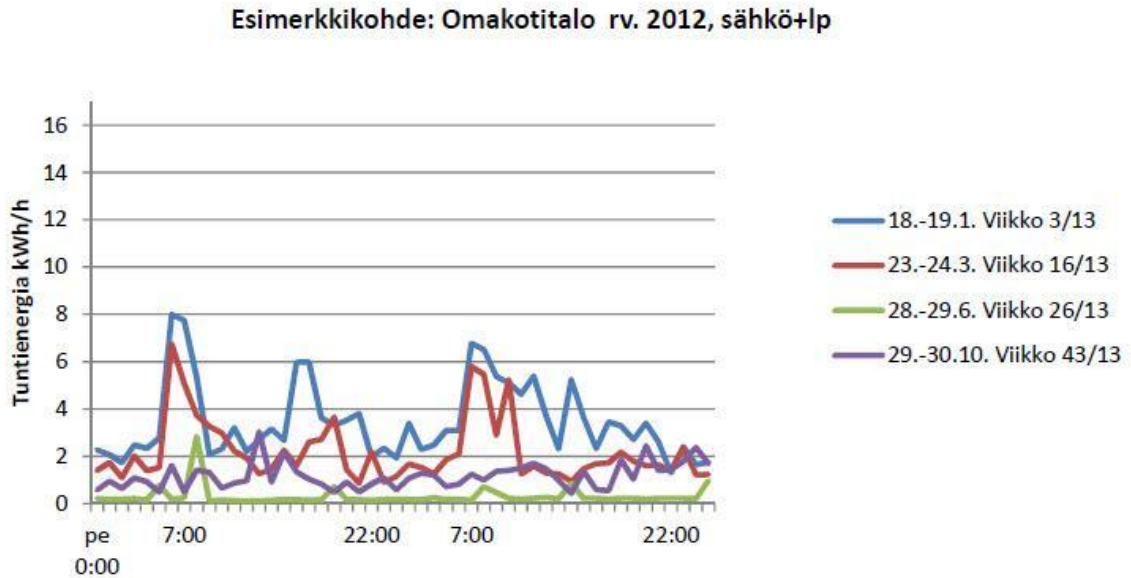
Case C sähkölämmitys (rv 2012)

Kohde on kaksikerroksinen omakotitalo (119 m²), joka on rakennettu vuonna 2012. Lämmitysmuotona on sähköinen lattialämmitys. Kohteen huipputehoa ei ole ilmoitettu, joten saatu 15,1 kW on laskettu ST-kortin 13.31 ohjeen avulla. Mitattu tuntihiipputeho oli 13,7 kW ja huipun käyttöaika 1377 h. Kohteessa on SLY -kytkentä lämmityskuormien ohjaamiseen. Kiukaan kanssa vuorotteleva teho on puolet lämmitystehosta eli 4,15 kW. Kiinteistön pääsulakkeet ovat kokoa 3 x 25 A. Taulukossa 5.8 on esitetty kohteen tehomitoitus. (Rantanen)

Taulukko 5.8 Case C tehotaulukko (Rantanen)

	P _{alku} [kW]	K1	P _{lasku} [kW]	K2	P _{alku} [kW]	P _{huippu} [kW]
Lämmittimet	8,3	1	8,3	0,2	1,7	15
Ilmanvaihto järjestelmä	0,5	1	0,5	1	0,5	
ILP (sähkövastus)	0,4	1	0,4	1	0,4	
LVV	3	1	3	1	3,0	
Kiuas	6	1	6	1	6,0	
Liesi	8,1	1	8,1	0,25	2,0	
APK	2	1	2	0,25	0,5	
PPK	2	1	2	0,25	0,5	
Valo+pr	1,5	1	1,5	0,25	0,4	

Kuvassa 5.10 on esitetty kohteen sähkötehojen suuruutta ja ajoitusta eri vuodenaikoina.



Kuva 5.10 Tuntienergiankulutus eri vuodenaikoina. Omakotitalo. Sähkölämmitys ja ilmalämpöpumppu.

Kohteessa on käytössä SLY-kytkennän mukainen ohjaus. Sähkölämmityskohteen ohjattava potentiaali vaihtelee suuresti riippuen käyttökytkimien asennosta (jatkuva – yö) sekä lämmittimien käyttöasteesta. Maksimi potentiaali on 8,3 kW (sähkölämmittimet) + 3 kW (LVV) = 11,3 kW. Kesäpäivän kulutus on pieni ja se koostuu pääosin vain kulutuskojeista ja käyttövesivaraajasta, jonka ohjauspotentiaali on ympärivuotista ja huiput ovat pääosin yöaikaan riippuen käyttökytkimen asennosta (jatkuva – yö). Lämminvesivaraajan ohjauspotentiaali on siis joko 3 kW tai 0 kW. (Rantanen)

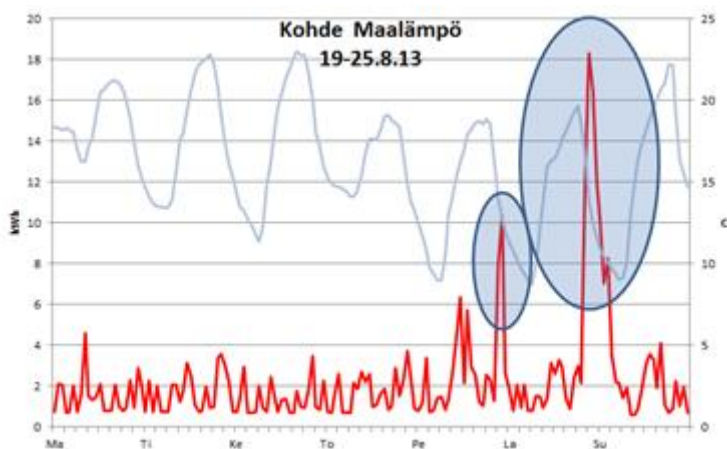
Case D MLP (rv 2012)

Tyypikiinteistö on suuri omakotitalo (390 m²), joka on rakennettu vuonna 2012. Kohteessa on maalämpöpumppu ja vesikiertoinen lattialämmitys. Pääsulakkeet ovat kokoa 3 x 35 A. Kohteen suunnitelmissa ei ole esitetty laskennallista huipputehoa. ST-kortin 13.31 ohjeen mukainen huipputeho on 32,4 kW. Kohteessa mitattiin v. 2013 18,3 kW:n tuntihiippukeskiteho. Huipun käyttöaika oli 1172 tuntia. Taulukko 5.9 on esitetty tyypikiinteistön tehotaulukko. (Rantanen)

Taulukko 5.9 Case D tehotaulukko (Rantanen)

	P_laita [kW]	K1	P_vast [kW]	K2	P_larve [kW]	P_huippu [MW]
MLP	9	1	9	1	9,0	32
IV-kone X2	2	1	2	1	2,0	
Poreallas (aina lämmin)	4,5	1	4,5	1	4,5	
Kiuas	10	1	10	1	10,0	
Liesi	8,5	1	8,5	0,25	2,1	
ΔPK	2	1	2	0,25	0,5	
PPK	2	1	2	0,25	0,5	
Terassin infralämm	2	1	2	1	2,0	
Valo+pr	4	1	4	0,25	1,0	

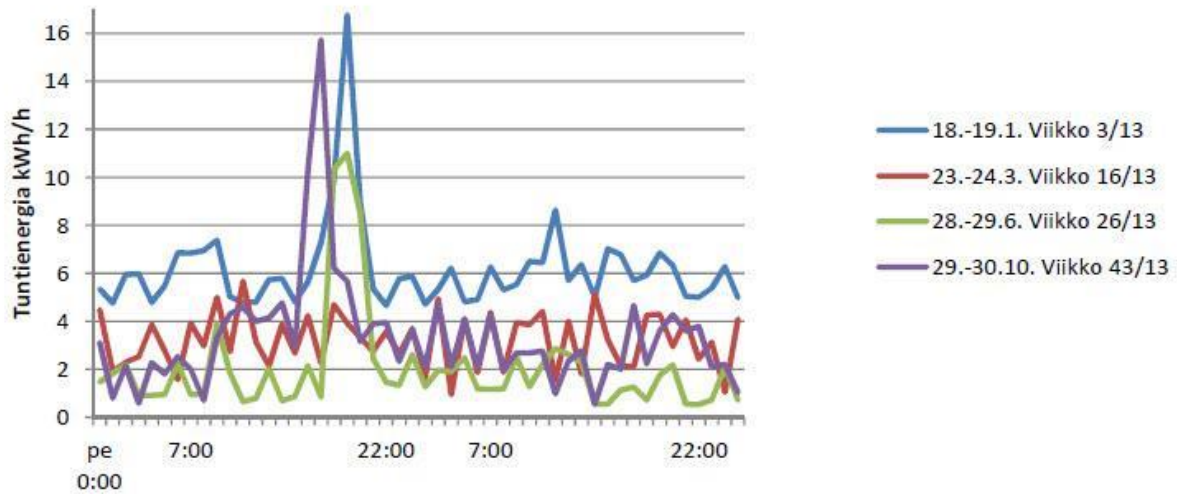
Kohteen huipputeho oli vuonna 2013 elokuussa. Kuvassa 5.11 on esitetty huipputehon käyttäytyminen kyseisellä viikolla. Huipputehon ajankohdasta voidaan päätellä, että huipputeho ei ole lämpötilariippuvainen vaan koostuu esimerkiksi saunomisesta ja porealtaan käytöstä. Maalämpöpumpun lisävastukset ovat myös voineet olla päällä käyttövedenlämmitykseen. (Rantanen)



Kuva 5.4 Case D huippukulutus 19 – 25.8.13 (Jokitalo)

Kysynnän jouston kannalta kohde on haastava. Kohteessa ei ole valmiita ohjauksia, vaan kaikki potentiaaliset ohjattavat kuormat vaatisivat lisäkontaktorin ja kytkentämuutoksia. Potentiaali on vaihteleva. Kuvassa 5.12 on esitetty kohteen tuntienergiakulutus eri vuodenaikoina. Ohjattava potentiaali vaihtelee n. 5 - 17 kW:n välillä ja suurimman ohjattavan tehon muodostaa MLP:n lisävastus ja saunan kiuas. (Rantanen)

Esimerkkikohde: Omakotitalo rv. 2012, maalämpö



Kuva 5.12 Tuntienenergiakulutus. Pientalo, maalämpö

Case E PILP (rv 2012)

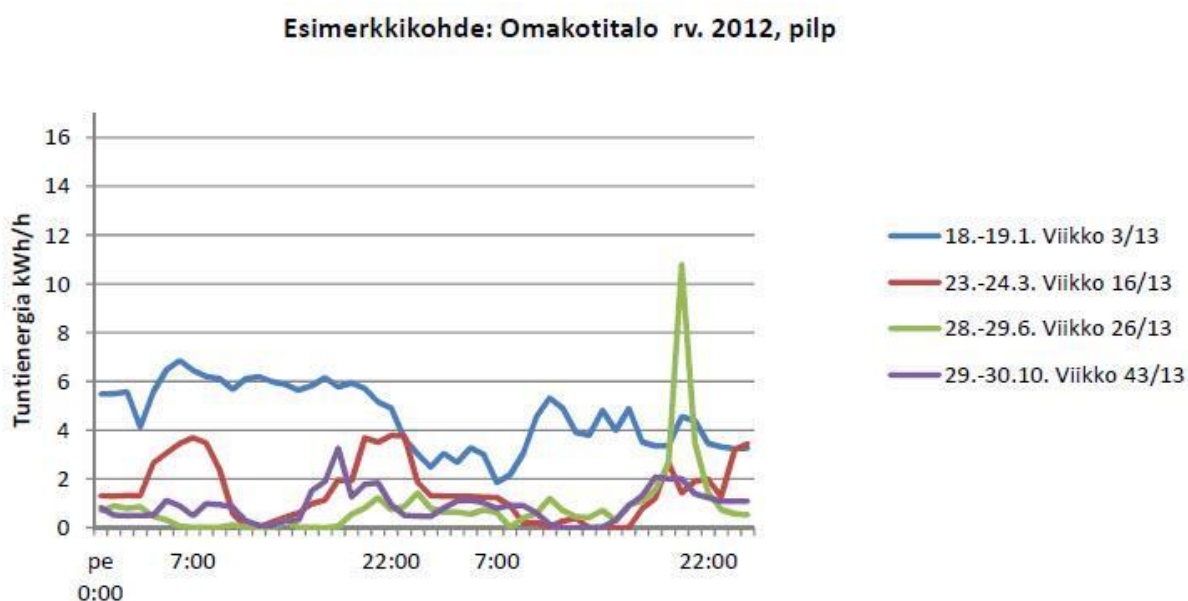
Tyypikiinteistö on yksikerroksinen omakotitalo (150 m²), joka on rakennettu vuonna 2012. Kohteessa on poistoilmalämpöpumppu. Kohteen lämmitystä on täydennetty sähkökäyttöisellä lattialämmityksellä. Kohteen laskennallinen huipputeho on 18 kW ja mitattu tuntikeskihuipputeho 14,5 kW. Huipun käyttöaika oli mittausjaksolla 808 tuntia. Taulukossa 5.10 on esitetty kohteen tehotaulukko.

Taulukko 5.10 Case E tehotaulukko (Rantanen)

	P _{aihe} [kW]	K1	P _{vaad} [kW]	K2	P _{arva} [kW]	P _{huippu} [kW]
PILP (lisävastus)	3	1	3	1	3,0	18
ilmanvaihtojärj.	3	1	3	1	3,0	
Lattialämmitys	1,8	1	1,8	1	1,8	
Kiuas	6	1	6	1	6,0	
Liesi	8,5	1	8,5	0,25	2,1	
APK	2	1	2	0,25	0,5	
PPK	2	1	2	0,25	0,5	
Valo+pr	4	1	4	0,25	1,0	

Kysynnän jouston kannalta kohde on haastava. Kohteessa ei ole valmiita ohjauksia vaan potentiaaliset ohjattavat kuormat vaatisivat lisäkontaktorin ja kytkentämuutoksia. Potentiaali on vaihteleva ja tehovaihtelut suuria.

Kuvassa 5.13 on esimerkkipäivien tuntienergiankulutus. Ohjattava potentiaali vaihtelee n. 3 – 7 kW:n välillä. Kesäpäivän kuviossa näkyvä 11 kW tehopiikki voi johtua esimerkiksi samanaikaisesta saunomisesta ja ruuanlaitosta, jolloin suuritehoiset laitteet (kiuas ja liesi) ovat päällä. Kesäaikaan huipputehopiikit ovat hyvin satunnaisia. (Rantanen)

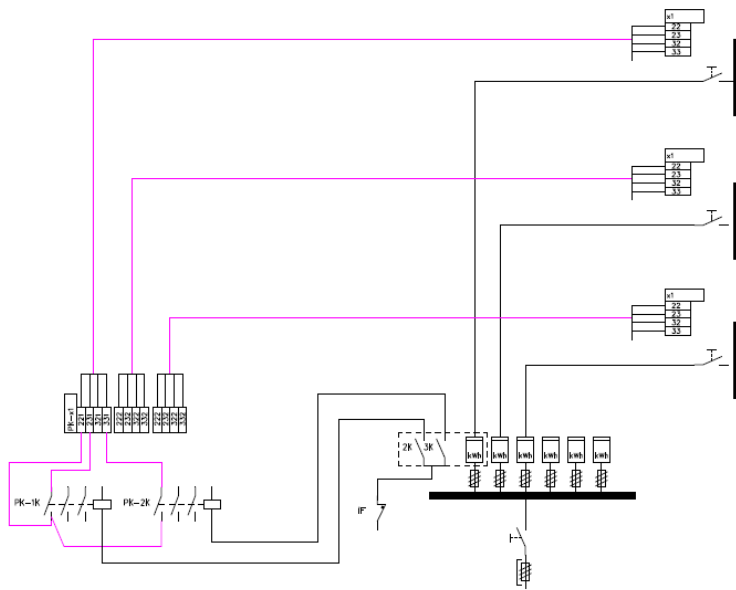


Kuva 5.13 Tuntienergiakulutus. Pientalo, poistoilmalämpöpumppu + sähkö

5.3.3 Rivitalot

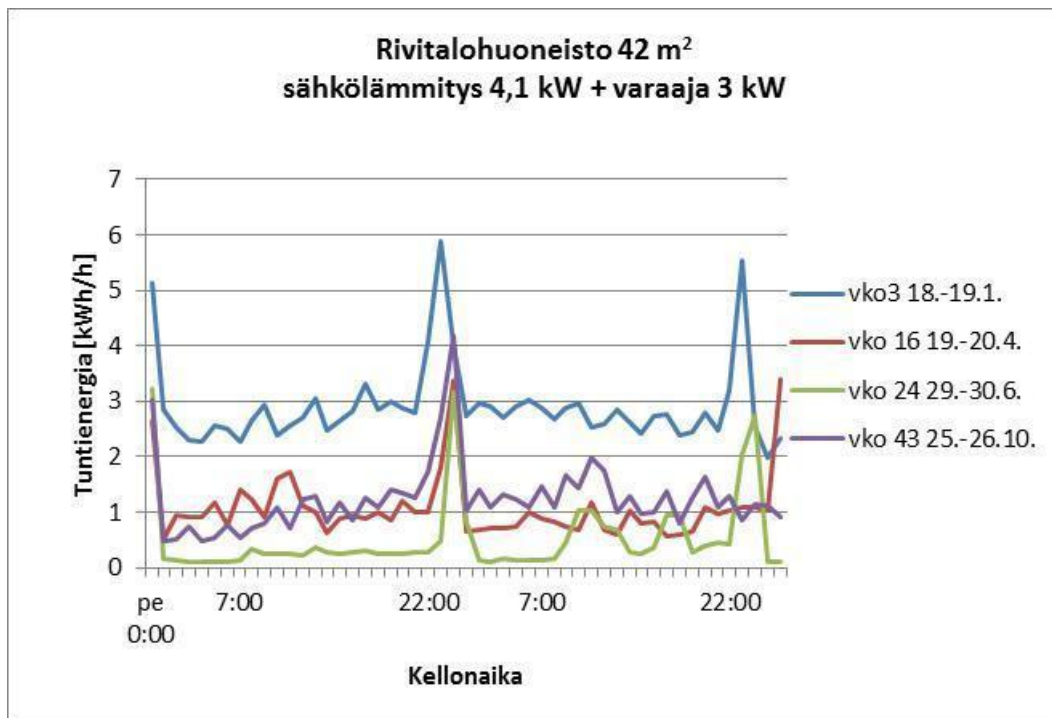
Sähkölämmitteisiä rivitalo- ja huoneistoja on n. 30 % koko rivitalojen määrästä ja näissä arviolta huoneistoja n. 125 000 kpl. (Tilastokeskus). Niistä valtaosa on rakennettu 1980 -luvun lopun ja 1990 luvun aikana. Suurin osa on siis tehty ennen AMR-mittareiden aikaa, jonka vuoksi niissä on tehty mittareiden uudelleenkytkentä.

Rivitaloissa sähkön mittaus on yleensä keskitetty pääkeskuksen yhteyteen tai erillisiin mittauskeskuksiin. Kun käytössä oli tariffikello tai VKO-ohjauslaite, oli se yhteinen kaikille huoneistokohtaisille mittauksille ja myös ohjaustieto on annettu yhteisesti kaikille huoneistoille. AMR-mittareiden asennusten yhteydessä on voitu asentaa yksi mittari toimimaan ”mastermittarina” ja ohjaustiedot (yö-sähkö ja tehorajoitus) ovat yhteisiä kaikille huoneistoille. Yleisesti kuitenkin ei ole tiedossa, miten mittareiden vaihto on tehty ja onko mittauskeskusten kytkentöjä muutettu. Kuvassa 5.14 on kytkennästä periaatekaavio.



Kuva 5.14 Periaate ohjauksiedon välityksestä huoneistoille rivitalokiinteistöissä: SLY-kytkentä, kWh+kellokytyn/VKO vaihdettu AMR-mittariin.

Sähkölämmitteisissä kohteissa ohjattavissa oleva teho vaihtelee voimakkaasti lämpötilan mukaan. Jatkuvatoimisella (suora) sähkölämmityksellä varustetussakin huoneistossa syntyy huipputeho lämminvesivaraajan päällekytkeytymisestä (yö-ohjaus). Kuvassa 5.15 on pienen rivitalohuoneiston tuntikulutus. Lämpimän käyttöveden lämmitys klo 22 jälkeen aiheuttaa tehopiikin, joka on tasattavissa tai siirrettävissä joko ulkoisella ohjauksella tai viivästysreleellä.



Kuva 5.15 Esimerkki rivitalohuoneiston tuntienenergian kulutuksesta eri vuodenaikoihin

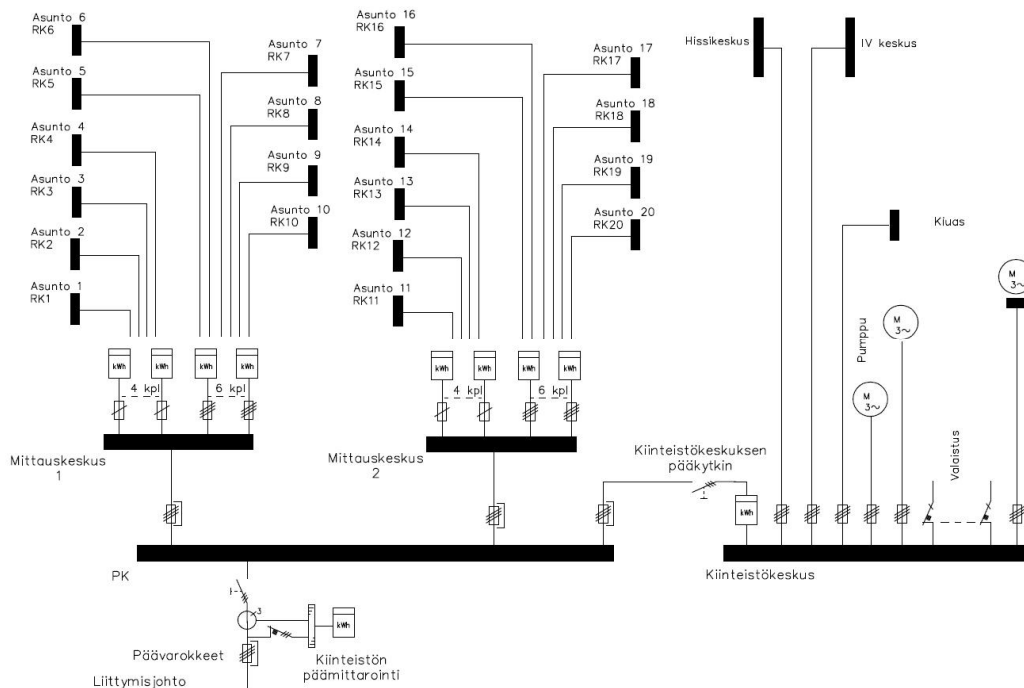
Sähkölämmityksen lisäksi rivitalokiinteistöissä on käytössä laajalti öljy- ja kaukolämpö. Näissä kiinteistöissä tehonohjauspotentiaalit ovat pienet tai vaikeasti hyödynnettävissä.

Seuraavina vuosina vanhoissa kiinteistöissä tehdään lämmitysjärjestelmien uudistamisia ja uusiin kohteisiin tehdään uudenlaisia ratkaisuja. Näköpiirissä onkin, että lämpöpumppuratkaisut ovat lisääntymässä joko päälämmönlähteenä tai lisälämmitysjärjestelmänä. Lämpöpumppujen vaikutus on samansuuntainen pientalojen kanssa.

5.3.4 Kerrostalot

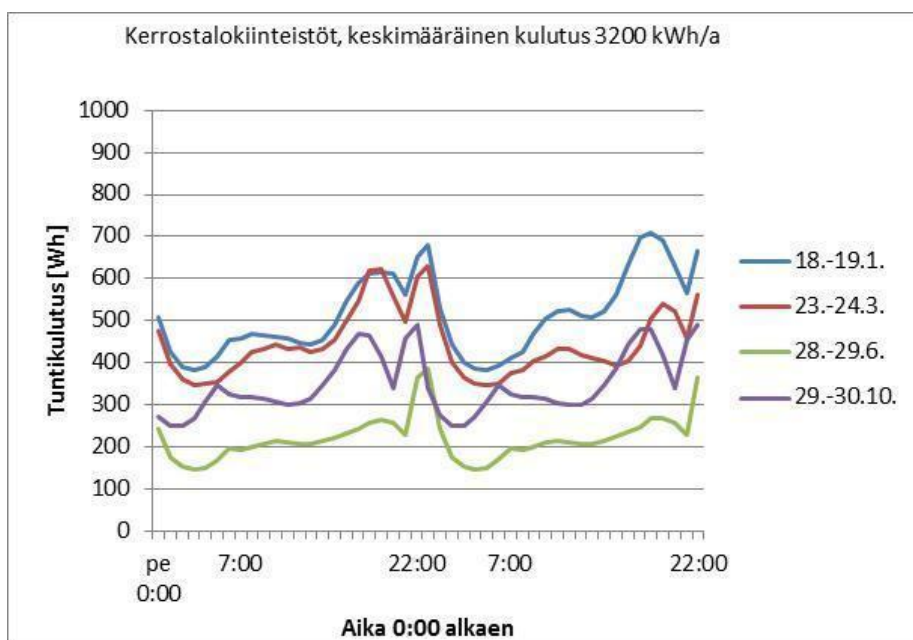
Kerrostalojen osuus Suomen rakennuskannasta vuonna 2012 oli n. 58 000 ja asuntoja niissä oli n. 1 269 000 kpl. Sähkölämmityskohteita niistä oli n. 2300. Kerrostaloissa yksittäisten huoneistojen kulutukset ovat hyvin pieniä.

Kuvassa 5.16 on esitetty esimerkki kerrostalokiinteistön pääjakelusta. Pääkeskuksen lisäksi on tyypillisesti porraskohtaiset mittauskeskukset, kiinteistökeskus sekä huoneistokeskukset.



Kuva 5.16 Tyypillinen kerrostalon sähkön pääjakeluverkko (Rantanen)

Kuvassa 5.17 on esimerkkialueen kohteista mitattua kerrostalohuoneistojen sähkön kulutusta tarkasteluviikkojen päivinä. Vuodenaikojen vaikutus on pienempi kuin muissa asuinrakennustyypeissä. Huoneistokohtaisesta kulutuksesta puuttuu autolämmityksen osuus, joka kerrostalokiinteistöissä yleensä on kiinteistökulutuksen mittauksessa.



Kuva 5.17 Seurantakohteiden odotusarvo (n=2120) eri vuodenaikoina. Kerrostalohuoneistot.

Kysynnän jouston kannalta kerrostalokohteet ovat vaikeasti hyödynnettäviä. Huoneistojen mittarit sijaitsevat erillisessä tilassa kuin ryhmäkeskukset, joten suoraa ohjausmahdollisuutta ei ole mahdollista toteuttaa AMR-mittarilta ilman lisäkaapelointia huoneistojen ja mittarikeskuksien välillä. Syöttökaapelin lisäksi mittarikeskuksen ja huoneistokohtaisien ryhmäkeskusten välillä tulisi olla myös ohjauskaapeli. Ohjauskaapelin avulla pudotustieto saadaan tuotua AMR-mittarilta ryhmäkeskuksille. Käytännössä tämä vaihtoehto on mahdollista toteuttaa vain saneerauksien yhteydessä tai uudiskohteissa.

Kerrostaloissa suurimman ja ohjattavissa olevan tehon muodostavat autolämmitys, saunat ja mahdolliset sähköiset lattialämmitykset peseytymistiloissa. Mikäli sähköautojen lataus tulee lisääntymään, aiheuttaa se myös muutospaineita autolämmityspisteiden asennuksille ja mahdollisesti myös koko kiinteistön pääjakelulle. Tällöin kysynnän jouston tarpeet voitaisiin ottaa samalla huomioon.

Kerrostaloissa on lisääntymässä lämpöpumput, joilla korvataan tai täydennetään öljy- tai kaukolämpöä. Tällöin sähkötehot ja sähköenergian käyttö kasvaa, vaikka kiinteistön kokonaisenergiankulutus pienenee.

5.3.5 Sähkölämmityksen ohjauskytkennät

Potentiaalisesti ohjattavaksi tehoksi on asuinrakennuksissa erityisesti nähty sähkölämmitys. Se edustaa suurta, hyvin ennakoitavaa tehoa ja sähkölämmityskohteisiin on tehty laajalti valmiiksi ohjauskytkentöjä.

Sähkölämmityskytcentöjen periaatteita ja tehonohjausmahdollisuuksia on käsitelty tarkemmin liitteessä LIITE VII: Sähkölämmityksen ohjauskennät.

1990-luvun puoleen väliin asti sähköyhtiöillä oli merkittävä rooli kiinteistöjen sähköverkkojen suunnittelun ohjauksessa ja paikallisten vaatimusten esittämisessä erityisesti tehojen ja kuormitusten ohjauksen osalta. Sähköyhtiöt julkaisivat omia suunnitteluohjeitaan mm. sähkölämmityksen toteutuksesta. Vuoteen 1986 asti oli käytössä jokaisella omat ohjeet, jotka saattoivat erota hyvinkin paljon toisistaan. Vuonna 1986 Sähkölaitosyhdistys julkaisi SLY-kytkentäsuosituksen, joka uudistettiin vuonna 1992. Sähkölämmityksen kytkentäsuositus (SLY 7/92) on käytössä edelleen hyvin laajasti. Vakiokytkentä on antanut yhteisen pohjan kytkennän periaatteille ja merkinnöille. Se on osaltaan mahdollistanut sen, että sähkölämmityskohteisiin on saatavilla vakiokeskuksia.

Verkkoyhtiöt ovat aiemmin antaneet myös omissa ohjeissaan myöhemminkin kytkentään omia sovellutuksiaan ja keskusvalmistajilla on markkinoilla omia vaihtoehtojaan kytkentäsuosituksesta. Yhtiökohtaisia ohjeistuksia on selvitetty v. 2003 tehdyssä kyselyssä (Sayry). Edelleen useilla verkkoyhtiöillä on ohjeita, joissa sähkölämmityskohteisiin ohjeistetaan suunnittelemaan SLY-kytkennän mukainen rakenne. (Koivisto).

5.3.5.1 SLY-kytkennän ominaisuudet ja käyttömahdollisuus kuorman ohjauksessa

SLY-kytkentäsuosituksessa on useita eri vaihtoehtoja, jotka antavat myös erilaisia mahdollisuuksia lämmityslaitteistojen ohjaukselle. Samoja periaatteita on myös hyödynnetty erillisissä ohjausjärjestelmissä ja siitä on tehty keskusvalmistajakohtaisia sovelluksia.

Kytkentäperiaatteet on jaettu suosituksessa:

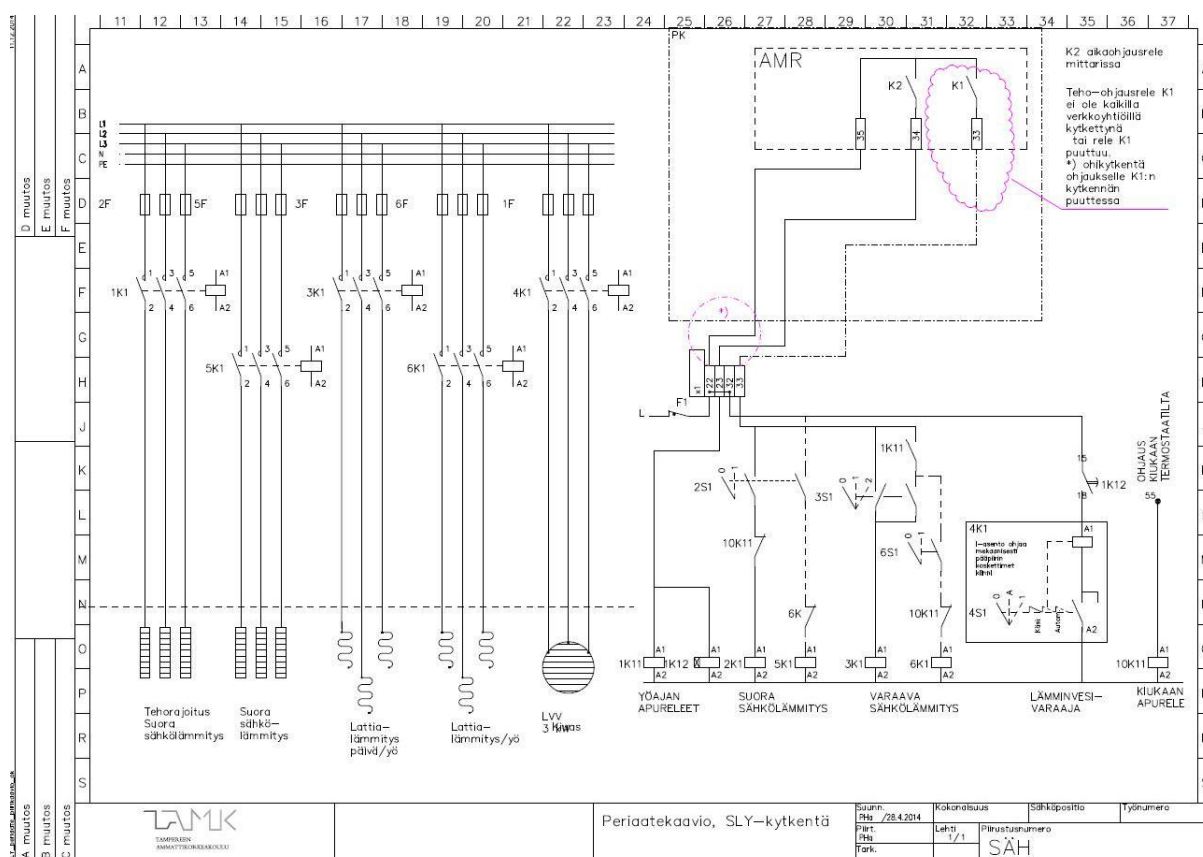
- Pientalon huonekohtainen lämmitys
- Rivi- ja pienkerrostalon huonekohtainen sähkölämmitys
- Pientalon osittain varaava vesikiertoinen keskuslämmitys

Lisäksi on ohjauskytcentävaihtoehtoja lämminvesivaraajan ohjaukseen päiväkäyttöpainikkeella, erikoiskontaktorilla tai termostaattiohjauksella.

Kuvassa 5.18 on esitetty huonekohtaisen lämmityksen ohjauksen periaate. Kaikissa SLY-kytkennän versioissa on toteutettuna seuraavat ominaisuudet:

- Yöaikatieto/ tariffinohjaustieto (AMR-mittarin K2, riviliitin 23)
 - varaavaa lämmitystä ohjataan edullisemman (yösähkö) sähköhinnan aikaan (1K11)
 - lämminvesivaraajan varaavan lämmityksen ohjaus viiverellä (1K12)
- Huipputehon rajoitus
 - liittymän huipputehoa rajoitetaan kiuasristeilyllä, jossa jatkuvatoimista lämmitystä kytkeytyy pois päältä kiukaan termostaatin ohjauksella (10K11)
- Sähkölämmitystehon ohjaaminen
 - verkkokäsyojauksella/tehonrajoitusreleellä (AMR rele K1, riviliitin 33) ohjataan sähkölämmityskuormaa osittain tai kokonaan
- Sähkölämmityksellä on ryhmäkohtaisen ohjauskontaktorit ja käyttökytkimet

Kohteissa, joissa on useita keskuksia, kuten rivitalot, SLY-kytkennässä jokaisessa ryhmäkeskuksessa on oma ohjausryhmä ja ohjaustieto saadaan kosketintietona pääkeskuksesta.



Kuva 5.18 SLY-kytkentä 1.2, OK-talo, AMR-mittari samassa keskuksessa ohjauskytkennän kanssa

Peruskytkennässä aikaohjauksella (mittarissa kosketin K2) annetaan tieto yö-ajasta (tai edullisemman sähköhinnan ajasta). Tällä tyypillisesti ohjataan lämminvesivaraajan toimintaa sekä varaavia lämmityksiä. Toisella ohjaustiedolla (mittarissa kosketin K1) mahdolliste-

taan lämmitystehon osittainen tai koko päälle/pois –ohjaus. Yleisesti K3-rele on ohikytetty-nä tai sitä ei ole lainkaan kytketty.

5.3.5.2 SLY-kytkennän ohjauspotentiaali

KytKentäsuosituksen mukaisen tai sen periaatteita noudattavan lämmityskytkennän osuudesta koko sähkölämmitteisten rakennusten kannassa ei ole tarkkaa tietoa. Sähkölämmitteisten rakennusten määrän lisäyksen ja SLY-kytkentäisten keskusten myyntimäärien perusteella voidaan arvioida SLY-kytkennän käytön laajuus jossain muodossa.

Sähkölämmitteisiä asuntoja on rakennettu vv. 1986 – 2012 n. 350 000 kpl. Keskusvalmistajille tehtyjen keskusmyyntimääräkyselyiden perusteella voidaan arvioida, että n. 70 – 80 %:ssa sähkölämmityskohteista on käytössä SLY-kytkentä. Lisäksi vanhoihin pientaloihin on lämmitysjärjestelmien uudistamisen yhteydessä voitu laittaa kytkennän mukainen keskus. SLY-kytkentä on arviolta käytössä n. 300 000 asunnossa.

Sähkölämmitysratkaisut ja niiden ohjausperiaatteet jakaantuvat keskuslämmitykseen ja huonekohtaiseen lämmitykseen. Keskuslämmitys on useimmiten toteutettu vesivaraajalla ja vesikiertoisella lämmönjaolla. Näitä asuntoja on n. 45 - 50 000 kpl sähkölämmityksen kokonaismäärästä.

Ennen vuotta 1986 rakennettuja, sähkölämmitteisiä rakennuksia on n. 200 000 – 250 000 kpl. Näistä 1970 – 1985 välillä rakennettuja on n. 150 000 kpl. (Tilastokeskus). Näissä voidaan olettaa olevan verkkoyhtiökohtaisen ohjeiden mukaisia ohjauskytkentöjä. Myös vanhempiin rakennuksiin on voitu asentaa myöhemmin sähkölämmitys.

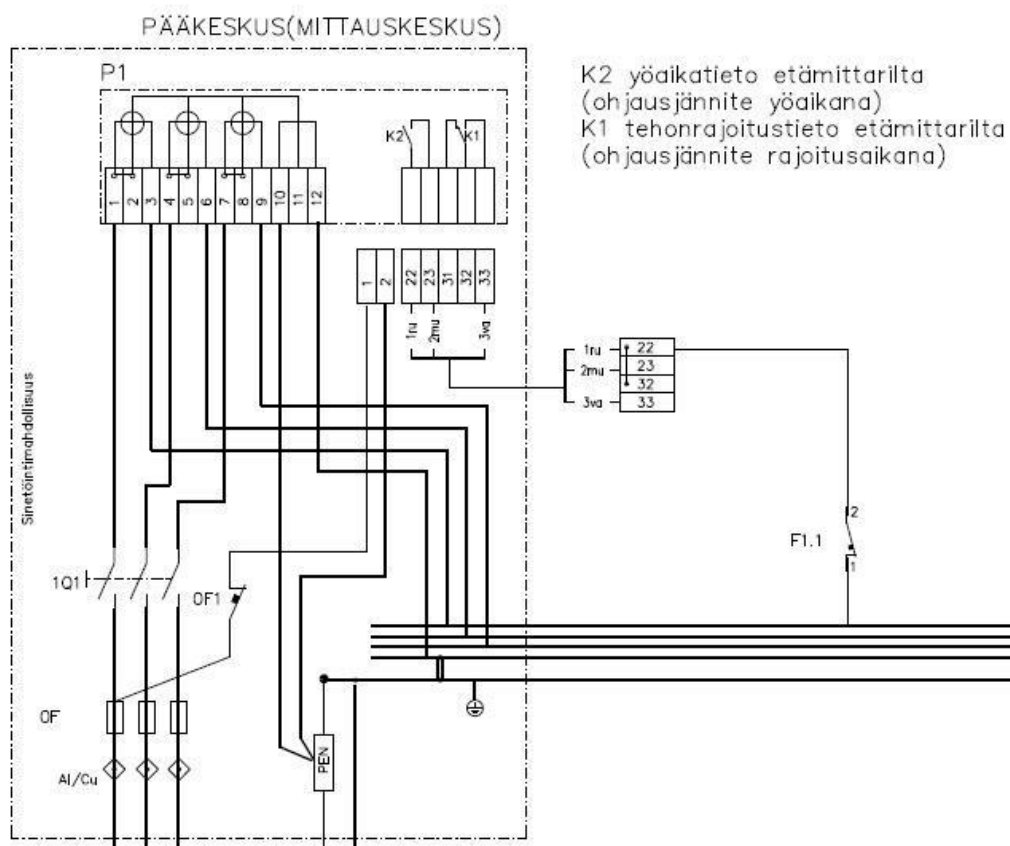
Sähkön hinnoittelussa on kaksiaikahinnoittelussa hintaerot pienentyneet, jolloin osassa uusimmista kohteista ei ole nähty tarpeelliseksi SLY-kytkentään varautumista.

Loma-asunnot

Koska SLY-kytkentä on ollut laajalti käytetty sähkölämmitysrakennuksissa, on oletettavaa, että ainakin osassa, lähinnä suurimmissa ja uusimmissa, loma-asunnoista on myös käytössä SLY-kytkennän mukainen ohjausvalmius. On myös oletettavaa, että ainakin osassa niistä on kaksiaikatariffi ja SLY-kytkentä käytössä. Loma-asunnoissa voitaisiin saavuttaa lisäohjauspotentiaalia, mikäli niissä yleistyisi ylläpito- ja kuivanapitolämmitys. Poissaoloajan lämmitystarve voitaisiin hoitaa vuorokauden aikana sopivimpina ajanjaksoina.

5.3.5.3 SLY-kytkennän hyödyntäminen kysynnän joustossa

SLY-kytkentä mahdollistaa suuren ohjauspotentialin erityisesti talviaikana. AMR-mittareiden avulla pystytään hintatieto-ohjauksella ottamaan ilman kuluttajapään muutostöiden aiheuttamia lisäkustannuksia suurin osa varaavasta tai osittain varaavasta lämmityksestä sekä käyttövedenvaraajien lämmitys. Suurin osa jatkuvatoimisesta tai osittain varaavasta lämmityksestä olisi ohjattavissa ilman kuluttajapään asennusmuutuskustannuksia, mikäli AMR-mittareissa on myös kytkettynä tehonohjausrele (K1 - riviliitin 33). Puuttuvan kytkennän tekeminen edellyttää vanhoissa kohteissa mittarin uudelleen sinetöintiä ja verkkoyhtiön asentajan käyntiä kohteessa. Uusissa kohteissa tulisi tehdä ohjausreleiltä johdotus vakio-keskusten riviliittimille aina valmiiksi, josta periaatekaavio on kuvassa 5.19



Kuva 5.19 Periaatekaavio AMR-mittarin ohjaustiedon johdotuksesta sinetöinnin ulkopuoliseen osaan keskusta

Verkkoyhtiöiden ohjeissa (Koivisto) edellytetään kaikkien ohjausliittimien sinetöintiä. Kuitenkaan asiakkaan asennuksia ei sinetöintialueille saa ohjeiden mukaan sijoittaa. Ohjaustiedon "omistusoikeus" vaatisikin selkiyttämistä..

5.3.6 Uuden ohjausjärjestelmät

Tekninen kehitys on tuonut 2010-luvulla useita erilaisia, useimmiten yhden valmistajan tuomia, lämmityksen etäohjaus- ja optimointiratkaisuja (esim. There, Optiwatti) sekä lämmityslaittevalmistajien omia ohjausjärjestelmiä (esim. Nöbo) ja niihin liitetyjä mobiiliohjausmahdollisuuksia. Näistä osa hyödyntää SLY-peruskytkentää kuluttajapään laitteiston ohjauksessa. Ohjaustieto voidaan välittää ilman AMR-mittarin ohjaustietoja esim. sähkön hintatietoon perustuvan palvelulla.

Ohjausjärjestelmät tulevat uusissa tai uudistettavissa kohteissa tarjoamaan teknisesti monipuolisia kuorman ohjausmahdollisuuksia osana muita ominaisuuksia. Laittevalmistajakohtaiset ratkaisut voivat kuitenkin olla haasteellisia ylläpidon näkökulmasta. Olennaista niiden hyödyntämisessä on ottaa jo suunnittelussa ja asennusten ryhmittelyssä ohjaustarpeet riittävästi huomioon. Tässä voidaan hyödyntää SLY-tyyppistä malliratkaisua.

5.3.7 Asuinkiinteistöjen tehomuutokset 2010 –luvulla

Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset ja rakentamisen muut ohjaus- ja markkinointitoimiset ovat aiheuttaneet muutoksia pientalorakentamisessa. Sähköverkon ja tehon näkökulmasta katsottuna muutoksia on esitetty taulukossa 5.11.

Tämän hetkissä rakentamista ohjaavissa säädöksissä ja suosituksissa ei ole elementtejä, jotka juurikaan ohjaavat toteuttamaan sähkötehoja tasaavia, saati rajoittavia, ratkaisuja. Pientaloihin tehdään ylisuuriakin liittymiä (3x35 A tai 3x50 A) lämpöpumppujen käynnistysvirtojen ja suurten kiuastehojen vuoksi. Kerrostalojen linja-saneerausten yhteydessä uudistetaan huoneistojen nousujohdot ja keskuksat 3-vaiheisiksi. Tämä mahdollistaa kodinkoneiden tehojen ja määrän lisäämistä sekä mm. sähköiset lattialämmitykset myös kaukolämpötaloihin.

Kehittyneissä maalämpökojeissa on Smart Grid-valmiuksia, joita ei Suomessa ole otettu käyttöön. Ne mahdollistaisivat sekä huipputehon tasoittamisen sekä kuormanohjauksen tekemisen.

Taulukko 5.11 Asuinkiinteistöjen tehotarvemuutoksia

Ilmiö	Aiheuttaja	Vaikutus
Lämmitystehojen pienen- tyminen	Energiatehokkuusvaatimukset	Sähkölämmityskohteissa tehot pienenevät. Muissa ?
Lämpöpumppujen lisään- tyminen	Maalämpö	Osatehomoitus aiheuttaa li- sävastusten käyttöä ja hetkel- lisiä suuria tehopiikkejä Liian pienet ”panostussäiliöt” aiheuttavat käyttöveden läm- mitystarpeen vastuksella
	Ilmalämpöpumput	Eivät pienennä muuta (säh- kö)lämmitystehon tarvetta, vaativat tuekseen lämmityksen huipputehon verran lämmitys- tehoa
	Ilma-vesilämpöpumput	Eivät pienennä lämmitystehon tarvetta, vaativat tuekseen lämmityksen huipputehon ver- ran lämmitystehoa
Kiuastehojen kasvu	Saunat suurentuneet ja määrä lisääntynyt (n. 25 000 saunaa/a)	Huipputehojen kasvu
Sekälämmitykset	Energiatehokkuusvaatimukset	Suuria sähkötehon vaihteluja Tehotarpeet vaikeasti ennakoit- tavissa
Lämmitysjärjestelmien muutokset vanhoissa kiin- teistöissä	Öljy=> maalämpö	Sähkötehon kasvu
Sähköiset lattialämmitykset Nousujohtojen uudistami- nen 3-vaiheiseksi	Linjasaneeraukset	Sähkötehot kasvavat. Mahdollisuus suuritehoisiin kodinkoneisiin lisääntyy.
	Kaukolämpö => lämpöpumput	Sähkötehon kasvu
Sähköautot	Yleiset ilmastotavoitteet	Sähkötehot kasvavat, voi toi- mia myös sähkön varastona

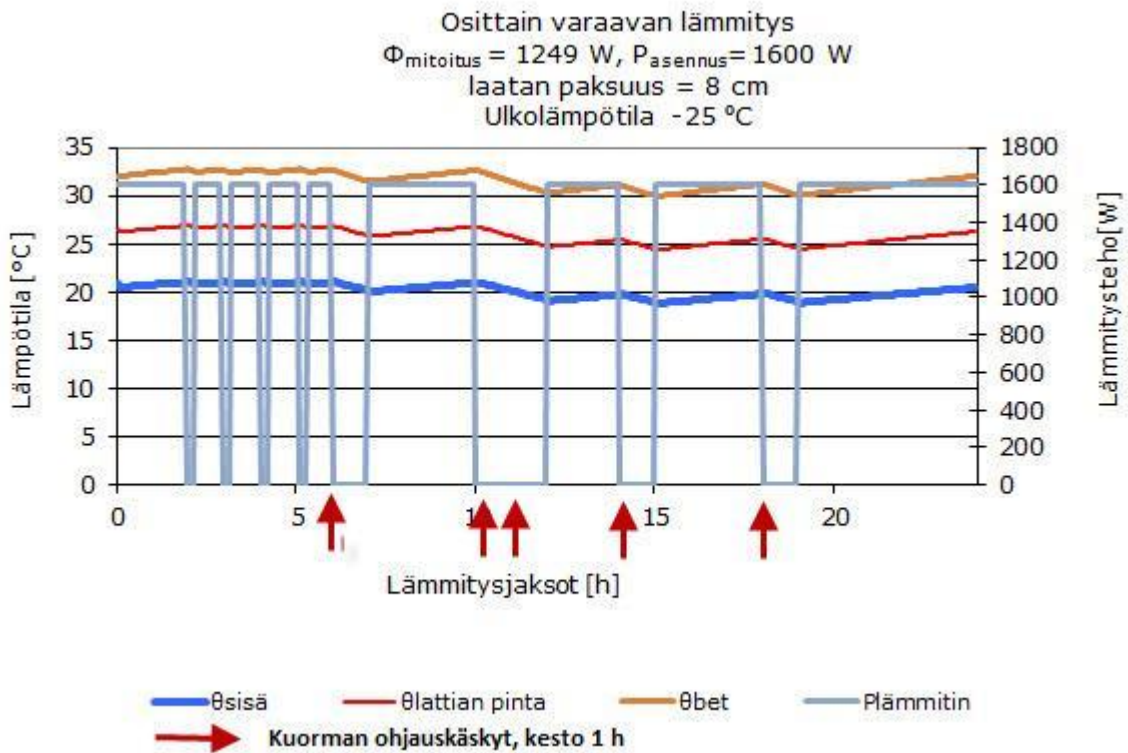
5.3.8 Ohjausvaikutukset asuinkiinteistöissä

Asuinkiinteistöissä lämmitystehot muodostavat merkittävimmän ohjauspotentiaalnin. Kaikki sähkölämmitys, mukaan lukien lämpöpumput, soveltuu häiriötilanteen kysynnän joustoon, mikäli poiskytkentäaika on enintään 1-2 tuntia.

Varaavat ja osittain varaavat lämmitykset soveltuvat myös taloudelliseen kysynnän joustoon. Rakenteisiin varautunut lämpö riittää tasaamaan lämpötilavaihteluita useita tunteja. Kuiten-

kin jokaisen rakennuksen rakenteet, lämmityksen ohjaustapa ja lattiapinnoitteet vaikuttavat sallittuun ohjausaikaan.

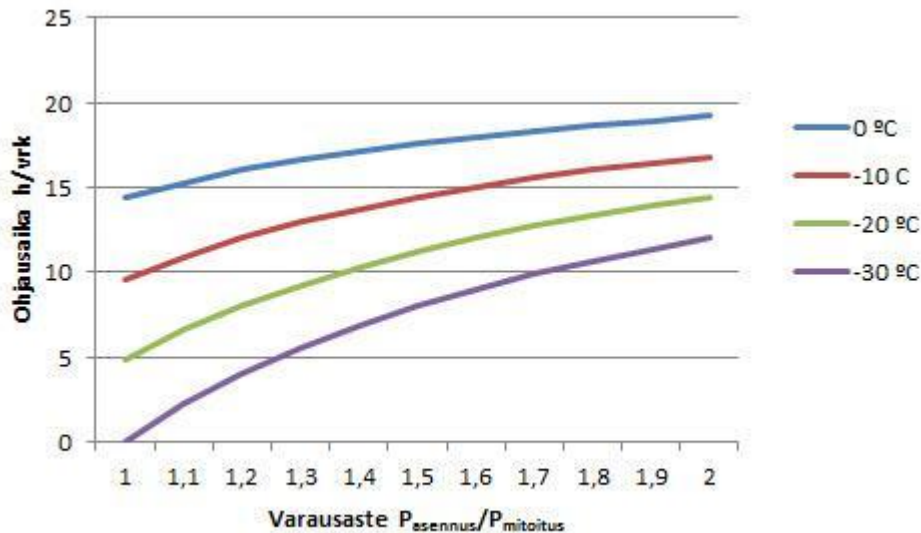
Kuvassa 5.20 on esitetty osittain varaavan lattialämmityksen poiskytkentäajan vaikutuksia ilman rakenteiden lämpökapasiteettia, joka hidastaa muutosta. Mikäli varausteho on suurempi, voi poiskytkentäjaksot olla myös pidempiä.



Kuva 5.20 Esimerkki lämpötilan muutoksesta osittain varaavassa lattialämmityksessä

Vuorokauden aikana kuitenkin lämmitysjaksoja tulee olla lämmitystarpeen mukaisesti.

Kuvassa 5.21 on kuvattu ohjausaikojen tuntimäärää vuorokaudessa eri ulkolämpötiloilla ja eri varaavan lämmitystehon varausasteilla. Varausasteella tarkoitetaan asennetun lämmitystehon suhdetta mitoituslämmitystehoon. Suurimman osan lämmityskautta lämmitystehoa voidaan ohjata 10 - 15 h/vrk.



Kuva 5.21 Osittain varaavan lämmityksen vuorokautinen ohjausaika eri ulkolämpötilan arvoilla. Mitoitusulkolämpötila vyöhykkeen II mukaisesti (- 29 astetta).

Kysynnän jousto -ohjauksen vaikutuksia on tutkittu myös diplomityössä Pandakov, K Residential Demand Response strategies (Pandakov, 2014).

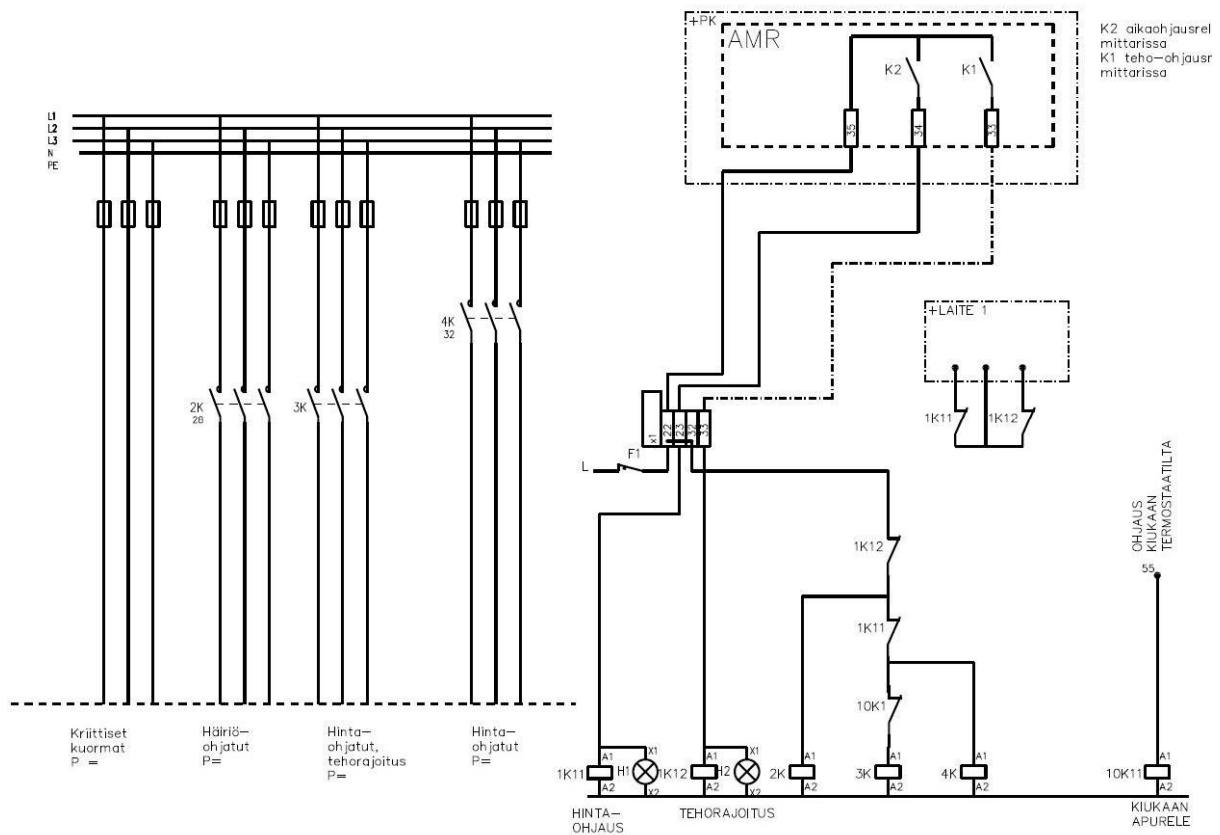
5.3.9 Asuinrakennusten kuormitusten ryhmittely

Kysynnän joustoon varautuminen uusissa kohteissa tai peruskorjattavissa kohteissa edellyttäisi sähköasennuksissa jo suunnitteluvaiheessa ryhmittelyä, jossa ohjaustarpeet ja tarvittavat laitevaraukset olisi otettu huomioon.

Kuvassa 5.22 on esitetty periaatteellinen kuormitusten ryhmittely ja ohjaus, mikäli ohjaus tapahtuisi keskitetyllä ohjauksella AMR-mittarin tai muun kosketintiedon ohjaamana. Ohjauksen periaate olisi SLY-kytkentäsuositusten periaatteita soveltava. Ratkaisu edellyttää hyvin tarkkaa laiteryhmittelyä suunnittelu- ja asennusvaiheessa. Oma ohjausälykkyyttä omaaville laitteille voidaan ohjaustieto antaa kosketintietoina. Kiinteistön huipputehoa voidaan rajoittaa käyttämällä kiuasristeilyä tai tehovahtia mm. lisälämmitysvastusten osalta. Ohjaustiedon ja erityisesti hintatiedon, indikointi käyttäjille voisi osaltaan vaikuttaa käyttötottumuksiin.

Sähkölämmityskohteissa voidaan myös hyödyntää sekä uusissa että osassa vanhoja kohteita, termostaattien lämpötilan pudotustoimintoja. Esimerkkikytkentöjä on esitetty hankkeen tausta-aineistoissa (dr.wordpress.tamk.fi).

Erillisjulkaisussa (Rantanen) on esitetty laiteryhmäkohtaisia esimerkkejä kytkentämuutoksista.



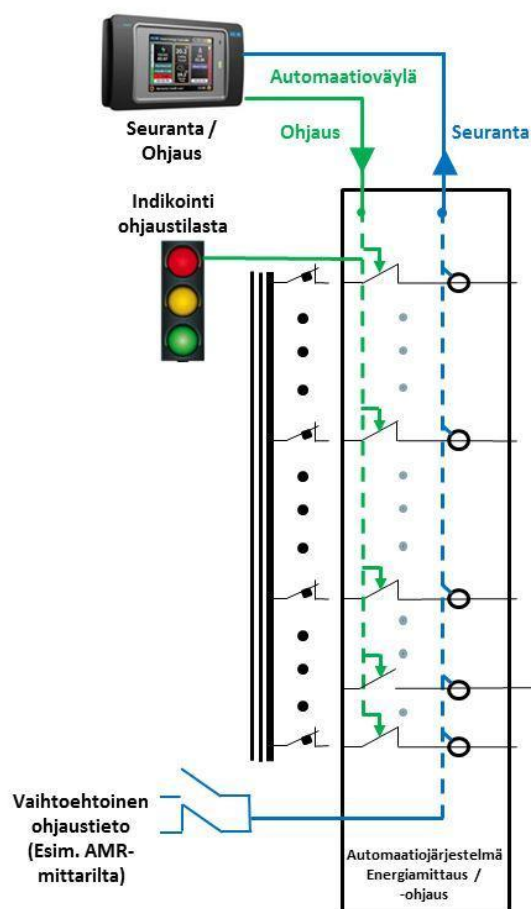
Kuva 5.22 Periaatekaavio. Kuormitusten ryhmittely ja ohjaus AMR-reletiedolla

Asuinkiinteistöissä lisääntyvät älykkäät ohjausratkaisut mahdollistavat monenlaisen kuorman ohjauksen ohjelmallisesti. Kuvassa 5.23 on periaatteellinen kaavio välilyteknikkaan perustuvan järjestelmän toiminnasta.

Asennusvaiheessa eivät ohjaustarpeet tarvitse olla tarkkaan määritetty, kunhan eri ohjaustyyppien sietävät kuormat on ryhmitelty omien ohjelmallisten releiden taakse.

Automaatio mahdollistaa ryhmäkohtaisen energiamittauksen ja ohjauksen.

Esim. Ok-talo



Kuorma	Kesto			Kysynnän- jousto
	< 15 min	< 1h	> 1h	
Varaaja			X	X
Ulkovalot (mukavuus)			X	X
Lämmitys		X		X
Lattialämmitys			X	X
Jäähdytys (Huonekohtainen)			X	X
Sulanapito		X		X
Kiuas	X			X
Autolämmitys	X			X
Sähköautolataus	X	(X)	(X)	X
IV-kone				
Ilmalämpöpumppu				
Putkien saattolämmitys				
Liesitaso/Uuni				
Keittiöpistorasiat				
Poreallas				
Uima-allas				
Maalämpö	X	(X)	(X)	X
Ohjattavat kulutuspisteet				
Laitelatauspistorasiat				
Valaistus				
Ulkovalot (turvallisuus)				
Erillispisteet				
Muut				

Kuva 5.23 Periaatekaavio. Kysynnän jouston ohjaus, väyläpohjainen ratkaisu.

Omakotitaloihin rakennettujen automaatiojärjestelmien mahdollisuudet ovat laajat, jos järjestelmät noudattavat standardin EN-SFS 15232 Rakennusautomaation energiatehokkuusluokitukset luokituksia A tai B. Tällöin automaation liittämässä on mahdollisuus käyttää esimerkiksi CIM-rajapintaa.

SFS-käsikirjassa 670-5 (Sähköinen talotekniikka. Osa 5: Yleiset vaatimukset koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmille, 2013), on koottu aiheeseen liittyvät standardit kokonaisuudeksi. Toiminnallista turvallisuutta käsittelee standardi SFS-EN 50491-4-1 HBES/BACS:n toiminnallinen turvallisuus. Älykkäissä kiinteistöautomaatoratkaisuissa on kiinnitettävä huomiota käyttäjien toimenpiteisiin liittyviin toimintoihin. Esimerkiksi etäohjauksesta standardissa mainitaan mm.:

“Etäohjattavat pistorasiat tulisi merkitä niin, että ne erottuvat käyttäjälle näkyvästi tai niihin tulisi soveltaa erityistä rakennetta, joka estää niissä tavallisten pistotulppien käytön, jotka eivät ole tarkoitettu etäohjattavaan käyttöön.”

Samoin standardissa mainitaan:

“tuotteet tai alajärjestelmät, jotka on kytketty tuotteisiin, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa ja jotka on tarkoitettu etäohjattaviksi yhden rakennuksen sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä, näille tuotteille on oltava paikalliset ohjauskeinot tai paikalliskeinot sallia/kieltää etäkäyttö.”

Esimerkiksi tämänkaltaista ratkaisua voidaan käyttää silityspistorasian ohjauksessa. Pistorasia voidaan etäkytkä päältä pois, mutta sen toimintakuntoon palautus tapahtuu erillisellä painikkeella samasta tilasta missä pistorasia sijaitsee. Saman standardin mukaan mm. liesien etäohjaus tulisi rajata muutamaa metriin ja saman huoneen alueelle.

Jos saunan sähkökiuasta halutaan ohjata, se pitää totuttaa standardin EN 60335-2-53 “Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-53: Particular requirements for sauna heating appliances and infrared cabins” mukaisten valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ohjeet edellyttävät yleensä, että saunan ovesa on kytkin, joka purkaa kauko-ohjauksen kun ovi avataan.

5.3.10 Kustannusvaikutukset

Ohjausjärjestelmien lisäämisen kustannukset vanhoissa kiinteistöissä syntyvät kytkentämuutoksista, keskusten uudistamistarpeista ja valitusta ohjaustavasta. Mikäli ohjausperiaatteena käytetään AMR- tai erillisen releen ohjauskäskyjä, aiheutuisi suurimmat kustannukset mittareiden uudelleenkytkennästä. Uudiskohteissa potentiaalisina ratkaisuinä olevien automaattioratkaisujen kustannukset ovat suuremmat, mutta toisaalta niillä mahdollistetaan useita muita toimintoja kiinteistöissä. Mikäli energiatehokkuussäädöksissä tullaan lisäämään energiankulutuksen mittaamista ja seurantaä, aiheutuu tästä joka tapauksessa tarve tehdä aiempaa kehittyneempiä ratkaisuja, jotka myös voisivat samalla mahdollistaa kysynnän jouston ohjaustarpeet.

Taulukoissa 5.12 ja 5.13 on arvioita eri ratkaisujen kustannusvaikutuksista pientalossa. Kustannuksissa ei ole mukana ohjausten kustannuksia sähköjakeluverkoissa tai etälukumittausjärjestelmissä. Erillisjulkaisussa (Salminen) on esitetty eri ohjausvaihtoehtojen muutosta ja lisäkustannusarvioita.

Taulukko 5.12 Kustannusarvioita kysynnän joustoon varautumisen lisäkustannuksista uudispientaloissa

Kiinteistötyyppi	Ohjaustapa	Arvio lisäkustannuksista	HUOM
OK-talo, sähkölämmitys	AMR + SLY-kytkentä	250 € - 350 €	SLY-kytkentäisen ja ilman kytkentää olevan vakiokeskuksen hinnanero + asennustyön lisäykset
OK-talo, lämpöpumppu	AMR + ohjauskontaktorit + lisäjohto	500 €	SLY-kytkentää vastaava keskuslisäys ja johdotukset laitteille
Älytalo - ratkaisu	KNX, EBTS, yms.	2000 – 5000 €	Järjestelmä sisältää ohjausmahdollisuuden lisäksi muita toimintoja. Kysynnän joustoon varautuminen ei aiheuta merkittäviä lisäkustannuksia

Taulukko 5.13 Kustannusarvioita kysynnän jouston mahdollistavista ratkaisusta Olemassa olevat kiinteistöt (hinnat ja hinta-arviot 1/2015)

<i>Kiinteistötyyppi</i>	<i>Ohjaustapa</i>	<i>Arvio lisäkustannuksista</i>	<i>HUOM</i>
OK-talo, sähkölämmitys	AMR releiden uudelleen kytkentä	200 €	Mittarikytkennän korjaus SLY-keskuksissa.
OK-talo, vesivaraaja- ja lämmitys	Ohjauspalvelu (Kotitonttu)	199 € + 19,90 €/kk	Ohjaa sähkön hinnan perusteella
OK-talo, öljylämmitys	Ohjauspalvelu (Kotitonttu)	299 € + 19,90 €/kk	Kytkee sähkövastuksen käyttöön sähkön hinnan perusteella. Soveltuu vain tehotarpeen lisäämiseen.
OK- ja paritalo, vesivaraajalämmitys	Ohjauspalvelu (Termo)	Laite + asennus 816 € + 6,98 €/kk	Ohjaa sähkön hinnan perusteella , Helenin alueella
OK-talo, vesivaraajalämmitys	Ohjauspalvelu (Fortum Fiksu)	Laite + asennus 442 € + 12,90 €/kk	Ohjaa sähkön hinnan perusteella
OK-talo, öljylämmitys	Ohjauspalvelu (Fortum Fiksu)	580 € + 12,90 €/kk	Kytkee sähkövastuksen käyttöön sähkön hinnan perusteella. Soveltuu vain tehotarpeen lisäämiseen.

5.4 Toimitila- ja palvelurakennukset

Toimitila- ja palvelukiinteistöjen sähkötarpeet vaihtelevat suuresti käyttötarkoituksen, rakentamisajankohdan ja teknisten ratkaisujen perusteella. Kiinteistöjen käsittely tyyppikiinteistöperusteisesti ei anna kuin suuntaviivoja mahdollisille ratkaisuille. Ohjattavaa potentiaalia voidaan tarkastella myös järjestelmä- tai laitetyypeittäin, joita erilaisissa palvelu- ja toimitilakiinteistöissä on käytössä.

Toimitila- ja palvelurakennuksissa sähkötehojen muutoksiin ovat vaikuttaneet:

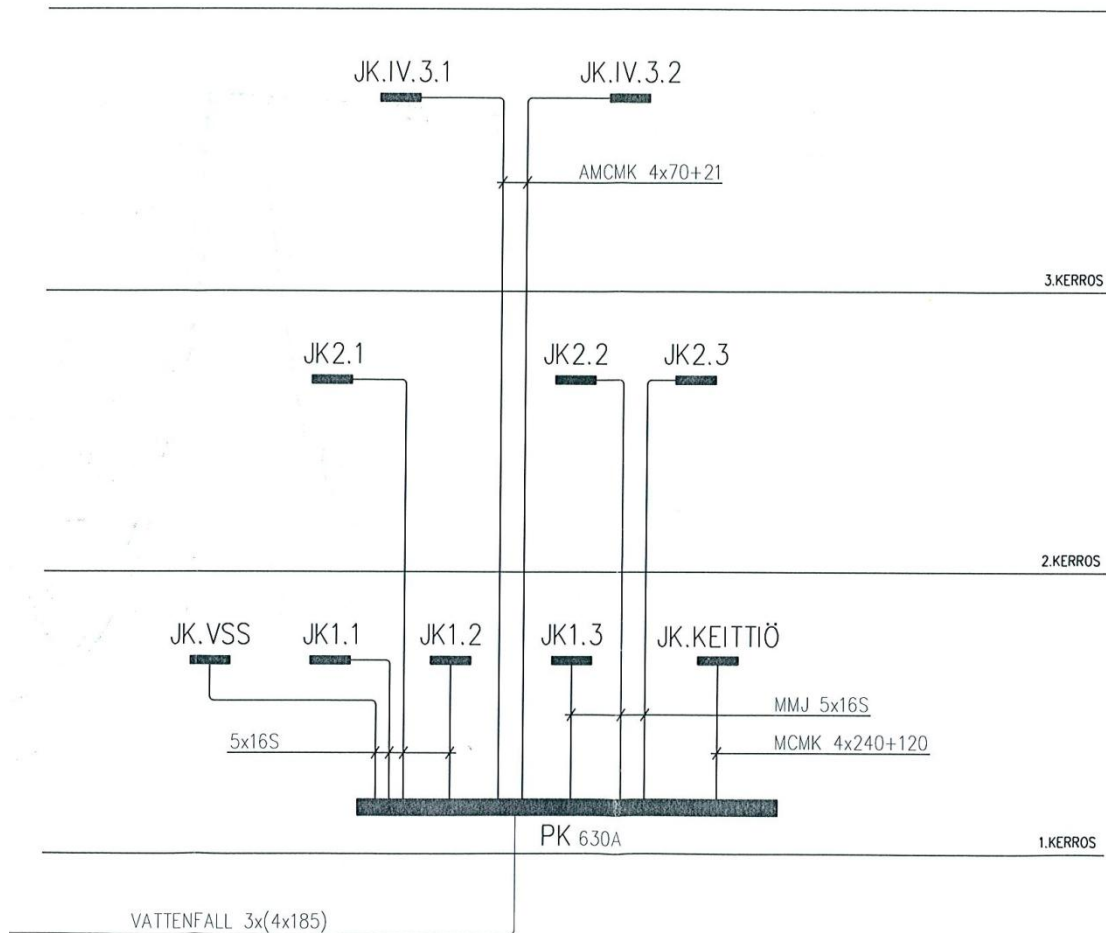
- valaistuksen tehokkaammat valolähteet ja valaistuksen ohjaus
- ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantuminen ja samanaikainen lisääntyminen
- jäädytyksen lisääntyminen
- tietokoneiden lisääntyminen, mutta samalla tehojen pienentyminen

5.4.1 Olemassa olevat kiinteistöt

Olemassa olevassa rakennuskannassa toimitila- ja palvelurakennukset omaavat jo tällä hetkellä yleisesti ainakin jonkin tasoisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän. Automaatiojärjestelmän avulla ohjataan tyypillisesti muun muassa lämmitystä, ilmanvaihtoa, jäähdytystä ja muita sähkökuormia. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu tyypillisen jakelujärjestelmän rakennetta sekä eri sähkökuormia olemassa olevissa kiinteistöissä.

5.4.1.1 Kiinteistöjen jakelujärjestelmien rakenne

Suurien kiinteistöjen sähkönjakelujärjestelmät koostuvat yleensä pääkeskuksesta ja useista jakokeskuksista. Kiinteistö liittyy pienjännitesähköverkkoon pääkeskuksella, jonne on tyypillisesti sijoitettu kiinteistön kuluttaman sähköenergia mittaus, pääjohdot kiinteistön jakokeskuksille ja tarvittaessa loistehonkompensointilaitteisto. Jakokeskusten syöttämissä kuormissa on melko suuriakin eroavaisuuksia kiinteistön rakennusvuoden mukaan. Pääsääntöisesti uudemmissa kiinteistöissä kuormien jaottelu keskuksittain on huomattavasti selkeämpää kuin vanhoissa. Uudemmissa kohteissa keskuksien jaotelu käyttötarkoituksittain selkeämmin syöttämään tietyn tyyppisiä kuormia. (Siivonen 2014)



Kuva 5.24 Tyypillinen suuren kiinteistön jakelujärjestelmä. (Siivonen 2014)

Jakokeskuksen syöttäessä LVI- tai valaistuskuormia on jakokeskuksen ja kiinteistöautomaatioyksikön välille asennettava ohjauskaapeli, jota pitkin kiinteistöautomaatiojärjestelmällä voidaan hallita jakokeskuksen syöttämien kuormien kontakteita. (Siivonen 2014)

Kuormien ohjaus ilman kiinteistöautomaatiojärjestelmää edellyttää useimmissa kohteissa liisäasennuksia niin johdotuksissa kuin ohjauslaitteissa. Ohjauspotentiaali- ja järjestelmätar-kastelussa on päädytty tarkastelemaan palvelurakennuksissa kiinteistöautomaation mahdol-lisuuksia. (Siivonen 2014)

5.4.1.2 Ilmanvaihto

Ilmastointikoneiden tehonkulutus koostuu pääasiassa ilmaa liikuttavien puhallinmoottorien ottamasta tehosta. Nämä moottorikäytöt ovat vielä 90-luvulla rakennetuissa kiinteistöissä suoria käyttöjä. Taajuusmuuttajakäyttöjä käytetään tyypillisesti uudemmista kohteista, joissa ilmastoinnin tehoa halutaan säätää automaatiojärjestelmällä, tällöin halutaan myös ilmas-tointikoneiden tehon säätyvän portaattomasti. (Siivonen 2014)

Kiinteistöissä, joissa ilmastointilaitteiden puhallinmoottoreita ohjataan taajuusmuuttajakäytöllä, on ilmastoinnin ohjaaminen helppoa. Varsinkin ilmastointijärjestelmän ollessa liitetty nykyaikaiseen kiinteistöautomaatiojärjestelmään, voidaan ohjaus toteuttaa jopa täysin ohjelmallisesti. Automaatiojärjestelmä välittää tiedon tarvittavasta tehosta puhallinmoottoria käyttävälle taajuusmuuttajalle, joka ohjaa puhallinmoottorin pienemmälle teholle. Automaatiojärjestelmällä on keskeinen rooli ohjauksen kannalta, koska sen avulla voidaan tehdä hetkellisiin tehoihin suuria muutoksia, ja kasvattaa ilmastoinnin tehoa olosuhteiden huonontuessa liiaksi. (Siivonen 2014)

Ilmanvaihto on olennainen osa kiinteistön olosuhteisiin vaikuttavia järjestelmiä, joten ohjaukset vaikuttavat vääjäämättä kiinteistön ilmanlaatuun. Mitä enemmän ilmastointikoneiden tehoa leikataan, sitä lyhyemmän aikaa ohjaus voi kestää. Uusiin rakennuksiin kannattaa tämän takia asentaa anturit, joilla voidaan mitata ilmanlaatuun vaikuttavien tekijöiden, kuten hiilidioksidin tai kosteuden pitoisuus huoneilmassa ja näin sovittaa ilmastoinnin teho mahdollisimman sopivaksi sekä määrittää, milloin tehonpudotus tulee lopettaa. (Siivonen 2014)

5.4.1.3 Jäähdytys

Erityisesti suurissa kohteissa, joissa koko kiinteistön huoneilmaa pyritään jäähdyttämään, on jäähdytys merkittävä osa kokonaisenergiakulutuksesta ja erityisesti tehosta kesäaikana. Jäähdytysjärjestelmään ottamaa tehoa voidaan rajoittaa käyttämällä säädettävää taajuusmuuttajakäyttöä jäähdytyskompressoria pyörittävissä moottoreissa tai suoraan poistamalla koko jäähdytyslaitteisto hetkellisesti toiminnasta. Käytettävissä oleva tehonpudotusaika määräytyisi tällöin sen mukaan, kuinka paljon jäähdytyksen tehoa lasketaan ja kuinka paljon kiinteistön sisälämpötila saa nousta. (Siivonen 2014)

Elintarvikemyymälöissä, joissa kylmälaitteita käytetään elintarvikkeiden tai muiden lämmölle herkkien tuotteiden jäähdyttämiseen, tulisi jäähdytysyksiköiden, esimerkiksi pakastinten lämpötilan valvontalaitteiston ohittaa kylmälaitteen tehonpudotuskäsky hyvissä ajoin elintarviketurvallisuuden säilymiseksi. Ohjausmahdollisuuksista huolimatta elintarvikkeisiin liittyvien kylmälaitteiden lyhytaikainenkin ohjaaminen sisältää riskin elintarvikkeiden pilaantumisesta. Tästä johtuen tällaisten kylmälaitteiden ohjaaminen ei tule ensimmäisenä kysymykseen. (Siivonen 2014)

Suuret kylmälaittekokonaisuudet voidaan toteuttaa omaan konehuoneeseensa keskitetyllä kylmäkoneikolla, joka paineistaa kylmäainetta esimerkiksi myymälän kaikille kylmälaitteille.

Tällainen kylmäkoneikon teho voi olla jopa satoja kilowatteja esimerkiksi suuressa myymälässä. (Siivonen 2014)

5.4.1.4 Sulanapidot

Sulanapitolämmityksiä käytetään usein liike-, toimisto- ja teollisuusrakennuksien kulkuväylillä, lastauspisteillä, räystäskouruissa sekä viemäreissä. Sulanapitolämmitys toteutetaan tyypillisesti asentamalla lämmitettävään rakenteeseen lämmityskaapeli tai muu lämmityselementti. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva kytkinlaite ohjaa lämmityselementin päälle määrätyn väliajoin, kun lämpötila on lähellä 0 °C. Lämmityselementti voi olla myös itsestään säätyvä, jolloin sen teho vaihtelee ympäristön ja kaapelin lämpötilan mukaan. (Siivonen 2014).

Näitä tehoja voidaan ohjata helposti avaamalla lämmityksen kontaktori haluttuna ajanhetkenä. Kulkuväylille sijoitettuja sulanapitolämmityksiä ohjattaessa täytyy kuitenkin varmistua siitä, ettei kulkuväylille pääse kertymään jäätä. Sulanapitotehon pudotus voitaisiinkin toteuttaa esimerkiksi pienentämällä sulatettavan alueen pinta-alaa hetkellisesti. Tosin tämä järjestely vaatisi kahdet erilliset lämpöelementit. (Siivonen 2014)

5.4.1.5 Yleisvalaistus

Yleisvalaistuksen teho olemassa olevissa suuremmissa kiinteistöissä vaihtelee tyypillisesti välillä noin 10-25 W/m². Olemassa olevien suurempien kiinteistöjen valaistuksenohjaus on toteutettu tyypillisesti yksittäisryhminä, joita ohjataan tilakohtaisin ohjaimin (kytkimet, läsnäolotunnistimet, tms.) tai kontaktoriohjattuina suurempina kokonaisuuksina, joita ohjataan keskitetysti keskuksiin saapuvilla ohjaussignaaleilla (painonapit, automaatio-ohjaukset, aikaohjaukset, tms.). Valaistusryhmiä on pääsääntöisesti syötetty yleisistä ryhmäkeskuksista, eikä niille yleensä ole varattu keskuksista edes omaa erillistä keskusosaa. Valaistuksen energiankulutusta ja tehoa on hyvin harvoin mitattu erikseen, ja mittauksen lisääminen jälkikäteen on usein hyvin hankalaa ja kallista tehdyistä keskusratkaisuista johtuen. Syöttöjen katkominen tai kontaktoreiden sammuttelu tällaisissa kohteissa on yleensä mahdotonta ilman kohteen toiminnan häiriintymistä tai turvallisuustason alenemista.

Jos kiinteistön valaistuksenohjaukseen on käytetty perinteisten ratkaisujen sijaan jotain väyläohjattua ratkaisua (esim. KNX, LON, DALI) on mittaroinnin ja ohjausmuutoksien toteuttaminen jälkikäteen usein helpompaa tai hyvin helppoa ja muutuskustannukset vähäiset.

5.4.1.6 Muut sähkökuormat

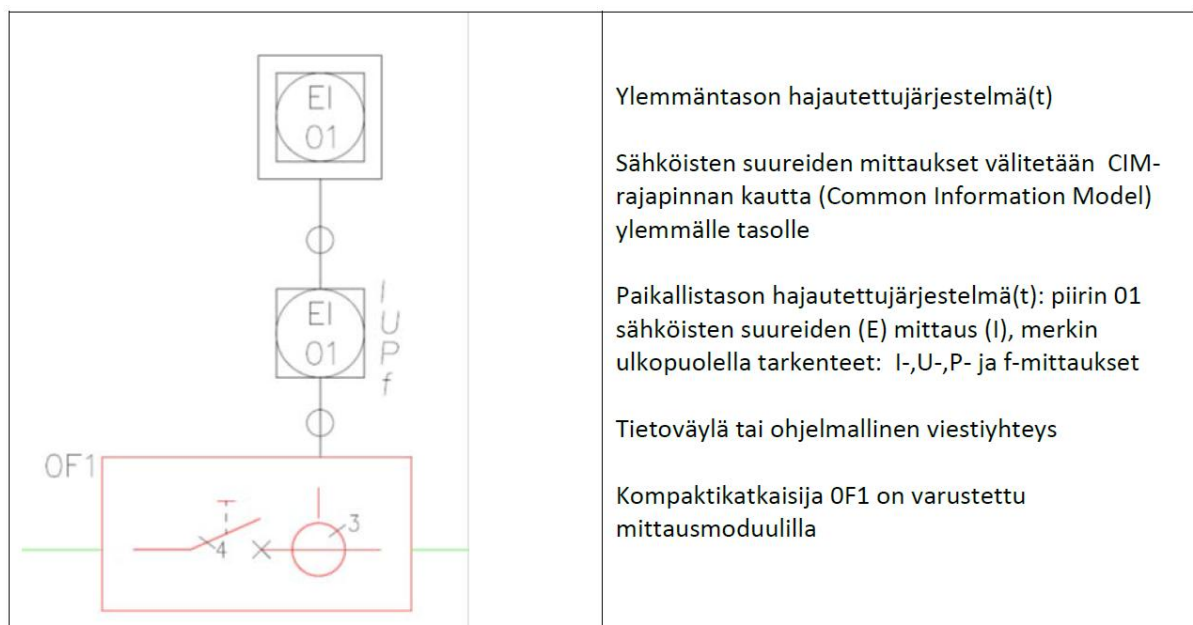
Toimitila- ja palvelurakennuksissa olemassa olevalla kiinteistöautomaatiolla ohjataan usein lisäksi esimerkiksi ulkovalaistusta ja yleistilojen sisävalaistusta. Ohjauksia ei ole perinteisesti suunniteltu kysynnän jouston ohjausten näkökulmasta, joten näiden kuormien käyttöönotto kysynnän joustoon on tapauskohtaista. Tarkemmat ryhmäkohtaiset ohjaukset vaativat usein perinteistä toteutusta monipuolisempia ohjauksia.

5.4.2 Kysynnän jouston huomioiminen uusissa toimitila- ja palvelurakennuksissa

Kysynnän jouston edistäminen edellyttää muutoksia perinteisiin suunnittelu- ja toteutuskäytäntöihin. Seuraavaksi on esitetty erilaisia kysynnän jouston toteutusmahdollisuuksia sekä muutostarpeita suunnitteluun uusien kiinteistöjen osalta eri järjestelmien ja sähkökuormien ohjaamiseksi.

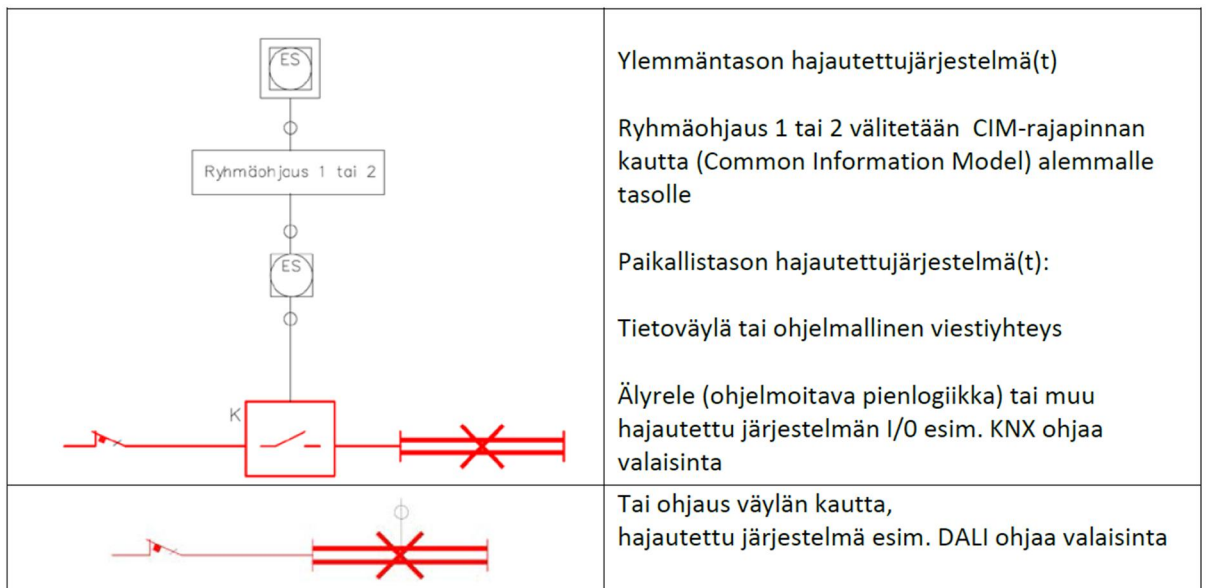
Liitteessä XII on esitetty periaatteellinen pääjakelukaavio.

Seuraavassa kuvataan mittausten ja ohjausten toiminnalliset periaatteet soveltaen standardin, SFS 5018:1984 Instrumentoinnin piirrosmerkit, esitystapaa hajautetuista digitaalista automaatiota varten. Kuvissa 5.25 ja 5.26 esitetään esimerkeillä keskeiset toiminnot liitteen IX pääjakelusta.



Kuva 5.25 Mittaus kompaktikatkaisijasta

Hajautettujen automaatiojärjestelmien piirrosmerkit, ylemmän - ja paikallistason (kaksoisneliö ja neliö) voi sisältää useita järjestelmiä – integroituja järjestelmiä.

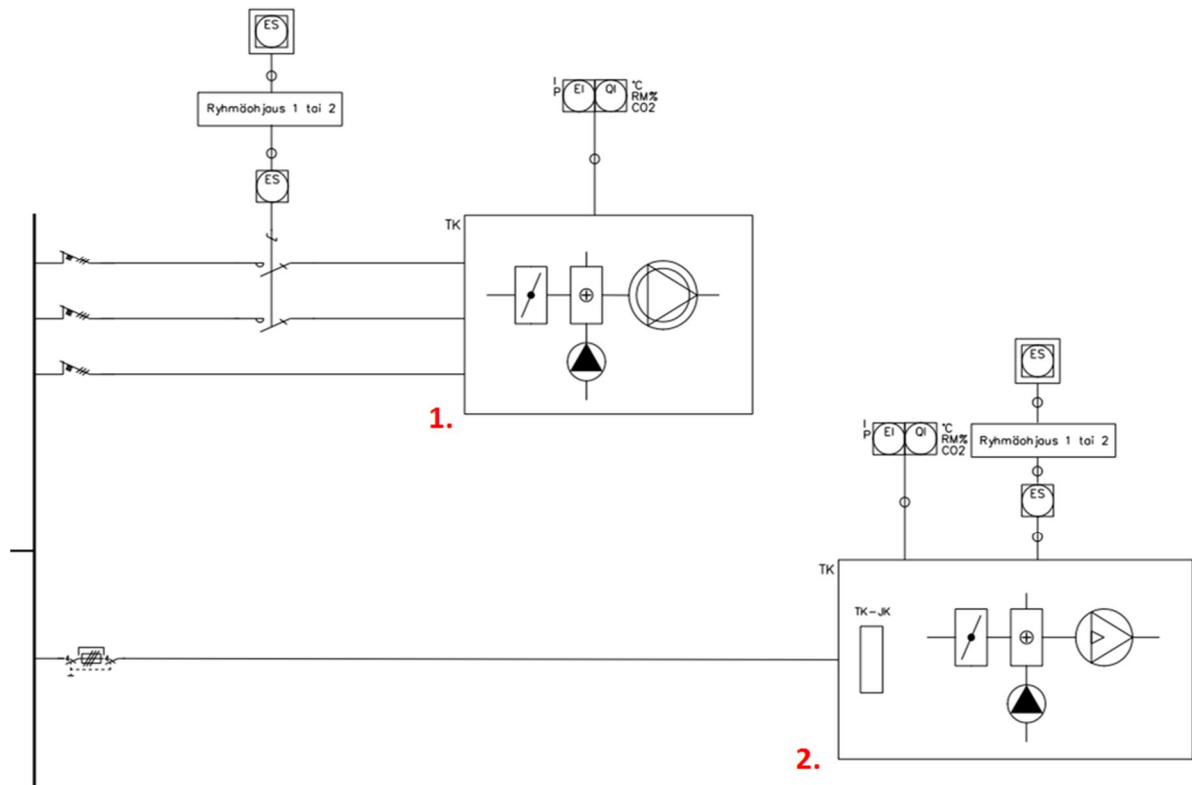


Kuva 5.26 Ohjaukset

5.4.2.1 Ilmanvaihdon toteutuksen huomioiminen kysynnän jouston kannalta

Kysynnän jouston kannalta ilmanvaihtokoneet muodostavat kiinnostavan kokonaisuuden, koska rakentamismääräysten ohjaamana kiinteistöissä tulee toteuttaa aina koneellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus koostuu lähes kokonaan puhallinmoottorien sähkönkulutuksesta. Nykyaikaisten ilmanvaihtokoneiden puhaltimien sähkötehoa on helppo ohjata muuttamalla puhaltimien kierrosnopeutta joko taajuusmuuttajilla tai EC-puhallinmoottorein. Näissä sovelluksissa pyörimisnopeutta säädetään automaatiojärjestelmästä lähetettävällä nopeusohjeella, yleensä jännitetietona tai väyläkäskynä. Järjestelmä ohjaa laitteita yleisesti kello- ja kalenteriohjelman ohjaamana, mutta kehittyneimmissä järjestelmissä ohjaus voi tapahtua palveltavan tilan olosuhteiden perusteella.

Perinteisestä keskitetystä valvonta-alakeskus pohjaisesta kiinteistöautomaatioarkkitehtuurista ollaan siirtymässä yhä enemmän hajautettuun ja integroitavaan automaatioon. Tällöin kiinteistöautomaatiojärjestelmien ohjelmallinen älykkyys on voitu hajauttaa esimerkiksi ilmanvaihtokone- ja huonesäädinkohtaisesti. Kysynnän jouston ohjauksen toteuttaminen tulee ottaa huomioon täten koko järjestelmäkokonaisuuden osalta. Kuvassa 5.27 on kuvattu ilmanvaihtokoneiden ohjausperiaate jakokeskustasolla.



Kuva 5.27 Ilmanvaihtokoneet ovat tyypillisesti automaatioalakeskuksien ohjaamia ja erillisen ryhmäkeskuksen syöttämiä (1). Vaihtoehtoisesti ilmanvaihto voidaan toteuttaa valmiina "paketti" koneena, jolloin automaatio ja konekohtainen ohjauskeskus sijaitsevat koneessa.

Yksinkertaisimmillaan kysynnän jouston toteuttaminen ilmanvaihdon kannalta on esimerkiksi pysäyttää tai pudottaa ilmanvaihdon tehoa hetkellisesti. Tällöin ohjausjakson tulisi olla kohtuullisen lyhyt. Tarpeen mukaisella olosuhdesäädöllä voidaan pudottaa ilmanvaihdon tehoa aina tilanteen mukaan ja esimerkiksi vähentää ilmanvaihtoa niiltä alueilta mistä se on kulloinkin parhaiten toteutettavissa. Tällöin tiloihin on toteutettava olosuhdemittaukset riittävin osin, jotta voidaan varmistua, ettei rakennukselle suunniteltuja sisäilman tavoitearvoja ylitettäisi. Toisaalta tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteuttaminen pienentää jo itsessään merkittävästi ilmanvaihdon sähkönkulutusta, joka vähentää ilmanvaihdon kuormapotentiaalia kysynnän jouston kannalta. Kysynnän jouston kannalta tietyissä käyttötilanteissa olisi mahdollista myös tehostaa ilmanvaihtoa ja näin ollen myös lisätä ilmanvaihdon sähkökuormaa.

Mikäli ilmanvaihdon kuormaa hyödynnettäisiin kysynnän joustossa reservikäytössä, tulee yhdeksi kynnyskysymykseksi kuorman riittävän nopea pudottaminen. Perinteisesti ilmanvaihdon säädöt toteutetaan hyvin rauhallisiksi, jolloin ilmanvaihdon hyödyntäminen kriittisten kysynnän jousto-ohjausten osalta tulee vaatimaan myös muutoksia perinteisiin automaatio-toimintojen ohjelmointiin.

Reunaehtoina kysynnän joustolle ilmanvaihdon suhteen tulisi aina pitää sisäilman olosuhteita. Kysynnän jouston kannalta eri ohjaustilanteille voitaisiin määritellä halutut tavoitearvot. Kysynnän joustolla tavoiteltaessa pelkästään taloudellista hyötyä tulisi laatuluokka pysyä rakennukselle suunnitellussa tasossa. Häiriötilanteen varalta laatuluokitusta voitaisiin hetkellisesti pudottaa alemmaksi. Laatuluokituksina voitaisiin pitää Sisäilmastoluokitus 2012:ssa määriteltyjä ilman laadun luokituksia ja tavoitearvoja.

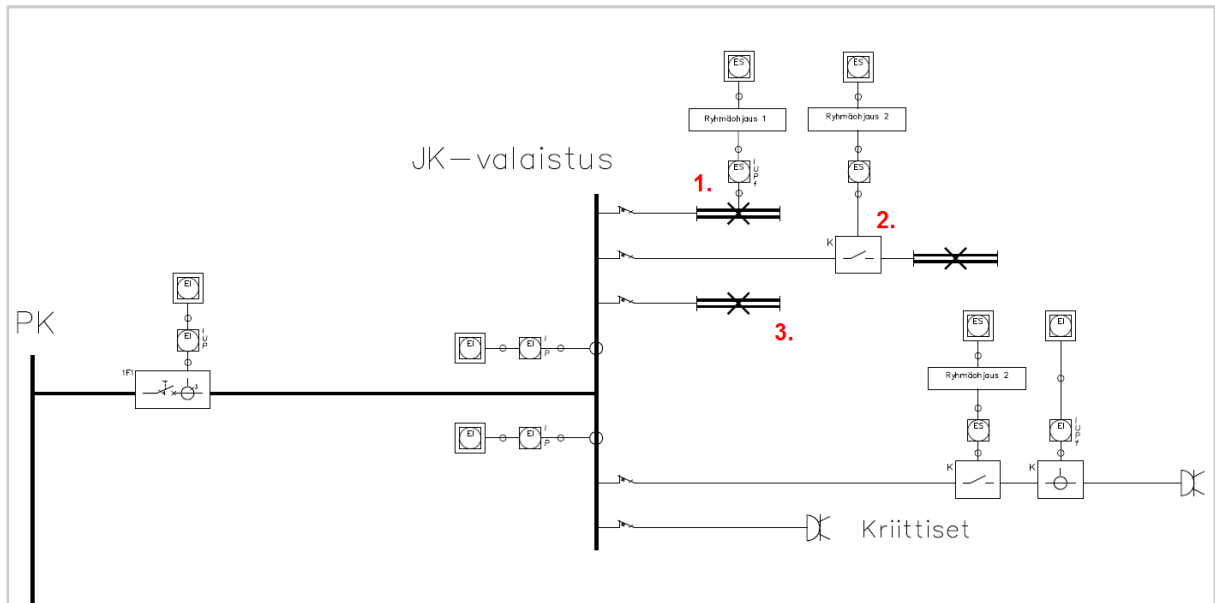
Lisäksi ilmanvaihtokoneen turvallisen toiminnan kannalta tulee ottaa huomioon, että koneen varo- ja lukitustoiminnot menevät aina toimintojen priorisoinnissa kysynnän jousto ohjausten edelle. Näitä ovat esimerkiksi jäätymisvaaratoiminto, tuloilman yli- ja alilämpötoiminto, lämmityspumpun lukitustoiminto, iv-hätäpysäytys ja palohälytys.

Kysynnän jouston toteutuksessa on lisäksi oleellista mitata sähkökuormien sähkötehoa reaaliaikaisesti. Tällöin voidaan tietää reaaliaikainen kuormapotentiaali ja myös varmistua tavoitellun teho-ohjauksen toteutumisesta. Puhaltimien reaaliaikainen tehotieto on mahdollista saada suoraan niiltä ohjaavilta taajuusmuuttajilta joko jännite viestinä tai väylätietona. EC-puhaltimien osalta tämä tarkoittaa yleensä erillisen mittalaitteen lisäämistä ryhmäkeskuksiin.

