

**Tasejärjestelmän muutoksen vaikutukset pohjoismaisilla  
sähkömarkkinoilla**

**The effects of the change in the Nordic imbalance settlement  
model on the Nordic electricity market**

Lauri Virtanen

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT  
School of Energy Systems  
Sähkötekniikka

Lauri Virtanen

### **Tasejärjestelmän muutoksen vaikutukset pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla 2019**

Kandidaatintyö.

26 s.

Tarkastaja: Professori Samuli Honkapuro

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia millaisia vaikutuksia vuonna 2017 Euroopan unioni antamalla uudella tasehallinnan suuntaviivalla on pohjoismaiseen taseselvitykseen ja sähkömarkkinoihin. Uuden suuntaviivan perusteella koko Euroopan siirtyisi 15 minuutin taseselvitysjaksoon vuoden 2020 loppuun mennessä. Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuustutkimus, jossa perehdytään ensiksi nykyiseen pohjoismaiseen sähkömarkkinajärjestelmään, jonka jälkeen keskitytään millaisia muutoksia ja uusia mahdollisia haasteita 15 minuutin taseselvitys tuo pohjoismaiseen sähkömarkkinajärjestelmään. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään uuden taseselvitysmallin vaikutuksia Suomen tukku- ja vähittäismarkkinoihin sekä mitä muita muutoksia järjestelmässä on tehtävä, jotta 15 minuutin aikaresoluutio voidaan ottaa käyttöön ilman riskiä sähköjärjestelmän luotettavuuden heikkenemisestä.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että oikeilla valinnoilla uuteen 15 minuutin taseselvitysjaksoon ja hinnoittelumalliin on kannattavaa siirtyä. Uuden taseselvityksen aikaresoluution ja yhden hinnan mallin avulla voidaan lisätä tasevastaavien vastuuta verkon tasapainotuksessa ja muokataan verkon tasapainotusta markkinavetoisemmaksi. Muutosten avulla on tarkoitus parantaa verkon käyttövarmuutta sekä pienentää sähkökäyttäjien maksamia reservi- ja säätökustannuksia. Itsesäätelyä olisi kuitenkin pystyttävä kontrolloimaan, jotta ylikompensoinnilta voitaisiin välttyä. Ylikompensoinnilla verkon tasapaino voi alkaa värähdellä, joka vaikuttaa negatiivisesti järjestelmän ylläpidon tehokkuuteen ja siten verkon toiminnan turvallisuuteen. On myös tärkeää tiedostaa uuden tasejärjestelmän vaatimukset verkolle kuin sitä ylläpitäville järjestelmille. Uuden taseselvityksen tueksi on tarkoitus ottaa käyttöön Datahub, jonka tarkoitus on suorittaa taseselvityksen laskennat ja jakeluverkon suorittamien mittaustietojen jakaminen. Lisäksi verkon tasapainotuksessa on tarkoitus siirtyä keskitetystä taajuudenhallinnasta aluekohtaiseen verkon tasapainotukseen. Sähkömarkkinoiden näkökulmasta on tärkeää lisätä 15 minuutin tuotteita riittävästi, jotta tasevastaavat voivat muokata tasetaan monipuolisesti.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT  
School of Energy Systems  
Electrical Engineering

Lauri Virtanen

### **The effects of the change in the Nordic imbalance settlement model on the Nordic electricity market**

2019

Bachelor's Thesis.

26 p.

Examiner: professor Samuli Honkapuro

The objective of this bachelor's thesis is to examine the impacts of the new European Commission regulation guideline on electricity balancing and how it affects Nordic balancing and Nordic electricity markets. Based on the new guideline, the whole Europe should be moved to 15 minutes time resolution on balance settlement by the end of 2020. The research method is a literature research, in which the focus is first on current Nordic electricity market system and then focus on changes and effects of 15 minutes imbalance settlement on Nordic electricity market system. The effects of the new imbalance settlement model on the Finnish electricity wholesale and retail markets will be further explored. Research also study briefly other changes that are coming with the new 15 minutes balance resolution. To make sure that the transition to new 15 minutes time resolution can be deployed safely without jeopardizing the reliability of the power system.

The study shows that with the proper parameters it is profitable to move to the new 15-minutes imbalance settlement and single pricing model. New time resolution of the imbalance settlement and the single price model will increase the responsibility for the physical balancing of the power grid system for the Balance Responsible Party (BRP) and make balancing of the power grid more market-driven. The changes should improve power grid reliability and reduce reserve and adjustment costs for electricity users. Self-regulation should be controlled, in order to avoid overcompensation. Overcompensation in the power grid balancing may trigger oscillation in system balance, which affects negatively the system maintenance efficiency and thus on operational security. It is important to be aware of the requirements of the new imbalance settlement model for the power grid and for the systems that maintain the power grid. Datahub is to be implemented to support the new imbalance settlement. The purpose of the Datahub is to perform imbalance settlement calculations and share measurement data provided by the distribution system operator. Additionally, the balancing of the power grid is intended to shift from centralized frequency management to area specific power grid balancing. For the electricity market, it is important to add enough 15-minute products so that BRP can adjust their balance enough.