5.4.2.2 Yleisvalaistuksen kysynnän jouston huomiointi uusissa rakennuksissa

Uusien toimisto- ja liikerakennuksien valaistus tulisi kysynnän jouston kannalta suunnitella ryhmiteltäväksi omiin keskuksiin tai keskusosiin, joiden energiankulutusta tai tehoa mitataan reaaliaikaisesti. Kysynnän jouston vaatima tehonmuutos yksinkertaisessa järjestelmässä tarkoittaa lähinnä kytkentäryhmittäin tehtävää valaisinten sammutusta. Väyläohjattua, osoitteellista valaistuksenohjausjärjestelmää (esim. KNX- tai DALI-pohjainen ratkaisu) käytettäessä valaisinten tehoa voidaan yleensä portaattomasti pudottaa tai nostaa valaisinten sijainnista ja kytkentäryhmistä riippumatta.

Valaistuksen ohjaus yksinkertaisissa järjestelmissä on mahdollista lähinnä häiriötilanteiden ohjauksessa, sillä valaisimia voidaan ohjata vain päälle tai pois. Järkevällä ryhmittelyllä häiriötilanteessa voidaan siis pudottaa osa valaistuksesta, esimerkiksi joka toinen tai kolmas valaisin, pois päältä. Ohjauksia voidaan toteuttaa ensisijaisesti toisarvoisissa tiloissa, kuten käytävillä ja varastoissa, joissa valaistusvoimakkuuden voimakas aleneminen ja luminanssierojen kasvu ei aiheuta välitöntä häiriötä ensisijaisten työtehtävien suorittamiselle. Yksinkertaisen järjestelmän ohjauksessa on huomioitava, että turvallisen liikkumisen ja toiminnan edellyttämä valaistusvoimakkuus säilytetään myös ohjauksen aikana, jonka vuoksi kaikkea valaistusta ei voida koskaan ohjata kysynnän joustoon perustuen.



Kuva 5.28 Valaistuksen kysynnän joustossa valaisimia voidaan ohjata järjestelmästä riippuen osoitteellisen väyläohjauksen avulla (1) tai releiden ja/tai kontaktoreiden välityksellä (2). Turvallisuussyistä johtuen kaikkea valaistusta ei kysynnän jouston nimissä voida kuitenkaan koskaan ohjata (3).

Väyläohjattua, osoitteellista valaistuksenohjausjärjestelmää käytettäessä valaistusta voidaan ohjata sekä taloudellisen että häiriötilanteen kysynnän jouston yhteydessä. Taloudellisessa ohjauksessa voidaan esimerkiksi koko kiinteistön käytössä olevan valaistuksen tehoa ajaa tilapäisesti alaspäin jopa 30 % ilman, että käyttäjät havaitsevat muutosta valaistusvoimakkuudessa tai että työtehtävien suorittaminen merkittävästi vaikeutuu. Muutokset valaistusvoimakkuuteen olisi kuitenkin hyvä tehdä muutamien kymmenien sekuntien aikana, jotta valotason muutosta ei havaita. Häiriötilanteessa valaistusvoimakkuutta voidaan pudottaa vieläkin enemmän, ja samalla esimerkiksi toisarvoisten tilojen valaistusta voidaan ohjata osittain pois päältä kuten yksinkertaisen järjestelmän tapauksessa.

5.4.2.3 Jäähdytys

Jäähdytyksen toteutus kohteissa on hyvin usein tapauskohtaista, jolloin yleistäviä ohjeistuksia jäähdytyksen käyttöön ottamisesta kysynnän joustoon on haasteellista tehdä. Jäähdytykset jakautuvat toimitila- ja palvelurakennuksissa usein tila- tai laitekohtaisiin jäähdytyksiin. Näistä kysynnän jouston kannalta potentiaalisimpina voidaan pitää keskitetyksi toteutettuja tilajäähdytyksiä.

5.4.2.4 Muut sähkökuormat

Hajautettua ryhmäkeskusautomaatiota hyödyntämällä ryhmäkeskusohjattavia sähkökuormia voitaisiin ohjata ja seurata hyvinkin tarkasti suhteellisen edullisin kustannuksin. Automaation hajauttaminen kiinteistöissä ryhmäkeskustasolle on yleistymässä ja useita teknisiä toteutus-

ratkaisuja on jo olemassa. Kysynnän jouston kannalta tämä edellyttäisi kuormaryhmittelyiden suunnittelemista perinteisistä ohjaustavoista poiketen, esimerkiksi kuormien kriittisyyden näkökulmasta.

5.4.2.5 Esimerkki ilmanvaihdon ja valaistuksen soveltuvuudesta kysynnän jouston

Ilmanvaihdon ja valaistuksen soveltuvuutta tutkittiin hankkeen yhteydessä tehdyssä diplomityössä. Kenttäkokeet suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun vuonna 2013 peruskorjatussa rakennusosassa. Rakennusosan kerrosala on noin 6800 brm^2 ja rakennusosa koostuu viidestä kerroksesta. Tiloissa on viiden eri koulutusohjelman opetustiloja sekä henkilökunnan työhuoneita. Kohteessa on täten nykymääräysten mukaisesti toteutetut talotekniset järjestelmät ja kohde kuvaa hyvin tällä hetkellä rakennettavien rakennusten taloteknisten järjestelmien soveltuvuutta kysynnän joustoon. (Luoma, 2015)

Ilmanvaihdon soveltuvuutta testattiin pudottamalla koneiden ilmamäärät noin 40–50 %:iin normaalin käyttöajan ilmamäärästä 15 minuutin ajaksi. Ohjausten olosuhdevaikutuksia seurattiin tilojen hiilidioksidipitoisuusmittausten perusteella. Valaistusjärjestelmän soveltuvuutta testattiin kohteen valaistuksen suhteen yhden kerroksen osalta. Nykyiseen valaistusjärjestelmään tehtiin tarvittavat muutokset, jotta järjestelmään voitiin ohjata 30 %:n valaistustason pudotus sen hetkisestä tilanteesta. Ohjauksen vaikutuksia valaistusolosuhteisiin arvioitiin mittaamalla tilojen valaistusvoimakkuuksia sekä kahdella eri oppilasryhmälle tehdyllä kyselyllä. (Luoma, 2015)

Testitulosten perusteella voidaan todeta molempien järjestelmien soveltuvan kysynnän jouston. Ilmanvaihtokoneiden ilmamäärä voitiin pudottaa noin 40 %:iin normaalista ilmamäärästä, jolloin saavutettu tehopudotus oli noin 75 %:a. Hiilidioksidipitoisuuksien liukuvat tuntikeskiarvot ylittivät tavoitearvot vain hetkellisesti yhden tilan osalta. Tavoitearvoina pidettiin Sisäilmastoluokituksen laatuluokkaa S2, jonka edellytyksenä on, että hiilidioksidipitoisuuden tulee olla alle 900 ppm:ää vähintään 90 %:a käyttöajasta. Valaistuksen pudottaminen 30 %:a normaalista valaistustasosta pudotti tilojen valaistusvoimakkuutta noin 150 luxia. Kyselyn perustella koeryhmästä 25 % havaitsi valaistuksessa poikkeavia muutoksia testijakson aikana. Muutoksia pidettiin kuitenkin vain hieman häiritsevinä. (Luoma, 2015)

Kuuden ilmanvaihtokoneen pudottaminen osailmamäärälle mahdollisti käyttöaikana noin 18–20 kW ohjauspotentiaalin. Suhteutettuna tämä koko rakennusosan bruttoalaan se tarkoittaa noin 2,5–3 W/m^2 . Opetus- ja työhuoneiden säädettävän sisävalaistuksen joustopotenti-

tiaalia koko rakennusosassa arvioitiin olevan käyttöaikana arviolta noin 3-6 kW:a. Bruttopin-
ta-alaan suhteutettuna tämä tarkoittaa noin 0,5-1,0 W/m². (Luoma, 2015)

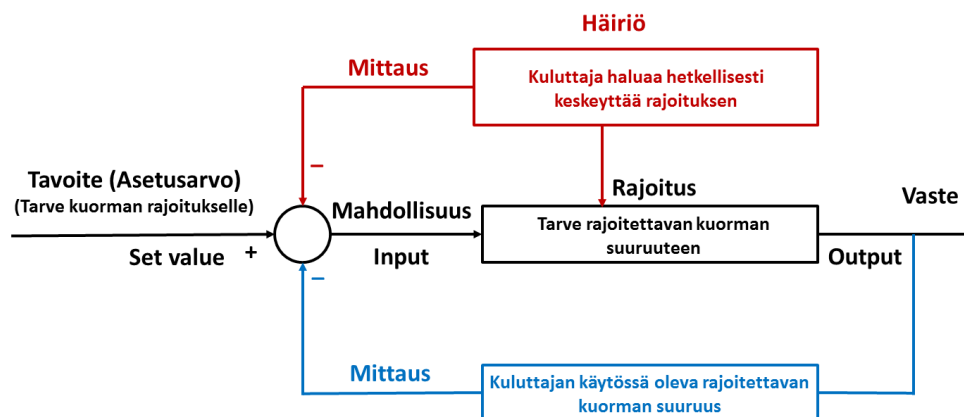
5.5 Kiinteistöautomaatio osana kysynnän joustoa

Kiinteistöautomaatio tarjoaa hyvän pohjan erilaisten kysynnän jouston toimintojen kehittämi-
seen. Vaikka kiinteistössä olisikin automaatiojärjestelmä, johon pääsee tekemään ohjelmal-
lisiä muutoksia, voi prosessien päätelaitteiden säädettävyyden rajoittaa tehonrajoituksen toteu-
tusta.

5.5.1 Olemassa olevat automaatiojärjestelmät

Yleensä, varsinkin vanhemmissa kohteissa, automaatiojärjestelmien ohjauksessa ovat
yleensä LVI – järjestelmät, kuten ilmanvaihto, jäähdytys ja lämmitys. Suurissa kiinteistöissä
LVI – järjestelmien sähköteho on suuri. Esimerkiksi Tampereen ammattikorkeakoulussa on
yksinään uuden G-siiven LVI – laitteiden kokonaissähköteho yli 400 kW. Kiinteistöautoma-
atiojärjestelmä ohjaa laitteita usein kello- ja kalenteriohjelman mukaan, mutta kehittyneimmi-
ssä järjestelmissä ohjaus voi tapahtua tilojen olosuhteiden mukaan.

Automaation kannalta ajattelu rakentuu kuvan 5.29 mukaiseen toimintaan, jossa otetaan
huomioon tavoite, saatu tulos ja ohjauksen säätelyyn liittyvät häiriöt.



Kuva 5.29 Kuorman ohjauksen säätö kulutusasteessa automaation avulla.

Pelkällä AMR-mittauksen kosketintietojen käyttö on hyvin rajallista. Käytettäessä automaa-
tiojärjestelmää kuorman säädössä ei tarvita välttämättä AMR-mittauksen releohjausta. Jos
energiayhtiölle siirretään ohjelmallisesti tieto reaalisesta kuormasta, on järkevää tuoda tieto
rajoituksesta automaatiojärjestelmäänkin ohjelmallisesti.

Järjestelmien soveltamismahdollisuuksiin vaikuttaa järjestelmän rakentamisajankohta:

- 1970- ja 80-luvulla paljon käytetyt yksikkösäätimet eivät sovellu kysynnän joustoon.

- 1990-luvulta lähtien rakennetuissa automaatiojärjestelmissä on suurimmassa osassa mahdollisuus saada AMR-kosketintieto järjestelmään Input-liitynnän kautta, jolloin ohjelmoinnilla voidaan toteuttaa kuorman rajoituksia ja ohjauksia. Haasteena saattaa olla, löytyykö 90-luvulla toteutettujen järjestelmien ohjelmointiin osajia tai voidaanko käytetty ohjelma asentaa W7/W8 ympäristöön (riippuvuus kolmannesta osapuolesta).

Hankkeeseen liittyneiden opinnäytetöiden yhteydessä tehtiin mm. DALI-järjestelmällä mittauksia valaistuksen säätämiseksi pienemmälle teholle AMR-ohjauksessa. Säätö vaatii DALI-reitittimen mukanaolon. Mittaustuloksia ja kustannusvaikutuksia on arvioitu erillisjulkaisuissa (Salminen), (Eskelinen).

Automaation historia voidaan jakaa kuvan 5.30 mukaisiin ajallisiin jaksoihin.

Automatisoidut rakennukset (1981 - 1985)

Kiinteistönhallinta toimistojärjestelmän viestintä

Älykäs rakennus on kokoelma innovatiivisia teknologioita



Reagoivat rakennukset (1986 - 1991)

Kiinteistönhallinta toimistojärjestelmän viestintä
Reagointi muutoksiin

Älykäs rakennus on teknologiakokoelma, joka pystyy vastaamaan organisatorisiin muutoksiin pitkällä aikavälillä



Tehokkaat rakennukset (1992 - 2005)

Tilanhallinta
Liiketalous
Kiinteistönhallinta

Älykäs rakennus tarjoaa reagoivan, tehokkaan ja kannustava ympäristön, jossa organisaatio voi saavuttaa liiketoiminnan tavoitteet. Älykkään rakennuksen teknologiat ovat työkaluja, jotka auttavat näin tapahtumaan.



Integroidut rakennukset (2006 - 2014)

Tilanhallinta
Liiketalous
Kiinteistönhallinta
Verkostoituminen

Integroidut rakennukset tarjoaa lisää etähallintaa, Web-teknikoita, laajaa palvelutarjontaa. Energiatehokkuus ja liiketoiminta keskeisessä roolissa koko talotekniikkaa.



Käyttäjälähtöiset rakennukset (2015 -

Tilanhallinta
Liiketalous
Kiinteistönhallinta
Verkostoituminen
Käyttäjän vaikutuksen kasvu

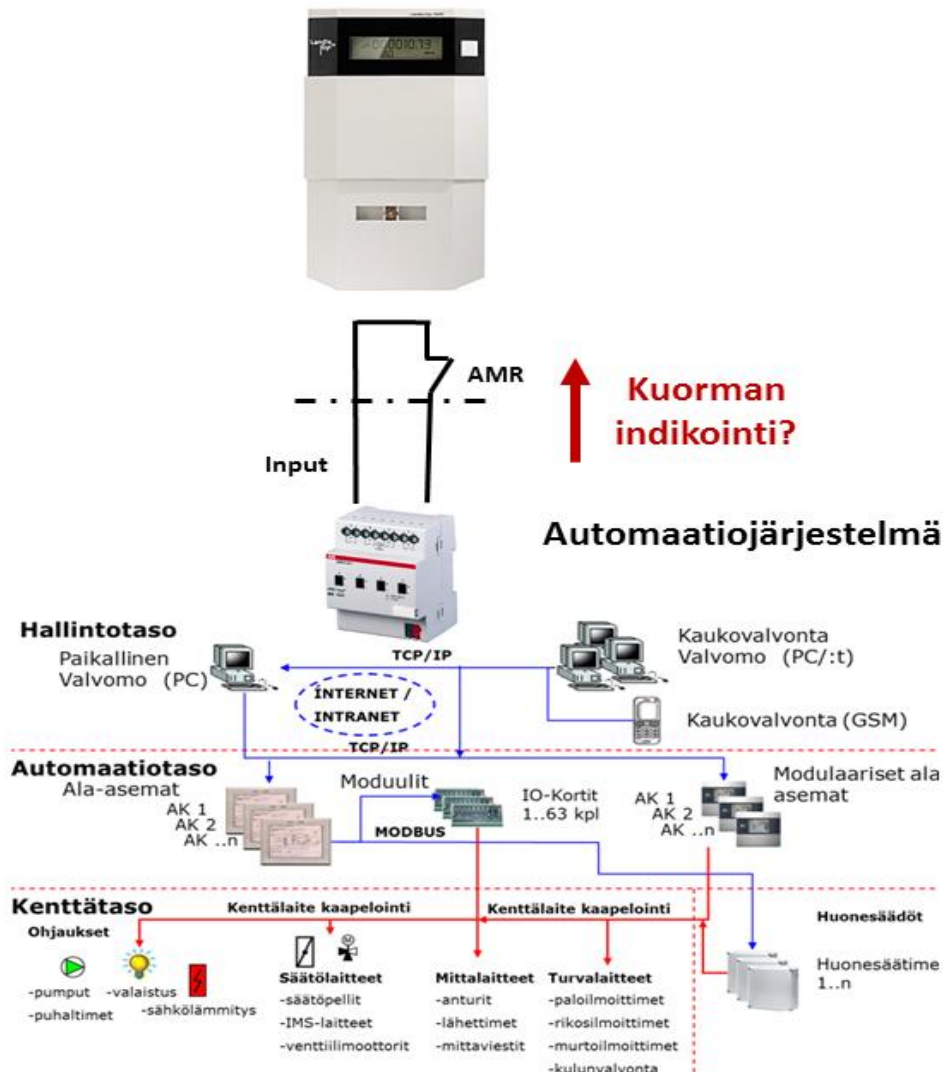
Käyttäjälähtöiset rakennukset tarjoaa laajemman kerätyn datan käsittelyn. Markkinoilla olevissa sovelluksissa Big Datan hyödyntämiseen liittyviä algoritmeja käytössä. Entistä laajemmat mahdollisuudet tarjota pitkään aikajaksoon perustuvaa, mitattuun tietoon perustuvaa ja analysoitua, kohdennettua tietoa.

Kuva 5.30 Kiinteistöautomaation kehityshistoria (Piikkilä 2015)

Uusimpia kiinteistöjä rakennetaan jo hyvin laajasti automatisoituina, jolloin päästään hyvin helposti pienellä ohjelmallisella muutoksella toteuttamaan kysynnän jouston toimintoja. Käykä vanhimmista kohteissa automaatio on toteutettu yksikkösäätimillä, joihin ei pääse ulkoisella ohjauksella käsiksi. Tämän ikäiset järjestelmät yleensä uusitaan seuraavan suuren saneerauksen yhteydessä, jolloin kysynnän jouston toteuttaminen mahdollistuu. 1990 – luvulla ja myöhemmin asennettuihin suurien kiinteistöjen automaatiojärjestelmiin, lähes kaikkiin, kysynnän jouston toteuttaminen on mahdollista ohjelmallisilla muutoksilla.

Suurempiin kiinteistöihin automaatiojärjestelmiä on toimittanut ja osa toimittaa edelleen mm. Schneider Electric, Ouman, Beckhoff, Honeywell, Computec, Atmosstech ja Siemens sekä Fidelix. Tyypillisesti kaikki näiden toimittajien järjestelmät toimivat väyläpohjaisesti ja niiden ohjelmointi tapahtuu tietokoneavusteisella käyttöliittymällä. Järjestelmissä on myös tyypillisesti alakeskuksia, joissa on I/O- ja väyläliitäntöjä automaatiojärjestelmän päätelaitteille. Järjestelmiä on monenlaisia, joista monet ovat suljettuja, mutta osa on avoimia järjestelmiä. Lisäksi vanhemmissa kohteissa löytyy logiikka-pohjaisia rakennusautomaatiojärjestelmiä. Näihin järjestelmiin voidaan tieto välittää AMR-mittarilta kosketintietona kuvan 5.31 mukaan.

Automaatiojärjestelmiin on suhteellisen helppo lisätä Input-kortteja, joihin tieto AMR-mittauksen releeltä voidaan tuoda. Järjestelmästä voidaan ohjata ohjelmallisilla muutoksilla esimerkiksi taajuusmuuttajaohjattujen puhaltimien kierrosnopeutta pienemmäksi, jäähdytyksen lauhdutinyksiköiden ja sulanapitolämmityksen käyntilupaa sekä valaistusta. Osa kuormista on vuodenaikoihin liittyviä. Prosesseihin, joihin voidaan varastoida sähköenergiaa, kuten sähkölämmitteiset vesivaraajat, voitaisiin soveltaa kaksisuuntaista kuormanohjausta. Haasteena on, mikäli ohjaus saadaan AMR-ohjauksena, tieto kytkeytyneen tehon suuruudesta. Toisaalta aikaohjaukset ovat kirjavia ja esimerkiksi poikkeuspäivät voivat vaikuttaa ohjauksiin ja sitä kautta myös kuormien ohjaukseen.



Kuva5.31 AMR-mittauksen kosketintiedon liittäminen toimitilan automaatioon I/O-liitäntäpisteinä.

Tutkituissa järjestelmissä asennusmuutosten kustannukset koostuvat pääosin järjestelmän ohjelmallisista muutoksista. Nykyaikaisissa avoimissa ja väyläpohjaisissa kiinteistöautomaatiojärjestelmissä ei ehkä ole syytä puhua asennusmuutoksista. Kokonaisvaltaisessa automaatiojärjestelmässä suurin osa tai ainakin kysynnän jouston kannalta oleellimmat kuormat ovat lähes aina valmiiksi kytketty kuorman ohjauksen mahdollistavien komponenttien kautta. Kyse on enemmänkin ohjelmallisista muutoksista, joilla saadaan kuormanohjaukset toteutumaan haluttuun aikaan joko automaattisesti ulkopuolisen hintatiedon avulla tai kuluttajan itse suorittamana ohjauksena.

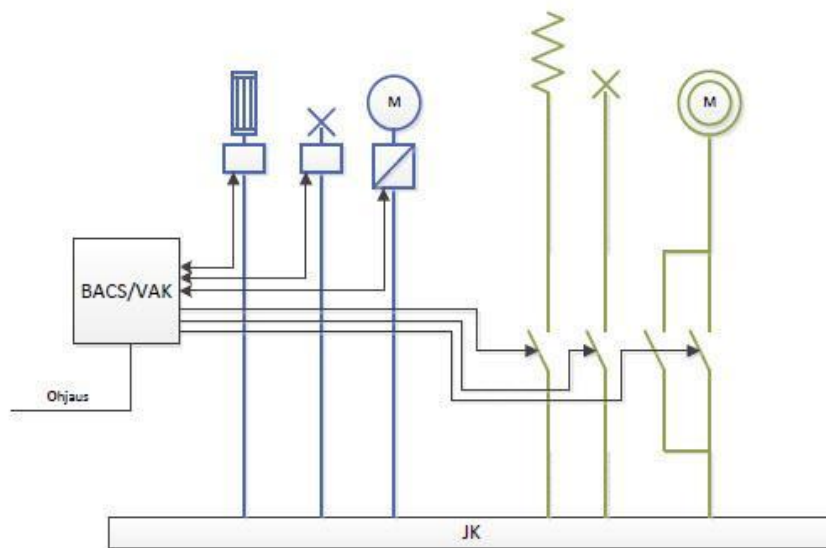
AMR-mittareiden ohjausreleet on yleensä sinetöity. Mikäli ohjaustieto välitettäisiin niiden kautta, syntyisi kaikissa ratkaisuissa kustannuksia mittareiden ohjaustietojen johdotuksista ja uudelleen sinetöimisistä. Tämä edellyttää aina verkkoyhtiön asentajien käyntiä kohteessa.

Kustannuksiin vaikuttaa lisäksi AMR-mittarin fyysinen sijainti suhteessa ohjattavaan järjestelmään, sekä olemassa olevat kaapelointireitit. Vanhemmissa automaatiojärjestelmissä, joissa joudutaan tekemään ohjelmallisia muutoksia, voi olla haasteellista löytää ohjelman muokkaamiseen tarvittavia ohjelmistoja ja dokumentteja sekä henkilöitä, jotka hallitsevat järjestelmän ohjelmoinnin. Nämä saattavat nostaa osaltaan asennusmuutosten kustannuksia. Olemassa olevissa kohteissa rajoituksen toteutettavuus riippuu paljon kohteen sähköverkon rakenteesta ja olemassa olevista ohjausmahdollisuuksista.

5.5.1.1 Kiinteistöautomaation ratkaisut

Kiinteistövalvonta-alakeskus (tunnus BACS tai VAK) on kiinteistöjärjestelmiä hallitseva keskus, jonka toimintaa voidaan hallita suoraan esimerkiksi PC:llä. VAK:in keskusyksikkö sisältää pienen PC-pohjaisen tietokoneen, kiinteistön hallintaan tarvittavan ohjelmiston ja I/O-kortin ohjauksia varten. I/O-kortteja voidaan asentaa lisäksi suoraan ohjattavien järjestelmien jakokeskusten yhteyteen.

VAK ohjaa monissa julkisissa ja suurissa kiinteistöissä (esimerkiksi koulut, urheilukeskukset, liikerakennukset yms.) valaistusta, lämmitystä, ilmanvaihtoa sekä muita siihen liitettyjä järjestelmiä. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä voi ohjata laitteita keskuksissa olevien kontaktorien avulla. Se voi myös olla yhteydessä laitteiden omiin älykkäisiin ohjausjärjestelmiin (esim. taajuusmuuttajat, valaistuksen ohjausjärjestelmä), jolloin tiedonsiirto voi olla kaksisuuntaista.



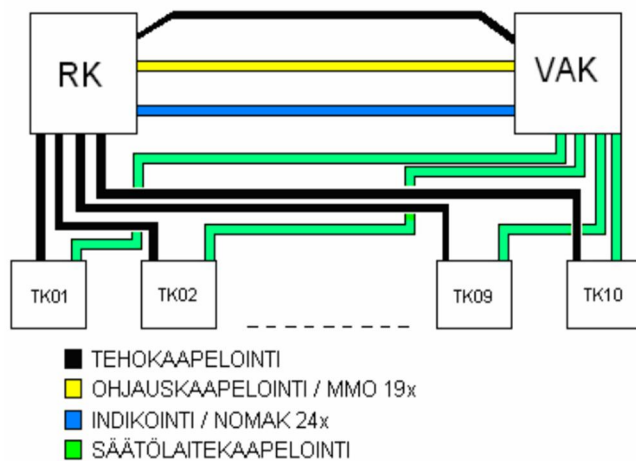
Kuva 5.32 Kiinteistöautomaation ohjausperiaate.

Asiakkaalle saapuva tehonpudotuskäsky voidaan tuoda suoraan VAK:iin, joka ohjaa osan järjestelmistä joko kokonaan pois käytöstä tai vastaavasti osateholle siihen saakka, kunnes tehonpudotuskäsky kumotaan. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä voi ohjata osaa tehoista

myös tarvittaessa takaisin päälle, mikäli jokin mitattava tekijä kuten lämpötila tai ilmanlaatu sitä vaatii.

5.5.1.2 Automaation keskitetty valvonta

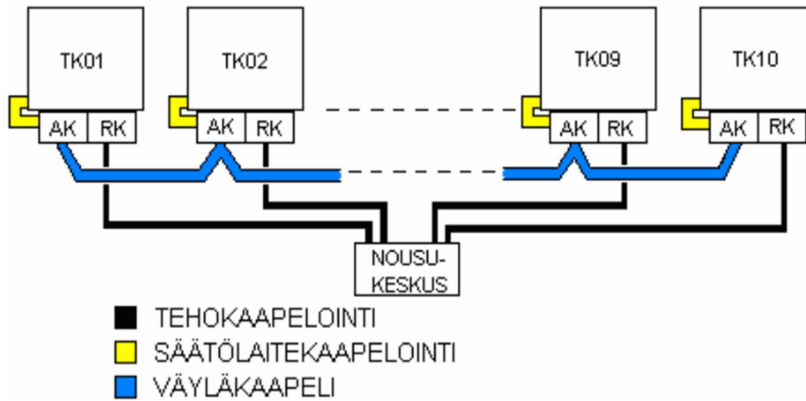
Perinteinen keskitetty automaatiojärjestelmä perustuu useisiin hierarkkisiin tasoihin, kuten valvomo-, alakeskus- tai kenttälaitetasoihin. Järjestelmäkokonaisuuksia, kuten useita ilmanvaihtokoneita, ohjataan keskitetyn alakeskuksen ohjaamana. Tämä lisää järjestelmän haavoittuvuutta, koska saman alakeskuksen ohjattavissa voi olla useita osajärjestelmiä. Keskitetty automaatio vaatii lisäksi raskaamman ryhmäkeskusten ja alakeskusten välisen kaapeloinnin. Kuvassa 5.33 on esitetty useiden ilmanvaihtokoneiden ohjaaminen keskitetysti alakeskustasolta ja järjestelmän vaatima kaapelointi.



Kuva 5.33 Keskitetyn järjestelmän rakenne (Kaivo, 2006)

5.5.1.3 Hajautettu automaatio

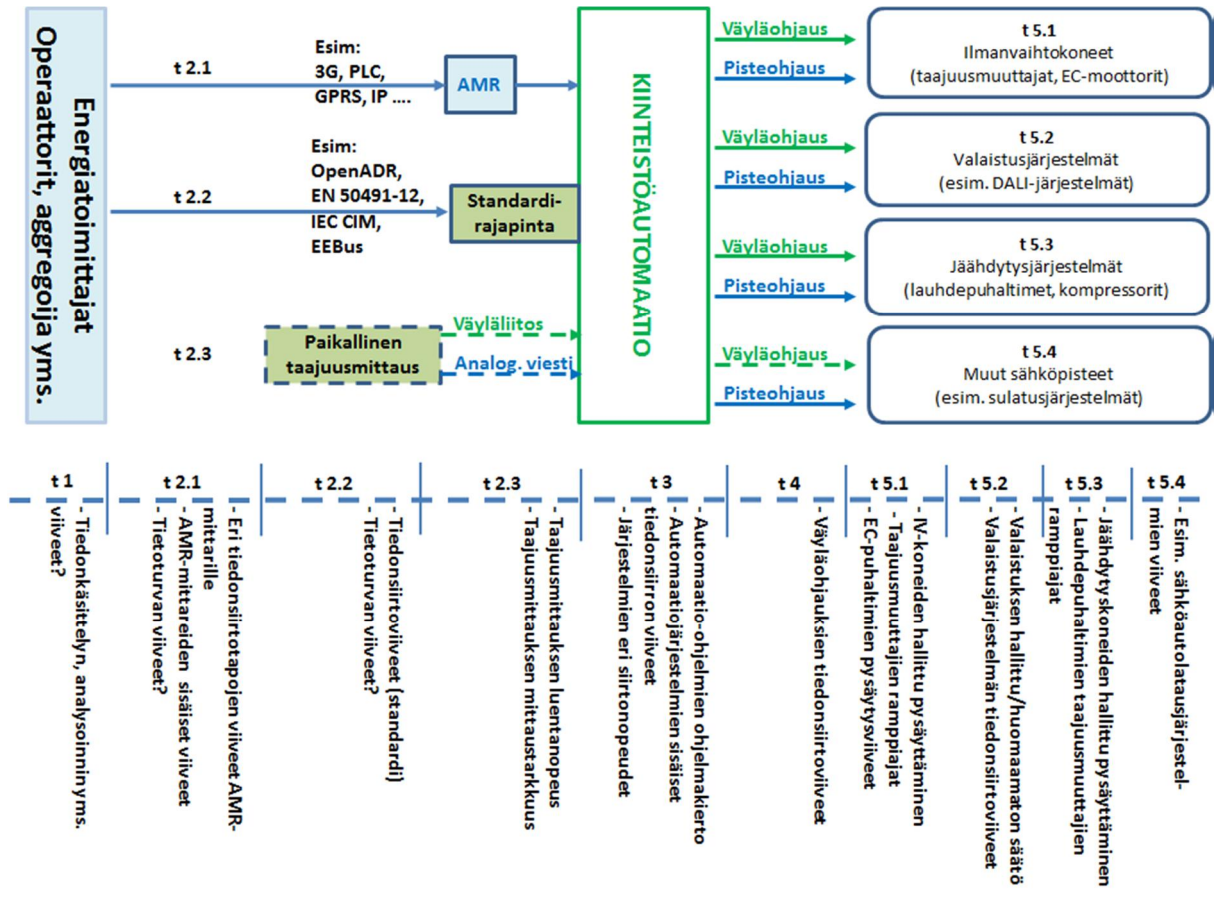
Kehityssuuntana kiinteistöautomaatiojärjestelmissä voidaan pitää sitä, että automaatio on yhä enemmän hajautettua. Niissä automaation kokonaisjärjestelmä on hajautettuna useisiin pienempiin osakokonaisuuksiin, esimerkiksi ilmanvaihtokone- tai ryhmäkeskuskohtaiseen automaatioon. Kuvassa 5.34 on esitetty hajautetun järjestelmän rakenne ilmanvaihtokoneiden ohjauksessa. Tällöin järjestelmän älykkyys on myös hajautettuna eri osakokonaisuuksiin. Kokonaisjärjestelmän toteuttaminen hajautetun automaation avulla on usein taloudellisempaa toteuttaa ja mahdollistaa esimerkiksi kuormien tarkempaa ohjaamista ryhmäkeskustasolla. Tämä mahdollistaa myös helpomman kuormakohtaisen sähkön mittauksen. Kysynnän jouston kannalta on kuitenkin huomioitava, että tällä tapaa toteutetussa järjestelmässä älykkyys ja sitä kautta myös mahdolliset kysynnän jouston ohjaustoiminnot tulee suunnitella kattaen koko järjestelmäkokonaisuus.



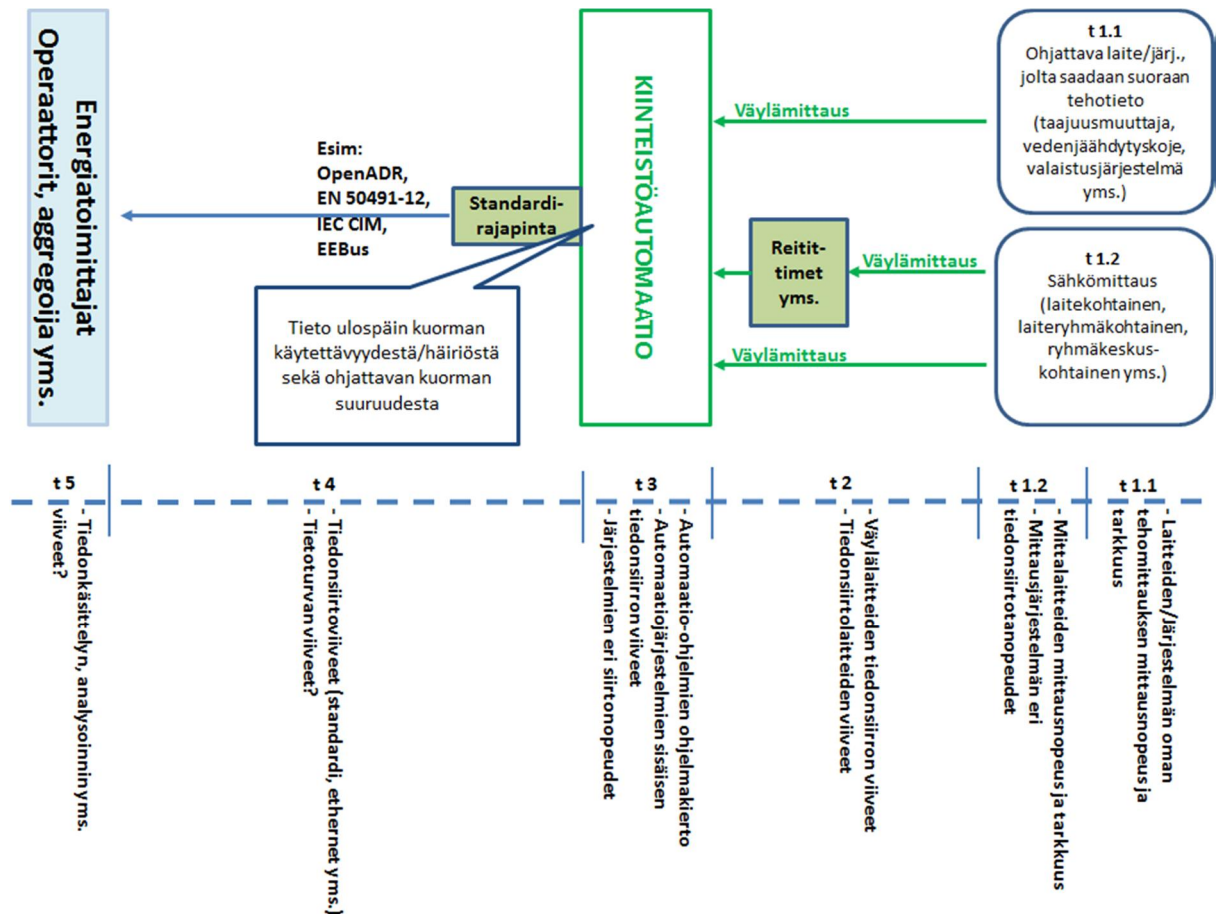
Kuva 5.34 Hajautetun järjestelmän rakenne (Kaivo, 2006)

5.5.2 Ajallinen käyttäytyminen

Jo pelkästään kiinteistön sisäisessä tiedonsiirrossa voi olla useita eri liitännärajoja. Tämä edellyttää esimerkiksi eri tiedonsiirtotapojen ja -protokollien integrointia. Ohjaukaskäskyjen nopeuteen vaikuttavia tekijöitä voi olla täten lukuisia. Jotta voidaan ymmärtää mahdolliset ohjauksiin vaikuttavat tekijät eri järjestelmien osalta, on tunnettava mitkä tekijät voivat viiveeseen vaikuttaa. Kuvassa 5.35 on esitetty erilaisia kysynnän jouston kuormanohjauksille automaatiojärjestelmän avulla toteutettuna. Vastaavasti kuvassa 5.36 on esitetty kuorman todentamiseen liittyvä tiedonsiirtoketju, joka koostuu myös useista eri osatekijöistä. Tällöin tiedonsiirtoviivettä kertyy myös kuorman todentamiseen liittyen.



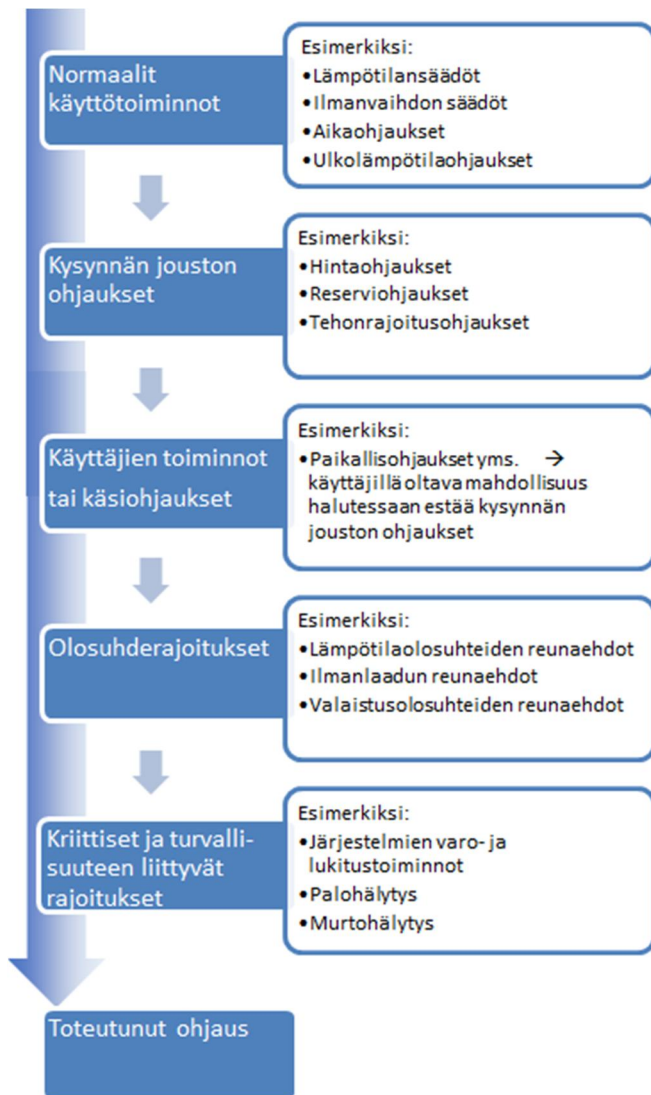
Kuva5.35 Automaation kuormanohjausmalli ja ohjauksetjun viiveeseen vaikuttavia tekijöitä



Kuva 5.36 Kuormanohjauspotentiaalın todentaminen ja tiedonkulun viiveeseen vaikuttavia tekijöitä

5.5.3 Toimintojen priorisointi

Toimintojen määrittelyssä ja automaatio-ohjelmoinnissa on tärkeää ottaa huomioon eri ohjaustoimintojen priorisointi. Kysynnän jouston ohjaukset ovat vain yksi osa kiinteistöjen sähkökuormien ohjaamisesta. Kuvassa 5.37 on esitetty malli millaisia eri ohjaustoimintoja kokonaisuus voi sisältää. On huomioitava, ettei esimerkiksi taloudellisen hyödyn tulisi asettua olosuhteiden edelle tai että kiinteistöjen turvallisuuteen liittyvien toimintojen tulee asettua prioriteettina aina muiden ohjaustoimintojen yläpuolelle. Tiedot kysynnän joustoon liittyvät ohjaukset, kuten sähköverkon häiriötilanteiden välttäminen, voidaan kuitenkin määrittellä ohjautuvan lyhytaikaisesti esimerkiksi olosuhteiden edelle. Tämä edellyttää tarkempaa ja laajempaa määrittelyä kysynnän jouston ohjauksille.



Kuva 5.37 Automaatio-ohjausten priorisointi

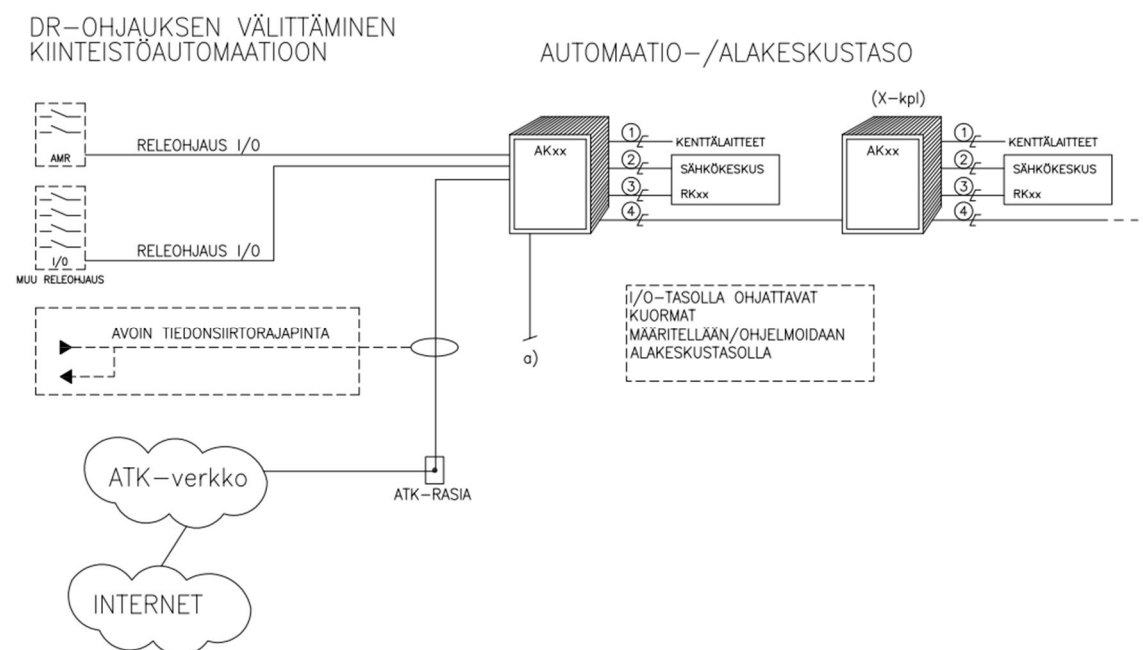
5.5.4 Kuorman todentaminen

Kysynnän jousto asettaa uudenlaisia tarpeita ja vaatimuksia myös sähkön mittaamiseen. Perinteisen energiamittauksen lisäksi on tarve mitata ja tietää kuormien käyttämä reaaliaikainen teho. Perinteisesti mittaukset on voitu toteuttaa esimerkiksi pulssimittauksin, mutta reaaliaikaisuus edellyttää mittausjärjestelmiltä sekuntiluokan mittaustajuuutta. Tämä on mahdollista käytännössä vain väyläpohjaiseen tiedonsiirtoon perustuvilla mittauksilla. Mittausjärjestelmät tulisi lisäksi toteuttaa siten, että mittaustieto on mahdollista välittää esimerkiksi kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta kysynnän jouston palveluntarjoajalle. Mittauksien avulla on mahdollista todentaa muun muassa käytettävissä oleva kuormapotentiaali, kuorman ohjauksen toteutuminen ja toteutuneen tehon pudotuksen suuruus esimerkiksi laskutukseen.

Kysynnän jouston kannalta tarvitaan joko laite- tai järjestelmäkohtaista mittausta. Laitteilta, kuten taajuusmuuttajilta tai jäähdytyskoneilta, voidaan jo nyt saada esimerkiksi väyläliittynän kautta reaaliaikaista tehotietoa. Ryhmäkeskustason ohjaukset vaativat usein erillisen mittauksen toteuttamista. Hajautettu ryhmäkeskuskohtainen automaatio mahdollistaa edullisen ryhmäkohtaisen mittauksen. Järjestelmien integraatio mahdollistaa laajamittaisemman ja edullisen mittauskokonaisuuden toteuttamisen.

5.6 Esimerkki liike-, toimisto- ja opetusrakennusten kiinteistöautomaatiojärjestelmästä

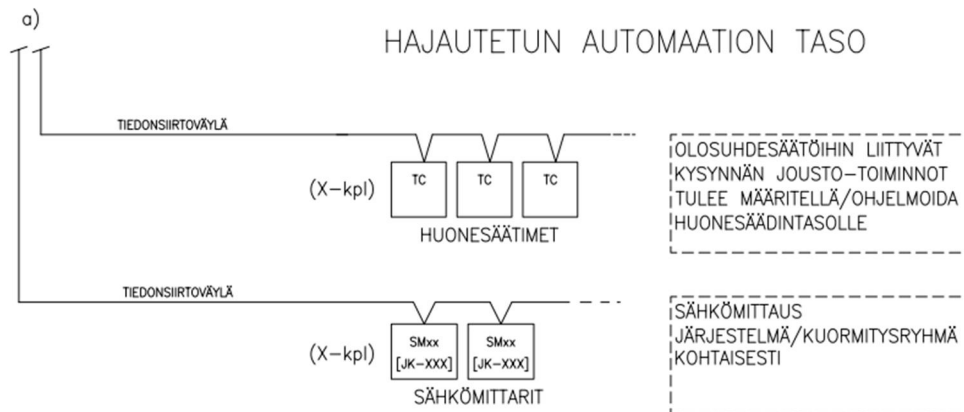
Erillisillä valvonta-alakeskuksilla toteutetussa ratkaisussa (perinteinen ratkaisu), toiminnalliset ohjaukset toteutetaan alakeskustason ohjelmoinnissa. Tarvittavat ohjaukset toteutetaan I/O -tasolla. Kuvassa 5.38 on esitetty järjestelmäkaaviorakenne alakeskustason automaatiosta sekä mahdolliset ulkoiset liittynät kysynnän jouston kannalta. Yksinkertaisimmillaan kysynnän jouston ohjaukset voidaan tuoda automaatiojärjestelmään reletietona. Kuormaseuranta on toteutettava joka tapauksessa jotain muuta tiedonsiirtoyhteyttä pitkin. Avoin rajapinta mahdollistaisi niin monipuolisten ohjausten kuin kuormien seurannan.



Kuva5.38 Kiinteistöautomaatiojärjestelmän liittynät kysynnän jouston kannalta.

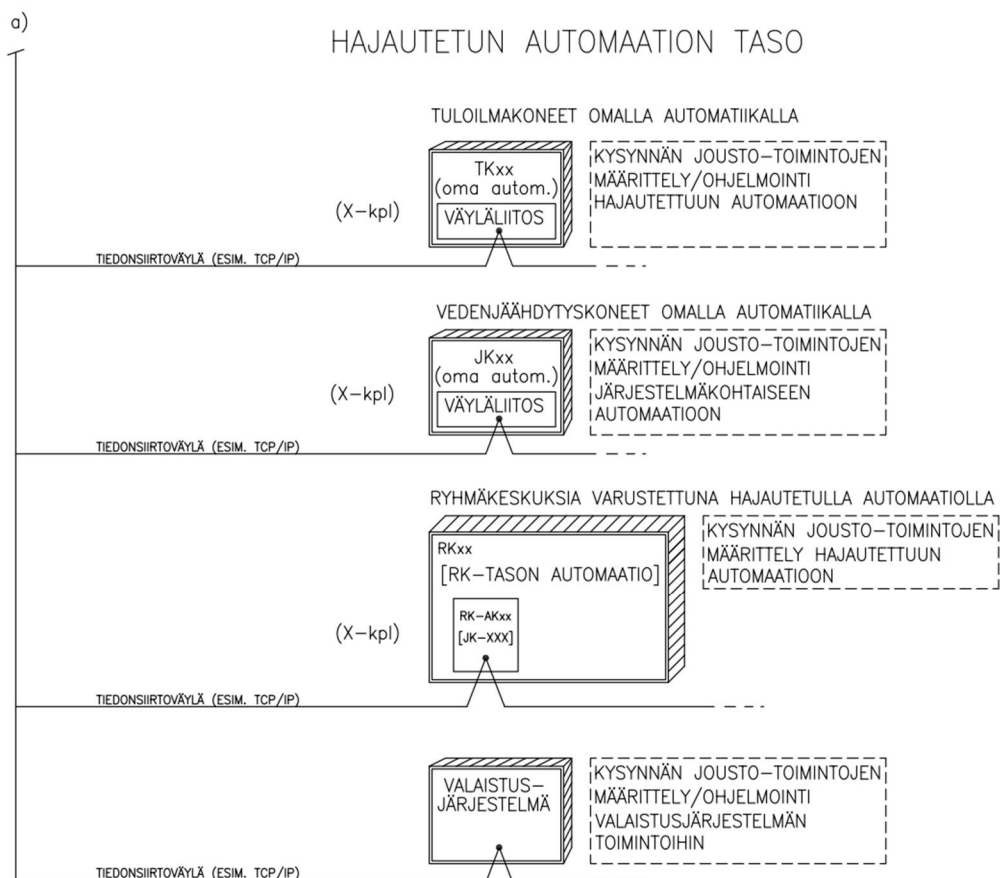
Monipuolisten kysynnän jousto ohjausten toteuttaminen edellyttää myös olosuhteiden ja kuormien seuranta. Tilakohtaiset säädöt ja olosuhdeseurannat voidaan toteuttaa hajautusti huonesäätimillä. Väyläliitännät mahdollistavat reaaliaikaisen kuormaryhmä-

kohtaisen tehon mittaamisen. 5.39 on kuvattu automaatiojärjestelmän rakennetta huonesäätimien ja sähkömittausten osalta.



Kuva 5.39 Hajautettu automaatio: huonesäätimet ja sähkömittaus.

Automaatiojärjestelmien integroitavuus ja automaation älykkyyden hajauttaminen mahdollistaa monipuolisten kysynnän jousto-ohjausten toteuttamisen. Haasteena on, että älykkyys ja ohjelmalliset toiminnallisuudet on hajautettuna laite- tai järjestelmäkohtaiseen automaatioon.



Kuva 5.40 Automaation älykkyys voi olla hajautettuna laite- tai järjestelmäkohtaisessa automaatiossa.

5.7 *Suunnitteluratkaisujen riskien hallinta*

Kysynnän jouston edellyttämien kuormanohjausratkaisut edellyttävät että sen tarpeet ja vaikutukset otetaan huomioon koko suunnitteluprosessin ajan. Riskien arviointi on osa tätä suunnittelutyötä. Suunnittelun tavoitteet tulee myös olla todennettuna suunnitteludokumenteissa siten, että toteutus- ja käyttöönottovaiheessa ne tulee toteutettua suunnitellulla tavalla.

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon sekä sähköenergiajärjestelmiin liittyvät turvallisuusvaatimukset että kiinteistöautomaatioon ja ohjauksiin liittyvät vaatimukset. Tähän tarvitaan arviointimalleja ja toimintatapojen kehittämistä.

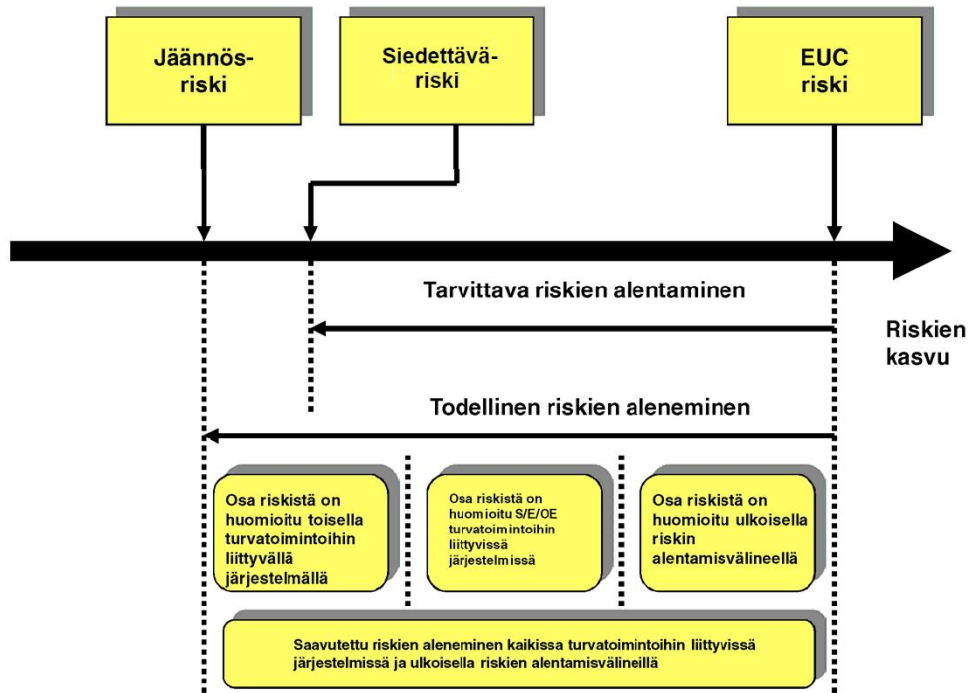
5.7.1 **Toiminnalliset turvallisuusvaatimukset elektroniikka-, ohjaus- ja rakennusautomaatiojärjestelmille**

Standardissa SFS-EN 50491-4-1:2012 on yleiset vaatimukset toiminnalliselle turvallisuudelle kotien ja rakennuksien elektroniikanjärjestelmille (HBES) sekä rakennusautomaatio ja ohjausjärjestelmille (BACS). Standardi asettaa toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset HBES/BACS -tuotteille ja järjestelmille monisovellusväyläjärjestelmässä, missä toiminnot on hajautettu ja linkitetty yhteisen kommunikaatioprosessin kautta. Vaatimukset pätevät myös koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmään kytkettyjen laitteiden hajautetuille toiminnoille, jos laitteelle tai järjestelmälle ei ole olemassa soveltuvaa toiminnallisen turvallisuuden standardia. (SFS-EN 50491-4-1:2012, s.8)

Asuinrakennukset ja vastaavien ympäristöjen palvelut tarvitsevat useita erityyppisiä elektroniikkalaitteita. Kun nämä laitteet yhdistetään toisiinsa digitaalisen siirtoverkon kautta, tätä järjestelmää kutsutaan kotien ja rakennusten elektroniseksi järjestelmäksi (kotiautomaatiojärjestelmä) (HBES) tai rakennusautomaatio ja ohjausjärjestelmäksi (BACS). (SFS-EN 50491-4-1:2012 s.6) Esimerkiksi HBES/BACS -sovelluksia ovat valaistuksen, lämmityksen, vedenkulutuksen, paloilmoitusten, varjostimien ja erilaisten turvallisuussovellusten hallinta, jne. (SFS-EN 50491-4-1:2012 s.6)

HBES/BACS -verkko voi rakentua erilaisista kommunikaation siirtomediaista kuten, tiedon-siirto-sähköverkossa (PLC), parikaapeli, koaksiaalikaapeli, radiotaajuus tai infrapunayhteys. Verkko voi olla kytkettynä ulkoisiin verkkoihin kuten puhelinverkko, laajakaistaverkko, kaapelitelevisioverkko, sähköjakeluverkko tai ilmoituksensiirtojärjestelmä. (SFS-EN 50491-4-1:2012 s.6)

Standardilla tunnistetaan tuotteisiin ja niiden asennuksiin liittyvät toiminnallisen turvallisuuden asiat. Vaatimukset perustuvat standardin EN 61508 mukaiseen riskianalyysiin. Tämän eurooppalaisen standardin tarkoitus on kohdentaa niin pitkälle kuin mahdollista kaikki toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset HBES/BACS -tuotteille niiden koko elinkaaren aikana. Kuvassa 5.41 on esitetty yleinen periaate riskin alentamiseksi.



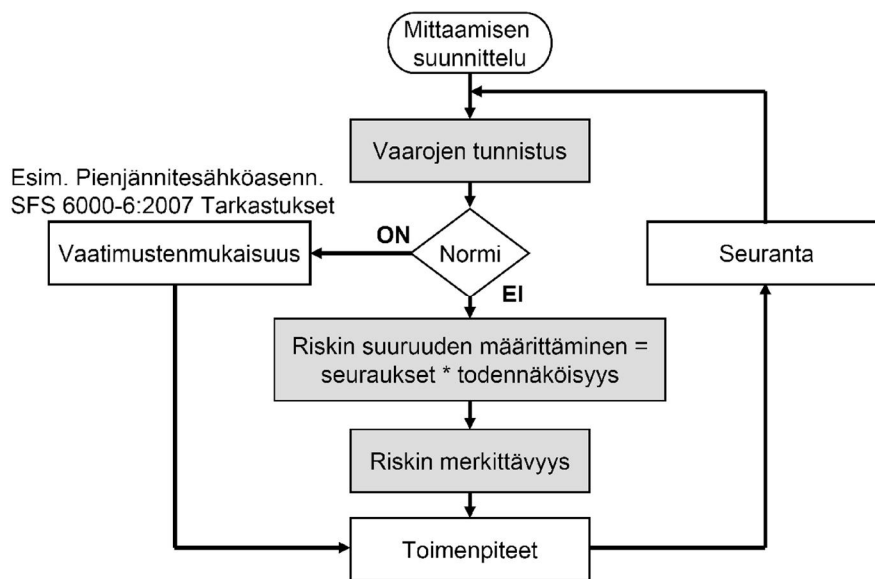
Kuva 5.41 Yleinen periaate riskin alentamiseen.

Tässä eurooppalaisessa standardissa HBES/BACS -järjestelmät ja -tuotteet ovat ei-turvatoimintojen suorittamiseen liittyviä sovelluksia. Turvatoimintoihin liittyvät HBES/BACS lisävaatimukset kuvataan standardin EN 61508 sisältöä soveltaen standardisarjan EN 50491 osassa 4-2. (SFS-EN 50491-4-1:2012 s.6)

5.7.2 Vaarojen ja riskien arviointi

Sovellussuunnittelun pitää perustua vaarojen ja riskien arviointiin. Teknisten järjestelmien turvallisuuden mittaamisella tarkoitetaan mm. riskinarviointeja ja laitteiden teknisiin ominaisuuksiin keskittyviä tarkastuksia (kuva 5.42).

Tarkastus on keskeinen vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyistä, muita ovat näytteenotto ja testaus, todentaminen ja vaatimustenmukaisuuden varmistaminen (valmistajan selvitys, sertifiointi). Vaatimustenmukaisuuden arviointiin liittyvät vaatimukset esitetään standardissa tai erillisessä asiakirjassa, johon standardissa viitataan. Vaatimukset määritellään ilmoittamalla vaaditut raja-arvot ja sallitut mittapoikkeamat sekä testausmenetelmät.



Kuva 5.42 Teknisten järjestelmien turvallisuuden mittaaminen – tarkastaminen tai/tai riskin arviointi.

Kun vaarat on tunnistettu, arvioidaan niiden aiheuttamat riskit. Riskin suuruutta määrittäessä otetaan huomioon tapahtuman seuraukset ja todennäköisyys, jolla vaara realisoituu. Riskin suuruus voidaan esittää numeerisesti tai sanallisesti esimerkiksi taulukon 5.14. mukaisesti (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14 2003, s. 3).

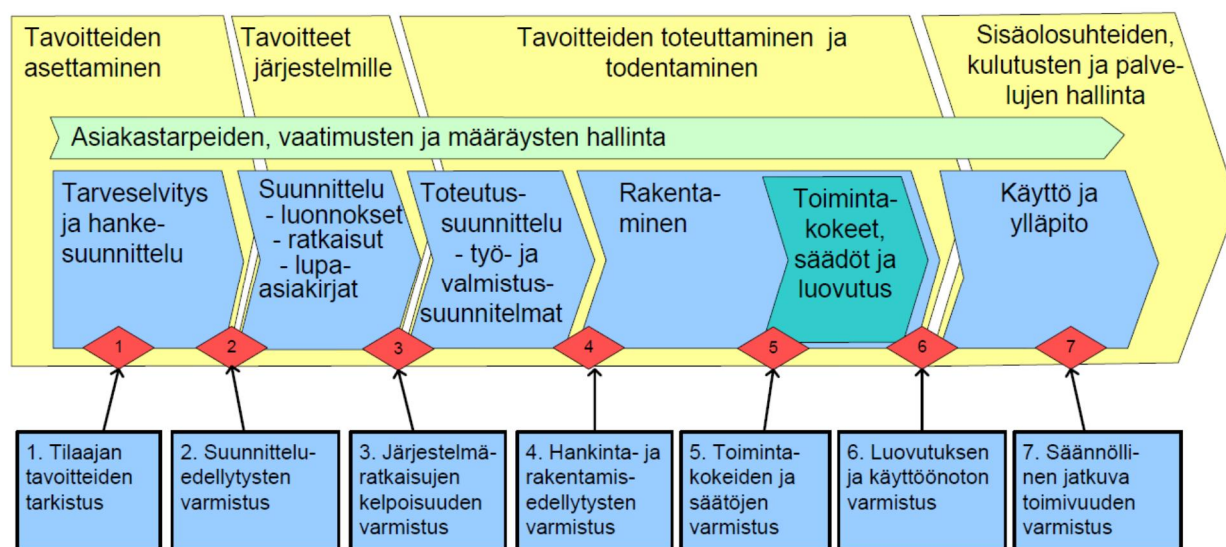
Taulukko 5.14 Arviointitaulukko riskin suuruuden määrittämiseksi (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14/ 2003 mukattu).

Esiintyminen	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	Merkityksetön riski (1)	Vähäinen (2)	Kohtalainen riski (3)
Mahdollinen	Vähäinen (2)	Kohtalainen riski (3)	Merkittävä riski (4)
Todennäköinen	Kohtalainen riski (3)	Merkittävä riski (4)	Sietämätön riski (5)

Taulukon avulla voidaan arvioida riskin suuruutta ja priorisoida toimenpiteiden tärkeysjärjestystä. Normistoa tehdessä on arvioitu riskejä ja riskien alentamiseen tarvittavia toimenpiteitä. Yleisesti voidaan ajatella, että normiston asettama riskitaso ylittyy (taulukon harmaa alue), kun riski kasvaa kohtalaiseksi tai sitä suuremmaksi. Kun riskin enimmäistaso ylitetään, on ryhdyttävä toimenpiteisiin. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 14 2003, s. 3) Toimenpiteet riskien hallitsemiseksi ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi aloitetaan suurimmiksi arvioiduista riskeistä. Merkittäviä riskejä ovat mm. laitteen pettämisen tai vioittumisen aiheuttama tulipalovaara, josta on seurauksena merkittävät vahingot. Sietämättömiä riskejä ovat esim. laitteen käyttöön liittyvä toistuva tai jatkuva vaara, josta on vakavat seuraukset. (TUKES-tiedote 8/2001, s. 3) Teknisten järjestelmien riskien arvioinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi komponenttien tai osajärjestelmien vikataajuuksia sekä käyttäjien käyttökokemuksia (Kopen & Top 1996, Henttosen 2000 mukaan, s. 25).

5.7.3 Suunnitteluratkaisujen kehittäminen

Rakennuksen toimivuuden varmistamisen ToVa-käsikirjassa esitetään menetelmiä ja menettelytapoja rakennusten sisäolosuhteiden ja energiatehokkuuden varmistamiseen. Rakennusta tarkastellaan kokonaisuutena ja järjestelminä, joita ovat koko rakennus, tilat, vaippa, ilmastointi ja jäähdytys, lämmitys, valaistus, vesi ja viemäri, sähkönjakelu ja automaatio. Lisäksi tarkastellaan eri järjestelmien välisen integraation hallintaa. (VTT Tiedotteita 2413, s.173) Kuvassa 5.43 on esitetty rakennusprosessi rakennuksen toimivuuden varmistamisen kannalta.



Kuva 5.43 . ToVa-systematiikan prosessikuvauksen päätaso.(VTT Tiedotteita 2413, s.173)

Kuva 5.43 ToVa-systematiikan prosessikuvauksen keskellä sinisellä kuvataan hankkeen eteneminen joissa yhtenä tehtävänä on vaaran ja riskien arviointi. Vaaran ja riskien arviointi tulee tehdä koko projektin aikana hankesuunnittelusta käyttöönottoon sekä käytön ja ylläpidon aikana. Punaiset salmiakit ovat kriittisiä pisteitä, joissa edellytykset hankkeen hallitulle etenemiselle tulee varmistaa. Kuvan alalaidassa esitetään toimivuuden varmistamisen keskeiset alueet.(VTT Tiedotteita 2413)

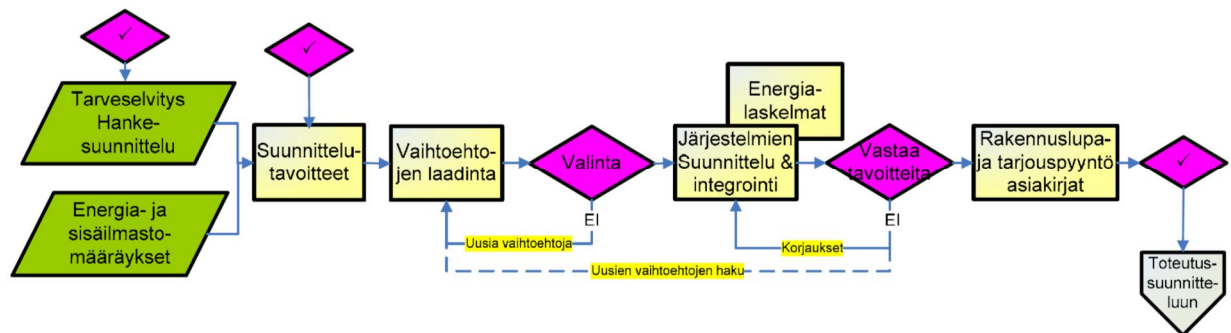
Valmiita yksinkertaisia, mutta tehokkaita laadullisia riskinarviointityökaluja eri käyttötarkoituksiin on mm. VTT riskianalyysit verkkosivuilla otsikon Vaarojen tunnistamismenetelmät alla – liikkeelle voi lähteä Potentiaalisten ongelmien analyysillä (POA).

Potentiaalisten ongelmien analyysi (POA) on menetelmä, jonka avulla voidaan nopeasti tutkia järjestelmään liittyviä vaaroja. Tarkastelussa ei etukäteen rajata mitään ongelmatyyppiä analyysin ulkopuolelle. Tämän vuoksi menetelmällä on mahdollista tunnistaa erityyppisiä ja

tasoisia ongelmia. Menetelmä ei kuitenkaan kata ongelma-alueita järjestelmällisesti, joten se soveltuu parhaiten järjestelmiin liittyvien vaarojen kartoitukseen.

Kaikkiin vaarojen tunnistamismenetelmiin voi liittää myös riskin määrittelyn karkealla tasolla. Kun vaaran syyt on tunnistettu ja seuraukset arvioitu, voidaan kyseisen riskin suuruus määrittellä. Riskin suuruuteen vaikuttavat tapahtuman todennäköisyys ja seurausten vakavuus. Yksinkertainen karkea luokittelu on usein helpompi laatia ja antaa hyvän kuvan eri riskien keskinäisistä eroista.

Hankesuunnittelun jälkeen suunnitteluvaiheessa laaditaan vaihtoehtoisia ratkaisuja ja valitaan vaihtoehdoista lopulliset suunnitteluratkaisut ja niitä kuvaavat suunnitelmat. Suunnitteluratkaisujen kehittäminen, arviointi ja hyväksyntä on esitetty kuvassa 5.44 (VTT Tiedotteita 2413)



Kuva 5.44 Suunnitteluratkaisujen kehittäminen, arviointi ja hyväksyntä. (VTT Tiedotteita 2413)

Suunnitteluvaiheen aikana kun suunnitteluratkaisuja kehitellään, voidaan käyttää poikkeamatarkastelua. Poikkeamatarkastelun pohjana käytetään mm. järjestelmäkaavioita, säätökaavioita, sijoituspiirustuksia, teknisiä erittelyjä sekä käyttö- ja toimintaohjeita. Tarkastelua varten järjestelmä jaetaan toiminnallisiin kokonaisuuksiin mm. ilmaston vaikutusalueisiin. Poikkeamatarkastelussa järjestelmän osassa tutkitaan tilanteita, joissa toimintasuureita muutetaan normaaliarvoistaan – esimerkiksi ilmanvaihtoa pienennetään (m³/s), valaistusvoimakkuutta alennetaan (lx). Tarkastelu perustuu avainsanoihin kuten vähemmän (alempi lämpötila, pienempi virtaus) tai enemmän (korkeampi lämpötila, suurempi virtaus). Sovellettu poikkeamatarkastelun työkalu on esitelty Liitteessä X.

5.8 Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

Kysynnän jouston toteuttaminen edellyttää, että kiinteistöjen sähköjärjestelmien, sekä sähköenergiajärjestelmän että kiinteistöautomaatiojärjestelmän tai muiden ohjausjärjestelmien, ratkaisussa ja laitevalinnoissa on kuorman ohjauksen tarve otettu huomioon. Olemassa

olevissa asuinrakennuksissa ei, sähkölämmityksen ohjauskytkentää lukuunottamatta, ole yleisesti valmiina ohjauksen edellyttämiä asennuksia. Muissa kiinteistöissä kiinteistöautomaatiojärjestelmän mahdollisuudet ovat kohdekohtaisia. Uusissa kohteissa ohjaus, automaatio ja ”älykkyys” ovat lisääntymässä ja niissä olisi rakentamisen yhteydessä hyvät mahdollisuudet varautua kysynnän jouston tarpeisiin. Olennaista on, että kiinteistöjen suunnittelussa on riittävän varhaisessa vaiheessa mukana automaation asiantuntemus sekä, että i taloteknisessä kokonaissuunnittelussa on yhtenä tarkastelunäkökulmana sähkötehot ja eri laitteiden tai ratkaisujen ohjattavuus.

Laitteiden ja järjestelmien älykkyuden, kiinteistöautomaation ja integraation lisääntyminen aiheuttaa uudentyypisiä turvallisuus- ja toiminnallisuushaasteita, jotka vaativat yleisten ohjeistusten ja tarkastustoiminnan kehittämistä. Näissä on otettava huomioon myös tietoturvariskit.

AMR-mittaripohjaiset tai muulla reletiedolla toteutetut ohjaukset mahdollistavat vain yksisuuntaisen ohjauksen. Kaksisuuntainen ohjaus, jossa kiinteistö pystyy välittämään tiedon ohjattavissa olevasta tehosta, vaatii vakioidut, kansallisesti määritetyt tiedonsiirtorajapinnat.

Kysynnän jouston edellyttämät toimenpiteet ovat pääosin poliittisia tai taloudellisia ja edellyttävät yhteisten perusratkaisujen ja yhteisten tavoitteiden määrittelyä. Teknisesti ohjauspotentiaalia olisi kiinteistöissä jo merkittävästi olemassa ja jokaisessa uudessa tai peruskorjattavassa kiinteistössä sitä syntyy lisää.

5.8.1 Toimenpide-ehdotukset asuinrakennuksille

Kysynnän jouston mahdollistaminen asuinrakennuksissa edellyttäviä toimenpiteitä ovat:

- Kiinteistöjen sähköjärjestelmät tulee suunnitella niin uudis- kuin korjausrakentamisessa
 - Sähköjärjestelmien suunnittelulle tulee asettaa samantasoiset vaatimukset kuin muille erityisjärjestelmille, kuten LVI-järjestelmille, on asetettu
 - Sähköjärjestelmien suunnittelulle tulee asettaa yleiset tekniset tavoitteet, joiden osana on varautuminen kysynnän jouston tarpeisiin (esimerkiksi kiinteistön LVI-järjestelmille on laajat ominaisuusmäärittelyt rakentamismääräyskokoelmassa.)
- AMR-mittarin tai muun ohjaustiedon hyödyntämismahdollisuus
 - uusiin mittauskeskuksiin sijoitetaan sinetöidyn osan ulkopuolelle riviliittimet, joihin AMR-mittareiden ohjausreleet johdotetaan
 - SLY-kytkentäisissä keskuksissa lisätään puuttuvat johdotukset AMR-mittareiden ohjausreleiltä riviliittimille mittarihuollon tai -vaihdon yhteydessä

- Laitteistoryhmitys tehdään ottaen huomioon kuormanohjaustarpeet
 - uudiskohteissa tai peruskorjattavissa kohteissa kiinteistön sähköasennukset ryhmitetään ohjauspotentiaalin mukaisesti. Tämä edellyttää sekä säädös- tai ohjepohjaa esim. rakentamismääräyksissä että yhteisiä malleja esim. ST-kortistossa.
 - suuritehoisille laitteille, joissa on valmiuksia Smart Grid-toimintoihin, kuten lämpöpumput, asennetaan johdotukset keskuksilta ohjaustietoa varten. Tämä edellyttää sekä säädös- tai ohjepohjaa esim. rakentamismääräyksissä sekä yhteisiä malleja esim. ST-kortistossa.
- Asuinrakennusten kuormituksen ryhmittelyille tulee luoda yhteisiä periaateratkaisuja alan ohjeistoihin
- Pientalojen sähköjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen tulee luoda ohjaustoimia
 - suunnitelmien vaatimusten puuttuminen aiheuttaa suunnittelun aliarvostusta eikä suunnitteluun panosteta riittävästi
 - pienkohteissa ei vaadita kolmannen osapuolen varmennustarkastusta eikä tilaajat yleisesti osaa vaatia asennusten tekijöiltä riittävää dokumentaatiota
- Automaation tarkastustoimintaa ja ohjeistusta tulee kehittää siten, että saadaan turvallisuuden liittyvät seikat selkeästi määräysten piiriin, esimerkiksi:
 - etäohjattujen pistorasioiden paikallinen palautus käyttöön
 - kiukaan etäohjaus selkeytettävä vaaratilanteiden eliminoimiseksi
 - liesien ohjaus standardissa SFS-EN 50491-4-1 mukaiseksi.

5.8.2 Toimenpide-ehdotukset toimi- ja palvelurakennuksille

Kysynnän jouston hyödyntäminen edellyttää uusissa toimi- ja palvelurakennuksissa:

- Ohjaustarpeiden määrittely on kohteen suunnittelussa mukana hankesuunnitteluvaiheesta lähtien. Tämä edellyttää automaation asiantuntemuksen mukanaoloa varhaisessa vaiheessa hanketta.
- Suunnittelussa tulee selvittää ohjausten rajapinnat ja eri toimijoiden vastuutus.
 - Järjestelmän suunnittelussa tulee tehdä kysynnän jouston edellyttämät toimintakuvaukset, joita tarvitaan toimintaselostusten ja sähkösuunnittelun perustaksi. Määritettäviä asioita ovat mm.:kuormatyypitys, soveltuvuus, ohjattavuus jne.
 - priorisointi; esim. käyttäjän valinnan mahdollisuus/rajaus/käsiohjaus/olosuhteet/kriittiset toiminnot
 - automaatiojärjestelmän minimivaatimukset kysynnän jouston kannalta
 - edellytyksenä vähintään standardin EN-SFS 15232 Rakennusautomaation energiatehokkuusluokituksen B-tason luokitus automaatiolle

- liitettävyys ylempään automaatiojärjestelmään (esim. CIM)
- vaatimukset tietoturvalle
- Laiteryhmittelyssä kuormat ryhmitetään ohjauspotentialin mukaisesti
- Toteutetaan laiteryhmäkohtainen reaaliaikainen mittaus, jotta saadaan tehotiedon takaisinkytkentä

6 Kysynnän jouston vaikutukset jakeluverkkoyhtiöille

Kysynnän joustossa sähkökäyttäjät muokkaavat sähkökäyttöään erilaisten insentiivien perusteella, mikä väistämättä vaikuttaa myös sähköverkon kuormituksiin. Sähkökäyttäjän kuormitusten ohjaus voi tapahtua sähkömyyjän tai verkkoyhtiön toimesta, tai asiakkaan omina toimenpiteitä.

Kysynnän jouston vaikutuksia sähköjakeluverkkoon tutkimusprojektissa tarkasteltiin erään suomalaisen verkkoyhtiön verkkoalueella, jossa on 457 km keskijänniteverkkoa, 793 km pienjänniteverkkoa, 469 jakelumuuntajaa ja 5624 sähköliittymää, joihin liittyviltä 7612 asiakkaalta oli käytettävissä AMR-mittaukset aikaväliltä 10.6.2010–31.10.2012. AMR-mittaukset ja verkkotiedot yhdistettiin Matlab-simulointimalliksi. Tarkastellun alueen asiakastiheys (verkkopituus / asiakas) on 164 m/as, kun kaikkien suomalaisten jakeluverkkoyhtiöiden mediaani on 157 m/as. Tarkasteltavassa verkossa asiakkaita liittymää kohden on 1,35 kpl, kun koko maan tasolla mediaani on 1,41. PJ-verkkopituuden suhde KJ-verkkopituuteen on tarkasteltavalla verkkoalueella 1,74, ja koko maassa 1,97. Jakelumuuntajia puolestaan on 1,03 keskijännitejohtokilometriä kohden, kaikkien yhtiöiden mediaanin ollessa 1,01. Näiden tunnuslukujen valossa tarkasteltu verkkoalue edustaa kohtalaisen hyvin keskimääräistä suomalaista jakeluverkkoa.

Kysynnän jouston vaikutusten lisäksi simulointien avulla tarkasteltiin myös erilaisten uusien kuormien (verkosta ladattavat sähköautot ja maalämpöpumput) ja asiakkaan oman pientuotannon vaikutuksia sähköjakeluverkon kuormittumiseen. Kysynnän jouston vaikutuksia tarkasteltiin toisaalta sähkömyyjän tekemien ohjausten näkökulmasta sekä toisaalta asiakkaan omien toimenpiteiden kannalta, kun asiakas minimoi spot-hinta pohjaisen energiahinnan kustannuksia, uusien tehokomponentin sisältävien siirtotariffien kustannuksia tai näiden yhdistelmää. Tehokomponentin sisältävät siirtotariffit kannustavat sähkökäyttäjää alentamaan huipputehojaan, mikä mahdollistaa sähköverkon käyttöasteen kasvattamisen ja mitoitusten pienentämisen tulevaisuudessa. Lisäksi tarkasteltiin esimerkinomaisesti kysynnän jouston hyödyntämistä verkkoyhtiön omassa toiminnassa vikatilanteessa tarvittavan varasyöttöyhteyden tai sen kapasiteetin lisäämisen korvaamisessa.

Tässä luvussa esitetään lähinnä simuloitujen kuormanohjaustoimenpiteiden vaikutuksia sähköjakeluverkkoon. Luvussa 7 on lisäksi tarkasteltu kysynnän joustoa verkkoliiketoiminnan valvonnan kehittämisen näkökulmasta.

6.1 *Myyjän tekemien ohjausten vaikutus jakeluverkkoon*

Sähkönmyyjän tekemien kuormanohjausten taloudellista potentiaalia on tarkasteltu raportin aikaisemmissa luvuissa. Tässä osiossa tarkastellaan minkälaisia vaikutuksia myyjän tekemillä ohjauksilla voi olla sähkönjakeluverkkoon. Sähkönmyyjä voi osallistua kysynnän joustossa eri markkinoille, joita ovat SPOT-, säätö-, reservi- ja tasemarkkinat. Näillä markkinoilla on eroavaisuuksia, jolloin kuormienohjausten vaikutukset sähköverkkoon tulee tarkastella erikseen jokaisella markkinalla. Myyjän tekemien ohjausten vaikutusta jakeluverkkoon on mallinnettu ja simuloitu AMR datan perusteella.

Jakeluverkon kuormat muuttuvat tavanomaiseen kuormitustilanteeseen verrattuna, mikäli asiakkaiden kuormia ohjailaan. Verkkotarkasteluja varten tarvitaan tietoa kuormienohjauksien tunnittaisista ajankohdista, ohjattavista asiakkaista ja heidän maantieteellisestä sijainnista verkkoalueella ja ohjattavien kuormien suuruudesta. AMR mittaukset mahdollistavat tuntitason tarkkuudella tehtävien kuormitusmuutosanalyysien tekemisen, minkä avulla voidaan tutkia kuormanohjauksien verkostovaikutuksia. Analyysit ovat simuloiteja ja ne on mallinnettu jälkikäteen.

Myyjä voi tehdä ohjauksia kysynnän jousto markkinoilla, mikä aiheuttaa ohjattavissa kuormissa muutoksia. Jos myyjä tekee ohjauksia tuntimarkkinoilla, tapahtuu muutoksia kuormissa eri tuntien välillä. Kuormat voivat olla päältä pois ohjattavaa kuormaa, jotka palautuvat päälle seuraavilla tunneilla. Kuormat voivat olla myös päälle ohjattavia kuormia, jotka ohjataan pois päältä haluttuna ajankohtana. Kuormaa pois ohjattaessa, ohjauksen takaisin päälle kytkentä voi aiheuttaa ns. jälkihuipun. Jälkihuippu syntyy jos pois ohjattu energiamäärä siirtyy seuraaville tunneille kuormien palautuessa päälle. Kuormituksen jälkihuippu voi ilmetä esimerkiksi suoran sähkölämmityksen ohjauksessa. Kaikista kuormista ei välttämättä aiheudu jälkihuippua. Tällaisia kuormia voivat olla esimerkiksi valaistuskuormat. Nämä kuormat ovat verkon kannalta suotavampia, koska näin välttyään etukäteen tuntemattomilta tai uusilta kuormituspiikeiltä.

Lähtökohtana kuormien ohjauksille on, että myyjä tekee suunnitelman kuormien ohjauksista eli niin kutsutun ohjausekvenssin. Ohjausekvenssi pohjautuu operoitavan markkinan tuntimarkkinahintoihin ja niiden hintaeroihin. Kuormienohjausanalyyseissä myyjällä on joukko asiakkaita, joiden sähkökuormia myyjä ohjaa oman liiketoimintansa näkökulmasta. Laskelmissa asiakkaiden ohjattavina kuormina on käytetty suoraa sähkölämmityskuormaa. Verkko vaikutuslaskelmissa ja simuloinneissa on oletettu, että myyjä tekee ohjauksia tuntitasolla, jolloin kuorma ohjataan pois yhdeltä tunnilta ja kuorma palautuu takaisin päälle seuraavalla

tunnilla. Tämä oletus ei täysin toteudu käytännössä, koska kylmillä tunneilla takaisin päälle kytkettävää lämmityskapasiteettia ei ole välttämättä tarpeeksi. Tarkastelu on teoreettinen, mutta se antaa kuvan kuormien ohjausten vaikutuksista tuntitasolla jakeluverkossa.

Suorat sähkölämmityskuormat olisivat myyjälle potentiaalista ohjattavaa kuormaa, sillä ohjattavaa potentiaalia on paljon ja ne ovat ohjattavissa silloin, kun myyjällä olisi intressejä tehdä kuormienohjauksia. Kysynnän jousto tarkasteluja varten tarvitaan tietoa, paljonko sähkölämmityskuormaa on ohjattavissa. Sähkölämmityksen voidaan olettaa olevan lineaarisesti riippuvainen ulkolämpötilasta. Tätä riippuvuutta voidaan käyttää hyödyksi, kun määritetään sähkölämmityskuormien ohjauspotentiaalia eri tunneille. Mitatusta ulkolämpötilasta ja AMR mitatusta datasta voidaan määrittää sähkölämmityksen osuus. Sähkönkäytön lämpötilariippuvuutta voidaan mallintaa seuraavasti (SLY 1992b):

$$q_{\text{tod}}(t) = q_0(t) + B \cdot \Delta T(t) \quad (6.1)$$

missä $q_{\text{tod}}(t)$ on mitattu sähkön käyttö hetkellä t ,
 $q_0(t)$ on sähkön käyttö normaalissa ulkolämpötilassa hetkellä t
 B on sähkön käytön lämpötilariippuvuutta kuvaava kerroin, joka on voimassa koko mallin ajan
 $\Delta T(t)$ on mitatun ja normaalin ulkolämpötilan poikkeama hetkellä t

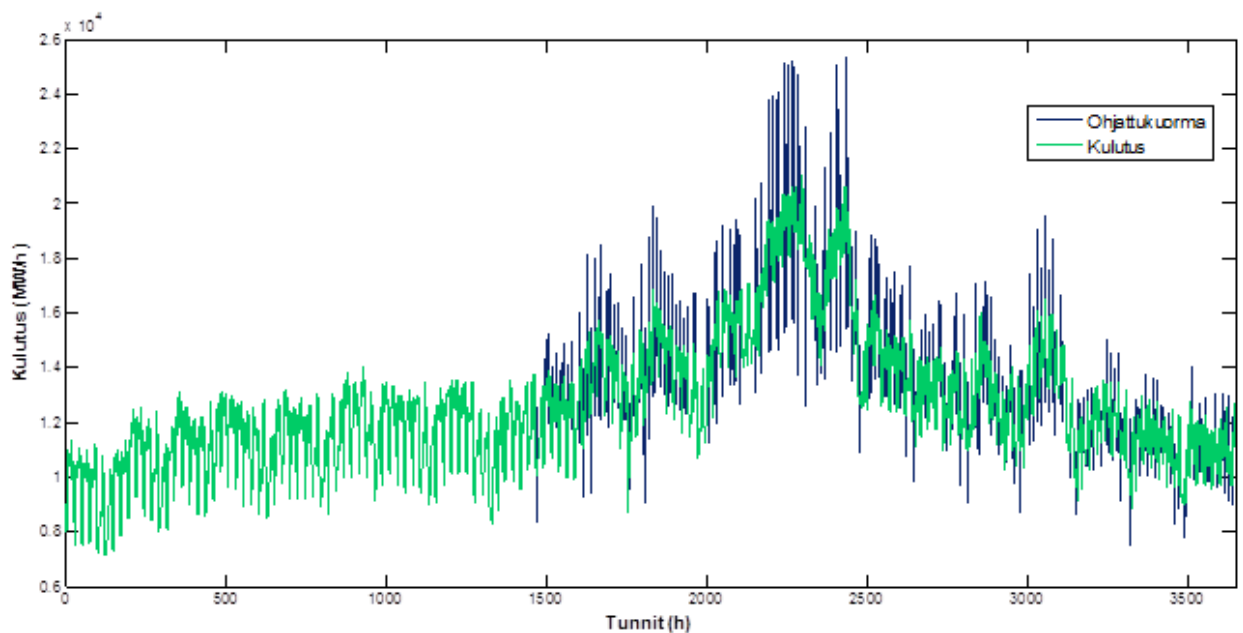
Mitatusta AMR datasta on muodostettu lämpötilariippuvuuden perusteella suoran sähkölämmityskuorman osuus SLY käyrien 110 ja 120 (omakotitalot joissa huonekohtainen sähkölämmitys) koko asiakasjoukolle. Tämä on määrittänyt suoran sähkölämmityksen kuormanohjauspotentiaalin kyseiselle verkkoalueelle.

Verkkovaikutustarkasteluissa on oletettu, että myyjällä on käytettävissä kuormienohjaukseen tarkasteltavan alueen kaikkien omakotitalojen suoran sähkölämmityksen kuormat, eli toisin sanoen 110 ja 120 käyrän asiakkaiden sähkölämmityskuormat. Kun asiakkaan kuormitustiedon lisäksi tiedetään asiakkaan käyttöpaikka, voidaan analysoida miten kuormat muuttuvat ohjausten vaikutuksesta eri verkon osissa. Tässä kuitenkin joudutaan tekemään oletuksia ohjattavien kuormien jakautumisesta eri asiakkaille. Analyysin oletuksena on käytetty mallia, jossa kaikkien ohjattavien asiakkaiden kuorma muuttuu samassa suhteessa verrattuna asiakkaiden sen hetken kokonaiskuormaan.

Case-tarkastelussa tutkitaan aiemmin esitetyn sähköaseman asiakkaiden muodostamaa verkkoaluetta. Kuormienohjauksen verkkovaikutusten tutkimisen lähtökohtana on, että säh-

könmyyjältä saadaan tieto kuormien ohjaukseen käytettävistä tunneista ja ohjattavista asiakkaista sekä kuormien suuruudesta näillä tunneilla. Tämän jälkeen voidaan analysoida asiakkaiden kuormien ohjauksen aiheuttamat muutokset ja nämä voidaan ottaa huomioon verkon kuormitusten muutoksissa. Verkkotarkasteluissa kuormienohjauksissa on käytetty ns. worst case skenaariota, joka kuvaa ohjattavien kuormien osalta pahinta mahdollista tilannetta verkon näkökulmasta.

Tutkitaan seuraavaksi, kuinka myyjän tekemät kuorman ohjaukset SPOT-markkinoilla vaikuttaisivat jakeluverkkoon. Edellä mainitulla logiikalla ohjattavia kuormia on mallinnettu sähköasemalla. Seuraavasta kuvasta nähdään, että sähköaseman kuormitushuiput ovat olleet suurimmillaan n. 21 MW/h ilman ohjauksia. Verkon suurimmat kulutushuiput osuvat kylmien pakkasten kohdalle. Tuloksista nähdään, että SPOT-ohjaukset aiheuttavat selvästi huippukuormien kasvua verkkoalueella. Kuormat kasvaisivat myyjän ohjauksen perusteella n. 20 % sähköasemalla, jolloin verkon huippukuorma on 25 MW/h. Ohjattavat asiakkaat jakautuvat tyypillisesti eri puolille verkkoa, jolloin kuormituksen muutokset voivat näkyä verkon eri osissa eri tavalla.

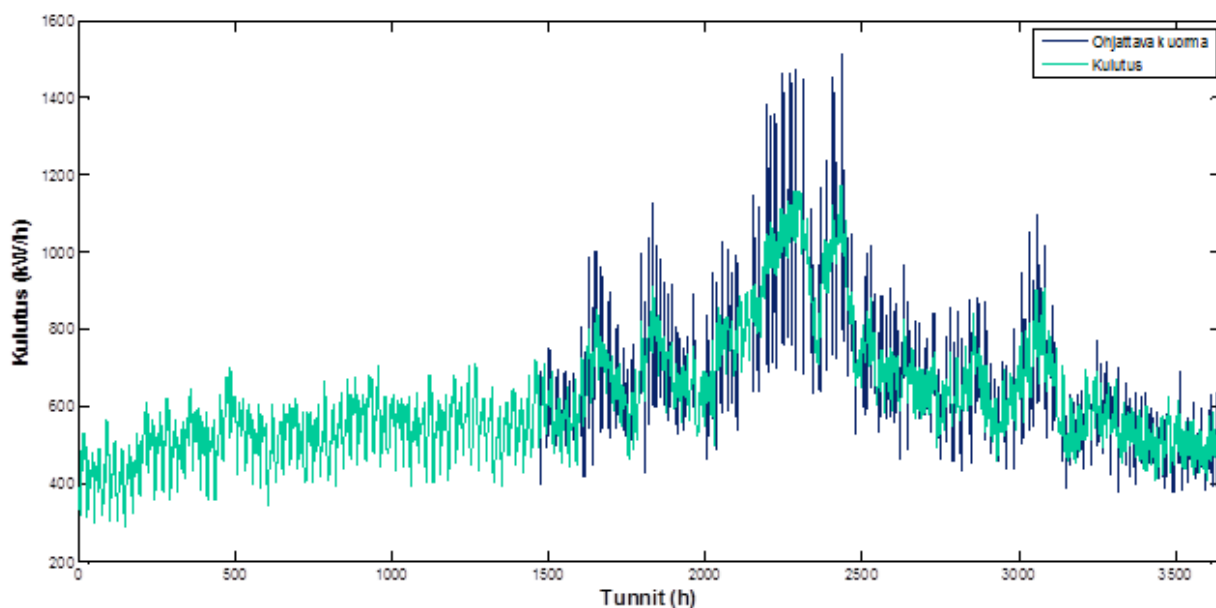


Kuva 6.1 . Kuormitusten muuttuminen SPOT – pohjaisen ohjauksen seurauksena sähköasemalla aikavälillä 1.11. – 31.3.

Myyjän ohjauksista syntyy selkeästi kasvua verkon kuormituksissa. Verkon kovimmat kuormitustilanteet osuvat kylmimpien ulkolämpötilojen ajaksi, millä on suora vaikutus ohjattavien kuormien suuruuteen. Tässä analysissä on mukana kaikki alueen suorien sähkölämmitysasiakkaiden lämmityskuormat, mikä kuvaa suurinta mahdollista kuormienohjauksista ai-

heutuvaa tilannetta. Toisaalta ohjauksista syntyvä kuormien kasvu rajoittuu muutaman viikon ajalle, joten vaikka kuormienohjaukset kasvattavat huipputehoja myös muina aikoina, jäävät kasvaneet huipputehot näissä tilanteissa pienemmiksi kuin suurimmat huipputuntehot ilman kuormienohjauksia. Myyjällä voi olla intressejä tehdä ohjauksia ympäri vuoden, ja verkko voi pääsääntöisesti tarjota tällöin markkinapaikan kuormanohjauksiin. Sähköaseman päämuuntajissa on kuormien kasvusta huolimatta kuitenkin vielä kapasiteettia jäljellä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tässä tarkastelussa verkko mahdollistaisi myyjän tekemät kuormienohjaukset ainakin sähköasemalla.

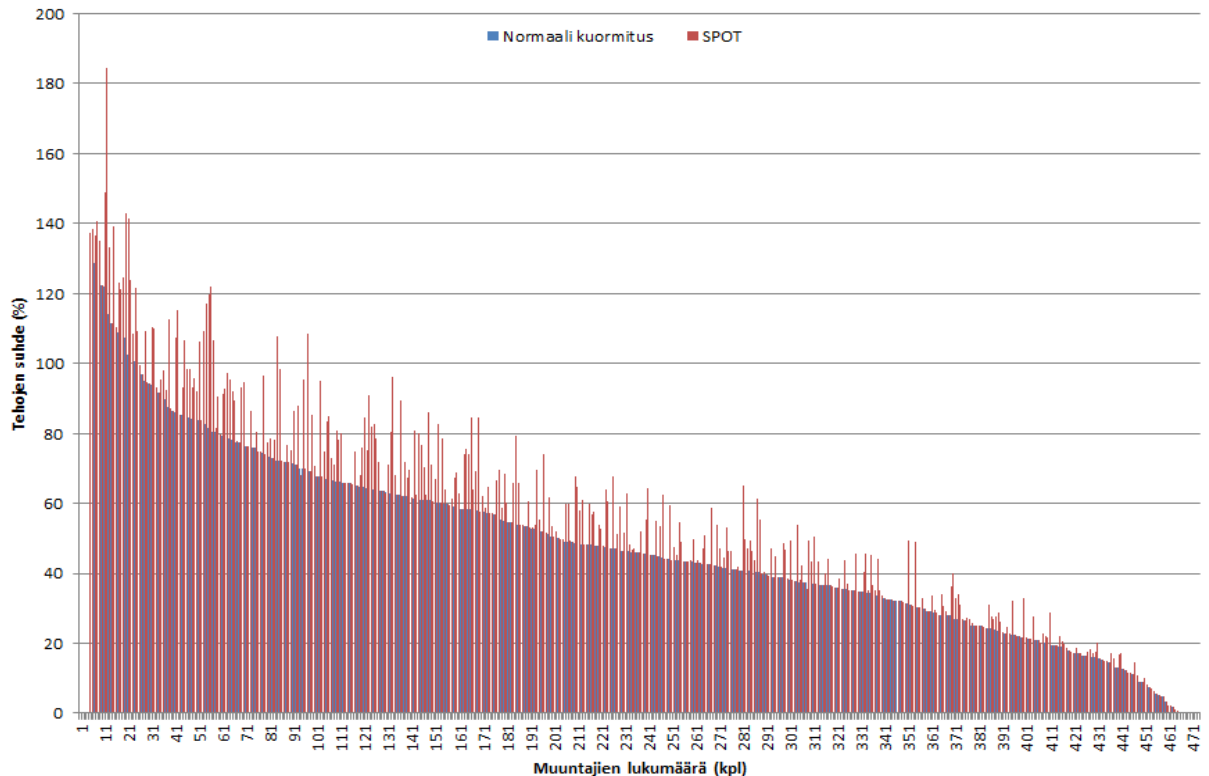
Tutkitaan seuraavaksi, kuinka kuormitus muuttuu ohjausten vaikutuksesta johtolähdöllä. Valitaan tarkasteltavaksi johtolähtö, jossa tapahtuu suurimmat kuormitusten muutokset. Normaalitylanteessa suurin tuntiteho johtolähdöllä on n. 1200 kW/h. Kuorman ohjausten myötä suurin tuntiteho nousee n. 1500 kW/h:iin. Keski-jänniteverkossa tapahtuu kuormien muutoksia, mutta muutokset vaikuttavat sellaisilta, että jakeluverkko kestäisi teoriassa kuormanohjaukset.



Kuva 6.2 Kuormitusten muuttuminen SPOT – pohjaisen ohjauksen seurauksena johtolähdöllä aikavälillä 1.11. – 31.3.

Tarkastellaan seuraavaksi, mitä muutoksia tapahtuu muuntopiiritasolla. Muuntajia on kaiken kaikkiaan reilut 450 kpl tarkasteltavalla alueella. Kuvassa 6.3 on otettu tarkasteluun kaikki alueen jakelumuuntajat ja havainnollistettu jakelumuuntajien suurimman tuntitehon suhde nimellistehoon normaalissa kuormitustilanteessa. Tämä on merkitty kuvaajaan sinisellä värillä, ja muuntajat on järjestetty tämän kuormitustiedon pohjalta suurimmasta pienimpään. Lisäksi tarkasteluun on otettu SPOT-ohjausten tuloksena syntyvä jakelumuuntajan suurin tun-

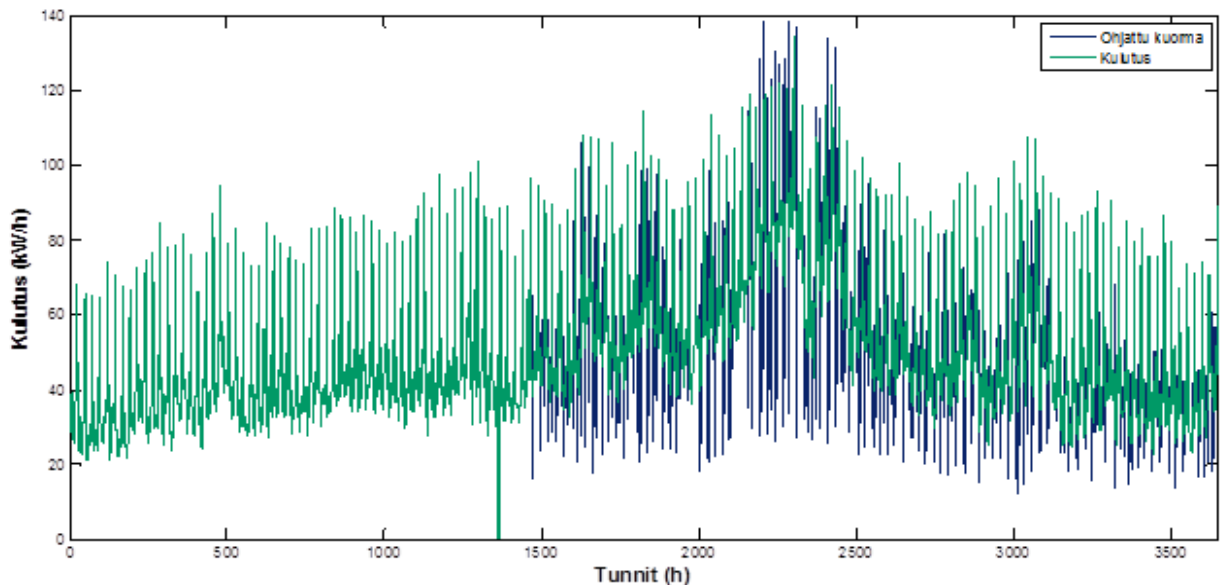
titeho ja tätä on verrattu muuntajan nimellistehoon. Tulos on merkitty kuvaajaan punaisella. Tuloksista voidaan havaita, että normaalissa muuntajien huippukuormitustilanteessa n. 20 muuntajaa valmiiksi ylittää 100 % kuormitusasteen. Suurin kuormitustilanne on n. 135 % eräällä jakelumuuntajalla. SPOT ohjauksen myötä tilanne muuttuu, mutta ei kovin merkittävästi. Ohjauksen vaikutuksesta yksi muuntamo menee selvästi ylikuormaan, jolloin kuormitus on yli 180 % nimellistehoon verrattuna.



Kuva 6.3 Kuormitusten muuttuminen SPOT – pohjaisen ohjauksen seurauksena kaikilla muuntamoilla.

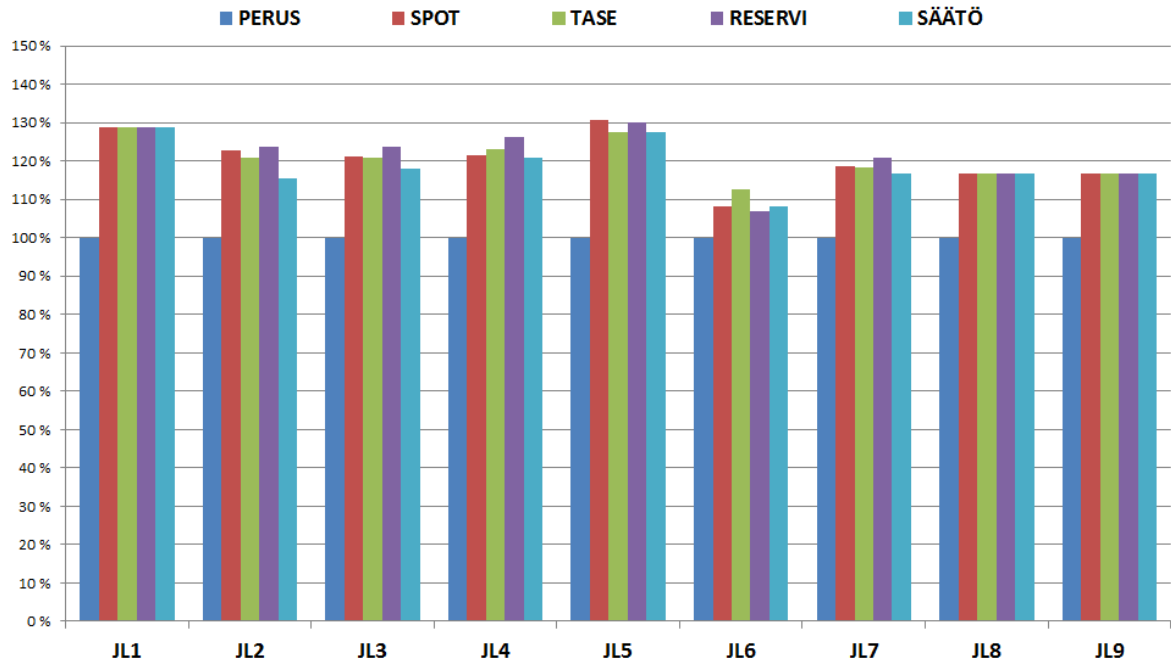
Lisäksi yksi jakelumuuntaja on valittu tarkempaan tarkasteluun. Seuraavassa kuvassa on esitetty muuntamo, jossa on 23 omakotitaloasiakasta. Muuntopiirin asiakkaita 15 on käyrän 110 (ok-talo, huonekohtainen sähkölämmitys, käyttövesivaraaja < 300 l) asiakkaita ja neljä käyrän 120 (ok-talo, huonekohtainen sähkölämmitys, käyttövesivaraaja = 300 l) asiakkaita. Muuntopiirin kuorma ylittää ilman ohjauksia muuntajan nimellistehon, sillä muuntajan nimellisteho on 100 kVA ja huippukuorma ilman ohjauksia on 134 kW/h. Kuormanohjaustarkastelussa SPOT perusteinen ohjaus ei kuitenkaan aiheuta merkittävää kuormien kasvua muuntajalla, koska ohjaukset eivät satu muuntajan huipputunneille. Kuormat kasvavat vain muutamia kilowatteja verrattuna tilanteeseen ilman ohjauksia, jolloin huippukuorma ohjauksen kanssa on 136 kW. Mikäli myyjän ohjaukset olisivat sattuneet jo ennestään muuntajan suu-

reen kuormitustilanteeseen, olisivat kuormat kasvaneet merkittävästi myyjän tekemien ohjausten vaikutuksesta.



Kuva 6.4 SPOT perusteisen kuormanohjauksen vaikutukset erään muuntajan kuormiin aikavälillä 1.11. – 31.3.

Myyjä voi tehdä kuormienohjauksia perustuen myös muihin markkinoihin kuin SPOT-markkinoihin. Näitä markkinoita ovat säätösähkö-, tase- ja reservimarkkinat. Myyjän tekemien ohjausten verkostovaikutukset ovat samankaltaisia verrattuna SPOT-ohjauksiin riippumatta siitä, millä markkinalla myyjä operoi, koska kaikissa simuloituissa tapauksissa ohjattavat kuormat ovat samoja sähkölämmityskuormia. Kuvaan 6.15 on mallinnettu eri markkinapaikkojen kuormienohjausvaikutuksia eri johtolähdöillä. Kuvassa 100 % kuvaa perustilanteen suurinta tuntitehoa.



Kuva 6.5 Eri kysynnän jousto markkinoiden kuormien ohjausten vaikutukset tarkasteltavan alueen johtolähtöjen huipputehoihin

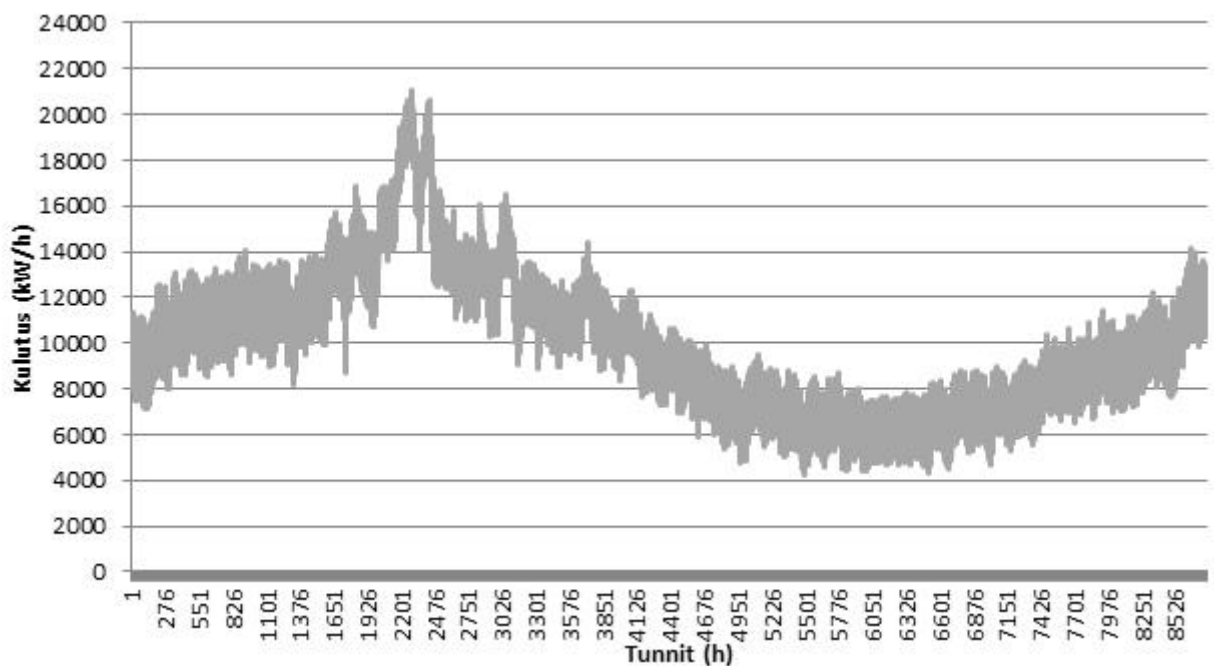
Ero kuormienohjauslogiikassa syntyy ohjattavien kuormien ajanhetkien vaihtelussa, mikä johtuu markkinahintojen hintaeroista eri tunneilla. Vaikutukset ovat hyvin samansuuruisia verrattuna SPOT-ohjauksista syntyviin vaikutuksiin. Siksi tarkempia tarkasteluja eri markkinapaikkojen vaikutuksista jakeluverkkoon ei esitellä tämän tarkemmin tässä raportissa.

Näiden tarkasteluiden pohjalta näyttää siltä, että kyseinen jakeluverkko pystyisi pääsääntöisesti toimimaan markkinapaikkana myyjän tekemille kuormienohjauksille. SPOT -perusteinen analyysi kuitenkin osoittaa, että kuormien ohjauksista voi syntyä verkossa kuormitustilanteita, jotka tulee ottaa huomioon. Jos verkon kapasiteetti ei riitä kylmimpien ja koviin kuormitustilanteiden aikana kuormien ohjaamiseen, ei kuormanohjauksia pitäisi tällöin tehdä myyjän toimesta.

6.2 Verkkoyhtiön tekemien ohjausten vaikutukset myyjän taseeseen

Kysynnän jouston ajatellaan olevan pääsääntöisesti myyjävetoista toimintaa. Tällöin verkkoyhtiö ei voi toteuttaa kuormanohjauksia omien intressiensä mukaan, sillä se voisi aiheuttaa myyjälle tasevirhettä. Yleisesti ottaen verkkoyhtiö voisi olla kuitenkin kiinnostunut tekemään kuormien ohjauksia muutamissa eri tilanteissa. Tällaisia tilanteita voisivat olla esimerkiksi kulutushuippujen leikkaaminen tai toiminta häiriötilanteessa. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin, kuinka verkkoyhtiön tekemät kuormanohjaukset voisivat vaikuttaa myyjän taseeseen.

Tutkitaan hypoteettista tilannetta, jossa verkkoyhtiö päättää leikata sähköaseman viittä suurinta huipputuntitehoa kuorman ohjauksen avulla. Sähköaseman kuormituskäyrä on esitetty kuvassa 6.16. Kuorman ohjauksen tavoitteena on pienentää sähköaseman suurimpia tunti-tehoja. Kuormia ohjataan tässä tarkastelussa 1 MW/h kapasiteetilla, ja ohjattavia tunteja on viisi kappaletta. Takaisinkytkennän seurauksena kuormitusten muutokset koskisivat kaiken kaikkiaan kymmentä tuntia. Nämä kymmenen tuntia vaikuttaisivat siten myyjän taseeseen.



Kuva 6.6 Sähköaseman kuormituskäyrä.

Näillä kyseisillä kymmenellä tunnilla tasesähkön hinta vaihteli välillä 20 – 45 €/MWh. Parhaimmillaan verkkoyhtiön tekemä 1 MWh:n ohjaus olisi tuottanut myyjälle yhdellä tunnilla 3,65 € positiivisen tuloksen ja huonoimmillaan 0,58 € negatiivisen tuloksen. Kokonaisuudessaan nämä ohjaukset olisivat tässä tarkastelussa tuottaneet myyjälle 6,49 € positiivisemmän tuloksen verrattuna tilanteeseen ilman verkkoyhtiön ohjauksia. Tässä esimerkkilaskelmassa tasesähkönhinnat olivat maltillisia ja ohjaukset sattuivat myyjän kannalta sopiville tunneille. Tilanne voisi olla myös sellainen, että hintaerot olisivat suuret ja ne sattuisivat myyjän kannalta huonoon ajanhetkeen. Toisaalta, jos ajatellaan verkkoyhtiön näkökulmasta tarvittavan ohjattavan kuorman olevan yleisesti ottaen sähköasemaa kohti MW/h luokkaa, ja ohjattavia tunteja olisi joitakin kertoja vuotta kohden, ovat vaikutukset myyjän taseeseen kaiken kaikkiaan melko mitättömät. Tästä näkökulmasta katsottuna verkkoyhtiö voisi tehdä kuormien ohjauksia tarvittaessa, jolloin siitä aiheutuvat vaikutukset myyjän taseeseen olisivat kohtuullisen pieniä.

rakentaminen toisi mukanaan muitakin hyötyjä kuten paremman sähkönjakelun luotettavuuden uusien suojausvyöhykkeiden seurauksena. Toinen mahdollisuus olisi vahvistaa olemassa olevia varayhteyksiä, jonka kustannus tässä tapauksessa olisi 0,7–0,8 M€. Tämä vaihtoehto ei toisi muita hyötyjä tullessaan. Kolmas mahdollisuus olisi käyttää kysynnän joustoa. Verkon keskiosassa on n. 2400 asiakasta, joiden tehontarve huippukuormitustilanteessa olisi 2,5 MW. Tämän tehovajauksen kattamiseksi kunkin asiakkaan tulisi vähentää kuormaansa vikatilanteessa keskimäärin n. 1,0 kW. Koska huippukuormitustilanne sijoittuu talvisaikaan, on erittäin todennäköistä, että alueella olisi sähkölämmityskuormaa, jota voitaisiin kytkeä pois joksikin aikaa.

Teknisesti kuormanvähennys voitaisiin tehdä periaatteessa monella eri tavalla. Yksi tapa olisi vuorotella kuormia siten että puolet asiakkaista vähentäisi kuormiaan keskimäärin n. 2 kW:lla vaikkapa 1,5 tunniksi kerrallaan, ja 1,5 tunnin jälkeen kuormanvähennys siirrettäisiin toiselle asiakasryhmän puolikkaalle. Toinen mahdollisuus olisi, että kukin asiakas vuorottelisi omia kuormiaan siten että keskimäärin kuormanalennus olisi vähintään vaadittu 1 kW koko vian ajan. Jos vika olisi pitkäkestoinen, voisivat esim. sisälämpötilat laskea hiukan. Tällainen kuormanohjaus voitaisiin mittarista riippuen rakentaa jo ehkä joidenkin nykyisten etäluettavien energiamittareiden kuormanohjausreleisiin kytkettyjen kuormien älykkäällä ohjauksella tai seuraavan sukupolven älykkäisiin energiamittareihin tulevilla uusilla toiminnoilla. Oli kuormanohjauksen toteuttava laite mikä hyvänsä, on sen kyettävä tekemään ohjaukset myös sähkökatkon aikana.

Asiakkaille pitäisi jollakin tavalla hyvittää tällainen kuormanohjaustoiminta. Jos ajatellaan että kuormanohjausta käytettäisiin verkkoyhtiön osalta vain varayhteyksien tukemiseen, voitaisiin sillä välttää suuruusluokkaa 0,7–0,8 M€ oleva investointi. Investoinnin arvo olisi siten n. 290–333 €/asiakas. Yksi esimerkki korvauksesta voisi olla jonkinlainen kiinteä euromääräinen korvaus siinä tapauksessa että vika realisoituu ja kuormanohjausta joudutaan käyttämään. Korvausta voitaisiin peilata myös keskeytyksestä aiheutuvan haitan kustannuksiin. Vaikka sähköasemaviat ovat harvinaisia, voisi kuormanohjausjärjestelmän kustannukset verkkoyhtiölle olla varsin maltilliset, jolloin kuormanohjausinvestointi voisi hyvinkin olla järkevä.

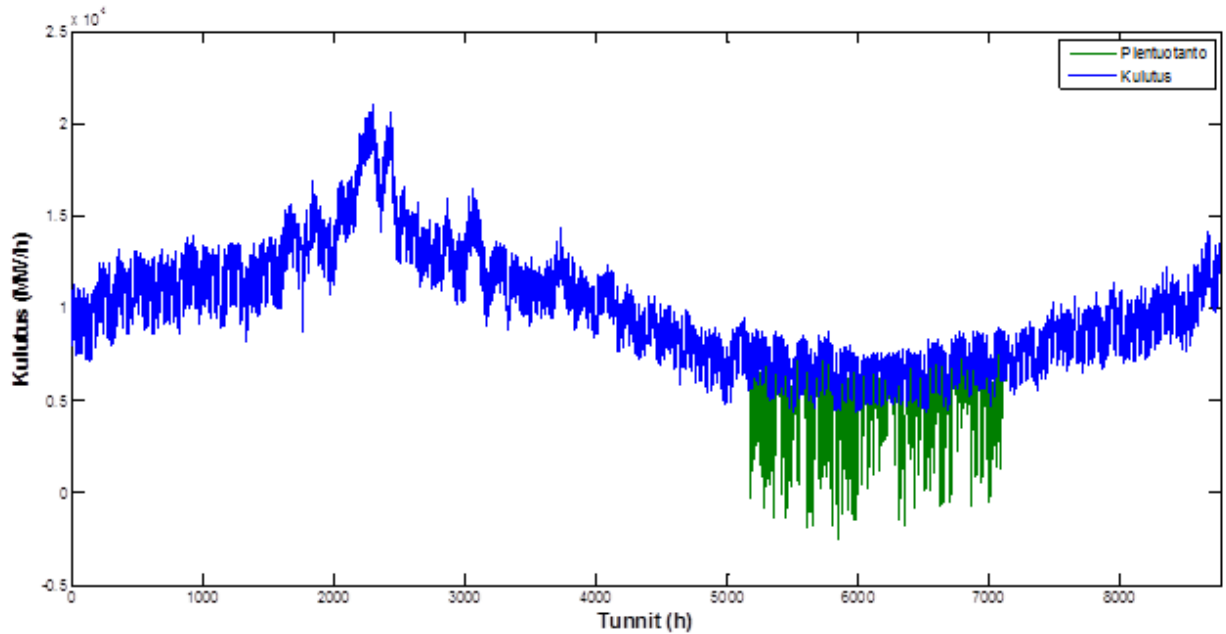
6.4 Pientuotannon vaikutukset jakeluverkkoon

Tulevaisuudessa sähkönkulutus ja sitä kautta sähköverkon kuormat tulevat todennäköisesti muuttumaan johtuen uusista teknologioista. Tällaisia teknologioita ovat esimerkiksi pientuotanto ja sähköautot. Pientuotannon ja sähköautojen määrän ennustetaan kasvavan merkittävästi tulevaisuudessa, vaikka niiden kappalemäärät ovat tällä hetkellä pieniä Suomessa. Uusien teknologioiden myötä tarve kysynnän joustolle tulee todennäköisesti lisääntymään

kasvavan sähkönkulutuksen ja vaihtelevan tuotannon vuoksi. Tästä syystä pientuotannon ja sähköautojen vaikutuksia sähköverkolle tutkitaan kysynnän jouston yhteydessä.

Pientuotantotarkastelussa on käytetty pientuotannon mallintamiseen mitattua aurinkopaneelidataa. Tästä datasta on muodostettu keskimääräinen pientuotantokäyrä. Mittausdata on kesäkuun alusta elokuun loppuun vuodelta 2012. Tarkastelun lähtökohtana on, että kaikki suorasähkölämmitteisessä omakotitalossa asuvat asiakkaat(käyrän 110 ja 120 asiakkaat) hankkivat itselleen 5 kWp aurinkopaneelijärjestelmän. Kotitalousasiakkaista sähkölämmitteiset omakotitalot kuluttavat tavallisesti eniten sähköä, joten nämä asiakkaat on ajateltu olevan innokkaimpia hankkimaan aurinkopaneelijärjestelmän. Tämä tarkoittaisi vajaata 25 % koko tarkasteltavan verkkoalueen asiakasjoukosta ja noin puolta alueen omakotitaloista. Samaa asiakasjoukkoa on analysoitu myös markkinapohjaisen kysyntäjouston verkostovaiikutusanalyseissä. Auringonpaneelijärjestelmät tuottavat parhaiten kesäaikaan, jolloin auringon säteily on Suomessa suurimmillaan. Asiakkaat eivät saa välttämättä kulutettua aina itse tuottamaansa sähköä, jolloin sähköä joudutaan syöttämään verkkoon päin. Näissä analyyseissä on tarkasteltu jakeluverkon kannalta suurimpia vaikutuksia, joten esim. aurinkopaneeliteho on hieman ylimitoitettu.

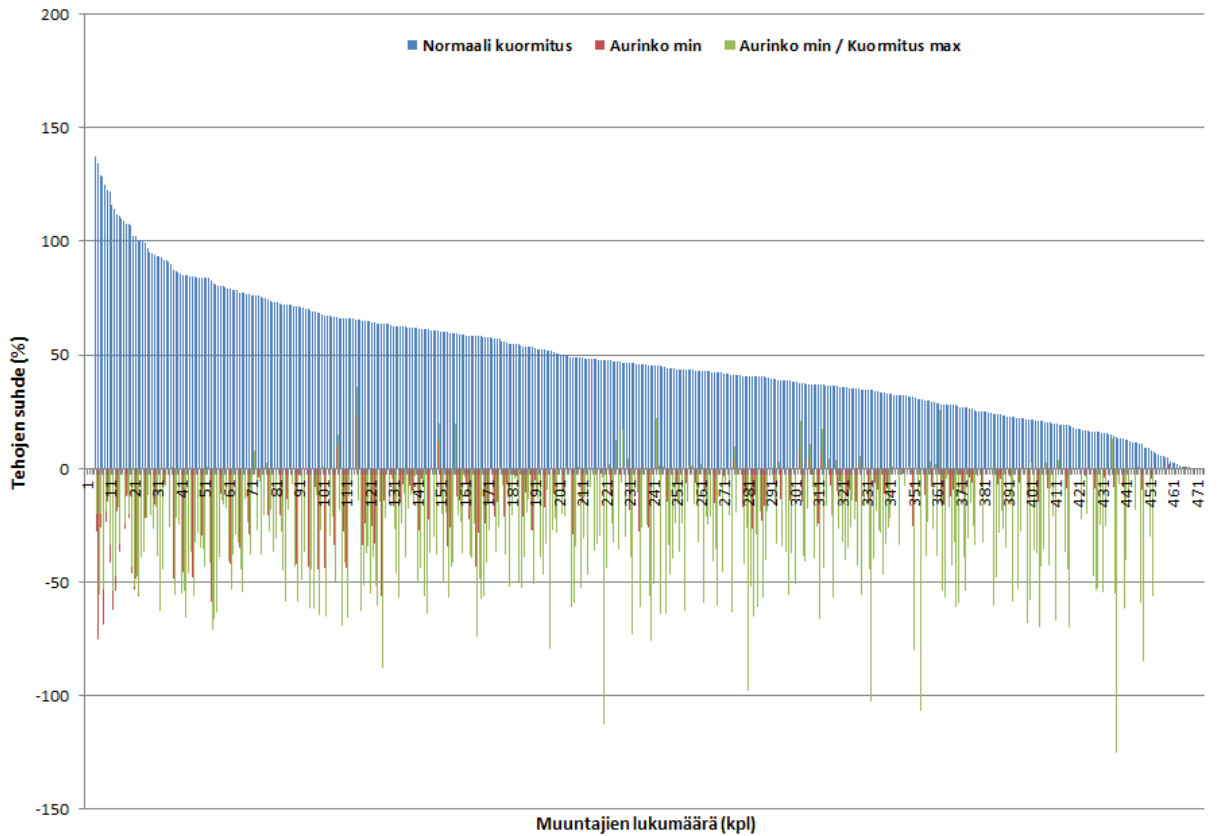
Kuvaan (Kuva 6.8) on simuloitu miten pientuotanto vaikuttaa kuormituskäyrään sähköasemalla. Kuvasta havaitaan, että tarkasteltavalla aikavälillä pientuotanto muuttaa selvästi kuormituskäyrää ja pienentää sähkönkulutusta. Lisäksi joillakin tunneilla pientuotannon määrä olisi niin suuri, että kulutuskäyrän lukemat menevät miinukselle. Tämä tarkoittaa, että tuotettua energiaa pitäisi syöttää siirtoverkkoon.



Kuva 6.8 Pientuotannon vaikutus sähköaseman kuormitukseen Kuormituskäyrä aikavälillä 1.11. – 31.10., pientuotannon tuotanto aikavälillä 1.6. – 23.8.

Seuraavassa esitetään, miten pientuotanto vaikuttaisi jakelumuuntajien kuormitukseen. Aurinkopaneelien paras tuotto on yleisesti kesäaikaan, jolloin pientuotannolla ei voida leikata talviajan huippukuormitusta. Tästä syystä muuntajien kuormitustarkasteluissa ei kannata tarkastella huippukuormien muutoksia. Sen sijaan kannattaa tutkia, miten moni muuntaja syöttää sähköä huipputuotannon aikaan jakeluverkkoon päin.

Kuvassa (Kuva 6.9) on analysoitu kuinka pientuotanto vaikuttaa muuntajien kuormitukseen aiemmin esitetyllä skenaariolla. Kuvaan on merkitty punaisella pientuotannon aiheuttama muuntajan pienin (useimmiten negatiivinen) tuntiteho ja sitä on verrattu muuntajan nimellistehoon. Tämä kertoo, miten pientuotanto suhteutuisi verkon nykyiseen mitoittamiseen. Tuloksista havaitaan, että yksikään muuntaja ei mene -100 % asti. Toisin sanoen muuntajan kuormitusastetta ei ylitetä. Kuvaan on puolestaan merkitty vihreällä pientuotannon aiheuttama muuntajien pienin tuntiteho ja sitä on verrattu muuntajan suurimpaan tuntitehoon tarkasteltavalta aikajaksolta. Tämä kertoo siitä, miten pientuotanto suhteutuisi verkon nykyiseen kuormitukseen ja, voisiko pientuotanto toimia jakeluverkon mitoittajana. Muutamissa tapauksissa pientuotannon verkkoon päin syöttämä tuntiteho ylittää muuntajan suurimman tuntitehon tarkasteltavalla ajanjaksolla, mikä tarkoittaisi että tällä skenaariolla jakeluverkon muuntajia voisi jopa joutua mitoittamaan pientuotannon perusteella.



Kuva 6.9 Pientuotannon vaikutus jakelumuuntajien kuormitusasteeseen.

Mikäli pientuotannon määrä ja kapasiteetti kasvaisivat vielä skenaariota selvästi suuremmiksi, alkaisi vaikutukset jakeluverkkoon olemaan jo verkon suunnittelun kannalta oleellisesti merkittäviä. Tarkasteltavan verkkoalueen osalta vaikuttaa siltä, että jakeluverkko kestäisi pientuotannosta aiheutuvat kuormien muutokset esitetyllä skenaariolla. Toisaalta tarve kysynnän joustolle kasvaa merkittävästi, mikäli pientuotanto ylittää verkon kysynnän ja sähköä jouduttaisiin työntämään siirtoverkkoon. Tästä näkökulmasta katsottuna kysynnän jouston roolin merkitys kasvaisi tulevaisuudessa.

6.5 Sähköautojen vaikutukset jakeluverkkoon

Sähköautotarkasteluiden tavoitteena on tutkia, kuinka suuri määrä sähköautoja näyttäytyy jakeluverkon näkökulmasta. Samalla voidaan selvittää, kuinka paljon sähköautojen lataus voisi tarjota kysynnän joustopotentiaalia.

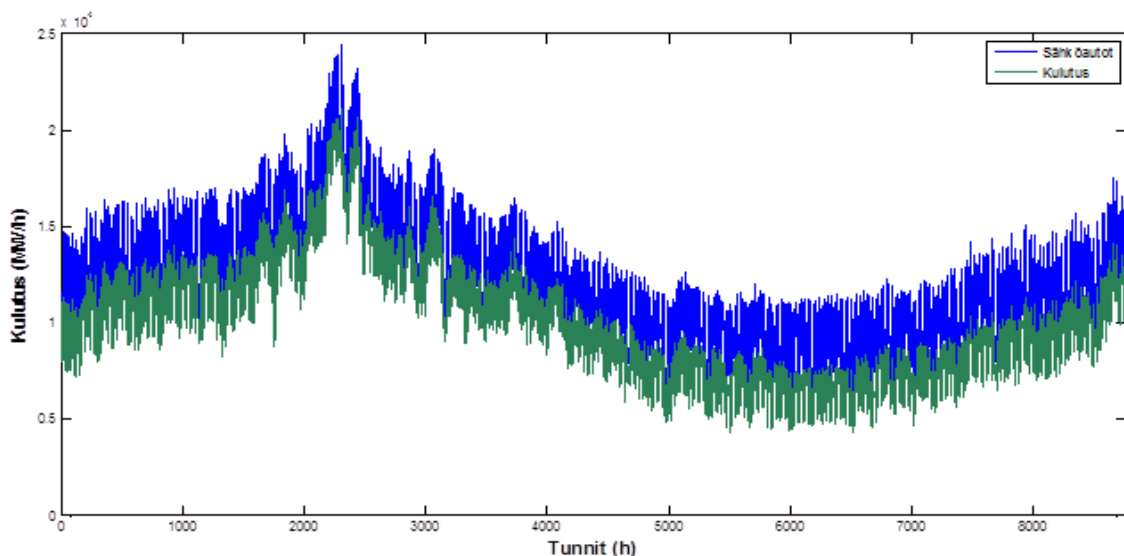
Case 1:

Tarkastelussa on oletettu, että kotitaloudet olisivat kaikkein kiinnostuneimpia hankkimaan sähköauton. Mallia varten on tehty skenaario, jossa n. 60 % alueen asiakkaita käyttäisi sähköautoa. Tämä tarkoittaisi sitä, että lähes kaikilla kotitalousasiakkailta olisi sähköauto.

Sähköautojen lataus on riippuvainen lataustyyppistä, sähköautosta, lataustavasta ja latausajankohdasta. Tarkastelussa on oletettu, että sähköautot ovat täyssähköautoja. Autoja ladattaisiin 1-vaiheisella peruslatauksella ilman, että latausta olisi optimoitu. Tällä perusteella latauskäyränä on käytetty hyvin karkeaa keskimääräistä latauskäyrää, joka pohjautuu lähteeseen (Tikka et al., 2012). Tarkasteluissa on tehty siten seuraavat oletukset:

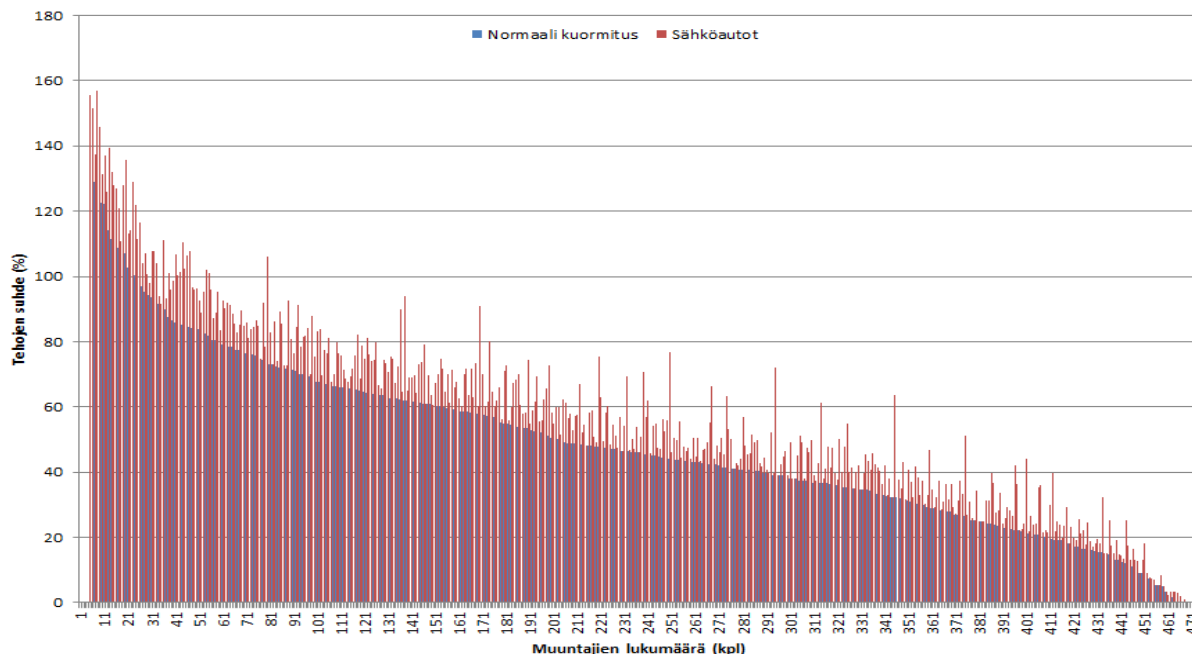
- Latausteho on 3,6 kW
- Ajoneuvon energiankulutus on 0,2 kWh/km
- Ajoneuvon akkukapasiteetti on riittävä päivän matkoihin

Seuraavaan kuvaan on mallinnettu, kuinka sähköautot vaikuttaisivat sähköaseman kuormituskäyrään edellä esitetyillä parametreilla. Sähköaseman kulutushuippu kasvaisi sähköautojen lataamisen seurauksena 21 MW/h:sta reiluun 24 MW/h:iin. Lisäksi kuormituskäyrä muuttuisi koko vuoden ajalta ja sähköenergian kulutus kasvaisi selvästi.



Kuva 6.10 Sähköautojen vaikutus sähköaseman kulutukseen Kuormituskäyrä aikavälillä 1.11. – 31.10..

Tutkitaan seuraavaksi miten tämä sähköautoskenaario näkyisi jakelumuuntamoiden kuormitusasteessa. Tarkasteluun on käytetty edellä mainittuja lähtötietoja. Muuntamoiden kuormitustarkastelu on periaatteeltaan samanlainen kuin aikaisemmin tässä luvussa esitetty tarkastelu.



Kuva 6.11 Sähköautojen vaikutus muuntamoiden kuormitusasteeseen.

Kuormat luonnollisesti kasvavat sähköautojen lataamisen seurauksena, mutta kasvu olisi kuitenkin suhteellisen maltillista. Kuormitusaste kasvaisi suurimmillaan n. 35 %. Analyysin osalta voidaan yleisesti todeta, että sähköautojen määrä tarkastelussa on merkittävä. Lataustapa vaikuttaa siihen, että kuormitukset verkon näkökulmasta ovat kuitenkin kohtuullisia. Toisaalta voidaan todeta, että sähkönkysynnän kasvaessa tarve kysynnän joustolle voisi kasvaa tulevaisuudessa sähköautojen yleistymisen myötä.

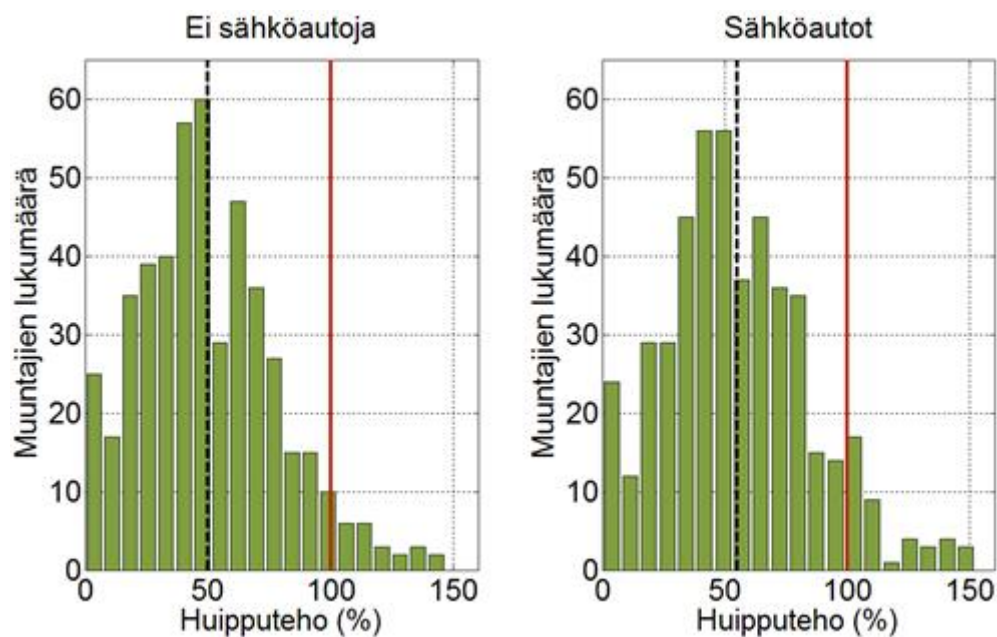
Case 2:

Oletetaan edellä kuvatulla verkkoalueella n. 50 % asiakkailta olevan verkosta ladattava sähköajoneuvo. Lataus tapahtuu ns. "hitaana latauksena" ilman mitään ohjausta ja älykkyyttä. Latauskuormien mallinnukseen käytetään aikaisemmin SGEM -projektissa valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen pohjalta kehitettyjä kuormitusmalleja [Rautiainen 2012]. Seuraavassa on esimerkinomaisesti joitain laskentatuloksia.

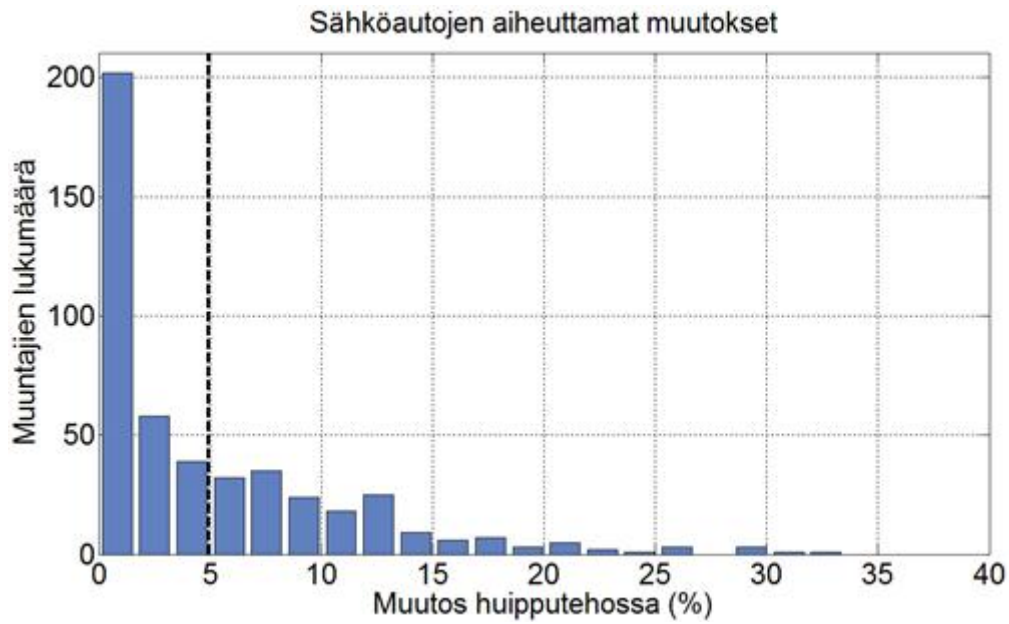
Kuva 6.12 esittää jakeluverkon jakelumuuntajien huippukuormien jakaumia ja Kuva 6.13 sähköautojen aiheuttamien huipputehojen muutosten jakaumaa. Molemmissa kuvissa huipputehot ovat esitetty suhteessa muuntajien nimellistehoon. Kuvista huomataan, että keski-

määrien muutokset ovat varsin pieniä. Keskimääräinen huipputehon kasvu on n. 5% suhteessa muuntajien huipputehoon, mitä voidaan pitää autojen penetraatiotasoon (n. 50%) suhteutettuna varsin maltillisena. Muuntajista löytyy kuitenkin sellaisia yksilöitä joiden huipputehot kasvavat kymmeniä prosenteja, vaikkakin näiden määrä on hyvin pieni.

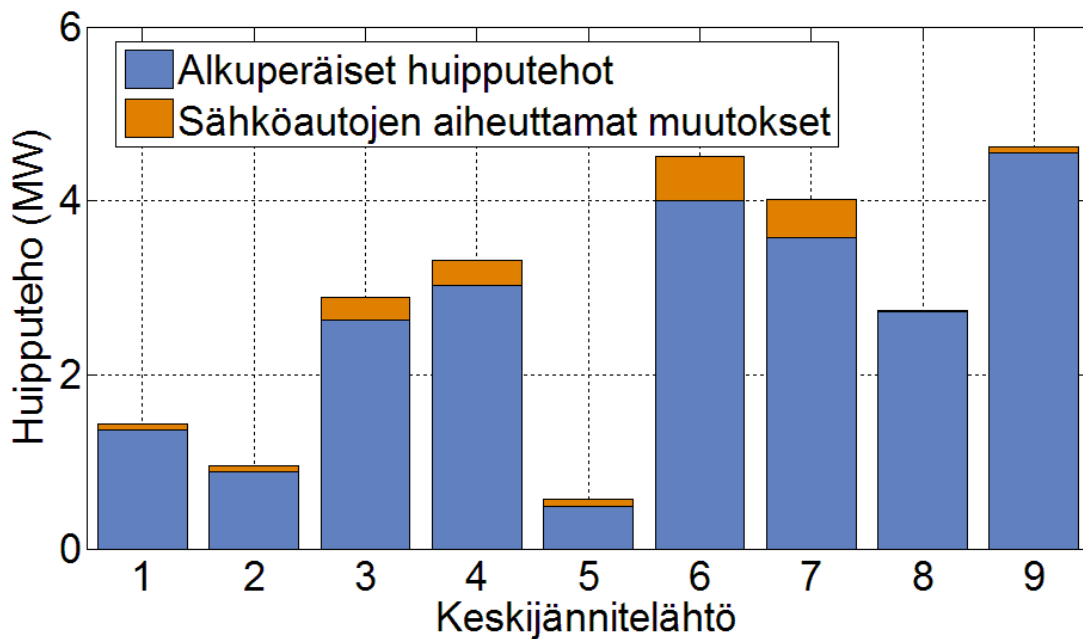
Kuva 6.13 esittää keskiännitelähtöjen huipputehoja sekä sähköautojen vaikutuksia niihin. Huomataan että enimmillään huipputehon kasvu on n. 0,5 MW, mikä ko. johtolähdöllä on n. 13 % alkuperäisestä huipputehosta. Tätäkin voidaan pitää autojen penetraatiotasoon nähden melko maltillisena.



Kuva 6.12 Jakelumuuntajien vuotuisten huipputehojen jakaumat ilman sähköautoja ja sähköautojen kanssa. Huipputehot on esitetty prosentteina suhteessa kunkin muuntajan nimellistehoon. Musta pystykatkoviiva kuvaa keskimääräistä huipputehoa, ja punainen pystyviiva k



Kuva 6.13 Sähköautojen aiheuttamat muutokset jakelumuuntajien huipputehossa. Huipputehojen yksikkö on sama kuin kuvassa X. Pystykatkoviiva kuvaa keskimääräisen muutoksen suuruutta.



Kuva 6.14 Keskijännitejohtolähtöjen huipputehot alkuperäisillä kuormituksilla sekä sähköautojen aiheuttamat lisähuiput.

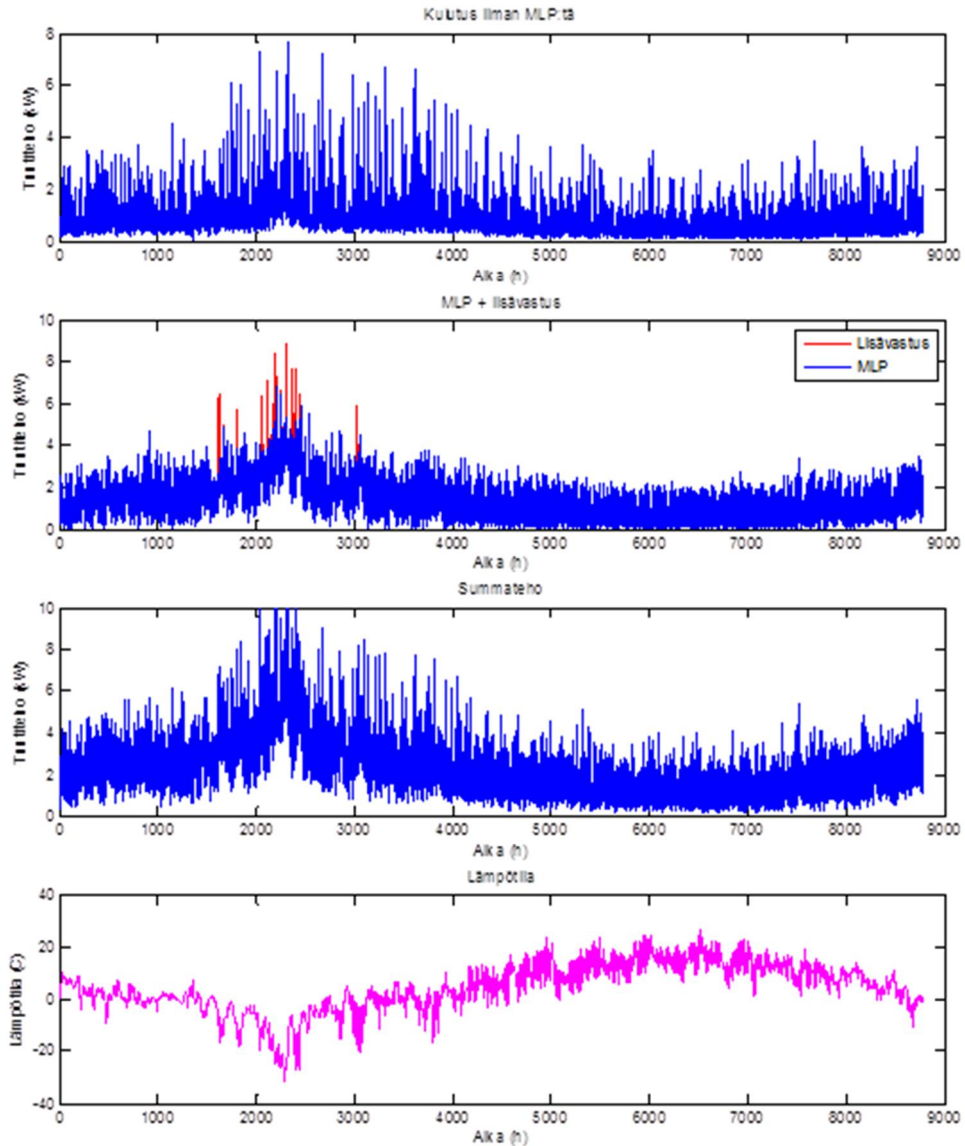
6.6 Maalämpöpumppujen vaikutukset sähkönjakeluverkon kuormitukseen

Yhtenä case-tapauksena tarkasteltiin, mitä tapahtuu verkon kuormituksille, jos öljylämmitteiset omakotiloasiakkaat vaihtavat lämmitysjärjestelmäkseen maalämpöpumpun (MLP). Tällaisen laskennan tekeminen vaatii useita oletuksia ja yksinkertaistuksia, joita on selvitetty tarkemmin liitteessä XI.

Tarkasteltavassa verkossa oli kaikkiaan 625 ei-sähkölämmitteistä omakotitaloa, jotka nähtiin potentiaalisina maalämpöpumppulämmitykseen siirtyjinä. Tässä tarkastelussa kaikille näille asiakkaille lisättiin maalämpöpumppu (oletuksena täystehomitoitus). Tarkastelun kohteena olevat 625 ei-sähkölämmitteistä omakotitaloa vastaavat 18 % ko. verkkoalueen omakotitalokannasta, joka sisältää yhteensä 3450 omakotitaloa. Kansallinen keskiarvo öljylämmitteisten pientalojen osuudelle on 23 % (Hellman 2013). AMR-mittausten perusteella tarkasteltavien asiakkaiden keskimääräinen vuosienenergia oli 6 032 kWh/a ja keskimääräinen lämpötilariippuvuus $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Maalämpöpumpun aiheuttama lisäkuorma on yksilöllinen ja riippuu asunnon lämmitysenergian tarpeesta. Tässä tarkastelussa tyydytään keskimääräiseen ja jakaumaltaan kutakuinkin oikeanlaiseen arvioon lämmitysenergian tarpeesta. Vuosittaista lämmitysenergian tarvetta arvioitiin verkkoalueen pientalojen rakennuskannan iän ja keskimääräisen kerrosalan perusteella liitteessä XI esitetyllä tavalla. MLP:n kokonaishyötysuhteeksi oletettiin 2,8 (Andrushuk 2009) jolloin verkosta otettavan lämmityssähkön tarpeeksi saatiin keskimäärin 11500 kWh/a.

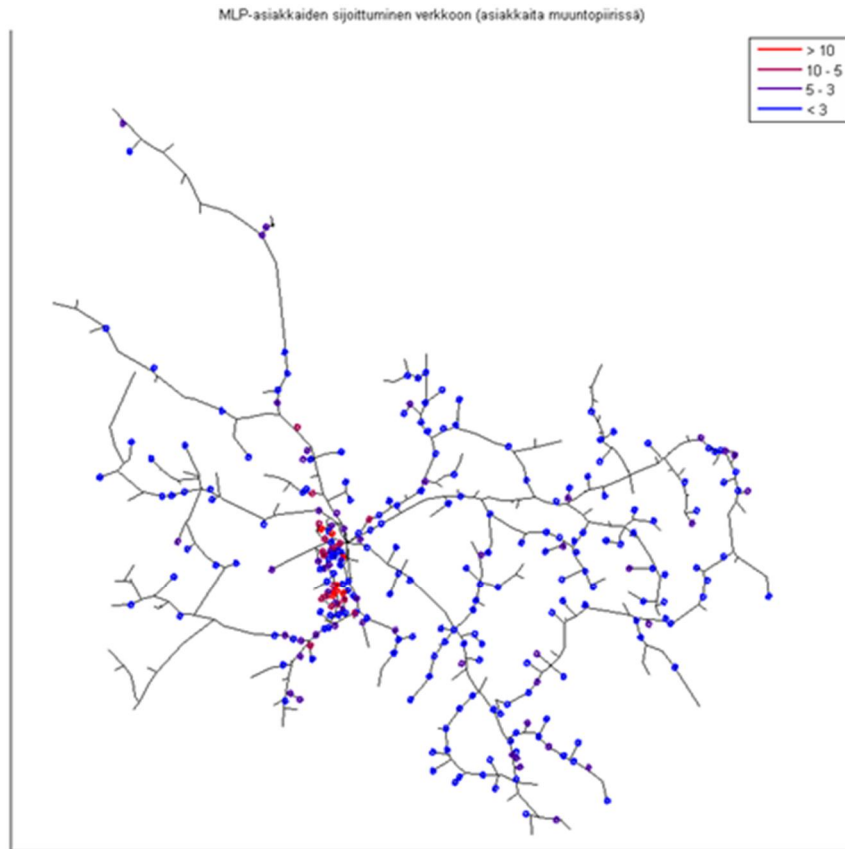
Simuloinneissa tarvittavat maalämpöpumppujen kuormituskäyrät saatiin VTT:ltä. Tässä tarkastelussa käytettiin lähteessä (Laitinen 2011) esitettyä maalämpöpumppumallia. Maalämpöpumppujen vuosienenergiat skaalattiin vastaamaan edellä laskettua arviota lämmitysenergian tarpeesta. Liitteessä XI on esitetty tarkemmin kuormituskäyrän muodostamista. Kuvassa (Kuva 6.15) on esitetty esimerkki asiakkaasta, jolle on lisätty MLP käyrä (huom. piirretty aikaväli 11/2011-10/2012).



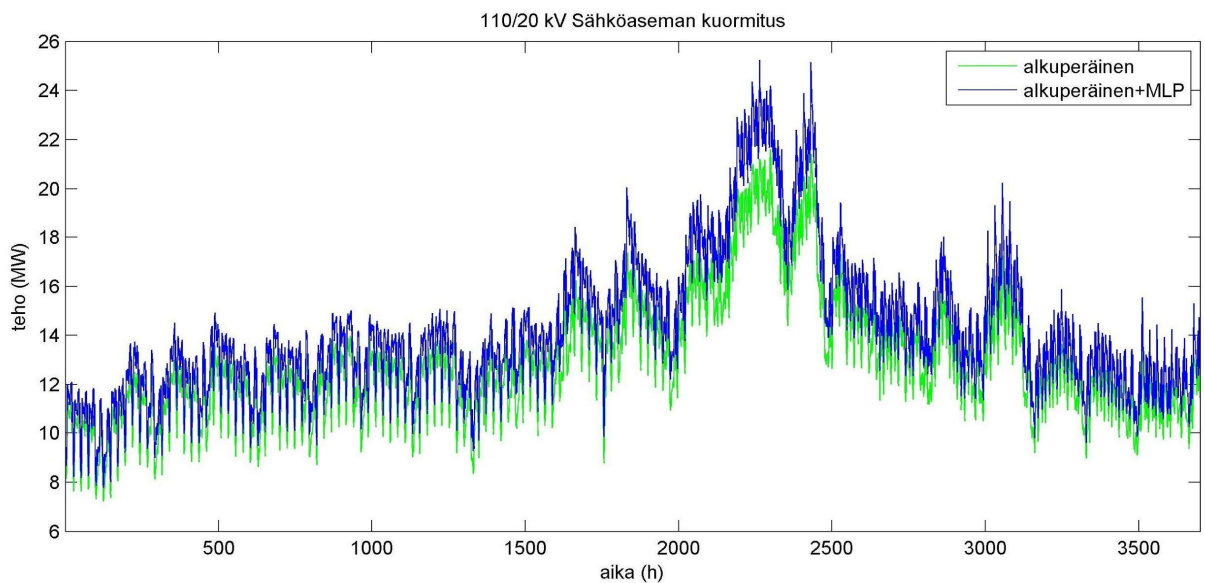
Kuva 6.15 . Esimerkkiasiakkaan tunnettainen sähkönkulutus ennen ja jälkeen MLP:n lisästä.

625 asiakasta, joille maalämpöpumput lisättiin, sijoittuvat tarkasteltavaan verkkoon kuvan (Kuva 6.16) mukaisesti.

Maalämpöpumppujen lisäys nostaa tarkasteltavan verkon tuntihiippukuormitusta 16,8 % (21,6 MW → 25,2 MW). MLP:jen aiheuttama lisäkuorma on suurimmillaan vuoden kylmimpänä aikana jolloin kuorma on muutenkin suurimmillaan. Kuormitustason nousu on esitetty kuvassa (Kuva 6.17).



Kuva 6.16 Maalämpöpumppujen sijoittuminen tarkasteltavassa verkossa.



Kuva 6.17 Sähköaseman kuormitus ennen ja jälkeen MLP:jen lisäystä.

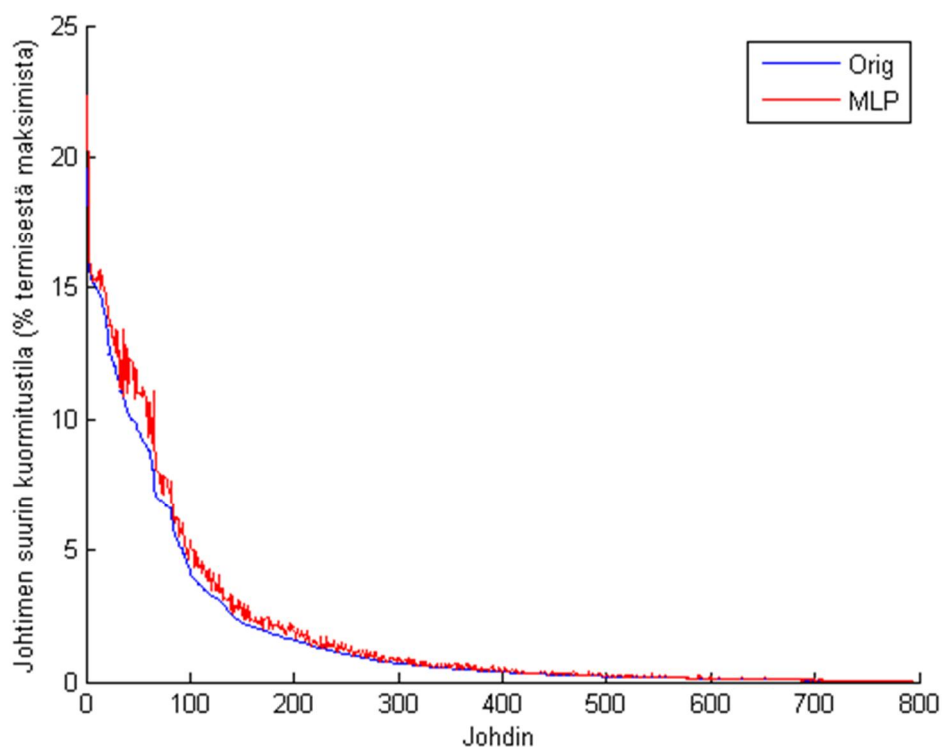
MLP:jen lisäyksen jälkeen asiakkaille toimitettu energia kasvoi 8,1 % (88,4 GWh/a → 95,6 GWh/a). 110/20 kV päämuuntajissa, 20 kV johdoilla ja 20/0.4 kV jakelumuuntajissa tapahtuvat pätötehohäviöt lisääntyivät 11 % (2,01 GWh/a → 2,23 GWh/a).

MLP:n lisäämisellä ei ollut merkittävää vaikutusta tarkasteltavan verkon johtojen kuormitukseen. Kuvasta (Kuva 6.18) nähdään että johtojen kuormitettavuus ei ole mitoittava tekijä tässä verkossa. Sen sijaan ylikuormitettujen jakelumuuntamoiden lukumäärä lisääntyi. Alkuperäisessäkin tilanteessa n. 20 muuntajaa oli ylikuormassa. Lämpöpumppujen lisäyksen jälkeen 47 muuntajaa oli ylikuormassa. Kuvassa (Kuva 6.19) on esitetty jakelumuuntajien maksimikuormituksen muutokset lämpöpumppujen lisäämisen jälkeen. Kuvasta nähdään, että maalämpöpumput nostavat muuntajien maksimikuormitushuippuja poikkeuksetta.

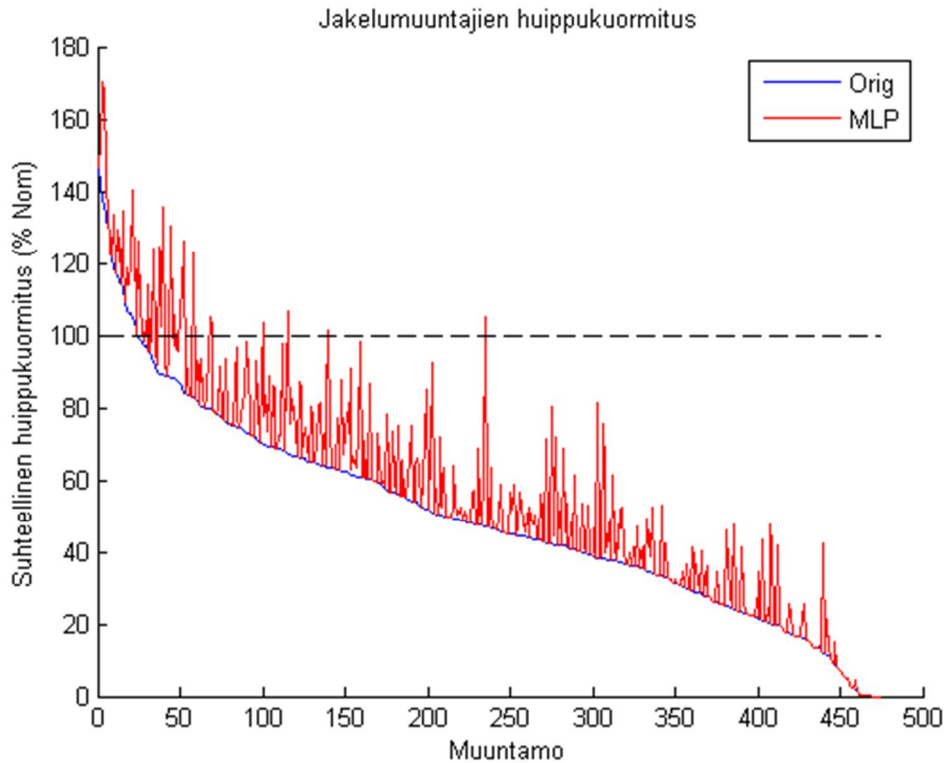
MLP asiakkaiden (625 kpl) maksamat siirtotariffimaksut ennen ja jälkeen MLP:jen lisäystä on esitetty taulukossa (Taulukko 6.1).

Taulukko 6.1 MLP asiakkaiden siirtotariffimaksut

	Siirtotariffimaksut
Alkuperäinen tilanne	28 785 €
Alkuperäinen tilanne + MLP	74 376 €

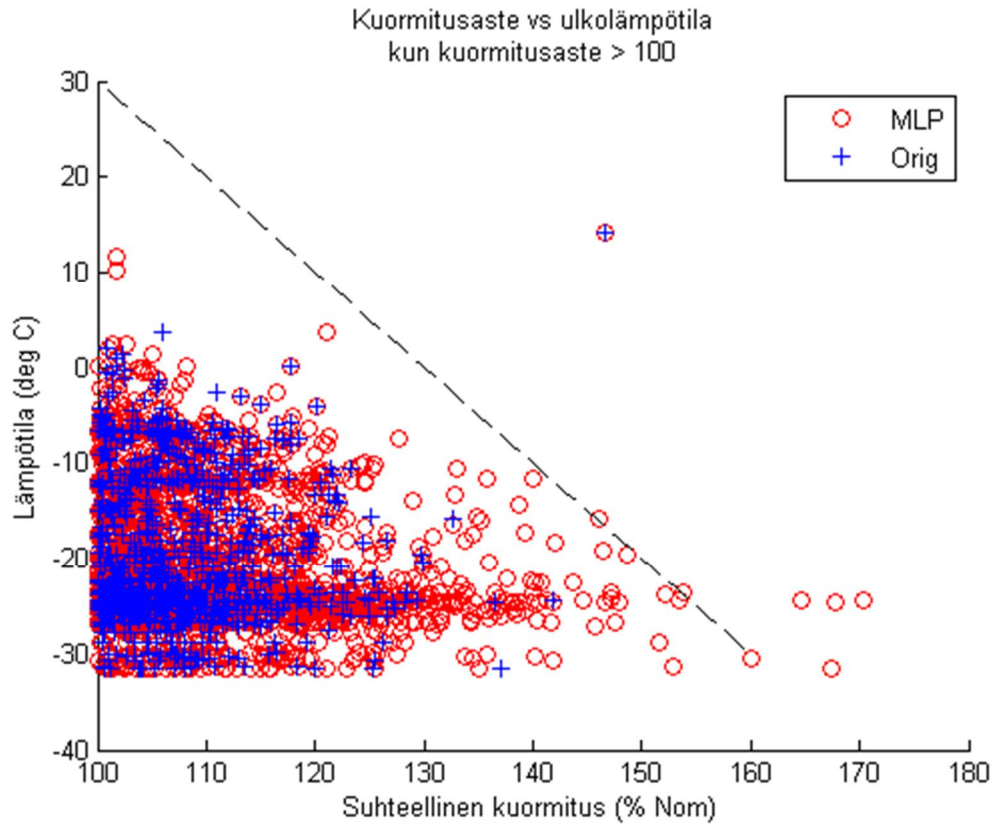


Kuva 6.18 20 kV johdinten kuormitustilat ennen ja jälkeen MLP:jen lisäystä.



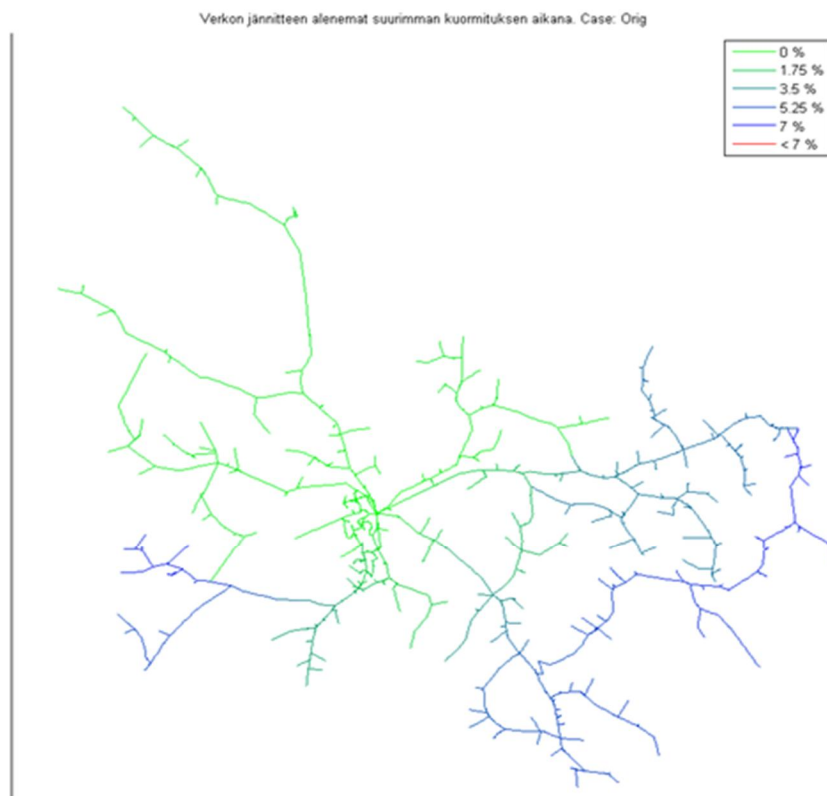
Kuva 6.19 Jakelumuuntamoiden maksimikuormitustilat ennen ja jälkeen MLP:jen lisäystä.

Alkuperäisessäkin tilanteessa moni jakelumuuntaja on ajoittain ylikuormassa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita että laiterikkojen todennäköisyys olisi suuri. Ulkotiloissa olevien muuntajien maksimikuormitettavuus on hyvin riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Kylmään vuodenaikaan voidaan muuntajia ajaa tarvittaessa korkeissakin ylikuormissa. Toisaalta kesällä lämpimään aikaan pienikin ylikuorma voi aiheuttaa jakelumuuntajan laiterikon. Kuvassa (Kuva 6.20) on tarkasteltu aiheuttaako maalämpöpumppujen lisäys sellaisia kuormitustiloja, joissa jakelumuuntajien lämpötilakorjattu kuormitettavuus ylitetään. Kuvaan piirretty kaikki ne tunnit, jolloin muuntajien kuormitusasteet ylittävät nimellisen kuormitettavuuden. Kuvaa pitää lukea siten, että jos kuormitustilaa kuvaava risti tai ympyrä on piirretyn katkoviivan alle, ei kyseinen kuormitustila aiheuta muuntajakoneen lämpöylikuormittumista. Katkoviivan laskenta perustuu IEEE:n öljyeristeisten muuntajien kuormitettavuuden laskentaohjeeseen (IEEE 2012). Kuvasta nähdään, että MLP:jen lisäys aiheuttaa lämpötilakorjatun kuormitettavuuden ylityksen ainoastaan muutamana tuntina vuodessa.

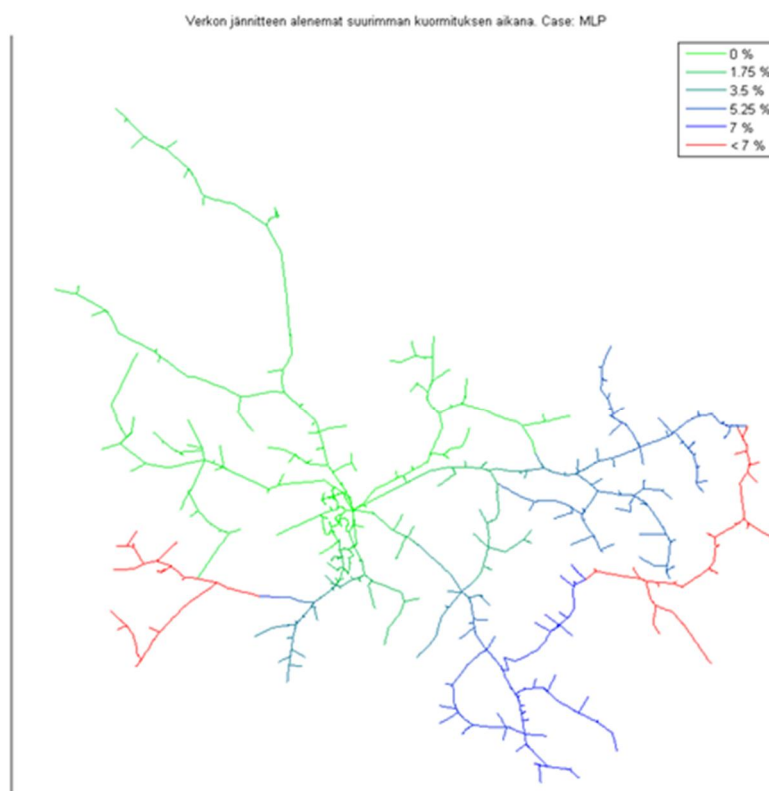


Kuva 6.20 Jakelumuuntajien lämpötilakorjatut kuormitettavuudet.

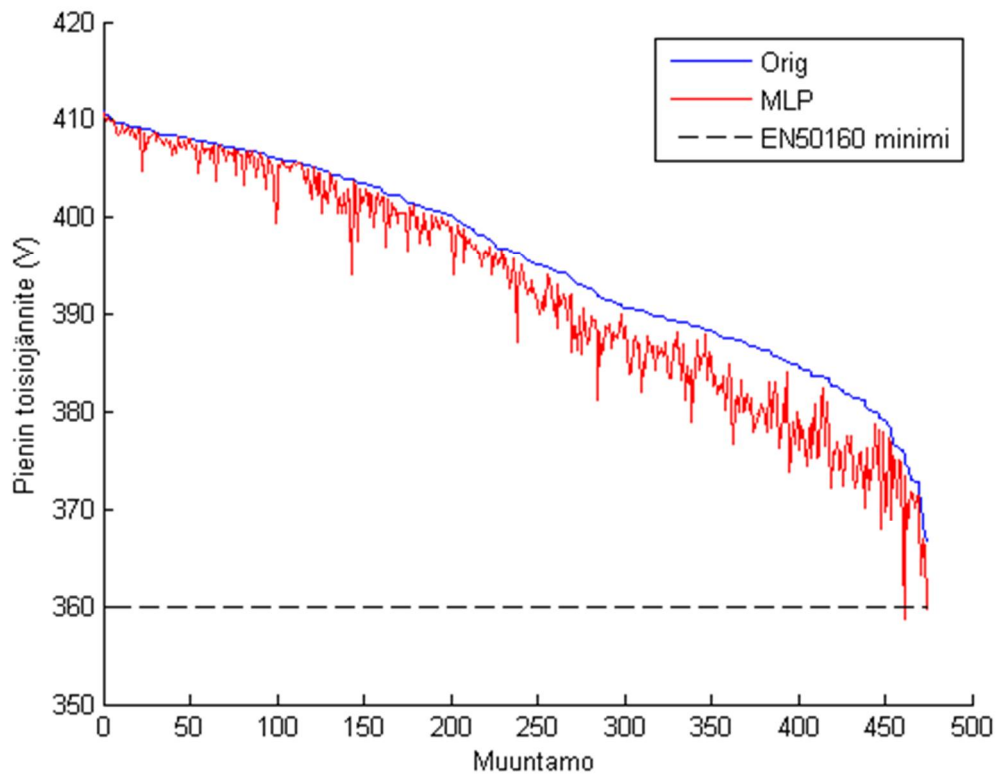
Seuraava mielenkiintoinen tarkastelukohde on jakeluverkon jännitetaso. Alla oleviin kuviin (Kuva 6.21 ja Kuva 6.22) on piirretty jakeluverkon jännitteenalenemat verkon maksimikuormituksen aikaan ennen ja jälkeen MLP:jen lisääystä. Vahvan verkon ansiosta keskusta-alue johon suurin osa MLP:sta lisättiin ei kärsi merkittävästä jännitteenalenemien kasvusta. Sen sijaan verkon kaukaisimmissa ja heikoimmissa osissa KJ-verkon jännitteenalenema kasvaa yli seitsemän prosentin. Muutamassa tapauksessa minimijännite on yli 10 % nimellistä pienempi jo jakelumuuntajan toisiossa. Näiden kaikkein alimman minimijännitteen omaavien PJ-verkkojen jännitetasoa olisi mahdollista nostaa jakelumuuntajien väliottokytкимиä säätämällä. Kuvassa (Kuva 6.23) on esitetty jakelumuuntajien toisioiden minimi- ja maksimijännitteet ennen ja jälkeen MLP:jen lisääystä.



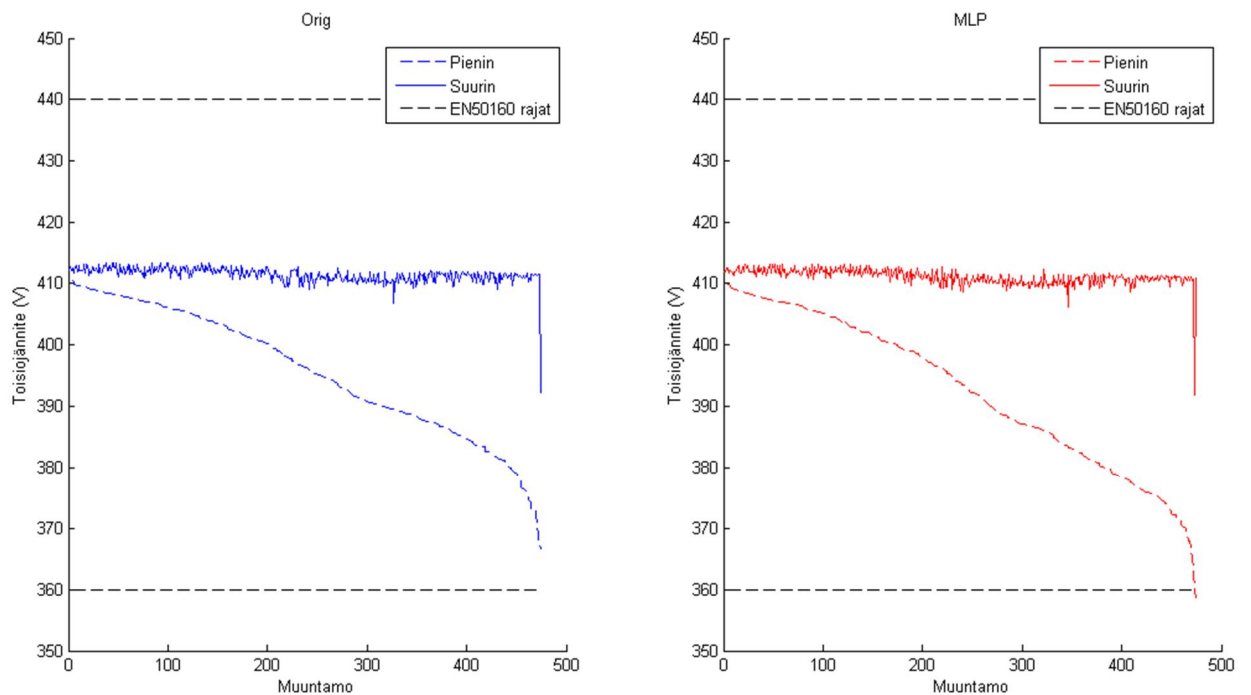
Kuva 6.21 KJ-verkon alkuperäiset jännitteenalenemat.



Kuva 6.22 KJ-verkon jännitteenalenemat MLP:jen lisäämisen jälkeen.



Kuva 6.23 Jakelumuuntajien toisijännitteiden minimi.



Kuva 6.24 Jakelumuuntajien toisioden minimi- ja maksimijännitteet ennen ja jälkeen MLP:jen lisäystä.

Johtopäätöksiä maalämpöpumppeihin liittyvistä simuloinneista

Tarkastellussa verkossa maalämpöpumppeiden aiheuttama kuormituksen kasvu vaikuttaa eniten verkon jännitetasoihin. Uudessa kuormitustilanteessa pitää keskittyä erityisesti siihen että asiakkaiden liittymäpisteiden jännitteet pysyvät hyväksyttävällä tasolla. Verkon loppupäässä, jossa jännitteenalenemat ovat suurimpia, olisi mahdollista säätää jakelumuuntajien väliottokytкимиä siten että jännitteet nousevat.

Jakelumuuntajien kuormitukset nousevat siten että yhä useampi muuntaja on ajoittain nimellistä suuremmassa kuormassa. Ulkolämpötila huomioiden on kuitenkin todennäköistä että vain pari muuntajaa jouduttaisiin vaihtamaan suurempaan ylikuormitusriskin takia.

Simuloinneissa oletuksena oli maalämpöpumpun täystehomitoitus. Osateholle mitoitettuja lämpöpumppeja käytettäessä verkon huipputehot olisivat olleet simuloituja suurempia, jolloin jakelumuuntajien ylikuormitukset olisivat yleistyneet ja jännitteenalenemien maksimiarvot kasvaneet.

6.7 Asiakkaan energia- ja/tai siirtokustannusten minimointiin perustuvan kysynnän jouston jakeluverkko vaikutukset

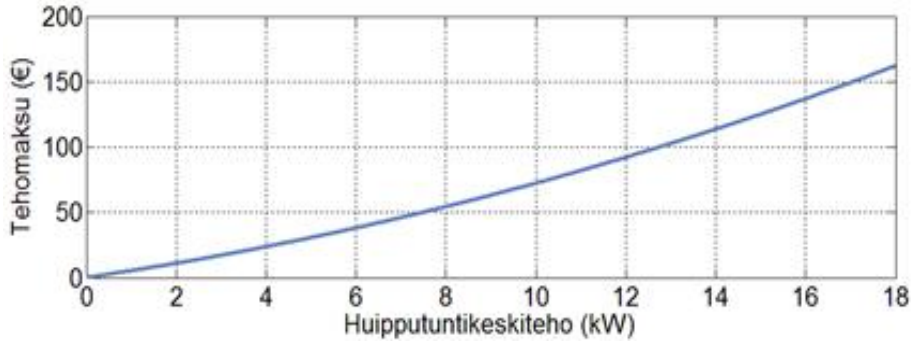
Tarkastelu on tehty tapaustutkimuksena ko. verkkoalueella, jossa ohjattavia asiakkaita (3 x 25 A) on yhteensä 1553 kpl. Asiakkaat ovat erilaisia sähkölämmitysasiakkaita. Tarkastelussa asiakkaille asetettiin Spot-hintapohjainen energiasopimus sekä erilaisia uudentyyppisiä siirtotariffeja, jotka ohjaisivat asiakkaiden käyttäytymistä eri tavoilla. Uusia tehokomponentin sisältäviä siirtotariffirakenteita sekä tehtyjä simuloitteja on esitetty tarkemmin lähteissä [Rautiainen 2015], [Supponen 2015]

6.7.1 Tarkasteltavat siirtotariffit

Kaikki tarkastellut siirtotariffirakenteet sisältävät vakiosuuruisen perusmaksun (€/kk) sekä mahdollisesti lisäksi erilaisia muita maksukomponentteja. Perinteisten yleis- ja kaksiaikatariffien lisäksi tarkasteltiin neljää muuta siirtotariffityyppiä:

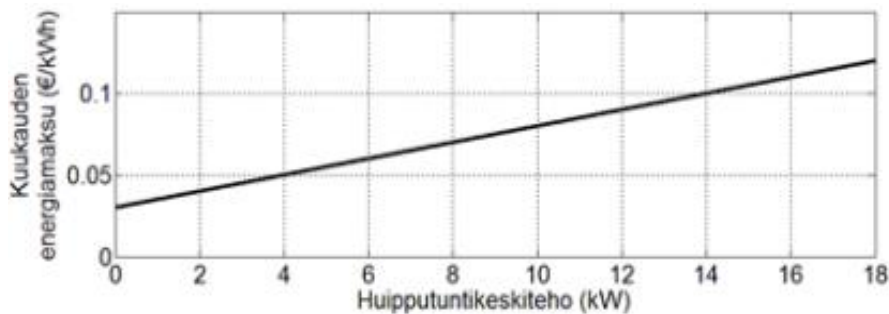
- 1) Perinteinen tehotariffi (PT1 – Power tariff 1). Tämäntapaisia siirtotariffeja käyttävät tänä päivänä jotkut suuret sähköverkon asiakkaat, mutta pienasiakkaille tämäntapaisia tuotteita ei ole ollut vielä tarjolla. Tässä mallissa muuttuvina maksukomponentteina olisi perinteinen energiamaksu (€/kWh) ja erillinen tehomaksu (€/kW), joka riippuisi jollakin ta-

valla määritetystä huipputuntitehosta eli tunnin keskitehosta. Simuloinneissa mallinnettiin tapausta, jossa kuukausittainen siirtomaksu määräytyi perusmaksun ja energiamaksun lisäksi ko. kuukauden suurimman huipputuntitehon mukaan progressiivisesti. Kuva (Kuva 6.25) esittää tehomaksun määräytymisen kuukauden huipputuntikeskitehon mukaan.



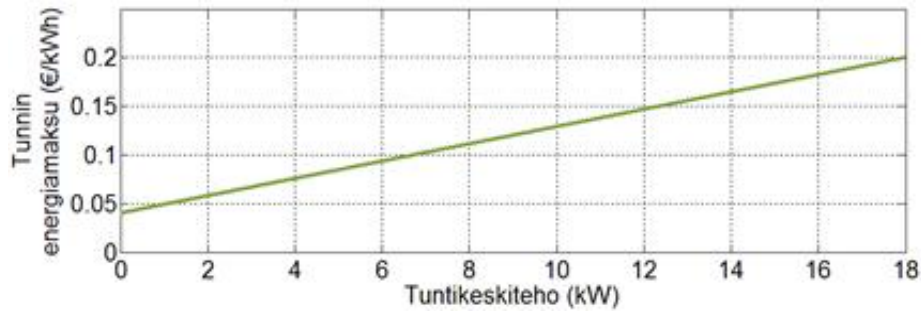
Kuva 6.25 Tehotariffin tehomaksun määräytyminen.

- 2) Huipputuntiperusteinen energiamaksutariffi (PT2). Tässä mallissa muuttuvana maksukomponenttina on tehopohjainen kuukausittainen energiamaksu. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen kuukauden energiamaksu (€/kWh) riippuu ko. kuukauden huipputuntitehosta. Kuukauden energiamaksu määräytyy kuvan (Kuva 6.26) mukaisesti.



Kuva 6.26 Tehopohjainen kuukausittainen energiamaksu.

- 3) Tuntikohtainen tehopohjainen siirtomaksu, jatkuva versio (PT3). Tässä mallissa idea on, että jokaiselle tunnille määritetään energiamaksu riippuen ko. tunnin keskitehosta (~tuntienergiasta). Tämä tarkoittaa sitä, että ko. tunnin keskiteho vaikuttaa vain ko. tunnin siirtomaksuun. Mitä suurempi tuntikeskiteho on, sitä suurempi on myös energiamaksu (€/kWh) ko. tunnille. Tuntikohtainen energiamaksu määräytyy kuvan (Kuva 6.27) mukaisesti.



Kuva 6.27 Tuntikohtainen energiamaksu.

4) Tehokaistatariffi. Tehokaistatariffissa idea on se, että asiakas valitsee jonkin suuruisen tehokaistan (kW), jonka perusteella määräytyy asiakkaalle ainoastaan vakiokuukausimaksu. Keskeinen ajatus on että asiakkaille määritetään jokin kiinteä tehoraja, jota ei pidä normaali-tilanteissa tuntitasolla ylittää. Asiakas maksaa kaistan suuruudesta riippuvaa kiinteää kuukausimaksua ilman siirtomaksun energiakomponenttia. Siirtokustannus asiakkaalle muodostuu siis vain kiinteästä kuukausimaksusta.

Edellä esiteltyjen ja simuloitavien siirtotariffien hintaparametrit on määritetty siten, että alkuperäisessä tilanteessa ilman kuorman ohjausta kukin tariffi aiheuttaa kaikilla 3x25 A asiakkailla suuruusluokaltaan samansuuruisen osallistuvilta asiakkailla lasketun keskimääräisen vuosittaisen siirtokustannuksen, mikä tarkoittaa sitä että verkkoyhtiön siirtotulot säilyisivät suurin piirtein vakiona asiakkaiden mitatuilla käyttäytymismalleilla. Myyntiyhtiön energiasopimus on oletettu kaikilla asiakkailla olevan suoraan spot-hintaan sidottu.

Tariffeihin 1-3 perustuvia laskelmia on esitelty laajemmin arvioitavana olevassa julkaisussa. [Rautiainen 2014]. Tehokaistatariffitarkastelut eivät sisälly julkaisuun ja niitä esitellään hiukan tarkemmin seuraavassa.

6.7.1.1 Simuloitu tehokaista

Tehokaistan suuruus voi määräytyä asiakkaalle esimerkiksi edellisen vuoden suurimman tuntitehon perusteella tai asiakas voisi tilata itse valitsemansa tehokaistan jakeluverkkoyhtiöltä. Asiakkaan kaistatehon määräytymiskriteereihin tai niiden vertailuun ei tämän tutkimuksen puitteissa oteta kantaa sen tarkemmin. Simuloinneissa oletetaan jakeluverkkoyhtiöllä olevan 4 kaistan tarjonta joustavaksi valituille asiakkaalle. Kaistat ovat 5, 8, 10 ja 13 kW.

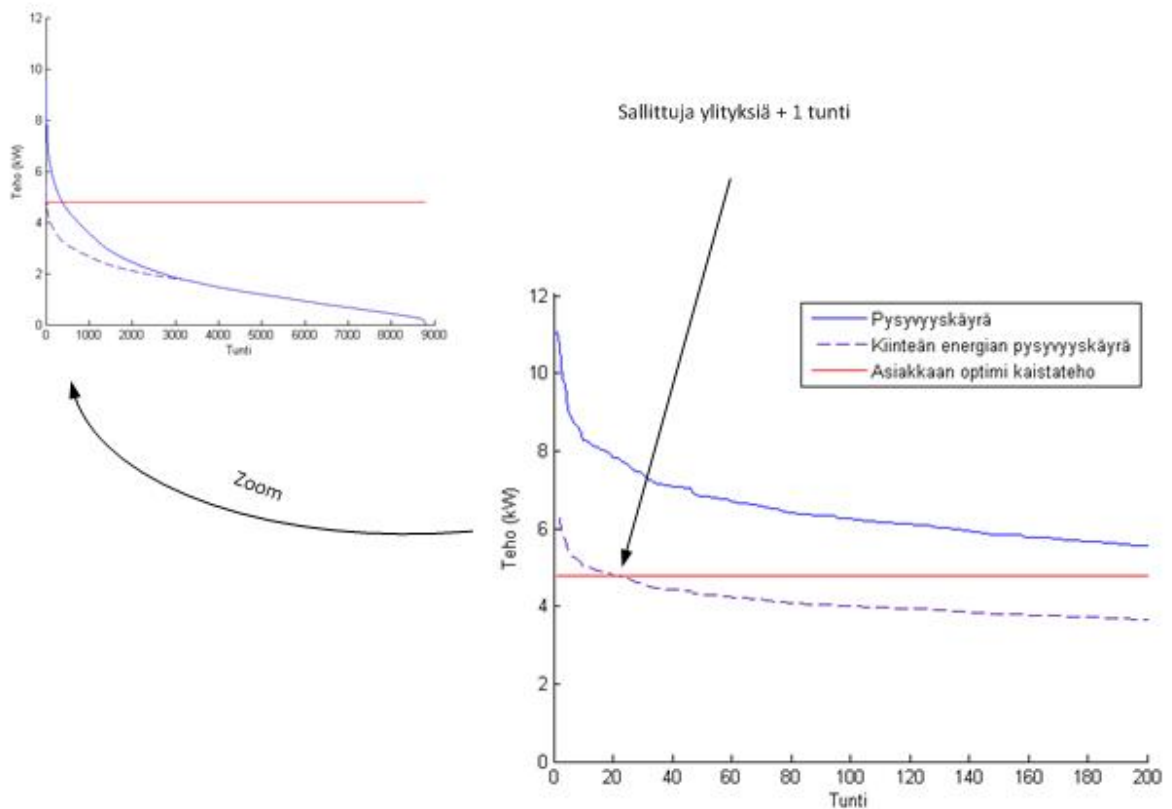
Koska asiakkaille valittu kaistatehon on yleensä pienempi kuin asiakkaan vuoden suurin tuntiteho, voi tämä johtaa joissain tilanteissa kaistan ylitykseen. Kaistanylityksestä tulee seurata

asiakkaalle jonkinlainen sanktio. Tämä sanktio voisi esimerkiksi olla pakotettu siirtyminen suurempitehoiseen kaistaan, jos jokin ylityskertamäärä vuoden aikana ylittyy. Vaihtoehtoisesti tunnilta, jolla tunnin keskiteho on suurempi kuin kaistan sallima teho voitaisiin joutua maksamaan tehopohjaista sakkomaksua.

Simulointia varten asiakkaille määritellään kaksi käyttäytymismallia: Good ja Bad Behavior -mallit. Good Behaviour -malli kuvaa asiakkaan käyttäytymistä tilanteessa jossa tehokaistan sanktiomalli on tehopohjainen, eli kaistanylityksen suuruus vaikuttaa sanktion suuruuteen. Bad Behaviour kuvaa puolestaan käyttäytymistä tilanteessa jossa sanktiomalli perustuu vain ylityskertojen laskemiseen.

Simulointia varten jokaiselle joustavaksi valitulle asiakkaalle pitää valita jokin tehokaista. Tehokaista valitaan neljästä vaihtoehdosta: 5, 8, 10, 13 kW. Kaista valitaan asiakkaalle esimerkiksi ensin asiakkaalle optimikaista ja sen jälkeen valitaan asiakkaalle kaistatarjonnasta se kaista joka on pienin optimikaistaa suuremmista kaistoista. Jos optimikaista on suurempi kuin kaistatarjonnan suurin kaista, pitää tällöin asiakkaan tehokaistaksi valita tarjonnan suurin kaista, vaikka se onkin pienempi kuin optimikaista.

Optimikaista määritellään sallittujen ylitysten perusteella. Jos asiakkaalle sallittaisiin vuodessa esimerkiksi 20 ylityskertaa, kannattaisi valita kaista, jolla asiakkaalle tulee juuri tämän verran ylityksiä. Jos kaista olisi suurempi, se olisi ylimitoitettu eli asiakas maksaisi turhaan kapasiteetista, jota hän ei tarvitse. Jos taas kaista olisi pienempi, se olisi alimitoitettu ja asiakas joutuisi maksamaan sanktiomaksuja kaistan ylityksistä. Koska kaistatarjonta on kuitenkin suhteellisen harva, ei asiakas voi valita välttämättä juuri haluamaansa optimikaistaa. Tällöin oletetaan, että kaistan ylimitoittaminen on kannattavampaa kuin sanktiomaksujen maksaminen, jolloin kaistatarjonnasta valitaan seuraavaksi optimikaistaa suurempi kaista.



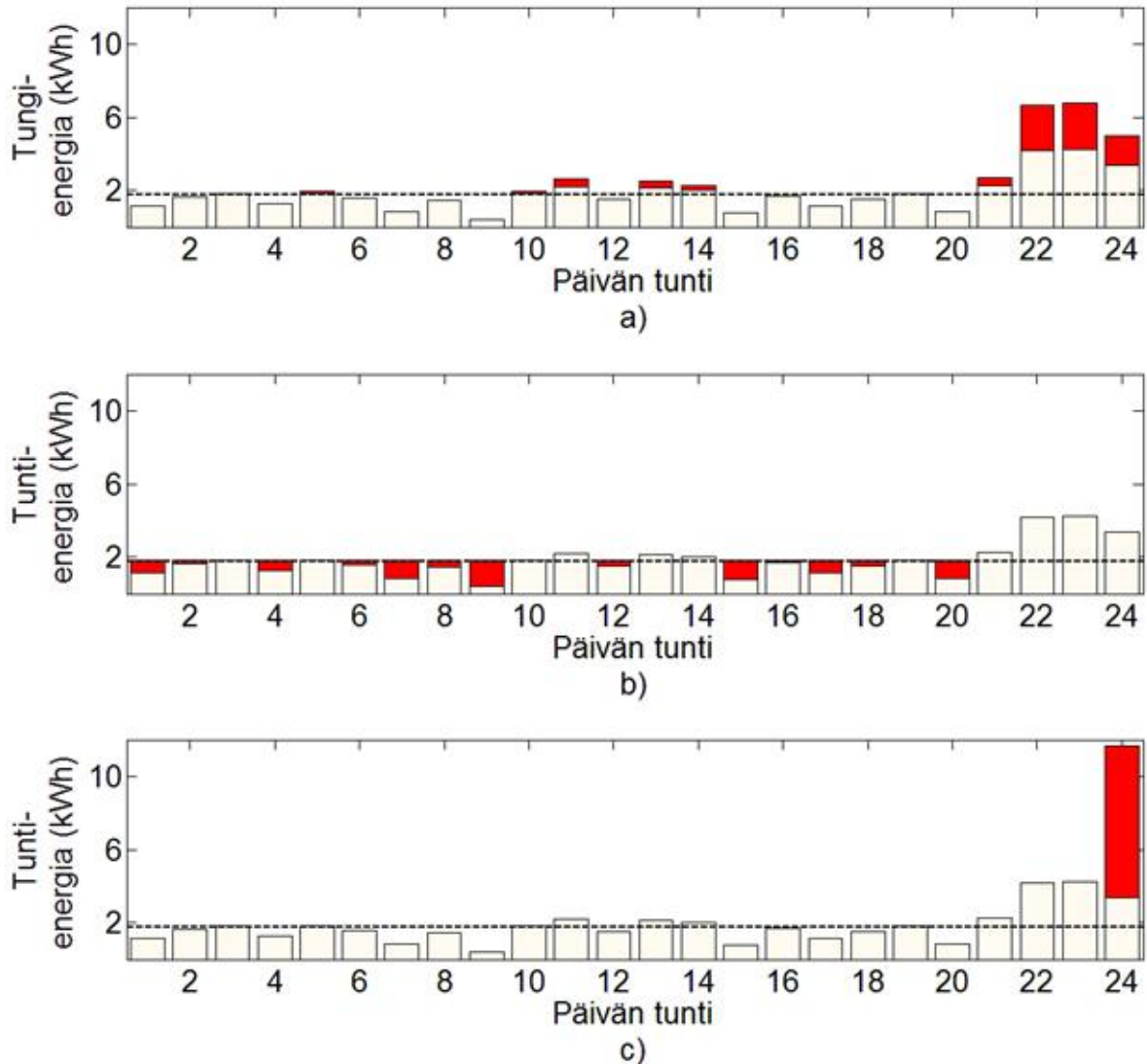
Kuva 6.28 Optimikaistan valinta asiakkaalle.

Kun edellä esitetty kaistanvalinta tehdään kaikille verkon joustavaksi valituille asiakkaille, saadaan seuraavanlainen asiakasjakauma eri kaistoihin: 5 kW 87,22% asiakkaista, 8 kW 11,6% asiakkaista, 10 kW 1,05% asiakkaista ja 13 kW 0,13% asiakkaista. Sallittujen ylitysten määräksi oletettiin 20 kpl/a kaikissa kaistaryhmissä.

6.7.2 Kuormanohjausjärjestelmä

Kuormanohjaus ajatellaan toteutettavan kuvan HEMS-pohjaisella (Home Energy Management System) ratkaisulla, joka perustuu "hypoteettiseen" kuormanohjauslogiikkaan, jossa kuormia ohjataan erilaisten minimointitavoitteiden mukaisesti tietyn pituisen optimointijakson, tässä esimerkkitapauksessa 24 tunnin pituisen, muodostamina kokonaisuuksina kuvan (Kuva 6.29) mukaisesti. Tarkasteluissa on oletettu, että tietty osa, tässä tapauksessa vuoden keskitehon ylittävien tuntienergioiden osalta keskitehon ylittävästä osuudesta puolet, tuntienergioista voidaan siirtää tarkasteltavan neljän tunnin jakson sisällä mille hyvänsä tunnille tiettyyn tuntikohtaiseen ylärajaan asti. Ohjattavan kuorman osuus ja optimointijakson pituus ovat laskennassa parametreja, joita voidaan varioida. Koska mallinnettu kuormanohjaustapa on melko hypoteettinen, suoritettiin edellisen kuvaksen mukaisen tarkastelun lisäksi herkkyystarkasteluja siten, että 24 h lisäksi mallinnettiin optimointijaksoksi myös 4 h, 8 h ja 12 h sekä joustavan energian alarajatehoksi vuoden keskitehon lisäksi $0,5 \times$ vuoden kes-

kiteho sekä $1.5 \times$ vuoden keskiteho. Näiden parametrien arvoilla ja kaikilla niiden kombinaatioilla suoritettiin samat simuloinnit kuin ensin kuvattu perustapaus (poislukien tehokas-tasimuloinnit). Tulosten keskeinen sisältö ja niistä tehtävät johtopäätökset säilyivät samoina kaikissa herkkyystarkastelutapauksissa, joten kuormanohjausmallinnus on varsin robustia ainakin näiden herkkyystarkastelujen rajoissa. Jatkossa esitetäänkin vain yllä kuvatun perustapauksen mukaisen tarkastelun tulokset.