## SISÄLLYSLUETTELO

|   |    |
|---|----|
| Käytetyt merkinnät ja lyhenteet.....                              | 5  |
| 1. Johdanto.....  | 6  |
| 2. Pohjoismaiset sähkömarkkinat .....                             | 7  |
| 2.1 Vuorokausimarkkinat Elspot-markkinat.....                     | 7  |
| 2.2 Päivän sisäiset Elbas-markkinat .....                         | 9  |
| 2.3 Säätosähkömarkkinat ja reservimarkkinat.....                  | 9  |
| 2.4 Sähkön vähittäismarkkinat .....                               | 10 |
| 2.5 Taseselvitys .....  | 11 |
| 2.5.1 Kulutus- ja tuotantotase .....                              | 11 |
| 2.5.2 Tasesähkön hinnoittelu .....                                | 12 |
| 3. Varttitase.....  | 14 |
| 3.1 Taseselvityksen uudistamiseen ajavat tekijät .....            | 14 |
| 3.1.1 Tasevastaavan todellinen kulutus .....                      | 14 |
| 3.2 Mitä asioita tullaan muuttamaan .....                         | 15 |
| 3.2.1 Yhden taseen ja yhden hinnan malli.....                     | 15 |
| 3.2.2 Yksihintamallin mahdolliset haasteet .....                  | 16 |
| 3.2.3 Pörssin 15 minuutin tuotteet.....                           | 17 |
| 3.3 Varttitaseen kanssa integroidut muutokset.....                | 18 |
| 3.3.1 Datahub.....  | 18 |
| 3.3.2 Pohjoismaiset aFRR ja mFRR kapasiteetti markkinat .....     | 18 |
| 4. Varttitaseen vaikutukset tukku- ja vähittäismarkkinoilla ..... | 21 |
| 5. Johtopäätökset .....   | 23 |
| Lähteet .....   | 24 |

## **Käytetyt merkinnät ja lyhenteet**

|      |  |
|------|--|
| aFRR | Automatic Frequency Restoration Reserves, Automaattinen taajuudenhallinta reservi  |
| BRP  | Balance Responsible Party, Tasevastaava  |
| MACE | Modernized Area Control Error, Modernisoitu alue kohtainen taajuuden säätö   |
| MARI | Manually Activated Reserves Initiative, Euroopan toimeenpanema manuaalisesti aktivoitava taajuuden hallintareservin eurooppalainen markkina alusta |
| mFRR | Manual Frequency Restoration Reserves, Manuaalinen taajuudenhallinta reservi   |
| OTC  | Over The Counter, Sähkökauppaa, jota käydään suoraan kahdenvälisesti tai meklarin välityksellä   |

## 1. JOHDANTO

Uusiutuvien sähköntuotantomuotojen runsas lisääntyminen ja vanhan säätökykyisen ympäristölle haitallisen tuotannon vähentyminen muuttavat sähköjärjestelmän tilaa epävakaa-maksi. Auringolla ja tuulella tuotettu sähkö ovat hyvin riippuvaisia sääoloista, jotka voivat vaihdella runsaasti. Samaan aikaan kuluttajien kulutus voi heilahdella tunnin sisällä runsaasti. Erityisesti uusien sähköautojen lataus voi luoda kulutuspiikkejä sähköverkkoon. Tunnin sisäinen tuotannon ja kulutuksen vaihtelu ajaa nykyisen sähkömarkkinamallin tilaan, jossa verkon ylläpitäjä joutuu jatkuvasti tasapainottamaan sähköverkon taajuutta. Jatkuva taajuuden säätäminen kuluttaa verkon taajuuden ylläpitoon varattuja taajuuden hallinta reservejä. Reservien käyttäminen taajuuden säätämiseen on usein epäedullista, joten tarkempi kulutuksen ja tuotannon säätely mahdollistaisivat tehokkaamman energian käytön. Samaan aikaan uusien tiukkojen ympäristötavoitteiden saavuttaminen vaikeutuu, koska sähkömarkkinat eivät ohjaa riittävästi sähkön tehokkaaseen käyttöön. Nykyisessä pohjoismaisessa taseselvityksessä käytetään aikaresoluutiona yhtä tuntia, mikä tarkoittaa, että kaikki kulutus ja tuotanto lasketaan tunnin ajanjaksoissa. Euroopan unioni antoi vuonna 2017 uuden suuntaviivan, jonka perusteella koko Euroopan olisi siirryttävä 15 minuutin taseselvitysjaksoon vuoden 2020 loppuun mennessä. Suuntaviivan avulla Eurooppa pyrkii lähemmäs tavoitetta, jossa koko Eurooppa olisi yhtä sähkömarkkinajärjestelmää ja sähkömarkkinamalli tukisi paremmin uusiutuvien energiamuotojen tuotantoa ja tehokasta energian käyttöä. Uusi 15 minuutin taseselvitysjakso muuttaa nykyisen taseselvityksen 60 minuutista 15 minuuttiin ja samalla päivänsisäiset markkinat ja säätösähkömarkkinat saavat uusia 15 minuutin tuotteita. Tällä hetkellä pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt tekevät runsaasti yhteistyötä ja pyrkivät selvittämään kuinka 15 minuutin taseselvitykseen siirrytään ja mitä muutoksia sähköjärjestelmältä vaaditaan. Uuden sähköjärjestelmän kehittämistä pidetään välttämättömänä, jotta ympäristöystävällistä energiantuotantoa voidaan tehostaa ja pohjoismaiset sähkömarkkinat voidaan yhdistää eurooppalaisiin sähkömarkkinoihin. Tavoitteena on luoda järjestelmä, jossa pohjoismaiset säätösähkömarkkinoiden hyödyt säilyvät, huolimatta siirtymisestä Euroopan kokosiin sähkömarkkinoihin (Fingrid 2019a).