Kuva 6.29 Periaatekuva kuormanohjausjärjestelmän toiminnasta. a) Alkuperäiset tuntienenergiat yhdeltä optimointijaksolta. Punainen osuus energioista voidaan siirtää mille tahansa tunnille/tunneille optimointijakson sisällä. b) Ideaalisen tasainen, huippukuorman minimoiva, profiili c) Kaikki joustava energia on siirretty yhdelle "halvalle" tunnille. Sekä a- että b-kuvat ovat tietyllä tavalla ääriesimerkkejä ohjauksen vaikutuksista.

Asiakkaiden siirto- ja energiakustannuksia tarkasteltiin simuloinneissa minimoimalla joko asiakkaan maksamia siirtomaksuja, energiamaksuja tai kokonaishintaa. Kokonaishinnan minimoinnissa asiakkaiden käyttäytymistä tariffien 1–2 tapauksessa on mallinnettu kahdella eri tavalla: suuren riskin (HR – high risk) ja pienen riskin (LR – low risk) optimointeina. Näiden ero tulee siitä ideasta, että asiakas voisi teoriassa valita parhaan mahdollisen huippu-

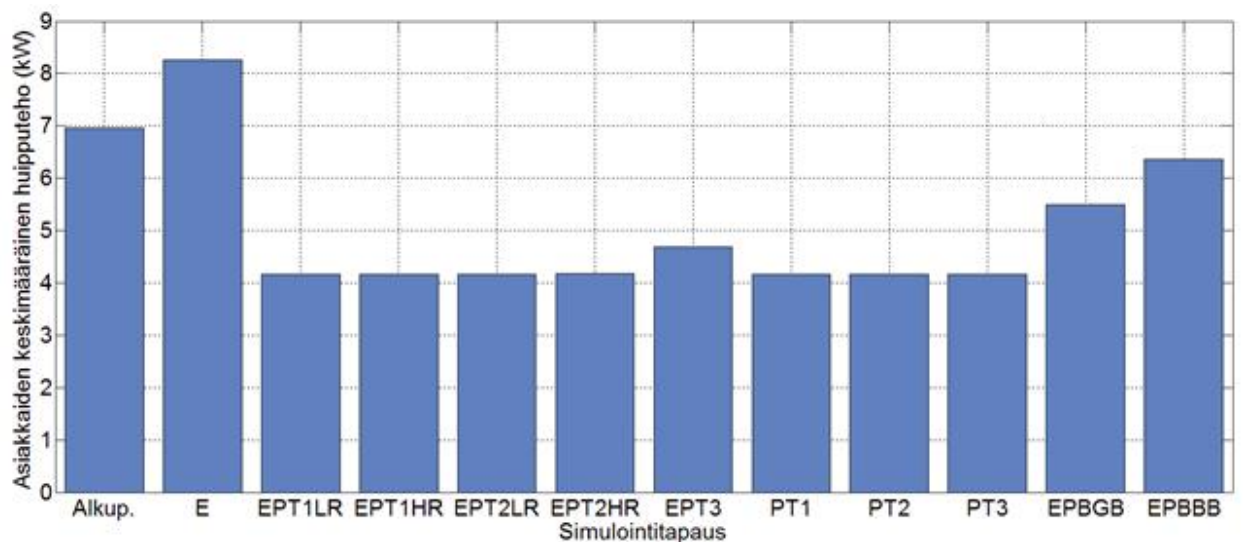
tuntienergian kullekin kuukaudelle, mikä tarkoittaa sitä että asiakas antaisi huipputehon ja siten myös siirtomaksun vähän nousta teoreettisesta minimiarvostaan siten, että saisi vastavasti säästettyä spot-pohjaisissa energiamaksuissa. Tällainen toiminta sisältää kuitenkin tietynlaisen riskin. Asiakkaalla täytyisi olla tarkka estimaatti kulutuksestaan ja energian hinnoista ko. kuukauden ajalle. Matalan riskin optimoinnissa haetaan ratkaisu joka minimoi kuukauden huipputuntitehon ja hakee tämän rajan alla maksimisäästöä energian hinnassa. Kaistahinnoittelun tapauksessa tässä tarkastelussa sähkön käytön kustannus muodostuu käytettävän spot-pohjaisen energiamaksun suuruudesta sekä tehokaistan kuukausimaksuista. Tehokaistan kuukausimaksu ei toisaalta ole tuntitason optimoinnissa mielenkiintoinen suure koska yksittäisen tuntitehon muutos ei muuta kuukausimaksua. Optimointiongelma siis viime kädessä redusoituu spot-pohjaisen energiamaksun optimoinniksi siten, että kaistan asettamaa tuntitehorajoitetta ei rikota, jos mahdollista. Good Behavior -käyttäytymismallissa asiakas pyrkii minimoimaan kaistan ylityksen suuruudet. Tällöin jokaiselle tunnille voidaan normaalitilanteessa siirtää tehoa niin paljon kuin kaistateho sallii. Bad Behavior -käyttäytymismallissa asiakas puolestaan pyrkii minimoimaan kaistan ylitysten lukumäärän optimointijaksolla. Tällöin jokaiselle tunnille voidaan normaalioloissa siirtää tehoa niin paljon kuin kaista (tai kuormanohjausmalli) sallii, aivan kuten edellisessä käyttäytymismallissa, mutta jos tunnin kiinteä energia jo valmiiksi ylittää kaistan salliman rajan, sallitaan tälle tunnille siirtää niin paljon energiaa kuin kuormanohjausmalli sallii.

6.7.3 Tariffien ja kuormanohjauksen yhteisvaikutus jakeluverkkoon

Kuva (Kuva 6.30) esittää tarkastellun asiakasjoukon vuotuisten huipputehojen keskiarvoja eri tilanteissa. Ensimmäinen palkki kuvaa alkuperäistä AMR-datasta laskettua arvoa. Tapaus "E" tarkoittaa tilannetta, että kuormitusta on ohjattu spot-pohjaisen energian hinnan minimoimiseksi. Tapaukset "PT1"... "PT3" tarkoittavat sitä, että on pyritty minimoimaan siirtokustannusta tariffien PT1...PT3 perusteella. Merkinnät "EPTXLR" ja "EPTXHR" tarkoittavat sitä, että on minimoitu energia- ja siirtohintojen (siirtotariffi X) summaa eli kokonaiskustannusta joko pienen riskin (LR) tai suuremman riskin (HR) periaatteella. Merkintä "EPBBB" tarkoittaa energiamaksun minimointia tehokaistatariffin (power band – PB) kanssa Bad Behavior □ mallilla ("BB") ja "EPBGB" tarkoittaa samaa mutta Good Behavior □ mallilla ("GB").

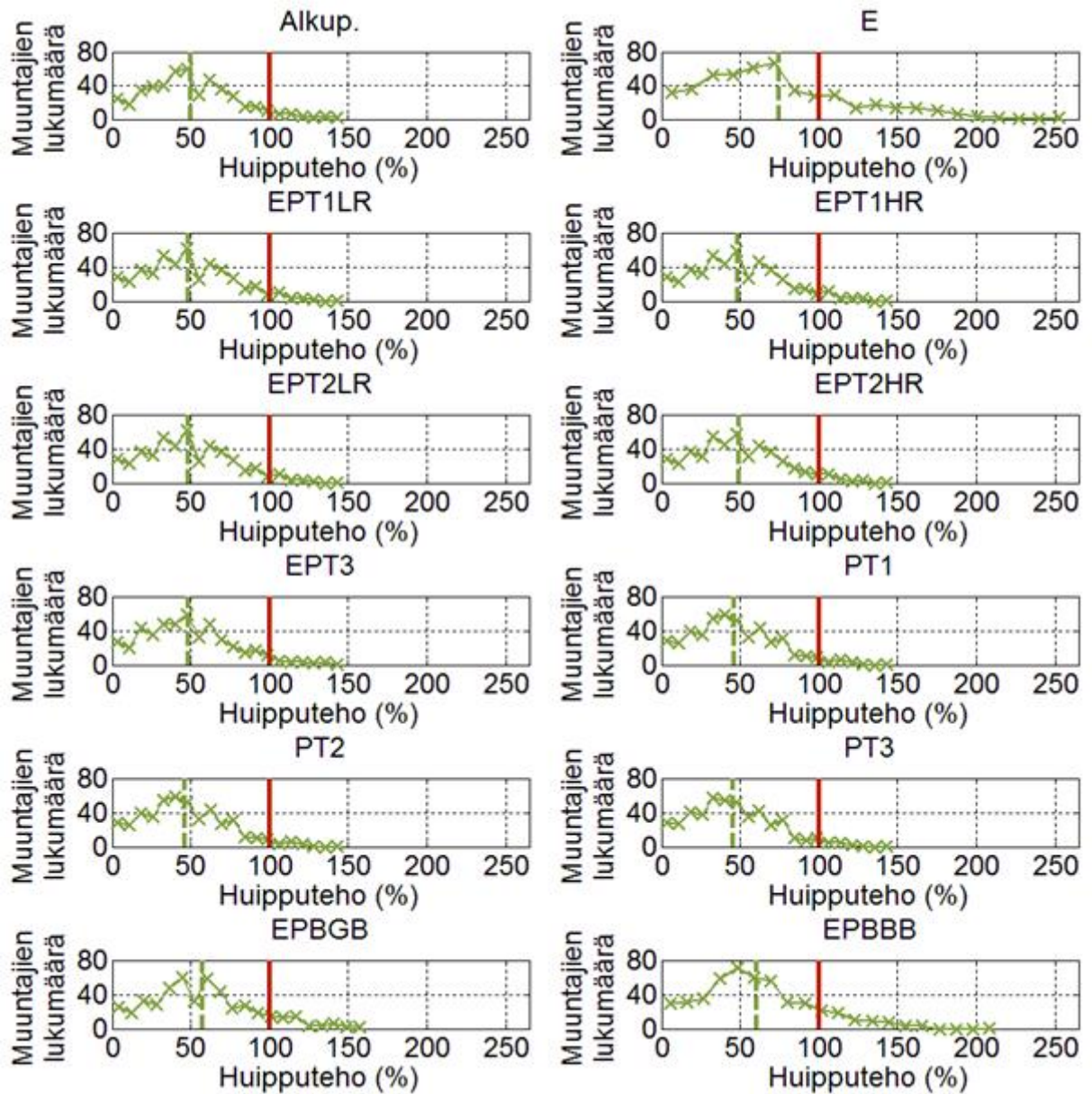
Tuloksista nähdään, että energianhinnan mukainen ohjaus nostaa asiakkaiden huipputehoja verrattuna alkuperäiseen dataan. Syy tähän on, että energian hinnan ollessa sama kaikille asiakkaille reagoivat asiakkaat hinnan muutokseen samalla lailla. Kaikki haluavat luonnollisesti vähentää sähkön kulutusta silloin, kun energia on kallista sekä nostaa kulutusta silloin, kun energia on halpaa. Tämä ilmiö vähentää verkossa normaalisti esiintyvää tehojen

”risteilyä” ja siten aiheuttaa kuormitusasteiden nousua. Tehopohjaisten siirtotariffien käyttö laskee asiakkaiden huipputehoja, mikä onkin niiden tarkoitus. Kuvasta 6.30 nähdään myös, että tehopohjaiset siirtotariffit rajoittavat spot-pohjaisen ohjauksen vaikutusta tehojen nousuun. Asiakaskohtaisissa keskimääräisissä huipputehoissa ei ole merkittävää eroa HR ja LR -lähestymistapojen välillä. Nähdään myös, että tehokaistan ja spot-pohjaisen energian hinnan mukaisen ohjauksen vaikutus riippuu siitä, että onko kyseessä Bad Behavior vai Good Behavior -malli. Nähdään, että kun optimoinnissa on käytetty Good Behaviour -käyttäytymismallia, asiakkaat ovat keskimäärin pienentäneet huipputehojaan. Kun taas puolestaan on käytetty Bad Behaviour -mallia, asiakaskohtaiset huipputehot ovat keskimäärin korkeammat kuin Good Behaviour -mallilla mutta kuitenkin pienemmät kuin alkuperäisessä kulutusdatassa.

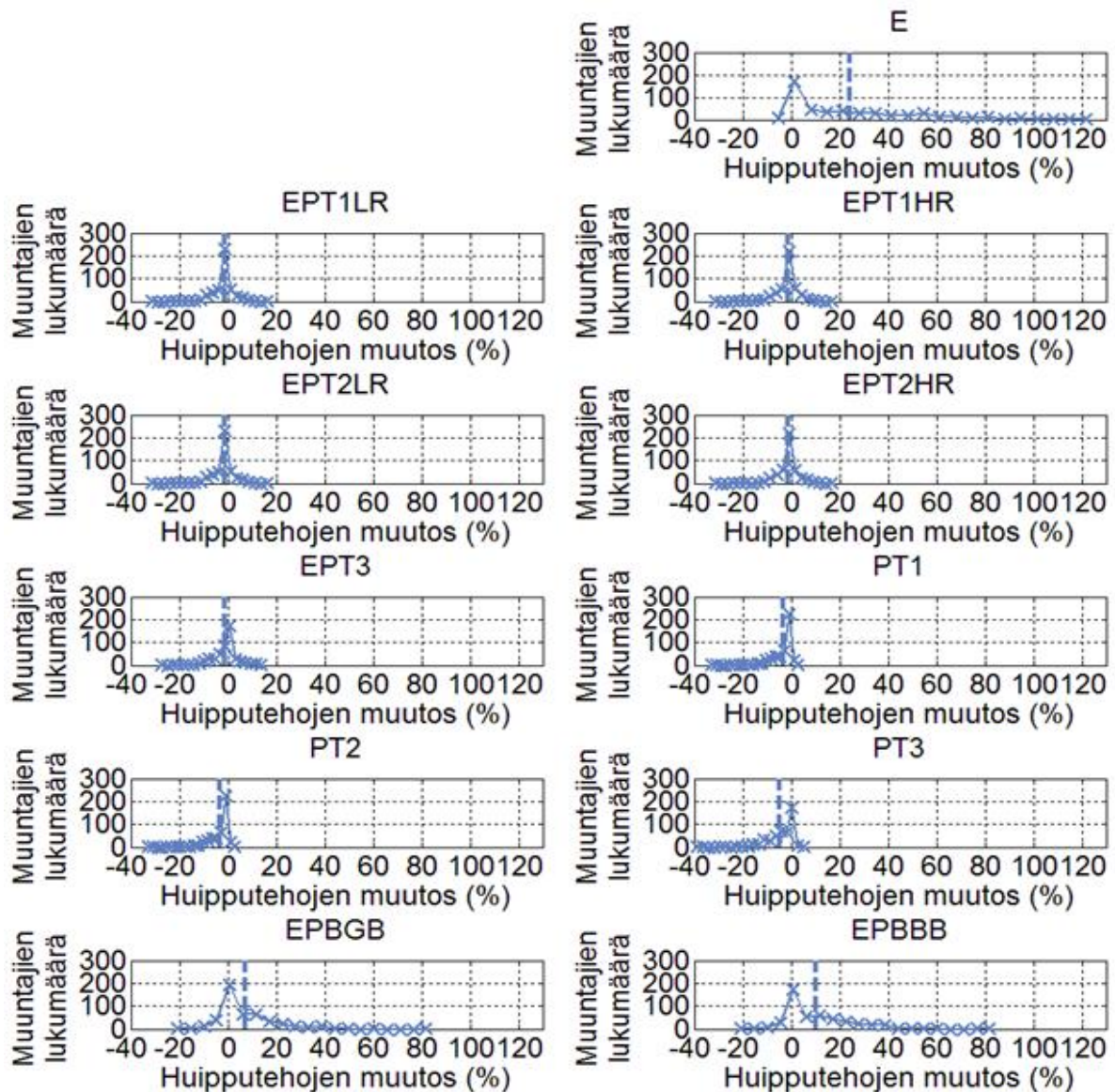


Kuva 6.30 Asiakkaiden keskimääräinen huipputeho eri simulointitapauksissa.

Kuvassa (Kuva 6.31) on esitetty jakelumuuntamoiden (474 kpl) huippukuormitusasteiden jakaumat ja kuvassa (Kuva 6.32) huippukuormitusasteiden muutosten jakaumat eri simulointitapauksissa. Huomataan, että spot-pohjainen ohjaus nostaa jakelumuuntajien huippukuormitusasteita, ja joissakin tapauksissa muutos on merkittäväkin. Niissä tapauksissa joissa on mukana myös siirtokustannukset huomataan että keskimääräisiä muuntajien huippukuormitusasteita voidaan laskea muutamilla prosenttiyksiköillä. Muutama prosenttiyksikkö ei ole itsessään kovin suuri muutos, mutta kun otetaan huomioon että ohjattavia asiakkaita oli n. 20 % kaikista verkon asiakkaista jotka yhteensä kuluttavat n. 23 % kaikesta siirrettävästä energiasta, voidaan todeta että ohjattavien asiakkaiden vaikutus on kohtuullinen..



Kuva 6.31 Jakelumuuntajien huipputehojen jakaumat eri simulointitapauksissa. Huipputehot on esitetty prosentteina muuntajien nimellistehoista. Vihreä pystykatkoviiva kuvaa keskimääräistä kuormitusastetta, ja punainen pystyviiva 100% kuormitusasteen rajaa.



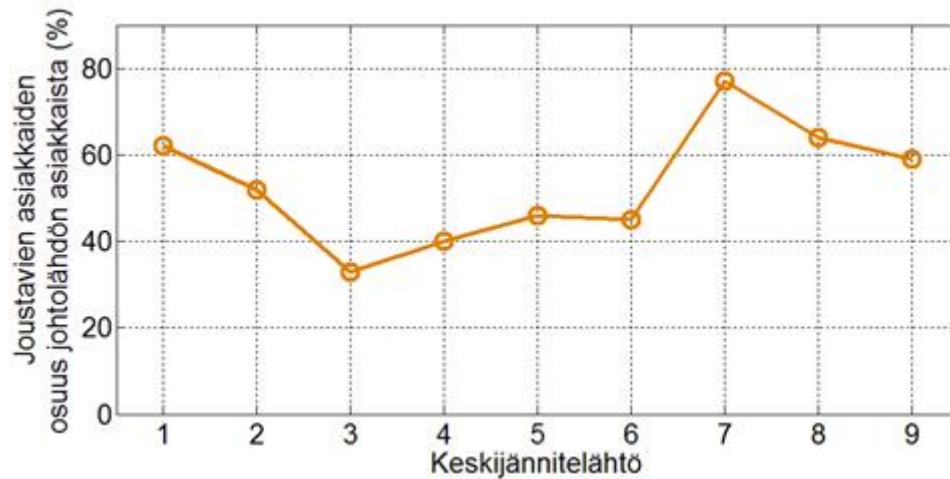
Kuva 6.32 Muutokset jakelumuuntajien huipputehoissa eri simulointitapauksissa verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen. Huipputehojen muutokset on esitetty prosentteina muuntajien nimellistehoista, eli kuvissa 4.2.7 ja 4.2.8 vaaka-akselin yksikkö on sama. Sininen pystykatkoviiva kuvaa keskimääräistä kuormitusasteiden muutosta.

Lisäksi tarkasteltiin keskijännitelähtöjen (9 kpl) huippukuormitusasteita eri tapauksissa. Eri keskijännitelähdöillä oli eri määrä ohjattavia asiakkaita, ja kuvassa kuvassa (Kuva 6.33) on esitetty ohjattavien asiakkaiden jakautuminen keskijännitelähdöille. Taulukossa 6.2. on esitetty keskijännitelähtöjen huipputehot eri simulointitapauksissa sekä myös päämuuntajien huipputehot. Huomataan, että merkittäviäkin muutoksia huipputehoissa tapahtuu, ja muutokset ovat osittain samansuuntaisia kuin jakelumuuntajien tapauksissa. Muutoksia ylöspäin on selvästi enemmän kuin alaspäin. Tuloksista huomataan kuitenkin mielenkiintoinen ilmiö. Silloin kun asiakkaat ohjaavat kuormiaan minimoidakseen ainoastaan siirtokustannukset, tarkoittaa se sitä että pyritään alentamaan huipputehoja. Kun katsotaan esimerkiksi taulukon

optimoinnin ”PT3” tuloksia ja keskijännitelähtöä nro 9, huomataan, että asiakkaiden huipputehojen alentaminen on nostanut keskijännitelähdön huipputehoa. Tämä selittyy sillä, että vain sähkölämmitysasiakkaat tekevät kuormanohjauksia ja tällaisilla asiakkailla kulutushuiput ovat tyypillisesti myöhäisillalla, niin nämä asiakkaat siirtävät omia huippujaan tilanteesta riippuen myös sellaisiin ajankohtiin jolloin on muiden kuin sähkölämmitysasiakkaiden huippukulutusajankohta. Kun suurin osa verkon asiakkaista on muita kuin sähkölämmitysasiakkaita, voi osan asiakkaista tekemä huippukulutuksen pienentäminen lisätä verkon kokonaiskulutusta. Kun kuormanohjauksen motivaatioksi otetaan mukaan myös spot-hinta, voi tämä parantaa tilannetta. Tämä johtuu siitä että monessa tapauksessa spot-hinnat ja myös jakeluverkon huippukuormat korreloivat ajallisesti toisiinsa, ja kun korkean hinnan tunneilta siirretään kulutusta halvemmille tunneille, voivat myös jakeluverkon kulutushuiput laskea. Tämä kaikki korostaa sitä että erilaiset siirtotariffit tulee suunnitella huolella ottaen huomioon koko järjestelmä ja myös spot-hintapohjainen kuormanohjaus.

Taulukko 6.2 Keskijännitelähtöjen ja päämuuntajien huipputehot (MW) eri simulointitapauksissa

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	M1	M2
Alkup.	1.4	0.9	2.6	3.0	0.5	4.0	3.6	2.7	4.5	8.31	13.74
E	2.3	1.5	4.3	5.3	1.0	6.9	7.8	3.3	6.2	14.40	24.19
EPT1LR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.5	8.78	14.66
EPT1HR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.5	8.84	14.70
EPT2LR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.5	8.78	14.66
EPT2HR	1.4	0.9	2.8	3.2	0.5	4.0	4.0	2.7	4.6	8.89	14.73
EPT3	1.4	0.9	2.8	3.2	0.6	3.7	3.9	2.7	4.8	8.82	14.40
PT1	1.3	0.9	2.6	3.0	0.5	3.9	3.3	2.7	4.6	8.18	13.85
PT2	1.3	0.9	2.6	3.0	0.5	3.9	3.3	2.7	4.6	8.18	13.85
PT3	1.3	0.9	2.6	3.0	0.5	3.7	3.2	2.8	4.6	8.11	14.01
EPBGB	1.7	1.1	3.3	3.9	0.7	4.9	4.9	2.6	5.0	10.73	17.20
EPBBB	1.8	1.2	3.5	4.2	0.8	5.3	5.4	2.6	5.2	11.47	18.45



Kuva 6.33 Ohjattavien asiakkaiden jakautuminen keskijännitelähdöille.

Tarkasteltavan verkkoalueen päämuuntajien huippukuormat nousivat eri simulointitapauksissa, ja toisen päämuuntajan kohdalla mentiin jopa yli muuntajan nimellistehon (16 MVA). Lisäksi päämuuntajatasollakin voidaan nähdä sama huippukuormien kasvuun liittyvä kuin ilmiö kuin keskijännitejohtolähtötasollakin.

6.8 Yhteenveto verkostovaikutuksista

Verkko- ja myyntiyhtiöille tehdyissä kyselyissä yhtenä seikkana esille nousivat intressiristiriidat toimijoiden välillä. Verkostosimuloinnit ovat vahvistaneet ristiriitojen olemassaolon, mutta niihin on myös esitetty ratkaisumahdollisuus.

Kun kuormituksia ohjataan kaikille asiakkaille yhtenäisen ohjaussignaalin, kuten sähkön markkinahinnan perusteella, vähenee kuormien risteily, mikä kasvattaa verkon tehoja. Vastaavatyypistä ohjausta on ollut tähänkin saakka käytössä yösähköllä toimivien varaavien sähkölämmitysten yhteydessä, mikä on näkynyt jakeluverkossa kuormituksen kasvuna varaajien kytkeytyessä illalla päälle. Mikäli ohjauksen piiriin otetaan varaavan lämmityksen lisäksi myös suora sähkölämmitys, voi jakeluverkon huippukuormitus kasvaa nykyisestä, erityisesti mikäli verkkoalueella on suosittu enemmän suoraa kuin varaavaa sähkölämmitystä. Todellisella jakeluverkoilla sekä kuormitustiedoilla tehdyissä simuloinneissa on käynyt ilmi, että jakeluverkon huipputehot (suurin tuntikeskiteho) kasvavat tarkastellussa verkossa, mikäli kuormia ohjataan markkinaperusteisesti. Simulointeja on tehty erilaisilla optimointijaksoilla, joista lyhimmissä ohjattava kuorma kytetään tunniksi pois päältä ja seuraavalla tunnilla takaisin. Pisimmässä optimointijaksossa kuormat puolestaan siirretään vuorokauden sisällä optimaalisimpaan ajankohtaan. Verkostovaikutukset ovat samansuuntaisia, riippumatta optimointijakson pituudesta. Lisäksi vaikutuksia on kaikilla verkkotasolla; tehot kasvavat jakelumuuntamoilla, keskijännitelähdöillä sekä myös päämuuntajatasolla. Samankaltainen te-

hojen kasvu on nähtävissä riippumatta siitä, tehdäänkö ohjaukset spot-, säätö- vai reservimarkkinoiden tarpeiden mukaan.

Tehopohjaiset siirtotariffit puolestaan luovat asiakkaalle kannusteen kiinnittää huomiota myös tehoihin. Verkostosimuloinneilla onkin osoitettu, että tehopohjaiset siirtotariffit tasoittavat markkinahintaohjauksen vaikutuksia verkon tehojen kasvuun. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan toteuttaa esimerkiksi asiakkaan toteutuneeseen huipputehoon tai liittymispisteeseen määriteltyyn tehorajaan perustuvan maksukomponentin avulla. Sähkön myyjän hinnoittelu voi siitä huolimatta perustua edelleen tunti hinnoitteluun, esim. spot-hintaan, jolloin asiakkailla on kannuste optimoida kuormia myös markkinahintojen perusteella. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan nähdä jopa edellytyksenä järjestelmän kokonaistehokkuuden toteutumisen näkökulmasta, jotta markkinahinta-pohjaisella ohjauksella saavutettava hyöty ei eliminoidu verkon kapasiteettitarpeen kasvamisena ja siten asiakkaiden korkeampina siirtomaksuina. Tehopohjaista hinnoittelun teknistä toteutusta edesauttaa osassa AMR-mittareita oleva valmius ohjattavan tehorojoituksen ("software fuse") käyttöönottoon. Tehopohjainen hinnoittelu voidaan kuitenkin toteuttaa myös ilman mittarin ko. ominaisuutta.

Nykyisten kuormitusten lisäksi simuloinneilla on tarkastelu maalämpöpumppujen, pientuotannon ja sähköautojen vaikutuksia. Jos ei-sähkölämmitteiset kiinteistöt siirtyvät maalämpöpumppulämmitykseen, verkon tehot kasvavat. Tehdyissä simuloinneissa on havaittu, että tarkastellussa verkossa lämpöpumppujen aiheuttama kuormituksen kasvu vaikuttaa merkittävästi verkon jännitetasoihin. Uudessa kuormitustilanteessa pitää keskittyä erityisesti siihen, että asiakkaiden liittymäpisteiden jännitteet pysyvät hyväksyttävällä tasolla. Verkon loppupäässä, jossa jännitteenalenemat ovat suurimpia, olisi mahdollista säätää jakelumuuntajien väliottokytkimiä siten, että jännitteet nousevat. Myös jakelumuuntajien kuormitukset nousevat siten, että yhä useampi muuntaja on ajoittain nimellistä suuremmassa kuormassa. Tämä tulee huomioida suunnittelussa vaikka lämmityshuipun aikainen alhainen ulkolämpötila mahdollistaakin nimellistä kuormitusta merkittävästi suuremmat ylikuormitukset jakelumuuntajilla. Simuloinneissa oletuksena oli maalämpöpumpun täystehomitoitus.. Jos lämpöpumput olisivat osateholle mitoitettuja, verkon kuormitukset kasvaisivat vielä simulointitulosissa esitettyä enemmän.

Pientuotannon osalta on tarkasteltu asiakkaiden aurinkopaneleiden verkostovaikutuksia. Vaikka pientuotanto vähentää asiakkaan verkosta ottamaa energiaa, ei se pienennä huipputehoa, koska suurin tuotanto ajoittuu kesäaikaan. Pienen kulutuksen aikana tuotantomäärät ylittävät asiakkaan kulutuksen, ja tehoa lähtee siirtymään verkkoon päin. Tämä vaikutus näkyy tehon siirtosuunnan muutoksissa jakelumuuntamoilla ja keskijännitelähdöillä, ja jopa

päämuuntajatasolla jo kohtalaisilla penetraatioasteilla. Asiakkaalta sähköaseman suuntaan siirtyvät tehot ovat kuitenkin selvästi pienempiä kuin huippukulutuksen aikaan verkosta asiakkaalle siirtyvät tehot. Siten pientuotannon muodostuminen mitoittavaksi tekijäksi jakeluverkossa laajassa mittakaavassa on epätodennäköistä.

Sähköautojen vaikutukset riippuvat huomattavasti siitä, millä logiikalla niiden latausta ohjataan. Mikäli niitä ladataan ohjaamattomasti siten, että autojen lataus aloitetaan välittömästi auton saavuttua kotiin, kasvavat verkon kuormat. Simulointien perusteella tämä ei kuitenkaan vaikuttaisi merkittävästi tarkastellun jakeluverkon mitoittamiseen. Mikäli sähköautojen latausta ohjataan verkon kuormitusten mukaisesti, on lataus periaatteessa mahdollista toteuttaa siten, että sillä ei ole vaikutusta jakeluverkon huipputehoihin. Sähköautojen älykäs lataus onkin yksi tulevaisuuden keskeisistä kysynnän joustoressursseista, ja mikäli autojen akuista on mahdollisuus syöttää tehoa verkkoon päin (V2G, vehicle-to-grid), voidaan niitä käyttää myös energiavarastona.

7 Kysynnän joustoon vaikuttava lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta

Sääntelyn kautta on mahdollista ohjata ihmisten, yritysten ja muiden sähkön käyttäjien toimintaa niin rakentamisessa, energian kulutuksessa ja ajoituksessa kuin sähkömarkkinoillakin. Sääntelyn kautta on mahdollista vaikuttaa kysynnän joustoon sekä suoraan että välillisesti. Sääntelyä voivat olla paitsi johonkin toimintaan suoraan velvoittavat lakitekstit, myös hallinnollinen ohjaus, erilaiset kannustimet (kuten verotus, tukiaiset, suositukset), oikeuksien jakaminen ja informaation tuottaminen sekä levittäminen. Yksi sääntelyä koskevista vaihtoehtoista on se, ettei pyritä sääntelemään asioita varsinkaan suoraan ulkopuolelta, vaan annetaan markkinoiden toimia mahdollisimman vapaasti. Lainsäädännön ja viranomaisvalvonnan kautta on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi markkinoiden muodostumisen ja markkinoiden toimivuuden edellytyksiin ja jättää varsinainen markkinatoiminta markkinoilla mahdollisimman vapaasti määräytyväksi. Erilaisien määräysten määrä ja kokonaispituus on kasvanut Suomessa ja muissa länsimaissa viime vuosisadat huomattavaa vauhtia.

DR-pooli -projektissa sääntelyä ryhmiteltiin viiteen ryhmään. Ensimmäisenä ryhmänä on käsitelty lainsäädäntöä, johon liittyvät sekä EU-direktiivit ja -asetukset sekä Suomen kansalliset lait ja asetukset. Toisena ryhmänä ovat viranomaismääräykset ja -ohjeet. Kolmantena ryhmänä ovat taloudelliset kannusteet, kuten verot ja verohelpotukset. Taloudellisten kannustimien joukkoon lukeutuu myös verkkoliiketoiminnan taloudellinen valvontamalli. Neljäntänä sääntelytapana on luokiteltu itsesääntely tai yhteissääntely, johon liittyvät mm. toimialoilla käytettävät velvoittavat standardit, muut standardit sekä erilaiset sopimukset. Viidentenä sääntelyryhmänä on informaatio-ohjaus, joka pitää sisällään ohjeet ja suositukset, tilastot, vertailut, tutkimukset, koulutuksen ja tiedottamisen sekä erilaiset merkinnät, jollainen on esimerkiksi DR-merkintä tuotteessa. 29.9.2014 pidetyssä tutkimusprojektin työpajassa tätä jaottelua hyödynnettiin kuvassa 7.1 esitetyn taulukon muodossa.

	Sähkömarkkinat	Kantaverkko	Jakeluverkko	Mittaus	Ohjaus	Kiinteistön sähköverkko	Kiinteistöautomaatio	Energiatehokkuus
1. Lainsäädäntö - EU-direktiivit ja asetukset - kansalliset lait ja asetukset								
2. Viranomais määräykset ja -ohjeet								
3. Taloudelliset kannusteet - verot / verohelpotukset - verkkoliiketoiminnan taloudellinen valvontamalli								
4. Itsesääntely tai yhteissääntely* - velvoittavat standardit - muut standardit - sopimukset								
5. Informaatio-ohjaus - ohjeet ja suositukset - tilastot, vertailut, tutkimukset - koulutus ja tiedotus - merkinnät (esim. DR-merkintä tuotteeseen)								

* Itsesääntelyssä toimiala sopii itse, miten se toimii ja edistää jotain asiaa, yhteissääntelyssä asioista sovitaan yhdessä toimialan ja viranomaisten tai lainsäätäjän kanssa

Kuva 7.1 Sääntelyn jaottelu

7.1 Energiatehokkuuslainsäädäntö

Energiatehokkuusasioihin liittyvästä sääntelystä osa on EU-laajuista, osa valtakunnallista ja osa paikallista. Euroopan unionissa rakennusten energiankäyttöasioiden kannalta keskeisiä säädöksiä ovat muun muassa energiaterhokkuusdirektiivi 2012/27/EU ja rakennusten energiaterhokkuusdirektiivi 2010/31/EU. Myös uusiutuvien energianmuotojen käyttöä koskevalla RES-direktiivillä 2009/28/EC ja ekosuunnitteludirektiivillä 2009/125/EC siihen liittyvine asetuksineen on jo nyt, ja tulee tulevaisuudessa entistä enemmän olemaan, vaikutusta energiantuotantoon ja -käyttöön, ja epäsuoraa vaikutusta myös kysyntäjoustoasioihin. EU:n ekosuunnitteluasetukset velvoittavat myös jäsenmaita.

Alla on esitetty poimintoja EU-asetuksina annettujen ekosuunnitteludirektiiviin liittyvien määräysten kehityksestä lähiaikoina:

- 1.1.2015 tulivat voimaan uudet puhaltimien energiaterhokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset (asetus 327/2011)
- 1.1.2015 tulivat voimaan muutokset kotitalouksissa ja toimistoissa käytettävien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden lepovirtakulutusta koskeviin määräyksiin (asetus 801/2013)
- 1.1.2015 vesipumppujen hyötysuhdevaatimukset tiukkenivat (asetus 640/2009)
- Energiamerkinnän käyttöpakko laajeni 1.1.2015 alkaen koskemaan mm. markkinoille tuotavia uusia astianpesukoneita, kylmäsäilytyslaitteita, kuivausrumpuja, televisioita, va-

laisimia ja huoneilmastointilaitteita. 1.4.2015 alkaen vaatimukset tulevat koskemaan myös uuneja sekä liesituulettimia ja 16.9. lähtien vedenlämmittimiä, kuumavesisäiliöitä sekä tila- ja yhdistelmälämmittimiä. (mm. asetukset 626/2011; 814/2013).

- Lähivuosina ylipäätään tulee voimaan monenlaisia ekotehokkuusvaatimuksia markkinoille tuleville uusille tuotteille, jotka tulevat voimaan asteittain (esim. vedenlämmittimien ja kuumavesisäiliöiden ekosuunnitteluvaatimukset astuvat voimaan vaiheittain 26.9.2015, 26.9.2017 ja 26.9.2018 (asetus 814/2013))

Ekosuunnitteludirektiiviin liittyvien säädösmuutosten yleisseurauksena voidaan olettaa olevan sen, että tulevaisuudessa sekä uudet rakennusten tekniset järjestelmät että ylipäätään uudet erilaiset sähköä käyttävät laitteet ovat energiatehokkaampia etenkin lepoaikanaan sekä myös käyttöaikanaan. Samalla myös laitteista syntyvän hukkalämmön määrä tulee vähenemään. Laitteiden uusittuminen tulee kuitenkin viemään aikaa. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi puolestaan tulee velvoittamaan energiatehokkaampaan uudisrakentamiseen. Tähän liittyviä muutoksia tarkastellaan tarkemmin lähes nollaenergiarakentamista käsittelevässä alaluvussa.

Energiatehokkuusdirektiivi (2012/27/EU) käsittelee myös sähkön kysyntäjoustoön liittyviä asioita. Direktiivi velvoittaa mm. tariffirakenteiden kehittämiseen sellaiseen suuntaan, jossa tariffirakenteet ovat energiatehokkuuteen ja kokonaistehokkuuteen kannustavampia. Energiatehokkuusdirektiivin johdanto-osan kappaleessa 44 todetaan, että ”kysynnänohjaus on tärkeä väline energiatehokkuuden parantamiseksi”. Direktiivin säätämisen lähtökohtana on ollut, että kysynnän jousto muodostaa:

”mekanismin, jolla voidaan vähentää tai siirtää kulutusta, minkä tuloksena energiaa säästyy sekä loppukulutuksessa että myös energian tuotannossa, siirroissa ja jakelussa, kun verkkojen ja tuotanto-omaisuuden käyttö optimoidaan”.

Varsinaiset säädökset esitetään direktiivien artikloissa.

Energiatehokkuusdirektiivin III luvun 15 artiklassa säädetään, että jäsenmaiden on 30.6.2015 mennessä:

”Varmistettava, että poistetaan sellaiset siirto- ja jakelutariffeihin sisältyvät kannustimet, jotka ovat haitallisia sähkön tuotannon, siirron, jakelun ja toimituksen kokonaistehokkuudelle (myös energiatehokkuudelle) tai jotka voivat haitata kysyntäjousto-omaisuuden tasapainottamisessa ja lisäpalvelujen hankinnassa.”

Suomen kansalliseen lainsäädäntöön nämä vaatimukset tuotiin lailla sähkömarkkinalain muuttamisesta (1430/2014), jonka tässä käsitellyt osat tulivat voimaan 1.1.2015. Uudistetun lain 24

a §:n yhteydessä säädettiin verkkopalveluiden tariffeihin liittyen kielto sellaisille ehdoille, jotka ovat haitallisia kokonaistehokkuuden ja energiatehokkuuden kannalta:

”Verkkopalvelujen hinnoittelussa ja myyntiehdoissa ei saa olla ehtoja, jotka ovat haitallisia sähkön tuotannon, siirron, jakelun ja toimituksen kokonaistehokkuudelle ja energiatehokkuudelle.”

Samassa yhteydessä Sähkömarkkinalakiin lisättiin 24 b § sähkönkulutuksen joustosta ja kysynnän ohjaustoimenpiteistä verkkopalvelujen hinnoittelussa. Siinä säädetään verkkopalvelujen hinnoittelusta:

”Verkkopalvelujen hinnoittelussa ei saa olla ehtoja, jotka voivat estää sähkönkulutuksen jouston tarjoamisen säätösähkömarkkinoille ja lisäpalvelujen ostajille tai jotka estävät vähittäismyyjiä asettamasta järjestäytyneillä sähkömarkkinoilla saataville järjestelmäpalveluja kysynnän ohjaustoimenpiteitä tai kysynnän hallintaa varten. Verkkopalvelujen hinnoittelussa on otettava huomioon kustannukset ja hyödyt, jotka aiheutuvat sähkönkulutuksen joustosta ja kysynnän ohjaustoimenpiteistä.

Verkonhaltijan verkkopalvelujen myyntiehtojen on luotava edellytykset sähkönkulutuksen jouston osallistumiseen säätösähkö- ja varavoimamarkkinoille sekä lisäpalvelujen tarjoamiseen, jos osallistumisen järjestäminen on verkonhaltijan tehtävänä. Myyntiehdoissa on otettava huomioon sähköjärjestelmän toimintavarmuus ja tehokkuus. Myyntiehdoissa ei saa olla ehtoja, jotka perusteetta estävät yhteisostoryhmien tarjoaman sähkönkulutuksen jouston osallistumisen säätösähkö- ja varavoimamarkkinoille sekä lisäpalvelujen tarjoamiseen.”

Energiatehokkuusdirektiivin liitteessä XI säädetään puolestaan mm. siitä, että ”verkkotariffien on oltava kustannusvastaavia niiden kustannussäästöjen suhteen, joita verkoissa on saavutettu kysyntäpuolen ja kysynnän ohjaustoimenpiteillä ja hajautetulla tuotannolla, mukaan lukien säästöt, joita on saatu alentamalla toimituskustannuksia ja verkkoinvestointien kustannuksia ja optimoimalla verkon toiminta”.

Energiatehokkuusdirektiivi on Suomessa laitettu toimeen Energiatehokkuuslailla sekä tehdyillä muutoksilla Sähkömarkkinalakiin, Maakaasumarkkinalakiin ja lakiin sähkö- ja maakaasumarkkinoiden valvonnasta. Suomalaista energiatehokkuusaiheeseen liittyvää lainsäädäntöä ovat edellä mainitun Energiatehokkuuslain lisäksi mm. Maankäyttö- ja rakennuslaki (jota energiatehokkuusvaatimusten osalta on uudistettu (21.12.2012/958) vastaamaan rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä asetettuja vaatimuksia, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Laki rakennusten energiatehokkuudesta (50/2013), sekä siihen liittyvät asetukset (170/2013 ja 176/2013). Vuonna 2014 annettiin myös esitys Ilmastolaista (HE 82/2014), mutta sitä ei tätä tekstiä kirjoitet-

taessa ole vielä käsitelty Eduskunnassa ja sen toimitelmissä loppuun asti. Ilmastolaki tulee esityksen mukaan kohdistumaan valtion viranomaistoimintaan, eikä se kohdistu ainakaan suoraan sähkön kuluttajiin, tuottajiin, myyjiin tai siirtäjiin. Energiatehokkuuteen liittyvät lainsäädännölliset muutokset Suomen kansalliseen lainsäädäntöön tulevat lähitulevaisuudessa paljolti EU:ssa tehtyjen linjausten seurauksena.

Paikallista energiatehokkuussäätelyä edustavat mm. kuntien rakennusvalvontaviranomaiset. Rakennusvalvonta voi ohjata rakennushankkeeseen ryhtyviä esimerkiksi rakennusten energiatehokkuusasioita koskevissa valinnoissa. Viranomaisilla on sekä päätösvaltaa että myös mahdollisuus tietoa jakamalla ja kommunikoimalla vaikuttaa vapaaehtoisuudenkin kautta rakennushankkeiden valintoihin. Suomessa esimerkiksi Oulun rakennusvalvonta on saanut julkisuutta lanseeraamallaan ”hoksauttamiseksi” kutsumallaan toimintatavalla, jossa ideana on ollut saada rakennusluvan hakijat itse ymmärtämään, että energiatehokkaampi vaihtoehto voisi olla heidän itsensä kannalta kannattavampi. Rakennusvalvonnan aktiivisen ohjaustoiminnan seurauksena Oulussa on rakennettu voimassa olevien normien edellyttämiä minimivaatimustasoja energiatehokkaampia rakennuksia. Paikallisella ohjauksella ja informoinnilla on siis mahdollista vaikuttaa ihmisten toimintaan.

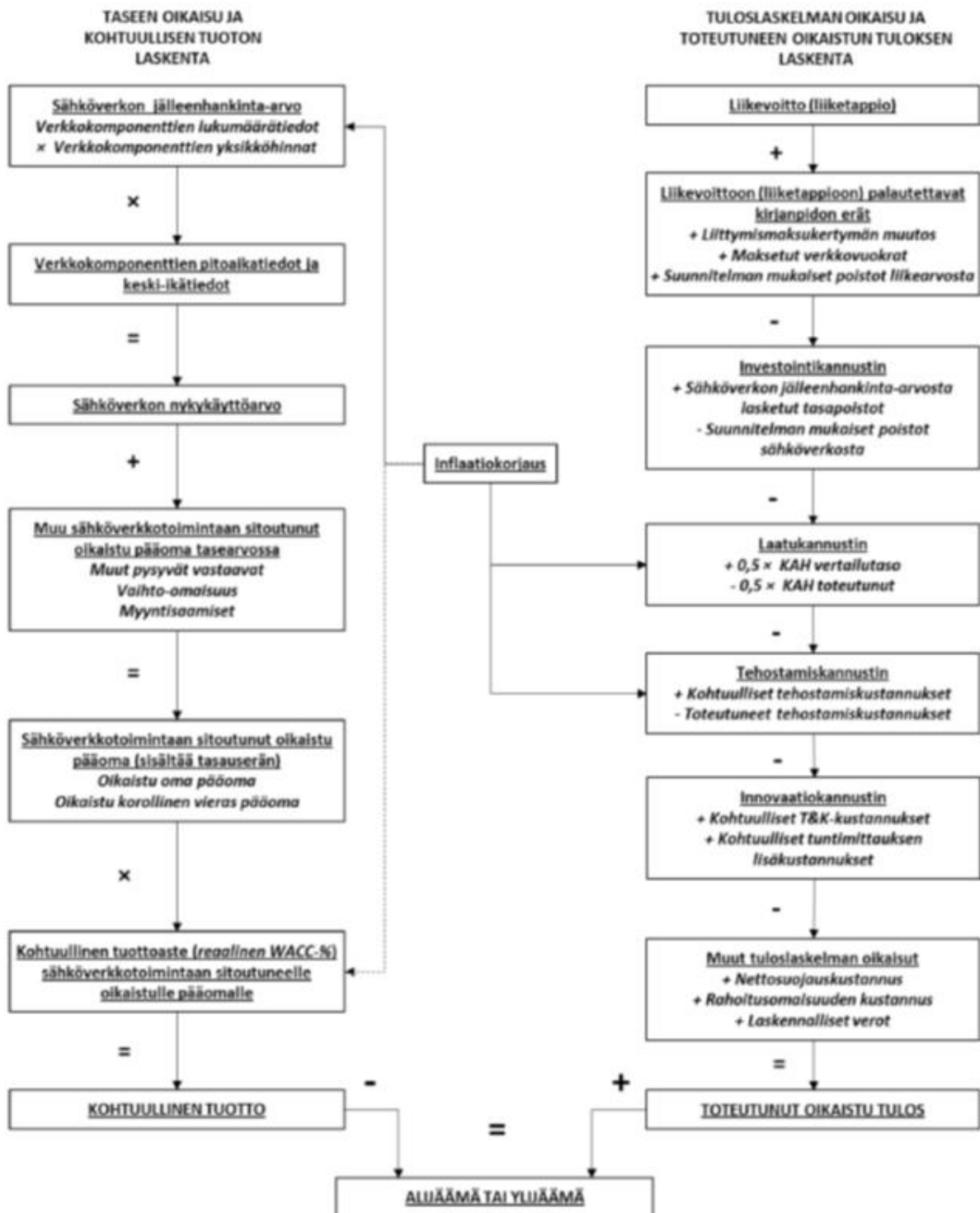
7.2 Verkkoliiketoiminnan regulaatio

Verkkoliiketoiminnan taloudellinen valvontamalli ei sinällään ota kantaa kuorman ohjauksen toteuttamiseen, mutta valvontamalliin sisältyviä kannustimia voisi kehittää siten, että niissä huomioitaisiin myös kysynnän jouston mahdollistaminen. Tätä on kuvattu seuraavassa.

Alueellisessa monopoliasemassa olevien verkkoyhtiöiden hinnoittelun kohtuullisuutta sekä palvelun laatua valvotaan viranomaisen (Energiavirasto) toimesta. Suomessa käytettävässä valvontamallissa verrataan verkkoyhtiön toteutunutta laskettua tuottoa kohtuulliseksi katsottuun tuottoon. Tämän lisäksi määritetään kohtuulliset operatiiviset kustannukset ja kohtuulliset poistot. Siten valvonta asettaa käytännössä ylärajan sähköverkkotoiminnan liikevaihdolle. Valvontamallin peruseriaatteet on esitetty kuvassa (Kuva 7.2).

Valvonta perustuu Lakiin sähkö- ja maakaasumarkkinoiden valvonnasta (590/2013). Valvontajaksot ovat nelivuotisia (nykyinen valvontajakso 2012–2015), ja vahvistuspäätös hinnoittelun valvontamenetelmistä on voimassa kahden valvontajakson ajan. Tällä hetkellä on valmisteilla valvontamenetelmät valvontajaksoille 2016–2019 sekä 2020–2023.

Nykyisessä valvontamenetelmässä verkkoyhtiöt saavat kerätä investoinneille tuoton sekä tasa-poistot, joten malli kannustaa verkkoyhtiöitä investointeihin, ja siten myös kysyntäjoustoinfra-struktuurin rakentamiseen. Mallissa on kuitenkin myös tehostamiskannustin, joka kannustaa pienentämään operatiivisia kustannuksia. Siten uudet tehtävät ja järjestelmät, jotka kasvattavat näitä kustannuseriä, voivat aiheuttaa negatiivisia taloudellisia vaikutuksia verkkoyhtiöille. Jotta yhtiöillä olisi kannuste käyttää operatiivisia kustannuksia toiminnan kehittämiseen, on mallissa innovaatiokannustin. Nykyisellä valvontajaksolla innovaatiokannustimessa on kaksi osaa; tutkimus- ja kehityskustannukset sekä tuntimittauksen aiheuttamat lisäkustannukset. Kohtuullisiksi tuntimittauksen lisäkustannuksiksi on määritetty viisi euroa tuntimittauksessa olevaa käyttöpaikkaa kohden. Edellytyksenä on, että verkonhaltija tekee käyttöpaikan taseselvityksen tuntimittauksen perusteella. Kohtuullisiksi T&K –kustannuksiksi puolestaan hyväksytään enintään puoli prosenttia verkonhaltijan liikevaihdosta. Innovaatiokannustimen kehittämistä koskevassa selvityshankkeessa (Vehviläinen et al. 2014) on tunnistettu tarve kannustaa verkkoyhtiöitä innovaatioiden käyttöönottoon, ja siten ehdotettu kannustimen ylärajan nostamista yhteen prosenttiin sekä neuvottelumenettelyn lisäämistä kannustimeen.



Kuva 7.2 Kolmannen valvontajakson 2012–2015 valvontamenetelmän peruseriaatteet (EMV 2011).

Innovaatiokannustimen avulla olisi mahdollista myös tukea verkkoyhtiöiden kehitystyötä siten, että niitä kannustettaisiin kehittämään ja käyttöönottamaan sellaisia mittarointiratkaisuja sekä tietojärjestelmiä, jotka edesauttavat kysyntäjoustoressien markkinoillepääsyä. Tällöin voitaisiin soveltaa samankaltaista ratkaisua kuin tuntimittauksen aiheuttamien lisäkustannusten kohdalla. Eli verkkoyhtiölle korvattaisiin tietty euromäärä jokaista käyttöpaikkaa kohden, jossa on kytkettyä ohjattavia kuormia, joita kolmas osapuoli (myyjä tai aggregaattori) voi ohjata määritel-

tyjen reunaehtojen (esim. aikaviiveet) puitteissa. Samalla innovaatiokannustimen tulee kuitenkin kannustaa verkkoyhtiöitä myös edellä kuvattua standardiratkaisua innovatiivisempien kysyntäjoustotyökalujen kehittämiseen ja käyttöönottoon.

Pidemmällä aikavälillä regulaatiota tulisi kehittää siten, että se aidosti loisi kannusteita kysynnän jouston tyyppisille toiminnoille, joilla voidaan parantaa olemassa olevan kapasiteetin mahdollisimman tehokasta käyttöä kustannustehokkaasti pelkästään verkkoon tehtävien investointien kannusteiden rinnalla.

7.3 Rakentamisen sääntely

Rakentamista ohjataan määräyksillä, taloudellisella ohjauksella ja informoinnin kautta. Millä tahansa näistä on, niin haluttaessa, mahdollisuus myös lisätä kysynnän jouston mahdollisuuksia. Rakentamista koskevat määräykset jakaantuvat valtakunnallisesti voimassa oleviin määräyksiin, joista keskeisen osan muodostaa Rakentamismääräyskokoelma, ja kuntakohtaisiin määräyksiin, joista jälkimmäisiä edustavat muun muassa Rakennusjärjestys ja erilaiset paikalliset kaavamääräykset. Kuntakohtaisesti voidaan lisäksi vaikuttaa rakentamistapaohjeilla, rakennusvalvonnan ohjauksella ja tontinluovutusehdoilla. Kaavoituksessa ja tontinluovutusehdoissa on mahdollista asettaa esimerkiksi energia-asioihin liittyviä erityisvaatimuksia.

Nykyinen rakentamismääräyskokoelma koostuu seitsemästä osasta, jotka ovat (A) Yleinen osa, (B) Rakenteiden lujuutta koskevat määräykset ja ohjeet, (C) Eristyksiä koskevat määräykset ja ohjeet, (D) LVI- ja energiatalousasioita koskevat määräykset ja ohjeet, (E) Rakenteellista paloturvallisuutta käsittelevät määräykset ja ohjeet, (F) Yleiset rakennussuunnittelua koskevat määräykset ja ohjeet sekä (G) Asuntorakentamista koskevat määräykset ja ohjeet.

Suomen koko rakentamismääräyskokoelma aiotaan lähitulevaisuudessa uudistaa. Jatkossa uudet rakentamista koskevat vaatimukset annetaan asetusmuodossa. Taustalla ovat mm. Perustuslaista nousevat muutosvaatimukset. Siitä on seurannut pyrkimys koota aiemmin eri säädöstasoilla olleet perussäännökset osaksi lakia, kirjata lakeihin selkeät ja rajatut asetuksenantovaltuudet, ja antaa sitten asetusmuodossa lakia tarkentavia säännöksiä. Aiemmin asetuksissa, jollaisia rakentamismääräyksetkin ovat olleet, on ollut seassa myös ei-velvoittavia ohjeita, mutta jatkossa velvoittavat asetukset ja ei-velvoittavat ohjeet erotellaan toisistaan.

Rakentamismääräyksissä energiatehokkuutta säädellään ensisijassa asetuksen 2/11 (Rakennusten energiatehokkuus, Rakentamismääräyskokoelman osa D3) avulla. Rakentamismääräyskokoelman energiamääräyksiä koskevaan osaan D3 lisättiin syksyllä 2014 myös lähes nol-

laenergiarakentamisen juridinen määritelmä, jossa käytännössä viitataan asiaa koskevaan direktiiviin, mutta ei esitetä termin täsmällisempää tulkintaa Suomessa. Tällä hetkellä ei ole vielä tiedossa, millaiset lähes nollaenergiarakentamisen määräykset tulevat Suomessa tarkalleen olemaan siinä vaiheessa.

Energiatehokkuus määritellään rakentamismääräyksissä samoin kuin energiatodistuksissakin rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) avulla. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. Energiamuotojen kertoimien lukuarvoista on mahdollista päättää kansallisesti. Energiamuotokertoimet on säädetty ensin ympäristöministeriön asetuksella 2/11 ja sittemmin Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen jälkeen Valtioneuvoston asetuksella 9/2013. Sähköllä on kerroin 1,7, kaukolämmöllä 0,7, fossiilisilla polttoaineilla 1 ja uusiutuvilla polttoaineilla 0,5. Asetusten muuttaminen ei vaadi raskaita lainsäädäntöprosesseja. Asetusten muuttaminen edellyttää virkaa tekevän hallituksen jäsenten poliittisia päätöksiä.

Eräs tapa, jolla kysynnänjoustoasioita olisi mahdollista säädöksellisesti edistää, on E-lukulaskentaa koskevat säädökset. Rakennushankkeeseen ryhtyvien kiinnostusta varautua kysyntäjoustoan voisi edistää esimerkiksi jonkinlaisen "helpotuksen" antamisella E-lukulaskennassa sellaisille rakennuksille, jotka on varustettu kyvyllä ajoittaa sähkönkulutuksensa tarkemmin määritetyllä tavalla. Tämä liittyy yleisempään tämänhetkiseen laskentatapaan, jossa sähkönkäytön ajankohta (vuodenaika, vuorokaudenaika) ei vaikuta E-lukuun. Helpotus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi säätämällä alempi sähkön energiamuotokerroin kysynnänjoustorakennuksille tai sitten vastaavalla tavalla kuin jo nyt on toimittu hirsirakennusten kohdalla, joille on annettu väljemmät raja-arvot määräysten mukaisuuden täyttämiseen. Asiaa voitaisiin perustella esimerkiksi keskimääräistä sähkönkäyttöä vähäisemmillä rakennuksen elinkaarenaikaisilla ympäristövaikutuksilla, mihin tapaan hirsirakennustenkin E-lukuhelppotusta on muun muassa perusteltu.

Tällä hetkellä säädökset ohjaavat rakennusten lämmityksessä voimakkaasti pois varaavasta ja suorasta sähkölämmityksestä. Kuitenkin esimerkiksi lämpöpumput voivat lopulta lisätä sähkönkäytön tehohuippua sekä asiakkaan kiinteistössä että sähkönjakeluverkossa, kuten kappaleessa 6.6 esitetyissä laskelmissa on havainnollistettu. Tämä tulee vaikuttamaan sähkön kysyntäjoustoan mahdollisuuksiin varsinkin uusissa rakennuksissa.

Ympäristöministeriön asetuksessa 2/11 on vaatimuksia ja tarkempia ohjeita myös energiankäytön mittaukseen. Kohdassa 2.8.1 esitetään vaatimukset, jotka koskevat rakennusten varustamista energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella siten, että rakennuksen eri energia-

muotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Vastaavasti voisi olla tulevaisuudessa mahdollista säätää vaatimuksia tai ohjeita valmiuksista, jotka mahdollistavat kysyntäjouston.

Rakentamismääräyksissä uudistuotannon energiatehokkuusmääräykset (D3) ovat kehittyneet ja muuttuneet nopeaan tahtiin ja lisää muutoksia on tulossa vielä tällä vuosikymmenellä. Ympäristöministeriö vastaa rakentamismääräysten kehittämisestä. Rakentamisen tapauksessa lainsäädännöllistä sääntelyä on nykyisin koskien esimerkiksi sitä, mihin ja miten paljon saa rakentaa, millainen henkilö saa toimia minkäkin tyyppisessä kohteessa minkäkinlaisena suunnittelijana, paljonko ikkunapinta-alaa asuinrakennuksissa tulee olla, mitä vaatimuksia rakennusmateriaaleille on esitetty, tai miten työmaiden työturvallisuusasioita tulee hoitaa. Nykyisin yhteiskunta sääntelee myös esimerkiksi uudisrakennusten laskennallista vuosienenergiansäilytystä. Kuitenkaan esimerkiksi rakennusten sähkötehonkäyttöön ei ole liitetty valtion tai kuntien taholta edes juuri informaatio-ohjausta, saati juridista sääntelyä. Rakennusten suunnittelussa ja käytössä ei nykyisin useinkaan pyritä optimoimaan tehonkäyttöä, vaikka (huippu)tehontarve määrittää esimerkiksi voimalaitoksille ja sähkönsiirtoverkolle asetetun kapasiteetin ja vaikka asialla on merkitystä myös kasvihuonepäästöjen kannalta. Ainakin nykyistä laajempi informaatio-ohjaus tehoasioiden paremmasta huomioimisesta voisi olla kansantaloudellisestikin hyödyllistä, jos tällaiset toimet auttaisivat kustannustehokkaasti tehonhallinnan kehittämisessä.

Rakentamista koskeva lainsäädännöllinen ohjaus on historiallisesti koskenut lähinnä uudisrakentamista, mutta muutakin kuin uudisrakentamista koskeva sääntely on mahdollista. Vuonna 2013 tuli voimaan ympäristöministeriön asetus (4/13) rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, joka vaikuttaa toimintaan rakennus- tai toimenpideluvunalaisten korjaus- ja muutostöiden kohdalla ohjaten tekemään muiden korjausten yhteydessä myös energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä. Muutenkin toteutettavien korjausrakentamistoimenpiteiden toteutusajankohta lienee myös potentiaalinen ajankohta sille, milloin kiinteistönhaltija voisi kysynnänjoustoasioita erityisesti kehittää vanhojen rakennusten osalta.

Rakentamismääräyksissä määrätään siis jo nykyisin myös energiansäilytys ohjaukseen liittyvistä teknisistä valmiuksista. Rakennusten käytöstä ei kuitenkaan ole toistaiseksi annettu Suomessa juuri määräyksiä, eikä sitä koskevia määräyksiä voida rakentamismääräyksiensä kautta antaa, sillä niiden kautta säädellään Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti rakentamista, ei kiinteistöjen käyttöä.

Rakentamismääräyksissä voitaisiin luoda kannusteet kysynnän joustolle, esim. E-luvun laskennassa käytettävä sähkön energiamuotokertoimen avulla. Kertoimen tulisi olla pienempi, jos kulutus on ohjattavissa. E-luku kuvaa kokonaisvaikutusta energiahuoltojärjestelmässä. Kuor-

man ohjauksella sähköenergiajärjestelmä toimii optimaalisemmin, luo paremmin edellytyksiä uusiutuvan energiantuotannon penetraation kasvulle ja kokonaisvaikutukset energian käytön, kustannusten ja päästöjen suhteen jäävät vähäisemmiksi, mikä olisi perusteena kertoimen pienentämiselle.

7.4 Lähes nollaenergiarakentaminen

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EBPD) edellyttää koko EU-alueella siirtymään julkisessa rakentamisessa (viranomaisten käyttämät tai omistamat rakennukset) vuoden 2019 lopun jälkeen ja muussa rakentamisessa vuoden 2020 loppuun mennessä niin sanottuun lähes nollaenergiatalorakentamiseen” (nZEB). Reunaehtoja lähes nollaenergiarakennuksille on säädetty rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä 2010/31/EU. Lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan direktiivin artiklan 2 mukaan ”rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus, sellaisena kuin se on määritettynä direktiivin liitteen I mukaisesti. Tarvittava lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä olisi hyvin laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia.”

Direktiivin toimeenpano tehdään kansallisesti, missä yhteydessä tehdään myös tulkintoja direktiivin sisällöstä. Suomen kansallisissa määräyksissä on säädetty toistaiseksi vain siitä, että lähes nollaenergiarakennuksia täytyy jatkossa tehdä. Ympäristöministeriön asetuksena 1/14 Rakentamismääräyskokoelman osaan D3 lisättiin 19.8.2014 määräys, jossa todetaan, että 31.12.2018 jälkeen viranomaisten käyttämien ja omistamien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia, ja että 31.12.2020 mennessä kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Asetuksen antamisen yhteydessä todettiin, että lähes nollaenergiarakennuksen tulee olla direktiivin 2010/31/EU liitteen 1 mukainen, mutta ei vielä määritelty, mitä se Suomessa tarkoittaa. Lähes nollaenergiarakennuksiin liittyvien tarkempien kansallisten määräysten laatiminen on valmisteilla.

Ympäristöministeriö on käynnistänyt lainsäädäntöhankkeen lähes nollaenergiatalojen rakentamiseen siirtymisen valmistelua varten ja lainsäädäntömuutosten on tarkoitus tulla Suomessa voimaan 1.1.2017 (Kalliomäki 2014). Tässä lainsäädännössä määritetään, miten kansallisesti toteutetaan erittäin korkea energiatehokkuus ja mitä lopulta säädetään esimerkiksi rakennusten lähellä tuotettavista uusiutuvista energialähteistä (ns. near-by tuotanto), jotta tavoitteet energiankulutuksen kattamisesta laajalti uusiutuvista lähteistä voidaan saavuttaa.

Keskeinen paino rakentamisen energiatehokkuusmääräyksissä uudistuotannossa on tähän asti ollut uusiutumattoman primäärienergian käytön vähentämisessä energiamuotokertoimien avulla.

Tehonkäytöllä ei ole ollut suoraan merkitystä energiatehokkuuden ohjaamisessa, vaan määräykset koskevat nimenomaan energian käyttöä. Määräyksissä ei ole otettu huomioon mitenkään sitä, mihin aikaan vuodesta tai vuorokaudesta energiaa käytetään, vaikka määräykset perustuvatkin arvioituun kokonaisvaikutukseen energiatuotannossa, mikä on ajankohtariippuvainen asia. Rakennusten energiatehokkuusmääräyksissä ei siten tällä hetkellä ole merkitystä, käytetäänkö sähköä vain kesällä, tasaisesti ympäri vuoden tai vain kovien pakkasten aikana.

Uusiutuvan tuotannon lisääminen tuo mukanaan paikallista tuotantoa mm. aurinkopaneeleilla tai tuulivoimaloilla. Paikallinen pientuotanto edellyttää jatkossa huomion kiinnittämistä yhä enemmän tehotasapainoon niin rakennuksessa kuin alueellisestikin. Lähes nollaenergiatalon (nZEB) määrittelevissä tulevaisuuden määräyksissä joudutaan ottamaan kantaa rakennuksessa tuotetun ylimääräisen sähkön käsittelyyn laskelmissa. Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen tulee vaatimaan yhä enemmän tarpeenmukaista ohjausta, kiinteistöautomaatiota ja mittaus-tietojen hyödyntämistä. Kysynnän jousto, kuorman ohjaus ja sen vaatimat tekniset ratkaisut tulee nähdä yhtenä osana lähes nollaenergiarakennusta.

Suomen nZEB-rakentamisen lainsäädännön taustaksi on vv. 2013 - 2014 luotu FInZEB-hankkeessa kansallisia näkemyksiä. FInZEB-hankkeen toimenpide-ehdotuksissa ja laskentamalleissa on ehdotettu otettavaksi osaksi tarkastelua kiinteistön huipputeho ja siitä ohjattavissa olevan osan määrittely. Tavoitteena olisi pienentää huipputehoja ja vähentää niiden haitallista vaikutusta sekä sähköverkolle että energiantuotannolle.. Lisäksi tarkasteluun otettaisiin pohjatehot, joita on verkkoon kytkeytyneenä niinäkin aikoina, jolloin tilat eivät ole käytössä. (Rae ja Harsia, 2015)

7.4.1 Muuta energiatehokkuuden ohjauksesta rakennuksissa

Uusien ja jo olemassa olevien kohteiden sähkönkäytön valtiotason ohjaus toimii osin eri tavoin. Rakentamismääräyksiin ohjataan ensisijaisesti uudiskohteita. Korjausrakentamiskohteissa rakentamismääräyksiä sovelletaan vain valikoidusti lähinnä muutoinkin luvanvaraisissa muutoksissa. Taloudellista ohjausta valtio toteuttaa energia-asioissa olemassa olevassa rakennuskannassa tällä hetkellä mm. verotusratkaisuillaan, energia-avustuksilla ja kotitalousvähennyksillä. Energia-avustusten saamiseen on mahdollista lisätä erityisehtoja, jollaisia saattaisi olla mahdollista kehittää myös kysynnänjoustoasioiden edistämiseen liittyen. Ympäristöministeriö ja ARA hoitavat energia-avustusasioita.

Informointia toteutetaan muun muassa kulutuspalautteella, eri viestintävälineillä toteutetulla energiatehokkuusinformaatiolla sekä rakennuskohtaisilla energiatodistuksilla. Näihin liittyen on luotu lakisääteisiä informointivelvoitteita. Vastaavia velvoitteita esimerkiksi energiamerkintöjen

esittämisestä tuotteiden myynnin yhteydessä tulee jatkossa voimaan yhä enemmän myös laite-
tasolla. Energiatodistusten tekemisen yhteydessä on mahdollista ohjata kiinteistönomistajia te-
kemään myös energiankäytön ohjaukseen liittyviä muutoksia. Energiatodistukseen voidaan las-
kennallisen kulutuksen lisäksi lisätä myös todellinen energiankulutus. Todellisesta tehontar-
peesta ei ole mainintaa. Todellisen kulutuksen ja mahdollisesti myös tehontarpeen lisääminen
vaatisi ohjeistusta.

Julkinen sektori on kiinnostumassa sähkön kysynnän joustoon liittyvistä asioista etenkin ener-
giatehokkuusnäkökulmasta. Julkisella sektorilla yleisiä ovat energiatehokkuussopimukset , joita
päivitetään määräajoin. Nykyiset sopimukset päättyvät vuoden 2016 lopussa. Uusista sopimuk-
sista neuvotellaan parhaillaan. Näihin sopimuksiin lienee mahdollista niin haluttaessa liittää
myös kysyntäjoustoon liittyviä tavoitteita. Sopimukset ovat työ- ja elinkeinoministeriön ja elinkei-
noelämän välisiä. Energiavirasto on keskeinen toimija toimeenpanossa. Motiva Oy hoitaa käy-
tännön järjestelyjä.

Verotus on yksi työkalu, jota valtio on paljon käyttänyt paitsi varojen keräämisen välineenä,
myös toiminnan ohjaajana. Myös energia-asioissa verotuksen rooli on noussut yhä merkityksel-
lisemmäksi verotusasteiden kohottua. Esimerkiksi erilaisia rakennuksissa käytettäviä energia-
lähteitä verotetaan eri tavoin. Verotus kohdistuu nykyisin energiamääriin. Käyttöajankohdalla
vuoden sisällä ei ole nykyisin vaikutusta varsinaisiin energiaveroihin. Verotuksen kautta on
myös mahdollista vaikuttaa kysynnänjouston kannattavuuteen loppukäyttäjän näkökulmasta.
Eduskunta tekee verotusasioita koskevat linjaukset.

7.4.2 Rakentamisen suunnittelu

Maankäyttö - ja rakennuslaki (MRL) antaa perustan rakentamiseen liittyville suunnittelija- ja
työnjohtopätevyyksille ja niitä on tarkennettu Rakentamismääräyskokoelmassa (RaMK). Sää-
dökset ovat näiltäkin osin uudistettu ja uudistumassa vuosien 2014 -2015 aikana. Lainsäädäntö
määrittää pääsuunnittelijan lisäksi erityissuunnittelijat ja heidän pätevyysvaatimuksensa. Valmis-
teilla olevassa asetuksessa ollaan sekä erityissuunnittelijoiden tehtäväaluetta että pätevyysvaa-
timuksia täydentämässä.

Vuoteen 1996 asti sähkösuunnittelu määritettiin osaksi sähkötöitä ja sille vaadittiin sähkötöiden
johtaja. Sähköturvallisuussäädösten muututtua ei sähkösuunnittelulle ole asetettu missään lain-
säädännössä mitään pätevyysvaatimuksia tai vaatimusta suunnitelmien laadinnasta. Myöskään
MRL:ssa ja RaMK:ssa ei ole asetettu vaatimuksia kiinteistön sähköenergia- tai tietoteknisten
järjestelmien suunnittelijoiden pätevyyksille tai suunnitelmien laadinnalle. Lausunnolla olleissa

(15.9.2014 asti) asetusehdotuksissa ei mukana ole vaatimusta edelleenkään näille erityissuunnittelijoille.

Yleisesti säädöksissä asetetaan vaatimuksia suunnittelulle ja rakennuslupavaiheen dokumentaatiolle. Vähemmälle huomiolle on jäänyt toteutuneiden ratkaisujen dokumentaatio ja sen ylläpito. Useissa selvityksissä on käynyt ilmi mm. sähköjärjestelmien osalta, loppudokumentaatian puutteet tai puuttuminen kokonaan.

7.4.3 Sähköenergiajärjestelmiin liittyvät säädökset ja ohjeet

Sähköjärjestelmien rooli on poikkeuksellinen moniin muihin rakennusten teknisiin järjestelmiin verrattuna lainsäädännössä ja viranomaistoiminnassa. Sähköturvallisuusasioiden ja sähkömarkkinoihin liittyvien asioiden sääntely on ensisijaisesti työ- ja elinkeinoministeriön alaista toimintaa ja rakentamisen ohjaus ja sitä koskevien säädösten valmistelu on puolestaan ensisijaisesti ympäristöministeriön alaista toimintaa. Sähköenergiajärjestelmää tai tietoteknisiä järjestelmiä ei ole tästä lähtökohdasta seuraten käsitelty kiinteistöjen osana ympäristöministeriön ohjaamassa sääntelyssä, jolloin niiden rooli on jäänyt hyvin vähäiseksi mm. energiatehokkuussäädöksissä ja muissa rakentamismääräyskokoelman säädöksissä.

7.4.3.1 Sähköturvallisuuslainsäädäntö

Kiinteistöjen sähköasennusten suunnittelun ja toteutuksen lähtökohtana on asennusten sähköturvallisuus, jota koskeva sääntely on työ- ja elinkeinoministeriön tehtäviä. Sähköturvallisuuslaki (410/96) ja -asetus sekä siihen liittyvät ministeriön päätökset (KTMp 1193/99 Sähkölaitteistojen turvallisuus, KTMp 516/96 Sähkötyöt, KTMp 517/96 Sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttö, 1694/93 Sähkölaitteiden turvallisuus) ovat uudistuksen alla vv. 2014 - 2016. Kiinteistön sähköverkon rakenteelle, mitoitukselle tai ohjattavuudelle ei nykyissä säädöksissä muista kuin turvallisuusnäkökulmista oteta kantaa.

Säädökset edellyttävät sähköjärjestelmän turvallisuuden tarkastamisen ennen käyttöönottoa sekä osalle kohteista myös erillisen varmuustarkastuksen. Näissä on tavoitteena kuitenkin turvallisuuden varmistaminen ja muiden tavoitteiden asettaminen ja toteutuksen varmistaminen jää pelkästään tilaajan vastuulle.

Verkkoyhtiöillä on edelleen rooli tallentaa ja ylläpitää tietoja jakelualueensa kulutuskohteiden sähköjärjestelmistä. Sähköturvallisuuslaki ja -asetus (STL 410, SA 498) edellyttävät että, jakeluverkonhaltijan on talletettava rekisteriinsä sellaiset jakeluverkkoonsa liitettävää sähkölaitteistoa koskevat tiedot, joiden perusteella voidaan sähköturvallisuuden valvontaa ja mahdollisten vahinkojen selvittämistä varten asianmukaisella tavalla selvittää laitteiston tyyppi, haltija, raken-

taja ja tarkastaja. Samoin jakeluverkkoyhtiöille tulee toimittaa käyttöönotto- ja määräaikaistarkastusten pöytäkirjat lukuunottamatta TUKESille toimitettavia pöytäkirjoja.

Verkkoyhtiöillä on edelleen rooli tallentaa ja ylläpitää tietoja jakelualueensa kulutuskohteiden sähköjärjestelmistä. Sähköturvallisuuslaki ja -asetus (STL 410, SA 498) edellyttävät että, jakeluverkonhaltijan on talletettava rekisteriinsä sellaiset jakeluverkkoonsa liitettävää sähkölaitteistoa koskevat tiedot, joiden perusteella voidaan sähköturvallisuuden valvontaa ja mahdollisten vahinkojen selvittämistä varten asianmukaisella tavalla selvittää laitteiston tyyppi, haltija, rakentaja ja tarkastaja. Samoin jakeluverkkoyhtiöille tulee toimittaa käyttöönotto- ja määräaikaistarkastusten pöytäkirjat lukuunottamatta TUKESille toimitettavia pöytäkirjoja.

7.4.3.2 SFS 6000 standardisarja

Sähkölaitteistojen on täytettävä olennaiset turvallisuusvaatimukset, jotka on määritelty kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen turvallisuudesta KTMP 1193. Sähkölaitteistojen katsotaan täyttävän olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos ne suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen standardeja tai julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin vaatimuksiin on vahvistettu. TUKES:n päätöksellä S10 on määritetty velvoittavat standardit, joista keskeisin kiinteistöjen sähköasennusten näkökulmasta on Pienjänniteasennukset SFS 6000-sarja.

Standardi edellyttää, että sähköasennuksista tulee olla tehtynä käytön ja ylläpidon edellyttämä dokumentit, mutta ei varsinaisesti edellytä järjestelmien suunnittelua.

Sähköasennukset SFS 6000 -standardeissa on joitain kohtia koskien kiinteistön sähköverkon ohjattavuutta tai asennusten ryhmittelyä:

- jos tehonsyötön keskeytys voi aiheuttaa vaaraa tai vaurioita, on käytettävä sopivia menettelyjä asennuksessa (SFS 6000-1-131.7 /2012)
- sähköasennusten virtapiirien ryhmityksessä tulee ottaa huomioon mm. tehontarpeen päivittäiset ja vuotuiset vaihtelut ja ohjauksen, merkinannon, televiestinnän yms. vaatimukset (SFS 6000-1-132.3)

SFS 6000 standardeissa on myös annettu keskusten rakentamista ja muutoksia koskevia ohjeita (SFS 600/ SFS 6000-7-729X).

SFS 6000 standardisarja julkaistaan SFS-käsikirjana 600, jossa on koottuna myös muita keskeisiä säädöksiä, standardeja ja teknisiä asiakirjoja.

7.4.3.3 Muut ohjeet ja suositukset

Sähköalalla on perinteisesti ollut vahvana toiminnan lähtökohtana viranomaismääräykset, standardit, yhteiset suunnitteluohjeet ja vakiokäytännöt. Sähkøyhtiöt ovat perinteisesti antaneet omia, tarkentavia suunnitteluohjeitaan. Alalla tyypillisesti on myös suosituksiin ja standardeihin suhtauduttu määräyksinä. Tästä esimerkkinä on v. 1986 tehty sähkölämmityksen SLY-kytkentäsuositus, joka edelleen on usean verkkoyhtiön suunnitteluohjeena ja laajalti keskusvalmistajien vakioratkaisuna. Alalla on laajoja ja toimivia kanavia, kuten ST-kortisto, viedä käyttöön myös uusia toimintamalleja.

Suunnittelija- ja urakoitsijakyselyssä vastaajat mainitsivat keskeisimpinä tiedonlähteinään viranomaisohjeet, standardit, lainsäädännön, alan yhteiset ohjeet sekä myös verkkoyhtiöiden ohjeet.

7.4.3.4 Verkkoyhtiöiden ohjeet

Sähkøyhtiöillä oli 1990-luvun loppupuolelle asti merkittävä rooli kiinteistöjen sähköjärjestelmien suunnittelun ja toteutuksen ohjauksessa. Ne ohjeistivat, tarkastivat sähkösuunnitelmia ja tekivät valmiiden asennusten tarkastuksia. Lainsäädännön muutokset poistivat suuren osan tästä tehtävästä. Samalla myös poistui muu kuin sähköturvallisuuteen liittyvä viranomaisohjaus sähköjärjestelmien osalta.

Osalla verkkoyhtiöistä on edelleen suunnittelijoille tai sähköurakoitsijoille suunnattuja ohjeita, jotka ohjaavat mm. liittymän rakentamista, kompensointia, mittauskytkentöjä. Osalla yhtiöistä on edelleen ohjeet sähkölämmityksen ohjauskytkentään ja mm. kiuasristeilyn tekemiseen sähkölämmitystaloissa.

Verkkoyhtiöiden ohjeistuksesta on yhteenveto liitteessä VIII ja tarkempi kuvaus erillisjulkaisussa (Koivisto 2015).

7.4.4 Konedirektiivi

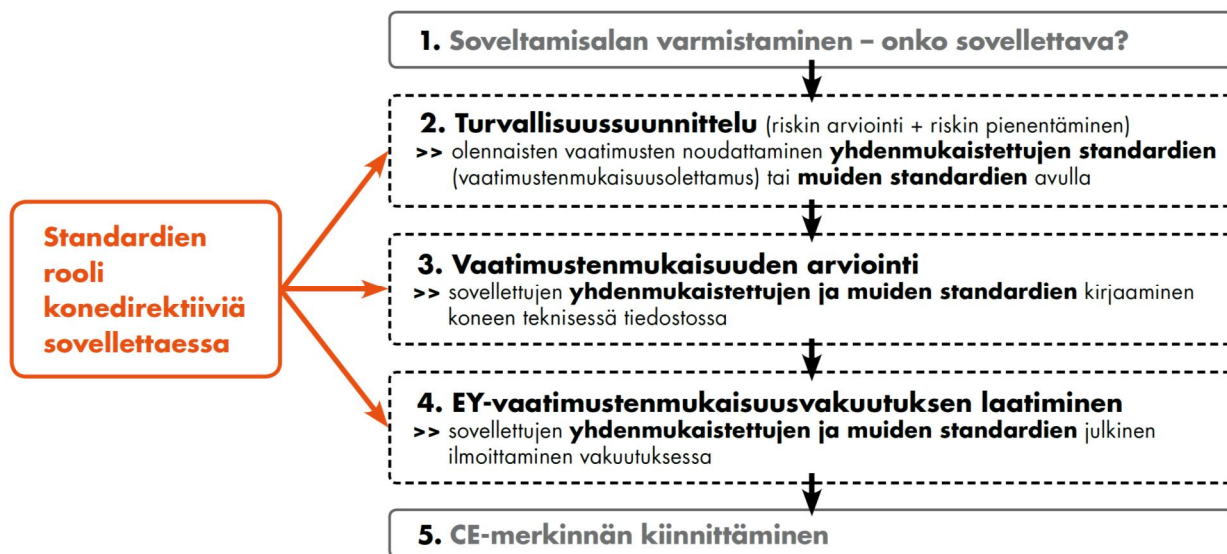
Konedirektiivissä asetetaan veloitteet koneen valmistajalle huolehtia siitä, että koneet suunnitellaan ja rakennetaan konedirektiivin mukaisesti. Valmistaja osoittaa vaatimustenmukaisuusvaikutuksella ja koneeseen kiinnittämällä CE-merkinnällä, että laite on konedirektiivin mukainen. (ST-Käsikirja 33. 2012)

Konedirektiivi 2006/42/EY on saatettu voimaan Suomessa valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008. Tätä asetusta kutsutaan koneasetukseksi. Nykyistä konedirektiivi-

viä ja koneasetusta on pitänyt soveltaa 29.12.2009 alkaen. (Koneturvallisuuden standardit 2014)

Konedirektiivin liitteessä I on esitetty yleiset koneiden suunnittelussa käytettävät terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Näiden yleisten vaatimusten tarkempia teknisiä ratkaisuja kuvataan koneturvallisuuden standardeissa. Standardit voivat olla tuotekohtaisia turvallisuusstandardeja tai ne voivat käsitellä yksittäistä turvallisuuskysymystä tai suojausteknistä laitetta tai ne voivat käsitellä suunnittelussa sovellettavissa. Konedirektiivin turvallisuusstandardit jaotellaan kolmiportaisen hierarkian mukaan A-, B- ja C-tyyppin standardeihin (Koneturvallisuuden standardit 2014):

- **A-tyyppin standardit** määrittelevät koneturvallisuuden perusfilosofian – esim. **riskin arvioinnin periaatteet**
- **B-tyyppin standardit** käsittelevät suunnittelijoiden tarvitsemaa horisontaalista perustietoa – esim. **sähköturvallisuus**
- **C-tyyppin standardit** sisältävät yksityiskohtaisia yksittäisten koneiden tai koneryhmien turvallisuusvaatimuksia.



Kuva 7.3 Standardien rooli konedirektiiviä sovellettaessa (Koneturvallisuuden standardit 2014):

Koneiden sähkölaitestandardi SFS-EN 60204-1:2007 koskee yleisesti koneiden sähkölaitteita ja on siten B-tyyppin standardi. Rakennusten sähköasennuksia suunniteltaessa ja toteutettaessa tulee huomioida, että koneiden sähkölaitteistostandardin SFS-EN 60204-1:2007 mukaan, määritetään standardin liitteessä koneiksi mm.:

- jäähdytys- ja ilmastointikoneet
- nostokoneet
- henkilöiden siirtämiseen käytetyt koneet
- konekäyttöiset ovet

- pumpput
- kompressorit
- lämmitys- ja ilmanvaihtokoneet.

7.5 Yhteenveto

Lainsäädäntökenttä erityisesti kiinteistöjen rakentamisen osalta koskien sähköjärjestelmiä on hyvin hajanainen ja osin puutteellinen. Sähköenergiajärjestelmiä tai tietoteknisiä järjestelmiä ei käsitellä kiinteistön olennaisena osana vaan kiinteistössä olevina erillisjärjestelminä. Useassa yhteydessä ja mm. työpajojen työskentelyn yhteydessä useasti “joku muu” nähtiin toimijana sen sijaan, että vastuutahoja olisi pystytty selkeästi nimeämään.

Kysynnän jouston edistäminen ja toteutuminen edellyttää säädös- ja ohjeistuskentän selkiyttämistä. Käynnissä olevan laaja lainsäädännön uudistus antaa siihen hyvät mahdollisuudet. Tämä edellyttää toimialan eri järjestöjen ja muiden keskeisten toimijoiden kokonaisedun mukaista toimintaa ja aktiivista vaikuttamista.

Verkkoliiketoiminnan taloudellisen valvonnan osalta regulaatiomallia tulee kehittää siten, että se kannustaa verkkoyhtiöitä kehittämään ja käyttöönottamaan teknisiä ratkaisuja (mm. tietojärjestelmät), jotka edesauttavat kysyntäjoustoressien markkinoillepääsyä. Tämä kannuste voidaan sisällyttää esim. valvontamallin innovaatiokannustimeen. Tällöin voitaisiin soveltaa esim. samankaltaista ratkaisua kuin tuntimittauksen aiheuttamien lisäkustannusten kohdalla. Eli verkkoyhtiölle korvattaisiin tietty euromäärä jokaista käyttöpaikkaa kohden, jossa on kytkettyä ohjattavia kuormia, joita kolmas osapuoli (myyjä tai aggregaattori) voi ohjata määriteltyjen reuna-ehtojen (esim. aikaviiveet) puitteissa. Pidemmällä aikavälillä regulaatiota tulee kehittää siten, että se aidosti luo kannusteita kysynnän jouston tyyppisille toimintoille, joilla voidaan parantaa olemassa olevan kapasiteetin mahdollisimman tehokasta käyttöä kustannustehokkaasti pelkästään verkkoon tehtävien investointien kannusteiden rinnalla.

Lainsäädäntöön liittyen muodostettiin seuraavat toimenpide-ehdotukset:

- Selkeä kannuste verkkoyhtiöiden valvontamalliin kysynnän jouston edistämiseksi, mm. tietojärjestelmien rajapintojen ja toiminnallisuuden kehittämiseksi. Kannuste voidaan sisällyttää esim. valvontamallin innovaatiokannustimeen.
- Säädöksen valmistelutyön (sähkömarkkinalaki, rakentamismääräykset, sähköturvallisuuslaki, energiatehokkuuslaki, erilaiset muut määräykset, ohjeistukset) koordi-

naatio kokonaisuutena kysyntäjouaston näkökulmasta silloin, kun näitä määräyksiä muutenkin ollaan kehittämässä.

- Rakentamismääräysten pitää luoda edellytykset kysynnän joustolle määräämällä kysynnän jouston tekninen valmius. Erillisellä ohjeistuksella pitää selostaa, mitä se käytännössä tarkoittaa. Tämä voisi sisältyä joko osaan D3 (Energiatehokkuus) tai osaan A4 (Käyttö- ja huolto-ohje).
- Rakentamismääräysten osan D3 energiaselvityksen vaatimukseen pitää lisätä tavoitekulutuksen laskeminen, mikä sisältäisi myös tavoitetehon laskennan ja kysynnän jouston mahdollisuuksien selostuksen.
- Rakentamismääräyksiin tulee saada selkeät kannusteet kysynnän joustolle, esim. E-luvun laskennassa käytettävä sähkön energiamuotokerroin pitäisi olla pienempi, jos kulutus on ohjattavissa. E-luku kuvaa kokonaisvaikutusta energiahuoltojärjestelmässä. Kuorman ohjauksella sähköenergiajärjestelmä toimii optimaalisemmin, luo paremmin edellytyksiä uusiutuvan energiantuotannon penetraation kasvulle ja kokonaisvaikutukset energian käytön, kustannusten ja päästöjen suhteen jäävät vähäisemmiksi, mikä olisi perusteena kertoimen pienentämiselle.
- Kysynnän jouston edellytysten luominen osaksi nZEB-vaatimuksia uudistettavassa lainsäädännössä
 - o sähkötehon ja ohjauspotentiaalın määrittely osaksi vaatimuksia
 - o kannusteiden luominen energiamuotokertoimien avulla
 - o uusiutuvaksi "lähituotannoksi" (near-by) määritellyn tuotannon tuotannon edellytysten parantaminen kysynnän joustolla
- Perusvaatimusten luominen kiinteistöjen sähköjärjestelmien teknisille valmiuksille ja suunnittelulle osana rakentamisen kokonaisohjausta rakentamismääräysten uudistuksen yhteydessä
 - o suunnitteluvaatimus
 - o tekniset perusvaatimukset ja ominaisuustavoitteet
 - o dokumentaatio

Nämä toimenpide-ehdotukset on kaikkien toimenpide-ehdotusten joukossa kohdassa 2.5, missä on ehdotettu myös toimenpiteille vastuutahot.

8 Tiedonsiirtorajapinnat ja standardointi

Raportissa on käsitelty lyhyesti myös tietojärjestelmien tiedonsiirtorajapintoja ja standardointia, jotka todettiin yhdeksi keskeisimmistä haasteista kehitettäessä laajamittaista kysynnän jouston toiminnallisuutta. Luvun tavoitteena ei ole esitellä yksityiskohtaisesti kysynnän jouston liittyvien tietojärjestelmätoimintojen kehittämistä, ainoastaan luoda yleiskuvaa tietojärjestelmien rajapintojen standardoinnin nykytilanteesta.

Standardoinnin kannalta merkittävimmät haasteet liittyvät tiedonsiirtoprotokollien ja järjestelmien tietomallien määrittelyihin. Haasteena on sovittaa eri osa-alueet, kuten rakennuksen kiinteistöautomaatio, sähkönjakeluautomaatio, sähköpörssi ja sähkön pientuotantolaitteistot toimimaan yhteisillä säännöillä.

Tarvitaan selkeät yhteisesti sovitut tekniset vaatimukset ja rajapinnat eri kohteille ja toimijoille. Jotta yhteensopivuus voidaan saavuttaa, on eri sovellusalueilla käytettyjen protokollien ja rajapintojen pystyttävä toimimaan älykkään sähköverkon osana. Koska sovelluksiin aiemmin kehitettyjen ratkaisujen lukumäärä on hyvin suuri, on näistä valittava sopivimmat yhteisen kehitystyön pohjaksi.

Sähkölaitteiston ja taloteknisten järjestelmien liittäminen ulkoiseen viestintäverkkoon asettaa haasteita niin tietoturvan kuin yksityisyyden suojan osalta. Älykkäiden sähköverkkojen ja kiinteistössä olevien älykkäiden verkkojen integraatio on kehittymässä myös standardointitasolla.

8.1 *Vaihtoehtoja tiedonsiirron rajapinnoiksi*

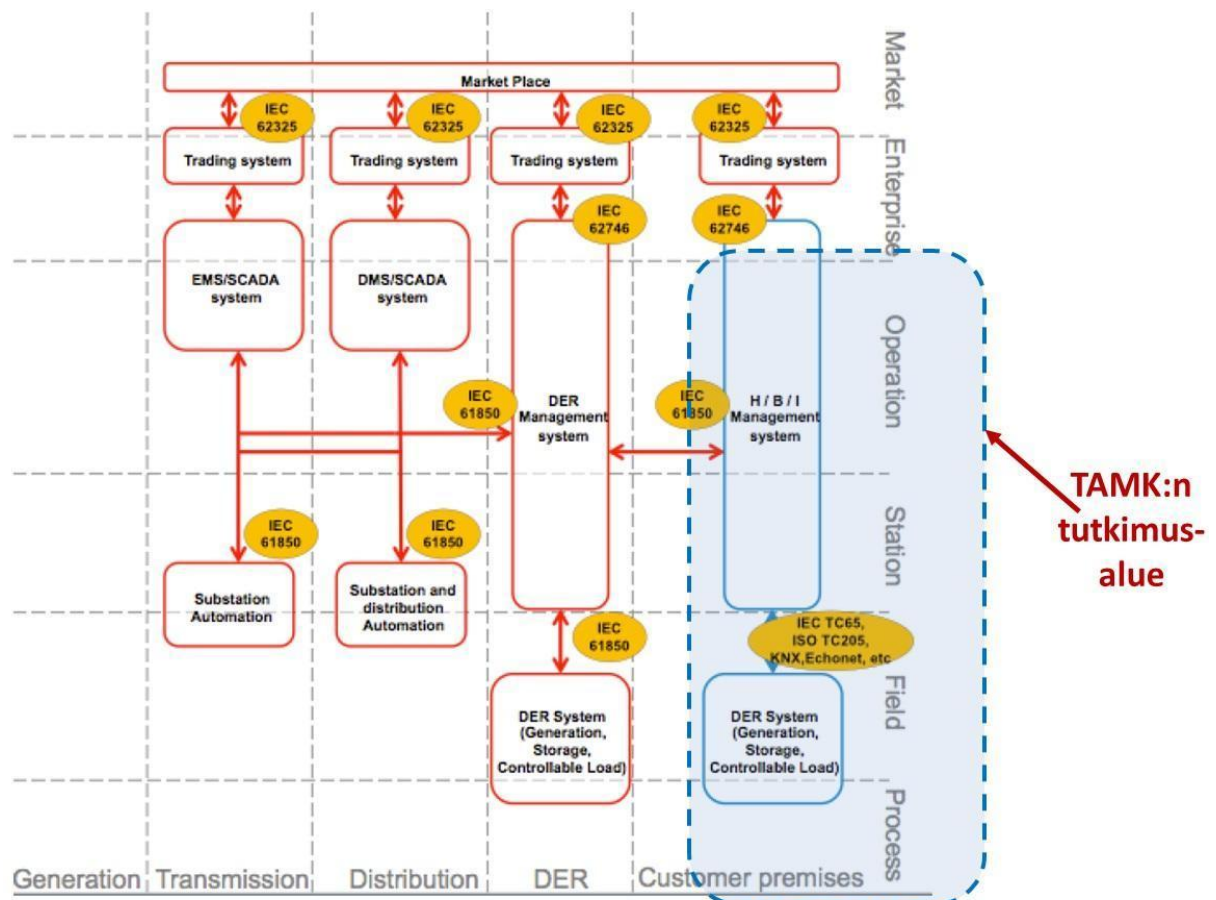
Euroopassa valmistelussa olevassa standardissa prEN 50491-12 ollaan määrittelemässä vaatimukset sähköverkon ja rakennuksen data- ja kommunikaatorajapinnalle. Standardista on äänestetty alkuvuodesta 2015. Standardissa määritellään ”avoin rajapinta”, jonka kautta CEMiin (**C**onsumer **E**nergy **M**anagement) liitetyt laitteet ja järjestelmät soveltuvat sanomien esitysformaatteja rajapinnasta toiseen siirryttäessä. Käsite CEM esiintyy useassa yhteydessä, mutta kukaan ei tunnusta määrittelevänsä CEMiä. (CENELEC, 2014)

Edellä mainittu rajapinta mahdollistaa kaksisuuntaiset ohjaukset sähköverkosta rakennukseen ja kääntäen. Se mahdollistaa siis sähköjakeluverkon kommunikaatiostandardin IEC 61850 (IEC: International Electrotechnical Commission) ohjausten ulottamisen pienjännite-

verkon tasolle (kuluttajan sähkön myynti/osto, hintaan perustuvat ohjaukset, kulutuksen ohjaus tehonrajoitustilanteessa, energiatehokkuuden huomioimisen, jne.). Standardin tavoitteena on mahdollistaa laitteiden yhteentoimivuus, säilyttäen kuitenkin mahdollisuuden uusille teknologisille ratkaisuille.

Kiinteistöautomaation standardi IEC 62746-3; Järjestelmien käyttöliittymä asiakkaan energiahallintajärjestelmän ja verkkohallintajärjestelmän välillä Osa3: Arkkitehtuuri, on valmistumassa. Se selkeyttää avoimiin teknologioihin ja standardeihin perustuvia rajapintoja. Liitännät perustuvat ja sallivat yhteiset ohjelmistoteknologiat. Arkkitehtuuri selkeyttää riippumattoman viestintätekniikan viestintämahdollisuudet.

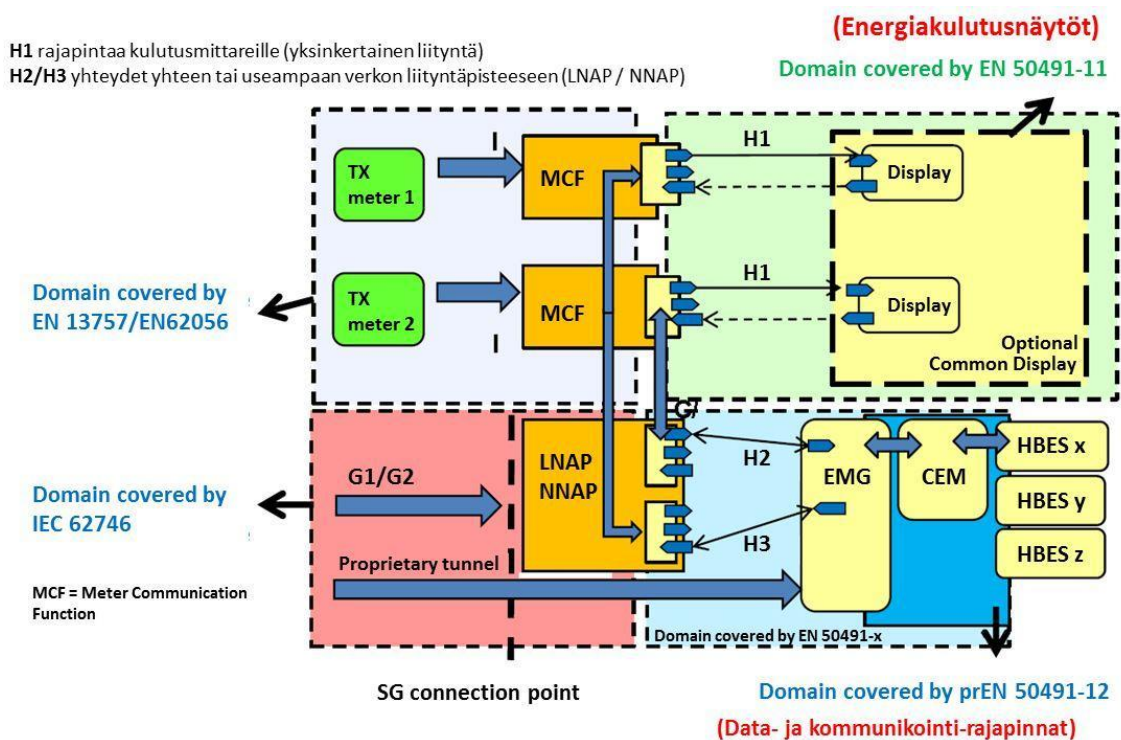
Kommunikointi operaattoreiden ja palvelutarjoajien suuntaan kiinteistöautomaatiojärjestelmistä tapahtuu standardin IEC 62746 avulla. Kuvassa 8.1 on esitetty standardin IEC 62746 yhteydet muihin standardeihin ja tarkemmin osa-alue, johon tämä tutkimus keskittyy. Se on suunniteltu Smart Gridin käyttöliittymän standardiksi reaaliaikaiseen hinnoitteluun ja markkinoiden toimintaan loppukäyttäjille



Kuva 8.1 IEC 62746 standardin suhde muihin standardeihin

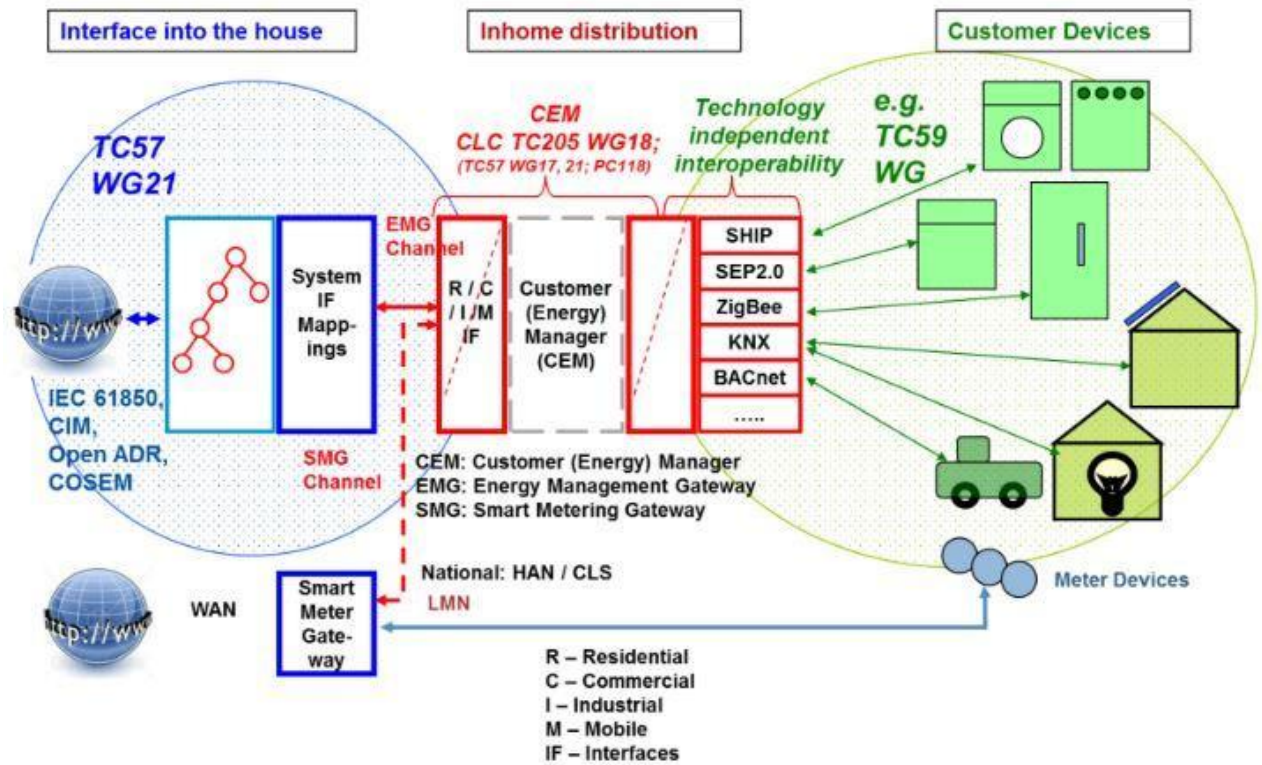
Tämä tutkimuksen osa-alue käsittelee kiinteistöautomaation ja sähköverkon välistä rajapintaa. Standardi IEC 62746 voi sisältää esimerkiksi sähkön hintatietoja, jotka voidaan välittää niin kiinteistöautomaatioon, kotiautomaatioon tai älykkäille laitteille tulevan standardin EN 50491-12 määrittelemän rajapinnan avulla.

Standardista EN 50491-12 on vielä keskeneräinen. Kuvassa 8.2 on esitetty tarkemmin, kuinka standardiluonnoksen EN 50491-12 rajapinta yhdistää kiinteistöjen sisäisten järjestelmien ja sähköverkon kommunikoinnin toisiinsa.



Kuva 8.2 Kiinteistön valmisteluvaiheessa olevia standardoinnin rajapintoja. (CENELEC, 2014)

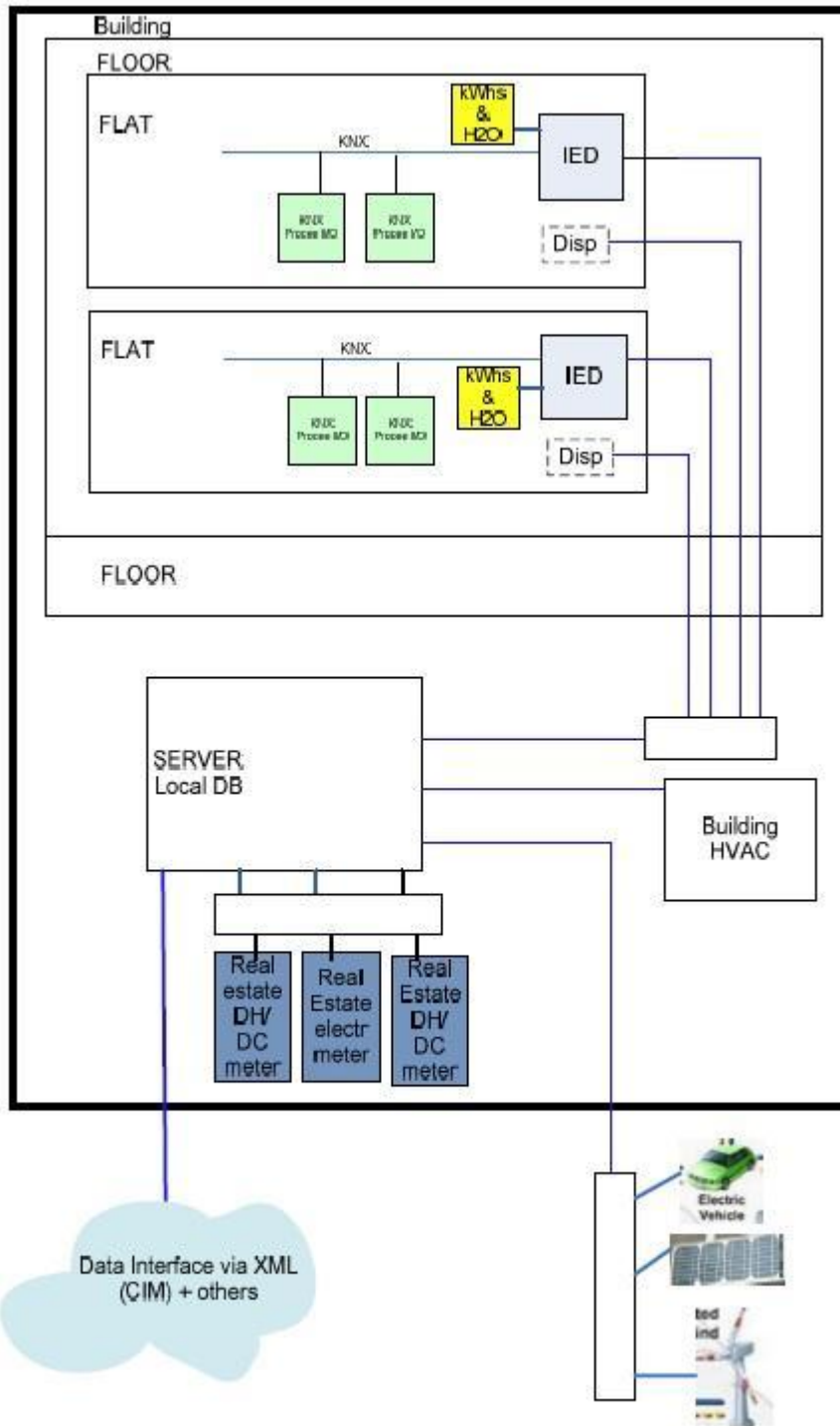
Tällä hetkellä on menossa myös vaihtoehtoinen standardointityö. IEC TC 57/WG21 standardi IEC 62746 perustuu sähkönjakeluverkon kommunikaatiostandardiin IEC 61850 ja CIM-mallin (Common Information models) käyttöön, kun taas USA ajaa IEC PC 118:n kautta voimakkaasti OpenADR-järjestön (Open Automated Demand Response) valmistelemaa profiilia (nykyinen versio 2.0B), joka perustuu OASIS:n standardiin Energy Interoperation (EI). Lisäksi on kehitetty Smart Gridin puitteissa EEBus arkkitehtuuri CEM-rajapintaan (Saksalaisia yrityksiä useita mukana).



Kuva 8.3. EEBus rapinnat. (EEBus Initiative e.V., 2013)

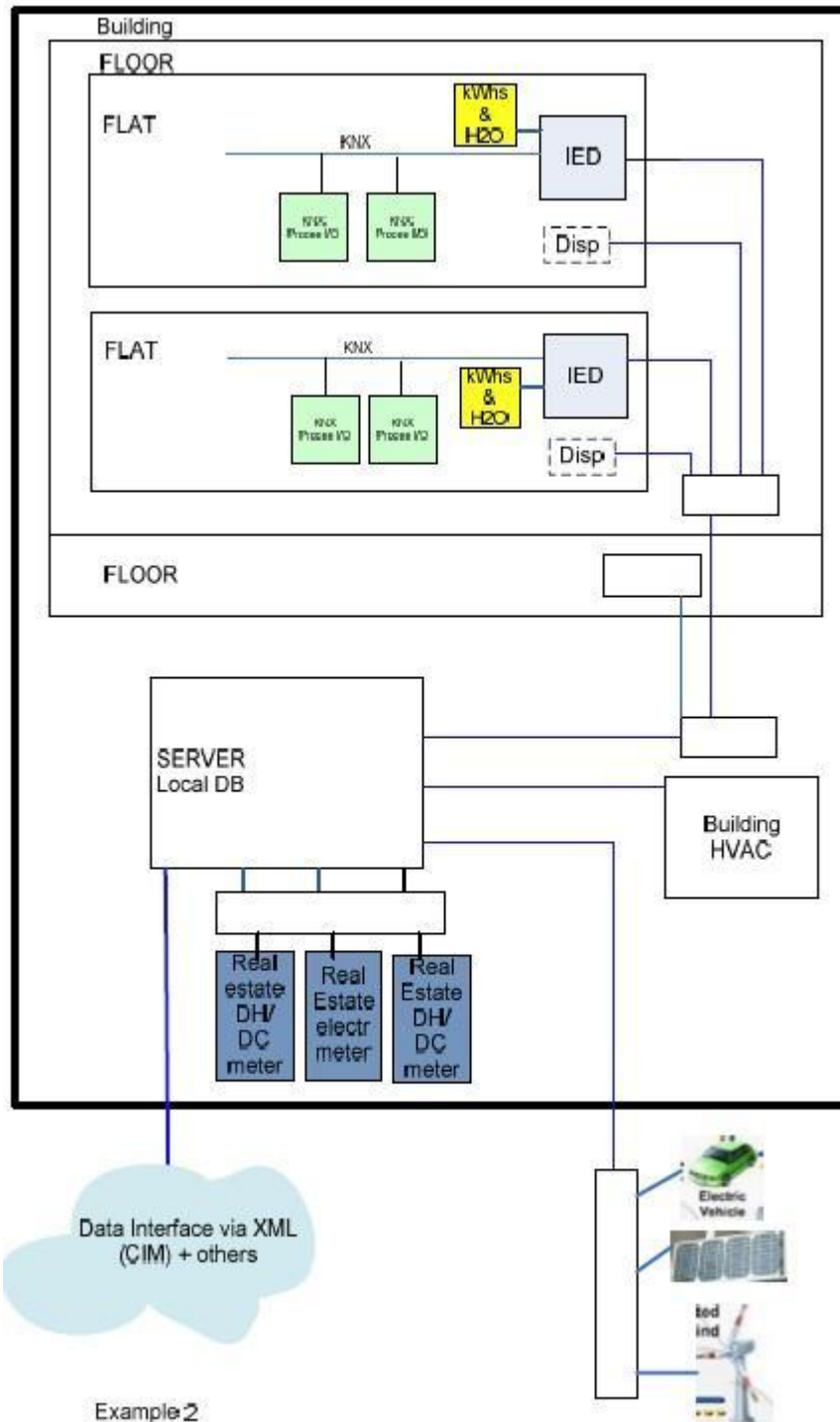
8.2 IEC CIM

Esimerkiksi Kalasatamassa kommunikointi perustuu, tarkoituksenmukaisesti tietoturvaa toteuttavalla tavalla, XML sanomiin (XML on kuvauskieli) TCP/IP verkossa. Kalasatamassa tietomallinnus ja tiedonsiirto sähköjärjestelmää koskevilta osin tullee perustumaan Standardiin IEC 61968-9; Interface Standard for Meter Reading & Control (CIM malli), ja sen kansalliseen tai vähintään Helen Sähköverkko Oy:n hyväksymään tulkintaan. Em. standardinmukainen rajapinta ulkoisiin sähköenergian käytön tieto- ja ohjausjärjestelmiin ehdotetaan toteutettavaksi ensisijaisesti periaatekuvien (Kuvat 8.1. 4 - 6) mukaisesti kiinteistökohtaisessa palvelimessa.



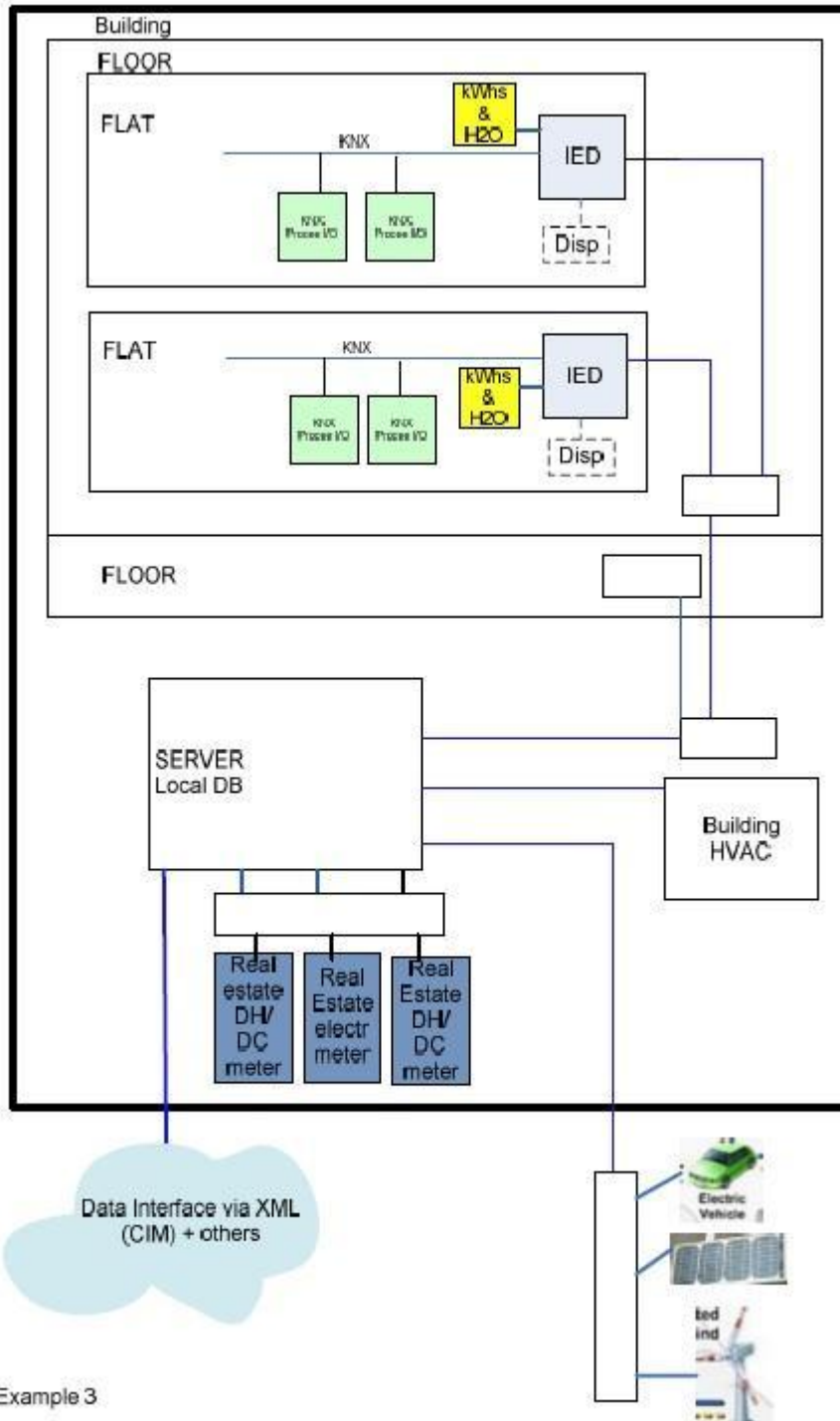
Example 1

Kuva 8.4 Kalasataman periaatekuva esimerkki 1 mittaus- ja ohjausjärjestelyistä. (Kalasataman älykkäät energiajärjestelmät, ohje suunnittelijalle, 2013)



Example 2

Kuva 8.5 Kalasataman periaatekuva esimerkki 2 mittaus- ja ohjausjärjestelyistä. (Kalasataman älykkäät energiajärjestelmät, ohje suunnittelijalle, 2013)



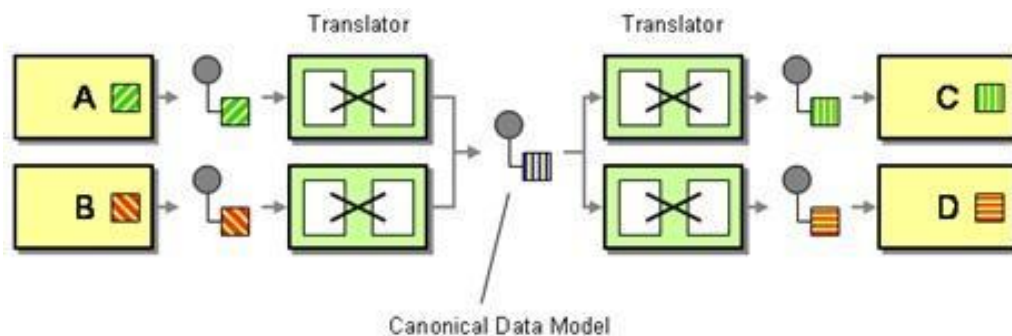
Example 3

Kuva 8.6 Kalasataman periaatekuva esimerkki 3 mittaus- ja ohjausjärjestelyistä. (Kalasataman älykkäät energiajärjestelmät, ohje suunnittelijalle, 2013)

8.3 Kanoninen tietomalli

Tietoverkkojen viestinvälitysarkkitehtuurin lähtökohta on se, että järjestelmä koostuu keskenään kommunikoivista komponenteista, jotka ovat mahdollisesti hajautettuja. Komponenttien palveluja ei tiedetä tarkasti etukäteen, komponentit ovat periaatteessa samassa roolissa. Myöskään komponentteja ja niiden lukumäärää ei tiedetä tarkasti etukäteen, eikä järjestelmässä liikkuvan tiedon laatua tunneta tarkasti etukäteen. Yleiskäyttöinen kanoninen tietomalli (Canonical data model; CDM) mallintaa tiedon esityksen, joka on riippumaton sovelluksista. Siinä sovellusriippuvat esitykset muunnetaan kanoniseen malliin. Jos sovelluksen esitysmuoto muuttuu, riittää kun muuttaa mallin muuntajan.

Kanonisen mallin (Kuva 8.7) perusideana on, että malli jakaa erilaiset faktat toteutettavasta ohjelmistosta omiin osamalleihin. Se auttaa pitämään erityyppiset asiat erillään helpottaen niiden ymmärtämistä ja käsittelemistä. Osamallit voivat periaatteessa olla hyvin laajoja, mutta *näkymillä* (view) voidaan suodattaa ja poimia esiin vain tietyn näkökulman kannalta mielenkiintoisia faktoja. (Helsingin Yliopisto, 2013)



Kuva 8.7 Kanoninen datamalli. (Hohpe, 2014)

Siksi suunnitellaan kanoninen tietomalli, joka on riippumaton kaikista käytännön sovelluksista. Se edellyttää, että jokainen sovellus tuottaa ja käyttää viestejä tässä yhteisessä muodossa. (Hohpe, 2014) Tätä mallia voidaan soveltaa sähköverkkojen ja kiinteistöverkon tiedonvaihtoon. CIM:n päämäärä on tarjota kanoninen tietomalli, yhteinen sanasto ja apuohjelmat. Sen tavoitteena on lisätä yhteentoimivuutta niin, että eri järjestelmät voivat vaihtaa tietoja verkon tilasta ja määrittäksistä. IEC vastaa CIM-mallin ylläpidosta ja kehittämisestä.

9 Kysynnän jouston toimijat ja heidän näkemyksensä

9.1 Työpajat

Hankkeen aikana järjestetyissä neljässä työpajassa koottiin alan eri toimijoiden näkemyksiä kysynnän joustosta. Työpajojen aineistoja on hyödynnetty lukujen 2 ja 7 tuloksissa sekä hankkeen fokusoinnissa.

9.1.1 Yritystyöpaja 1 - 10.12.2013

Eri osapuolten näkemyksiä kysyntäjouston rooleista, esteistä ja siitä, mitä tarvitaan, jotta kysyntäjousto saadaan toimimaan, kartoitettiin 10.12.2013 pidetyssä työpajassa ja siihen liittyneessä esitehtäväkyselyssä. Tarkemmat kuvaukset työpajasta ja esitehtävästä on esitetty raportin liitteinä I.

Keskeisimpiä esteitä kysyntäjouston toteutumiselle yleisesti ovat hajanainen toimialakenttä (suuri määrä erilaisia myyjiä ja verkkoyhtiöitä), standardoimattomat prosessit sekä taloudellisten hyötyjen pienuus verrattuna toiminnan käynnistyskustannuksiin. Lisäksi tieto asiakkaan kuormista ja niiden ohjattavuudesta usein puuttuu. Olemassa oleva infrastruktuuri (AMR-mittarit) sekä jo käytössä olevat vakio-ohjaukset ovat kuitenkin vahvuuksia kysyntäjouston toteuttamisen kannalta.

DSO:n näkökulmasta regulaatiomalli on toisaalta mahdollisuus ja toisaalta uhka kysyntäjouston toteutukselle. Suomen regulaatiomalli kannustaa verkkoyhtiöitä investointeihin, jolloin myös kysyntäjouston infrastruktuuriin on kannattavaa investoida. Toisaalta tällainen malli ei kannusta siihen, että kysyntäjousto käytettäisiin verkon vahvistuksen sijasta, eli verkon pullonkaulat kannattaa poistaa ennemmin verkostoinvestoinneilla.

Kysyntäjouston toteuttamisen edellytyksenä on tuotteistaminen ja tiedottaminen sekä standardoidut rajapinnat, jolloin toimintaketju myyjältä asiakkaalle on automaattinen. Erityisesti kysyntäjouston ansaintalogiikka vaati kehittämistä, asiakkaiden ymmärrystä tulee lisätä ja asiakkaille tulee tarjota insentiivejä osallistumiseen. Taloudellisten hyötyjen ohella houkuttelevuutta voidaan lisätä korostamalla kysyntäjouston merkitystä järjestelmän käyttövarmuuden ja uusiutuvan tuotannon kannalta.

Keskeisimpiä kannustimia kysyntäjousto on reaalitajainen sähköenergianhinnoittelu sekä verkkoyhtiön kaistahinnoittelu (tai muulla tavalla toteutettu tehopohjainen hinnoittelu),

joista jälkimmäisen vaikutukset voivat kuitenkin olla kaksijakoiset. Verkkoyhtiön näkökulmasta kaistahinnoittelu edistäisi kysyntäjoustoja, kun taas myyjän näkökulmasta asiakkaan ohjauspotentiaali pienentyisi kaistan pienentyessä. Myyjällä olisi kuitenkin mahdollisuus tarjota asiakkaalle kaistan optimointi palveluna siten, että asiakkaan kaista valitaan verkkoyhtiön ja myyjän ohjaustarpeiden kannalta kokonaisuudessaan optimaaliseksi. Asiakkaiden reaaliaikaisessa, spot-hintoihin perustuvassa hinnoittelussa puolestaan myyjän hintariski pienentyy, mutta taseriski kasvaa. Käytännössä spot-hinnoittelu on yksinkertaisin tapa toteuttaa kysyntäjoustoja.

Toimijoiden rooli riippuu kuormien ohjauksen toteutuksesta. Kuormien ohjaus voidaan toteuttaa joko AMR:n tai HEMS:n (Home Energy Management System) kautta. Ensin mainitussa keskeisenä osapuolena toteutuksessa on jakeluverkkoyhtiö, kun taas HEMS:n kautta toteutettavassa kuormanohjauksessa verkkoyhtiön osallistumista ei edellytetä. Kummassakaan vaihtoehdossa ei kuitenkaan vielä ole standardoituja rajapintoja tai toimintamalleja. Kysyntäjoustoja tuotteiden kehityksessä ja myynnissä aktiivisin toimija on todennäköisimmin sähkön myyjä. Kantaverkkoyhtiön näkökulmasta kysyntäjousto tarjoaa mahdollisuuden hankkia reservitehoa kohtuullisin kustannuksin. Esimerkiksi yöllä päällä olevat kuormat, kuten varaavat sähkölämmitykset, voisivat tarjota täydennystä reservitehoon, koska samaan aikaan tuotannon reserviteho (vesivoima) on pienimmillään.

9.1.2 Työpaja 2 - 7.5.2014

Tutkimusprojektin toinen työpaja järjestettiin 7.5.2014 Helsingissä Fingridin toimitiloissa. Työpajan teemana oli tekniset ratkaisut (pienasiakas, kiinteistöautomaatio,..) ja asiakasnäkökulma. Kysyntäjoustoja laajamittaisen yleistymisen esteitä, haasteita ja mahdolliset ratkaisuja pohdittiin päivän aikana yksilötyönä tehden ns. ”pohdintayhteenveto”, jossa kerättiin alustuksien aikana syntyneitä ajatuksia.

Keskeisten esteiden kysynnän joustoja toteutumiselle nähtiin olevan poliittisia tai taloudellisia. Kiinteistöautomaatioon pohjautuvat toteutukset nähtiin nopeimmin käyttöönotettaviksi. Vastauksissa tuotiin esiin kokonaisvaltaisen näkemyksen tarve eri toimijoille, ja uusia järjestelmiä rakennettaessa tulisi kysynnän jousto ottaa huomioon.

Työpajan aineistoa on tarkemmin liitteessä II.

9.1.3 Työpaja 3 - 29.9.2014

Tutkimusprojektin kolmas yritystyöpaja järjestettiin 29.9.2014 Espoossa Schneider Electric Oy:n toimitiloissa. Työpajan tavoitteena oli määritellä avainkysymykset ja –esteet lainsäädännössä, viranomaisvalvonnassa ja suosituksissa, joihin tulee vaikuttaa kysyntäjouoston edistämiseksi. Työpajassa kuultiin eri sidosryhmien alustuksia sekä toteutettiin yksilötyökentelynä kysynnän joustoon liittyvien esteiden/haasteiden sekä kehittämismahdollisuuksien pohdintaa. Työpajan tuloksia on käsitelty yksityiskohtaisemmin liitteessä III.

Päivän aikana pohdittiin yksilötyönä lainsäädäntöön, viranomaisvalvontaan ja toimialan suosituksiin ja ohjeisiin liittyviä kysyntäjouoston yleistymistä ja laajamittaista soveltamista hidastavia esteitä tai haasteita sekä näkemyksiä siitä, miten ko. este tai haaste voitaisiin ratkaista ja miten lainsäädäntöä, viranomaisvalvontaa ja ohjeistusta tulisi kehittää, jotta se loisi kannusteita kysynnän joustoon yleistymiselle.

Vastaaja pyydettiin lisäksi kohdistamaan kirjaamansa este tai kehitystoimenpide taulukkoon, jossa on esitetty lainsäädännön, suositusten ja ohjeiden kohdistumista eri toimijoihin / toimintoihin. Vastausten yhteenveto on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 9.1). Enemmän kuin 5 ”ääntä” saaneet kohdat on esitetty vihreällä.

	A) Sähkömarkkinat	B) Kantaverkko	C) Jakeluverkko	D) Mittaus	E) Ohjaus	F) Kiinteistön sähköverkko	G) Kiinteistö- automaatio	H) Energia- tehokkuus
1. Lainsäädäntö - EU-direktiivit ja asetukset - kansalliset lait ja asetukset	5	1	2	7	7	4	2	3
2. Viranomaismääräykset ja –ohjeet	1		7	10	10	12	8	8
3. Taloudelliset kannusteet - verot / verohelpotukset - verkkoliiketoiminnan taloudellinen valvontamalli		1	10	2	4	5	5	4
4. Itsesääntely tai yhteissääntely* - velvoittavat standardit - muut standardit - sopimukset			1	2	4	4	3	4
5. Informaatio-ohjaus - ohjeet ja suositukset - tilastot, vertailut, tutkimukset - koulutus ja tiedotus - merkinnät (esim. DR- merkintä tuotteeseen)			1	4	5	5	5	7

* Itsesääntelyssä toimiala sopii itse, miten se toimii ja edistää jotain asiaa, yhteissääntelyssä asioista sovitaan yhdessä toimialan ja viranomaisten tai lainsäätäjän kanssa

Kuva 9.1 Työpajan kehitystoimenpidetaulukko

9.1.4 Työpaja 4 - 21.1.2015

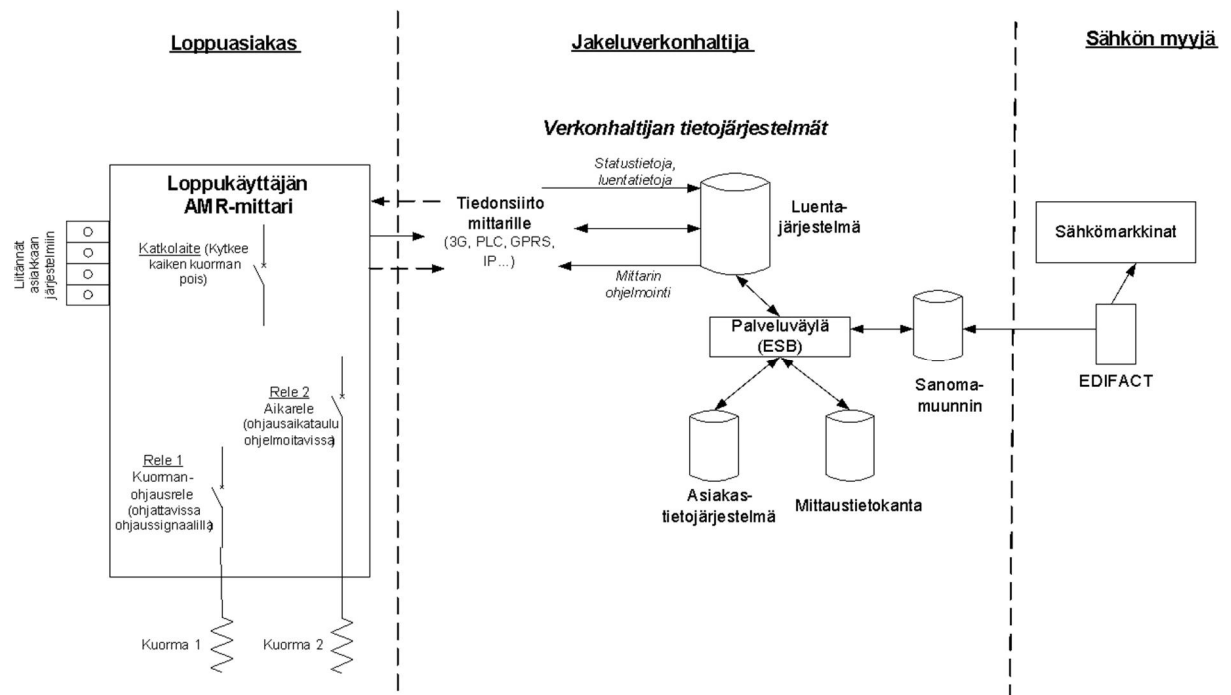
Tutkimusprojektin neljäs yritystyöpaja järjestettiin 21.1.2014 Vantaan Landis+Gyrin tarjoamissa tiloissa. Työpajan tavoitteena oli esitellä ja keskustella projektin keskeisistä tuloksista, toimenpide-ehdotuksista ja jatkoselvitystarpeista kysynnän jouston käytännön ratkaisujen edistämiseksi. Työpajassa esitetyt alustukset löytyvät projektin verkkosivulta osoitteesta: <http://dr.wordpress.tamk.fi/category/kokoukset/workshop/> (salasana: drworkshop).

Työpajassa tehtiin yksilötyöskentelyä arvio eri toimenpide-ehdotusten toteutumisen aikataulusta ja merkityksestä sijoittamalla toimenpide-ehdotuksia ennalta jaettuun nelikenttään. Työpajan tuloksia on käsitelty yksityiskohtaisemmin liitteessä IV.

9.2 Kyselyt

9.2.1 Verkkoyhtiökysely

Verkkoyhtiölle suunnatun kyselyn tavoitteena oli kartoittaa nykyisten AMR-mittareiden ja tietojärjestelmien teknisiä valmiuksia kuormanohjauksen kannalta sekä tällä hetkellä ohjattavissa olevan kuorman määrää ja nykyisiä ohjauskäytäntöjä. Lisäksi kyselyssä kartoitettiin verkkoyhtiöiden näkemyksiä kysyntäjouaston tarpeista, esteistä sekä eri osapuolten rooleista kysyntäjouaston toteuttamisessa. Kuvassa (Kuva 9.2) on esitetty kysyntäjouaston prosessikaavio, joka oli myös kyselylomakkeessa. Kyselylomake kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä IV.



Kuva 9.2 Kysyntäjouaston pelkistetty prosessikaavio sähkön myyjän ja loppuasiakkaan AMR-mittarin välillä.

Linkki Webropol-kyselyyn lähetettiin Energiateollisuus ry:n kautta kaikille suomalaisille jakeluverkonhaltijoille maaliskuussa 2014. Tätä ennen marraskuussa 2013 kyselyn ensimmäinen versio lähetettiin yhdeksälle verkkoyhtiölle, joista kuusi vastasi kyselyyn. Näiden ensimmäisten vastausten sekä saadun palautteen perusteella kyselyä muokattiin. Varsinaiseen kyselyyn saatiin 30 vastausta (vastausprosentti 35 %), joista kaksi anonyymejä. Kyselyyn nimellä vastanneiden yhtiöiden asiakasmäärä on 74 % kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden asiakasmäärästä. PJ-asiakkaille siirretyn energiamäärän perusteella vastaajat puolestaan edustavat 70 %:ia suomalaisista verkkoyhtiöistä, ja jakeluverkkopituudesta yhtiöillä on 72 %.

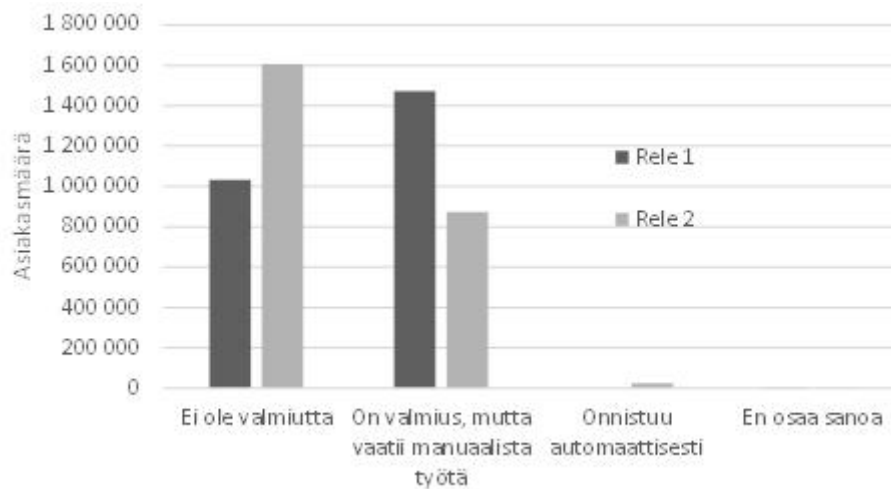
Vastanneiden yhtiöiden asiakasmäärän mediaani on 29 000 (kaikilla suomalaisilla yhtiöillä 12 600) ja asiakasta kohden laskettu verkkopituuden mediaani on vastaajilla 151 m/as (kaikilla suomalaisilla yhtiöillä 157 m/as). Vastaajat edustavat siten kohtalaisen hyvin suomalaisia verkkoyhtiöitä, suuria yhtiöitä on kuitenkin vastaajissa keskimääräistä enemmän.

Noin kolmannes vastanneiden yhtiöiden mittareista oli varustettu kahdella releellä, jotka tyyppillisesti ohjaavat eri kuormitusryhmiä. Noin 40 %:ssa mittareista on valmius kuormien ohjauksen erillisellä kuormanohjausreleellä (tehonrajoitusrele SLY-kytkennässä, rele 1 kuvassa 9.2) ja noin 40 %:ssa aikareleellä (yö-aikarele SLY-kytkennässä, rele 2 kuvassa 9.2). Osaa aikareleista voidaan ohjata myös erilliskäskyllä, ja osaa kuormanohjausreleistä puolestaan käytetään aikaohjaukseen. Releiden määrää ja jaottelua koskevissa vastauksissa voi olla epävarmuutta, koska kysymyksen voi ymmärtää tarkoittavan mittarin ominaisuuksia (onko mittarilla releet) tai asiakkaan pääkeskuksen ohjattavuutta (onko releiden perässä ohjattavaa kuormaa). Ohjattavan kuorman määrää kysyttiin erikseen, ja sen vastauksissa on todennäköisesti pienemmät virhemahdollisuudet.

Ohjattavia kuormia vastanneiden yhtiöiden asiakkailta on kytkettynä erillisen kuormanohjausreleen (rele 1) ohjaukseen yhteensä n. 570 MW (200 000 asiakasta) ja aikareleeseen (rele 2) ohjaukseen yhteensä n. 750 MW (150 000 asiakasta). Kun nämä suhteutetaan vastanneiden yhtiöiden osuuteen kaikkien yhtiöiden asiakasmäärästä, voidaan arvioida, että ohjattavia kuormia on koko maan tasolla kuormanohjausreleellä (rele 1) n. 800 MW ja aikareleellä (rele 2) n. 1 000 MW, osaa kuormanohjausreleellä olevasta kuormasta ohjataan aikaperusteisesti. Suurin osa ohjauksista on erillisiä, joten ohjattavissa oleva kuorma on näin arvioituna yhteensä n. 1 800 MW. Ohjattavat kuormat ovat tyyppillisesti omakotitalojen lämmitys-kuormia, myös rivitaloasiakkaita on ohjauksen piirissä joillakin yhtiöillä. Fingridin mittauksissa puolestaan on arvioitu, että yö sähkökuormien kytkeytymisen vaikutus sähkön kulutukseen on n. 500 – 1 000 MW (Fingrid 2013).

Yksi keskeinen tulos kyselystä saatiin jo laatimisvaiheessa, jolloin ilmeni että kuormanohjauksen toteutuksen ratkaisut ovat niin heterogeenisiä, että niiden selvittäminen määrämukoisella kyselyllä on hyvin haastavaa. Myös kyselyn tulokset vahvistivat tätä näkemystä ja vastausten perusteella voidaan todeta, että yhtenäisiä käytäntöjä kuormanohjauksen toteuttamisessa ei ole. Myyjän lähettämien kuormanohjauskäskyjen toteuttaminen asiakkaalla ei joko ole mahdollista tai se vaatii manuaalista työtä. Tämä nähdään kuvan 9.3 perusteella. Kuvassa on esitetty vastaukset kysymykseen ”onko verkkoyhtiöllänne mahdollisuus toteuttaa (minkä tahansa) myyntiyhtiön lähettämiä kuormanohjauskäskyjä asiakkaalle?”, jaoteltu-

na releellä 1 ja 2 toteutettaviin ohjauksiin. Vastaukset on suhteutettu vastaajan asiakasmäärään.



Kuva 9.3 Vastaukset kysymykseen ”onko verkkoyhtiöllänne mahdollisuus toteuttaa (minkä tahansa) myyntiyhtiön lähettämiä kuormanohjaukskäskyjä asiakkaalle?” suhteutettuna vastaajan asiakasmäärään.

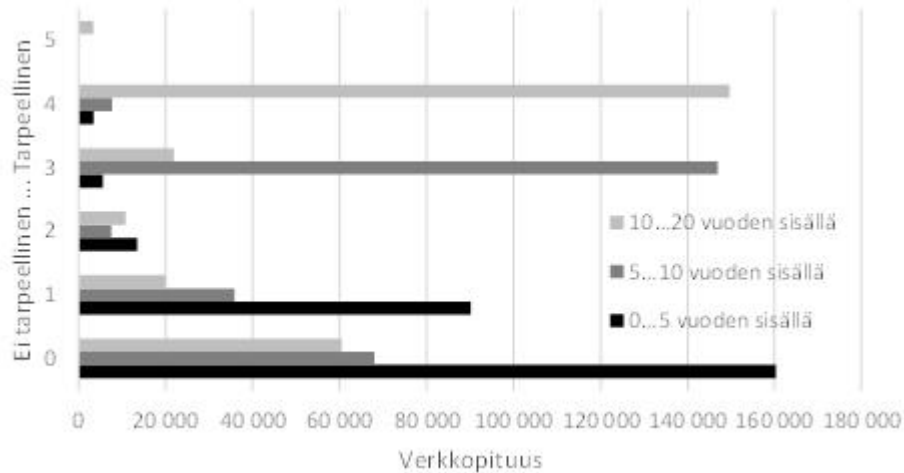
Kuormanohjaukskäskyn viiveen myyjän ja asiakkaan mittarin välillä arvioitiin vaihtelevan muutamasta minuutista useisiin päiviin. 20 % vastaajista arvioi viiveeksi 1-10 minuuttia, 65 % vastaajista puolestaan ei antanut lainkaan arviota viiveestä. Pahimmat pullonkaulat kuormanohjaukskäskyn perillemenon kannalta nähdään järjestelmien välisessä tiedonsiirroksessa, sekä myyjän ja verkonhaltijan että mittarin ja verkonhaltijan välillä. Lisäksi ohjauksien perillemenon varmentaminen lyhyessä ajassa on haastavaa.

Ohjaukskäskyn onnistumisesta ei saada yleensä kuittausta mittarilta, johtuen useimmiten siitä, että ohjaukset perustuvat mittarille ohjelmoituihin aikatauluihin. Ohjausten onnistumisprosentin arvioidaan kuitenkin olevan yleisesti ottaen lähellä 100 %.

Software fuse –toiminto, eli ohjelmoitava tehonrajoitin, on ainakin mahdollisuutena useimmissa tapauksissa (otettavissa käyttöön ohjelmistopäivityksellä 88 % mittareista), mutta sitä ei ole otettu käyttöön. Tyypillisesti tehonrajoitin ohjaa katkolaitetta, tai siltä saadaan hälytys. Tämä toiminnollisuus edesauttaa käytännössä kaistahinnoittelun (tai muulla tavoin toteutetun tehonohjauksen hinnoittelun) toteuttamista.

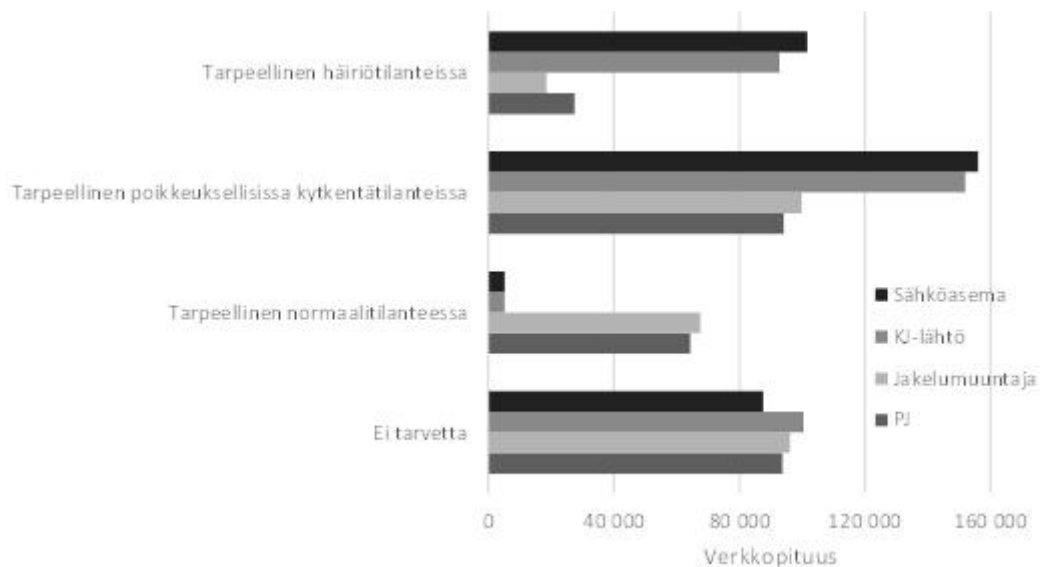
Kyselyssä kartoitettiin myös verkkoyhtiöiden omia tarpeita kuormanohjaukselle. Kuva 9.4 on esitetty vastaukset kysymykseen ”Nähdäänkö yhtiössänne tarpeelliseksi kuormanohjausten hyödyntäminen (0...5 vuoden, 5...10 vuoden, 10...20 vuoden aikajänteellä) jakeluverkkoyh-

tiön omiin tarpeisiin (esim. kapasiteetin riittävyys, vaihtoehto varayhteyksille tms.)? ” suhteutettuna vastaajan verkkopituuteen. Kuvasta nähdään, että verkkoyhtiöiden tarve kysyntäjoustolle on tällä hetkellä vähäinen, mutta se kasvaa tulevaisuudessa.



Kuva 9.4 Vastaukset kysymykseen ”Nähdäänkö yhtiössänne tarpeelliseksi kuormanohjausten hyödyntäminen (0...5 vuoden, 5...10 vuoden, 10...20 vuoden aikajänteellä) jakeluverkkoyhtiön omiin tarpeisiin (esim. kapasiteetin riittävyys, vaihtoehto varayhteyksille tms.)? ” suhteutettuna vastaajan verkkopituuteen.

Suurimmat tarpeet kysyntäjoustolle ovat keskijännitetasolla poikkeuksellisissa kytkentätilanteissa, kuten Kuva 9.5 voidaan nähdä.



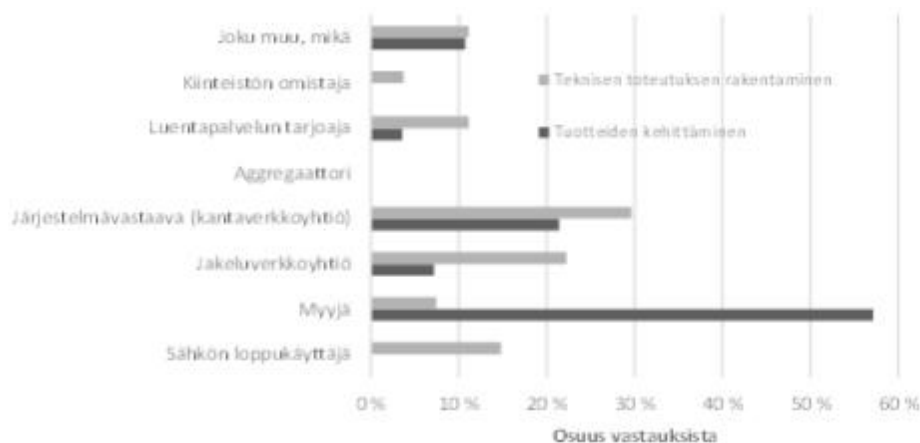
Kuva 9.5 Vastaukset kysymykseen ”Millä verkkotasolla kuormanohjauksen mahdolliset tarpeet (ks. edellinen kysymys) suurimmalta osaltaan ovat? ” suhteutettuna vastaajan verkkopituuteen.

Keskeisimmät esteet kysyntäjousteille, jotka tulisi ensisijaisesti ratkaista, ovat kyselyn vastausten perusteella tietojärjestelmien standardien ja valmiiden käytäntöjen puute sekä liian pieni taloudellinen hyöty, kuten alla olevasta kuvasta käy ilmi.



Kuva 9.6 Vastaukset kysymykseen ”Mitkä ovat mielestänne kolme keskeisintä estettä kysyntäjousteiden hyödyntämiselle, jotka tulisi ensisijaisesti ratkaista?”

Kuva 9.7 on esitetty vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjousteiden tuotteiden kehittämisessä / teknisen toteutuksen rakentamisessa?”.



Kuva 9.7 Vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjousteiden tuotteiden kehittämisessä / teknisen toteutuksen rakentamisessa?”

Kyselyn mukaan kohtalainen yksimielisyys vallitsee siitä, että sähkön myyjän tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjousteiden tuotteiden kehittämisessä. Teknisen toteutuksen rakentamisessa puolestaan vastaukset jakautuvat enemmän. Tässä kyselyssä niukka enemmistö on sitä mieltä, että kantaverkko-yhtiön tulisi olla aktiivisin osapuoli teknisessä toteutuksessa.

Joulukuussa 2013 järjestetyn työpajan esitehtävässä, johon vastasivat eri sidosryhmien edustajat, näkemys puolestaan oli, että jakeluverkkoyhtiön tulisi olla aktiivisin osapuoli teknisen toteutuksen rakentamisessa. Kuva 9.8 on vertailtu näiden kahden kyselyn vastauksia. Työpajakyselyssä ei ollut vaihtoehtona luentapalvelun tarjoajaa, muutoin kysymyksenasettelu oli samanlainen. Tämän perusteella voidaankin todeta, että selkeää yksimielisyyttä rooli- jaosta kysyntäjoustopuolella teknisessä toteutuksessa ei ole.



Kuva 9.8 Verkkoyhtiökyselyn ja työpajan vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjoustopuolella teknisen toteutuksen rakentamisessa?”

Eri osapuolten välillä myös todettiin olevan intressiristiriitoja; 45 % verkkoyhtiökyselyn vastaajista oli sitä mieltä, että kysyntäjoustopuolella toteutuksessa on käytännön ristiriitoja kuormanohjauksesta hyödyntävien toimijoiden välillä, ja vain 28 % sitä mieltä, että ristiriitoja ei ole. Kolmantena vastausvaihtoehtona oli ”en osaa sanoa”. Ristiriitoja todettiin olevan kustannusten ja hyötyjen jaossa sekä siinä, että eri toimijoiden tarpeet kuormanohjaukselle eivät välttämättä kohtaa samalla ajanhetkellä.

Ohjeistus (SLY-ohjeistus tai vastaava) asiakkaan pääkeskuksen suunnitteluun, erityisesti sähkölämmityskohteissa, on 55 %:lla vastaajista (näiden yhtiöiden asiakasmäärä on 82 % kaikkien vastaajien asiakasmäärästä). Tällainen ohjeistus edesauttaa ohjattavien kuormien yhtenäistä kytkentää. Sähkölämmityskuormien ohjattavuuteen vaikuttaa myös asiakkaan tariffivalinta; kuormitukset ovat todennäköisesti ohjattavissa, jos asiakas on valinnut kaksiaikatariffin. Tätä selvitetiin kysymällä kuinka suuri osa asiakkaista valitsee muun kuin yleistariffin, vaihtoehdot olivat alle 30 %, 30–70 % ja yli 70 %. Näiden vastausten perusteella valtaosa sähkölämmittäjistä valitsee muun kuin yleistariffin. Koska vastausvaihtoehtoina olivat

vain karkeat portaat, ei vastauksista voida arvioida tarkkoja määriä, mutta voidaan kuitenkin todeta, että vähintään 85 % sähkölämmittäjistä valitsee muun kuin yleistariffin.

Kyselyssä tiedusteltiin myös pientuotantoasiakkaiden määrää. Pientuotantoa omaavien asiakkaiden määrä on tyypillisesti muutamasta asiakkaasta muutamaan kymmeneen, yhteensä pientuotantoa oli 250 asiakkaalla (0,01 % asiakkaista). Osalla vastaajista saadaan tuotannosta tieto AMR-mittarin virransuuntien perustella, jolloin tieto saadaan myös sellaisesta pientuotannosta, jota asiakkaat eivät ole ilmoittaneet.

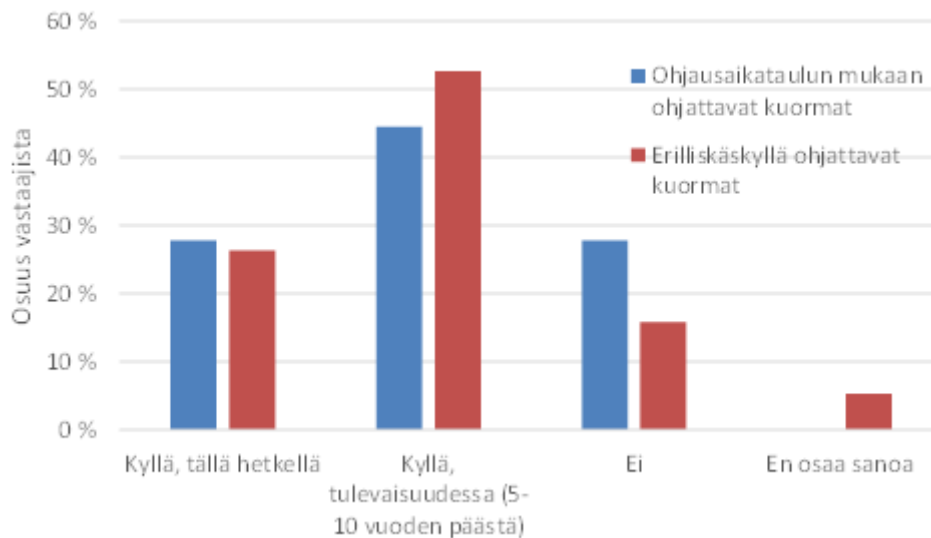
9.2.2 Myyntiyhtiöiden näkemykset kysyntäjoudesta

Myyntiyhtiöiden näkemyksiä kysyntäjoudestoon kartoitettiin syyskuussa 2014 toteutetulla Webropol-kyselyllä (kyselylomake on liitteessä V). Osa kysymyksistä oli samoja kuin aiemmin toteutetussa verkkoyhtiökyselyssä, joten verkkoyhtiöiden ja myyntiyhtiöiden näkemyksiä oli mahdollista vertailla vastausten perusteella. Kysely lähetettiin Energiateollisuus ry:n kautta kaikille järjestön sähkökauppajäsenille, ja vastauksia saatiin määräaikaan mennessä 18 kpl 16 yhtiöstä (kahdesta yhtiöstä oli kaksi eri vastaajaa). Vastaajien joukossa oli suuria, pieniä ja keskikokoisia yhtiöitä. Vastanneiden yhtiöiden yhteenlaskettu asiakasmäärä on n. 1,5 miljoonaa (n. 45 % kaikista asiakkaista). Kyseessä on kuitenkin hyvin karkea arvio, koska tarkkoja taustatietoja ei kaikilta osin ole, ja osa vastasi anonyymisti.

Yksi keskeinen vastauksista esille tuleva seikka on suuri hajonta; useimmissa kohdissa vastaajien kesken ei ole yhtenäistä näkemystä kysyntäjoudeston tarpeista, toteutuksesta tai vaikutuksista. Joitakin yhteneviä johtopäätöksiä voidaan kuitenkin vetää. Ensinnäkin voidaan todeta, että spot-perusteisen tuntihinnan vieminen asiakkaalle nähdään keskeisimpänä tekijänä kysyntäjoudeston toteutuksessa. Kuormitusryhmistä kiinnostavimmaksi koetaan ok-talojen sähkölämmitys. Kysyntäjoudeston kehittämisen kannalta kriittinen massa, eli palvelusta kiinnostuneiden asiakkaiden määrä tai odotettavissa olevat hyödyt, vaihtelee voimakkaasti vastaajittain. Karkeana keskiarvona kriittinen massa on muutama tuhat palvelusta kiinnostunutta asiakasta ja noin sadan euron vuotuinen nettohyöty asiakasta kohden. Valtaosa vastaajista näki intressiristiriitoja kysyntäjoudestossa eri toimijoiden välillä. Ohjaustarpeet eri osapuolilla (DSO, TSO, myyjä) voivat osua eri ajanhetkiin, muiden kuin myyjän tekemät ohjaukset voivat aiheuttaa taloudellisia riskejä myyjälle ja kustannusten ja hyötyjen jakaminen verkkoyhtiön ja myyjän välillä aiheuttaa ristiriitoja. Kyselyn tarkemmat tulokset on esitetty seuraavissa luvuissa.

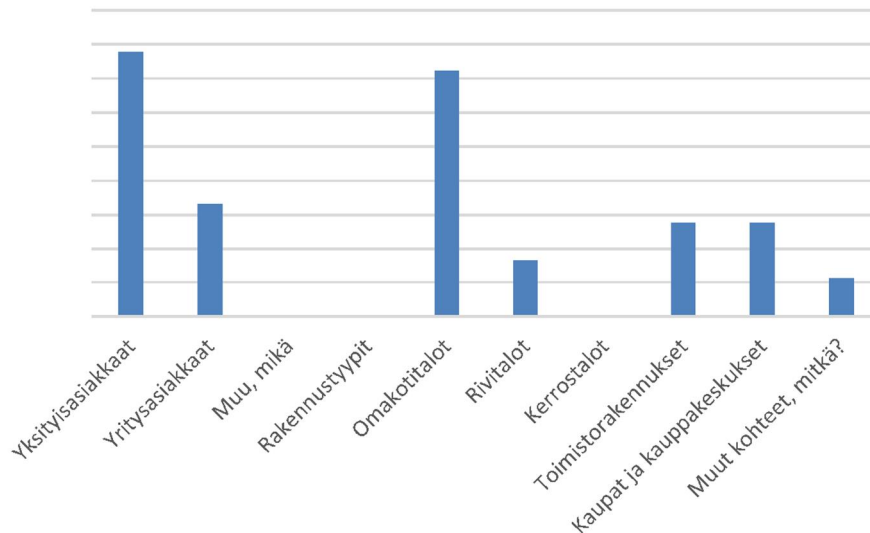
9.2.2.1 Kysyntäjouaston nykytila, tarpeet ja mahdollisuudet

Nykytilanteessa kuormien ohjauksista vastaa tyypillisesti verkkoyhtiö, ja myyjillä ei yleensä ole mahdollisuutta ohjata asiakkaiden kuormia. Noin puolet vastaajista kuitenkin näkee kuormien ohjausmahdollisuudet tarpeellisina tukevaisuudessa, ja vajaa kolmannes tunnistaa kuormien ohjauksen tarpeellisuuden jo tällä hetkellä. Kuvassa 9.9 on esitetty vastaukset kysymykseen ”näettekö tarvetta asiakkaidenne kuormien ohjaukselle”.



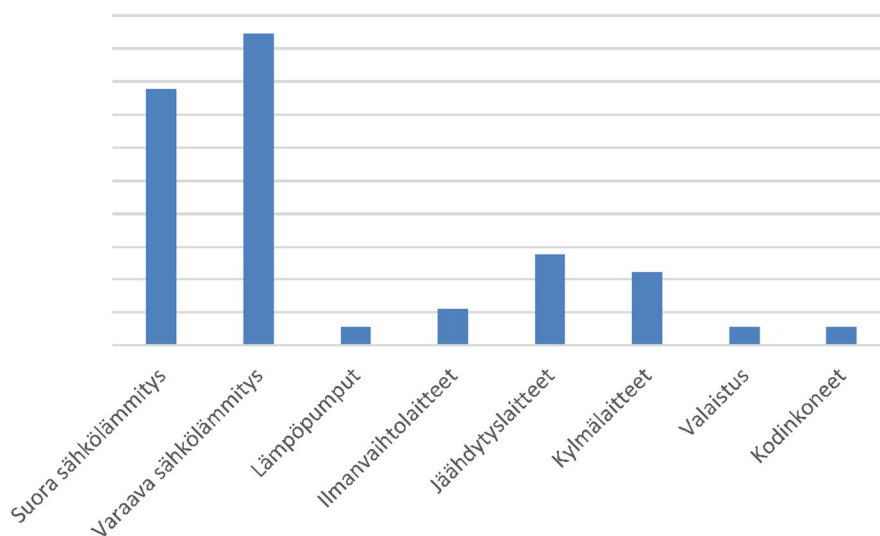
Kuva 9.9 Vastaukset kysymykseen ”näettekö tarvetta asiakkaidenne kuormien ohjaamiselle”.

Asiakasryhmistä yksityisasiakkaat nähdään kiinnostavampana kuormanohjauskohteena kuin yritysasiakkaat. Rakennustyypeistä puolestaan erityisesti omakotitalot nousevat esille, minä lisäksi noin neljännes vastaajista on todennut kauppa- ja toimistorakennukset kiinnostaviksi ohjauskohteiksi (Kuva 9.10)



Kuva 9.10 Vastaukset kysymykseen "mitkä asiakas- ja rakennusryhmät näette kiinnostavina kuormanohjauskohteina".

Kuvan (Kuva 9.11) mukaisesti kuormitusryhmistä sähkölämmitys, erityisesti varaava, on kiinnostavin ohjauskohde, lisäksi noin neljännes vastaajista on todennut jäähdytys- ja kylmälaitteet kiinnostavaksi kuormitusryhmäksi. Huomionarvoista on, että ilmanvaihtolaitteet ja lämpöpumput eivät ole juurikaan saaneet kannatusta.



Kuva 9.11 Vastaukset kysymykseen "mitkä kuormitusryhmät näette kiinnostavina kuormanohjauskohteina".

Kyselyssä pyrittiin myös kartoittamaan sitä, minkä suuruinen kriittinen massa tarvittaisiin, jotta yhtiöt lähtisivät kehittämään kysyntäjoustotuotteita. Tässäkin vastauksessa oli suurta vaihtelua vastaajien välillä, jota osin selittää yhtiöiden väliset kokoerot. Kiinnostuneiden asiakkaiden määrän kohdalla kriittinen massa vaihteli välillä 100 ... 10 000, osalla vastaajista kriittinen massa on alle prosentti kaikista asiakkaista, kun taas osalla noin kolmannes asiakkaista. Vastaavasti myös vuotuisen nettohyödyn raja, jonka tulee ylittyä jotta kysyntäjousto-

tuotteita lähdetäisiin kehittämään, vaihtelee välillä 10 k€/a - 1M€/a. Kun tämä suhteutetaan kriittiseen asiakasmäärään, saadaan nettohyödyn raja-arvoksi kysyntäjoustoasiakasta kohden 10...300 €/as,a, keskiarvon ollessa 100 €/as,a.

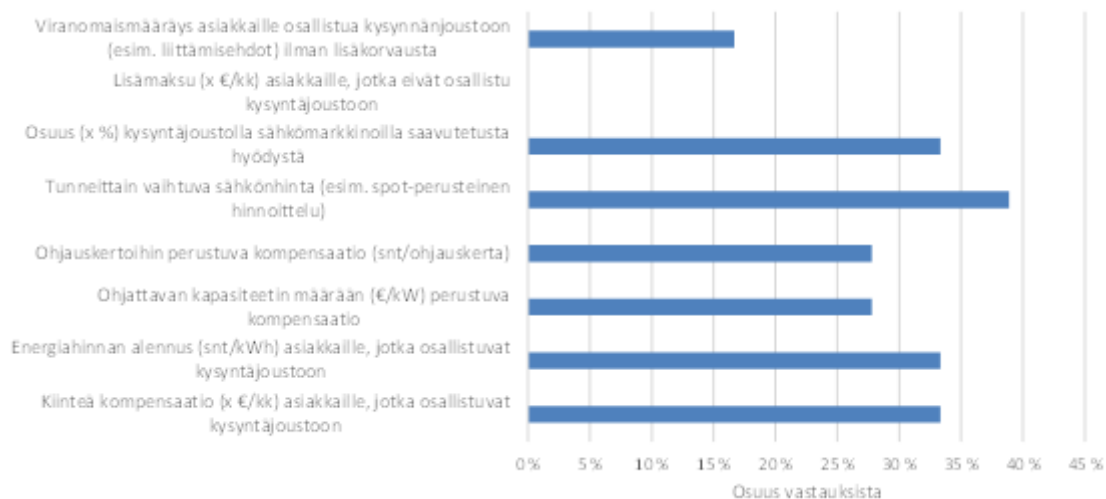
Kuormanohjaus nähdään käyttökelpoisena työkaluna erityisesti suojautumiseen hintapiikkejä vastaan. Taulukossa (Taulukko 9.1) on esitetty vastaukset kysymykseen ”Olettaen että infrastruktuuri mahdollistaa myyntiyhtiön toteuttamat kuormanohjaukset, kuinka potentiaalisena työkaluna näette kuormanohjauksen ja siihen läheisesti liittyvät toiminnot omassa liiketoiminnassanne seuraaviin tarkoituksiin (0 = ei lainkaan potentiaalia ... 5 = hyvin suuri potentiaali)”. Alla olevasta taulukosta nähdään erityisesti vastausten voimakas hajonta; lähes kaikki vastausvaihtoehdot ovat saaneet ”ääniä”. Esimerkiksi ohjattavan kapasiteetin tarjoamisen säätö- ja reservimarkkinoille näkee osa vastaajista hyvinkin potentiaalisena vaihtoehtona, ja osa puolestaan on todennut että siinä ei ole lainkaan potentiaalia.

Taulukko 9.1 Vastaukset kysymykseen ”Olettaen että infrastruktuuri mahdollistaa myyntiyhtiön toteuttamat kuormanohjaukset, kuinka potentiaalisena työkaluna näette kuormanohjauksen ja siihen läheisesti liittyvät toiminnot omassa liiketoiminnassanne seuraaviin tarkoituksiin? (0 = ei lainkaan potentiaalia ... 5 = hyvin suuri potentiaali)”

	0	1	2	3	4	5	Ka.
Suojautuminen spot-markkinoiden hintapiikkejä vastaan (kuormien siirto hintapiikkien ajalta edullisempaan aikaan)	0	2	0	4	5	7	3,83
Tuotedifferointi (uudentyyppiset myyntituotteet)	1	1	5	4	2	5	3,11
Sähkön hankintojen suojauksen varmentaminen (esim. kuormien ohjaus, kun suojauksen taso on liian matala)	1	4	1	4	7	1	2,83
Ohjattavan kapasiteetin tarjoaminen säätö- ja reservisähkömarkkinoille	2	3	1	6	4	2	2,72
Asiakkaiden sitouttaminen	3	0	5	4	4	2	2,67
Kulutustaseen hallinta (kuorman ohjaus tilanteessa, jossa on syntymässä tasevirhettä)	2	4	1	7	3	1	2,44
Kotitautomaatiolaitteiden (HEMS) myyminen tai vuokraaminen asiakkaille	3	3	5	3	2	2	2,22
Myyntinedistäminen kysyntäjoustopuoleen liittyvien vihreiden arvojen avulla	4	3	3	4	4	0	2,06
Muu, mikä	2	0	0	1	0	0	1

9.2.2.2 Kysyntäjoustopuoleen toteutus ja vaikutukset

Kysyntäjoustopuoleen hinnoittelumalleissa eri vaihtoehdot saavat melko yhtenäisen kannatuksen, eniten ”ääniä” saa tunneittain vaihtuva sähkönhinta, joka myös avoimissa vastauksissa nousee monin paikoin esille. Kuvassa (Kuva 9.12) on esitetty vastaukset kysymykseen ”Mikä tai mitkä seuraavista toiminta-/hinnoittelumalleista olisivat mielestänne optimaalisimpia asiakkaiden aktivoimiseksi kysyntäjoustopuoleen”.



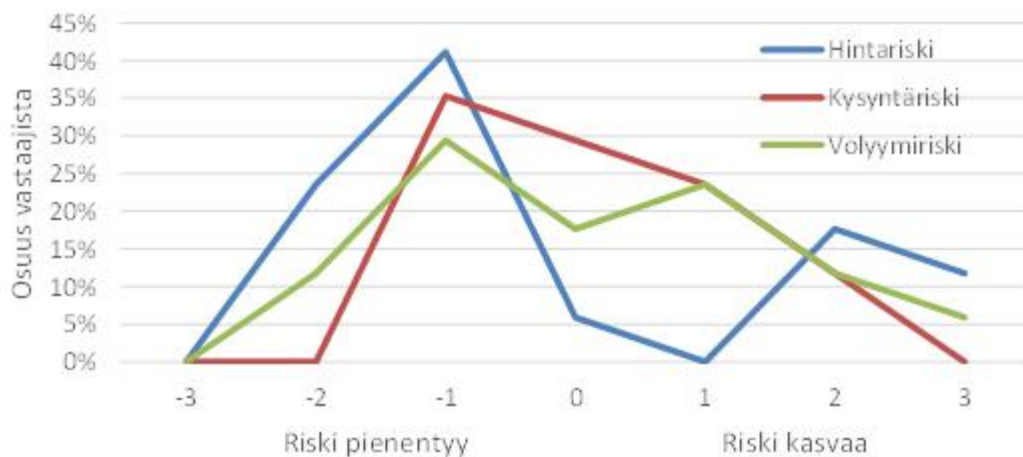
Kuva 9.12 Vastaukset kysymykseen ”Mikä tai mitkä seuraavista toiminta-/hinnoittelumalleista olisivat mielestänne optimaalisimpia asiakkaiden aktivoimiseksi kysyntäjoustoon”.

Kyselyssä kartoitettiin kysyntäjoustop ohella myös muiden toimintaympäristömuutosten vaikutuksia. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 9.1) on esitetty vastaukset kysymykseen ”Kuinka merkittävänä näette seuraavat uudet toiminnot / mahdolliset toimintaympäristön muutokset yhtiönne toiminnan kannalta seuraavien 10 vuoden aikana (0 = ei lainkaan merkitystä ... 5 = hyvin suuri merkitys)”. Näissäkin vastauksissa oli suuri vaihtelu vastaajien kesken. Suurin vaikutus luetelluista asioista nähdään olevan hintaperusteisella kysyntäjoustolla, kun taas sähkön varastointi jää pienimmäksi. Kohtaan muu mikä oli ehdotettu energiapolitiikan sekavuutta.

Taulukko 9.2 *Vastaukset kysymykseen ”Kuinka merkittävänä näette seuraavat uudet toiminnot / mahdolliset toimintaympäristön muutokset yhtiönne toiminnan kannalta seuraavien 10 vuoden aikana (0 = ei lainkaan merkitystä ... 5 = hyvin suuri merkitys)”*

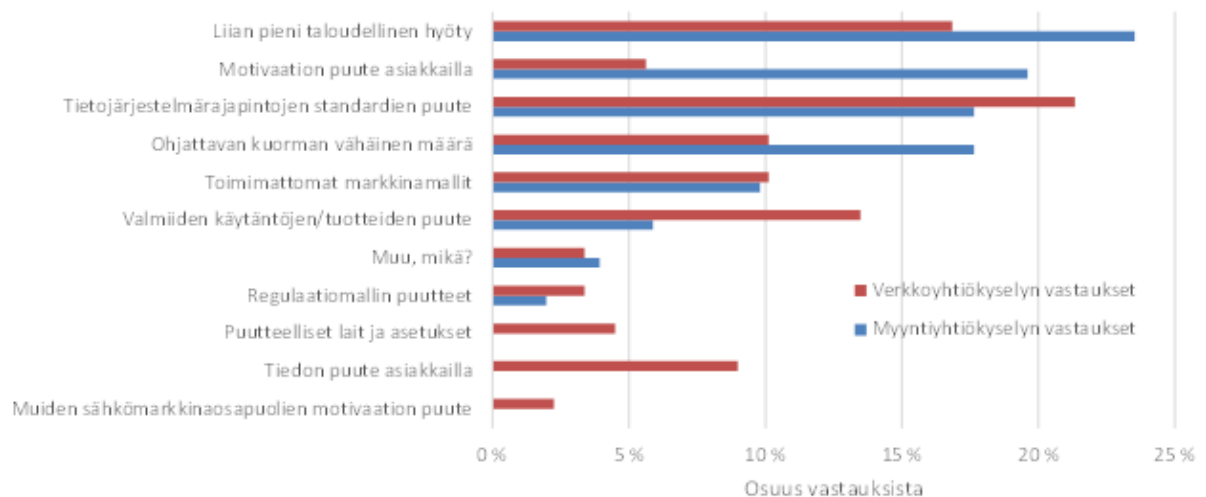
	0	1	2	3	4	5	Ka.
Hintaperusteinen kysyntäjousto (asiakkaiden reagointi hintasignaaleihin)	0	1	2	6	6	2	3,35
Datahub (sähkömarkkinoiden keskitetty tiedonvaihto)	2	1	1	5	5	3	3,12
Asiakkaiden oma (mikro)tuotanto	0	4	2	2	6	2	3
Energiatehokkuusmääräykset	1	3	1	5	6	1	2,88
Myyjävetoinen markkinamalli (nk. yhden luukun malli)	3	0	4	2	6	2	2,82
Asiakkaiden asennemuutokset (energiänsäästö, vihreät arvot)	0	3	2	8	4	0	2,76
Kuormien (etä)ohjaukseen perustuva kysyntäjousto	2	1	6	2	5	1	2,59
Sähköautot	2	1	5	5	4	0	2,47
Sähkön varastointi	4	4	3	4	2	0	1,76
Muu, mikä	0	0	0	0	0	1	5

Kuvassa (Kuva 9.13) on puolestaan esitetty vastaukset kysymykseen ”Miten näette kysyntäjouaston vaikuttavan toimintanne riskeihin?”. Näissäkin vastauksissa on paljon vaihtelua, keskimäärin vastaajat näkevät hintariskin pienentyvän hieman (vastausten keskiarvo -0,18) ja kysyntä- ja volyyimiriskin kasvavan hieman (keskiarvot molemmissa 0,12). Hintariski tarkoittaa tukkuhinnan vaihteluiden aiheuttamaa riskiä, kysyntäriski asiakasmäärän epävarmuuden aiheuttamaa riskiä ja volyyimiriski puolestaan sähkön hankinnan ja myynnin eron aiheuttamaa riskiä.



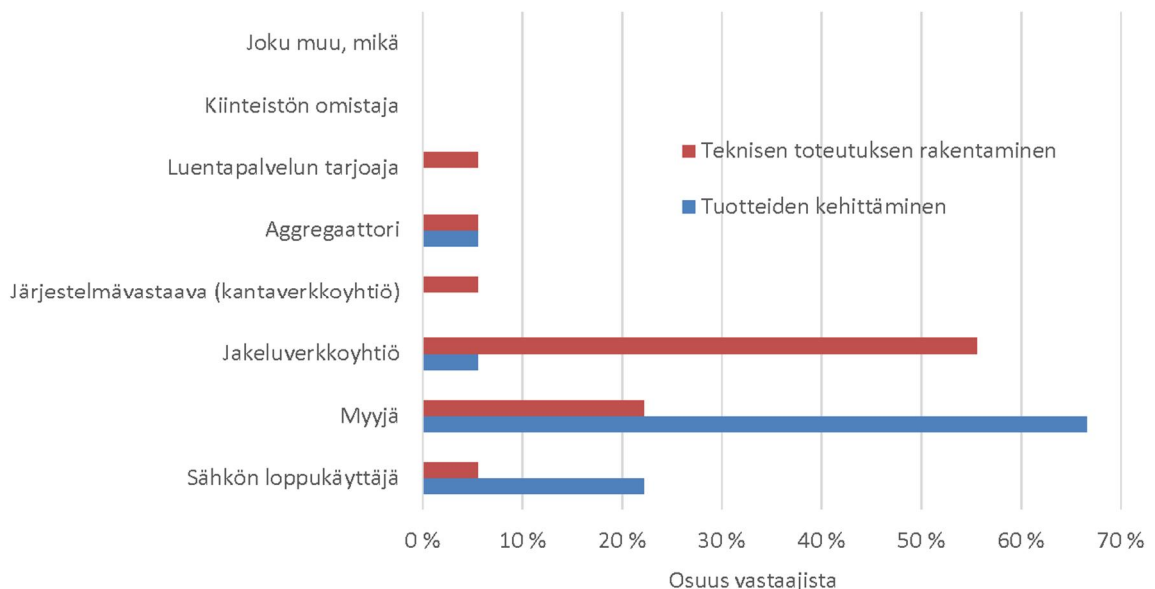
Kuva 9.13 Vastaukset kysymykseen ”Miten näette kysyntäjouaston vaikuttavan toimintanne riskeihin”. Vastausten keskiarvot: hintariski -0,18, kysyntäriski 0,12, volyyimiriski 0,12.

Keskeisimmät esteet kysyntäjouaston toteutukselle ovat myyntiyhtiökyselyn mukaan liian pieni taloudellinen hyöty, motivaation puute asiakkailla, tietojärjestelmärajapintojen standardien puute sekä ohjattavan kuorman vähäinen määrä. Kuvassa (Kuva 9.14) on esitetty sekä myyntiyhtiö- että verkkoyhtiökyselyn vastaukset kysymykseen ”Mitkä ovat mielestänne kolme keskeisintä estettä kysyntäjouaston hyödyntämiselle, jotka tulisi ensisijaisesti ratkaista”. Erityisesti asiakkaiden motivaation puute korostuu myyntiyhtiöiden vastauksissa huomattavasti verkkoyhtiöiden vastauksia enemmän.



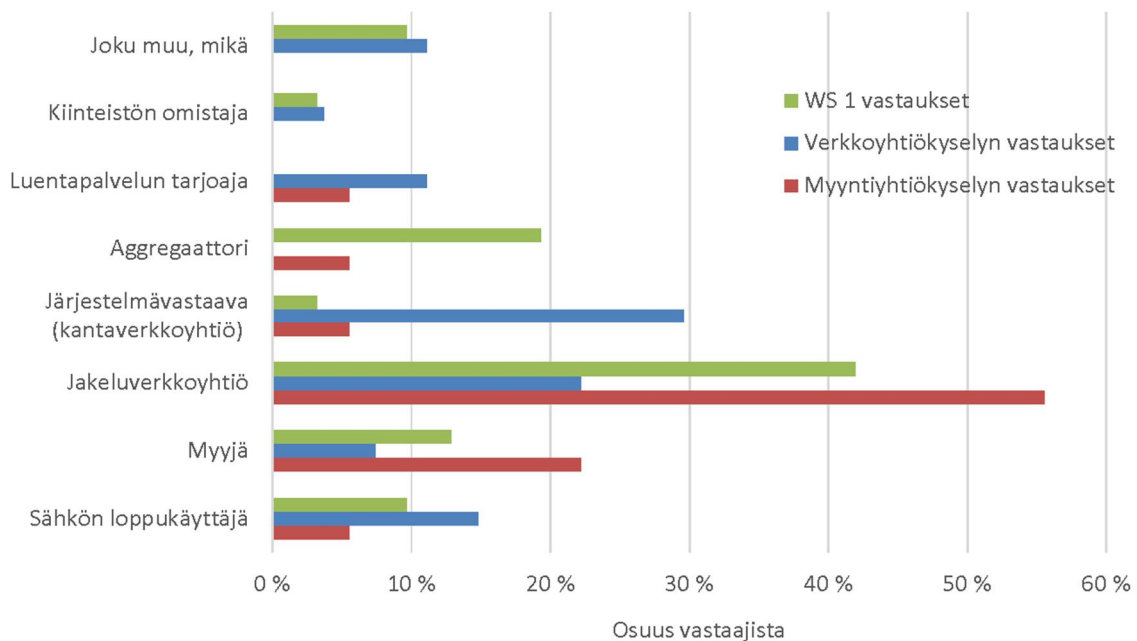
Kuva 9.14 Vastaukset kysymykseen ”Mitkä ovat mielestänne kolme keskeisintä estettä kysyntäjoukon hyödyntämiselle, jotka tulisi ensisijaisesti ratkaista?”.

Myös toimijoiden roolia kysyntäjoukon toteutuksessa kysyttiin myyntiyhtiöiltä samalla tavoin kuin aiemmin verkkoyhtiöiltä, ja ensimmäisen työpajan yhteydessä kaikilta osapuolilta. Kuvassa (Kuva 9.15) on esitetty myyntiyhtiöiden vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin tuotteiden kehittämisessä / teknisen toteutuksen rakentamisessa”. Kuvasta nähdään, että yli puolet vastaajista on todennut, että jakeluverkkoyhtiön tulisi olla aktiivisin osapuoli teknisen toteutuksen rakentamisessa, ja myyjän puolestaan tuotteiden kehittämisessä.



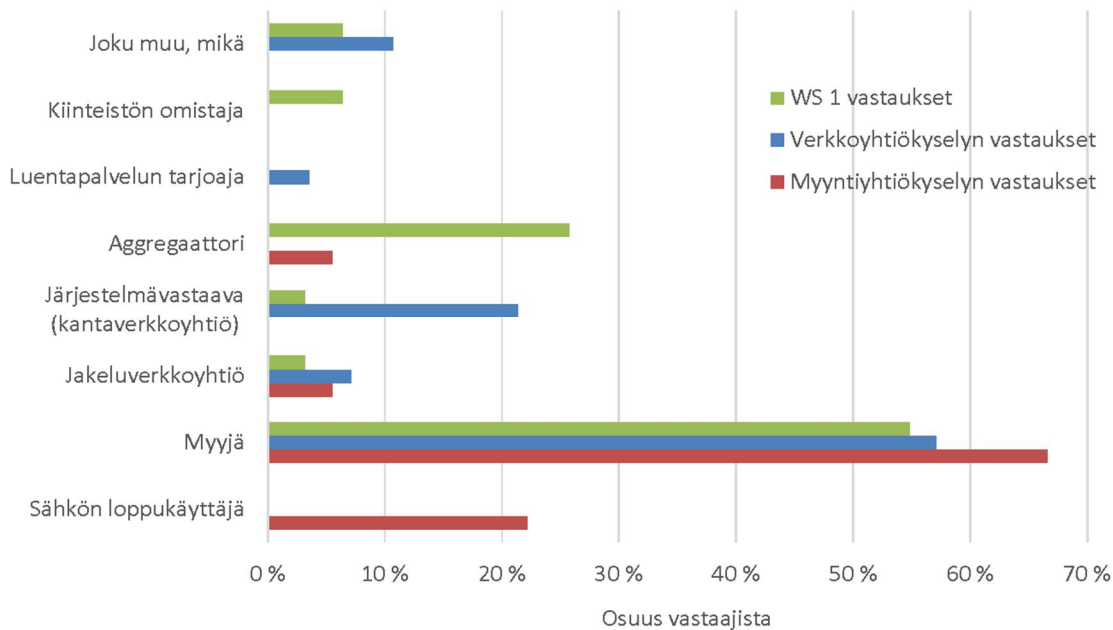
Kuva 9.15 Vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin kysyntäjoukon teknisen toteutuksen rakentamisessa / tuotteiden kehittämisessä?”.

Seuraavissa kuvissa puolestaan on vertailtu myyntiyhtiökyselyn vastauksia verkkoyhtiökyselyn ja joulukuussa 2013 pidetyn työpajan kyselyn vastauksiin. Kuvassa (Kuva 9.16) on vertailu vastauksia teknisen toteutuksen rakentamisen osalta. Keskeisimmät erot ovat jakeluverkkoyhtiön ja kantaverkkoyhtiön rooleissa; sekä myyntiyhtiökyselyssä että työpajan kyselyssä on näkemys ollut, että jakeluverkkoyhtiön tulisi olla aktiivisin osapuoli teknisen toteutuksen rakentamisessa, kun taas jakeluverkkoyhtiökyselyn vastauksissa oli enemmän hajontaa, ja eniten kannatusta tässä kysymyksessä sai kantaverkkoyhtiö.



Kuva 9.16 Työpajan, verkkoyhtiökyselyn ja myyntiyhtiökyselyn vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin kysyntäjoukon teknisen toteutuksen rakentamisessa”.

Kuvassa (Kuva 9.17) puolestaan on esitetty eri kyselyiden vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin kysyntäjoukon tuotteiden kehittämisessä”. Tämän kysymyksen vastauksissa on huomattavasti enemmän yksimielisyyttä; kaikissa mainituissa kyselyissä yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että myyjän tulisi olla aktiivisin kysyntäjoukon tuotteiden kehittämisessä.



Kuva 9.17 Työpajan, verkkoyhtiökyselyn ja myyntiyhtiökyselyn vastaukset kysymykseen ”Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin kysyntäjouston tuotteiden kehittämisessä?”.

Toimijoiden välisistä intressiristiriidoista kysyttäessä 59 % vastaajista toteaa, että ristiriitoja kuormanohjausta hyödyntävien toimijoiden (jakeluverkkoyhtiö, kantaverkkoyhtiö, myyntiyhtiö, aggregaattori, asiakas) välillä on nähtävissä. Tilanteen, jossa joku muu markkinaosapuoli ohjaa myyntiyhtiön asiakkaiden kuormituksia näkee puolestaan ongelmalliseksi 71 % vastaajista. Vastauksissa tuodaan esille, että ohjaustarpeissa on ristiriitoja toimijoiden välillä, esimerkiksi verkon ohjaustarpeet eivät aina ole samaan aikaan kuin markkinahintaperusteiset ohjaustarpeet. Myyjän tekemät ohjaukset voivat muuttaa verkon kuormitustilannetta, ja verkkoyhtiön tekemät ohjaukset voivat aiheuttaa myyjille tasesähkökustannuksia. Osaltaan ristiriitoihin vaikuttaa myös se, että myyjät ja verkkoyhtiöt ovat selvästi erilaisia toimijoita teknisestä ja kaupallisesta näkökulmasta. Lisäksi vastauksissa on pohdittu kustannusten ja hyötyjen sekä riskien ja vastuiden jakoa toimijoiden välillä; fyysisistä kuormanohjauksista voi aiheutua laitteiden kulumista ja jopa vahinkotilanteita, jolloin vastuiden jako toimijoiden välillä on oltava selvillä. Taloudellista riskiä myyjällä lisää puolestaan se, että asiakas tai aggregaattori voi optimoida kulutuksen spot-hintojen julkaisemisen jälkeen, kun taas myyjä joutuu arvioimaan kysyntäjouston määrän ennen hintojen julkaisemista. Myös asiakasnäkökulma nostetaan vastauksissa esille; kysyntäjouston tulee olla asiakkaalle vapaaehtoista, hyödyllistä ja huomaamatonta.

9.2.3 Toimittajakysely AMR-tekniikan mahdollisuuksista kuorman ohjaukseen

Kyselyssä oli tavoitteena selvittää verkkoyhtiökyselyn täydennykseksi etäluettavien mittarien teknologiatoimittajilta nykyisen tekniikan mahdollisuuksia kuorman ohjaukseen. Menetelmänä käytettiin kvalitaattisia kyselyitä suoraan toimittajille tai heidän asiakkailleen. Vastaukset perustuvat viiden eri Suomessa käytössä olevan mittaritekniikan ja etäluentatekniikan ominaisuuksiin.

9.2.3.1 Kyselyn kysymykset ja vastaukset

Taulukko 9.3 Kysymykset ja vastaukset koskien mittalaitteen releitä.

	Mittarin releet	Vastaus (kyl- lä/osittain/ei)
	Mittarissamme on käytössä ohjausaikataulun (tariffiohjelma/kalenteri) mukaisesti ohjattava rele	4 / 1 / 0
	Mittarissamme on käytössä toinen rele, jota voidaan ohjata riippumatta ohjausaikataulusta (ns. erillinen kuormanohjausrele).	3 / 1 / 1
	Tämä erillinen rele voidaan kytkeä suoraan kuormaa ohjaavaan kontaktoriin (releen virtakestoisuus ampeeri-luokkaa)	2 / 1 / 2
	Tämä erillinen rele suositellaan kytkettäväksi välireleellä kuormaa ohjaavaan kontaktoriin (puolijohderele)	2 / 1 / 2

Ohjausaikataulun mukaan ohjattava rele löytyy neljästä mittalaitteesta ja yhdessä mittaritekniikassa ohjausreleitä voidaan valita lisäosiksi tai lisätä jälkikäteen. Kahden releen ratkaisu on käytössä muissa paitsi yhdessä mittarityypissä. Releiden virtakestoisuudessa sen sijaan on eroja. Osalla valmistajista virtakestoisuus riippuu mittariversiosta. Yhdellä valmistajalla on tarjolla vain ns. kevytrele, jonka virtakestoisuus on milliampeeriluokkaa.

Taulukko 9.4 Kysymykset ja vastaukset koskien ohjelmallista sulaketta.

	Ohjelmallinen sulake / software fuse	Vastaus (kyl- lä/osittain/ei)
	Mittareissamme on käytössä virtarajan seuranta (ns. software fuse)	3 / 2 / 0
	Voiko Software fuse tallentaa tapahtumia (virtarajan ylityksiä)?	3 / 0 / 2
	Voiko Software fuse ohjata pääsulakkeen yhteydessä olevaa erillistä katkaisulaitetta?	1 / 1 / 3
	Voiko Software fuse ohjata ohjausaikataulun mukaisesti ohjattavan releen perässä olevia kuormia?	0 / 0 / 4 *
	Voiko Software fuse ohjata ns. erillistä kuormanohjausrelettä?	0 / 0 / 4 *

**) Vastauksia puuttuu*

Ohjelmallinen sulake, eli nk. Software fuse löytyy kolmesta eri laitteesta. Lisäksi kahdella valmistajalla toiminnallisuus löytyy, mutta sitä ei ole käytössä yhdelläkään asiakkaalla. Sulakkeen ominaisuuksista yksinkertaisin, eli ylityksiä tallentava toiminnallisuus löytyy kolmelta valmistajalta. Katkaisun järjestäminen software fusen avulla onnistuu yhdellä teknologialla. Mutta kyselylomakkeen vapaista sanallisista tiedoista käy ilmi että mahdollisesti ominaisuus olisi otettavissa käyttöön kaikilla vastaajilla joko päivittämällä mittaria tai jättämällä joitain nykyisiä toiminnallisuuksia pois. Tässä mielessä toimittajien vastaukset ohjelmallisen sulakkeen mahdollisuuksista ovat varovaisia. Yhdeltä toimittajalta ei saatu vastausta ohjelmallisen sulakkeen avulla tehtäviin ohjauksiin puhuttaessa mittarin releiden ohjausmahdollisuudesta.

Taulukko 9.5 Kysymykset ja vastaukset koskien ohjauksia ja liityntöjä.

Nro	Ohjaukset ja liitynnät	Yksittäiselle mittarille (kyllä/osit./ei)	Ryhmälle, esim. yhden myyjän asiakaille (kyllä/osit./ei)	Kaikille JVH:n mittareille (kyllä/osit./ei)
10	Onko "kalenteriohjausta" mahdollista muuttaa niin, että seuraavalle vuorokaudelle lähetetään ja muutetaan kalenterin ohjauksia yksittäisille tunneille?	4 / 0 / 0 *	1 / 3 / 0 *	0 / 2 / 2 *
11	Voidaanko em. ohjausaikatailua ohjata myös nopeammin, eli kytkeä päälle/pois päivän aikana esim. tunnin varojalla?	3 / 1 / 0 *	1 / 3 / 0 *	0 / 0 / 4 *
12	Voidaanko mittarissa oleva ohjausaikataulu ohittaa erillisellä komennolla luentajärjestelmästä?	3 / 0 / 1 *	1 / 2 / 1 *	0 / 2 / 2 *
13	Onnistuuko edellä kuvattu toiminto mittarin ohjelmiston päivittämisellä?	2 / 1 / 1 *	2 / 1 / 1 *	1 / 0 / 4 *
14	Voidaanko ns. erillinen kuormanohjausrele rele ohjata etänä auki/kiinni päivän aikana esim. tunnin varojalla?	3 / 0 / 1 *	3 / 0 / 1 *	0 / 0 / 4 *
15	Mittarissa on mahdollista käyttää erilaisia kalentereita/ohjelmia, joissa kuormaa ohjataan	3 / 0 / 1 *	3 / 0 / 1 *	3 / 0 / 1 *
16	Mittarilta on rajapinta ulkoiselle kodin automaatiolaitteelle energiatietojen osalta	1 / 2 / 2		
17	Mittarilta on rajapinta ulkoiselle kodin automaatiolaitteelle ohjausten osalta	2 / 2 / 1		
18	Järjestelmätasolla on rajapinta kodin automaatiolaitteelle energiatietojen osalta	0 / 1 / 4		
19	Järjestelmätasolla on rajapinta kodin automaatiolaitteelle ohjausten osalta	0 / 0 / 5		
20	Onko etäluettava mittari varustettu taajuuden mittauksella?	2 / 0 / 3		
21	Onko taajuuden mittausta mahdollista käyttää antamaan ohjauksia mittarin releille?	1 / 0 / 4		
22	Onko taajuuden mittausta mahdollista käyttää antamaan ohjauksia mittarin katkaisulaitteelle?	1 / 0 / 4		

*) Vastauksia puuttuu

Tyypillisesti kommentoissa nousivat esiin kommunikaation hitaus ja epävarmuus sekä erilaisten mittarityyppien määrä, joissa voi olla toisistaan poikkeavia ominaisuuksia. Pääosin erilaisia ohjauksia ja niihin liittyviä toimintoja voidaan järjestellä nykyisestä poikkeavastikin pienellä mittarimäärällä.

Taulukko 9.6 Mittareiden eri ominaisuudet suhteutetuna Suomen käyttöpaikkoihin.

Ominaisuus	Kattavuus Suomen käyttöpaikoista
Mittalaitteessa on vapaasti ohjattava rele	74 %
Mittalaitteessa on virtarajan seuranta (ns. software fuse)	100 %
Virtarajan ylitykset on mahdollista saada talteen	63 %
Katkaisulaitteen ohjaaminen on mahdollista virtarajan seurannalla	100 %
Kuormanohjaus releen ohjaaminen on mahdollista software fusella	47 %
Vapaasti ohjattavan releen ohjaaminen on mahdollista software fusella	47 %
2-tariffi kohteissa on mahdollista muuttaa ohjausaikataulua etänä.	71 %
Kuormanohjausrelettä voidaan ohjata myös etänä kalenterista poiketen (pienelle määrälle mittareita)	45 %
Mittarilta on rajapinta ulkoiselle kodin automaatiolaitteelle energiatietojen osalta(s0 pulssi)	50 %
Mittari on varustettu taajuuden mittauksella	50 %
Taajuuden mittausta voidaan käyttää mittarin releiden ohjaukseen	21 %
Taajuuden mittausta voidaan käyttää mittarin katkaisulaitteen ohjaukseen	21 %

Edellä olevassa taulukossa on esitetty mittareiden eri ominaisuuksia suhteutettuna koko mittarimäärään. Erillisessä verkkoyhtiökyselyssä saatiin tiedot Suomen verkkoyhtiöiden käyttämistä mittausteknologioista. Kyselyn kattavuus oli 75 % käyttöpaikoista. Taulukossa on poimittu eri valmistajien markkinaosuuksien mukaan mittarin keskeisiä ominaisuuksia.

Virtarajan seuranta eli Software fuse löytyy tai on päivitettävissä kaikkiin laitteisiin. Sen sijaan vain 63% käyttöpaikoista virtarajan ylitykset voidaan tallentaa. Kohteista, joissa on katkaisulaite, voitaisiin katkaista software fusella sähköt. Toinen merkittävä havainto on, että taajuuden mittausta on mahdollista tehdä vain noin joka viidennessä käyttöpaikassa.

9.2.3.2 Johtopäätökset

Kyselyn tuloksien valossa nykyisen mittari- ja etäluentateknologian osalta on vielä joitakin hyödyntämättömiä mahdollisuuksia, kuten esim. ohjelmallisen sulakkeen käyttö. Jakelun laadun parantamisen osalta hyödyntäminen voisi olla esimerkiksi sulakerajojen ylittämisen rekisteröinti asiakaskohtaisesti ja siitä seuraavat toimenpiteet. Automaattisemmassa käyttötapauksessa ohjelmallinen sulake voisi myös ohjata kuorman ohjausrelettä tai erillistä katko-

laitetta ja kytkeä asiakkaan irti verkosta. Tämä ei kuitenkaan onnistu kaikilla nykyisin käytössä olevilla mittarityypeillä. Osan näistä toiminnoista nykyinen teknologia jo mahdollistaa, mutta jakeluverkon haltijat eivät näitä vielä aktiivisesti hyödynnä. Yksi syy voi olla, että asiasta ei ole alalla yhteistä suositusta, mikä helpottaisi yhteisten käytäntöjen luomista ja tiedottamista asiakkaille.