Tässä työssä on tarkoitus tutkia kuinka 15 minuutin taseselvitysjakso vaikuttaa pohjoismaisiin tukkumarkkinoihin, vähittäismarkkinoihin Suomessa ja taseselvitykseen, joka on muuttumassa yksitasemalliin. Lisäksi on tarkoitus selvittää mitä nykyisestä sähkömarkkinajärjestelmästä voidaan hyödyntää uudessa taseselvityksessä ja mitä on tarpeellista muuttaa, jotta uusi malli olisi mahdollisimman tehokas. Työssä perehdytään nykyiseen pohjoismaiseen sähkömarkkinajärjestelmään, jonka jälkeen tutkitaan 15 minuutin taseselvityksen vaatimuksia ja sen tuomia muutoksia. Työssä käsitellään myös lyhyesti 15 minuutin aikaresoluution käyttöönotolle tärkeitä hankkeita Datahub:ia ja yhtenäisiä pohjoismaisia reservimarkkinoita.

Työstä on rajattu pois sähkömarkkinoilla käytävät finanssimarkkinat. Työ tehdään kirjallisuuskatsauksena ja tutkimus on tehty syksyn 2019 aikana ja materiaalina on käytetty siihen mennessä saatavilla olleita lähteitä. Aihe on tällä hetkellä suuren murroksen alla, joten työssä ilmenneet tulokset voivat vielä muuttua suuresti lähivuosien aikana. Ennen varttitaseen lopullista käyttöönottoa.

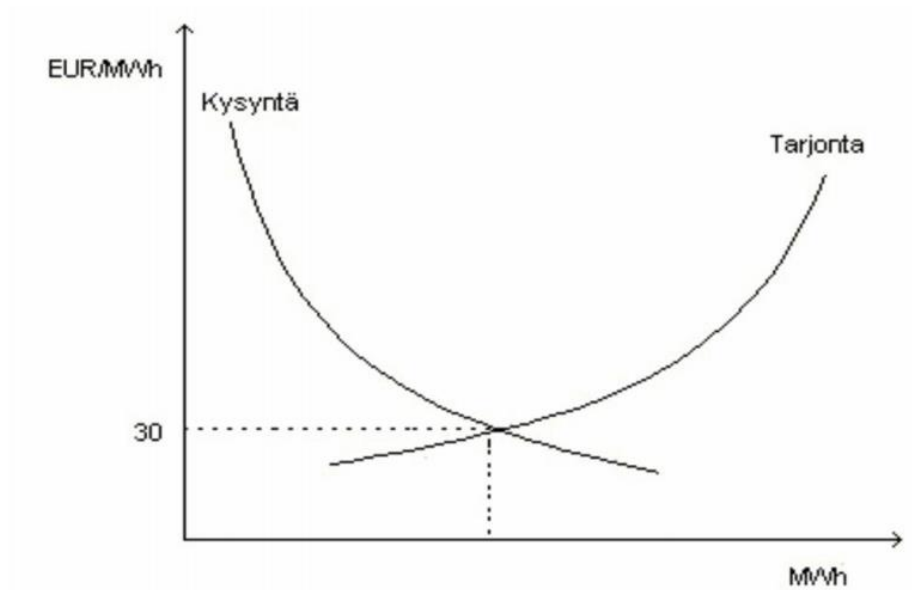
## 2. POHJOISMAISET SÄHKÖMARKKINAT

Sähköä ei nykyisellä tekniikalla voida taloudellisesti varastoida, minkä vuoksi sähköverkossa tuotannon ja kulutuksen on oltava jatkuvassa tasapainossa. Tasapainoa pyritään ylläpitämään sähkömarkkinoiden avulla. Pohjoismaista sähkökauppaa käydään Norjassa olevasta sähköpörssistä Nord Poolista. Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla toimivat nykyisin Pohjoismaat, Baltian maat, osa keski-Eurooppaa ja Iso-Britannia (Nord Pool 2019). Sähköpörssissä käydään sähkön tukkukauppaa. Tukkukauppaa käyvät sähkön tuottajat, suuret sähkönkuluttajat ja välittäjäyhtiöt. Sähköpörssissä käydään kauppaa fyysisillä sähkötuotteilla ja finanssituotteilla. Finanssituotteita on erilaiset osto- ja myyntioptiot sekä futuurit. Fyysiset sähkökaupat johtavat aina sähkön toimitukseen ja kauppojen tarkoituksena on vastata sähkön hetkellisiin tarpeisiin ja muodostaa tuotetulle sähkölle mahdollisimman realistinen referenssihintaa, jota käytetään hyväksi finanssimarkkinoilla, tase ja säätösähkömarkkinoilla sekä sähköpörssin ulkopuolisessa OTC-kaupassa. Sähköpörssin avulla sähkölle saadaan avoin hinta, joka muodostuu kysynnän ja tarjonnan perusteella.

Sähköpörssi tarjoaa toimijoille markkinapaikan, jossa vastapuoliriski on poistettu eli pörssissä suoritettujen kauppojen vastapuolena on aina pörssi. Sähköpörssin lisäksi sähköä ostetaan OTC-markkinoilta. OTC-kauppa on sähkön toimittajan ja kuluttajan keskinäinen sopimus sähkön toimituksesta. Sähköpörssissä tukkukauppaa käydään vuorokausimarkkinoilla elspot-markkinoilla ja päivänsisäisillä markkinoilla elbas-markkinoilla. Tukkumarkkinat ja OTC-markkinat luovat yhdessä järjestelmän, jossa sähkönhinnan vaihtelua eli volatilitteettia pyritään hallitsemaan. (Partanen et al. 2019)