Tulosten perusteella kuormanohjaus on pääasiassa ennalta mittariin ohjelmoidun kaksiaika-tariffin mukaista yökuorman kytkentää. Tämän releen kalenterin vaihto on periaatteessa teknisesti mahdollista, mutta sen luotettavuudesta ei ole takeita, kun puhutaan suurem-masta mittarimassasta. Uuden kalenterin siirto voi olla hidasta eikä perillemenosta saada varmistusta. Kuormanohjausta koskevan lainsäädännön mukainen erillinen rele tai rajapinta on käytössä kaikissa teknologioissa. Rele on joko ampeeriluokan ”kova” rele tai sitten edullisempi milliampeeri-rele. Jälkimmäisessä tapauksessa varsinaisen kuorman ohjauksen suorittaminen vaatisi vielä erillisen kytkentäreleen lisäämistä asiakkaiden verkkoon. Mittarin releiden ja niiden ohjaamiseen liittyvien teknologioiden osalta nykyinen etäluentateknologia on vielä osittain kehittymätöntä. Tästä syystä nykyisellä teknologiasukupolvella on rajatut mahdollisuudet suorittaa nopeasti kuorman ohjausta massana. Lisäksi eräässä vastaukses-sa nostettiin esiin vastuukysymykset ja kuormanohjauksen hyötyjen jakaminen eri osapuolil-le. Vastauksissa todettiin myös, että muuta kuin yökuorman ohjausta ei käytännössä ole tehty.

Kuormanohjaus voisi toimia myös ulkoisten signaalien kautta, eli mittalaitteella voisi olla rajapinta esimerkiksi kotiautomaatiolaitetta varten. Tämä ei vastausten perusteella ole mah-dollista nykyisellä mittari- ja etäluentateknologialla. Mittalaitteella on käytännössä vain ener-gian kulutustietoja ulospäin antavia pulssi- tai valotietoja.

Kantaverkkoyhtiön käyttö- ja häiriöreservinä voitaisiin hyödyntää kuormanohjausta, joka pe-rustuisi paikalliseen taajuusmittaukseen. Taajuuden mittausta löytyy kahdelta eri toimittajalta. Sen valjastaminen kuorman ohjauksen käyttöön onnistuu vain yhdeltä toimittajalta ja vaatii mittareiden päivityksen.

9.2.4 Suunnittelijakysely

Kyselyn tavoitteena oli selvittää kiinteistöjen sähköjärjestelmien suunnittelijoiden ja muiden kiinteistösähköistyksen asiantuntijoiden näkemyksiä kysynnän joustosta, mahdollista ratkaisuista sekä kiinteistöjen tehotiedoista ja ohjausmenetelmistä. Sähköinen kysely lähetettiin Neuvottelevat Sähkösuunnittelijat ry:n sähköisenä jäsenkirjeenä (n. 750 vastaanottajaa) sekä TAMK:n omalla asiantuntijapostituslistalla (n. 2500 vastaanottajaa). Kyselyyn vastasi 11.9. – 6.10.2014 välisenä aikana 51 vastausta. Kyselyn vastauksia ja avoimia kommentteja on esitetty tarkemmin liitteessä (LIITE VI).

Vastaajista 63 % toimii suunnittelu- ja konsultointitehtävissä ja 13 % urakoinnin toimialueella. Lisäksi vastaajina oli valvojana, rakennuttajana, laitevalmistuksessa sekä käyttö- ja ylläpitotehtävissä toimivia henkilöitä. Vastaajien työkohteet kattavat laajasti kaikki kiinteistötyypit painottuen kuitenkin muihin kuin asuinrakennuksiin. Vastaajilla ei ollut työkohteina pientaloja samassa suhteessa, kuin niitä rakennetaan. Tästä on pääteltävissä, ettei pientaloille tehdä sähkösuunnittelua samassa laajuudessa kuin suuremmille kohteille eikä niiden suunnittelua nähdä alalla keskeisenä työalueena.

Vastaajilta kysyttiin työtehtävien jakautumista uudiskohteisiin sekä korjaus-, muutos- ja perusrparannuskohteisiin. Työkohteista keskimäärin puolet oli uudiskohteita, mutta työkohteiden kauma eri vastaajilla oli hyvin laaja.

9.2.4.1 Kyselyn yhteenveto

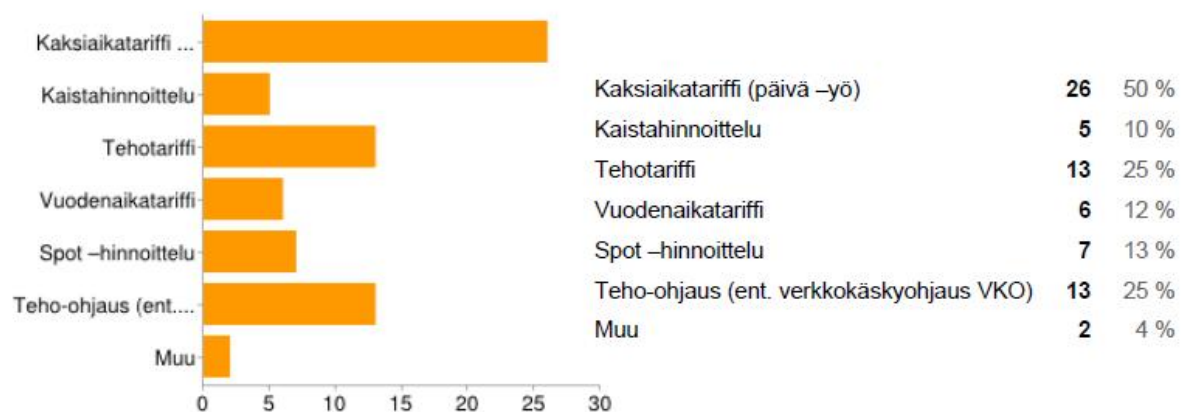
Vastaajista yli kolmannes (35 %) oli Kysynnän jousto -termin kuullut ja 33 % tunsikin termin ja 15 % vastaajista oli siihen perehtynyt. Kuitenkin 13 %:a vastaajista valitsi ”en tiedä, mitä sillä tarkoitetaan” - vaihtoehdon. Kysynnän jouston edistämiseksi alan suunnittelijat ovat keskeisessä roolissa, joten alan yleistä tietämystä on syytä parantaa. Osaltaan tämä kysely, vaikka ei siihen olisi vastattukaan, on vienyt laajalti alan toimijoille tietoa asian ajankohtaisuudesta.

Yli puolella vastaajista kysynnän jousto tai siihen varautuminen ei ole tullut lainkaan tai ei juurikaan työkohteissa vastaan. Vain kolmella vastaajalla (6%) se on mukana lähes joka kohteissa. Näistä vastaajista kahdella työalueena oli urakointi ja yksi työskenteli suunnittelu-tehtävissä. Joissain kohteissa kysynnän jouston oli kohdannut 31 % vastaajista. Tilaajat useimmissa kohteissa määrittävät suunnittelun tavoitteet, joten tuloksista on pääteltävissä, ettei tilaajilla ja kiinteistöjen käyttäjillä ole ollut tarpeita kuormien ohjaukseen tai siihen varau-

tumiseen. Koska alan toimijoillakaan ei ole riittävää käsitystä mahdollista tulevaisuuden tarpeista, ei ohjausvarauksia edes tarjotakaan asiakkaille.

Vastaajien työkohteista puolessa ei juurikaan (35 %) tai ei lainkaan (12 %) varauduta laiteryhmittelyin tai ohjausvarauksin erilaisiin hinnoittelumalleihin. Vastaajista 48 %:n mukaan joissain kohteissa niihin varaudutaan. Eniten varaudutaan sähkön kaksiaikahinnoitteluun (päivä-yö), jonka valitsi puolet vastaajista. Myös teho-ohjaukseen varaudutaan 25 %:n vastaajista mukaan. Tehotariffiin varautumisen valitsi myös 25 % vastaajista. Tämä selittyy sillä, että työkohteet ovat kiinteistöjä, joissa sähkön ostoa usein tehdään tehopohjaisella hinnoittelulla. Kuvassa (Kuva 9.18) on esitetty vastausten jakauma.

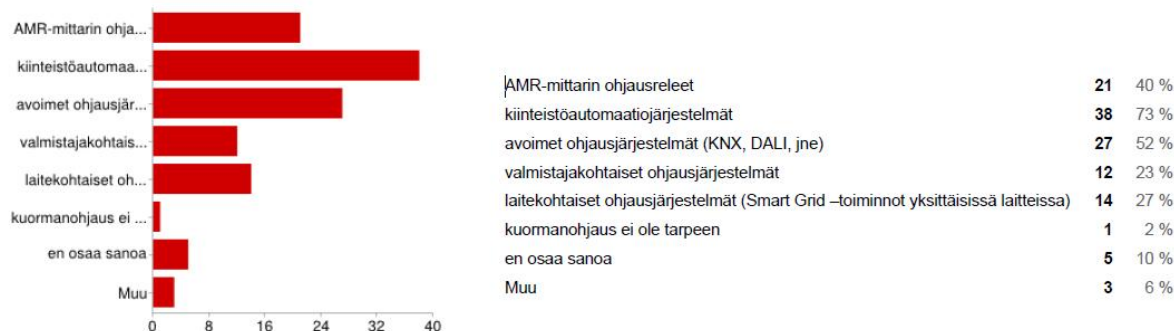
Jos varaudutaan, niin mihin?



Kuva 9.18 Vastaukset eri sähkön hinnoittelumalleihin. Vastaajat saivat valita useita kohtia.

Vastaajista myös muutama (5 henkilöä) oli valinnut ”kaistahinnoittelu” –vaihtoehdon. Muu-vaihtoehdoissa mainittiin myös ” Tehohuipun leikkaus esim. rakennusautomaatiojärjestelmällä”.

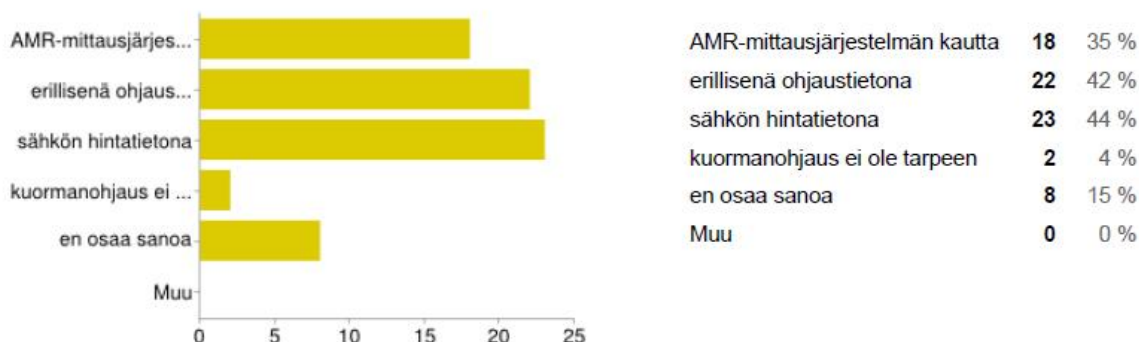
Kyselyssä kartoitettiin vastaajien näkemyksiä siitä, millä tavalla kuorman ohjausta voitaisiin tällä hetkellä toteuttaa. Suurin osa vastaajista valitse useita vaihtoehtoja. 73 % vastaajista piti ratkaisuna kiinteistöautomaatiojärjestelmiä ja yli puolet avoimia ohjausjärjestelmiä. 40 % vastaajista valitsi myös AMR-mittarin ohjausreleet. Kuvassa (Kuva 9.19) esittää vastausten jakaumaa.



Kuva 9.19 Vastausten jakaantuminen kysymykseen ” Millä järjestelmällä nykykohteissa voitaisiin tehdä näkemyksesi mukaan kuormanohjausta?”

Kysymykseen ohjaustietojen välittämisestä sähköverkossa (Kuva 9.20) vastauksissa 44 % valitsi sähkön hintatiedon ja 42 % erillisen ohjaustiedon. Myös yli kolmannes vastaajista valitsi AMR-mittausjärjestelmän.

Miten ohjaustieto sähköverkosta tulisi välittää?



Kuva 9.20 Vastausten jakautuma kysymykseen ”Miten ohjaustieto sähköverkosta tulisi välittää?”

Kuormanohjaukseen liittyvät termit olivat vastaajille tuttuja, koska hyvin vähän oli ”en tiedä” –vastauksia. Koska vastaajien työkohteet painottuivat palvelurakentamiseen, jossa kiinteistöautomaatiojärjestelmät ovat käytössä lähes kaikissa kohteissa, nähtiin ne myös luontevana ratkaisuna ohjausten tekemiseen.

Kyselyssä kartoitettiin myös kiinteistösähköistyksen tehomitoitusta niin liittymän kuin yksittäisten ryhmitystenkin osalta. Vastaajilla oli mahdollisuus valita useampia vaihtoehtoja. Vastauksista 25 %:ssa tehotieto ja sen vaihtelut ovat hyvin tiedossa. Huipputehot ovat hyvin tiedossa noin kolmasosa vastaajien mukaan. Vastauksista voi kuitenkin päätellä, että yleisimmin tehomitoitus tehdään suunnittelun yhteydessä, mutta todellista huipputehoa tai tehon vaihtelua ei seurata.

Avoimissa vastauksissa todettiin, että tuntitasoinen tehotieto olisi saatavissa AMR-mittauksen tietona. Tämä kuitenkin koskee jo toiminnassa olevia sähkökäyttäjiä eikä siis ole käytettävissä suunnitteluvaiheessa. Mittaustietoa käytetään jonkin verran kokemusperäisen tiedon saamiseen.

Kiinteistöjen huipputehon mitoitus perustuu vastausten mukaan laitetietoihin, yleisiin mitoitustapoihin tai omaan kokemukseen. Laiteryhmäkohtaisia huipputehoja ja niiden ajoitusta tunnetaan heikosti.

Vastauksista voi päätellä, että yleisesti olisi tarvetta tehdä uusia, tuntimittauksiin perustuvia, tehomittoitusohjeistuksia erityyppisiin kiinteistöihin. Todellisen huipputehon ja tehovaihtelun tieto on merkittävä osa kuormanohjauksen mahdollisuuksien ja käytännön toteutusten vaikutusten arvioinnissa.

Vastaajista 42 % arvioi tulevaisuudessa kiinteistöjen huipputehon pysyvän ennallaan, 29 % arvioi huipputehojen kasvavan ja 21 % pienenevän. Tämän perusteella voidaan arvioida, ettei kiinteistöissä tule tapahtumaan suuria huipputehojen kasvuja, vaan mahdollinen laitteiden lisääntyminen kompensoituu tehokkaammilla ratkaisuilla. Näin on käymässä mm. valaistuksen osalla.

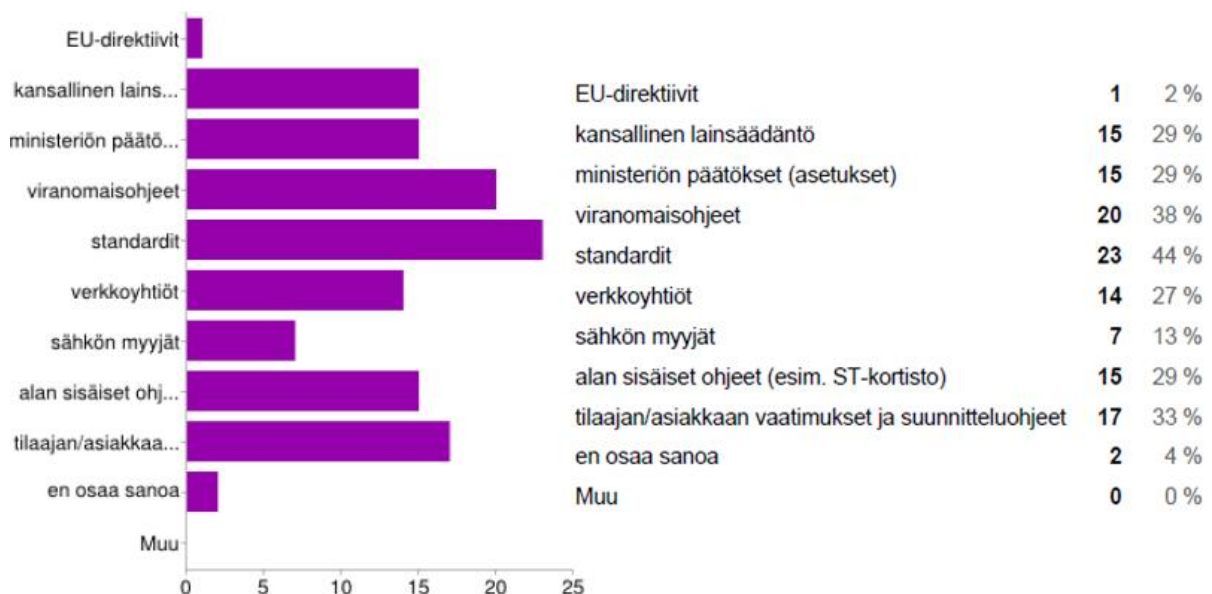
Paikalliseen sähkön pientuotantoon varaudutaan osassa kohteista (33 % vastaajista), mutta suurimmassa osassa kohteita ei juuri lainkaan (44 % vastaajista) tai ei lainkaan (15 % vastaajista). Nykyisissä kohteissa ei siis vielä tehdä edes varauksia "near-by" -tuotantoon, jota tulevana vuosina tullaan edellyttämään laajalti uudiskohteissa.

Vastaajat arvioivat paikallisen pientuotannon joko hieman alentavan huipputehoja (33 % vastaajista) tai sillä ei ole merkitystä huipputehoihin (38 % vastaajista). Ilmeisimmin paikallinen pientuotanto nähdään olevan ennen kaikkea aurinkosähköä, jonka tuotanto on tyypilliseen huippukulutusaikaan hyvin vähäistä.

Vastaajat näkivät tarpeen kaksisuuntaiselle energiansiirrolle olevan olemassa jo nyt (35 % vastaajista) tai seuraavan viiden vuoden aikana (29 % vastaajista). Lähes kaikki muutkin vastaajat näkivät tarpeen tulevana vuosina.

Kuorman ohjaukseen liittyvää säätelyssä standardit, viranomaisohjeet ja tilaajan vaatimukset nähtiin tärkeimpinä. Lisäksi säätelyä ja ohjeistusta tulisi vastaajien näkemysten mukaan

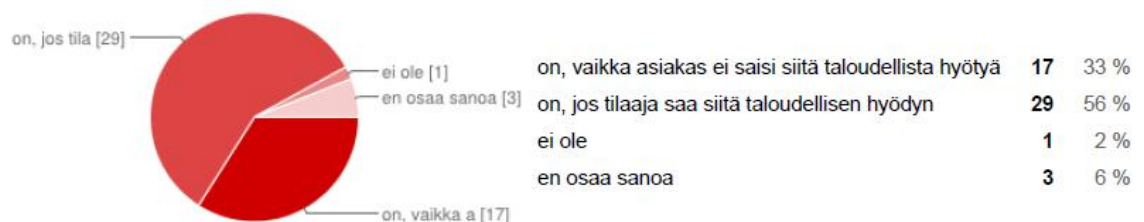
olla lainsäädännössä, alan keskeisissä ohjeissa ja verkkoyhtiöiden ohjeissa. Kuvassa Kuva 9.21) on esitetty vastausten jakauma. Vastaajat saivat valita useita vaihtoehtoja.



Kuva 9.21 Vastausten jakautuma kysymykseen ” Kenen tulisi säädellä tai antaa ohjeita kysynnän jouston huomioonottamiseksi kiinteistöjen sähköjärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa?”.

Vastaajien (60 %) näkemyksen mukaan verkkoyhtiön tulisi olla aktiivinen kysynnän jouston edistämässä. Samoin loppukäyttäjän roolin näki keskeisenä 38 % vastaajista. Myyjällä tulisi olla aktiivinen rooli 23 % mukaan vastaajista. Vastauksista voidaan nähdä, miten alalla edelleen koetaan verkkoyhtiö keskeisenä toimijana ja ohjeiden antajana.

Vastaajat kokivat kysynnän jouston tärkeänä (Kuva 9.22). Yli puolet vastaajista kuitenkin edellytti, että siitä tulee tilaajalle taloudellista hyötyä.



Kuva 9.22 Vastaajien näkemys kysymykseen ” Onko kysynnän jouston edistäminen tarpeellista?”

Kysynnän jouston ratkaisuihin nähtiin ennen kaikkea kiinteistöautomaatio, väylätekniikka ja älykkäät ohjausjärjestelmät. Nopea tekninen kehitys tuo uusia mahdollisuuksia, mutta asettaa haasteita osaamiselle ja hyödyntämiselle.

9.2.4.2 Johtopäätöksiä kyselystä

Tehty kysely osoitti aiheen olevan alaa kiinnostava ja se koettiin ajankohtaiseksi. Kysynnän jouston edistämiseksi nähtiin toisaalta keskeisenä tilaajien asettamat tavoitteet, joita ohjaa taloudellinen hyöty ja toisaalta rakentamisen säädökset ja toisaalta tarve selkeisiin yhteisiin peruslinjauksiin ja ohjeisiin. Tekninen kehitys mahdollistaa jo nykyisellään ja tulevaisuudessa yhä paremmin monipuolisen ohjauksen ja automaation. Tietoverkot laajenevat ja yksittäisten laitteiden oma älykäs ohjaustekniikka lisääntyy.

Vastaajat toivat esiin tarpeen yhteisille ohjeistuksilla ja suunnittelumalleille, jotta kuormanohjaus saadaan yleiseen tietoisuuteen ja siihen varaudutaan kohteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Aiheesta nähdään tarpeelliseksi tehdä koulutuksia, kunhan tavoitteet ja ratkaisulinjat ovat selvillä.

Eri toimijoiden rooli ja tehtävät kaipaavat selkiyttämistä ja tiedon jakamista. Alan toimijoilla on vaikeuksia hahmottaa verkkoyhtiön, sähkö myyjän ja muiden toimijoiden rooleja sähkömarkkinoilla. Koko sähköistysalan tulisikin pohtia, minkä tahon tehtävänä on luoda koko alaa koskevaa kokonaisnäkemystä ja ratkaisumalleja, jotka ovat kustannustehokkaita ja kaikkia osapuolia hyödyttäviä.

Osaamista tulee lisätä ja uudistaa koko rakentamisen alueella. Alan eri toimijoiden tulee ymmärtää kokonaisuuksia ja eri ratkaisujen vaikutuksia. Avoimista vastauksista tulee esiin myös sähköalan toimijoiden osaamistarve nykyistä laajemmasta kokonaisuuksien ymmärtämisestä.

Lähdeluettelo

- (ABB 2014) Controlling Service Point Level Smart Devices in a Distribution Network using IEC CIM (Specification). SGEM Oy.
- (Andrushuk 2009) Rob Andrushuk, Phil Merkel, Denton Vandersteen, "Performance of Ground Source Heat Pumps in Manitoba", Manitoba Hydro report, 2009.
- (CENELEC 2014) DRAFT prEN 50491-12 : Part 12: Smart grid - Application specification - Interface and framework for customer . Brussel: CENELEC.2014
- (EEBus 2014) EEBus Initiative e.V. (2013). *EEBus White Paper 2.0*. Cologne: EEBus Initiative e.V.
- (D2) Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2, 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Viitattu 11.12.2014
- (D3) Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3, 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Viitattu 11.12.2014
- (EN 60335-2-53) Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-53: Particular requirements for sauna heating appliances and infrared cabins, 2011
- (EKOREM) Heljo J., Nippala, E., Nuutila, H., Rakennusten energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa. EKOREM –laskentamallin tulokset. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakentamistalouden laitos. Tampere 2005.
- (Eskelinen 2014) Eskelinen,H. Kysynnän jousto : Kiinteistöautomaatiojärjestelmät osana kysynnän jouston toteutumista. Opinnäytetyö TAMK 2014
- (Fingrid 2013) Fingrid 2013. Yösähkökuormien porrastaminen. Muistio 29.10.2013. Saatavissa:
http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimajarjestelmaliitteet/Voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20hallinta/Yosahkokuormien_porrastaminen.pdf
- (Grönberg, I 2014) Grönberg, I. 2014. Passiivisesta sähkönkuluttajasta aktiiviseksi energiakansalaiseksi? - Aurinkopaneelien yhteistilaus ja -rakentaminen Etelä-Karjalassa. Tutkimusraportti 21. Etelä-Karja-instituutti. LUT 2014.

- (Helsingin yliopisto 2013) Helsingin Yliopisto, Tietojenkäsittelytieteen laitos, 581385 Ohjelmisto-
arkkitehtuurit, Arkkitehtuurin mallintaminen, Luento 6, 19.09.2013
- (Heikkilä 2014) Heikkilä, M. 2014. Muutama kysymys katuvalaistuksesta. Sähköposti-
viesti mika.heikkila@tampere.fi. Luettu 17.11.2014
- (Hellman 2013) Hannu-Pekka Hellman, "Maalämpökohteiden sähkönkäytön analysointi",
Diplomityö, Aalto-yliopisto, 2013.
- (Hierzinger) Hierzinger, R., Albu, M., van Elburg, H., Scott, A. J., Łazicki, A.,
Penttinen, L., Puente, F., Sæle, H. 2013. "European Smart Metering
Landscape Report 2012 –update May 2013". SmartRegions Deliverable
2.1. <http://www.smartregions.net/>
- (Hohpe) Hohpe, G., Woolf, B. Canonical Data Model,
<http://www.enterpriseintegrationpatterns.com/CanonicalDataModel.html>
(Viitattu 29.11.2014)
- (IEEE, 2012) C57.91-1995 - IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Trans-
formers,
[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6
168452](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6168452), Viitattu 19.12.2014.
- (FInZEB 2015) FInZEB taserajat ja lähes nollan vaatimukset. Taserajatyöryhmän ehdo-
tukset. 15.1.2015 ohjausryhmän kokous
- (Fortum Fiksu) [http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/energiansaasto/fort
um-fiksu/pages/default.aspx](http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/energiansaasto/fortum-fiksu/pages/default.aspx), viitattu 9.1.2015
- (Henttonen 2000) Henttonen, T. 2000. Turvallisuuden mittaaminen. Diplomityö. Tampe-
reen teknillinen korkeakoulu, Turvallisuustekniikka. Tampere. 99 s.
- (Jokitalo) Jokitalo Samu-Pekka. Vuores-hankkeen materiaalit.. TAMK 2014.
- (Kaivo) Kaivo, V. TAC Finland Oy:n uusi hajautettu ilmastoinnin ohjausjärjes-
telmä. Opinnäytetyö TAMK 2006
- (Kalasatama) Kalasataman älykkäät energiajärjestelmät, ohje suunnittelijalle. Kalasa-
taman älykkäät energiajärjestelmät -hanke. (2013).
- (Kalliomäki 2014) Kalliomäki, P. Esitys nZEB---määräysten valmistelutilanne ja
aikataulu. FINZEB-työpaja 25.11.2014. <http://finzeb.fi/tyopajat/>

- Koppen & Top 1996) Koppen, G. ja Top, W. N. 1996. Condition measurement. Teoksessa: van Steen, J. (toim.) 1996. Safety performance measurement. Iso-Britannia, Institution of chemical engineers. Ss. 30–36
- (Koneturv. stand.) Koneturvallisuuden standardit. 2014. 2014 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. s 12
- (Korhonen) Korhonen, A., et al. Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen. Työtehosteuran julkaisu 384. 2002
- (Kotitonttu) <http://www.anvia.fi/yksityisille/energiahallinta/tonttu/kotitonttu-takoo-saastoa> (Viitattu 9.1.2015)
- (Kurnitski 2015) Kurnitski, J., sähköposti 12.1.2015
- (Laitinen 2011) Ari Laitinen, Maija Ruska, Göran Koreneff, "Impacts of large penetration of heat pumps on the electricity use", SGEM WP3.6 report, VTT, 2011.
- (Luoma) Luoma, J. Liike- toimisto- ja opetusrakennusten sähkökuormat kysynnän joustossa. Diplomityö TTY (valmistuu 2015).
- (Maataloustilastot) Maataloustilastot, <http://www.maataloustilastot.fi/puutarhatilastot>, (viitattu 11.1.2015)
- (Martikainen) Martikainen, M. 2014. Katuväläistys?. Sähköpostiviesti martikainen.marko@osram.fi. Luettu 17.11.2014
- (Motiva 2014) Motiva, Lämmitystapojen vertailulaskuri, <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>, Viitattu 19.12.2014.
- (Pandakov 2014) Pandakov, K. Residential Demand Response strategies. TTY diplomityö 2014
- (Partanen) Partanen, J. et al. 2014. Sähkömarkkinat – opetusmoniste. LUT 2014
- (Rae, Harsia) Rae, M., Harsia P. FIZEB-hankkeen ohjausryhmätyön aineisto. Sähköposti 27.1.2015
- (Rantanen) Rantanen, J Kysynnänjousto : Asuinkiinteistöjen sähköverkot. Opinnäytetyö TAMK 2014
- (Puutarhatilasto 2013) Puutarhatilasto 2014, verkkojulkaisu, http://www.maataloustilastot.fi/julkaisut_fi (luettu 11.1.2015)

- (Ruotsalainen 2012) Ruotsalainen, R., Riihimäki, M., Lehtinen, E., Kukkonen P., Saari, M. Öljylämmityksestä luopumisen vaikutukset. Raportti VTT-S-05736-12. 2012
- (Salminen) Salminen, J. Kysynnän jousto : Automaatiojärjestelmien hyödyntäminen kysynnän jouston teknisessä toteutuksessa. Opinnäytetyö TAMK 2014
- (SFS-käsikirja 670-5) SFS-käsikirjassa 670-5. Sähköinen talotekniikka. Osa 5: Yleiset vaatimukset koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmille, 2013
- (SFS-EN 602014-1) Standardista SFS-EN 60204-1. 2006 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki. Suomen Standardisointiliitto SFS ry. s 108.
- (SESKO 2012) Sesko ry. (2012). SFS-EN 50491-4-1: Osa 4-1: Yleiset toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset rakennusten elektronisiin järjestelmiin (HBES) ja rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmiin (BACS) integroitaville tuotteille. Suomen Standardisointiliitto SFS ry.
- (SFS 5018) SFS 5018:1984 Instrumentoinnin piirrosmerkit. SFS
- (SFS-EN 50491-4-1: 2012) SFS-EN 50491-4-1: 2012 Yleiset vaatimukset kotien ja rakennusten elektroniikkajärjestelmille (HBES) sekä rakennusautomaatio ja ohjausjärjestelmille (BACS). Osa 4-1: Yleiset toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset rakennusten elektronisiin järjestelmiin (HBES) ja rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmiin (BACS) integroitaville tuotteille
- (Siivonen) Siivonen, J. Kysynnän jousto -hanke : Tekniset ratkaisut julkisissa kiinteistöissä. Opinnäytetyö TAMK 2014
- (Sisäilmastoluokitus 2012) *Sisäilmastoluokitus 2008*. Rakennustietosäätiö RTS 2012
- (Sitran selvityksiä 39) Vehviläinen, I., Heljo, J., Vihola, J., Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, P., Mäkelä, K. & Ristimäki, M. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonepäästöt. Helsinki, Sitra. Sitran selvityksiä 39. 118 s. + liitt. 7 s.
- (ST 13.31) ST-kortti 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähkötieto ry.

- (ST 33) ST-Käsikirja 33. 2012. Rakennuksien sähköasennusten tarkastukset. Espoo. Sähköinfo Oy. 3., uusittu painos. 104 s.
- (Sunnyportal) <https://www.sunnyportal.com>
- (SULPU) SULPU, Lämpöpumpputilasto 2013.
<http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumpputilastoja-SULPU.pdf> (7.1.2015)
- (Syrjä) Syrjä, A., Sähköautojen lataaminen autolämmityspistorasioista. Opin-
näytetyö TAMK 2010
- (SLY 1992a) Sähkölämmityskeskusten kytkentäsuositus. Sähkölaitosyhdistyksen
suositus SLY 7/92. 1992
- (SLY 1992b) Sähkön käytön kuormitustutkimus 1992. Suomen Sähkölaitosyhdistyk-
sen julkaisu SLY 5/92
- (Ympäristöministeriö 2006) Sähkölämmitysveron toteuttamiskelpoisuus Suomessa. Ympäristöminis-
teriö moniste 166. Helsinki 2006.
- (Sähkömarkkinalaki) Sähkömarkkinalaki (386/1995)
- (TEM Kesämökkibarometri) TEM Kesämökkibarometri 2008.
http://www.tem.fi/files/30360/Kesamokkibarometri_2009_Julkaisu.pdf
- (Termo) [https://www.helen.fi/Kotitalouksille/Palvelumme/sahkolammityksen-
ohjaus/Hinnat/](https://www.helen.fi/Kotitalouksille/Palvelumme/sahkolammityksen-ohjaus/Hinnat/). Viitattu 9.1.2015
- (Tikka) Tikka, V. et al. 2011. Case study of the effects of electric vehicle charg-
ing on grid loads in an urban area. IEEE PES Innovative Smart Grid
Technologies Europe, 2011 Manchester
- (Tilastokeskus 2012) Tilastokeskus. Tilasto. Rakennukset pääasiallisen lämmitysaineen mu-
kaan 2012
- (Tilastokeskus 2012/124) Tilastokeskus. Tilasto. Rakennukset pääasiallisen lämmitysaineen mu-
kaan 2012 (Rakennukset 124)
- (Tilastokeskus, Hermiö) Tilastokeskus, Hermiö. Sähköposti 25.2.2014.
- (Tilastokeskus 2014) Tilastokeskus, Avoimet tietokanta-aineistot,
<http://www.stat.fi/org/avoindata/pxweb.html>, viitattu 19.12.2014
- (STM 2013) Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto. Työsuojeluoppaita ja -
ohjeita 14. 2003. Riskin arviointi. S: Tampere. 11 s

- (Valtioneuvosto) Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (66/2009)
- (Vehviläinen) Vehviläinen, I., Ryytänen, E., Hjelt, M., Descombes, L., Vanhanen, J., Partanen, J. 2014. Energiaviraston valvontamenetelmissä sovellettavan innovaatiokannustimen arviointi. Loppuraportti 18.9.2014
- (Vihola) Vihola, J., Heljo, J. Lämmitystapojen kehitys 2000–2012. TTY. Rakennustekniikan laitos 2012
- (VTT Tiedotteita 2413) VTT Tiedotteita 2413. ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo 2007. 173 s. + liitt. 56 s.

Termit ja lyhenteet

Termi	termi (eng)	Määritelmä
Kysynnän jousto	DR Demand Respons	Laaja yleistermi, jolla kuvataan ohjauksia tai toimenpiteitä sähkön tuotannon ja kulutuksen yhteensovittamiseksi tai resurssien käytön optimoimiseksi. Käytetään myös termejä "kysyntäjousto", "kysynnäjousto"
Kuorman ohjaus	Load Control	Toimenpide, jota käytetään sähkötehojen ohjaamiseen Käytetään myös termiä "tehonohjaus"
Hajautetut energiaressit	DER Distributed Energy Resources	Ohjattavat kuormat, pientuotannon ja energiavarastot
HEMS	<i>Home Energy Management System</i>	Asuinkiinteistöjen energiahallintajärjestelmä
HBES	<i>Home and Building Electronic Systems</i>	(käytetään myös HA, HES)
BACS	<i>Building Automation and Control Systems</i>	käytetään myös BAS
AMR	Automated Meter Reading	Etäluettava energiamittari ja luentajärjestelmä AMM
AMI	Automated Meter Intra Structure	AMR + luentajärjestelmä + integraatio muihin järjestelmiin
SLY		Sähkölaitosyhdistys ry., joka julkaisi sähkönjakeluverkkoon liittyviä ohjeita.
FInZEB		Kansallinen hanke vv. 2013 -2015, jossa tehtiin ehdotuksia kansallisten säädösten valmistelua varten lähes nollaenergiarakennuksille (nZEB). www.finzeb.fi

Tässä raportissa käytetään **sähkölämmityksen jaotellussa** seuraavia termejä:

Termi	termi (eng)	Määritelmä
varaava lämmitys	<i>thermal storage heating system</i>	sähkölämmitysjärjestelmä, jossa sähköenergiaa muutetaan lämmöksi ja varastoidaan lämpöenergiaa, jota voidaan luovuttaa lämmitykseen lämmön tarpeen mukaan (SFS 2711)
suora lämmitys	<i>direct heating system</i>	sähkölämmitysjärjestelmä, jossa sähköenergiaa muutetaan lämmöksi lämmön tarpeen mukaan ja luovutetaan välittömästi lämmitykseen
osittain varaava lämmitys	<i>partial thermal storage heating system</i>	sähkölämmitysjärjestelmä, joka tiettyyn ulkolämpötilaan asti toimii varaavan lämmityksen periaatteella ja lämpötilan alittuessa siirtyy toimimaan suoran lämmityksen periaatteella Osittain varaavan lämmityksen periaatteella toimivissa lämmitysjärjestelmissä käytetään pienempiä varaustehoja kuin täysin varaavan lämmityksen periaatteella toimivissa. (SFS 2711)
täydentävä lämmitys	<i>complementary heating</i>	toissijainen suora lämmitysjärjestelmä, joka varaavan (tai osittain varaavan) lämmityksen yhteydessä pitää yllä riittävän korkeaa lämpötilaa ennen uuden varaustilan alkua (SFS 2711)
keskuslämmitys	<i>central heating system</i>	sähkölämmitysjärjestelmä, jossa sähköenergiaa muutetaan lämmöksi yhdessä paikassa ja energiaa siirretään lämpönä lämmitettävään kohteeseen (SFS 2711)
huonekohtainen lämmitys	<i>room heating</i>	sähkölämmitysjärjestelmä, jossa energiaa siirretään sähkönä, joka muutetaan lämmöksi lämmitettävässä kohteessa (SFS 2711)
Sähkölämmitin	<i>heater</i>	yleisnimitys sähköllä toimiville lämmönlähteille, jotka luovuttavat lämpöä siihen tilaan, jota halutaan lämmittää. (SFS 2711). Raportissa termillä tarkoitetaan huonetilassa olevaa virtaus-, säteily- tai yhdistelmälämmitintä ("sähköpatteri")
lämpösäiliö	<i>heat reservoir</i>	palamatonta nestettä sisältävä säiliö, joka on liitetty varaavan lämmityksen periaatteella toimivaan keskuslämmitysverkostoon.
Standardista johdettuja termejä ja ST 55.02 mukaisia termejä		
Sähkölämmitys	<i>electric heating</i>	Lämmitysjärjestelmä, jossa sähköenergia toimii lämmön jakotapana ja sähköenergia muutetaan lämmöksi varsinaisessa lämmityslaitteessa
Varaajalämmitys	<i>thermal storage boiler heating system</i>	varaava sähköllä toimiva keskuslämmitys, jossa lämmönjako tapahtuu huonetiloihin yleensä vesikiertoisella lämmönjaolla. Sisältää yleensä myös käyttöveden lämmityksen

Lämminvesivaraaja	<i>warm water boiler</i>	Käyttöveden lämmittämiseen ja varastoitukseen en- tarkoitettu lämpösäiliö
suora huonekohtainen sähkölämmitys		Sähköenergia muutetaan lämmitysenergiaksi huone- tilassa sähkölämmittimellä säätölaitteen ohjaa- mana tilan hetkittäisen lämmöntarpeen mukaan (tyypillisesti tasolämmittimet tai kattolämmitys)
Osittain varaava lattialäm- mitys	<i>partial thermal storage floor heat- ing system</i>	Lämmitysratkaisu, jossa sähkölämmityskaapeleilla lämmitetään tilan lattiarakennetta pääasiassa alemman sähkönhinnan aikana. Korkeamman sähkön hinnan aikana tarvittava lisä- lämmöntarve tuotetaan lattia-, patteri-, katto- tai ikkunalämmityksellä. Varaavuus on mitoitettu tiettyyn ulkolämpötilaan asti toimivaksi ja lisälämmitys kytkeytyy päälle kor- keamman sähkön hinnan aikana tarpeen mukaan
Jatkuvatoiminen lattialäm- mitys	<i>direct floor heat- ing system</i>	Lattialämmitys on päällä säätölaitteen ohjaamana vuorokauden ympäri sähkön hinnasta riippumatta. Lattiarakenteena voi olla puurakenteinen lattia, le- vyrakenteinen lattia tai betonilattia.(ST55.02)
Varaava lattialämmitys	<i>thermal storage floor heating sys- tem</i>	Kaapeleilla toteutettu lattialämmitysratkaisu, jossa lattialämmitys on päällä pelkästään alemman säh- kön hinnan aikana. Varaavaa lattialämmitystä ei täydennetä muilla säh- kölämmitystavoilla, vaan rakenteisiin varattu ener- gia riittää tyydyttämään tilan lämmöntarpeen koko purkausajan (ajanjakso, jolloin sähkön hinta on korkeampi)
Kattolämmitys		Kattorakenteen sisään (katon päällysteen ja läm- mönneristeen väliin) asennettu lämmityslaitte lämmit- tää katon pinnan, joka toimii lämpösäteilijänä huone- tilaa

Raportissa käytettyjen tehojen määritelmiä:

<i>PÄTÖTEHOMÄÄRITTELY</i>	
Laiteteho (P_{laite})	Yksittäisen sähkölaitteen nimellisteho
Huipputeho (P_h)	Kiinteistön suurin tuntikeskiteho, jonka ylitystodennäköisyys on <1 %.
Tuntiteho	Yhden tunnin keskiteho, eli tunnin aikana käytetty energia (kWh) jaetuna tunnilla (h).
Hetkellinen teho	esim. 5 s:n keskiteho
Toimintateho	Laitteen tai laiteryhmän tavanomainen käyttöteho. Nimellisteho * käyttökerroin

Tässä raportissa käytetään automaation yhteydessä seuraavia termejä:

Kiinteistöautomaatio	Kiinteistöautomaatio-termiä käytetään viittaamaan laajempaan järjestelmään, jonka tyypillisiä toimintoja ovat valaistuksen, sähköjen, lukituksien, kulunvalvonnan ja erilaisten hälytysten hoitaminen. Kiinteistöautomaatio sisältää edellä mainittujen lisäksi rakennusautomaation (eli LVI-automaation) ja rakennusten ulkopuoliset toiminnot, esimerkiksi porttien valvonnan, pihavalojen ohjaukset, autolämmityksen ja –latauksen automaatiot. Kiinteistöautomaation toiminnot ovat tyypillisimmillään käytössä yritysten toimitiloissa, liikerakennuksissa ja yleisissä tiloissa.
KNX	Kansainvälisen standardin mukaisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän nimi. Sen kehityksestä ja avoimesta standardoinnista vastaa KNX Association. KNX edustaa kehittynyttä, standardoitua ja älykästä nykyaikaista talo- ja rakennusautomaatiotekniikkaa.
EBTS	EBTS-kodinohjausjärjestelmä on automaatiojärjestelmä kodinohjauksen ja -hallintaan. EBTS-kodinohjausjärjestelmä sisältää ratkaisun, joka yhdistää yhteen kodin turvallisuuden, säädön, ohjauksen, mittauksen, kulutuksen seurannan sekä huoltokirjan
DALI	Digital Adressable Lighting Interface. Digitaalinen, osoitteellinen valaistuksen ohjausjärjestelmä
LON	LonWorks Local Operating NetWork –kenttäväylä on kansainvälinen avoimeen kansainväliseen ISO/IEC 14908 standardiin perustuva Echolonin kehittämä väyläpohjainen tiedonsiirtomenettely

LIITE I Työpaja 10.12.2013

Tutkimusprojektin ensimmäinen työpaja järjestettiin 10.12.2013 Helsingissä Fingridin toimitiloissa. Työpajan tavoitteena oli kysyntäjoustopotentialin kokonaiskuvan luominen eri sidosryhmien näkökulmasta ja pohdinta kysyntäjoustopotentialin toteutumisen esteistä. Työpajan osallistujia oli ennen työpajaa pyydetty vastaamaan esitehtäväkyselyyn.

Työpajan aluksi kuultiin alustukset sähkömarkkinoiden yleisistä kehitysnäkymistä (Jarmo Partanen, LUT), kysyntäjoustopotentialista ja taloudellisesta potentiaalista (Petri Valtonen, LUT) sekä rakennusten kysyntäjoustopotentialista (Juhani Heljo, TTY). Tämän jälkeen toimijoiden näkemyksiä kysyntäjoustopotentialiin esittelivät kantaverkkoyhtiön näkökulmasta Petri Vihavainen (Fingrid Oyj), sähkön myyjän näkökulmasta Timo Liiri (Fortum Markets Oy) sekä jakeluverkkoyhtiön näkökulmasta Matti Halkilahti (Elenia Oy). Alustukset löytyvät projektin portaalista osoitteesta: <http://dr.blogs.tamk.fi/kokoukset/workshop-10-12-2013-fingrid-aineistot/> (tunnus: drworkshop). Työpajassa oli yhteensä 48 osallistujaa.

Kysyntäjoustopotentialin eri markkinaosapuolten näkökulmasta

Työpajan ryhmätöissä jakaannuttiin viiteen ryhmään, jotka tarkastelivat kysyntäjoustopotentialia eri sidosryhmien (asiakas, sähkön myyjä, jakeluverkkoyhtiö (2 ryhmää), kantaverkkoyhtiö) näkökulmasta. Tehtävänantona oli laatia SWOT (vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet, uhat) – analyysi kysyntäjoustopotentialista annetusta näkökulmasta sekä pohtia vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat keskeisimmät esteet kysyntäjoustopotentialin toteutumiselle?
- Mitä tarvitaan, jotta kysyntäjoustopotentiali saadaan toimimaan?
- Mitkä ovat eri osapuolten roolit kysyntäjoustopotentialin toteutuksessa?

Seuraavassa on esitelty ryhmätöissä esille tulleita näkökulmia toimijoittain.

Myyjän näkökulma

Myyjän näkökulmasta keskeisimpiä esteitä kysyntäjoustopotentialin käytännön toteuttamiselle ovat erilaiset verkkoyhtiöt ja standardoimattomat prosessit, minkä lisäksi myös laskutusjärjestelmissä olisi kehittämistä. Lisäksi on huomioitava, että kysyntäjoustopotentialin toteuttaminen vaatii alkuponnisteluja, jonka vuoksi myyjällä oltava riittävän suuri asiakasvolyymi, jotta toiminnasta muodostuisi kannattavaa.

Kysyntäjoustop toteuttamisen edellytyksenä on tuotteistaminen ja tiedottaminen sekä standardoidut rajapinnat, jolloin toimintaketju myyjältä asiakkaalle on automaattinen. Tekniikka kysyntäjoustop on olemassa, mutta ansaintalogiikka vaati kehittämistä, asiakkaiden ymmärrystä tulee lisätä ja asiakkaille tulee tarjota insentiivejä osallistumiseen. Taloudellisten hyötyjen ohella houkuttelevuutta voidaan lisätä korostamalla kysyntäjoustop merkitystä järjestelmän käyttövarmuuden ja uusiutuvan tuotannon kannalta. Käytännössä kysynnän joudasta kaikki asiakkaat hyötyvät laskeneiden hintojen myötä, joten hyötyä saavat myös ne asiakkaat, jotka eivät osallistu kysyntäjoustop. Tällöin riskinä on se, että asiakkaat eivät koe tarvetta osallistua, koska voivat saada hyötyä muutoinkin. Vastaavan kaltainen ilmiö, jossa myös passiiviset asiakkaat hyötyvät aktiivisten aikaansaamasta kilpailusta, on kuitenkin tyypillinen myös muilla markkinoilla.

Käytännössä yksinkertaisin tapa kysyntäjoustop toteuttamiseen on spot-hintaan perustuva asiakkaan sähkön hinnoittelu, jolloin kuorman muutokset tekee asiakas itse. Tällöin hintariski siirtyy myyjältä asiakkaalle, mutta samalla asiakkaan käyttäytyminen saattaa muuttua ennakoimattomasti, jolloin myyjän taseriski kasvaa. Kaikki asiakkaat eivät myöskään halua vaihtelevaa hintaa. Kuorman ohjauksessa puolestaan on tunnistettavissa kolme erilaista vaihtoehtoa; välitön ohjaus, kalenterin (kellon) mukainen ohjaus sekä ohjattavalle kuormalle määriteltävä toivottava kuormituskäyrä, johon ohjauksilla pyritään. Käytännössä ohjaukset voidaan toteuttaa joko HEMS:n (Home Energy Management System) tai AMR:n kautta. Molemmissa kuitenkin on ongelmana rajapintojen standardien puute.

Käytännön toteutuksessa on huomioitava, että toteutuneen joustop määrän 100 %:n todentaminen ei ole mahdollista, mutta tämä epävarmuus tasoittuu riittävän suuressa massassa. Lisäksi tulee huomioida se, että samaa joustopia ei voi myydä useaan eri paikkaan samanaikaisesti, ja markkinapaikkojen vaatimukset viiveiden, määrän ja todennettavuuden osalta vaihtelevat.

Muista markkinatoimijoista erityisesti jakeluverkon kaistahinnoittelu vaikuttaisi myös myyjän toimintaan. Asiakkaan kuormanohjauspotentiaali pienentyisi kaistan pienentyessä, mutta myyjä voisi ottaa tehtäväkseen myös asiakkaan kaistan optimoinnin, ja optimoida tällöin kaistan ja oman sähkönhankinnan kokonaisuutena.

SWOT-analyysi kysyntäjoustopista myyjän näkökulmasta on esitetty kuvassa I-1.

<p style="text-align: center;"><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Olemassa oleva asiakassuhde • Olemassa oleva infra, tekniset mahdollisuudet olemassa • Markkina olemassa • Lainsäädäntö edesauttaa markkinaa 	<p style="text-align: center;"><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erilaiset verkkoyhtiöt, ei standardeja • Monimutkaistaa myyjän toimintaympäristöä • Tekniikka on, maksaja puuttuu • Kaupallistamisen ja myynnin osaaminen puuttuu, uusi pelikenttä
<p style="text-align: center;"><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tasehallinta • "elossa säilyminen" • Tuotepaletin laajentaminen • Mahdollisuus olla edelläkävijä • Sähkön hinnan vaihtelut kasvavat tulevaisuudessa • Muitakin palveluntarjoajia olemassa 	<p style="text-align: center;"><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Muut palveluntarjoajat • Markkinoiden keskittyminen, vain suurimmat pärjäävät • Tekniikkaa kehitetään (esim. AMR) pohtimatta sen käyttötarpeita • Mitä ja miten myydään ja informoidaan asiakkaalle • Huonot ratkaisut voivat pilata maineen • Kuluttajasuojatoimenpiteet

Kuva I- 1 Kysyntäjoustop SWOT-kaavio sähkön myyjän näkökulmasta.

Jakeluverkkoyhtiön (DSO) näkökulma

DSO:n näkökulmasta regulaatiomalli on toisaalta mahdollisuus ja toisaalta uhka kysyntäjoustop toteutukselle. Suomen regulaatiomalli kannustaa verkkoyhtiöitä investointeihin, jolloin myös kysyntäjoustop infrastruktuuriin on kannattavaa investoida. Toisaalta tällainen malli ei kannusta siihen, että kysyntäjoustop käytettäisiin verkon vahvistuksen sijasta, eli verkon pullonkaulat kannattaa poistaa verkostoinvestoinneilla. Tältä osin ei kuitenkaan ole vielä ratkaistu sitä, saako jakeluverkossa olla pullonkauloja.

Keskeisimpiä esteitä kysyntäjoustopille ovat taloudellisten hyötyjen pienuus starttikustannuksiin verrattuna sekä se, että tieto asiakkaan kuormista ja laitteista puuttuu. Lisäksi hajanainen toimialakenttä (suuri määrä verkko- ja myyntiyhtiöitä ilman standardoituja prosesseja) on ongelmallinen myös verkkoyhtiön näkökulmasta.

Verkkoyhtiön näkökulmasta kysyntäjoustopa edistäisi kaistahinnoittelu. Lisäksi toimijoiden vastuut tulisi selkeyttää ja luoda yhteiset käytännöt ja standardit. Vahvuutena verkkoyhtiön näkökulmasta nähdään olemassa oleva infrastruktuuri ja vakio-ohjaukset. Verkkoyhtiön näkökul-

masta mahdollisuuksia kysyntäjoustop hyödyntämiseen voisivat tarjota vapaa-ajanasuntojen peruslämmitys ja kaistan mahdollinen rajoittaminen häiriötilanteessa. Näistä etenkin jälkimmäinen vaatisi kuitenkin vielä merkittävästi kehitystyötä.

Työpajassa aihetta pohti kaksi eri ryhmää DSO:n näkökulmasta. Alla olevissa kuvissa on esitetty näiden ryhmien laatimat SWOT-analyysit.

<p style="text-align: center;"><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nykyinen regulaatiomalli; Verkkoyhtiö voi investoida verkkojen pullonkauloihin, jos niitä tulee muiden tekemistä ohjauksista • Ainakin periaatteessa voi leikata huippukuormituksia 	<p style="text-align: center;"><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ohjaukset toisten käsissä • Standardoimaton tietojärjestelmärajapinta ja erilaiset sisäiset tietojärjestelmäratkaisut, 82 yhtiötä • Kysyntäjoustop verkkoyhtiölle aiheuttamat lisäkustannukset eivät kohdennu hyödyn saajille vaan kaikille • <i>Kysyntäjoustop keskeisimpien toimintojen määrittäminen, ohjaustoiminnot</i> • <i>Standardoitu ulkoinen rajapinta + DSO:n sisäisen prosessin toimintojen yhtenäistäminen, rajapinta->mittari->rele</i>
<p style="text-align: center;"><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kaistapohjainen tariffi, joka on osallisena myyjän laskelmissa • Häiriötilanteiden aikainen tehojen rajoitus • Kysyntäjoustop teknisen alustan toteutus lainsäädännön ja regulaation tuella • <i>Kaistapohjainen siirtotariffi</i> • <i>Kannusteet teknisen alustan toteutukseen</i> • <i>TAI</i> • <i>Koko ohjauspaketin 'ulkoistaminen' muille toimijoille</i> 	<p style="text-align: center;"><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ennakoimaton kuormituskäyttäytyminen • Regulaatio, CAPEX, OPEX • Sähköisen liikenteen mahdolliset huipputehot • Ohjausten toteutuminen kokonaan verkkoyhtiön toimintojen ulkopuolella? • <i>Kaistapohjainen siirtotariffi</i>

Kuva I- 2 SWOT-analyysi kysyntäjoustopsta jakeluverkkoyhtiön näkökulmasta (DSO ryhmä 1).

<p style="text-align: center;"><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kanava mittarille asti olemassa • Vakio-ohjauksen rakentaminen mahdollista • Myös Spot-ohjauksen rakentaminen mahdollista, mutta vaatii kehitystyötä ja myyjän mielenkiintoa 	<p style="text-align: center;"><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Taloudellisten etujen pienuus • Onko asiakkaalla ohjattavaa kuormaa silloin kun sitä tarvitaan • Toimijoiden määrä • Starttikustannukset • Tarkempi asiakkaista ja heidän kuormistaan puuttuu • Valvontamalli ei tarjoa incentiiviä • Rajapinnat järjestelmien välillä •
<p style="text-align: center;"><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Riippuu asiakassegmentistä <ul style="list-style-type: none"> • Sähkölämmittäjät • Uudiskohteet • Vapaa-ajan asuntojen peruslämpökuorma • Tehopohjaiset tariffit • Häiriötilanteet sähkönjakelussa, rajoitettu kais-ta 	<p style="text-align: center;"><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Asiakkaat voivat ohittaa esim. yö sähköohjauksen • Sähkö täydentää lämmitysjärjestelmää (hinnan ”lyötävä näpeille”, jotta tämä voidaan torjua) •

Kuva I- 3 SWOT-analyysi kysyntäjoustopuolasta jakeluverkkoyhtiön näkökulmasta (DSO ryhmä 2).

Asiakasnäkökulma

Asiakasnäkökulmasta asiaa katsottaessa ensimmäinen kysymys oli, kuka on asiakas? Aivan selkeää vastausta ei tähän syntynyt. Asiakkaista tiedetään liian vähän. Asiakkaat ovat hyvin erilaisia ja heidän lähtötilanne on erilainen ohjaukseen.

Asiakkaina on runsaasti yksityishenkilöitä, joiden sähkönkäytön ohjauksessa on suuri potentiaali. Suuri asiakasmäärä on ongelmallinen monin tavoin. Suurten kiinteistönomistajien kanssa voisi olla helpompi lähteä liikkeelle toteutettaessa ohjausmahdollisuuksia. He ovat jo kiinnostuneita asiasta. Pienikiinteistöjen omistajia voi olla vaikea saada ymmärtämään koko asiaa.

Asiakas saataisiin kiinnostumaan ohjauksesta enemmän, jo siihen saataisiin kytkettyä muuta-kin hyötyä kuin vähäinen energiakustannusten väheneminen (valvontaa, vaikutus energiatodistukseen, ympäristöystävällisyys,...). Ohjauksen ohella pitäisi hoitaa samalla tehopiikki (sulakekoko). Pitää myydä osana muuta palvelua. Vaikea myydä erillisenä.

Saadaanko asiakkaat kiinnostumaan asiasta?
Tarvitaan kunnollinen asiakkuuksien kartoitus!

<u>Vahvuudet</u>	<u>Heikkoudet</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Potentiaalia paljon • Asiakas omistaa laitteet • Fingrid tuo uskottavuutta • 	<ul style="list-style-type: none"> • Asiakkaista tiedetään liian vähän • Päätöksenteko vaikeaa (varsinkin pienasiakkaat) • Kuka haluaa pioneeriksi
<u>Mahdollisuudet</u>	<u>Uhat</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Asiakkaalle kehitetään palvelu, josta saa useita hyötyjä ja arvoja (ympäristöarvot ym.). Lisäksi saa pienen korvauksen. • Isot kiinteistönomistajat ensin • Muutokset lämmitysjärjestelmämuutosten ja aurinkopanelien asennusten yhteydessä • Osaksi tulevaa ”lähes nollaenergiatalo” konseptia 	<ul style="list-style-type: none"> • Harvoja kiinnostaa. Ei ole tarvetta. • Ei ymmärretä. • Investoidaan ei-yhteensopivaan laitekantaan, joka vanhenee nopeasti. • Koko rakentamisen toteutusketju ei osaa tai ei ole motivoitunut.

Kuva I- 4 SWOT-analyysi kysyntäjoustopäätöksistä asiakasnäkökulmasta.

Kantaverkkoyhtiön näkökulma

Kantaverkkoyhtiöllä on järjestelmävastuu tehotasapainon ja reservien hallinnasta, mikä luo osaltaan tarvetta kysynnän jouston toiminnoille. Kantaverkkoyhtiöllä on jo nyt useita markkina- paikkoja, jonne voi tarjota kuormia ohjattaviksi resursseiksi. Nämä markkinat tarjoavat osaltaan ”rahoituksen” kysynnän joustolle, mutta ongelmana on kuitenkin vielä toistaiseksi eri toimijoiden välinen selkiytymätön ansaintalogiikka. Kantaverkkoyhtiön näkökulmasta markkinoilla oleva tuotannon reserviteho (vesivoima) on pienimmillään matalan spot-hinnan aikana, toisin sanoen tyypillisesti yöllä. Tällöin puolestaan esim. varaavat sähkölämmitykset ovat päällä, jolloin ne voisivat tarjota täydennystä minimitasolla oleviin reserveihin. Tarjolla olevien markkinoiden lisäksi kuorman ohjauksen infraa voidaan hyödyntää tehopulatilanteissa järkevästi toteutettavan kuorman leikkauksen toteuttamisessa.

Tällä hetkellä AMR:n kautta ohjattavissa olevaa kuormaa arvioidaan olevan jopa lähes 2000 MW, mutta ohjaus perustuu useimmissa tapauksissa tariffikellon kautta tapahtuvaan ohjaukseen, jolloin kuorma ei ole käytettävissä kantaverkkoyhtiön markkinoille ja tarpeisiin siten kuin suoraan kuormanohjausreleen takana oleva kuorma olisi. Kysynnän joustotuotteiden kehittämistä ei pidäkään rajoittaa ainoastaan AMR:n kautta tapahtuvaan ohjaukseen vaan myös erilaisille uusille teknisille ratkaisuille on tarvetta tulevaisuudessa nopeasti ohjattavissa olevien resurssien osalta (esim. taajuusohjatun reservin toteutus). AMR –pohjaisessa järjestelmässä jakeluverkkoyhtiön rooli on olla infran rakentajana, mutta muiden uusien teknisten ratkaisujen osalta infra voi kehittyä jakeluverkkoyhtiöstä riippumatta. Sähkön myyjän tai aggregaattorin tehtävänä on hoitaa sopimusten osalta sähkön loppuasiakkaan rajapinta. Toistaiseksi kuitenkin yhtenäiset toimintamallit ja standardit puuttuvat.

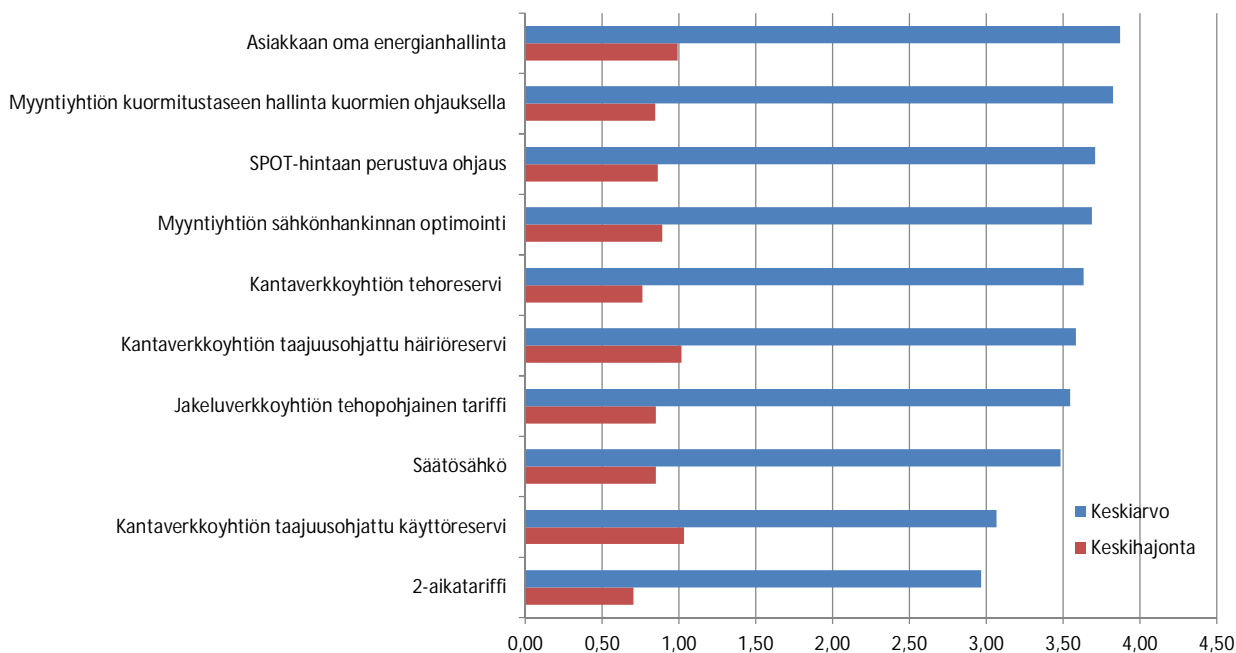
<p style="text-align: center;"><u>Vahvuudet</u></p> <p>Useita markkinoita tarjolla → useita ansaintamahdollisuuksia erilaisille resursseille</p> <p>Asennettua infraa (AMR/ohjattavaa kuormaa) olemassa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tällä hetkellä ei TSO:n kannalta kuitenkaan välttämättä hyödynnettävissä <p>Säätöreservinä käytettävät vesivoimakoneet eivät käytössä yöllä, mikä voidaan kompensoida varaavan sähkölämmityksen tarjoamalla ohjauspotentiaalilla</p>	<p style="text-align: center;"><u>Heikkoudet</u></p> <p>Ansaintalogiikan epäselvyys (kuka myy ja mitä kenelle?)</p> <p>Useille toimijoille pirstaloituneet hyödyt</p> <p>Standardien ja yhtenäisten toimintamallien puute</p> <p>Verkkoliiketoiminnan valvontamalli ei kannusta kysynnän joustoon</p> <p>Toimiva kysynnän jousto syö omaa kannattavuuttaan</p>
<p style="text-align: center;"><u>Mahdollisuudet</u></p> <p>AMR:n kautta ohjattavissa oleva kuorma</p> <p>Tulevaisuudessa DR hoidetaan jollakin muulla kuin AMR:llä</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uusien teknisten ratkaisujen tarve <p>Uudiskohteiden ja olemassa olevien kohteiden potentiaali</p> <p>Sähkömyyjien aktivointi DR-tuotteiden kehittämiseksi</p> <p>Verkkoliiketoiminnan valvontamallin kehittäminen (verkkoyhtiölle insentiivit) / pakko vai kannustin?</p> <p>Pohjoismaiset / eurooppalaiset markkinat</p> <p>Sähköautot (myös hybridit) ohjattavina kuormina ja reserveinä</p> <p>Kysynnän jouston brändäys ekoteoksi</p>	<p style="text-align: center;"><u>Uhat</u></p> <p>Ohjattavaa kuormaa koko ajan vähemmän</p> <ul style="list-style-type: none"> - uudet rakennusmääräykset - 2-aika tariffin sijasta yleistariffin valitsemisen yleistyminen <p>Sähköauton aiheuttama lisäkuorma (tyhmä lataus)</p> <p>Uusiutuviin energialähteisiin (sääriippuva tuotanto) perustuva sähköntuotanto</p>

Kuva I- 5 Kysyntäjouston SWOT-kaavio kantaverkkoyhtiön näkökulmasta

Työpajan I esitehtävä

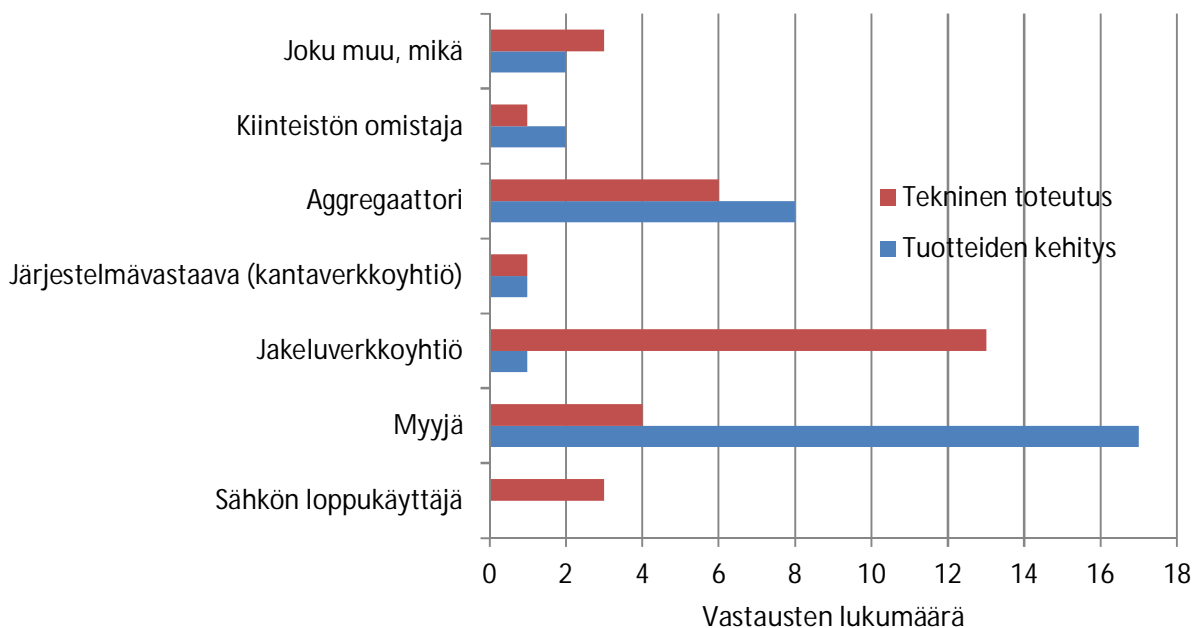
Linkki työpajan esitehtäväkyselyyn lähetettiin työpajan kutsun mukana. Vastauksia esitehtäväkyselyyn saatiin yhteensä 31, joista 24 oli yritysten tai järjestöjen edustajien vastauksia. Kokonaisvastausprosentiksi muodostui 65 %, ja yritysten ja järjestöjen edustajien kohdalla vastausprosentti oli 80 %. Kyselylomake on liitteessä 3.

Ensimmäisessä kysymyksessä arvioitiin sitä, miten merkittäviä eri tuotteet tai toiminnot ovat kysyntäjoustopuolelta asteikolla 1...5 (1 = ei lainkaan merkittävä ... 5 = erittäin merkittävä). Kuvassa 1 on esitetty vastausten keskiarvot sekä keskihajonnat. Eniten ääniä saivat asiakkaan oma energianhallinta sekä myyntiyhtiön kuormitustaseen hallinta kuormien ohjauksella. Annettujen vaihtoehtojen lisäksi avoimissa vastauksissa tuotiin esille jakeluverkon siirron optimointi, kaistahinnoittelu ja kiinteistöautomaatio. Kuten kuvasta nähdään, on vastauksissa melko suuri hajonta. Vastauksissa tunnistettiin myös se, että palveluiden tärkeysjärjestys muuttuu tulevaisuudessa.



Kuva 1 Tuotteiden merkittävyys kysyntäjoustopuolelta asteikolla 1...5.

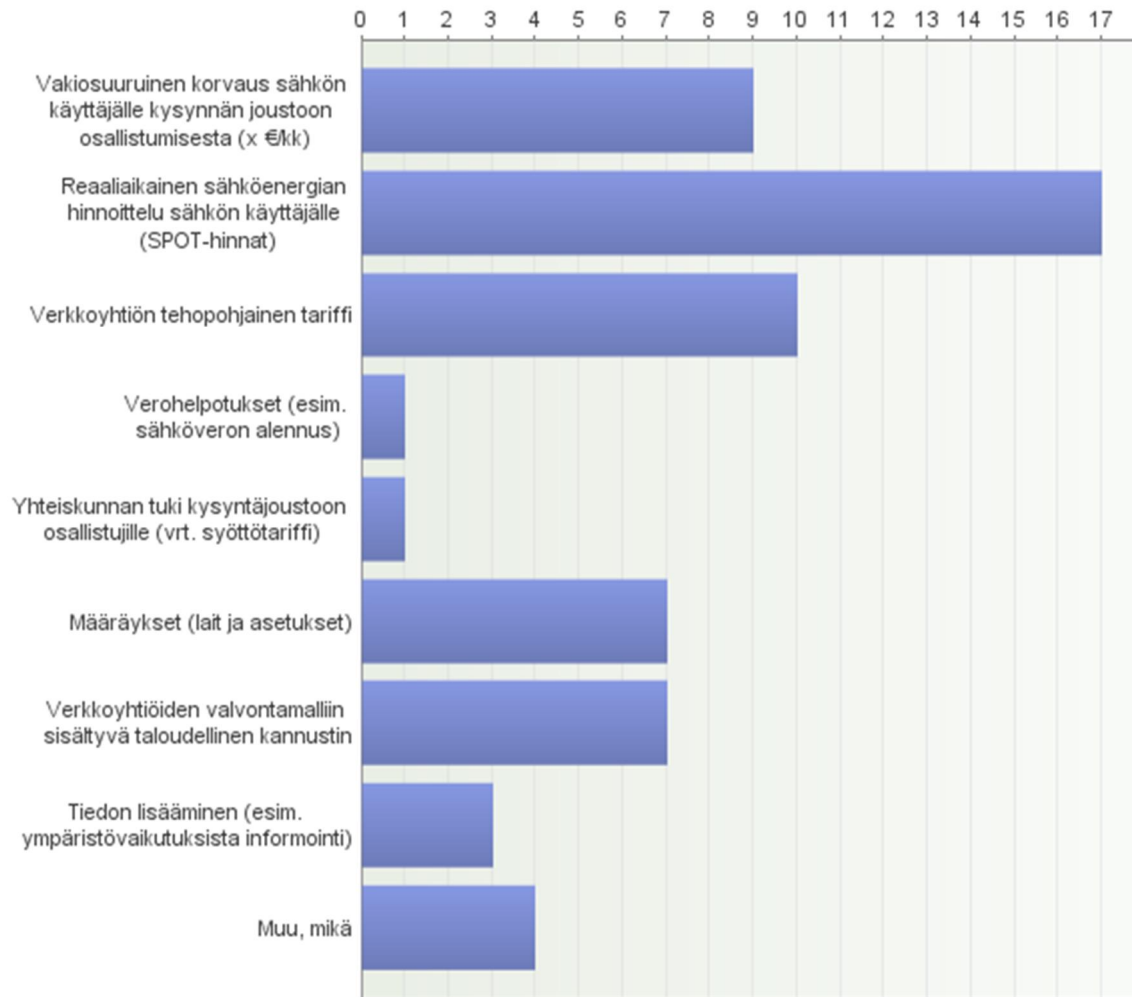
Seuraavissa kysymyksissä kysyttiin sitä, minkä osapuolen tulisi olla aktiivisin kysyntäjoustopuolelta tuotteiden ja minkä puolesta infrastruktuurin rakentamisessa. Näiden kysymysten vastaukset on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2 Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjoustopuolien tuotteiden / teknisen toteutuksen kehittämisessä.

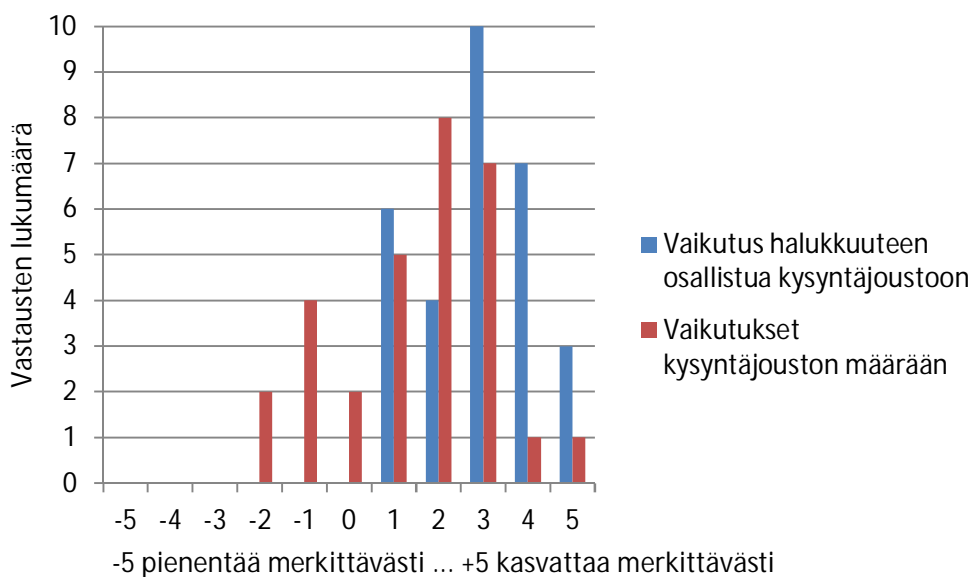
Kuvasta nähdään, että teknisen toteutuksen kohdalla aktiivisimmaksi osapuoleksi on todettu jakeluverkkoyhtiö ja tuotteiden kehityksessä puolestaan myyjä. Teknisen toteutuksen kohdalla hajontaa on kuitenkin hieman enemmän kuin tuotteiden kohdalla. Tässä vastauksessa todennäköisesti välittyvät näkemyserot siinä, tulisiko kysyntäjousto toteuttaa AMR-mittarilla vai jollain muulla ratkaisulla, kuten HEMS (Home Energy Management System) –järjestelmällä. Mikäli toteutus tehdään AMR-mittarilla, on teknisenä toteuttajana luonnollisesti jakeluverkkoyhtiö, kun taas muissa ratkaisussa toteuttajan roolin voi ottaa mikä tahansa osapuoli. Avoimissa vastauksissa teknisen toteutuksen rakentajaksi on ehdotettu myös laitetoimittajaa sekä ulkopuolista yhtiötä, joka toimii kantaverkkoyhtiön, jakeluverkkoyhtiön ja sähkön myyjien pyynnöstä.

Kuvassa 3 on esitetty vastausjakauma kysymykseen ”millä toimenpiteillä kysyntäjoustopuolien toimintaa voidaan parhaiten edistää”. Vastajat saivat valita korkeintaan kaksi vaihtoehtoa. Eniten kannatusta sai reaaliaikainen sähköenergian hinnoittelu asiakkailta, minkä lisäksi vakiosuuruinen korvaus kysyntäjoustopuolien osallistumisesta sekä verkkoyhtiön tehopohjainen tariffi saivat paljon kannatusta. Annettujen vaihtoehtojen lisäksi esille nousivat teknisen toteutuksen paketointi, kokonaisvaltaisen kysyntäjoustopuolien kehittäminen sekä myyjävetoiseen malliin siirtyminen.



Kuva.3 Millä toimenpiteillä kysyntäjoustopo voidaan parhaiten edistää.

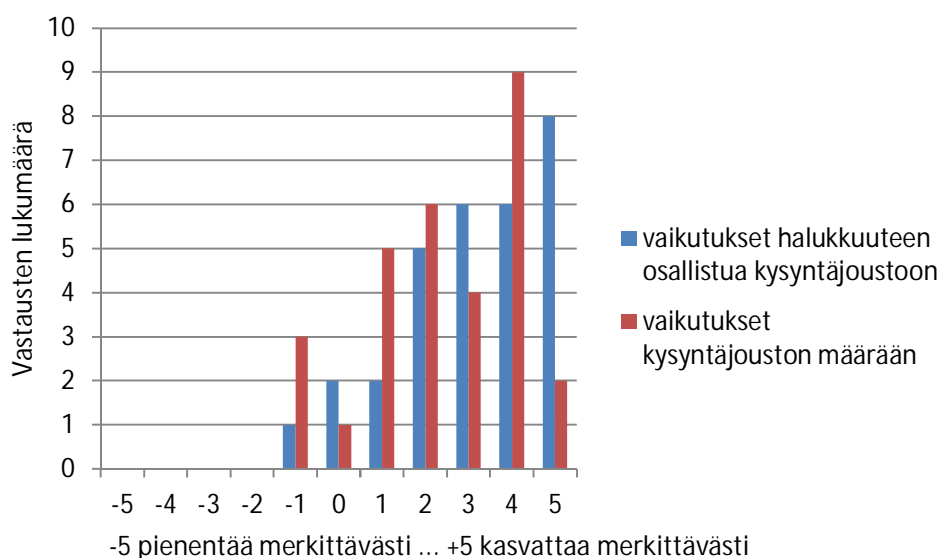
Lopuksi kyselyssä pyydettiin arvioimaan sitä, miten asiakkaan oma pientuotanto tai energiavaro- rastot vaikuttavat halukkuuteen osallistua kysyntäjoustopo ja kysyntäjoustopo määrään. Kuvas- sa 4 on esitetty vastaukset pientuotannon osalta. Tehtäväksi oli annettu arvioida vaikutukset asteikolla -5 – +5 (-5 = pienentää merkittävästi, 0 = ei vaikuta lainkaan, +5 = kasvattaa merkit- tävästi).



Kuva 4 Asiakkaan oman pientuotannon vaikutukset halukkuuteen osallistua kysyntäjoukseen (ka. 2,94) sekä vaikutukset kysyntäjoukseen määrään (ka. 1,48).

Vastausten perusteella voidaan todeta että pientuotannon nähdään lisäävän halukkuutta osallistua kysyntäjoukseen, mutta yksimielisyyttä siitä, miten se vaikuttaa kysyntäjoukseen määrään ei ole.

Vastaavasti kuvassa 5 on esitetty vastaukset energiavarastojen osalta. Myös energiavarastojen nähdään yleisesti ottaen lisäävän sekä kysyntäjoukseen osallistumisen halukkuutta että kysyntäjoukseen määrää. Keskimäärin vaikutus on suurempi kuin pientuotannon kohdalla, mutta myös tämän kysymyksen vastauksissa on hajontaa.



Kuva 5 Asiakkaan energiavarastojen vaikutukset halukkuuteen osallistua kysyntäjoukseen (ka. 3,16) sekä vaikutukset kysyntäjoukseen määrään (ka. 2,45).

Työpajan I Esitehtäväkysely

1. Työnantajasi

- Yritys
 Yliopisto / korkeakoulu
 Muu, mikä

2. Arvioi asteikolla 1...5, miten merkittäviä seuraavat tuotteet/toiminnot ovat kysyntäjouoston kannalta (1= ei lainkaan merkittävä, 5 = erittäin merkittävä):

	1	2	3	4	5
Asiakkaan oma energianhallinta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2-aikatariffi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SPOT-hintaan perustuva ohjaus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Myyntiyhtiön sähkönhankinnan optimointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Myyntiyhtiön kuormitustaseen hallinta kuormien ohjauksella	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jakeluverkkoyhtiön tehopohjainen tariffi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kantaverkkoyhtiön taajuusohjattu käyttöreservi (kysyntäjouoston hyödyntäminen normaalitilanteen taajuussäädössä)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kantaverkkoyhtiön taajuusohjattu häiriöreservi (kysyntäjouoston hyödyntäminen häiriötilanteessa palauttamaan järjestelmä normaalitilaan, esim. voimalaitoksen verkosta irtoamisen seurauksena)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Säätösähkö (kysyntäjouoston hyödyntäminen tunninsäisen tehotasapainon ylläpitämisessä)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kantaverkkoyhtiön tehoreservi (kysyntäjouoston hyödyntäminen tehopulan uhatessa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu, mikä <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjouoston tuotteiden kehittämisessä

- Sähkön loppukäyttäjä
 Myyjä
 Jakeluverkkoyhtiö
 Järjestelmävastaava (kantaverkkoyhtiö)
 Aggregaattori
 Kiinteistön omistaja
 Joku muu, mikä

4. Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjouoston teknisen toteutuksen rakentamisessa

- Sähkön loppukäyttäjä
 Myyjä
 Jakeluverkkoyhtiö
 Järjestelmävastaava (kantaverkkoyhtiö)
 Aggregaattori
 Kiinteistön omistaja
 Joku muu, mikä

5. Millä toimenpiteillä kysyntäjousto voidaan parhaiden edistää (valitse enintään 2 vaihtoehtoa)

- Vakiosuuruinen korvaus sähkön käyttäjälle kysynnän jousto osallistumisesta (x €/kk)
- Reaaliaikainen sähköenergian hinnoittelu sähkön käyttäjälle (SPOT-hinnat)
- Verkkoyhtiön tehopohjainen tariffi
- Verohelpotukset (esim. sähköveron alennus)
- Yhteiskunnan tuki kysyntäjousto osallistujille (vrt. syöttötariffi)
- Määräykset (lait ja asetukset)
- Verkkoyhtiöiden valvontamalliin sisältyvä taloudellinen kannustin
- Tiedon lisääminen (esim. ympäristövaikutuksista informointi)
- Muu, mikä

6. Arvioi asteikolla -5...+5, kuinka paljon asiakkaan oma pientuotanto vaikuttaa asiakkaan HALUKKUUTEEN osallistua kysyntäjousto (-5= pienentää halukkuutta merkittävästi, 0 = ei vaikuta lainkaan, +5 = kasvattaa halukkuutta merkittävästi)

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 +

- +

7. Arvioi asteikolla -5...+5, kuinka paljon asiakkaan oma pientuotanto vaikuttaa kysyntäjousto MÄÄRÄÄN (-5 = pienentää määrää merkittävästi, 0 = ei vaikuta lainkaan, +5 = kasvattaa määrää merkittävästi)

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 +

- +

8. Arvioi asteikolla -5...+5, kuinka paljon asiakkaalla olevat energiavarastot (esim. akut) vaikuttavat asiakkaan HALUKKUUTEEN osallistua kysyntäjousto (-5 = pienentää halukkuutta merkittävästi, 0 = ei vaikuta lainkaan, +5 = kasvattaa halukkuutta merkittävästi)

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 +

- +

9. Arvioi asteikolla -5...+5, kuinka paljon asiakkaalla olevat energiavarastot (esim. akut) vaikuttavat kysyntäjousto MÄÄRÄÄN (-5 = pienentää määrää merkittävästi, 0 = ei vaikuta lainkaan, +5 = kasvattaa määrää merkittävästi)

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 +

- +

10. Vapaa sana kommentteja, kysymyksiä ja ehdotuksia aihepiiriin, projektiin ja työpajaan liittyen

10.12.2013 työpajan osallistujat

10.12.2013 työpajan osallistujat

Raimo	Toivanen	PKS Sähkösiirto Oy
Harri	Liukku	ABB Oy
Matti	Halkilahti	Elenia
Sirpa	Leino	ST-pooli / Energiateollisuus ry.
Ina	Lehto	Energiateollisuus ry.
Timo	Liiri	Fortum Markets Oy
Jari	Räikkönen	Schneider Electric
Tuomas	Åhlman	Vantaan Energia Sähköverkot Oy

Mikko	Keto	TeliaSonera Finland
Ville	Rasmus	Mitox Oy
Tuomas	Pylvänen	Schneider Electric
Antti	Latsa	Järvi-Suomen Energia Oy
Joni	Markkula	TTY
Timo	Ylinen	Sähköinfo
Jari	Rusanen	E.ON Kainuun Sähköverkko Oy
Kimmo	Lummi	TTY
Kaisa	Grip	TTY
Antti	Supponen	TTY
Juha	Saloheimo	Enoro
Juha-Pekka	Einamo	Enoro
Sakari	Seppälä	Enoro
Petri	Ebeling	Enoro
Riina	Heinimäki	Energiateollisuus ry.
Kimmo	Lindholm	ABB Oy
Samuli	Honkapuro	LUT
Jarmo	Partanen	LUT
Petri	Valtonen	LUT
Jussi	Tuunanen	LUT
Jari	Mustaparta	Turku Energia Sähköverkot Oy
Päivi	Alaoja	Energiapolar Oy
Tommi	Pyhähuhta	Fortum Sähkönsiirto Oy
Jan	Segerstam	Empower IM
Jouni	Lehtinen	Helen Sähköverkko Oy
Pirkko	Harsia	TAMK
Martti	Honkaniemi	TAMK
Sami	Salonen	TAMK
Heikki	Eskelinen	TAMK
Jesse	Rantanen	TAMK
Joona	Siivonen	TAMK
Antti	Rautiainen	TTY
Markku	Hyvärinen	Helen Sähköverkko Oy
Pertti	Järventausta	TTY
Juhani	Heljo	TTY
Jaakko	Sorri	TTY
Petri	Vihavainen	Fingrid
Jonne	Jäppinen	Fingrid
Laura	Laitinen	Fingrid
Kari	Sinivuori	Pöyry

LIITE II Työpaja 7.5.2014

Tutkimusprojektin toinen yritystyöpaja järjestettiin 7.5.2014 Helsingissä Fingridin toimitiloissa. Työpajan teemana oli tekniset ratkaisut (pienasiakas, kiinteistöautomaatio,..) ja asiakasnäkökulma. Työpajassa kuultiin yritysten ja tutkijoiden alustuksia sekä toteutettiin yksilötyöskentelynä kysynnän joustoon liittyvien esteiden/haasteiden sekä ratkaisumahdollisuuksien pohdintaa, jonka yhteenveto on esitetty alempana. Työpajassa esitetyt alustukset löytyvät projektin verkkosivulta osoitteesta: <http://dr.wordpress.tamk.fi/2014/05/07/workshop-07-05-2014/> (salasana: drworkshop).

Työpajan ohjelma

- 9.30 Tilaisuuden avaus, päivän ohjelma ja tavoite
- 9.40 Data Hub / Fingrid Oyj (Minna Arffman)
 Verkkoyhtiökyselyn tulokset ja johtopäätökset (Samuli Honkapuro)
 Asiakkaan näkökulma / Kuluttajatutkimuskeskus (Kaisa Matschoss)
 Asiakkaan näkökulma / Senaattikiinteistöt (Pasi Hyyppä)
- 10.50 Tietojärjestelmärajapinnat ja tiedonsiirto
- Sähkökaupan sanomarakenteisiin perustuva ratkaisu / Empower IM (Joni Aalto)
 - Ohjauksiin liittyvät standardit (Veijo Piikkilä, TAMK)
 - Teleoperattorin näkökulma / TeliaSonera / (Mikko Keto)
 - Mittaustietokannat / Enoro (Petri Ebeling)
- 12.00 Lounas
- 12.45 Energiatehokkuusmääräykset kysynnän jouston näkökulmasta
 (Pirkko Harsia / Juhani Heljo)
- 13.00 Kiinteistöjen (muut kuin pienasuinrakennukset) kokonaisratkaisut
- ABB Oy, Wiring Accessories (Harri Liukku)
 - Schneider Electric Buildings Finland Oy (Antti Paulanne ja Tuomas Pylvänen)
- Pienasuinrakennuksien (omakoti- ja rivitalot, loma-asunnot) ratkaisut
- AMR-mittaritoimittajille tehdyn haastattelun yhteenveto (Petri Trygg)
 - Kesukset ja asennukset (Pirkko Harsia)
 - HEMS –pohkaiset ratkaisut – case There / tehorajoitus (Pertti Järventausta)
 - Pientuotannon näkökulma (Jarmo)
- 15.30 Päivän päätös ja jatkotoimenpiteet

Kysyntäjoustop laajamittaisen yleistymisen esteitä, haasteita ja mahdolliset ratkaisuja pohdittiin päivän aikana yksilötyönä ns. ”pohdintayhteenvetoa”, jossa kerättiin alustuksien aikana syntyneitä ajatuksia. Liitteen VI lopussa on esitetty lomake, johon pohdintoja kerättiin. Seuraavassa on esitetty tiivistettynä yhteenveto yksilöpohdinnoista. Koko aineisto löytyy projektin verkkosivulta samasta osoitteesta kuin työpajan alustukset.

Esteitä / haasteita

- Ohjattavat kohteet
 - Passiivi -ja nollaenergiatalot → ei ohjattavia lämmityskuormia ja muut kuormat ovat niin pieniä että niiden ohjaus ei ole taloudellisesti kannattavaa
 - Ohjattavan kohteen todennettavuus
 - Teollisuus / toimisto / julkisten kiinteistöjen tarjoamat kohteet (Ratkaisu)
 - Kuluttajien tiedonpuute ja ennakkokäsitykset
 - AMR-pohjainen ohjaus
 - Soveltuu lähinnä spot-pohjaiseen ohjaukseen
 - Verkkoyhtiöiden asenne
 - Ohjaustiedon välitys ja kommunikation nopeus
 - AMR:stä riippumattomat järjestelmät (Ratkaisu)
 - Liikkeellelähtö palvelu-, liike- ja toimistorakennuksista
 - Löytyy intressi, parempi ymmärrys, talotekniikka ja selkeä liiketoimintahyöty.
 - Näissä kohteissa toteutus voisi onnistua myös "irrallaan sähkömarkkinoista"
 - **Data Hubin hyödyntäminen** kysynnän joustop toimintojen kehittämisessä (Ratkaisu).
(Toistui monessa paperissa)
 - Kokonaisvaltainen näkemys kysynnän joustop toiminnallisuudesta
 - Markkinamalli (Win – Win – Win) tai lainsäädäntö
 - Eri toimijoiden erilaiset intressit
 - Kriittisen massan saavuttaminen
 - Aggregaattorin (kysyntäjoustop-operaattori) rooli
 - Infran rakentaminen otetaan huomioon DSO:n tuottomallissa (Ratkaisu)
 - Tasapuolisesta tasevastuusta huolehtiminen
 - Standardoinnin puuttuminen
 - Tiedonsiirtorajapintojen -ja järjestelmien erilaisuudet
 - Alan toimijat rakentavat minimoiminnallisuudet, DR ei nouse korkealle prioriteetille. Järjestelmien väliset rajapinnat erinäisiä. Yhtenäisten formaattien puute kuormanohjaukseen.
- Suomen näkökulmasta sähköjärjestelmä toimii jo hyvin, sähkön hinta myös maltillinen.** Myyjiä ei ole mukana kehitystyössä

- **Suurin osa esteistä/haasteista poliittisia tai taloudellisia**

Ratkaisuja (osittain ratkaisuja oli esillä jo myös edellä osana esteitä ja haasteita)

- Akut ja oma tuotanto
- Ei tarvetta muuttaa nykyisiä periaatteita → jokaisella markkinatoimijalla on oltava yhtäläinen tasevastuu
- Selkeytetään taloudellinen hyöty
- Yhdenmukaisen tiedonvaihdon ja menettelytapojen toteuttaminen
- **Data hub**
- Kuluttajien tietämyksen lisääminen
 - Pitää luoda mielikuva jossa kysyntäjousto yhdistyy näihin: vihreä, nainen, ekologinen, kestävä, sosiaalinen, eikä yhdisty näihin: mittari, voimalaitos, insinööri, mies
- Yhteistyö, yhteistyö, yhteistyö... Tarvitaan automatisoitu järjestelmä joka optimoi kokonaiskustannukset
 - Ohjausformaattien määrittäminen yhdessä DSO:n, myyjien, laitetoimittajien kesken
 - Avoin ja standardi tapa, jolla kuluttaja/tuottaja voi kilpailuttaa ohjattavan kuormansa ja antaa sen valitulle kaupalliselle operaattorille

Vastaajia pyydettiin myös arvioimaan ratkaisuihin tarvittavia toimijoita. Pääsääntöisesti arvioitiin ratkaisuihin tarvittavan useamman toimijan aktiviteetteja.

Esteen/haasteen tai ratkaisun tärkeys nähtiin pääsääntöisesti erittäin korkeaksi (4-5)

Kysyntäjouoston laajamittaisen yleistymisen esteet, haasteet ja mahdolliset ratkaisut

Kirjaa paperiin vapaamuotoisesti kysyntäjouoston este tai haaste, joka hidastaa kysyntäjouoston yleistymistä ja laajamittaista soveltamista, sekä näkemyksiäsi siitä, miten ko. este tai haaste voitaisiin ratkaista. Voit täyttää niin monta paperia kuin haluat. Voit jatkaa paperin kääntöpuolelle. Palauta täytetyt paperit päivän päätteeksi.

ESTE / HAASTE:

Este / haaste on ensisijaisesti (ympyröi parhaiten kuvaava vaihtoehto PEST-jaottelusta):

poliittinen

taloudellinen

sosiaalinen

tekninen

MAHDOLLINEN RATKAISU ESTEEN / HAASTEEN VOITTAMISEKSI:

MINKÄ OSAPUOLTEN AKTIVITEETTEJA TARVITAAN RATKAISUUN?

Ympyröi parhaiten kuvaavat vaihtoehdot tai kirjoita vapaamuotoinen vastaus.

*sähkön loppukäyttäjä / kiinteistön omistaja / sähkön myyjä / aggregaattori / jakeluverkkoyhtiö /
kantaverkkoyhtiö / luentapalvelun tarjoaja / muu*

KUINKA TÄRKEÄÄ ESTEEN TAI HAASTEEN VOITTAMINEN ON KOKONAISUUDEN KANNALTA?

Arviol esteen tai haasteen merkitys kysyntäjouoston toteuttamisen kannalta. Ympyröi parhaiten kuvaava vaihtoehto (1 = ei tärkeä ... 5 = erittäin tärkeä):

1

2

3

4

5

LIITE III Työpaja 29.9.2014

Tutkimusprojektin kolmas yritystyöpaja järjestettiin 29.9.2014 Espoossa Schneider Electric Oy:n toimitiloissa. Työpajan tavoitteena oli määritellä avainkysymykset ja esteet lainsäädännössä, viranomaisvalvonnassa ja suosituksissa, joihin tulee vaikuttaa kysyntäjouaston edistämiseksi. Työpajassa kuultiin eri sidosryhmien alustuksia sekä toteutettiin yksilötyöskentelyä kysynnän joustoon liittyvien esteiden/haasteiden sekä kehittämismahdollisuuksien pohdintaa, jonka yhteenveto on esitetty alempana. Työpajassa esitetyt alustukset löytyvät projektin verkkosivulta osoitteesta: <http://dr.wordpress.tamk.fi/2014/09/30/workshop-29-9-2014/> (salasana: drworkshop).

Työpajan ohjelma

- 10.00 Tilaisuuden avaus, päivän ohjelma sekä työpajan ja projektin tavoitteet
 - Pertti Järventausta, TTY
- 10.15 Kysynnän jousto lainsäädännön näkökulmasta
 - Petteri Kuuva, Työ- ja elinkeinoministeriö
- 10.45 Kysynnän jousto rakentamismääräysten ja ohjeiden näkökulmasta
 - Juhani Heljo, TTY
- 11.15 Sähköenergian merkitys nZEB-rakennuksissa
 - Erja Reinikainen, Granlund
- 11.45 Tilaajan ohjeistukset kysyntäjouaston kannalta
 - Sirpa Eskelinen, Helsingin kaupungin rakennusvirasto
- 12.15 Lounas
- 13.00 Kysyntäjouaston edistäminen verkkoyhtiöiden regulaatiossa
 - Veli-Pekka Saajo, Energiavirasto
- 13.30 Verkostosuositusten rooli kysynnän jouaston edistämässä
 - Ina Lehto, Energiateollisuus ry
- 14.00 Kahvi
- 14.30 Sähköturvallisuussäädösten asema kysynnän joustossa
 - Pirkko Harsia, TAMK
- 15.00 Kysyntäjouaston toteutus esimerkki Ranskasta (alustus varmistumatta)
 - Schneider Electric Oy / Ranska
- 15.30 Päivän yhteenveto

Päivän aikana pohdittiin yksilötyönä lainsäädäntöön, viranomaisvalvontaan ja toimialan suosituksiin ja ohjeisiin liittyviä kysyntäjouaston yleistymistä ja laajamittaista soveltamista hidastavia esteitä tai haasteita sekä näkemyksiäsi siitä, miten ko. este tai haaste voitaisiin ratkaista ja miten lainsäädäntöä, viranomaisvalvontaa ja ohjeistusta tulisi kehittää, jotta se loisi kannusteita kysynnän jouaston yleistymiselle. Liitteen VI lopussa on esitetty lomake, johon pohdintoja kerät-

tiin. Seuraavassa on esitetty tiivistettynä yhteenvedo yksilöpohdinnoista. Koko aineisto löytyy projektin verkkosivulta samasta osoitteesta kuin työpajan alustukset.

Vastaajia pyydettiin lisäksi kohdistamaan kirjaamansa este tai kehitystoimenpide taulukkoon, jossa on esitetty lainsäädännön, suositusten ja ohjeiden kohdistumista eri toimijoihin / toimintoihin. Vastausten yhteenvedo on esitetty alla olevassa kuvassa. Enemmän kuin 5 ”ääntä” saaneet kohdat on esitetty vihreällä.

	A) Sähkötarkkinat	B) Kantaverkko	C) Jakeluverkko	D) Mittaus	E) Ohjaus	F) Kiinteistön sähköverkko	G) Kiinteistöautomaatio	H) Energia- tehokkuus
1. Lainsäädäntö - EU-direktiivit ja asetukset - kansalliset lait ja asetukset	5	1	2	7	7	4	2	3
2. Viranomaismääräykset ja -ohjeet	1		7	10	10	12	8	8
3. Taloudelliset kannusteet - verot / verohelpotukset - verkkoliiketoiminnan taloudellinen valvontamalli		1	10	2	4	5	5	4
4. Itsesääntely tai yhteissääntely* - velvoittavat standardit - muut standardit - sopimukset			1	2	4	4	3	4
5. Informaatio-ohjaus - ohjeet ja suositukset - tilastot, vertailut, tutkimukset - koulutus ja tiedotus - merkinnät (esim. DR-merkintä tuotteeseen)			1	4	5	5	5	7

* Itsesääntelyssä toimiala sopii itse, miten se toimii ja edistää jotain asiaa, yhteissääntelyssä asioista sovitaan yhdessä toimialan ja viranomaisten tai lainsäätäjän kanssa

Verkkoyhtiön rooli (AMR-pohjainen DR)

”Esteitä”:

- Verkkoyhtiöllä ei ole kannustinta kysynnän jouston edistämiseen (ei edes palvelun kehittämiseen sähkön myyjille syrjimättömästi) -> AMR investointia ei hyödynnetä täysimääräisesti.
- Mikä intressi verkkoyhtiöllä on kehittää AMR-mittari-infraa, jos kysynnän jousto ei ole verkkoyhtiöiden liiketoimintaa? Pääpaino pitäisi saada yhteisen rajapinnan saamiseksi palveluntarjoajille.
- Kysyntäjousto ei ole EV:n määritysten mukaan sähköverkkotoimintaa. Pitäisikö sen olla? EV:n näkemys pitäisi pyrkiä muuttamaan

”Kehitystoimenpiteitä”:

- Verkkoyhtiön rooli kysyntäjoustopissa ja energiatehokkuudessa
 - tehotehokkuus, toimitusvarmuus, kustannusten optimointi (investoinnit)
 - DSO:n rooli DR:n mahdollistajana/toteuttajana
 - kuormien ohjaus kriisitilanteissa, eikö jakeluverkkoyhtiöllä ole siinä kumminkin rooli?

- Lainsäädäntö ei saa rajoittaa, ohjeita tarvitaan käytäntöjen yhtenäistämiseksi. Jos verkkoyhtiötä tarvitaan kysyntäjoustopäivänsäamiseksi, tulee olla myös verkkoyhtiöllä intensiivinen toteuttaa rajapintaa.
 - Regulaatio voisi mahdollistaa DR-palvelun tarjoamisen myyjille (tai muille toimijoille)
 - Velvollisuus verkkoyhtiöllä järjestää, mutta ei saa osallistua muuten. Kustannuksia tulee verkkoyhtiölle. Miksi kustannusta ei kompensoitaisi esim. innovaatiokannustimena?
 - Verkkoyhtiöiden kannustimet kannustavat investointeihin ja suorastaan rankaisee käyttökustannusten kasvattamisesta, vaikka se kokonaiskustannusten näkökulmasta olisikin järkevää.

”Toimija”:

- Energiavirasto, TEM, ET, Jakeluverkonhaltija,

AMR-mittari

”Esteitä”:

- Puutteellinen lainsäädäntö: Kuormanohjausreleen takana ei ole pakko olla kuormaa. Asetus velvoittaa mittarin kuormanohjaus/kysynnän jousto ”releen”, mutta ei mitään muuta -> ei tapahdu mitään!
- Vaatimus kuormanohjauksesta AMR:llä on liian laaja -> toteutustapoja yhtä monta kuin järjestelmätoimittajia
- AMR-mittareihin liittyvä asetus alkaa olla jo vanhentunut. Mittareista pitäisi saada enemmän irti. Nyt mittareiden suhteen ollaan jäämässä kysynnän joustopäivänsäamisyssä pois keltasta, kun mitään ei tehdä.

”Kehitystoimenpiteitä”:

- Selkeämmät yksiselitteiset vaatimukset, määrittelyt ja ohjeet miten asiakkaiden kuormat kytketään releisiin (jos AMR ylipäänsä halutaan olevan DR:n ratkaisu). Tulisi myös selvästi määrittää taho, jolle määräysten laadinta kuuluu.
- Lakiin saatava vaatimus, että tietty määrä kuormasta on kytkettävä ohjausreleen perään (esim. 50 % lämmityskuormasta). Tätä voisi perustella esim. huoltovarmuuden takaamisella sähköakuutissa tehopylväissä. Myöhemmin samaa infraa voisi sitten käyttää markkinaehtoisesti säätösähkömarkkinoilla (asiakkaalla korvaus virtuaalivoimalaan liittymisestä). Saman asian voisi hoitaa myös standardeilla ja verkostosuosituksilla.
- Rakennusmääräyksiin, energiatehokkuusmääräyksiin tms. tarkennus, jolla veloitetaan ainakin uusienkohteiden rakentamisen yhteydessä kuormien kytkentä AMR-mittariin.

”Toimija”:

- Lainsäätäjät (TEM ja Energiavirasto), Jakeluverkonhaltijat, mittari- ja järjestelmätoimittajat, sähkö/energiateollisuuden edunvalvontaryhmät, tutkimuslaitokset

Rakentamismääräykset / asennukset

”Esteitä”:

- E-luku on täysin irrallaan todellisuudesta ja sähkökannalta epäedullinen (toteutuneen kulutuksen vertailu nzeb-tunnuslukuun)

- Vaikeasti viestittävä asia (E-luku, standardikäyttö), rakentamismääräysten täyttyminen ja todellinen kulutus kaksi eri asiaa -> miten viestitään että tehoon/kulutukseen vaikuttaminen on tärkeää.
- Miten säädellä asiakkaiden vastuulla olevaa osaa? ("puuttuva puolimetriä") Löytyykö ylipääntään tahtoa säännellä tätä (yksittäisen kuluttajan yksityisomaisuutta)? Kuinka paljon tulee perustua yksityisasiakkaiden osalta sääntelyyn ja kuinka paljon vapaaehtoisuuteen? SLY suosituksen uudelleen asiointi?
- Rakentamisesta tuntui puuttuvan kysynnän joustoon liittyvät määräykset; suositukset jää usein suosituksiksi
- Haasteena on kuormanohjausjohdotusten puuttuminen kiinteistöjen ja kuluttajien sisäasennuksissa. Esim. sähköautot, ilmastointi/lämmitys ja aurinkopaneelit.

"Kehitystoimenpiteitä":

- Vaikuttaminen E-luvun kertoimeen; pienempi arvo, jos kulutus ohjattavissa.
- Rakentamismääräyksiin kannusteet kuormanohjaukseen. Kun JVH:n vastuu loppuu AMR-mittariin, niin rakentamismääräykset ja ohjeistus on lähes ainut paikka saada kulutusryhmät ohjattavaksi. Pitää luoda standardi miten ryhmitellään ja miten tietoa jaetaan.
- Ohjeistukset ja suositukset ST-kortin kautta.
- Voidaanko saada jokin "pakko", joka velvoittaa esim. varauksen rakentamiseen. Esimerkiksi automaation energianluokitukseen sitominen B-tason vaatimuksiin. Sitä kautta velvoite. Energiatodistusten reaaliaikaiseksi saattaminen (siis mittauksiin perustuviksi).
- Standardien suositusten muuttaminen velvoittaviksi, esim. SFS-EN 15232 rak.autom. energiatehokkuus. CIM/CRM rajapinnat jne. Automaatio on saatava esille rakennusmääräyksiin.
- Erotellaan kriittiset kuormat sellaisista joita voidaan säätää tarvittaessa
- Kaikkiin omakotitaloihin (myös rivitalot) kuorman ohjausrele ja kontaktorit valmiiksi rakennusvaiheessa, jälkikäteen niitä ei kukaan sinne asenna
- Vaatimus sähköautojen latausjärjestelmien kytkemisestä sähkömittarien kuormanohjauslähtöön
- Mittarilta eteenpäin vastuu (puuttuvat kytkennät esim. kuormiin) pitää saada selkeästi vastuutettua ja säädöksiin.

"Toimija":

- Ympäristöministeriö, Sähköinfo, ET, kiinteistöautomaatioyritykset, toimialat, rakennusvalvonta, suunnittelu & urakointi
- Pitäisi koordinoida yhteisesti ei vain yhden toimijan vastuulla. Valtion regulaatio-ohjeistus

Taloautomaatio

"Esteitä":

- Yhtään estettä ei kirjattu

"Kehitystoimenpiteitä":

- HEMS-ratkaisujen standardisuus niin, että kolmas osapuoli voi ohjata/lähetää ohjaussignaalin
- Tarvitaan hyviä esimerkkejä kysyntäjousto-ohjauksien toteuttamisesta talotekniikassa

- Rakennuttajille (palvelurakennukset, kerrostalot, toimistot) tarvitaan riittävät ohjeistukset esim automaation vaatimusten suhteen -> tarvitaan säädöksiä toimijoiden vastuusta

”Toimija”:

- Laitevalmistajat, standardointijärjestöt, Talotekniikan alan järjestöt & toimijat, viranomaiset

Tehon mittaus ja seuranta (ei energia)

”Esteitä”:

- Rakentamismääräykset eivät ota huomioon rakennusten tehon kulutusta ja energiankäytön jakautumista. Kuinka isoista periaatteellisista muutoksista on kyse? Miten konkreettisesti teho voitaisiin huomioida?
- Sähkölämmitysjärjestelmät hyvin erilaisia kuin niiden käyttöprofiilit, mutta tätä ei juuri huomioida energiatehokkuusmääräyksissä.
- Rakennusten energiankulutusta tarkastellaan vuosienenergiana -> sähkötehon huomioimiseksi kulutusprofiili tulisi huomioida kaikissa määräyksissä ja ohjeissa -> temppuilu vuosienenergian pienentämiseksi esim. PV+suora sähkölämmitys voi olla rakennusmääräysten osalta järkevä, mutta kokonaisuus, sisältäen sähköjärjestelmä, voi nähdä asian toisin.

”Kehitystoimenpiteitä”:

- Energiatehokkuusmääräyksiä kehittäminen -> tehon huomiointi rakentamismääräyksissä
- Kysyntäjousto ja energiatehokkuus -> tehokkuus sähköverkon näkökulmasta edellyttää tehon pohjaisen hinnoittelun kehittämistä
- Priorisointi kuluttajista ja heidän toiminnoistaan ohjauksen suunnitteluvaiheen kohdistamiseksi järkevästi.
- Laskennallisen ja mitatun tehon integrointi -> toteutuman valvonnan mahdollistaminen.
- Todellisen kulutuksen laskentaperiaatteet helposti ymmärrettäväksi ja yksinkertaiseksi, huipputehot mukaan kuvioon (lämmitys, jäähdytys, sähkö), kulutusprofiilit

”Toimija”:

- Viranomainen lisää omaa ymmärrystään, eikä estä hinnoittelun kehittymistä säädöksillä

Toiminnallinen kokonaisuus, toimijoiden roolit ja rajapinnat

”Esteitä”:

- Kysynnän jouston edellytykset riippuvat lukuisista erillisistä säädöksistä, joita kukaan ei koordinoi kysynnän jouston näkökulmasta
 - Viranomaisten päätösten ja suositusten puuttuminen kysynnän jouston kannustamiseksi.
 - Haaste lainsäädännön näkökulmasta on, että lainsäädäntö on liian löysä ja siitä löytyy aukkoja esimerkiksi kysynnän jouston tavoitteiden ja aikataulun suhteen.
 - Uusiutuvaa tuotantoa on synnytetty suuri määrä yhteiskunnan tuella, etenkin Keski-Euroopassa. Tämä on muodostanut ongelmia markkinoiden ja järjestelmän näkökulmasta. Varottava samanlaista tapahtuvan kysyntä jouston kohdalla

- Kysyntäjoustoketjussa (markkinat->asiakas) on "harmaita alueita", joissa on epäselvää, minkä osapuolen tulisi kehittää näihin kohtiin liittyviä määräyksiä.
- Odotetaanko liikaa sitä, että viranomainen ratkaisee asiat tekemällä säädöksiä?
- Suosituksia jne. on vaikea laatia, koska ei tiedetä mitkä ovat oikeita ratkaisuja, roolit myös osin selkiämättä, eikä lainsäädännöllä pitäisi ohjata ratkaisuja. Lainsäädännön pitäisi ohjata oikeisiin tavoitteisiin sekä määrittää vastuutahot, jotka ovat velvollisia yksityiskohtaisia määrityksiä ja suosituksia antamaan.
- Monimutkainen kokonaisuus, jossa vaaditaan usean toimijan ja alan yhteistyötä. Osin riskikkäisiä intressejä.
- Jakeluverkon haltijan vastuu -> rakentamisen vastuu rajapinta ja vastuut: Määritettävä funktionaalisuus (tekniset vaatimukset/toiminnallisuus). AMR määritteet väljät, kokonaisuus hukassa. Rajapinnan vastuut selkeytettävä, muutoin ei tapahdu mitään.
- Asiakasnäkökulma: asia on vaikeaselkoinen kuluttajan motivointi vaikeaa, käyttäytymistä ei voi säädellä.
 - Ihmiset eivät tiedä mahdollisuutta, tekniikka kehittyy.
- Entso-E DCC, jos asiakas haluaa osalliseksi DR-markkinoille, kuka asettaa vaatimuksia toteutukselle?
- DR:n liittämisen vaatimukset puuttuvat. Valmiutta tarjota DR:ää ei synny
- Toimiala ja tutkijat eivät tiedä mille päätäntäelimelle asioita täytyisi tuoda käsiteltäväksi ja eteenpäin vietäväksi.
- Rakennusten päämittareiden hyödyntäminen automaatioissa, uusiutuvien energioiden kytkeminen mukaan kysyntäjousto, verkkoyhtiöiden rooli kysyntäjoustop käytännön toteuttamisessa pitäisi olla selkeä. Rakentamisen energiamääräyksissä ei oteta kantaa sähkötehon optimointiin tai muuhunkaan sähkөөön liittyvään. Niissä tulisi jokaisessa olla vaatimukset kysyntäjoustopsovelluksia koskien.

"Kehitystoimenpiteitä":

- Kysyntäjoustop idea ja perusajatuksen viestiminen eri tahoille (lainsäätäjät, viranomaiset jne.), jotta saadaan edes ajatus liikkeelle niiden henkilöiden tahoilta, jotka eivät asiasta vielä tiedä.
- Määritettävä joustop taloudelliset vaikutukset, "pay pack".
 - Kysynnän joustop ei näytä tukevan mikään nykyinen laskentamalli. Elinkaarilaskenta voisi antaa eväitä energian käytön optimointiin ja joustop.
- Teknologiset ratkaisut ovat kehittyviä ja niitä ei ole järkevää sitoa -> toiminnallisia vaatimuksia pitäisi kuvata. Teknologisten ratkaisujen osalta BAT tms. parhaiden käytäntöjen leviittäminen. Haasteena, että asioita kehittävät kilpailun piirissä olevat toimijat, (mutta patentit ja lisensointi periaatteet käytettävissä)
- Vaikka DR-toiminta siirtyisikin kokonaan verkkoyhtiöltä eriytetyksi toiminnaksi/palveluksi (aggregaattori) tulisi rajapinta tiedon vaihto ja sen velvoittavuus kaupallisen aggregaattorin ja DSO/TSO:n välillä määritellä, velvoittaa ja valvoa.
- Kuinka saadaan myös palvelurakennusten sektori mukaan? Voidaanko säädöksiä muuttaa ohjaamaan DR-toimintoja myös tälle sektorille?
- Yhteissäntelyllä selkeytetään kiinteistönhaltijan aluetta, ehkä helpoin ja nopein tapa.
- Pitäisi kirjata uusia säädöksiä mihin suuntaan ja millä aikatauluilla tavoitteita asetetaan ja asioissa päästään eteenpäin. Viranomaisten pitäisi määrittää selkeä kanta kysynnän joustop edistämiseksi, eikä toimia esteen tai haasteen luojana.

- Vastuunjako säädöksiä muuttamisessa/uusimisessa, sillä tapaa, että DR-toimintamalli olisi oikeasti toteutettavissa. Kenen vastuulla mikäkin osa-alue olisi?
 - Määräysten, ohjeistusten, vastuiden yms. välisten rajapintojen tarkempi määrittely
- Lukuisat turvallisuutta (ja kysynnän joustoa) koskevat lait ja asetukset yhteen loogiseen paikkaan.
 - Johonkin lakiin pitäisi saada kirjaus siitä, missä kysynnän jousto asioissa on mahdollista säädellä lisää ja valtuuttaa joku ministeriö kysynnän jouston ”kotipesäksi”. Siinäkin tapauksessa ettei enempää säätelyä ainakaan aluksi luotaisi.

”Toimija”:

- Ei voi olla vain yhden toimijan vastuulla. Vastuun koordinointi valtion tasolla.
- Valtioneuvosto, jokin ministeriö (TEM/YM)
- Tutkimus, jota valtiovalta voi vahvasti tukea ja sitä kautta ohjata kehitystä. Toiminnallisten määritysten osalta osin TSO.
- Mittarivalmistajat, ET, alan yritykset, tutkimuslaitokset
- TEM, Energiavirasto
- ET, STUL ja RT yhteistyöhön
- Tieto täytyisi kerätä kasaan ja jakaa sitä tarvitseville.
- Yhteistyössä viranomaiset, kiinteistötoimijat, tutkimuslaitokset, konsultit, palvelu ja laitetoi-
mittajat -> tehtäväketjut
- Kaikki

Muut ajatukset:

- Sääntelyn tulee laitetasolla olla riittävän yleinen, ettei vahingossa estetä/rajoiteta teknistä kehitystä. Haasteena löytää tasapaino sen suhteen, että ohjataan/kannustetaan kysyntä-
joustoon, muttei samalla rajoiteta teknisiä toteutusratkaisuja.
- Kaikille toimijoille löydettävä selkeä business case, jotta tahtotila löytyisi. Viestiliikenteen tu-
lee perustua selkeisiin standardoituihin sanomiin.
- Verkkoliiketoiminnan tulee olla kiinnostunut kysynnän joustosta eli omaisuuden/kapasiteetin
maks.hyödyntämisestä.
- Sähköturvallisuutta koskevat määräykset ovat teknisen toteutuksen reunaehtoja, ei toimin-
nallisuutta ohjaavia säädöksiä, automaatio järjestelmien ja etäohjauksen huomiointi sähkö-
turvallisudessa riippumatta käyttötarkoituksesta. Rakentamismääräykset muissakin mais-
sa jonkinlainen e-lukulaskenta, tehopiikki vs. tasainen kulutus (huom. myös kausivaihtelut)
- Rakentamismääräysten määritelmät esim. lähellä tuotetusta uusiutuvasta energiasta erit-
tään merkityksellisiä -> tyhmit määritelmät rajoittavat ratkaisuja esim. vain kiinteistöön, kun
voisi olla paljon järkevämpää tehdä uusiutuva jossain lähistöllä ja johtaa rakennukseen.
- Säädökset (Sähkömarkkinalaki, rakentamismääräykset, sähköturvallisuuslakisäädökset tu-
lisi kuvata kokonaisuutena kysyntäjoustop näkökulmasta -> tältä pohjalta tulisi miettiä erityi-
sesti korjausrakentamista -> tekniset vaatimukset, toimijoiden vastuut > tästä kuvaus hank-
keessa ja ehdotus.
- Toiminnallinen turvallisuus: normaalitila, häiriö...
- Vaikka kuinka olisi nolla energiataloja ja uusiutuvaa energiaa (aurinko tuuli), niin silti verkko
on mitoitettava tilausten perusteella -> verkko tehtävä pahinta tilannetta varten vai onko?

Työpajan III Työpaperi

DR-pooli työpaja / lainsäädäntö, suositukset ja ohjeet

29.9.2014

Kysyntäjoustop laajamittaisen yleistymisen esteet, haasteet ja kannusteet**Tehtävänasettelu:**

Kirjaa paperiin vapaamuotoisesti

- 1) lainsäädäntöön, viranomaisvalvontaan ja toimialan suosituksiin ja ohjeisiin liittyviä kysyntäjoustop yleistymistä ja laajamittaista soveltamista hidastavia esteitä tai haasteita,
- 2) näkemyksiäsi siitä, miten ko. este tai haaste voitaisiin ratkaista ja miten lainsäädäntöä, viranomaisvalvontaa ja ohjeistusta tulisi kehittää, jotta se loisi kannusteita kysynnän joustop yleistymiselle.

Paperin kääntöpuolella on hahmoteltu lainsäädännön, suositusten ja ohjeiden kohdistumista eri toimijoihin taulukkona, jota voit hyödyntää pohdinnoissasi. Palauta täytetyt paperit päivän päätteeksi.

Oletko yritysedustaja (A) vai projektin tutkija (B) (halutessasi voit kirjoittaa myös nimesi):

Este tai haaste lainsäädännön, viranomaisvalvonnan ja toimialan suositusten ja ohjeiden näkökulmasta:

Miten lainsäädäntöä, viranomaisvalvontaa, määräyksiä, suosituksia ja ohjeita pitäisi kehittää, jotta ne tukevat kysynnän joustop yleistymistä?

Kenen toimijan vastuulla edellä mainittu kehitystyö on?

Muita ajatuksia kysynnän joustop liittyen:

LIITE IV Työpaja 21.1.2015

Tutkimusprojektin neljäs yritystyöpaja järjestettiin 21.1.2014 Vantaan Landis+Gyrin tarjoamissa tiloissa. Työpajan tavoitteena oli esitellä ja keskustella projektin keskeisistä tuloksista, toimenpide-ehdotuksista ja jatkoselvitystarpeista kysynnän jouston käytännön ratkaisujen edistämiseksi. Työpajassa esitetyt alustukset löytyvät projektin verkkosivulta osoitteesta:

<http://dr.wordpress.tamk.fi/category/kokoukset/workshop/> (salasana: drworkshop).

Työpajassa tehtiin yksilötyöskentelynä arvio eri toimenpide-ehdotusten toteutumisen aikataulusta ja merkityksestä sijoittamalla toimenpide-ehdotuksia ennalta jaettuun nelikenttään.

Työpajan ohjelma

- | | |
|-----------|---|
| klo 10.00 | Tilaisuuden avaus, päivän ohjelma sekä työpajan tavoitteet
Sähköenergiajärjestelmien yleisiä kehitysnäkymiä
Kysynnän jouston hyödyntäminen eri markkinapaikoilla
Kuormien ohjauspotentiali
Asiakaspään tekniset ratkaisut
Jakeluverkkovaikutukset
Meneillään oleva säädösten uudistuminen |
| klo 12.00 | Lounas |
| klo 13.00 | Keskeisten tuloksien yhteenveto, toimenpide-ehdotukset ja jatkoselvitystarpeet
Tuloksiin ja toimenpide-ehdotuksiin liittyvä yksilötyö yleisen keskustelun yhteydessä |
| klo 15.00 | Päivän yhteenveto |

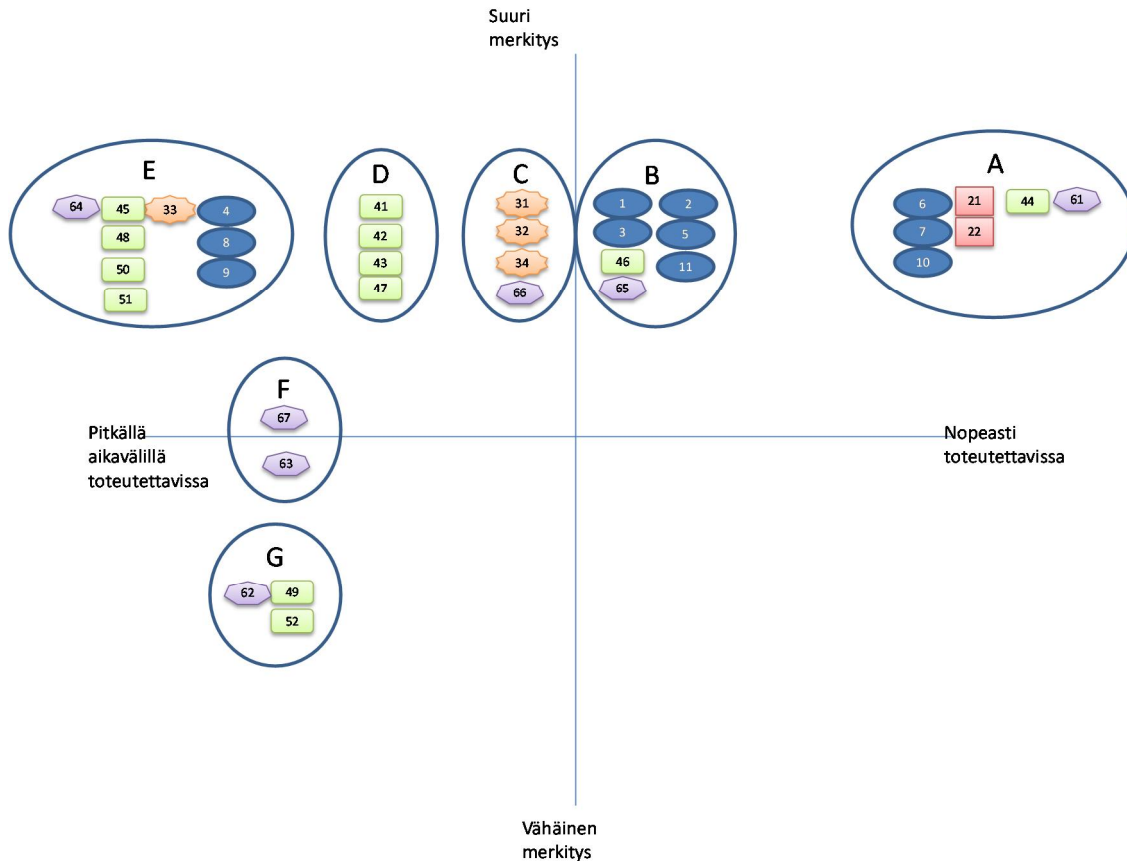
Työpajan osallistujat

Markku Hyvärinen	Helen
Sirpa Leino	Energiateollisuus
Ina Lehto	Energiateollisuus
Riina Heinimäki	Energiateollisuus
Pekka Kalliomäki	Ympäristöministeriö
Harri Liukku	ABB
Kimmo Lindholm	ABB
Olli Huotari	Empower IM
Juha-Pekka Einamo	Enoro
Lasse Östring	Enoro
Sakari Seppälä	Enoro
Tuukka Toivonen	Landis+Gyr
Antti Paulanne	Schneider Electric

Tuomas Pylvänen	Schneider Electric
Morris Blomberg	Schneider Electric
Pasi Hyyppä	Senaatti kiinteistöt
Mikko Keto	Telia Sonera
Jonne Jäppinen	Fingrid
Johannes Salo	Elenia
Sirpa Repo	Elenia
Pirjo Heine	Helen
Juhani Palmunen	Lahti Energia
Jari Mustaparta	Turku Energia
Martimo Antero	Oulun Energia
Pertti Järventausta	TTY
Juhani Heljo	TTY
Jaakko Sorri	TTY
Kimmo Lummi	TTY
Antti Supponen	TTY
Pirkko Harsia	TAMK
Veijo Piikkilä	TAMK
Martti Honkiniemi	TAMK
Jaakko Luoma	TAMK
Kari Kallioharju	TAMK
Jarmo Partanen	LUT
Samuli Honkapuro	LUT
Nadja Belonogova	LUT
Petri Valtonen	LUT
Jussi Tuunanen	LUT

Yksilöarvioinnin yhteenveto

Ennakkoon lähetetyssä projektiraportinluonnoksessa oli ehdotettu lukuisia määrä erilaisia toimenpide-ehdotuksia kysynnän jouston käytännön ratkaisujen edistämiseksi. Toimenpide-ehdotukset oli jaoteltu aihepiireittäin (kaikkia toimijoita koskevat, sähkön myyjiä koskevat, verkko-yhtiöitä koskevat, rakennusmääräyksiin liittyvät ja muut toimenpide-ehdotukset). Numeroidut toimenpide-ehdotukset piti sijoittaa nelikenttään, jossa vaaka-akselina oli toimenpiteen toteutusaikataulu ja pystyakselina sen merkitys. Seuraavassa kuvassa on esitetty yhteenveto osallistujien vastauksista sekä ryhmitelty toimenpide-ehdotukset 7 ryhmään.



A (Nopeasti toteutettavissa, suuri merkitys)

6. Asiakkaiden aktivoitumista tukevien kannusteiden luominen
7. Avoin ja standardi tapa, jolla asiakas voi kilpailuttaa ohjattavan kuormansa ja antaa sen valitulle kaupalliselle operaattorille
10. Käynnissä olevan kehityksen tukeminen ja jalkauttaminen laajempaan käyttöön. Tällä hetkellä yrityksissä on käynnissä paljon kehitystyötä, pilotteja ja tuotteistusta
21. Sähkön myyntiyhtiön kysynnän joustotuotteiden tuotteistaminen
22. Kysynnän joustotuotteiden markkinointi ja potentiaalisten asiakkaiden löytäminen
44. Tehotietojen ja todellisen kulutuksen profiilin määrittämisen korostaminen (mm. rakentamis- ja energiatehokkuusmääräykset) pidemmän aikavälin energiatietojen sijasta. Tehomittauksista saadaan aina laskettua käytetty energia, mutta energiatiedosta ei käytettyä huipputehoa ja sen ajankohtaa.
61. Tuntimittauksen perusteella syntyvää mittausdataa tulee hyödyntää eri tyyppisten kulutusryhmien tehotietojen ja profiilien keräämisessä. Tiedon perusteella voidaan parantaa mm. liittymien mitoitusta, saada lisätietoa tehohippujen muodostumisesta ja parantaa yleistä tietoisuutta sähköverkkojen ja energiajärjestelmän käyttäytymisestä.

B (Suhteellisen nopeasti toteutettavissa, suuri merkitys) toimenpiteet

1. Kokonaisvaltaisen näkemyksen muodostaminen kysynnän jouston toiminnallisuudesta, tuotteista ja ansaintalogiikasta kysynnän joustoon liittyvän ymmärryksen lisäämiseksi toimialalla
2. Toimijoiden selkeämpi roolitus ja vastuut

3. Yhteistyö toimijoiden välillä siten, että kysyntäjoustolla saavutetaan optimaalisimmat kokonaishyödyt
5. Yleisen tietoisuuden kasvattaminen siitä, mitä kysynnän jousto koko laajuudessaan tarkoittaa ja miksi sitä tarvitaan, kohderyhmänä erityisesti asiakkaat ja viranomaiset
11. Toimialan toimijoiden täydennyskoulutus
46. Selkeämmät vaatimukset, määrittelyt ja ohjeet miten asiakkaiden kuormat kytketään AMR-mittarin ohjausreleisiin. Rakennus-, energiatehokkuus- ja muita asiaan liittyviä määryksiä pitäisi tarkentaa siten, että veloitetaan ainakin uusien kohteiden rakentamisen yhteydessä kuormien ohjauksien johdotukset ja kytkentä AMR-mittariin.
65. Kuluttajia pitää ohjata kysynnän jouston maailmaan lisäämällä havainnollista tietoa teho-tariffeista ja niiden määräytymisestä ja vaikutuksesta kuluttajan sähkölaskuun.

C (Suhteellisen nopeasti toteutettavissa, suuri merkitys) toimenpiteet

31. Verkkoyhtiöiden valvontamalliin tulee saada selkeä kannuste kysynnän jouston edistämiseksi, mm. tietojärjestelmien rajapintojen ja toiminnallisuuden kehittämiseksi. Kannuste voidaan sisällyttää esim. valvontamallin innovaatiokannustimeen.
32. Tehopohjaisen siirtotariffin tuotteistaminen, mikä vähentää kysynnän jouston intressiristiriitoja, luo kannusteita asiakkaiden kysynnän joustolle ja tuo kysynnän jouston hyötyjä myös verkkoyhtiöille leikkaamalla suurimpia tehoja.
34. Kysynnän jouston tietoisuuden lisääminen asiakkaiden keskuudessa ja mahdollisen kysynnän jouston tuotteistamista tukevan asiakasinformaation kerääminen
66. Kysynnänjoustonäkökulmia voisi pyrkiä tuomaan osaksi tulevia energiatehokkuussopimuksia, joissa mm. monet kaupungit ja kunnat ovat mukana

D (Keskipitkällä aikavälillä toteutettavissa, suuri merkitys)

41. Rakentamismääräysten pitää luoda edellytykset kysynnän joustolle määräämällä kysynnän jouston tekninen valmius. Erillisellä ohjeistuksella pitää selostaa, mitä se käytännössä tarkoittaa. Tämä voisi sisältyä joko osaan D3 (Energiatehokkuus) tai osaan A4 (Käyttö- ja huolto-ohje).
42. Rakentamismääräysten osan D3 energiaselvityksen vaatimuksiin pitää lisätä tavoitekulutuksen laskeminen, mikä sisältäisi myös tavoitetehon laskennan ja kysynnän jouston mahdollisuuksien selostuksen
43. Rakentamismääräyksiin tulee saada selkeät kannusteet kysynnän joustolle, esim. E-luvun laskennassa käytettävä sähkön energiamuotokerroin pitäisi olla pienempi, jos kulutus on ohjattavissa. E-luku kuvaa kokonaisvaikutusta energiahuoltojärjestelmässä. Kuorman ohjauksella sähköenergiajärjestelmä toimii optimaalisemmin, luo paremmin edellytyksiä uusiutuvan energiantuotannon penetraation kasvulle ja kokonaisvaikutukset energian käytön, kustannusten ja päästöjen suhteen jäävät vähäisemmiksi, mikä olisi perusteena kertoimen pienentämiselle.
47. Rakennuttajille (palvelurakennukset, kerrostalot, toimistot) tarvitaan riittävät ohjeistukset esim. automaation vaatimusten suhteen.

E (Pitkällä aikavälillä toteutettavissa, suuri merkitys)

4. Säädökset (sähkömarkkinalaki, rakentamismääräykset, sähköturvallisuuslaki, energiatehokkuuslaki, erilaiset muut määräykset, ohjeistukset) tulisi kuvata kokonaisuutena kysyn-

täjoustop näkökulmasta sekä määrittellä näiden rajapinnat, vastuut ja koordinaatio tarkemmin.

8. Kysynnän joustop toimintoihin osallistuvien tietojärjestelmärajapintojen ja teknisen suorituskyvyn (vasteaikojen) standardointi. Viestiliikenteen tulee perustua selkeisiin standardoituin sanomiin.
9. Standardoidut toimintamallit
33. Seuraavan sukupolven AMR-mittareiden minimoitominallisuuden (mittaukset, ohjaukset, tiedonsiirto) määrittely siten, että tulevaisuuden mittari-infrastruktuuri tukee kysyntäjoustop mahdollisimman hyvin
45. Rakentamista ohjaaviin säädöksiin tulee luoda kiinteistön sähköjärjestelmien suunnittelua ja toteutusta käsittelevät yleissäädökset, joita täydennetään ohjeistuksilla, esimerkkiratkaisuilla ja mitoitusohjeilla.
48. Kysynnän joustop varautuminen tulee liittää osaksi rakennusten energiatehokkuusvaatimuksia. nZEB-rakennuksissa tulee vaatimuksissa kannustaa kysynnän joustop edellyttämiin sähköjärjestelmän rakenteisiin, automaatioon ja tietojärjestelmien mittauksiin.
50. Rakentamisessa edellytettäviin suunnitelmiin tulee lisätä vaatimus sähköjärjestelmien (sekä sähköenergiajärjestelmä että automaatio- ja tietojärjestelmät) suunnittelusta, suunnittelusta ja suunnittelun tekijän pätevyydestä
51. Kiinteistöjen sähköjärjestelmien dokumentointi niin suunnittelu- kuin loppudokumenttien osalta tulee saada osaksi kiinteistön kokonaisdokumentointia.
64. Suunnitteilla olevan Data Hubin tietosisällön määrittely siten, että sen tukee kysynnän joustop toimintojen kehittämistä, mm. tietoa asiakkaiden joustopotentialista ja ohjaukseen liittyvistä reunaehdoista sekä toteutetuista joustotoiminnoista (vaikutukset markkinoille näkyvään kuormitusmalliin) sekä myyjille mahdollisuus markkinoida joustotuotteita potentialisille asiakkaille. Data Hubin tulee tukea myös muun kuin AMR:n kautta toteutettavaa kysynnän joustop (esim. sähkömarkkinaosapuolilla pitäisi olla samat tiedot riippumatta siitä, onko kyseessä AMR- vai HEMS-pohjainen ratkaisu).

F (Pitkällä aikavälillä toteutettavissa, suhteellisen suuri merkitys)

63. Laitteiden ja järjestelmien älykkyyden, kiinteistöautomaation ja integraation lisääntyminen aiheuttaa uudentyyppisiä turvallisuus- ja toiminnallisuushaasteita, jotka vaativat yleisten ohjeistusten ja tarkastustoiminnan kehittämistä.
67. Kysynnän joustop edistämistä koskevien asioiden saaminen osaksi Rakentamismääräyksiä tai niihin liittyviä ohjeita

G (Pitkällä aikavälillä toteutettavissa, vähäinen merkitys)

49. Nollaenergiataloihin liittyvän "lähienergian" (nearby) määrittely siten, että se tukee uusia energian ja kysynnän joustop lisääntymistä.
52. Rakennusvalvonnalla ja verkkoyhtiöillä tulisi olla yhteinen dokumenttirekisteri kiinteistöjen järjestelmien osalta.
62. Suunnitteluohjelmistoja (sekä kiinteistöverkon että yleisen sähköjakeluverkon suunnittelu) tulee kehittää, jotta koko toteutusketjun ajan tieto tilojen, niiden sähköjärjestelmien ja tavoitteiden osalta olisi kaikkien toimijoiden tiedossa. (Kullekin laitteelle tai laiteryhmälle annetaisiin ohjauspotentialitieto suunnitteludokumentoinnissa)

LIITE V Verkkoyhtiökysely

1. Vastaajan / yhtiön taustatiedot (voitte myös halutessanne vastata anonyymisti)

Etunimi

Sukunimi

Matkapuhelin

Sähköposti

Tehtävänimike

Yritys / Organisaatio

Verkkoyhtiön asiakasmäärä yhteensä

2. Minkä valmistajien mittareita yhtiöllänne on käytössä?

Valmistaja 1 Osuus mittareista
 :::: ::::

Valmistaja 2 Osuus mittareista
 :::: ::::

Valmistaja 3 Osuus mittareista
 :::: ::::

3. Mitä tietoja käytössä olevat AMR-mittarit tallentavat ja mitä tietoja niiltä voidaan lukea / luetaan?

	Ei voida tallentaa eikä lukea	Voidaan tallentaa	Tallennetaan	Voidaan lukea	Luetaan
Päätoteho, tuntikeskiteho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Loistoteho, tuntikeskiteho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eri vaiheiden tehotiedot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vaihevirta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vaihejännitteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pitkät keskeytykset (> 3 min)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lyhyet keskeytykset (< 3 min)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jännitekuopat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0-vika	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä? <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Onko mittarilla yleisimmin yksi vai kaksi (tai useampia) erikseen ohjattavissa olevaa releitä?

Releiden määrään liittyvien kysymysten tarkoituksena on kartoittaa sitä, miten ohjattavat kuormat ovat kytketty ja millä logiikalla ja aikaviiveellä niitä voidaan ohjata. Kahdella erillisellä releellä tarkoitetaan (esimerkiksi) sitä, että rele 1 ja siihen kytketty kontaktori on erillisellä käskyllä ohjattavissa (SLY-kytkennässä tehonrajoitusrele), ja rele 2 ja siihen kytketty kontaktori puolestaan mittarille esitellun ohjausajataulun mukaisesti ohjattavissa (SLY-kytkennässä yö-aikarele).

1

2

Muu, mikä?

5. Jos ohjauksia on kahdessa erillisessä releessä, ohjaavatko releet tyypillisesti samoja vai eri kuormitusryhmiä?

Releet ohjaavat samoja ryhmiä

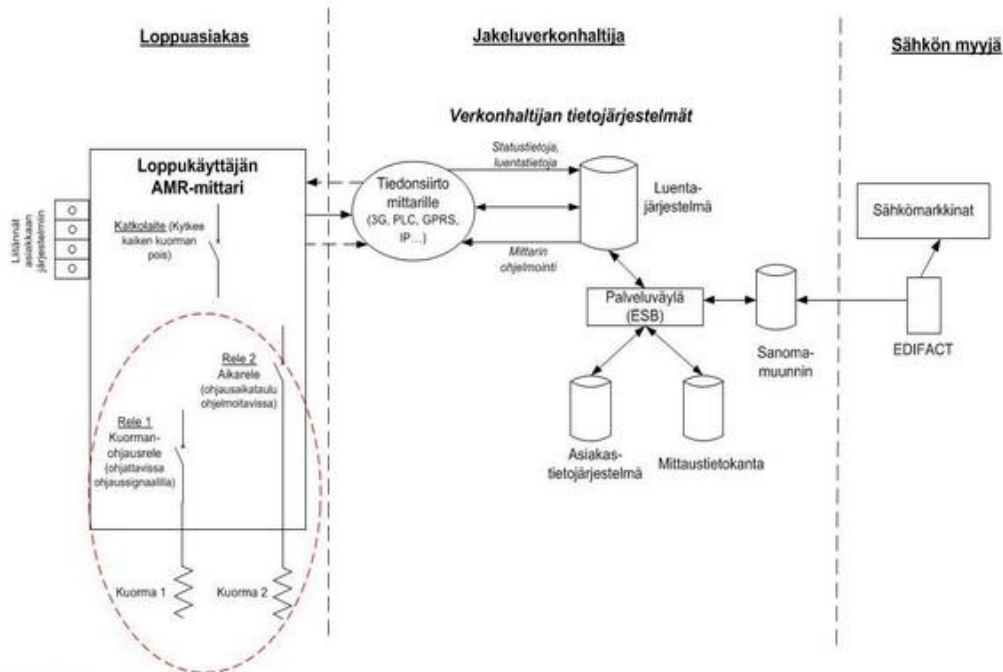
Releet ohjaavat eri ryhmiä

En tiedä / muu vastaus

6. Kuinka suuressa osassa AMR-mittareitane kuormituksia voidaan ohjata erilliskäskyllä (tehonrajoitusrele SLY-kytkennässä, rele 1 alla olevassa kuvassa)?

Keskeytä

7. Kuinka suuressa osassa AMR-mittareitane kuormituksia voidaan ohjata aseteltavan ohjauseikataulun mukaisesti (yö-aikarele SLY-kytkennässä, rele 2 alla olevassa kuvassa)?



Keskeytä

8. Kuinka paljon asiakkailenne on erilliskäskyllä (tehonrajoitusrele SLY-kytkennässä, rele 1 yllä olevassa kuvassa) ohjattavia kuormia (kärkeä arvio) ja minkälaisia kuormia ohjauksen piirissä tyypillisesti on?

Määrä yhteensä n. MW

Ohjattavien asiakkaiden määrä yhteensä, n. kpl

Tyypillinen ohjattavan kuormituksen koko n. kW

Missä rakennustyypeissä ohjattavia kuormituksia on eniten

Minkälaisia kuormituksia on ohjattavissa tyypillisesti

Keskeytä

9. Kuinka paljon asiakkailenne on ohjauseikataulun mukaisesti (yö-aikarele SLY-kytkennässä, rele 2 yllä olevassa kuvassa) ohjattavia kuormia (kärkeä arvio) ja minkälaisia kuormia ohjauksen piirissä tyypillisesti on?

Määrä yhteensä n. MW

Ohjattavien asiakkaiden määrä yhteensä, n. kpl

Tyypillinen ohjattavan kuormituksen koko n. kW

Missä rakennustyypeissä ohjattavia kuormituksia on eniten

Minkälaisia kuormituksia on ohjattavissa tyypillisesti

10. Millä keinolla arvioitte edellä kysytyn ohjattavan kuorman määrän?

Keskeytä

11. Saadaanko kuormanohjauksikäskyn onnistumisesta kuittaus mittarilta?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

Keskeytä

12. Mikä on keskimääräinen onnistumisprosentti (karkea arvio riittää) kuormanohjauksikäskyissä?

Keskeytä

13. Mitä viestintämenetelmää/-menetelmiä käytätte tällä hetkellä kuormanohjauksessa (esim. Melko tms.)?

Keskeytä

14. Mitä liitännämahdollisuuksia asiakkaan järjestelmiin AMR-mittareissa on (esim. LED-pulssi yms.)?

Keskeytä

15. Kuinka paljon asiakkailanne on omaa pientuotantoa (<50 kVA, karkea arvio)?

Pientuotantoa omistavien asiakkaiden määrä, n. kpl

Pientuotannon kokonaismäärä, n. MW

Tyypillinen pientuotannon koko, n. kW/as.

Keskeytä

16. Miten saatte tiedon asiakkaiden pientuotannosta?

Keskeytä

17. Miten yhtiönne AMR-mittarit käsittelevät asiakkaan omaa pientuotantoa (netotus, eri rekisterit jne.)?

18. Onko AMR-mittareissa software fuse -toiminto (ohjelmoitava tehonrajoitin)?

- On käytössä
- Ei ole käytössä, mutta voidaan ottaa käyttöön (esim. ohjelmistopäivityksellä)
- Ei ole käytettävissä
- En osaa sanoa

Keskeytä

19. Jos AMR-mittareissa on ohjelmoitava tehonrajoitin (ks. edellinen kysymys), miten sitä käytetään? (Jos ei ole, voitte hypätä tämän kysymyksen yli)

- Tehonrajoitin ohjaa katkoloitetta
- Tehonrajoitin ohjaa erillistä kuormanohjausrelettä
- Tehonrajoitin antaa vain hälytyksen
- Muu käyttötapa, mikä?

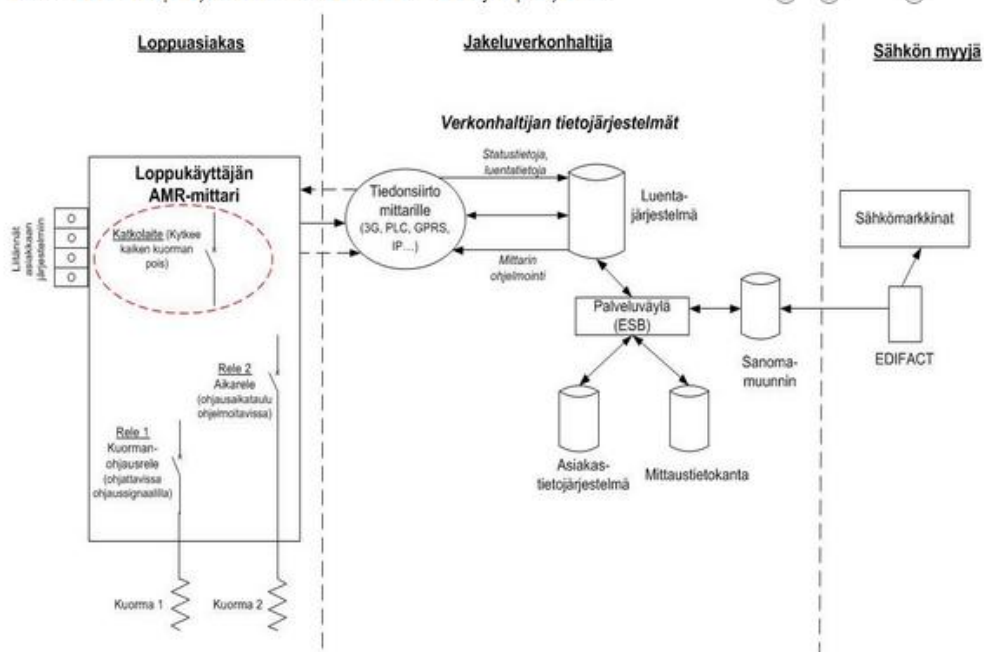
Keskeytä

20. Onko mittareissa muita älykkäitä toiminnallisuuksia ja miten niitä hyödynnetään?

Keskeytä

21. Miten AMR -mittarin yhteydessä oleva katkoloite (ks. kuva alla) on yleisimmin kytketty ja miten sitä käytetään?

- | | Kyllä | Ei | En osaa sanoa |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Onko katkoloite vapaa-ajankohteissa? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Onko tietoa, onko katkoloitteen takana kuormaa? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Onko tietoa, onko katkoloitteen takana oleva kuorma kytketty pois? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Voideanko katkoloitetta ohjata etänä? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Voideanko katkoloitteita ohjata massana? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Korvaako katkoloite pääkytkimen tai voideanko katkoloitteella ohjata pääkytkintä? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |



22. Onko verkko-yhtiössä valmius toteuttaa (minkä tahansa) myyntiyhtiön lähettämiä kuormanohjauksikäskyjä asiakkaalle (viesti pisteestä A pisteeseen B tai C alla olevassa kuvassa)?

	Ei ole valmiutta	On valmius, mutta vaatii manuaalista työtä	Onnistuu automaattisesti	En osaa sanoa
Erilliskäskyllä (rele 1) ohjattavat kuormat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ohjussaikataulun (rele 2) mukaan ohjattavat kuormat (ohjussaikataulun päivittäminen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Keskeytä

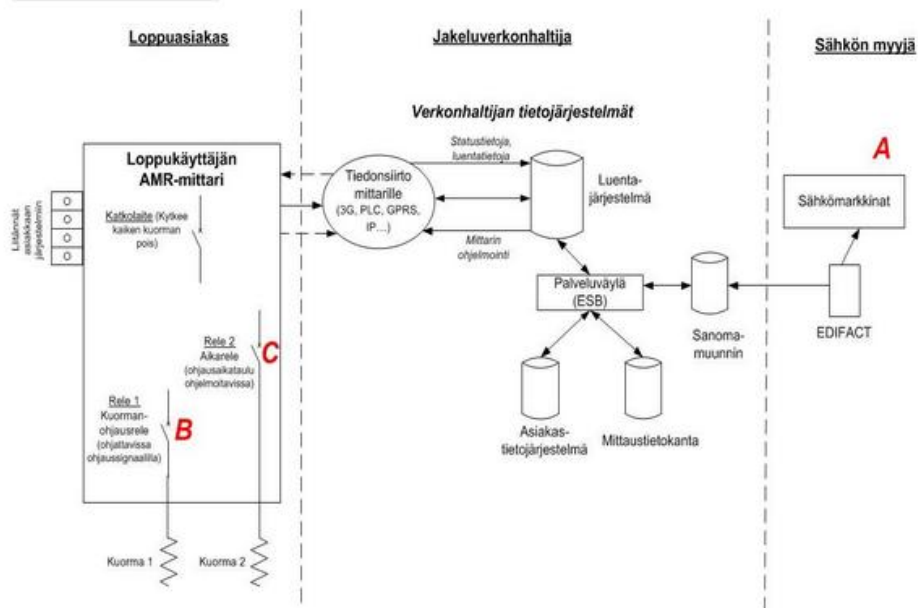
23. Millä aikaviiveellä em. kuormanohjauksikäskyt saadaan tyypillisesti toteutettua yksittäiselle asiakkaalle (viesti pisteestä A pisteeseen B tai C alla olevassa kuvassa)?

Erilliskäskyllä (rele 1) ohjattavat kuormat

.....:..

Ohjussaikataulun (rele 2) mukaan ohjattavat kuormat (ohjussaikataulun päivittäminen)

.....:..



Keskeytä

24. Missä kohden yllä kuvattua ohjausprosessia näette pahimmat pullonkaulat?

.....:..

Keskeytä

25. Nähdäänkö yhteisössänne tarpeelliseksi kuormanohjausten hyödyntäminen jakeluverko-yhtiön omiin tarpeisiin (esim. kapasiteetin riittävyys, vaihtoehto varayhteyksille tms.)? (asteikko 0 = ei tarpeellinen, 5 = erittäin tarpeellinen)

	0	1	2	3	4	5
0...5 vuoden sisällä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5...10 vuoden sisällä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10...20 vuoden sisällä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Millä verkkotasolla kuormanohjauksen mahdolliset tarpeet (ks. edellinen kysymys) suurimmalta osaltaan ovat?

	ei tarpeellinen	tarpeellinen normaalitilanteessa	tarpeellinen poikkeuksellisessa kytkentätilanteessa	tarpeellinen häiriötilanteessa
PJ-verkossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jakelumuuntajilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KJ-lähdöillä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sähkösemasoilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muu, mikä <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27. Mitkä ovat mielestänne kolme keskeisintä estettä kysyntäjouoston hyödyntämiselle, jotka tulisi ensisijaisesti ratkaista?

- Tietojärjestelmärajapintojen standardien puute
- Liian pieni taloudellinen hyöty
- Ohjattavan kuorman vähäinen määrä
- Toimimattomat markkinamallit
- Motivaation puute asiakkailla
- Muiden sähkömarkkinaosapuolien motivaation puute
- Tiedon puute asiakkailla
- Puutteelliset lait ja asetukset
- Regulaatiomallin puutteet
- Valmiiden käytäntöjen/tuotteiden puute
- Muu, mikä?

28. Kommentteja yllä oleviin seikkoihin?

29. Näettekö kysyntäjouoston toteutuksessa käytännön ristiriitoja kuormanohjausta hyödyntävien toimijoiden (jakeluverkkoyhtiö, kantaverkkoyhtiö, myyntiyhtiö, aggregaattori, asiakas) välillä?

- Ei
- Kyllä, minkälaisia ristiriitoja ja minkä osapuolten välillä
- En osaa sanoa

30. Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjouoston tuotteiden kehittämisessä

- Sähkön loppukäyttäjä
 Myyjä
 Jakeluverkkoyhtiö
 Järjestelmävastaava (kantaverkkoyhtiö)
 Aggregaattori
 Luentapalvelun tarjoaja
 Kiinteistön omistaja
 Joku muu, mikä

Keskeytä

31. Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjouoston teknisen toteutuksen rakentamisessa

- Sähkön loppukäyttäjä
 Myyjä
 Jakeluverkkoyhtiö
 Järjestelmävastaava (kantaverkkoyhtiö)
 Aggregaattori
 Luentapalvelun tarjoaja
 Kiinteistön omistaja
 Joku muu, mikä

Keskeytä

32. Kuinka suuri osuus uusista PJ sähkökäyttöpaikoista valitsee yleistariffin?

	< 30 %	30-70 %	> 70 %
Sähkölämmittäjät	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muut pienasiakkaat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muut asiakkaat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Keskeytä

33. Onko yhtiöllänne yhtenäinen ohjeistus asiakkaan pääkeskuksen suunnitteluun (esim. SLY-lytkentä)?

Keskeytä

34. Mitkä ovat keskeisimmät erot suurten asiakkaiden (>63 A) kuormanohjauksen toteutuksessa verrattuna pienasiakkaisiin?

Keskeytä

35. Vapaa sana; palautetta ja kommentteja kyselystä, projektista, kysyntäjoudesta yms.

LIITE VI Myyntiyhtiökysely

1. Vastaajan / yhtiön tiedot

Etunimi

Sukunimi

Matkapuhelin

Sähköposti

Tehtävänimike

Yritys / Organisaatio

Yhtiön asiakasmäärä yhteensä

Yhtiön keskimääräinen vuosimyynti (GWh/a)

Yhtiön keskimääräinen vuotuinen liikevaihto (€/a)

Suurin sähkömyynnin tuntiteho (MWh/h)

Keskeytä

2. Kuinka suuri osuus (%) asiakkaistanne ostaa sähkönsä

Yksityisasiakkaat

1-aikatafficilla

2-aikatafficilla

tuntihinnoittelulla

muu tuote, mikä?

Keskeytä

Yrityisasiakkaat

1-aikatafficilla

2-aikatafficilla

tuntihinnoittelulla

muu tuote, mikä?

Keskeytä

3. Onko yhtiöllänne tällä hetkellä käytössä spot-hintaan ja tuntimittaukseen perustuva tuntituote?

Kyllä

Ei

En osaa sanoa

Keskeytä

4. Jos yhtiöllänne on käytössä spot-hintaan perustuva myyntituote, miten arvioitte tämän vaikuttaneen asiakkaidenne käyttäytymiseen? Jos mahdollista, arvioi, kuinka paljon hinnoittelu on vaikuttanut em. tuotteen asiakkaiden tuntitehoihin kalliimpien tuntien aikana?

Keskeytä

5. Oletteko toimitusvelvollinen myyjä?

Kyllä

Ei

6. Mikä seuraavista vaihtoehtoista kuvaa parhaiten sähkönmyyntitoimintaanne?

- Toimimme pääosin toimitusvelvollisena myyjänä omalla jakelualueella
- Meillä on asiakkaita myös oman alueen ulkopuolelta, mutta emme hanki aktiivisesti uusia asiakkaita
- Hankimme aktiivisesti uusia asiakkaita
- Muu, mikä?

Keskeytä

7. Kuinka monen verkkoyhtiön alueella yhtiöllänne on asiakkaita?

- 1
- 2-5
- 6-10
- 11-20
- >20

Keskeytä

8. Miten sähkönhankintanne jakautuu? (keskimääräiset osuudet hankinnasta; oma tuotanto, OTC, pörssi...)

Keskeytä

9. Millä markkinapaikoilla yhtiönne toimii?

- Elspot
- Eibas
- Säättö sähkömarkkinat
- Reservimarkkinat
- Muu, mikä?

Keskeytä

10. Onko teillä pientuotannon (<50 kVA) ylijäämäsiähkön ostosopimuksia asiakkaidenne kanssa?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

Keskeytä

11. Kuinka paljon asiakkaillanne on omaa pientuotantoa?

Pientuotantoa omistavien asiakkaiden määrä, n. kpl

Pientuotannon kokonaismäärä, n. kW

Tyypillinen pientuotannon koko, n. kW/as.

Keskeytä

Kuormanohjauksen nykytila

Keskeytä

12. Pystytttekö ohjaamaan asiakkaan kuormituksia (viesti pisteestä A pisteeseen B tai C alla olevassa kuvassa)?

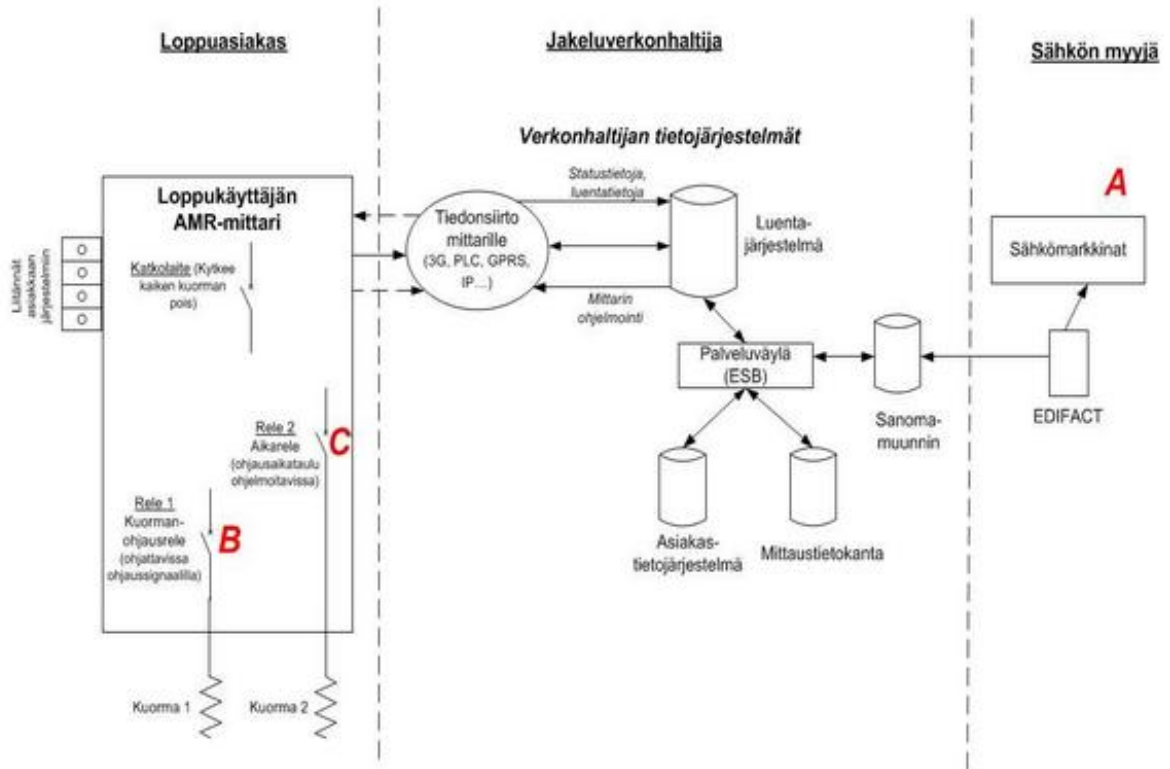
	Kyllä, oman konsernin verkkoyhtiön alueella olevat asiakkaat	Kyllä, jonkun muun verkkoyhtiön alueella olevat asiakkaat	Kyllä, minkä tahansa verkkoyhtiön alueella olevat asiakkaat	Ei	En osaa sanoa
Enniskäskyllä ohjattavat kuormat (esim. kuormien pudottaminen seuraavalla käyttötunnilla)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ohjusaikataulun (esim. yösiähkö) mukaan ohjattavat kuormat (ohjusaikataulun päivittäminen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Keskeytä

13. Jos pystytte ohjaamaan asiakkaidenne kuormia, millä aikaviiveellä em. kuormanohjaukset saadaan tyypillisesti toteutettua yksittäiselle asiakkaalle (viesti pisteestä A pisteeseen B tai C alla olevassa kuvassa)?

Erilliskäskyllä ohjattavat kuormat

Ohjauseikataulun (esim. yö sähkö) mukaan ohjattavat kuormat (ohjauseikataulun päivittäminen)



Keskeytä

14. Jos asiakkaillanne on kuormituksia, joita teidän on mahdollista ohjata suoraan erilliskäskyllä (esim. kuormien pudottaminen seuraavalla käyttötunnilla), arvioikas näiden kuormien määriä.

Määrä yhteensä n. MW

Ohjattavien asiakkaiden määrä yhteensä, n. kpl

Tyypillinen ohjattavan kuormituksen koko n. kW

Keskeytä

15. Jos asiakkaillanne on ohjauseikataulun mukaisesti ohjattavia kuormia (esim. yö sähkökuormat), arvioikas näiden määriä.

Määrä yhteensä n. MW

Ohjattavien asiakkaiden määrä yhteensä, n. kpl

Tyypillinen ohjattavan kuormituksen koko n. kW

Keskeytä

16. Missä kohden yllä kuvattua ohjausprosessia näette pahimmat pullonkaulat?

17. Näettekö tarvetta asiakkaidenne kuormien ohjaiselle?

	Kyllä, täällä hetkellä	Kyllä, tulevaisuudessa (5-10 vuoden päästä)	Ei	En osaa sanoa
Kerran vuorokaudessa päivitettävän ohjausajankulun mukaan ohjattavat kuormat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erilliskäskyllä ohjattavat kuormat (kuormien pudotus esim. seuraavalla käyttötunnilla)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Keskeytä

18. Olettaen että infrastruktuuri mahdollistaa myyntiyhtiön toteuttamat kuormanohjaukset, kuinka potentiaalisena työkaluna näette kuormanohjauksen ja siihen läheisesti liittyvät toiminnot omissa liiketoiminnassanne seuraaviin tarkoituksiin? (0 = ei lainkaan potentiaalia ... 5 = hyvin suuri potentiaali)

	0	1	2	3	4	5
Sähkön hankintojen suojausten varmentaminen (esim. kuormien ohjaus, kun suojausten taso on liian matala)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suojautuminen spot-markkinoiden hintapiikkejä vastaan (kuormien siirto hintapiikkien ajalta edullisempaan aikaan)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kulutustaseen hallinta (kuorman ohjaus tilanteessa, jossa on syntymässä tasevirhettä)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ohjattavan kapasiteetin tarjoaminen säästö- ja reservisähkömarkkinoille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Myyntinedistäminen kysyntäjoustoon liittyvien vihreiden arvojen avulla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asiakkaiden sitouttaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tuotedifferointi (uudentyyppiset myyntituotteet)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kotitautomaatiolaitteiden (HEMS) myyminen tai vuokraaminen asiakkaille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu, mikä <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Keskeytä

19. Olettaen että kysyntäjoustoinfrastruktuuri olisi käytettävissä, mitkä kuormitusryhmät näette kiinnostavina kuormanohjauskohteina?

- Suora sähkölämmitys
- Varaava sähkölämmitys
- Lämpöpumput
- Ilmanvaihtolaitteet
- Jäähdytyslaitteet
- Kylmälaitteet
- Valaistus
- Kodinkoneet
- Muut kohteet, mitkä?

Keskeytä

20. Entä mitkä asiakas- ja rakennusryhmät näette kiinnostavina kuormanohjauskohteina?

Asiakastyypit

- Yksityisasiakkaat
- Yrityisasiakkaat
- Muu, mikä

Rakennustyypit

- Omakotitalot
- Rivitalot
- Kerrostalot
- Toimistorakennukset
- Kaupat ja kauppakeskukset
- Muut kohteet, mitkä?

Keskeytä

21. Kuinka suuri kriittinen massa kysyntäjoustossa tulisi olla, jotta lähtisitte aktiivisesti kehittämään kysyntäjoustotuotteita?

Tuotteista kiinnostuneiden asiakkaiden määrä, kpl

Ohjattavan kuorman määrä, MW

Vuotuinen nettohyöty, € (lisätulot - lisäkustannukset)

22. Mikä tai mitkä seuraavista toiminta-/hinnoittelumalleista olisivat mielestänne optimaalisimpia asiakkaiden aktivoimiseksi kysyntäjousto?

- Kiinteä kompensointi (x €/kk) asiakkaille, jotka osallistuvat kysyntäjousto
- Energiahinnan alennus (snt/kWh) asiakkaille, jotka osallistuvat kysyntäjousto
- Ohjattavan kapasiteetin määrään (€/kW) perustuva kompensointi
- Ohjauksetoihin perustuva kompensointi (snt/ohjaukset)
- Tunneittain vaihtuva sähkönhinta (esim. spot-perusteinen hinnoittelu)
- Osuus (x %) kysyntäjousto sähkömarkkinoilla saavutetusta hyödystä
- Lisämaksu (x €/kk) asiakkaille, jotka eivät osallistu kysyntäjousto
- Viranomais määräys asiakkaille osallistua kysynnänjousto (esim. liittämisehdot) ilman lisäkorvausta
- Muu, mikä

Keskeytä

23. Kuinka merkittävänä näette seuraavat uudet toiminnot / mahdolliset toimintaympäristön muutokset yhtiönne toiminnan kannalta seuraavien 10 vuoden aikana? (0 = ei lainkaan merkitystä ... 5 = hyvin suuri merkitys)

	0	1	2	3	4	5
Asiakkaiden oma (mikro)tuotanto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sähkön varastointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hintaperusteinen kysyntäjousto (asiakkaiden reagointi hintasignaaleihin)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kuormien (etä)ohjaukseen perustuva kysyntäjousto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sähköautot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Datahub (sähkömarkkinoiden keskitetty tiedonvaihto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Myyjävetoinen markkinamalli (nk. yhden luokun malli)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asiakkaiden asennemuutokset (energiansäästö, vihreät arvot)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Energiätehokkuusmääräykset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu, mikä <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Keskeytä

24. Miten näette kysyntäjousto vaikuttavan toimintanne riskeihin?

	-3	-2	-1	0	1	2	3
Hintariski pienentyy (tukkuhinnan vaihteluiden aiheuttama riski)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hintariski kasvaa (tukkuhinnan vaihteluiden aiheuttama riski)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kysyntäriski pienentyy (asiakasmäärän epävarmuuden aiheuttama riski)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kysyntäriski kasvaa (asiakasmäärän epävarmuuden aiheuttama riski)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volyyimiriski pienentyy (sähkön hankinnan ja myynnin eron aiheuttama riski)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volyyimiriski kasvaa (sähkön hankinnan ja myynnin eron aiheuttama riski)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Keskeytä

25. Mitkä ovat mielestänne kolme keskeisintä estettä kysyntäjousto hyödyntämiselle, jotka tulisi ensisijaisesti ratkaista?

- Tietojärjestelmärajapintojen standardien puute
- Liian pieni taloudellinen hyöty
- Ohjattavan kuorman vähäinen määrä
- Toimimattomat markkinamallit
- Motivaation puute asiakkaille
- Muiden sähkömarkkinaosapuolien motivaation puute
- Tiedon puute asiakkaille
- Puutteelliset lait ja asetukset
- Regulaatiomallin puutteet
- Valmiiden käytäntöjen/tuotteiden puute
- Muu, mikä?

Keskeytä

26. Näettekö kysyntäjousto toteutuksessa käytännön ristiriitoja kuormanohjausta hyödyntävien toimijoiden (jakeluverkkoyhtiö, kantaverkkoyhtiö, myyntiyhtiö, aggregaattori, asiakas) välillä?

- Kyllä, minkälaisia ristiriitoja ja minkä osapuolten välillä
- Ei
- En osaa sanoa

27. Näettekö ongelmalliseksi tilanteen, jossa joku muu markkinaosapuoli (jakeluverkkoyhtiö, kantaverkkoyhtiö...) ohjaa asiakkaidenne kuormituksia?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

Keskeytä

28. Kommentteja yllä oleviin seikkoihin?

Keskeytä

29. Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjouoston tuotteiden kehittämisessä

- Sähkön loppukäyttäjä
 Myyjä
 Jakeluverkkoyhtiö
 Järjestelmävastaava (kantaverkkoyhtiö)
 Aggregaattori
 Luentapalvelun tarjoaja
 Kiinteistön omistaja
 Joku muu, mikä

Keskeytä

30. Minkä markkinaosapuolen tulisi olla aktiivisin osapuoli kysyntäjouoston teknisen toteutuksen rakentamisessa

- Sähkön loppukäyttäjä
 Myyjä
 Jakeluverkkoyhtiö
 Järjestelmävastaava (kantaverkkoyhtiö)
 Aggregaattori
 Luentapalvelun tarjoaja
 Kiinteistön omistaja
 Joku muu, mikä

Keskeytä

31. Vapaa sana; palautetta ja kommentteja kyselystä, projektista, kysyntäjoudesta yms.

Liite VII Suunnittelijakysely

Kyselyn tavoitteena oli selvittää kiinteistöjen sähköjärjestelmien suunnittelijoiden ja muiden kiinteistösähköistyksen asiantuntijoiden näkemyksiä kysynnän joustosta, mahdollista ratkaisusta sekä kiinteistöjen tehotiedoista ja ohjausmenetelmistä.

Suunnittelijakysely tehtiin 10.9. – 12.10.2014 välisenä aikana verkkokyselynä, joka lähetettiin Neuvottelevat sähkösuunnittelijat ry:n jäsenille (n. 750 vastaanottajaa) sekä TAMK:n omalla postituslistalla (n. 2500 henkilöä), johon kuuluu sähköisen talotekniikan eri tehtävissä toimivia henkilöitä. Vastauksia kyselyyn saatiin 51 kpl.

Vastaajien pääasiallinen toimenkuva

Vastaajista 63 % toimii suunnittelu- ja konsultointitehtävissä, 13 % urakoinnissa. Lisäksi vastaajissa oli valvoja, rakennuttaja, laitevalmistuksessa sekä käyttö- ja ylläpitotehtävissä toimivia henkilöitä. Vastaajien toimenkuva on esitetty kuvassa VI-1.

Mikä on pääasiallinen toimenkuvasi?



Kuva VI- 1 Vastaajien toimenkuva

Vastaajien työkohteet

Vastaajien toimenkuvat kattavat laajasti kaikki kiinteistötyypit painottuen kuitenkin muihin kuin asuinrakennuksiin. Taulukossa VI-1 on esitetty vastaajien työkohdepainotus. Vastaajilla oli mahdollisuus valita useita työkohdetyyppejä.

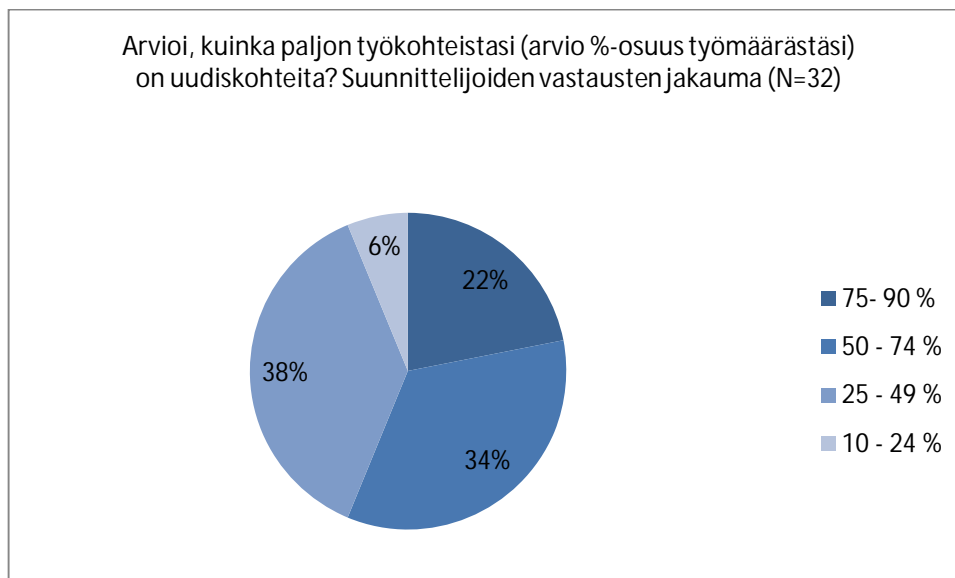
Taulukko VI-1 Vastaajien työkohteet

pientalot ja vapaa-ajan asunnot	14	27 %
kerros- ja rivitalot	22	42 %
hoitoalan rakennukset (terveyskeskukset, sairaalat ja päiväkodit)	33	63 %
muut palvelurakennukset (toimistot, jne.)	35	67 %
liikerakennukset (myymälät, kauppakeskukset, asuntolat, ravintolat, jne.)	36	69 %
maatalousrakennukset (eläinsuojat ja muut)	5	10 %
teollisuuskiinteistöt (yhdyskuntatekniikan rakennukset ja teollisuusrakennukset)	22	42 %
kokoontumisrakennukset (teatterit, urheiluhallit, jne.)	21	40 %
liikenteen rakennukset	6	12 %
katuvalaistus	7	13 %
Muu	3	6 %

Vastaajilla ei ollut työkohteina pientaloja samassa suhteessa, kuin niitä rakennetaan. Tästä on pääteltävissä, yleisestikin tiedossa olevan tilanne, ettei pientaloille tehdä sähkösuunnittelua riittävässä laajuudessa tai vastaajat ovat tyypillisesti suurempia kohteisiin keskittyviä henkilöitä.”

Työtehtävien jakautuminen uudiskohteisiin sekä korjaus-, muutos- ja perusparannuskohteisiin

Vastaajilta kysyttiin myös työtehtävien jakautumista uudiskohteisiin sekä korjaus-, muutos- ja perusparannuskohteisiin. Kyselyyn osallistuneet suunnittelijat (n=32) arvioivat uudiskohteiden olevan keskimäärin puolet työkohteista (ka. 51 %). Vastaajien työkohtedetyypit vaihtelivat kuitenkin suuresti. Kuva VI- 2 on vastaajien työkohteijaottele.



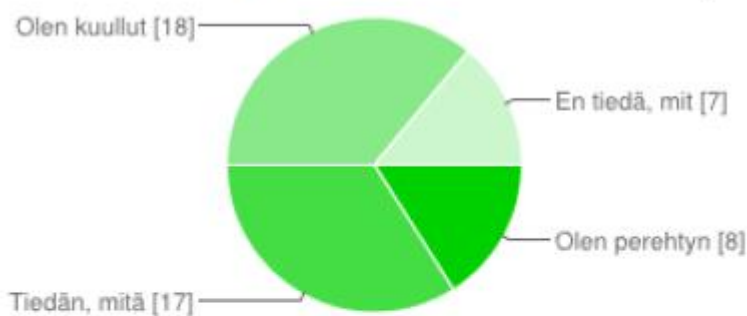
Kuva VI- 2 Vastanneiden suunnittelijoiden uudiskohteiden osuus työkohteista

Onko termi ”kysynnän jousto” Sinulle tuttu?

Kyselyn aluksi selvitettiin, kuinka hyvin alan ammattilaisilla on ”kysynnän jousto” terminäkään tunnettu.

Se oli tuttu 33 %:lle vastaajista ja 15 % vastaajista oli aiheeseen perehtynyt laajalti. Kuitenkin puolet vastaajista oli enintään kuullut termin ja heistä yli kolmasosa ei ollut vastausten mukaan edes kuullut termiä. Kuvassa **Error! Reference source not found.** on esitetty vastauksien jakauma.

Onko termi ”kysynnän jousto” Sinulle tuttu?



Olen perehtynyt asiaan laajalti	8	15 %
Tiedän, mitä tarkoittaa	17	33 %
Olen kuullut, mutta en juurikaan ole perehtynyt	18	35 %
En tiedä, mitä tarkoittaa	7	13 %

Kuva VI- 3 Vastausten jakauma kysymykseen ”Onko termi ”kysynnän jousto” Sinulle tuttu”? (N=50 kpl)

Avoimissa kommenteissa kohtaan ”Onko termi ”kysynnän jousto” Sinulle tuttu annettiin seuraavia näkemyksiä:

Hyvin yleinen termi, voi käytännössä tarkoittaa ihan mitä tahansa.

jag vet inte vad det innebär

”Kysynnän jousto sähköön ohjauksen kannalta kerrostaloissa ja pientaloissa vaatii käytännössä ehkä ison ryhmittymän, poolin, joka liitetään kysyntäjousto-ohjaukseen sekä tietenkin tietoliikenneväylät ja sopivat laitteistot kulutuksen ohjausta ja seurantaa varten. Riittävän isolla ryhmällä voidaan sitten ehkä saada tehollisesti järkevän kokoisia kulutustason siirtoja aikaan.

Kaupallisissa rakeennuksissa vastaavasti voidaan ohjauksia siirtää, mutta yleensä ei kovin pitkäaikaisesti näiiden aukioloaikoina”

Minulle se on tuttu, ympäristöviranomaisille ei

Tarve lisääntyy luonnontuotannon ja sähköautojen lisääntymisen myötä

Yli puolella vastaajista kysynnän jousto tai siihen varautuminen ei ole tullut lainkaan tai ei juurikaan työkohteissa vastaan. Vain kolmella vastaajalla (6%) se on mukana lähes joka kohteissa. Näistä vastaajista kahdella työalueena oli urakointi ja työskenteli suunnittelutehtävissä.

Kysynnän jousto tai varautuminen siihen ei vastauksien perusteella ole kovinkaan yleistä.

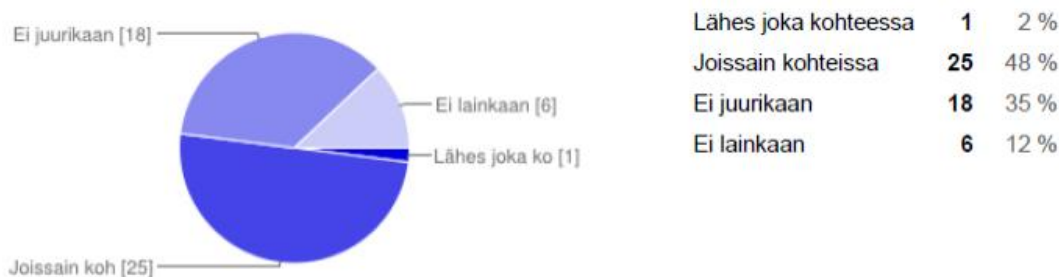
Onko työkohteissasi tullut esiin kysynnän jouston näkökulma tai tarve varautua siihen?



Kuva VI- 4 Vastausten jakauma kysymykseen ” Onko työkohteissasi tullut esiin kysynnän jouston näkökulma tai tarve varautua siihen?” (N=49 kpl)

Vastaajilla kysyttiin myös, missä laajuudessa heidän työkohteissaan varaudutaan erilaisiin sähköenergia hinnoittelumalleihin. Puolessa kohteissa ei juurikaan tai ei lainkaan varauduta laiteryhmittelyin tai ohjausvarauksin erilaisiin hinnoittelumalleihin.

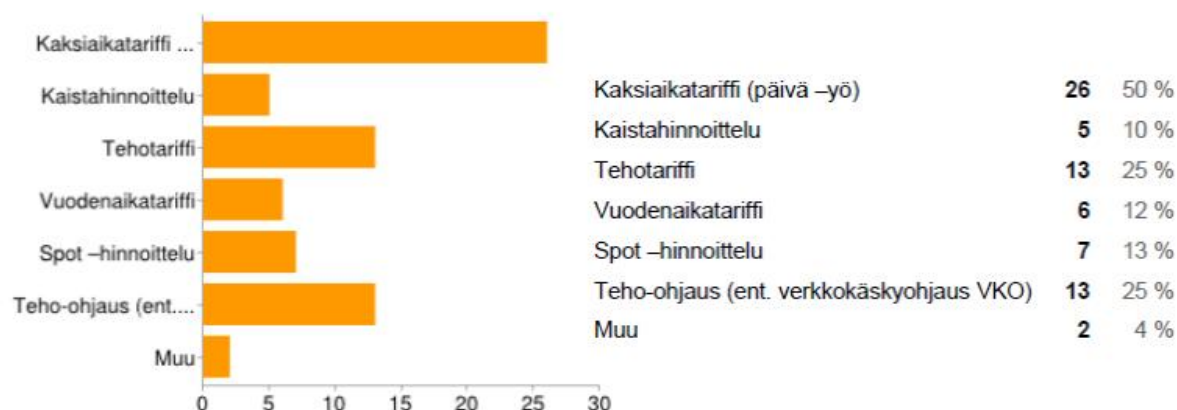
Varaudutaanko työkohteissasi erilaisiin sähkön hinnoittelumalleihin, esim. laiteryhmittelyin ja ohjausvarauksin?



Kuva VI- 5 Vastausten (N=50 kpl) jakauma kysymykseen ” Varaudutaanko työkohteissasi erilaisiin sähkön hinnoittelumalleihin, esim. laiteryhmittelyin ja ohjausvarauksin?”

Eniten varaudutaan sähkön kaksiaikahinnoitteluun, jonka valitsi puolet vastaajista. Myös teho-ohjaukseen varaudutaan 25 %:n vastaajista mukaan. Tehotariffiin varautumisen valitsi myös 25 % vastaajista.

Jos varaudutaan, niin mihin?



Kuva VI- 6 Vastaukset eri sähkön hinnoittelumalleihin. Vastaajat saivat valita useita kohtia.

Vastaajat myös kommentoivat kysynnän jouston mahdollisuuksia ja hinnoittelumuotoja.

"Jatkuva kunnonvalvonta on laajentunut nykyään enemmänkin käyttötilan valvonnaksi. Järjestelmä antaa mahdollisuuden seurata kohteiden toimintatiloja eri näkökulmasta kuin operaattorin prosessin ohjaukseen kiinteästi liittyvä näkökulma. Operaattori-puolella ei nykyisin ole enää aikaa ja resursseja keskittyä mihinkään muuhun kuin prosessin ohjaamiseen ja optimointiin. Energian kulutuksen optimointi täytyy tehdä muuta kautta prosessin sallimissa raja-arvoissa tai raportoida prosessin ohjauksen vaikutuksista esim. energiankulutukseen." (vastaaja toimii käyttö- ja ylläpitotehtävissä teollisuuskiinteistöissä)

Oheiset kysymykset eivät ole "ajankohtaisia" tele- ja turvajärjestelmien kohdalla.

Suuria piikkitehoja sisältävissä laiteryhmissä käytetään joissakin kohteissa tehonrajoitusta (esim. keittiölaitteet), mutta siihen on syynä yleensä jo kiinteistön olemassa olevan sähköverkon rajoitteet.

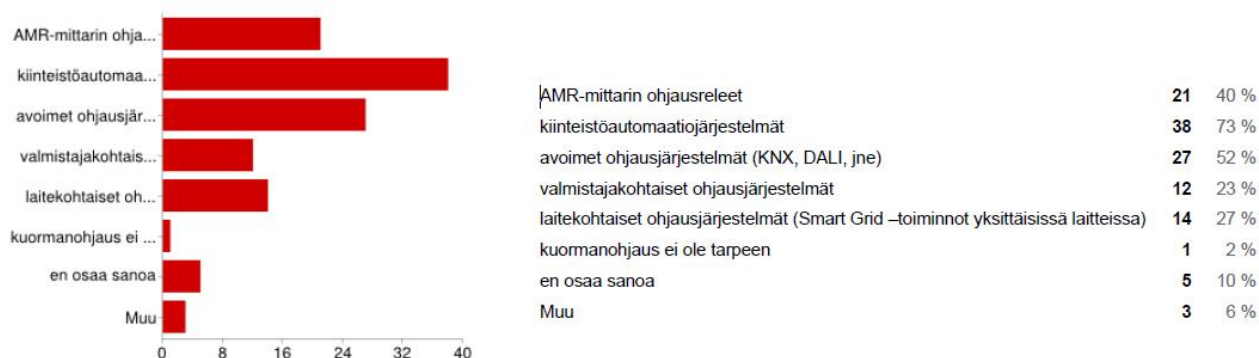
Kaksiaikatariffilla ei taida nykyisin olla suurtakaan merkitystä.

Suunnitelmat laaditaan tarjouspyynnön mukaisesti ja tämä ei ole sisältynyt tarjouspyyntöihin

"Kohteissa leikattu huipputehoa rakennusautomaation vuodenaika-, aika- ja lämpötilaohjelmalla. Soveltuu kohteisiin joissa on isoja autolämmitys-, ulko- ja sulatusalueita. Yleensä muutaman tunnin poissa olo ei vaikuta toimintaan. Olemassa olevilla järjestelmillä voidaan käyttää sähköän hinnoitteluun perustuvaa ohjausta. Tätä ei ole vielä käytetty."

Harrastaan laajaa tuntihinnoittelun edistämistä!

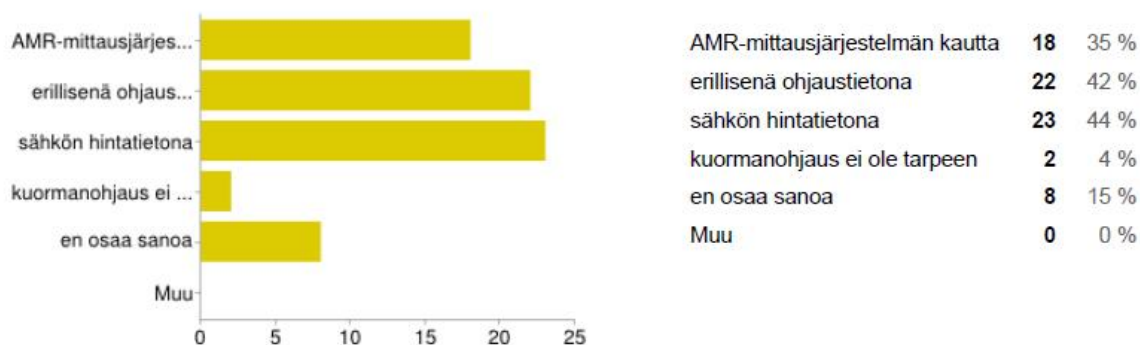
Kyselyssä kartoitettiin vastaajien näkemyksiä siitä, millä tavalla kuorman ohjausta voitaisiin tällä hetkellä toteuttaa. Suurin osa vastaajista valitse useita vaihtoehtoja. 73 % vastaajista piti ratkaisuna kiinteistöautomaatiota ja yli puolet avoimia ohjausjärjestelmiä. 40 % vastaajista valitsi myös AMR-mittarin ohjausreleet.



Kuva VI- 7 Vastausten jakaantuminen kysymykseen ” Millä järjestelmällä nykykohteissa voitaisiin tehdä näkemyksesi mukaan kuormanohjausta?”

Kysymykseen ohjaustietojen välittämisestä sähköverkossa vastauksissa 44 % valitsi sähköän hintatiedon ja 42 % erillisen ohjaustiedon. Myös yli kolmannes vastaajista valitsi AMR-mittausjärjestelmän.

Miten ohjaustieto sähköverkosta tulisi välittää?



Kuva VI- 8 Vastausten jakautuma kysymykseen ”Miten ohjaustieto sähköverkosta tulisi välittää?”

Avoimissa kommentteissa annettiin lisänäkemyksiä ohjaustapoihin.

Ei missään nimessä sähköverkon mukana, pidä sähköverkko puhtaana!

Teknisiä toteutuksia on monia, mutta kaupallisesti järkevää on linkittää kjojhaus sähkön hintaan.

Pelkkänä hintatietona tuleva ohjaustieto ei ole riittävä, ellei ole valmiiksi mietittyä ratkaisua toimimisesksi tehonrajoitustilanteessa.

Kiinteistöautomaatiojärjestelmä on nykyisin mielestäni paras ja edullisin järjestelmä säästää ja säättää, kaikissa rakennuksissa (teollisuus-, liike-, asuinrakennukset)

Sähkön hintatietona ja ohjaus tulee automatisoida. Käyttäjän ei välttämättä tarvi tietää mitä tapahtuu. Jos ohjataan sellaisia kuormia jotka häiritsevät käyttäjää tulee niihin olla määräaikainen ohitus, joka purkautuu automaattisesti. Muuten ohitus jää pysyväksi.

KyberTurvallisella tavalla

Jos ohjausta nimenomaan sähkön jakeluverkosta kiinteistöihin päin tuodaan, niin luontevin ohjausväylä on hyödyntää kiinteistön omaa automaatiojärjestelmää. Rajapinta jakeluverkon ja kiinteistöön välillä voidaan tehdä esimerkiksi kiinteistön Talojakamossa laajakaistaverkon liittymäpisteessä.

Sähkön myynti kWh-tasahinnalla ympäri vuoden tulisi kieltää ja kaikki sähkö määrätävä myytäväksi spot-hinnoilla.

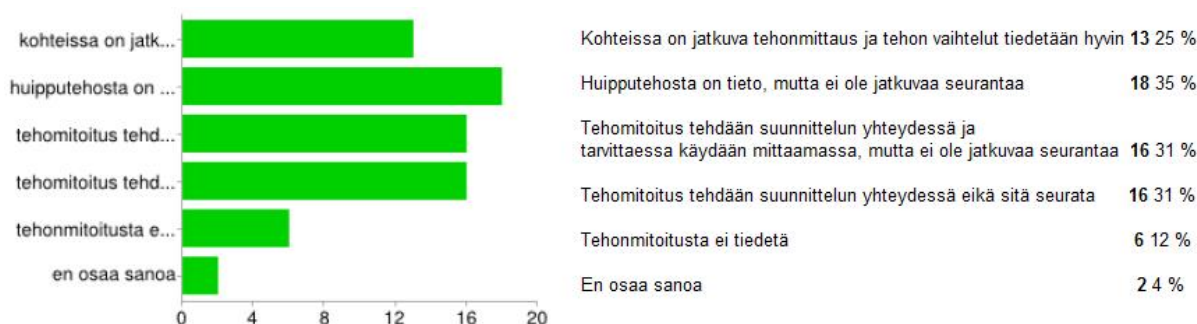
Asiakkaat haluavat itse päättää kuormiensa ohjauksesta.

Tehomitoitus ja tehotiedot

Kyselyssä kartoitettiin myös kiinteistöjen sähkötehojen mitoitusta.

Vastaajilla oli mahdollisuus valita useampia vaihtoehtoja. Vastauksista 25 %:ssa tehotieto ja sen vaihtelut ovat hyvin tiedossa. Huipputehot ovat hyvin tiedossa noin

kolmasosa vastaajien mukaan. Vastauksista voi kuitenkin päätellä, että yleisimmin tehomitoitus tehdään suunnittelun yhteydessä, mutta sitä ei jatkuvasti seurata.



Kuva VI- 9 Vastausten jakautuma kysymykseen ” Kuinka hyvin näkemyksesi mukaan työkohteissasi tiedetään liittymän/asiakkaan sähkökulutuksen tehovaihtelu ja huipputehon ajoittuminen (valitse enintään kaksi tärkeintä)?”

Vastausten perusteella laiteryhmiä tehotietoja ja niiden vaihteluja tunnetaan huonosti. Yksittäiset, suuret tehot selvitetään kiinteistön sähköverkon suunnittelua varten. Kiinteistön energian kulutuksen seuranta varten on tulossa yhä tarkempia mittausryhmittelyjä. Nämä mittaukset eivät saisi kuitenkaan jäädä vain summatiivisiksi energiamittauksiksi. Saatavaa mittaustietoa tulisi pystyä hyödyntämään monipuolisesti.



Kuva VI-0.1 Vastausten jakautuma kysymykseen (N= ” Sähkölaitteista tiedetään hyvin niiden laiteteho, mutta miten paljon tiedetään niiden käyttöprofiilista. Mikä on näkemyksesi, miten kohteissa selvitetään eri laitteiden vaikutuksia kokonaistehoon ja sen vaihteluihin (eli mitkä laitteet aiheuttavat liittymän huipputehon ja sen vaihtelun)? Valitse enintään kaksi tärkeintä.”

Kiinteistön huipputehon mitoitus joudutaan tekemään usein hyvinkin varhaisessa vaiheessa suunnittelua kiinteistön liittymän määrittämiseksi. Käytössä on, vastausten perusteella (Kuva VI-11) sekä tarkka, kohteen laiteryhmitietojen pohjalta tehtävä mitoitus että kokemusperäinen mitoitus tai vakioidut mitoitusohjeet. Tarkempaa selvitystä esim. mitoitusohjeiden sopivuudesta olisi syytä tehdä esim. tuntimittaustietojen perusteella.



Kuva VI-11 Vastausten jakautuman (N= 51 henkilöä) kysymykseen ”Miten tällä hetkellä kohteiden suunnittelussa/toteutuksessa tehdään liittymän huipputehon mitoitus (valitse enintään kaksi tärkeintä)?”

Avoimissa vastauksissa annettiin tehomitoituksesta kommentteja:

Mielikuva vuosien varrelta on, että useissa kiinteistöissä ei aktiivisesti seurata tehonkulutusta. Varsinkin, jos kiinteistöhuolto on ulkoistettu ja mahdollisesti kilpailutetaan muutaman vuoden välein.

"Riippuu rakennustyyppistä. Liikerakennukset ym lasketaan. Loput arvioidaan"

"Tehovaihtelun ja huipputehon ajoittumisen kohdalla jäin miettimään koskiko kysymys suunnittelijaa vai käyttäjää? Vastasin suunnittelijan näkökulmasta. Huipputehon mitoitus on pakko tehdä kokemusperusteisesti, muuten mennään suureen yli mitoitukseen. Vasta viime aikoina sarjamittareiden määrä on lisääntynyt, seuranta. Vielä niitä ei lueta eikä tietoa taideta käyttää mihinkään. Kokemusperäisesti voin kertoa, että pulssimittauksilla ei ole mitään arvoa. Mittareiden lueta tulee olla väyläpohjainen."

Talotekniset järejestelmät ja niiden sähkötehot ja käyttöaika /tehoprofiilit ovat kuita-kuinkin tiedossa, mutta aika vähän panostetaan huipputehojen leikkaamisen ja kulutuksen tasapainottamiseen, koska ilmeisesti se on kotettu hiukan vaikeaksi ja osittain mahdottomaksi.

Suomessa on kaikilta sähkönmyyjiltä saatavissa kulutuksen tuntienenergiat (eli tuntitehot) seuraavana päivänä ne riittävät usein tehojen analysointiin. Parasta olisi tietenkin, jos saataisiin sähköisessä muodossa.

Tuntimittareiden myötä tuntitehot ovat jo tiedossa. Tämä tarkkuus on yleensä riittävä.

Huipputehot

Kyselyssä tiedosteltiin vastaajien näkemyksiä huipputehojen muutoksista. 42 %:a vastaajista arveli, ettei huipputehoissa ei tule tapahtumaan suuria muutoksia, 29 % arveli huipputehojen nousevan ja 21 % pienenevän. Nämä vastaukset myös osoittavat, että kiinteistöjen tehomitoitukseen ja sen muutoksiin tulisi saada lisänäkemyksiä, jotta välttyttäisiin turhaa ylimitoitusta ”varmuuden vuoksi”. Samoin huomioita tulisi kiinnittää mahdollisuuksiin huipputehojen pienentämiseen.



Kuva VI-0.2 Vastausten jakautuma kysymykseen ” Miten arvioit liittymien huipputehojen muuttuvan lähivuosina?”

Paikallinen pientuotanto

Pientuotantoon, esimerkiksi aurinkosähkötuotantoon, ei suuressa mittakaavassa edelleenkään varauduta. Yli puolet vastaajista ilmoitti, ettei paikalliseen pientuotantoon juurikaan varauduta (44 %) tai ei lainkaan varauduta (8 %). Kolmasosan vastaajista mukaan osassa kohteista tehdään varauksia. Vastausten perusteella onkin lähivuosina alalle tulossa tarve saada malleja paikallisen tuotannon tuomiseen mukaan suunnitteluun ja asennuksiin, kun nZEB-rakentaminen tulee edellyttämään uusiutuvaa near-by –tuotantoa.



Kuva VI-0.3 Vastausten jakauma kysymykseen ” Miten paljon työkohteissasi varaudutaan paikalliseen sähkön pientuotantoon?”

Avoimessa vastauksessa annettiin myös kommentteja paikalliseen tuotantoon liittyen:

Vähintään varaukset esim. aurinkojärjestelmien liittämiseksi.

Varaudutaan asentamalla kaapelit valmiiksi esim. katolle aurinkopaneeleita varten ja harvemmin laitetaan maakaapeli ulos mahdollista tuulivoimaa varten.

Yhdessä kohteessa on suunniteltu aurinkopaneelit

Pääkeskuksen rakenteessa.