### 2.1 Vuorokausimarkkinat Elspot-markkinat

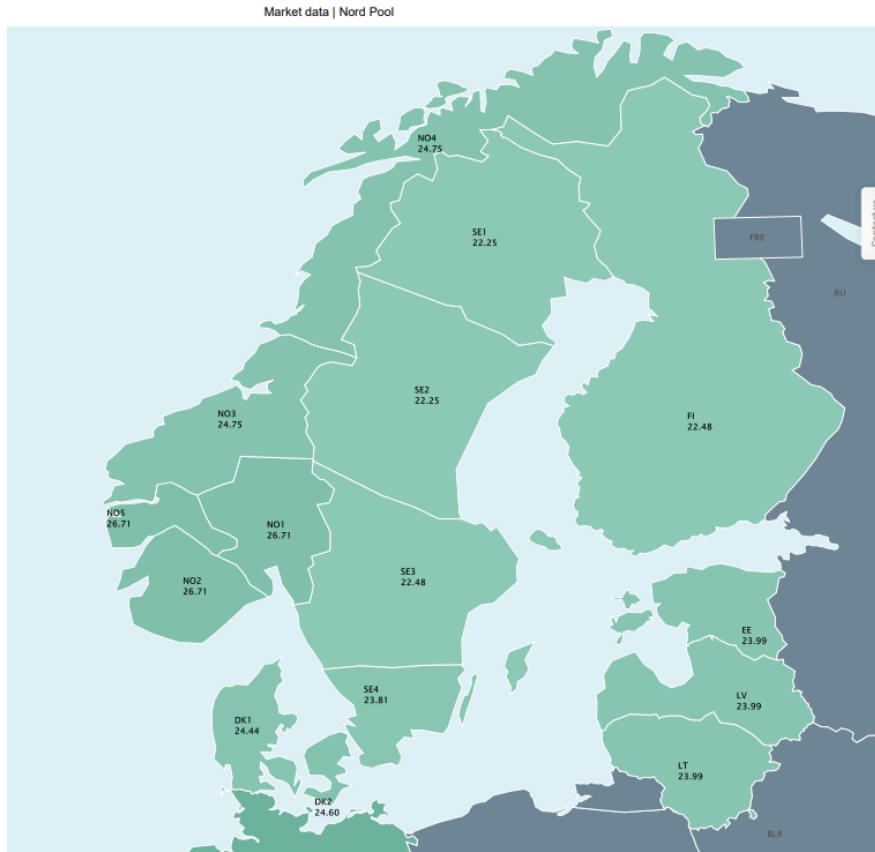
Vuorokausimarkkinat eli day-ahead market (Elspot-markkinat) perustuvat suljettuun kaupankäyntikiertoon, jossa annetaan osto- ja myyntitarjoukset anonymisti jokaiselle seuraavan päivän tunnille. Suomessa ennen kello 13:00. Kukin toimija voi antaa yhdelle tunnille vain osto- tai myyntitarjouksen. Tarjouksien pohjalta määräytyy sähkölle systeemihinta. Systeemihinta määräytyy, kun kaikki osto- ja myyntitarjoukset muodostetaan kuvaajiksi. Kuvassa 2.1 on kuvattu sähkön hinnan muodostumista. Kuvaajien leikkauskohdassa määräytyy tunnille sähkön hinta, joka on kaikelle tuotetulle sähkölle sama. Systeemihinta kertoo kalleimman käytettävän tuotantomuodon marginaalikustannuksen, jolla tuotanto ja kulutus on tasapainossa.



Kuva 2.1 Sähkön hinnan muodostuminen kysyntä ja tarjonta kuvaajien pohjalta. Kuvaajien leikkauskohdassa määräytyy sähkölle hinta, jokaiselle myydylle tunnille.

Sähkön hintaan vaikuttaa myös siirtokapasiteetti. Systemihinta ei huomioi rajayhteyksien rajallista siirtokapasiteettia. Kun kaikki tarvittava sähkö pystytään siirtämään, eikä rajayhteyksien kapasiteetti rajoita sähkön siirtoa, on pohjoismaissa kaikilla sama systemihinta. Rajayhteyksien siirtokapasiteetin ollessa kuitenkin rajallinen, kaikkea sähköä ei pystytä siirtämään pullonkaulojen takia, jonka vuoksi siirrytään aluehintoihin. Pohjoismaisessa järjestelmässä Suomi toimii yhtenä hinta-alueena, Ruotsi neljänä ja Norja viitenä hinta-alueena kuvan 2.2 mukaisesti. Sähkön hinta eri hinta-alueilla riippuu alueen sähkön tarpeesta, jos alueella on ylituotantoa, sähkön hinta laskee alueella ja alituotanto alueilla sähkön hinta nousee. Aluehinnan tarkoitus on huomioida implisiittisesti siirtokapasiteetin rajoitukset hinnanmuodostuksessa





Kuva 2.2 Kuvassa pohjoismaiset hinta-alueet ja aluekohtaiset Elspot päivä hinnat 7.1.2020 (Nord pool 2020)

## 2.2 Päivän sisäiset Elbas-markkinat

Elbas-markkinat toimivat sähkön jälkimarkkinapaikkana, jota kutsutaan päivän sisäiseksi markkinoiksi (Intra-day market, Elbas). Elbas-markkinoiden avulla voidaan hankkia tai myydä sähköä, jota ei elspot-markkinoilla saatu myydyksi tai hankittua. Jälkimarkkinoiden avulla on tarkoitus tasata omaa sähkötasetta ennen käyttötuntia sekä vastata yllättäviin kulutus- ja tuotantopiikkeihin. Kun sähkön kulutus ja tuotanto tasataan ennen käyttötuntia ei taseselvityksessä aiheudu ylimääräisiä kustannuksia. Päivän sisäiset markkinat ovat jatkuvaa kauppaa, jossa sähköä voidaan ostaa saman päivän ja seuraavan päivän tunneille. Päivän sisäiset markkinat ovat auki tunnin ennen käyttöä.