Aurinkosähkö ja maalämpö

Aurinkosähkö yms. järjestelmiä kohtaan on paljon kiinnostusta. Useassa kohteessa selvitetään mahdollisuutta niihin.

Tätä on esiintynyt vain harvoissa kohteissa, joissa varaudutaan käyttämään esim. aurinkoenergiaa palvelemaan joitain sähkökuormia.

"Liikekiinteistöt harkitsevat aurinkosähköä (lähinnä imago?). Verottajan näkökulma on esteenä (50 kW?)"

Aurinkopaneelivaraukset tai toteutukset sekä niille mittaus valtakunnan verkkoon.

Keskuksiin jätetään varauksia ulkoisen pientuotannon kytkemistä varten. Toistaiseksi kyseinen järjestely on yleisimpi uudisomakotitaloissa, ei niinkään vielä julkisessa rakentamisessa.

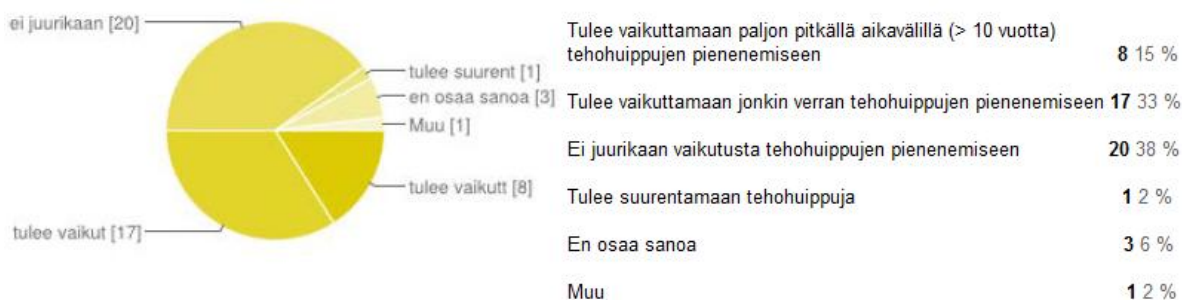
Paikallisen energiantuotto on otettu mukaan suunnitteluun, jos tilaaja on katsonut, että siitä saa hyvää imagoa eli lähinnä "vihreää mainostamista" Taloudellisesti mm. aurinkoenergian paikallinen tuotto ei ole ollut järkevää toistaiseksi. Tosin nyt, kun ao. järjestelmien hinnat ovat aika lailla laskeneet ja jos omakäyttötuotannon verotuskäytäntö (siis yli 50 kW laitokset) lievenee, niin järjestelmien määrä varmasti lisääntyy.

Asiasta keskustellaan.

Suhteelliset huipputehot kasvavat talvisin, koska lämpöpumput yleistyvät. Osamitoituskulttuuri pahentaa asiaa. Kaistahinnoittelulla voisi hillitä osamitoituksen ylilyöntejä.

Paikallisen tuotannon rooli

Vastaajista lähes puolet näki paikallisen pientuotannon vaikuttavan pienentävästi joko pitkällä aikavälillä merkittävästi (15 %) tai jonkin verran (33 %). Yli kolmannes vastaajista (38 %) näki, ettei paikallisella tuotannolla voida vaikuttaa sähköverkon huipputehohon. Avoimissa vastauksissa tuotiin esiin mm. verotuksen merkitys paikallisen tuotannon hyödyntämiselle.

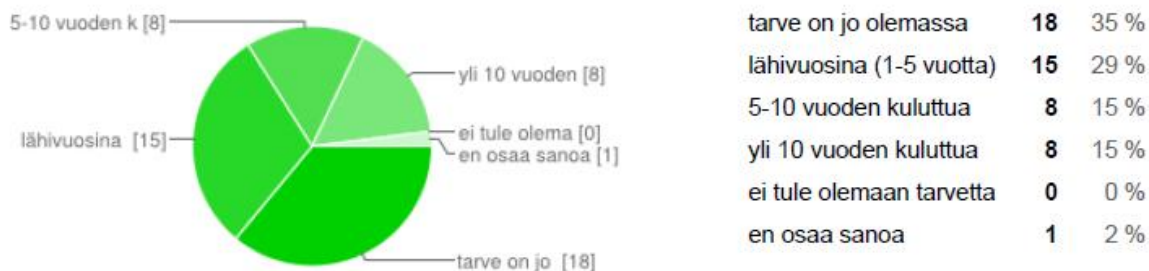


Kuva VI-0.4 Vastausten jakautuma kysymykseen "Mikä on näkemyksesi, tuleeko paikallisella tuotannolla olemaan merkittävä rooli sähköverkon tehoaipeujen pienentämisessä?"

Kaksisuuntainen sähköenergian siirto

Vastaajista oli kolmannes (35 %) tunnisti jo olemassa olevan tarpeen kaksisuuntaiselle sähköenergian siirrolle ja 29 % kaikki näki tarpeen olevan lähivuosina. Kolmannes mukaan tarve tulee olemaan yli viiden vuoden (15 %) tai yli 10 vuoden (15 %) ku-

luttua. Vaikka siis paikallista tuotantoa ei vielä paljoakaan asenneta tai suunnitella, näkevät alan toimijat sen olevan tulossa.



Kuva VI-0.5 Vastausten jakautuma kysymykseen ” Kuinka nopeasti arvelet syntyvän tarve kaksisuuntaiselle sähköenergian siirrolle ja sen ohjaukselle?”

Avoimessa vastauksessa annettiin myös kommentteja:

Paikallinen uusiutuva on teholtaan pientä ja sen saatavuus ajoittuu vuosikokonaisuuden kannalta pienen kulutuksen aikaan. Toki paikallisesti ja joinakin vuorokaudenaikoina paikallisella uusiutuvalla voi olla vaikutusta tehohuippuihin

Paikallisesti tuotettu energia tulee käyttää kiinteistössä. Jos tehoa tuotetaan yli oman tarpeen, niin se voidaan varastoida lattialämpönä, lämmittää käyttövettä yms.

Aurinkopaneleiden käyttö, esim. liikerakennuksissa voisi soveltua esim. jäähdytyksen aiheuttamien tehohuippujen tasaamiseen.

Taitaa olla verottajasta kiinni.

Verotus ensin kohdilleen, tarvetta olisi jo, mutta valtion veropolitiikka estää tällä hetkellä niin ettei isot rakennuttajatahot edes harkitse asian yleistämistä :(

"Sähkön pientuotanto on vielä sähköalasta kiinnostuneiden harrastusta. Ainakin vielä pientuotannossa hinta muodostuu suureksi. Laitteet ja niiden asennukset maksavat liikaa. Maatiloille tulis kehittää tehdasvalmisteinen ""kontti"" joka tuottaa lämpöä ja sähköä. Syöttötariffi tulee pudottaa n. 50 kVA koko luokkaan. Muussa tapauksessa se ei yleisty. Maatilat ostavat nykyään polttomoottori generaattoreita."

Kaksisuuntainen sähköenergian siirto vaatii vielä tekniikan ja ohjausjärjestelmien kehittämistä, pelisääntöjen tarkentamista ja ymmärrettävää hinnoittelua

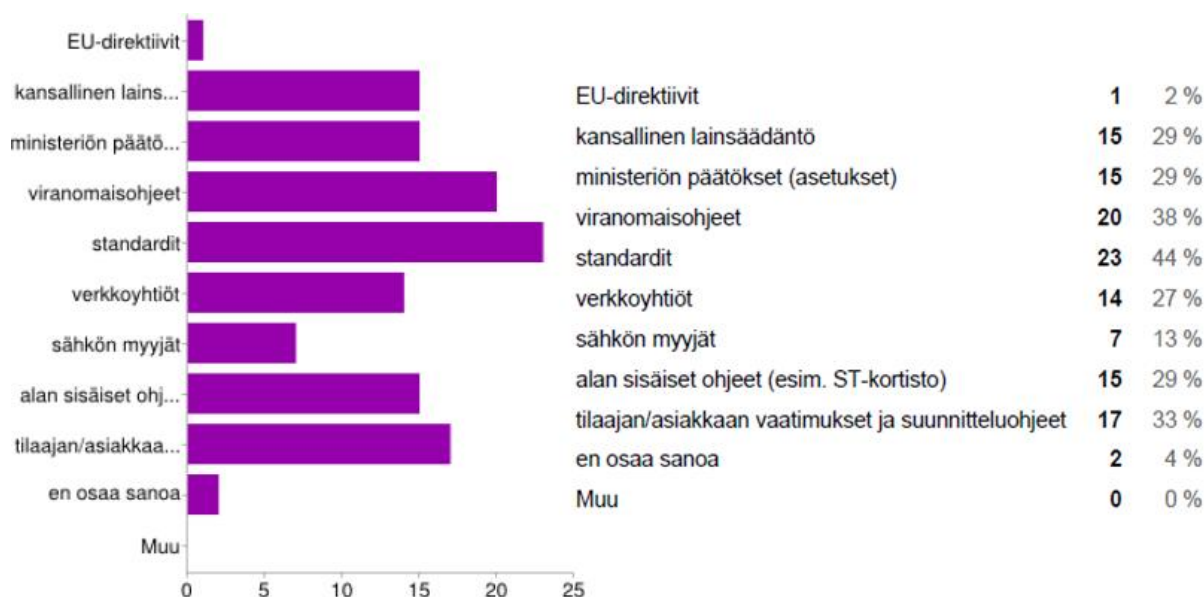
Koskee vain aurinkosähköjä.

Paikallinen tuotanto olisi pääasiassa aurinkoenergiaa, jolla voidaan pienentää vrk-huippuja mutta ei vuosihuippuja.

Säätely ja ohjeistus

Kyselyssä kartoitettiin myös vastaajien näkemyksiä siitä, kenen ja miten tulisi säädellä ja ohjeistaa kuorman ohjaukseen liittyvää toimintaa. Vastaajat saivat valita useita

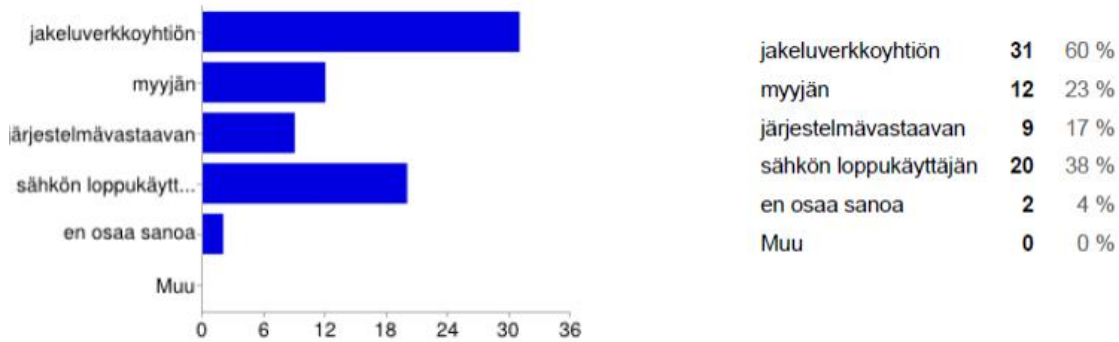
eri tahoja ja vastaukset jakaantuivatkin kaikkiin vaihtoehtoihin. Vastaajista 44 % näki standardit yhtenä säätelyn tai ohjeistuksen menettelytapana. Tämä on luontevaa, koska alalla on laajalti käytössä mm. sähköturvallisuusstandardit. Kansalliset lait ja asetukset nähtiin keskeisinä säätelyn antajina. Kummankin nälistä valitsi 29 % vastaajista. Viranomaisohjeet valitsi 38 % vastaajista säätelyn ja ohjeistuksen antajaksi. Myös verkkoyhtiöiltä odotti yli neljännes ohjeita (27%). Vastaajat myös korostivat tilaajan suunnitteluohjeiden merkitystä. Alan sisäiset ohjeet valitsi 29 % vastaajista. Tästä on pääteltävissä, että asian edistäminen edellyttää muutakin kuin alan omien ohjeistojen täydentämistä. Kysynnän jouston merkitys tulee saada laajalti esiin mm. tilaajille ja säädökset ja viranomaisohjeita tulee kehittää.



Kuva VI-0.6 Vastausten jakautuma kysymykseen ” Kenen tulisi säädellä tai antaa ohjeita kysynnän jouston huomioinnoksi kiinteistöjen sähköjärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa?”.

Aktiivinen osapuoli kysynnän jouston edistämässä

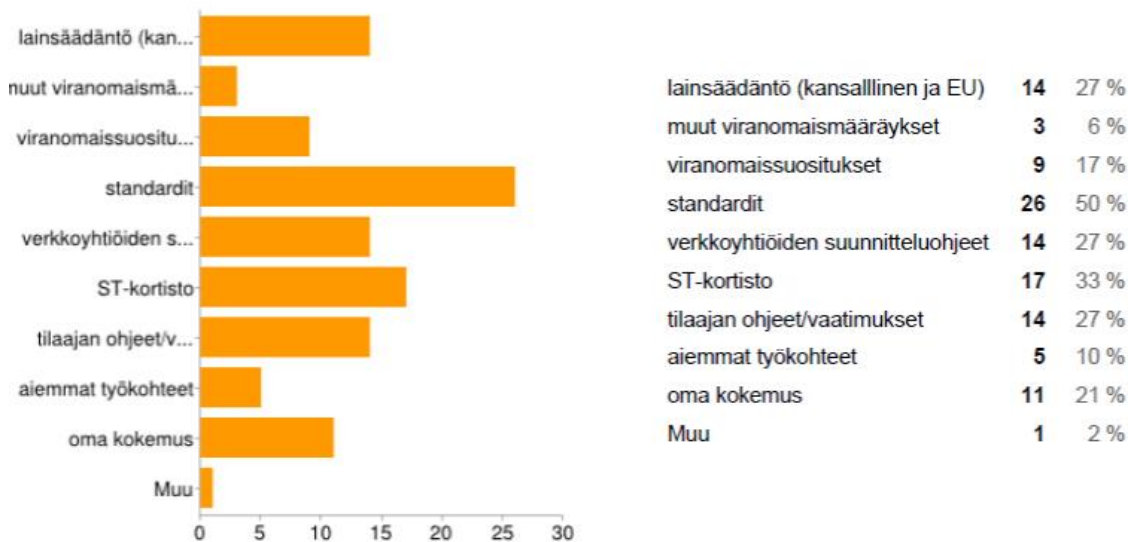
Vastaajista yli puolet (60 %) näki jakeluverkkoyhtiön tehtävänä kysynnän jouston edistämisen. Yli kolmanneksen mukaan (38 %) loppukäyttäjän rooli on keskeinen. Tuloksessa on nähtävissä alan aiemman käytänteet, kun sähköyhtiöt antoivat hyvin-kin tiukkoja suunnitteluvälitteitä kiinteistöjen sähköverkon rakenteisiin, tehomitoituksiin ja –vuorotteluihin. Samaa roolia edelleen kaivataan.



Kuva VI-0.7 Vastausten jakautuma kysymykseen ” Kenen osapuolen tulisi olla aktiivinen kysynnän jouston edistämisessä?”

Tiedonlähteet

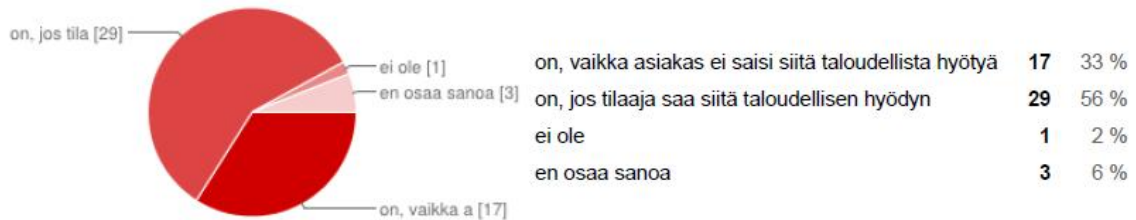
Kyselyssä kartoitettiin myös keskeisiä alan toimijoiden tiedonlähteitä. Puolet vastaajista käytti standardeja , kolmannes ST-kortistoa. Yli neljäsosall (27 %) tärkeitä tiedonlähteitä olivat lainsäädäntö, verkkoyhtiöiden ja tilaajien suunnitteluohjeet.



Kuva VI-0.8 Vastausten jakauma kysymykseen ” Mistä tällä hetkellä etsit tietoa työsi lähtökohdaksi (valitse enintään kaksi tärkeintä)?”

Kysynnän jouston tarpeellisuus

Vastaajista yli puolet (56 %) näki kysynnän jouston tarpeelliseksi, jos siitä asiakas saa taloudellisen hyödyn. Kolmannes (33 %) vastaajista näki sen tarpeelliseksi ilman taloudellista hyötyäkin.



Kuva VI-0.9 Vastaaajien näkemys kysymykseen ” Onko kysynnän jouston edistäminen tarpeellista?”

Avoimessa vastauksessa annettiin lisäksi kommentteja:

Kuluttajalle ei voi enää lisätä kustannuksia poliitikkojen taholta eikä muualta, esimerkiksi energiverotus ja lämmitysmuotojen kertoimet.

KJ-ohjaus on olennainen osa tulevaisuuden sähköverkkoa. Välttämätön toiminnallisuus, joka tulee toteuttaa yhtä laajasti kuin AMR

Missään tapauksessa kysynnän joustoa ei saa ajaa ns. ylhäältä alaspäin vaan kaiken tulee lähteä loppukäyttäjän halusta. Tämä vielä enemmän yksityisasiakkaiden / asuinrakennusten osalta. Ei mahdu minun järkeeni että ostan uuden 4000€/m2 kämpän jossa saan käyttää sähköä silloin koska joku muun niin päättää.

"Normaalit tilaajat käyttävät sähköä, silloin kun he tarvitsevat sitä, jos he saavat siitä taloudellista hyötyä, voisi se muuttaa tottumuksia, mutta en usko, että merkittävästi. Taloudelliset hyödyt tahtovat valua jakelulaitosten kassoihin."

"EU:n ja viranomaisten määräykset lisäävät pyrokratiaa ja siten kustannuksia. Jos käyttäjä, maksaja, ei saa hyötyä niin edistymisen on hidasta. Euro on monessa asiassa paras konsultti."

Oy Suomi Ab:n kannalta asialla on merkitystä

Sentti on paras konsultti.

Kysyntäjousto on välttämätön ja se pitää toteuttaa markkinaehtoisesti sähkön pörssihinnan mukaan.

Näkemyksiä ja ajatuksia kysynnän joustosta ja kysynnän jouston tulevaisuudesta

Miten näet, millainen tulee olemaan kiinteistöjen sähköverkkojen (ohjauksineen) kehitys?

prosessilähtöisen automaatio ja ohjaus(tehdas)verkon rinnalle syntyy mittaus ja valvontaverkko. Tätä ns. kakkosprioriteetin verkkoa voi käyttää myös ohjaukseen, kun se kohdistuu toimintoihin, jotka eivät ole kriittisiä prosessinohjaukselle.

Järjestelmät integroituu

Lisääntyy kokoajan

KNX- järjestelmä tulee ottamaan enemmän roolia sähkön kulutuksen tasaamiseen yksityislaouksissa, esim. lämminvesivaraajat, asianpesukoneet jne älykkäämmiksi, jolloin kun kulutus on pientä, ne voisi tehdä työnsä, esim. LVV voisi lämmittää vettä reilusti, yöaikaan tai kun muuten kulutus on pienimmillään. Kuitenkin niin, että LVV seuraa talon vedenkulutusta ja mukautuu siihen, eli yrittää saada veden lämpöiseksi mahd. halvalla ja niin, ettei joudu kylmään suihkuun.

Lisääntyy mikäli sillä saavutetaan säästöjä

Väyläpohjaisten ohjausjärjestelmien laajeneminen, ehkä myös niiden integroituminen Tulevaisuudessa siirrytään enemmän ohjausjärjestelmiin, jolloin sähköverkkoon liitettävien laitteiden ohjattavuus monipuolistuu. Kulutuksen tasaamiseksi kysynnän ja jousto ja kuorman ohjaus voisi olla hyvä asia. Ongelman muodostaa pääasiassa vanhat rakennukset, joissa asiaa ei ole huomioitu mitenkään.

Paikallista automaatiota lisää.

OHJAUKSET LISÄÄNTYY, MUTTA SÄHKÖNKÄYTTÄJÄN PITÄÄ SAADA SIITÄ RAHALLINEN HYÖTY?

"Nykyään sähkön pääjakelun mittaukset pitää tehdä ja tehdään jo aika laajast (käytösähkö, Ivisähkö, valaistus jne erikseen) ja en usko että enää tarkempi mittaaminen kovinkaan paljon hyödyntää vrt. esim mittausjärjestelmien investointikustannukset yms. Periaatteessa nämä pistorasiakohtaiset ohjaukset yms. ovat jo turvallisuuden kannalta ihan hyvä idea, mutta rakennusala ja gryndaystä sivusta katsoneena en usko että ne tulevat sinänsä yleistymään kustannusten vuoksi."

Kehitystä tulee tapahtumaan.

Kiinteistöjen sähkökäytössä mennään yhä enemmän tarpeenmukaan tapahtuvaan ohjaukseen

Erittäin nopea ja elektroniikkapohjainen

Kiinteistöjen sähköverkkoihin voitaisiin ottaa rakennusautomaatiojärjestelmät enemmän mukaan (nykyisin suhteellisen edullista, varsinkin peruskorjausten yhteydessä). Sääntötekniikka menee koko ajan eteenpäin. Muutaman vuoden sisällä perinteiset reletyyppiset valaistushajaukset häviävät ja järjestelmäintegraatioiden tarve kasvaa. Kiinteistöautomaatio tärkeänä osana jo nyt.

Tilaajien/käyttäjien tulisi tiedostaa joustosta saatava taloudellinen hyöty.

Tulee lisääntymään hitaasti.

Ulkoiset ohjaukset ja kiinteistöjen sähkön käytön automatisointi tulevat lisääntymään. Kiinteistöjen sähköverkkojen ohjauksia ja järjestelmiä kehitellään kaiken aikaa sekä ohjausjärjestelmien, että itse laiteiden osalta. Tulevaisuudessa on mahdollista, että

lähes jokainen sähkölaite on tavalla tai toisella kytkeytyneen tietoverkkoon ja sen ohjaus voi olla itsenäistä tai muualta tapahtuvaa ohjausta.

Paljon automatiikkaa ja hintaohjausta.

Jos ohjaus toteutetaan asiakaslähtöisesti pörssihinnalla, niin asiakkaan sähkökeskus varustetaan ryhmä/laitekohtaisilla ohjausreleillä, jolloin asiakas voi valita millä sähkön hinnalla kukin ryhmä ohjataan päälle tai pois automaattisesti. Käyttöliittymä voisi olla tabletti tai mobiililaite

Erittäin nopeaa ja tarpeellista. Aikaa ratkaisujen aikaansaamiseksi ei ole hukattavissa.

Mitä muita ajatuksia Sinulla on kysynnän joustosta?

Kantaverkosta tuleva sähkö on ollut teollisuudessa liian halpaa, jotta olisi panostettu paikallisen energian hyödyntämiseen huipputehojen "leikkaamisessa". Hinnoittelumallia tulisi muuttaa niin, että tasainen kuorma olisi edullista ja suuresti vaihteleva tehontarve hyvin kallista.

Näen kysynnän joustossa suuren markkinaraon ja helpotusta energiamarkkinoille, kunhan vain saadaan kodinkoneet "mukaan" älyjärjestelmiin.

"Jos kysynnän joustoa ja kuorman ohjausta halutaan hyödyntää tehokkaasti esim. 10 vuoden päästä, niin nyt jo pitäisi ottaa käyttöön ohjeistusta miten kohteita tulisi suunnitella ja rakentaa, jotta käyttäjien verkot olisi sellaisella tasolla, että siitä olisi jotain hyötyä! Kysynnän jouston ja kuormanohjaus tulisi toteuttaa siten, että se olisi mahdollista käyttöön ottaa helposti useissa erilaisissa järjestelmissä perinteisestä tariffin ohjauksesta erilaisiin rakennusautomaatiojärjestelmiin!"

MIKÄ ON JOUSTOVÄLI? ONKO JOUSTON DELTA t NIIN VAIKUTTAVA ETTÄ SIL-LÄ ON KANSANTALOUDELLISESTI MERKTYSTÄ?

?

"Aikaisemmassa oli jo kerrottuna, eli kaiken pitää lähteä loppuasiakkaan halusta ts. pitää olla porkkanaa joustaa kysynnästä. Oleellisinta mielestäni on että (tätäkään) asiaa ei ruveta tuputtamaan ihmisille väkisin EU:n/valtiovallan/minkätahansa muun toimesta vaan lähtökohta pitää olla se että asiakkaalla on mahdollisuus hyödyntää eri tapoja säästää energiaa, mutta se ei pidä olla pakollista. Lisää vaan ydinvoimaa rannikolle!"

Nykyaikaa

"Liikenteen sähköistyminen mahdollistaa tulevaisuudessa esim. sähköautojen käytön sähköenergian varastointiin. Kuljettaja tulisi voida kertoa verkolle autoa kytkiessään milloin hän aikoo lähteä uudelleen liikkeelle ja kuinka pitkäksi aikoo ajaa."

"Kysynnän jousto on sinänsä mielenkiintoinen kysymys, mutta:

-kuka hoitaa mittauksen (kustannukset yms.?).

-jos käytetään esim. aurinko- tai tuulivoimaa, tasaamaan kulutusta (mittaus, verotus?)"

Hieno asia, mutta asiakas pitäisi saada hyötymään tästä. Minne sähkön ylituotanto johdetaan, jos asiakas edelleen säästää energiaa? Tuleeko tästä uusi ongelma, koska kysyntä ja tarjonta pitää olla koko ajan tasapainossa? Mutta ehdottomasti kannatan ja aion omalta osaltani edistää ja viedä asiakkaille tiedoksi.

Vaikea viedä joustoa eteenpäin.

"Tarpeellinen. Alan tulis tehdä omia ohjeita, miettiä mitkä kulutukset voidaan ohjata pois päältä. Energian kulutusta siirretään toiseen ajankohtaan, ei varsinainen säästö. Läsnäoloanturien yms. käytöllä saadaan kustannustehokkaasti energian säästöä aikaan. Säästöä ei pidä tehdä hinnalla millä hyvänsä, se ei edistä asiaa. Politikkojen ja säästöjä ajavien pitää rehellisesti kertoa, että ovat valmiita maksamaan sähköstä jopa tuplahinnan. Lisäksi vaativat sitä muilta."

Kysyntä huippuja tullaan tasaamaan kuoppien kohdalle niissä tapauksissa, kun se on toiminnallisesti mahdollista.

Lähinnä aihe on epäselvä kaiken kaikkiaan miten tätä aihetta voisi mielekkäästi viedä eteenpäin.

Sitä on paljon pilattu nostamalla kiinteitä maksuja ja keksimällä vakiohintainen sähkövero. Ollaan muka vähentämässä päästöjä, mutta silti myydään talvikauden päästöhuippujen aikaan sähköä samalla hinnalla kuin kesäkaudella. Katsokaapa esimerkiksi puheenvuorojani kohteessa www.energiuutiset.fi

"Sähkön myynnissä pitäisi siirtyä erityisesti pientuotantokohteissa energian ostossa ja myynnissä pörssin tuntihintaan, jonka lisäksi myyjä veloittaa kilpailutettavan kk-maksun (sisältää kulut ja katteen). Sähkösiirrossa pitäisi siirtyä kaistaveloitukseen, joka on paremmin kustannusvastaava esim. hintaperuste voisi olla 12 kk:n liukuva huippuarvo. Tällä hillitään huippujen syntymistä. Sähkövero haittaa perusteettomasti kehitystä ja siksi se pitäisi korvata päästöihin perustuvalla verolla."

Vauhtia hyödyntämiseen tulisi saada rutkasti lisää kaikilla tahoilla.

Näetkö tarvetta aiheeseen liittyvälle täydennyskoulutukselle ja jos, niin millaista koulutusta mielestäsi tarvittaisiin?

uusien standardien myötä uusien ajattelumallien ajaminen suunnittelu- ja järjestelmätoimittajapuolella. Jotta he voisivat sitten myydä konseptia loppuasiakkaille.

Kyllä! Pitkät koko päivän kurssit ovat tehokkaita ainakin ajallisesti, mutta itse kannataisin monessa asiassa koulumaisia kursseja, joissa olisi lyhyitä annoksia kerralla mutta useampana kertana. Silloin jää aikaa sulatella tietoa ja herätellä kysymyksiä ja asian sisäistämiseen jäisi enemmän aikaa. Suunnittelijoille suunnattu kurssi voisi sisältää teoriaa ja pikkuisen käytännön suunnittelua ja olla tavallaan sellainen työpaja-

tyyppinen, josta suunnittelijalle jäisi käteen työkalua, jota voisi käyttää apuna käytännön suunnittelussa!

SÄHKÖALAN AMMATTILAISILLE ENEMMÄN TALOUTEEN JA HINNOITTELUUN LIITTYVÄÄ KOULUTUSTA, KANSALLISELLA JA KANSAINVÄLISELLÄ TASOLLA, OHJELMISTOKOULUTUSTA JA OHJELMIA VERTAILUKUSTANNUSTEN LASKENTAAN,

Tarvetta on koulukselle, perusteista alkaen. Koko suunnitteluketju (arkkitehdit jne) tulee kouluttaa.

Koulutus on aina paikallaan. Päivän koulutus asiasta.

Uusista teknisistä ratkaisuista tarvitaan tietoa, samoin kuin lainsäädännön, standardien yms. kehityksestä

Koulutus on erinomaisen tärkeää. Oppi on alan kannalta elintärkeää

Mielestäni koulutus olisi tarpeellista, mutta siihen pitäisi ottaa jakeluyhtiöt ja sähkön tuotantoyhtiöt mukaan.

Esimerkiksi suunnittelijapäivien yhteyteen aluekoulutuksina. Yksi hyvä kanava olisi NSS:n kautta, joka on sähkösuunnittelijoiden yläjärjestö, joka kouluttaa suunnittelijoita ympäri Suomea ja yhtenäistää suunnitteluaineistoa.

Tilaaajat/käyttäjät pitäisi kouluttaa.

Ensi pitää olla aineistoa mitä koulutetaan. Ei saa olla oppilaitoksen ja opettajan hyöty. Jos tämä kysely tähtäsi siihen olen hyvin pettynyt.

Täydennyskoulutusta tarvitaan ja se tulisi suunnata ensisijaisesti verkkoyhtiöiden suunnittelijoille ja tekniselle tuelle. Tässä AMK:t voisivat toimia perustiedon jakajina ja kouluttajina ja yliopistot syvällisemmän tiedot jakajina.

Täydennyskoulutus on paikallaan, kun aiheeseen liittyvät pelisäännöt ja tekniset ratkaisut saadaan "standardisoitua"

Mikrokansantaloustiedettä ja rajakustannusteoriaa.

Jos em. infratason rakenteet saadaan kuntoon, niin urakoitsija- ja suunnittelujärjestöt ovat valmiita tuottamaan tarvittavaa koulutusta omaehtoisesti. Tämä ei tule olemaan ongelma.

Kyllä ja lähes kaikessa asiaan liittyvässä adioissa srkä kaikille alan toimijoille.

LIITE VIII Sähkölämmityksen ohjauskytkennät

Tässä liitteessä käsitellään sähkölämmityksen ohjauskytkentöjä asuinrakennuksissa.

1990-luvun puoleen väliin asti sähköyhtiöillä oli merkittävä rooli kiinteistöjen sähköverkkojen suunnittelun ohjauksessa ja paikallisten vaatimusten esittämisessä erityisesti tehojen ja kuormitusten ohjauksen osalta. Sähköyhtiöt julkaisivat omia suunnitteluohjeitaan mm. sähkölämmityksen toteutuksesta. Vuoteen 1986 asti oli käytössä jokaisella omat ohjeet, jotka saattoivat erota hyvinkin paljon toisistaan. Vuonna 1986 Sähkölaitosyhdistys julkaisi SLY-kytkentäsuosituksen, joka uudistettiin vuonna 1992. Sähkölämmityksen kytkentäsuositus (SLY 7/92) on käytössä edelleen hyvin laajasti. Vakiokytkentä on antanut yhteisen pohjan kytkennän periaatteille ja merkinnöille. Se on osaltaan mahdollistanut sen, että sähkölämmityskohteisiin on saatavilla vakiokeskuksia.

Verkkoyhtiöt ovat aiemmin antaneet myös omissa ohjeissaan myöhemminkin kytkentään omia sovellutuksiaan ja keskusvalmistajilla on markkinoilla omia vaihtoehtojaan kytkentäsuosituksesta. Yhtiökohtaisia ohjeistuksia on selvitetty v. 2003 tehdyssä kyselyssä. Edelleen useilla verkkoyhtiöillä on ohjeita, joissa sähkölämmityskohteisiin ohjeistetaan suunnittelemaan SLY-kytkennän mukainen rakenne.

Sähkölämmityksen ohjaus ennen SLY-kytkentää

Sähköyhtiökohtaisissa lämmityksen ohjauskytkennöissä on ollut ensisijaisesti

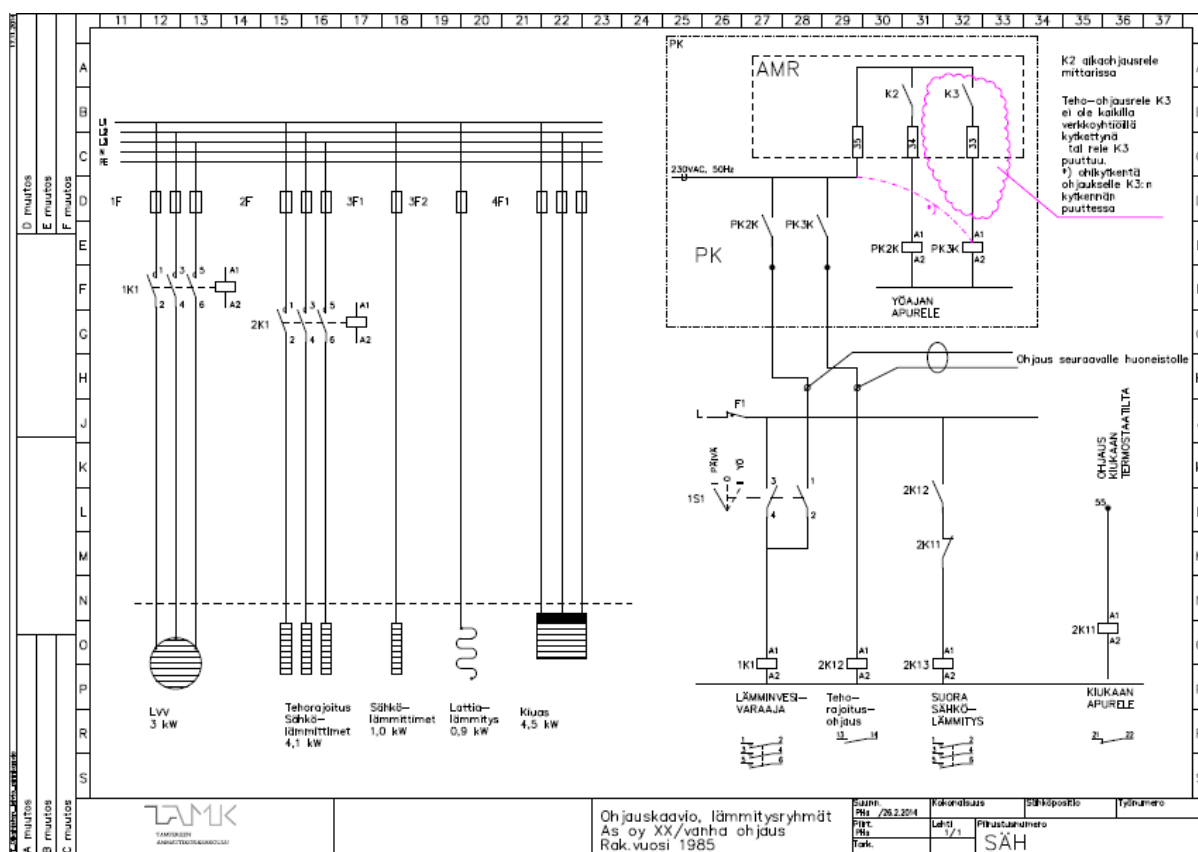
- huipputehon rajoittaminen kiuasristeilyn avulla
 - o kiukaan termostaatilla ohjataan osa sähkölämmityksestä pois päältä
- varautuminen tehorajoitukseen
 - o sulkuaikaohjaus, verkkokäskyohjaus
- kaksihintaisen sähköenergian hyödyntäminen ("yösähkö")
 - o lämpimän käyttöveden lämmitys
 - o varaavat lämmitykset

Tehorajoituksen ohjauksessa olleen lämmitystehon suuruus vaihteli yhtiöittäin. Osalla yhtiöistä ei tehorajoitusvaatimusta ollut lainkaan käytössä. Osa edellytti ohjataan tehon suuruuden olevan 1/2 -2/3 koko lämmitystehosta. Lämminvesivaraaja on ollut tyypillisesti päällä halvemman tariffin (yösähkö) aikaan, mutta käsikytkin mahdollistaa myös jatkuvan lämmityksen.

1970 - 1980-luvuilla sähkölämmitys tehtiin pääosin suorina lämmityksinä sähkölämmittimillä tai kattolämmityksenä. Lattialämmitys oli pääosin käytössä vain pesutiloissa. Käytössä oli kuitenkin

kin myös lattialämmityksiä, jotka tehtiin mahdollisimman paljon yösähköä hyödyntävinä varavina lämmityksinä hyvinkin paksuihin betonilattiarakenteisiin.

Kiinteistöissä, joissa on useita keskuksia, kuten rivitalot, tuotiin ohjaustiedot huoneistokeskuksiin jännitetietona, joka ei kytkeytynyt pois ryhmäkeskuksen pääkytkimestä. Kuva VII- 1 on esimerkki verkkoyhtiökohtaisesta kytkennästä.



Kuva VII- 1 Esimerkki vanhan rivitalohuoneiston kytkennästä. Ohjaustieto yhteinen kaikille huoneistoille.

SLY-kytkentä

SLY-kytkentä (Sähkölaitosyhdistyksen julkaisu 7/92) on jakeluverkkoyhtiöiden (ent. sähkölaitosten) yhteinen suositus sähkölämmityksen ohjaamiseen. Sillä yhdenmukaistettiin sähköyhtiökohtaisia ohjeita ja se mahdollisti vakiokeskusten tulemisen markkinoille. Kytkennässä oli myös annettuna ohjeistus riviliitintunnuksista. Ohje on kokonaisuudessaan hankkeen sivuilla <http://dr.wordpress.tamk.fi/2015/01/12/hankkeen-aineistot/>

SLY-kytkentäsuosituksessa on useita eri vaihtoehtoja:

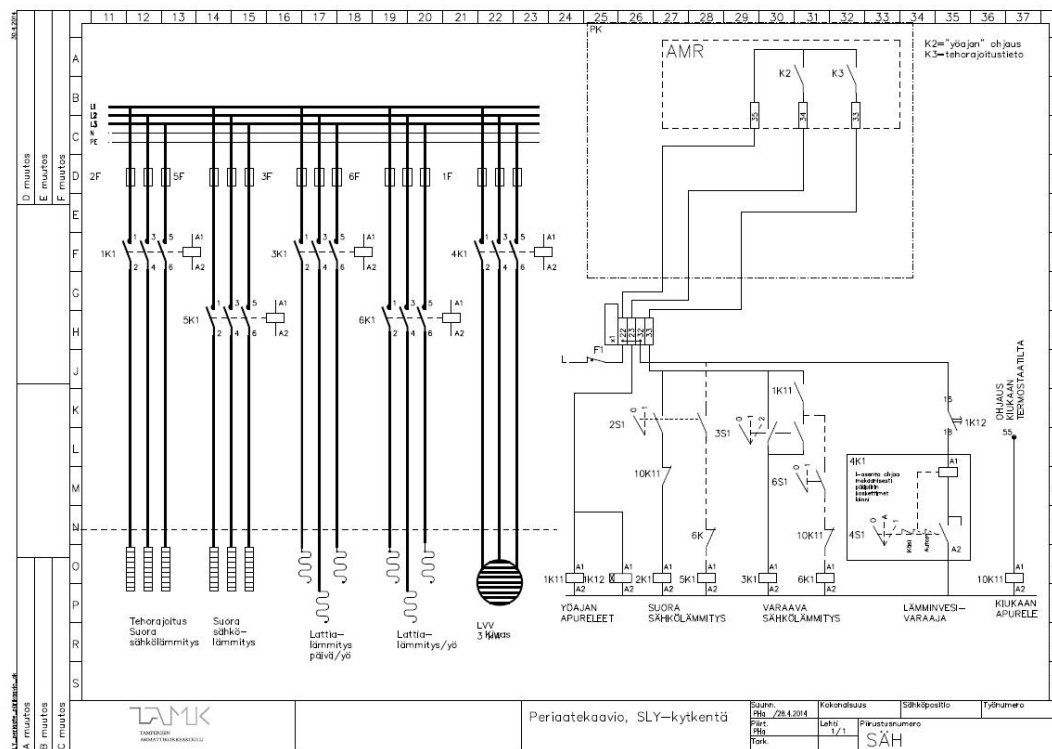
- Pientalon huonekohtainen lämmitys
- Rivi- ja pienkerrostalon huonekohtainen sähkölämmitys
- Pientalon osittain varaava vesikiertoinen keskuslämmitys

Lisäksi on ohjauskytkentävaihtoehtoja lämminvesivaraajan ohjaukseen päiväkäyttöpainikkeella, erikoiskontaktorilla tai termostaattiohjauksella.

Kytkenän ominaisuuksia on:

- *Yöaikatieto/* tariffinohjaustieto
 - varaavaa lämmitystä ohjataan edullisemman (yösähkö) sähköhinnan aikaan
 - lämminvesivaraajan varaavan lämmityksen ohjaus viiverelellä
- *Huipputehon rajoitus*
 - liittymän huipputehoa rajoitetaan kiuasristeilyllä, jossa jatkuvatoimista lämmitystä kytkeytyy pois päältä kiukaan termostaatin ohjauksella
- *Sähkölämmitystehon ohjaaminen*
 - verkkokäskyohjauksella/tehonrajoitusreleellä ohjataan sähkölämmityskuormaa osittain tai kokonaan
- Sähkölämmityksellä on ryhmäkohtaisen ohjauskontaktorit ja käyttökytkimet

SLY-kytkennässä jokaisessa ryhmäkeskuksessa on oma ohjausryhmä ja ohjaustieto saatiin kosketintietona pääkeskuksesta. Tällöin ryhmäkeskuksiin ei tullut ulkopuolista ohjausjännitettä vaan koko keskus saatiin jännitteettömäksi sen pääkytkimestä.



Kuva VII- 2 SLY-kytkentä 1.2, OK-talo, AMR-mittari samassa keskuksessa ohjauskytkennän kanssa

Peruskytkennässä aikaohjauksella (mittarissa kosketin K2) annetaan tieto yö-ajasta (tai edullisemman sähköhinnan ajasta). Tällä tyypillisesti ohjataan lämminvesivaraajan toimintaa (4K1) sekä varaavia lämmityksiä. Toisella ohjaustiedolla (mittarissa kosketin K3) mahdollistetaan lämmitystehon osittainen tai koko päälle/pois –ohjaus. Yleisesti K3-rele on ohikytettynä tai sitä ei ole lainkaan kytketty.

Kuvassa 3 on esimerkki vanhaan kohteeseen tehdystä AMR-mittarin asennuksesta ja ohjausjohtimien kytkennästä. Esimerkkikohteessa sinetöityyn osaan oli asennettu mittarin vaihdon yhteydessä asiakkaan osaan kuuluvia asennuksia vastoin verkkoyhtiön omia ohjeita.



Kuva VII- 3 Esimerkki AMR-mittarin asennuskytkennästä. Yö-aikaohjaus (K2) kytkettynä mittariin. Keskussa valmiina olevaa teho-ohjausta ei ole kytketty mittarin releen liittimiin.

SLY-kytkennällä tai vastaavissa kohteissa pystytään kuitenkin hyvin pienillä muutostöillä saamaan ohjauksiin muutoksia, esimerkiksi kytkemään lisää (lämmitys)tehoja aikaohjausreleen ohjaukseen. Tämä edellyttää vain muutoksia riviliitinkytkennöissä eikä vaadi lisälaitteiden asentamista.

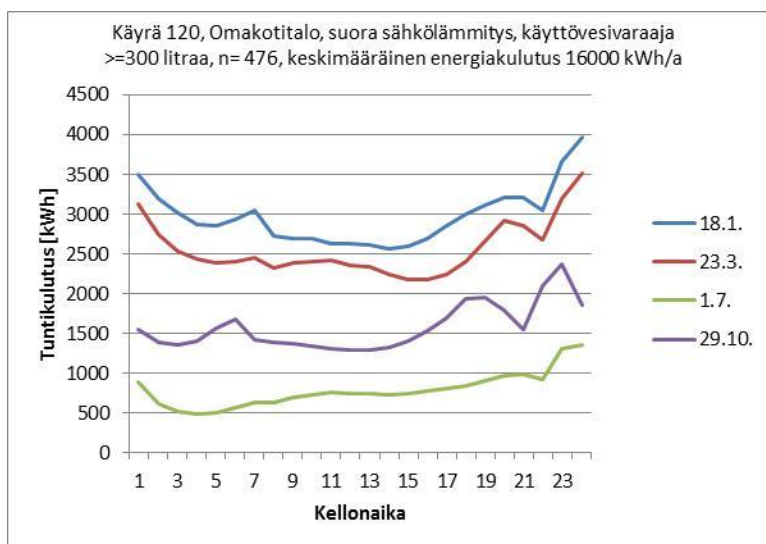
Haasteeksi voi muodostua se, ettei kohteita ole välttämättä dokumentoitu riittävän huolella tai ohjausperiaatteita ei tunneta. Lisäksi mittarien vaihdon yhteydessä on saatettu tehdä kuvan 1.2-2 kaltaisia, sinänsä asennusstandardien vastaisia, kytkentöjä sinetöityihin osiin keskusta. Näitä muutoksia ei ole lainkaan päivitetty kohteiden sähködokumentteihin.

Jatkuvatoiminen lämmitys SLY-kytkennässä

Jatkuvatoimissa (suora) sähkölämmityksissä SLY-kytkentä on usein ollut riittävä tai sitä on jopa karsittu. Keskusvalmistajat ovat tehneet näihin kohteisiin soveltuvia vakiokeskuksia.

Tyypillisesti keskuksissa on tällöin ollut yöaikaohjauksessa (K2) lämminvesivaraaja sekä mahdollisesti lattialämmityksiä. Tehorajoituksen ohjausvarauksena on joko koko sähkölämmitysteho tai $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ lämmitystehosta.

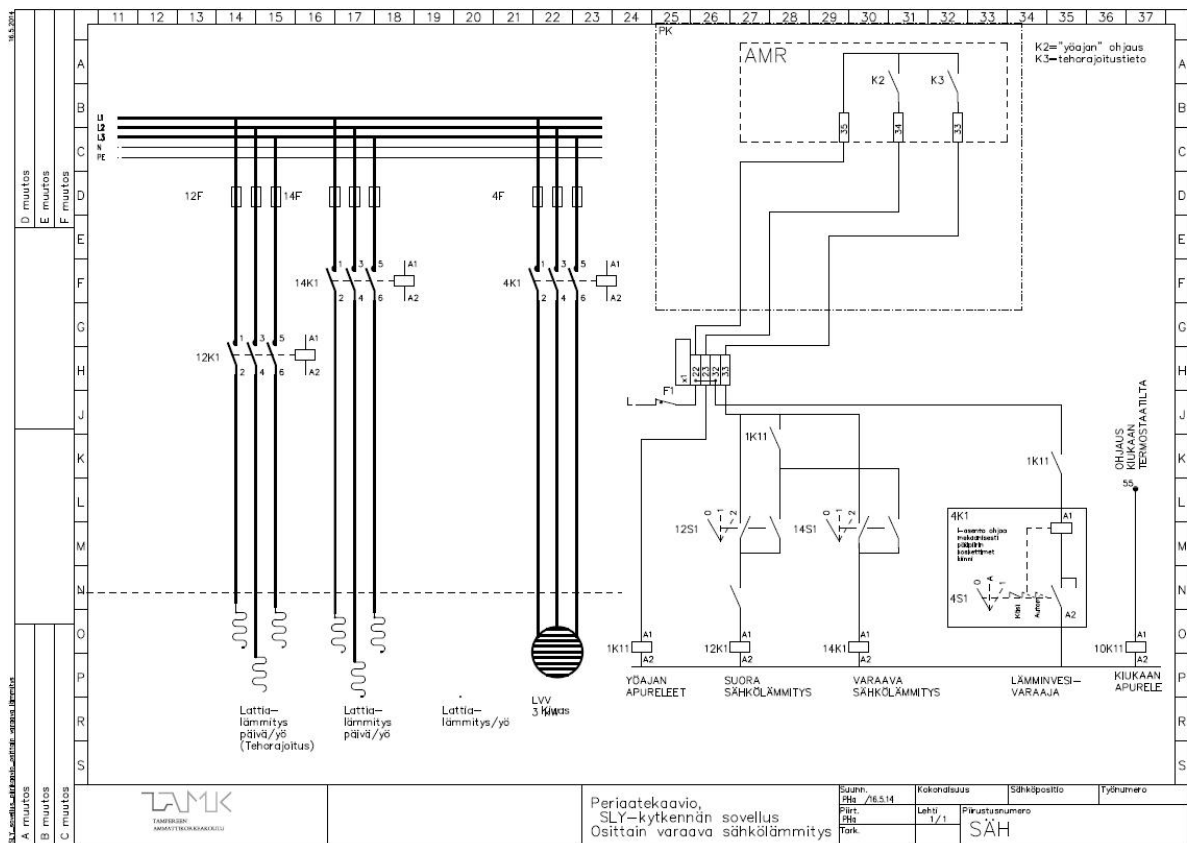
Rakennuksissa, joissa on jatkuvatoiminen lämmitys, hetkittäinen kokonaisteho on tasainen. Kiuasristeily huolehtii, ettei sähkökiukaan juurikaan nosta huipputehoa ja nopeasti säätävä lämmitys reagoi muiden sähkölaitteiden käyttöön. Suurimmat tehot ajoittuvat lämminvesivaraajien päällekytkentäajankohtiin.



Kuva VII- 4 Jatkuvatoimisella (suora) sähkölämmityksellä varustettujen kohteiden keskimääräisiä tuntitukuluksia eri vuodenaikoina

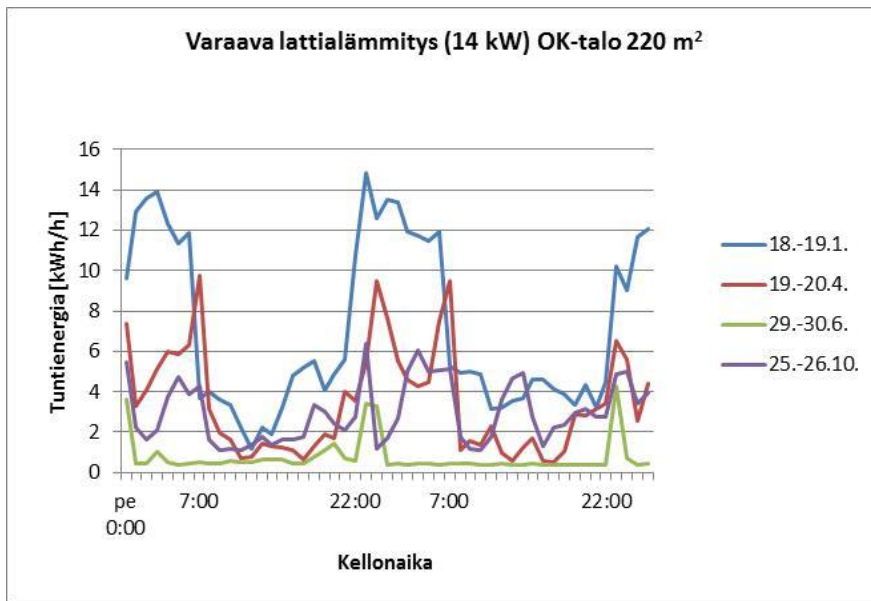
Varaava tai osittain varaava sähkölämmitys

Yö/päivä –hinnoiteltu sähkö sekä lattialämmityksen suosion lisääntyminen lisäsi kaapeleilla toteutettujen ratkaisujen määrää 1990 – luvun loppupuolella ja 2000 –luvun alussa. Lämmitys on näissä suurimman osan vuodesta päällä vain yöaikaan. SLY-kytkennän periaatteiden perusteella ovat keskusvalmistajat tehneet osittain varaaviin lattialämmityksiin paremmin soveltuvia sovelluksia. Myös vikavirtasuojakytkinvaatimukset ovat tuoneet omia piirteitään keskuksiin 2000-luvulla. Erilaisilla ohjaustavoilla voidaan jo varausaika muuttaa tai kytkeä tarvittaessa lämmitys päälle myös päiväaikaan. Lisälämmityksen tarve hoidetaan joko lattialämmityksellä, sähkölämmittimillä tai kattolämmityksellä.



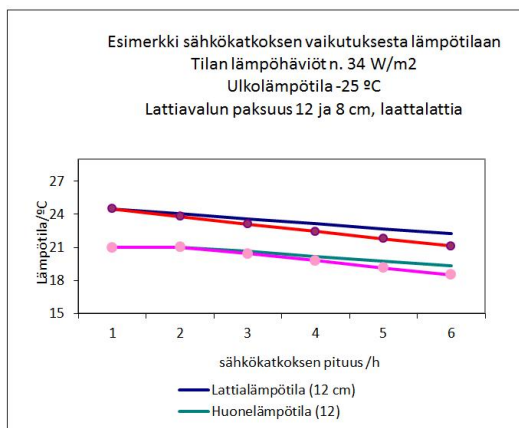
Kuva VII- 5 Esimerkki SLY-kytkennän sovelluksesta osittain varaavan lämmityksen ohjaamiseen

Varausmahdollisuus aiheuttaa kiinteistön huipputehon ajoittumisen pääosin yöaikaan. Esimerkissä lämminvesivaraaja on yöaikaohjauksessa (K2). Lämmityksen koko teho on tehorajoituksen ohjauksessa (K3) ja myös yöaikaohjauksessa, mikäli ryhmäkohtaiset kytkimet ovat varaavan lämmityksen asennossa. Muuttamalla kalenteria AMR-mittarilla pystyisi siirtämään lämmitysjakson myös muuhun aikaan vuorikaudesta.



Kuva VII- 6 Esimerkki OK-talo, jossa varaava lattialämmitys. Kohteessa ohjausjärjestelmä määrittää varausajankohdan ulkolämpötilan mukaan.

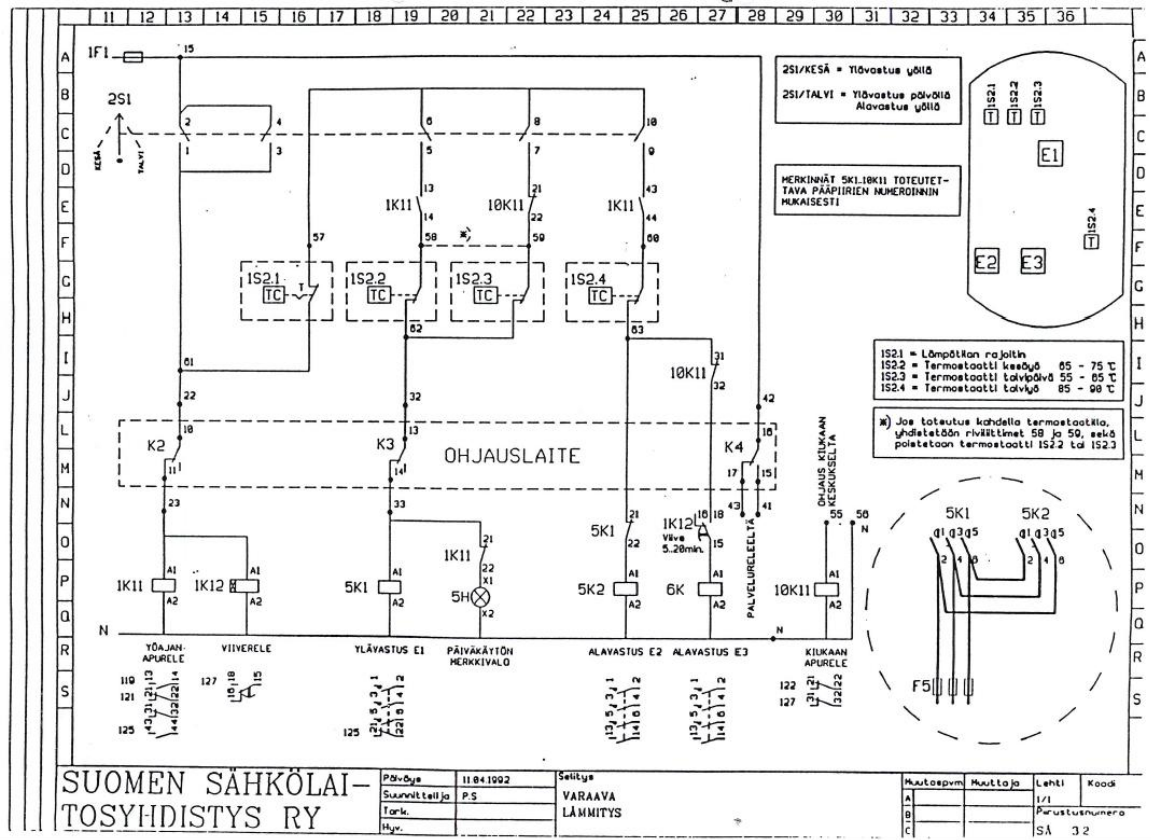
Osittain varaavat lämmitykset tarjoavat hyvin kysynnän joustoon soveltuvan kiinteistöryhmän, koska lämmityksen poiskytkettyminen ei aiheuta välitöntä lämpötilan laskua ja ohjausratkaisut ovat valmiina.



Kuva VII- 7 Esimerkki sähkökatkoksen vaikutuksesta lämpötilan muuttumiseen sähkökatkoksen aikana. Muutoksessa ei ole otettu huomioon rakenteiden lämpökapasiteettia, joka hidastaa lämpötilan laskua

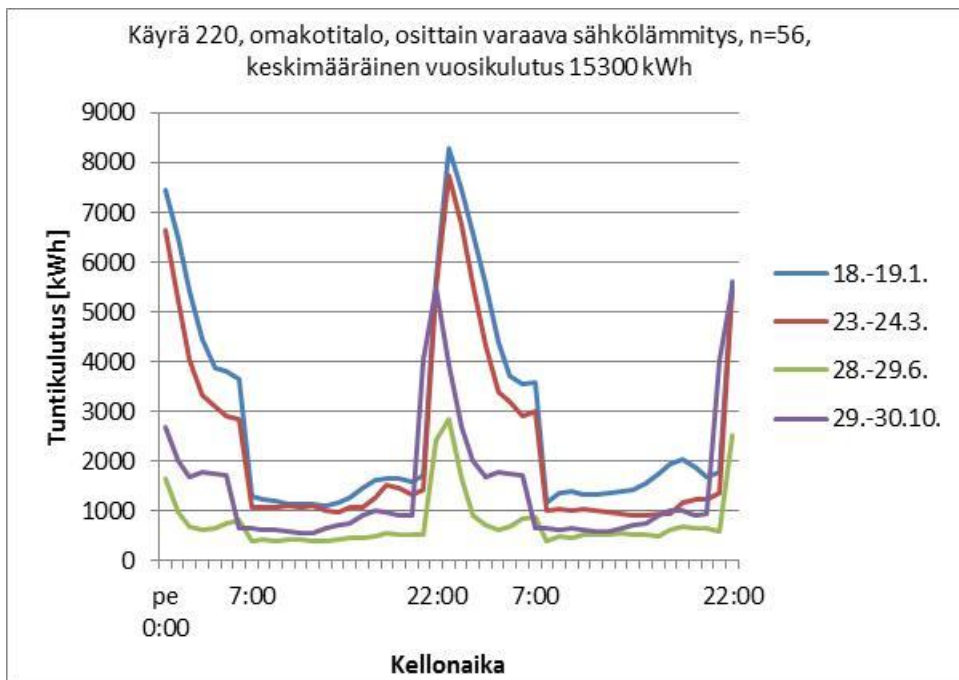
Vesivaraajalämmitys

Sähkölämmityksenä on toteutettu vesikiertoisia lämmityksiä lämmittämällä suuria (>1-2 m²) vesivaraajia pääosin yöaikaan sähkövastuksilla ja tekemällä lämmönjako vesikiertoisena. SLY-kytkentäsuosituksessa on oma versio varaavalle vesivaraaja-lämmitykselle. Kytkennästä tehtiin erilaisia muunnoksia sen mukaan, montaako vastusta ja termostaattia varaajassa käytettiin.



Kuva VII- 8 SLY-kytkentäsuositus. Varaava lämmitys vesivaraajalla

Varaavan lämmityksen huippukuormat sijoittuvat yö-aikaan ympäri vuoden. Vuorokautinen vaihtelu on hyvin suuri. Varaavat lämmitykset sietävät hyvin teho-ohjausta ja aikaohjauksella voitaisiin tehoja ohjata vuorokauden sisällä joustavasti.

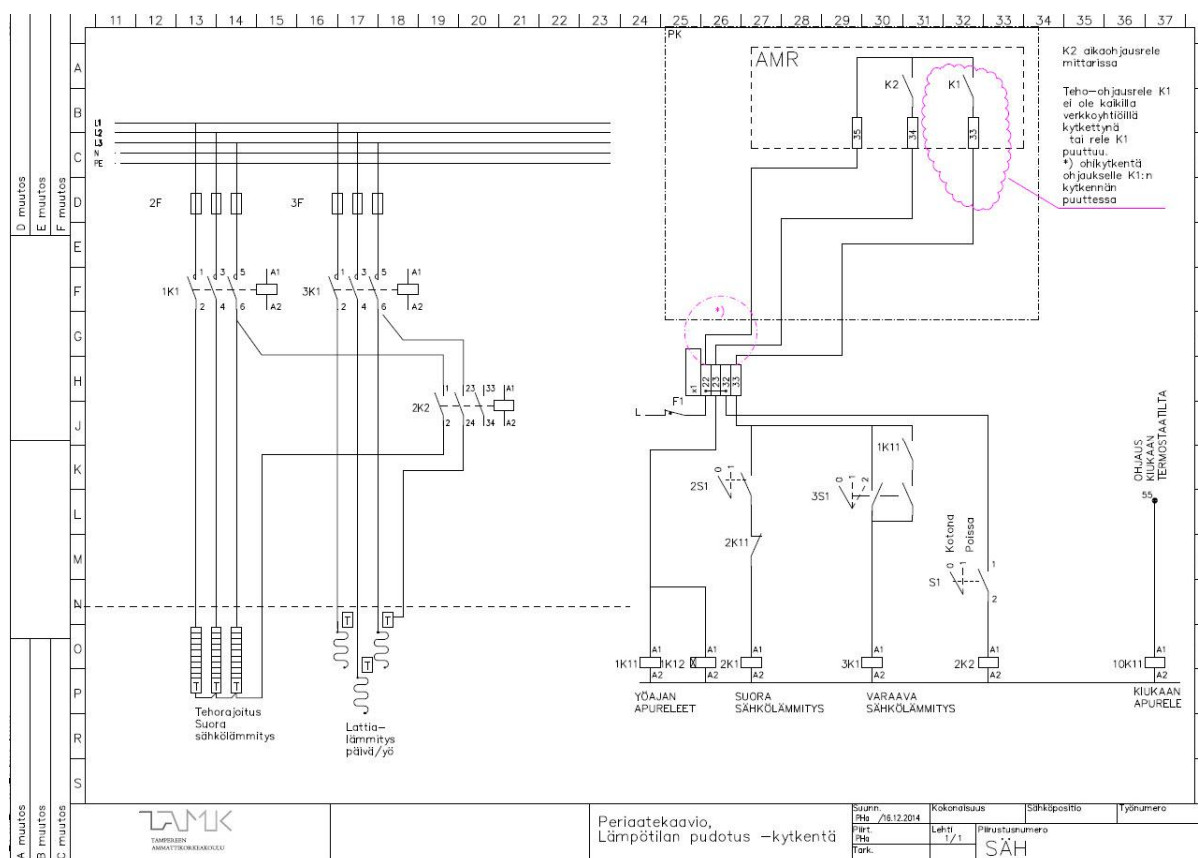


Kuva VII- 9Tuntikulutukset eri vuodenaikoina. Omakotitalot, varaava sähkölämmitys

Lämpötilan pudotus

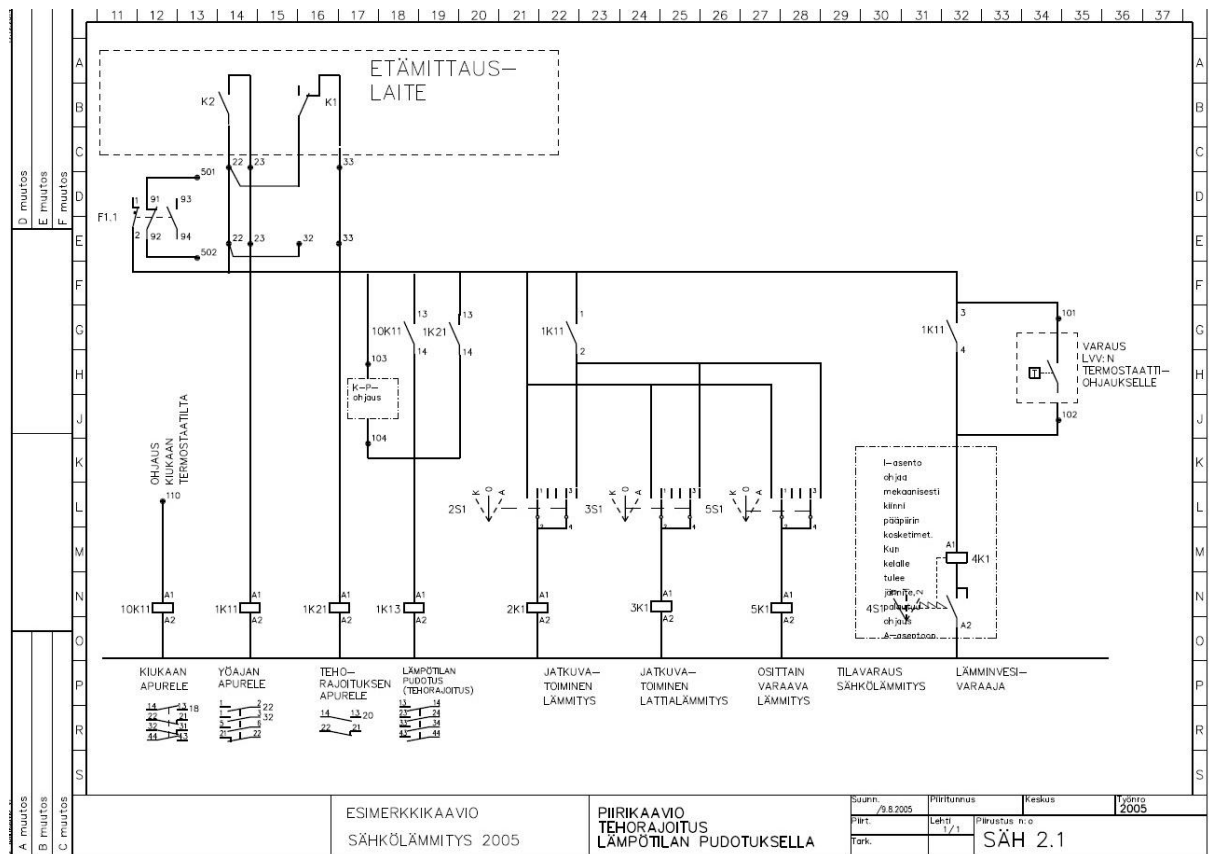
Sähkölämmittimien sekä erillisten sähkölämmityksen ohjaukseen käytettyjen termostaattien (katto- ja lattialämmitys) yleisenä ominaisuutena on ollut lämpötilan pudotus –toiminto. Tällöin termostaatille annetaan ohjausjännite, joka pudottaa lämpötila-asetusta joko kiinteään astemäärä (yleensä n. 5 °C) tai termostaatista säädettävään astemäärään. Ohjaus edellyttää erillisen ohjausjohtimen asennusta. Markkinoilla on ollut myös langattomia ohjausjärjestelmiä.

Ohjausjohtituksen lisäksi lämpötilan pudotus edellyttää ohjauskontactoria keskuksessa sekä ohjauskytkintä.



Kuva VII- 10 Lämpötilapudotusohjauksen periaatekaavio

Lämpötilan pudotustoimintoa voitaisiin hyödyntää myös kysynnän jousto –ohjauksissa. Tällöin ohjaus ei katkaisisi koko sähkönsyöttöä lämmittimille. Teho-ohjausvaikutus olisi 1-2 tunnin ohjauksissa vastaava kuin SLY-kytkennässä, mutta riski lämmityksen poiskytketymiselle kokonaan pienenesi. Kuvassa on esitetty ohjauksen periaate.



Kuva VII- 11 Lämpötilan pudotustoiminnon hyödyntäminen kuorman ohjauksessa

Ohjaujärjestelmät

Asuinrakennuksia varten on ollut markkinoilla useita erilaisia ohjaujärjestelmiä, joissa on ollut myös lämmityksen ohjaukseen ratkaisuja. Niiden elinkaari on ollut kuitenkin melko lyhyt. Markkinaosuuksista ei juurikaan ole tietoa. Kahden, vielä markkinoilla olevan ratkaisun (Me-Platin, Ouman) mahdollisuuksista tehon ohjauksen näkökulmasta on selvitetty hankkeeseen kuuluvassa opinnäytetyössä (Sami Salminen 2014 : Automaatiojärjestelmien hyödyntäminen kysynnän jouston teknisessä toteutuksessa).

Useassa ohjaujärjestelmässä on pohjana ollut kuitenkin SLY-kytkennän peruseriaate ja järjestelmä on antanut lisäominaisuuksia mm. varaavan lämmityksen varaajan määrittelyyn (esim. Ensto eSmart) tai etäohjaukseen.

LIITE IX Yhteenveto verkkoyhtiöiden ohjeista

Lähde (Koivisto 2015)

SÄHKÖNJAKELUVERKON HALTIJAT

Ohjeistus sähkösuunnittelijoille ja -urakoitsijoille	Kyllä	Ei	Liittymisjohto	Kaapelioja	Mittauskytkennät	Tehojen ohjaus	Loistehon kompensointi
Alajärven Sähkö Oy		X					
Caruna Oy	X		X	X	X	X	X
Caruna Espoo Oy	X		X	X	X	X	X
Ekenäs Energi		X					
Elenia Oy	X		X	X	X	X	X
Enontekiön Sähkö Oy		X					
ESE-Verkko Oy		X					
Esse Elektro-Kraft Ab		X					
Etelä-Suomen Energia Oy	X		X	X			
Forssan Verkkopalvelut Oy	X		X	X			X
Haminan Energia Oy	X		X	X			
Haukiputaan Sähköosuuskunta	X		X	X			
Helen Sähköverkko Oy	X						
Herrfors Nät-Verkko Oy Ab		X					
Iin Energia Oy		X					
Imatran Seudun Sähkönsiirto Oy	X		X				
Jakobstads Energiverk		X					
Jeppo Kraft Andelslag		X					
JE-Siirto Oy	X		X	X	X		X
Joroisten Energialaitos		X					
Jylhän Sähköosuuskunta	X			X			
Järvi-Suomen Energia Oy	X		X		X		
Karhu Voima Oy	X		X	X	X	X	X
Kemin Energia Oy	X		X	X			
Keminmaan Energia Oy		X					
KENET Oy		X					
Keravan Energia Oy	X		X	X			
Keuruun Sähkö Oy		X					
Koillis-Lapin Sähkö Oy		X					
Koillis-Satakunnan Sähkö Oy		X					
Kokemäen Sähkö Oy	X		X		X		
Kronoby Elverk		X					
KSS Verkko Oy		X					
Kuopion Energia Liikelaitos		X					
Kuoreveden Sähkö Oy		X					
Kymenlaakson Sähköverkko Oy	X		X	X	X		
Köyliön-Säkylän Sähkö Oy	X		X		X		
Lammaisten Energia Oy		X					
Lankosken Sähkö Oy		X					
Lappeenrannan Energiaverkot Oy		X					
Lehtimäen Sähkö Oy		X					
Leppäkosken Sähkö Oy		X					

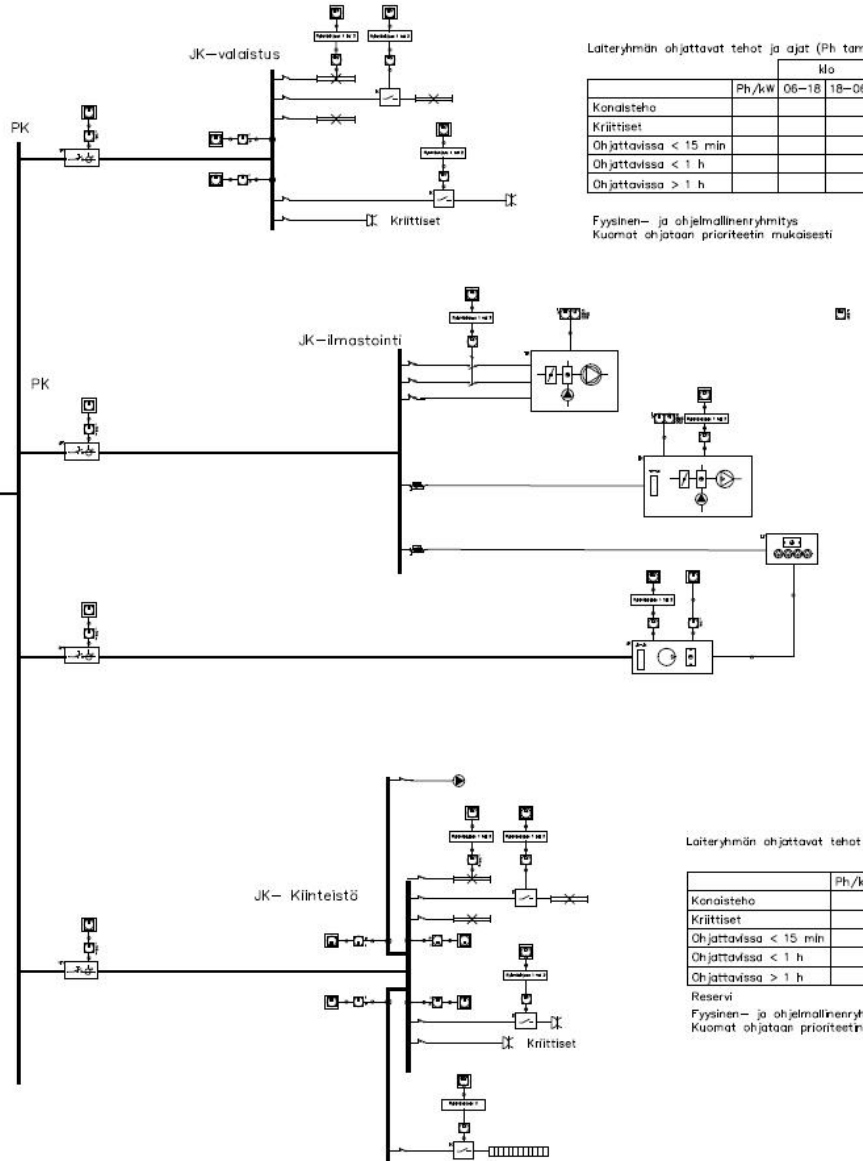
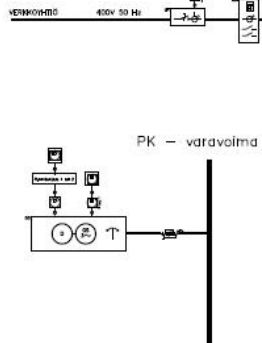
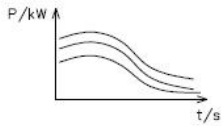
LIITE IX

LE-Sähköverkko Oy	X		X	X			
Loiste Sähköverkko Oy	X		X	X	X	X	X
Muonion Sähköosuuskunta		X					
Mäntsälän Sähkö Oy	X		X	X			
Naantalin Energia Oy		X					
Nurmijärven Sähköverkko Oy	X		X	X			
Nykarleby Kraftverk		X					
Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy	X		X	X	X		X
Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy	X		X	X			
Outokummun Energia Oy		X					
Paneliankosken Voima Oy	X		X		X		
Parikkalan Valo Oy		X					
Pellon Sähkö Oy		X					
PKS Sähkönsiirto Oy		X					
Pori Energia Sähköverkot Oy	X		X	X			
Porvoon Sähköverkko Oy	X		X	X	X		
Raahen Energia Oy	X		X	X			
Rantakairan Sähkö Oy		X					
Rauman Energia Oy	X		X	X		X	X
Rovakaira Oy		X					
Rovaniemen Verkko Oy		X					
Sallila Sähkönsiirto Oy	X		X	X			
Savon Voima Verkko Oy		X					
Seiverkot Oy	X		X	X		X	X
Tampereen Sähköverkko Oy	X		X	X			X
Tenergia Oy		X					
Tornion Energia Oy	X		X	X			
Tornionlaakson Sähkö Oy		X					
Tunturiverkko Oy		X					
Turku Energia Sähköverkot Oy		X					
Vaasan Sähköverkko Oy	X		X	X			
Vakka-Suomen Voima Oy	X		X	X		X	X
Valkeakosken Energia Oy		X					
Vantaan Energia Sähköverkot Oy	X		X	X	X	X	X
Vatajankosken Sähkö Oy	X		X	X			
Verkko Korpela Oy	X				X	X	
Vetelin Sähkölaitos Oy		X					
Vimpelin Voima Oy		X					
Äänekosken Energia Oy		X					

LIITE X Periaatteellinen pääjakelukaavio

	Ph/kW	klo	
		06-18	18-06
Konais-teho			
Kriittiset			
Ohjattavissa < 15 min			
Ohjattavissa < 1 h			
Ohjattavissa > 1 h			
Reservi			

Fyysinen- ja ohjelmallinenryhmitys
Kuomat ohjataan prioriteetin mukaisesti



Laiteryhmän ohjattavat tehot ja ajat (Ph tammi-maaliskuu)

	Ph/kW	klo	
		06-18	18-06
Konais-teho			
Kriittiset			
Ohjattavissa < 15 min			
Ohjattavissa < 1 h			
Ohjattavissa > 1 h			

Fyysinen- ja ohjelmallinenryhmitys
Kuomat ohjataan prioriteetin mukaisesti

Laiteryhmän ohjattavat tehot ja ajat (Ph tammi-maaliskuu)

	Ph/kW	klo	
		06-18	18-06
Konais-teho			
Kriittiset			
Ohjattavissa < 15 min			
Ohjattavissa < 1 h			
Ohjattavissa > 1 h			

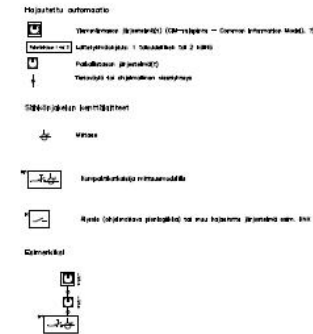
Reservi
Fyysinen- ja ohjelmallinenryhmitys
Kuomat ohjataan prioriteetin mukaisesti

Laiteryhmän ohjattavat tehot ja ajat (Ph tammi-maaliskuu)

	Ph/kW	klo	
		06-18	18-06
Konais-teho			
Kriittiset			
Ohjattavissa < 15 min			
Ohjattavissa < 1 h			
Ohjattavissa > 1 h			

Reservi
Fyysinen- ja ohjelmallinenryhmitys
Kuomat ohjataan prioriteetin mukaisesti

PIIROSMERKIT



Kysynnän jousto -hanke 2013 - 2015 Tampereen teknillinen yliopisto TTY Lappeenrannan teknillinen yliopisto LTU Tampereen ammattikorkeakoulu TAMK	POIKKEAMATARKASTELU Laitos TAMK Järjestelmä A-talon ilmastointi, 1TKI tuloilmakoneen vaikutus- alue Laatijat: Martti Honkiniemi	Analyysin pvm: 13.1.2015 Liite Luonnos Sivu 351(361)
--	--	---

Ohje poikkeamatarkastelulle	
<p>Poikkeamatarkastelun pohjana käytetään mm. järjestelmäkaavioita, säätökaavioita, sijoituspiirustuksia, teknisiä erittelyjä sekä käyttö- ja toimintaohjeita. Tarkastelua varten järjestelmä jaetaan toiminnallisiin kokonaisuuksiin mm. ilmastoinnin vaikutusalueisiin. Poikkeamatarkastelussa järjestelmän osassa tutkitaan tilanteita, joissa toimintasuureita muutetaan normaaliarvoistaan – esimerkiksi ilmanvaihtoa pienennetään (m³/s), valaistusvoimakkuutta alennetaan (lx). Tarkastelu perustuu avainsanoihin mm. vähemmän (alempi lämpötila, pienempi virtaus) enemmän (korkeampi lämpötila, suurempi virtaus).</p>	
Kaavakkeen käyttö	
<p>Tila</p> <p>Merkitään tilan/järjestelmän osan positio ja selväkielinen nimi, käyttötarkoitus</p> <p>Poikkeama ja kesto</p> <p>Merkitään tavoitepoikkeama, kestoaika ja ohjauksien toistuvuus vuorokaudessa.</p> <p>Seuraukset</p> <p>Arvioidaan poikkeaman aiheuttamat muutokset tilassa/järjestelmässä</p> <p>– tilan käyttötarkoitus tulee huomioida.</p>	<p>Luokka</p> <p>Tehdään karkea riskin arviointi:</p> <p>A-luokka, merkityksetön riski, poikkeama voidaan toteuttaa</p> <p>B-luokka, tehdään jatkotoimenpiteenä tarkempi riskien arviointi, jos poikkeama toteutetaan. Arvioidaan seuraukset, todennäköisyys seurasuksien realisoidu- miselle sekä riskin merkittävyys ja päätetään jatkotoimista.</p> <p>C-luokka, merkittävä riski tai muu syy, ohjausta ei toteuteta</p> <p>Ohjaus/toimenpiteet</p> <p>Määritellään luokkien mukaiset jatkotoimenpiteet, ohje ohjauksien toteutuksesta mm. rajanarvot.</p>

Yhteenveto poikkeamatarkastelusta (Tässä huomioidaan koko ohjattava järjestelmän osuus)**Yhteenveto tuloilmakoneen 1TK1 ohjauksesta:**

Ilmastointia voidaan ohjata 10 ja 20 % tasolle lyhytaikaisissa ohjauksissa.

Seuranta rakennusautomaation olosuhdemittauksilla.

Poikkeustilanteissa voidaan ilmastointi pysäyttää.

Tila	Poikkeama	Kesto	Toistuvuus	Seuraukset	Luo kka	Ohjaus/toimenpiteet
A1-09 Työhuone	Ilmastoinnin pienentäminen 10 %	< 15 min	3	Ilman laadussa ei ole merkittävää muutosta	A	
		< 60 min	3	Ilman laatu heikkenee	A	
		> 60 min	2	Ilman laatu huono	C	
	Ilmastoinnin pienentäminen 20 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				
	Ilmastoinnin pienentäminen 30 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				

LIITE X

Tila	Poikkeama	Kesto	Toistuvuus	Seuraukset	Luo kka	Ohjaus/toimenpiteet
	Ilmastoinnin pienentäminen 10 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				
	Ilmastoinnin pienentäminen 20 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				
	Ilmastoinnin pienentäminen 30 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				

Tila	Poikkeama	Kesto	Toistuvuus	Seuraukset	Luo kka	Ohjaus/toimenpiteet
	Ilmastoinnin pienentäminen 10 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				
	Ilmastoinnin pienentäminen 20 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				
	Ilmastoinnin pienentäminen 30 %	< 15 min				
		< 60 min				
		> 60 min				

LIITE XI Maalämpöpumpun verkostovaikutuksien laskentaan tarvittavan kuormituskäyrän määrittäminen

A . Maalämpöpumpun aiheuttaman lisäkuorman arviointi

Maalämpöpumpun (MLP) aiheuttama lisäkuorma on yksilöllinen ja riippuu asunnon lämmitysenergian tarpeesta. Tässä tarkastelussa tyydytään keskimääräiseen ja jakaumaltaan kuta-kuinkin oikeanlaiseen arvioon lämmitysenergian tarpeesta. Vuosittaista lämmitysenergian tarvetta arvioitiin verkkoalueen pientalojen rakennuskannan iän ja keskimääräisen kerrosalan perusteella.

Taulukko 1: Tarkasteltavan verkkoalueen rakennuskanta 2008, Erilliset pientalot (Tilastokeskus 2014)

Rakennusvuosi	Lukumäärä	Kokonaiskerrosala, m ²	keskim. kerrosala (m ²)
ennen 1920	368	47112	128
1921-1939	351	34963	100
1940-1959	825	83907	102
1960-1969	292	33412	114
1970-1979	321	42771	133
1980-1989	477	62125	130
1990-1999	222	30660	138
jälkeen 2000	154	25745	167

Taulukko 2: Lämpöenergian ominaiskulutus: 100 m² talo, 4h perhe, maan keskiosassa (Motiva 2014)

Rakennusvuosi	Lämpöenergian ominaiskulutus kWh/m ²
ennen 1920	277,41
1921-1939	277,41
1940-1959	277,41
1960-1969	267,41
1970-1979	252,41
1980-1989	247,41
1990-1999	224,91
jälkeen 2000	209,91

Oletetaan että suurin osa lämmitysmuotoa muuttavista asiakkaista on 1960 – 1990 luvulla rakennettuja omakotitaloja. Näille voidaan laskea keskimääräinen lämmitysenergian kulutus taulukkojen 1 ja 2 tiedoista. Lämmitysenergian kulutus jaetaan MLP:n kokonaishyötysuhteella 2.8 (Andrushuk 2009), jolloin verkosta otettavaksi sähkön tarpeeksi saadaan taulukon 3 mukaiset arvot.

Taulukko 3: Keskimääräiset MLP:n sähkönkulutukset rakennusvuosittain.

Rakennusvuosi	lkm	keskim. sähkönkulutus
		(kWh)
1960-1969	167	10928
1970-1979	184	12011
1980-1989	274	11508

Asiakkaiden lukumäärät eri rakennusvuosissa perustuvat oletukseen, että asiakkaiden jakauma eri rakennusvuosiin noudattaa rakennuskannan ikäjakaumaa. Taulukon 3 arvot sovitetaan Weibull-jakaumaan, ja tästä jakaumasta näytteistetään jokaiselle 625 asiakkaalle satunnainen MLP:n lisäyksen aiheuttama vuosittaisen sähköenergian kulutuksen lisäys. Näin saadaan:

- Keskimääräinen vuosienergia ennen MLP:n lisäystä 6032 kWh/a
- MLP:n keskimääräinen vuosienergia 11500 kWh
- Lopullisen kuorman keskienergia 17532 kWh

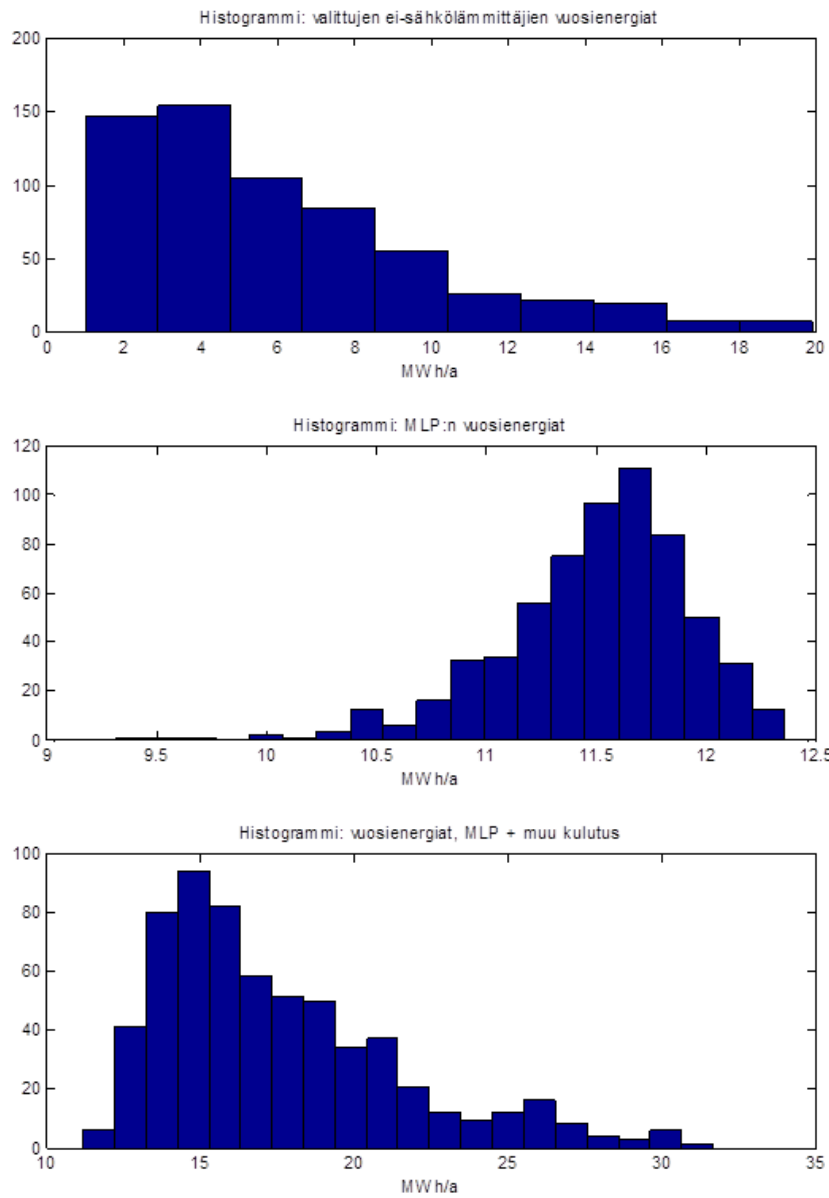
Kuvissa 1 ja 2 on esitetty vuosienergioiden jakaumien histogrammeja sekä vuosienergioiden suhteita.

Maalämpöpumpun kuormituskäyrä

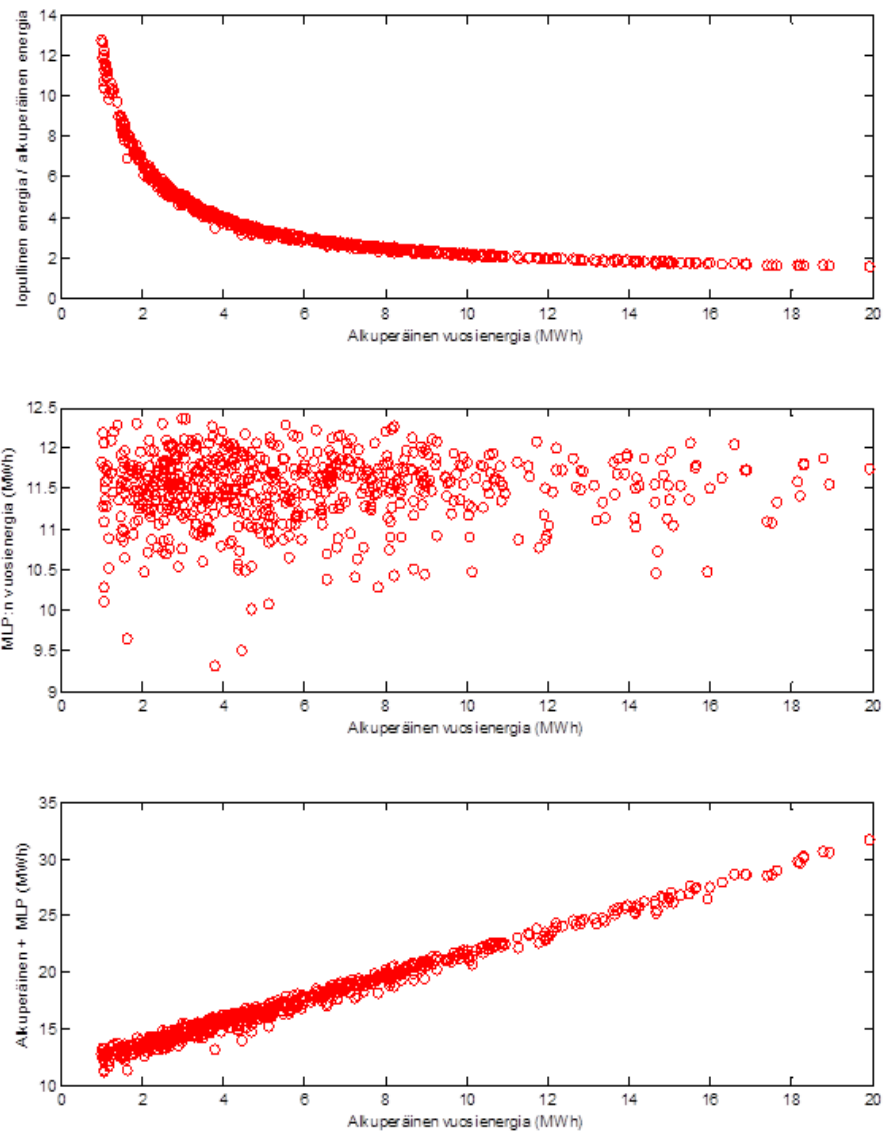
Simuloinneissa tarvittavat maalämpöpumppujen kuormituskäyrät saatiin VTT:ltä. Tässä tarkastelussa käytettiin lähteessä (Laitinen 2011) esitettyjä MLP-käyriä:

- laskettu VTT:n termodynaamisen käyttäytymisen huomioivalla talomallilla
- erilliset käyrät tyypillisille vuosina 1970 ja 2000 rakennetuille omakotitaloille
- sisältävät myös lämpimän käyttöveden lämmityksen
- mitoitettu kattamaan 100 % rakennuksen lämmöntarpeesta (ajoittainen lisävastuksen käyttötarve jotta käyttövettä voidaan lämmitellä myös kovien pakkasten aikana).

Maalämpöpumppujen vuosienergiat skaalattiin vastaamaan tämän liitteen A) kohdassa laskettuja arvioita lämmitysenergian tarpeesta.



Kuva 1: Vuosienergiajakaumien histogrammit.

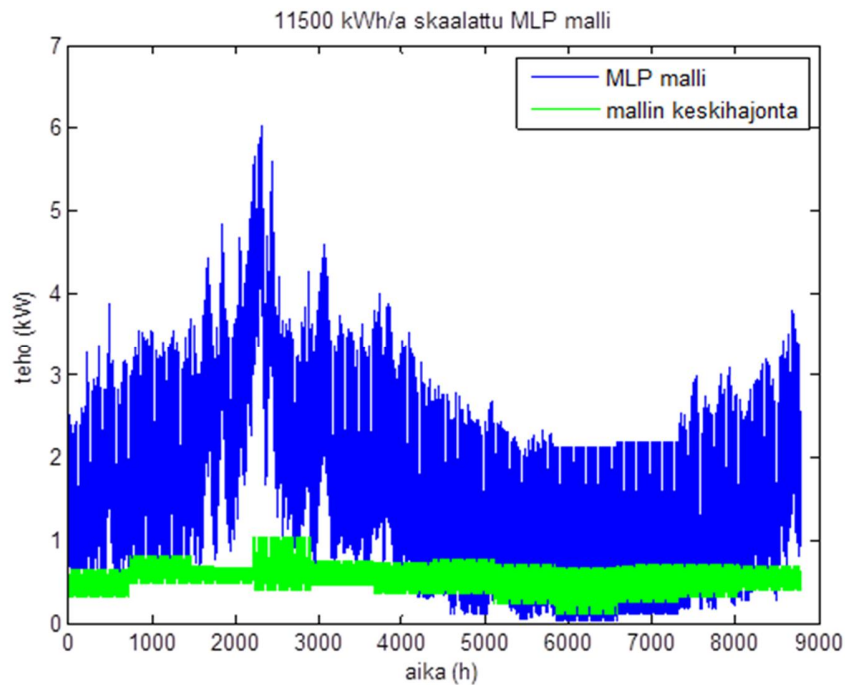


Kuva 2: Vuosienergioiden suhteita.

VTT:n käyrät on laskettu vuoden 1978 lämpötilaan, joten käyrät muutettiin laskennallisesti vastaamaan laskentavuoden 11/2011–10/2012 lämpötiloja. Laskentavuoden lämpötilaan muutetuille käyrille laskettiin myös tunneittaiset hajonnat. Laskettu hajonta kuvaa lähinnä nyt muodostetun mallin epätarkkuutta alkuperäiseen VTT:n käyrään verrattuna ja VTT:n käyrässä ollutta hajontaa. Hajonta ei mallinna lämpöpumpun satunnaisia on-off syklejä tai lämpimän käyttöveden käytön satunnaisuutta jotka tulisi huomioida oikeasti tarkassa mallissa. Myöskään muun lämpökuorman (sähkölaitteet) vaikutusta lämmitystehoon ei ole huomioitu. Todellisuudessa hajonta lienee nyt mallinnettua suurempaa ja siksi tämä käyrä saat-

taa antaa epärealistisia (liian pieniä) huipputehoja pienille jakelumuuntamoille jotka sisältävät pienen määrän MLP asiakkaita. Hajonnan suhde mallinnettuun MLP kuormaan on nähtävissä kuvassa 3. Mallin hajonta vaihtelee tunneittain ja on keskimäärin 43 % mallinnetusta tehon odotusarvosta.

Lopullinen MLP käyrä muodostettiin siten että laskentavuoden energian suhteen skaalattuun MLP käyrään lisättiin edellä laskettu satunnainen ja (likimain) normaalijakautunut hajonta. Lisävastusten aiheuttama tehonlisäys lisättiin vuoden kylmimmille päivillä (maksimissaan yksi tehonlisäys per päivä). Tehonlisäykset kohdistettiin satunnaisille tunneille siten että tuntijakauma vastasi likimain lämpimän käyttöveden kulutuksen ajallista jakaumaa.



Kuva 3: MLP malli ja sen hajonta (kuvan malli skaalattu 11500 kWh/a kulutustasoon, ei sisällä lisävastusten tehonkulutusta).