## 2.3 Säättösähkömarkkinat ja reservimarkkinat

Sähköpörssin fyysisten tuotteiden lisäksi on käytössä säättösähkökauppaa ja reservikauppaa. Säättösähkömarkkinat ovat Fingridin ylläpitämää säättösähkökauppaa, joka on osa pohjoismaista säättösähkömarkkinaa. Säättösähkömarkkinoilla toimijat antavat tarjouksia tuotanto- ja kulutuskapasiteetista, jota toimijalla on tarvittaessa käytössä. Minimivaatimuksena on, että tarjouksen on oltava vähintään 10 MW tai 5 MW jos se voidaan tilata elektronisesti. Lisäksi kapasiteetista on Fingridillä oltava reaaliaikainen tehomittaus tai tehonmuutos on muuten

pystyttävä todentamaan reaaliaikaisesti. Kapasiteettitarjoukset on annettava 45 minuuttia ennen käyttöä, tehoa on pystyttävä antamaan koko käyttötunnin ajan ja teho on oltava toteutettavissa täydellä teholla 15 minuutin kuluessa. Säätosähkökauppojen avulla Fingrid pitää yllä Suomen sähköverkotilaa, jossa tuotanto ja kulutus ovat jatkuvassa tasapainossa. Fingrid vastaa alueensa tasapainotuksesta. Ruotsissa vastataan vielä erikseen koko pohjoismaisen sähköverkon tasapainosta. Säätosähkömarkkinoilla muodostuneen säätosähkön hinta määrittelee taseselvityksessä laskutettavan tasesähkön hinnan (Fingrid 2019c). Tasesähkön hinnan muodostusta käsitellään luvussa 2.5.2.

Fingridin vastuulla on tasapainottaa käyttötunnin sisäiset epätasapainotilat. Verkon tasapainotus hoidetaan automaattisten ja manuaalisten reservituotteiden avulla. Reservituotteet Fingrid ostaa säätosähkömarkkinoilta. Taajuusohjattu käyttöreservi FCR-N ja automaattinen taajuudenhallintareservi aFRR huolehtivat jatkuvasti pienistä järjestelmän taajuuden muutoksista. FCR-N säättää tehoa itsenäisesti taajuuden muuttuessa muutaman minuutin viiveellä ja aFRR pyrkii palauttamaan verkon taajuuden 50 Hz Fingridiltä tulevan tehonpyyntösignaalin perusteella. Taajuuden pudotessa runsaasti esimerkiksi voimalaitoksen irrotessa verkosta taajuusohjattu häiriöreservi FCR-D aktivoituu muutamassa sekunnissa ja estää taajuutta laskemasta liikaa. Taajuusohjattu häiriöreservi mFRR aktivoidaan seuraavan mahdollisen häiriön varalle. Pohjoismaissa on sovittu yhteisesti eri reservien määrästä ja jokaiselle maalle on jaettu eri maakohtaiset velvoitteet. Reservejä voidaan hankkia kansainvälisiltä markkinoilta, mutta riittävä määrä reservejä on hankittava myös kansallisilta markkinoilta, jotta mahdollisissa saarekekäyttötilanteissa verkko on mahdollista tasapainottaa. Nykyisiä reservejä ostetaan vuosi- ja vuorokausimarkkinoilla. Vuosimarkkinoilla reserveille määritetään kiinteä hinta, joka on voimassa koko vuoden ja määräytyy kalleimman vuosimarkkinoilla hyväksytyin tarjouksen mukaan. Vuorokausimarkkinoilla hinta määräytyy tunnille tarjotun kalleimman käytetyn tarjouksen perusteella. Taajuusohjatuille käyttö- ja häiriöreserveille on asetettu erilaisia teknisiä vaatimuksia säädön vähimmäiskoon ja aktivoitumisajan perusteella. (Fingrid 2019c)

## 2.4 Sähkön vähittäismarkkinat

Sähkön vähittäismarkkinoilla sähköä myydään loppukäyttäjille. Sähkönmyyjät myyvät sähköä yksityishenkilöille ja muille kuluttajille. Vähittäismarkkinat toimivat kansallisilla markkinoilla, vaikka tukkukauppaa käydään kansainvälisillä markkinoilla. Vähittäismarkkinat ovat Suomessa avoimet markkinat. Kuluttaja voi ostaa siis sähköä, miltä tahansa sähköntoimittajalta Suomessa. Sähkön myyjä ja kuluttaja tekevät sähkönsopimuksen. Sopimuksessa määrätään sähkölle hinta, irtisanomisehdot, kesto, sähkön alkuperä ja muista sopimuksen ehdoista. Sopimukset ovat usein määräaikaaisia tai toistaiseksi voimassa olevia. Sähkön hinnaksi sovitaan usein kiinteä kWh-hinta tai spot-hinta + preemio (Energiateollisuus 2019b)

Sähkönvähittäismyyjä ei itse siirrä sähköä kuluttajalle. Sähkön toimituksesta vastaa alueellinen jakeluverkkoyhtiö. Jakeluverkkoyhtiöllä on vastuu hoitaa oman alueensa asiakkaiden sähkön siirto ja kulutusmittaus. Sähkönmyyjän myymä ja hankkima sähkö kirjataan myyjän sähkötaseeseen. Tiedot saadaan jakeluverkkoyhtiöltä, jotka se saa suorittamastaan kulutusmittauksesta ja toimittavat mittauksen jälkeen tiedot tasevastaavalle. Taseselvitystä käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa 2.5 (Energiavirasto 2019).

## 2.5 Taseselvitys

Taseselvitys on kaupallinen tasesähkönkäsittely, joka lasketaan käyttötunnin jälkeen. Taseselvityksen avulla tarkastetaan, onko kyseisellä tasevastaavalla tasesähkö ollut tasapainossa. Jos tuotanto ja kulutus eivät ole tasapainossa on sähköverkkoyrjestelmälle aiheutunut ylimääräisiä kuluja, koska verkkoa on jouduttu tasapainottamaan säätösähkömarkkinoilla ostetulla sähköllä. Taseselvityksen avulla kulut saadaan jaettua kulujen aiheuttajille ja samalla luodaan kannustin, jonka avulla oma tase ja sitä kautta koko sähköjärjestelmä pyritään pitämään jatkuvassa tasapainossa. Kaikkea kulutusta ja tuotantoa ei pystytä ennustamaan riittävän tarkasti, joten tasepoikkeamia syntyy väistämättä. Tasepoikkeamat tasataan kantaverkkoyhtiöltä hankittavalla tasesähköllä, jota ostetaan tasesähkömarkkinoilta. Pohjoismaissa tasesähkömarkkinoita ylläpitävät kansalliset kantaverkkoyhtiöt. Taseselvitys on toteutettu hajautetusti; jakeluverkkoyhtiöt vastaavat alueensa taseselvityksestä ja ilmoittavat alueensa kulutukset tasevastaaville. Tasevastaava vastaa taseselvityksessä avoimien toimistensa osalta ja eSett tasesähköyksikkö vastaa lopullisesta pohjoismaisesta taseselvityksestä. Pohjoismaissa on tällä hetkellä käytössä kaksi taseselvitystä; kulutus- ja tuotantotase (eSett 2019).

Tasevastaavalla tarkoitetaan toimijaa, jolla on voimassa oleva taseselvityssopimus eSett:in kanssa sekä sopimus tasehallinnasta kantaverkkoyhtiön kanssa. Tasevastaava voi toimia itsenäisenä toimijana tai muiden tuottajien, kuluttajien tai sähkömyyjien puolesta. Tasevastaava on vastuussa, että sen suunnittelema ja toteutunut sähkötase on joka tunnille tasapainossa. Lisäksi sen on laadittava eSettille taloudellinen selvitys tuotetun ja kulutetun sähkön tasepoikkeamista. eSett on pohjoismaisten kantaverkkoyhtiöiden omistama taseselvitysyksikkö, joka vastaa raportoinnista ja tasesähkön laskutuksesta. (eSett 2019)

### 2.5.1 Kulutus- ja tuotantotase

Pohjoismaissa on käytössä taseselvitysmalli, jossa lasketaan erikseen kulutus- ja tuotantotase. Suomessa alle 1 MW:n tuotanto lasketaan kulutustaseessa eikä erillisessä tuotantotaseessa.



Kuva 2.3 Tasevastaavat suorittavat oman kulutus- ja tuotantotaseen kuvan mukaisesti ja lähettävät sen eSetille. (eSett 2019)

Tuotantotaseen tasesähkössä tuotannon ja suunnitellun tuotannon poiketessa toisistaan syntyy lopulliseen tuotantotaseeseen poikkeamaa, joka täytyy tasata. Tuotannon ollessa vähemmän kuin suunniteltu on tase alijäämäinen ja tasevastaavan on ostettava lisää sähköä eSettiltä saadakseen tuotantonsa tasapainoon. Tuotannon ollessa suurempi kuin suunniteltu tuotanto, on tuotantotase ylijäämäinen. Ylijäämä tasoitetaan myymällä eSetille ylimääräinen sähkö. Tuotantotaseen sähkön hinnalle lasketaan hinta kaksihintajärjestelmällä mikä tarkoittaa, että

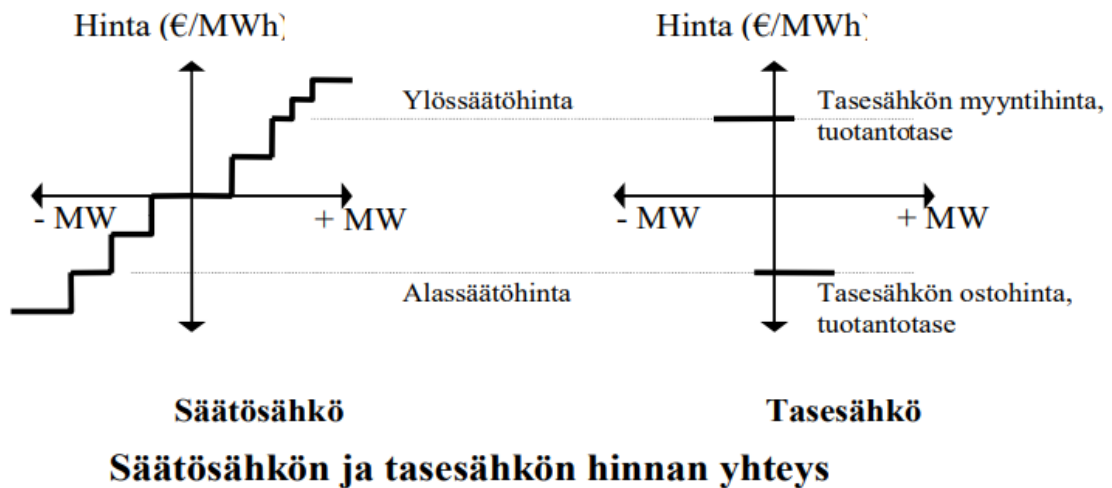
ostetulle tasesähkölle ja myydylle tasesähkölle lasketaan erillinen hinta. Hinnoittelua tarkastellaan tarkemmin kappaleessa 2.5.2 tasesähkön hinnoittelu.

Kulutustaseen tasesähkö muodostuu toteutuneesta kulutuksen, suunnitellusta tuotannosta ja sähkökaupoista. Kuten tuotantotaseessa ylijäämäinen sähkö myydään ja alijäämäinen sähkö ostetaan eSettiltä taseen tasoittamiseksi. Kulutustaseen tasesähkөөn käytetään yksihintamallia, jolloin myydyllä ja ostetulla tasesähköllä on sama hinta.

## **2.5.2 Tasesähkön hinnoittelu**

Tasesähkön tasepoikkeamien hinnoittelu perustuu tuntikohtaiseen vuorokausimarkkinoilla ja säätösähkömarkkinoilla määräytyvään sähkön hintaan. Hintaan vaikuttaa myös jos tunnille on tarvittu ylös- vai alassäätöä. Kun tunnin sisällä on ollut ylös- sekä alassäätöä laskutetaan enemmän käytetyn säädön perusteella. Ylössäätötunnin aikana tuotantoa on tarvinnut lisätä tai kulutusta laskea. Alassäätötunnin kohdalla vastaavasti tuotantoa on täytynyt laskea tai kulutusta lisätä. Ylössäätöhinta määräytyy kalleimman käytetyn ylössäätötarjouksen ja alassäätöhinta määräytyy taas halvimman alassäätötarjouksen perusteella. Ylös- ja alassäätökauppaa käydään säätösähkömarkkinoilla (Fingrid 2019c). eSett laskuttaa myös muilla maksuilla, joiden avulla eSett kattaa käyttökustannukset ja osan reservikustannuksista.

Tuotantotaseen hinnoittelu perustuu kaksihintamalliin, jossa sähkön myyntihinnalle ja ostohinnalle määräytyy erillinen hinta. Ylössäätötunnilla tuotantotaseen ollessa alijäämäinen ostaa tasevastaava eSetiltä tasesähköä ylössäätöhinnalla. Tuotantotaseen vastaavasti ollessa ylijäämäinen eSett ostaa sähkön tunnin Elspot-FIN hinnalla. Alassäätötunnilla tuotantotaseenollessa alijäämäinen ostaa tasevastaava eSettiltä tasesähköä Elspotin Suomen aluehinnalla ja ylijäämäisen sähkön eSett ostaa alassäätöhinnalla. Ylössäätötunnilla ylössäätöhinta on aina kalliimpi kuin sähköpörssihinta ja alassäätötunnilla alassäätöhinta matalampi kuin sähköpörssihinta. Näin kannustetaan pitämään oma sähkötase jatkuvassa tasapainossa. Kuitenkin jos säätö tunnin ajalta on saman suuntainen kuin oma tase, eikä tase ole tasapainossa, ei siitä rangaista, mutta estetään hyötyminen. Kuvassa 2.3.2 on esitetty säätösähkön ja tasesähkön hinnan yhteys.



Kuva 2.4 Kuvassa esitetty säätösähkön ja tasesähkön hinnan yhteys. Kuvasta nähdään tunnin säätösähkö ylössäätö- ja alassäätö-tarjoukset, joiden perusteella tuotantotaseen yli- tai alijäämäinen tasepoikkeaman tasaaminen hinnoitellaan. (Partanen 2019)

Kulutustaseen tasesähkön hinta perustuu yksihintajärjestelmään, jolloin osto- ja myyntihinta ovat samansuuruiset. Tällöin ylössäätötunnilla kulutustaseen yli- ja alijäämäisestä kulutustaseesta maksetaan tasepoikkeaman tasaamisesta ylössäätöhintaa. Vastaavasta alassäätötunnilla maksetaan molemmista poikkeamista alassäätöhintaa.

Taseselvityksen pohjalta tasavastaava maksaa eSetille kaikesta kulutuksesta kulutusmaksua ja kaikesta tuotannosta tuotantomaksua. Näiden hinta määräytyy tuntikohtaisesti tuotettua ja kulutettua megawattituntia kohden (EUR/MWh). Tasevastaavan kulutustaseen yli- ja alijäämäisistä poikkeamista peritään myös volyymimaksua, joka laskutetaan jokaiselta käyttötunnilta (EUR/MWh). Tasevastaava myös maksaa viikkomaksua, jota peritään jokaiselta aktiiviselta viikolta ja maalta, millä tasevastaava on toiminut. Viikkomaksu on korkeintaan kolminkertainen. Esimerkiksi tasevastaava, joka toimii Suomessa ja Ruotsissa maksaa kaksinkertaista viikkomaksua (EUR/viikko).

### 3. VARTTITASE

EU:n päätöksestä siirtyä 15 minuutin taseselvitysjaksoon, aloitti pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt selvitystyön selvittääkseen uuden aikaresoluution vaikutuksia ja edellytyksistä pohjoismaisessa sähköverkko- ja markkinajärjestelmässä. Pohjoismainen sähkömarkkinajärjestelmä perustuu tiukkaan yhteistyöhön pohjoismaiden kesken, minkä vuoksi kantaverkkoyhtiöt perustivat yhdessä Nordic Balancing Model (NBM) hankkeen. NBM:n tarkoitus on kehittää tasehallinnan markkinasääntöjä, sähköjärjestelmän käytön prosesseja ja prosesseihin liittyviä IT-järjestelmiä pohjoismaisessa järjestelmässä ja liittymisessä Euroopan sähkömarkkinajärjestelmään. Fingrid toimii Suomessa uuden taseselvityshankkeen koordinoijana. Fingrid yhdessä Suomalaisten sidosryhmien kanssa on järjestänyt webinaareja ja erilaisia selvityksiä, joiden pohjalta on uuden taseselvityksen vaikutuksia tarkoitettu selvittää mahdollisimman hyvin. Pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt ilmoittivat marraskuussa 2019 hakevansa viranomaisilta lykkäystä 15 minuutin taseselvityksen siirtämistä 2020 ensimmäisenä neljänneksen aikana. Kantaverkkoyhtiöt odottavat tarkempia viranomaispäätöksiä uudesta taseselvitysmallista (Fingrid 2019e).

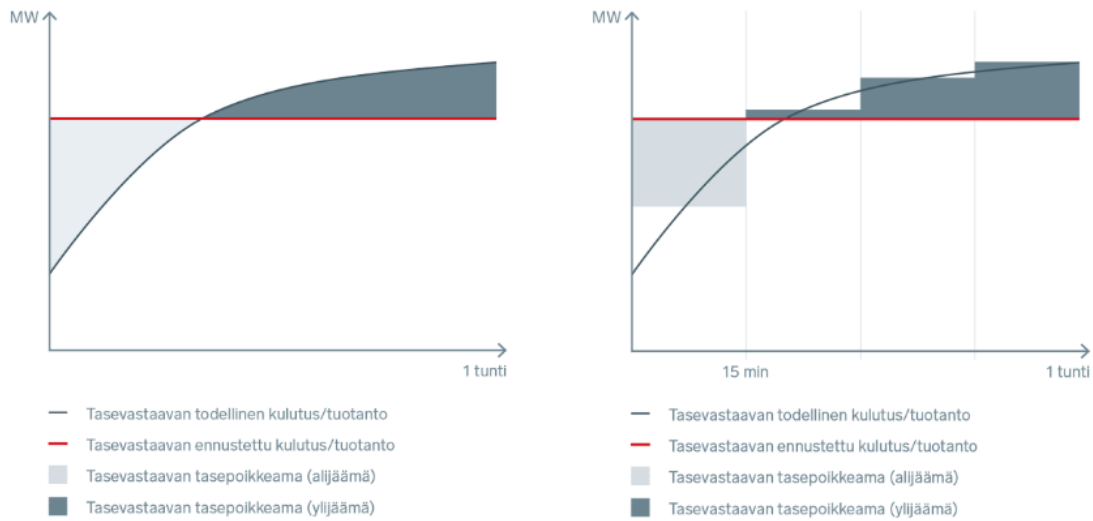
#### 3.1 Taseselvityksen uudistamiseen ajavat tekijät

Energiamurroksen odotetaan tuovan suuria muutoksia nyt ja lähivuosina energian tuotantoon ja kulutukseen. Energiamurroksella tarkoitetaan globaalia ilmiötä, jossa energiantuotanto- ja kulutusjärjestelmät muuttuvat perustavanlaatuisesti. Uudet älykkäät sähköjärjestelmät, energianvarastointi ja uusiutuvan energian lisääntyminen ajavat uudenlaiseen energiajärjestelmään, joka johtaa energiajärjestelmän ja taloudellisten rakenteiden suuriin muutoksiin. 15 minuutin taseselvityksen avulla pyritään luomaan sähköjärjestelmä, joka vastaa paremmin murroksen tuomiin haasteisiin niin teknisesti kuin taloudellisesti (Smart Energy Transition 2019). Varttitaseeseen siirtyminen tarkoittaa uuteen 15 minuutin aikaresoluutioon siirtymistä taseselvityksessä sekä 15 minuutin kaupankäyntijaksoihin päivänsisäisillä- ja säätösähkömarkkinoilla (Fingrid 2019d). Markkinat, jotka eivät siirry 15 minuutin kaupankäyntijaksoihin tullaan edelleen myymään tunnin jaksoissa, mutta taseselvityksessä tunnin kokonaisteho tullaan jakamaan tasan jokaiselle 15 minuutille.

##### 3.1.1 Tasevastaavan todellinen kulutus

Varttitaseeseen siirtymisessä pyritään erityisesti saamaan koko sähköverkon kulutus ja tuotanto pysymään paremmin tasapainossa ja vähentämään kantaverkkoyhtiöiden tekemää taajuuden säätöä. Tällä hetkellä tunnin taseselvityksessä kuluttajan kulutus voi vaihdella tunnin sisällä runsaasti, mikä aiheuttaa tarvetta tasapainotukselle. 15 minuutin taseselvitys huomioi paremmin tasepoikkeamia ja niistä aiheutuvia kustannuksia, jotka tunnin taseselvityksessä netottuvat eli kumoavat toisensa. Tunnin taseen päättyessä tasapainoon ei tunnin sisällä vaadittua tasapainotusta voida laskuttaa kuluttajalta, koska tunnin kulutus on päättyä tasapainoon, jolloin tasevastaava on toiminut juuri kuten nykyinen tasejärjestelmä haluaa. Tällöin verkontasapainotuksesta aiheutuneet kustannukset jäävät verkontasapainon ylläpitäjälle. Kuvassa 3.1 visualisoitua tunnin ja 15 minuutin eroa huomioida tasepoikkeamaan todellista kulutus ja kuinka tunnin sisäinen tuotanto ja kulutus netottuvat.

## Tasepoikkeamat



Kuva 3.1 Kuvassa simuloidaan tasevastaavan todellista kulutusta verrattuna ennustettuun kulutukseen. Varttitaseen avulla tarkoitus kohdentaa tasepoikkeamien aiheuttamien kustannusten jakamista tarkemmin niiden aiheuttajille. (Fingrid 2019d)

Varttitaseeseen siirtymisen avulla kannustetaan tasevastaavaa hallitsemaan tasettaan tarkemmin ja kohdistamaan sähköjärjestelmälle aiheutuvat kustannukset aiheuttajien kesken sekä lisäämään sähköjärjestelmän markkinaehtoista tasapainotusta. Varttitase antaa lisäksi paremmat mahdollisuudet tasapainottaa omaa tasetta lähempänä käyttöhetkeä päivänsisäisillä markkinoilla. Varttitase luo markkinoille joustavuutta ja uusia ansaintamahdollisuuksia säätökykyiselle tuotannolle ja kulutukselle (Fingrid 2019d).

## 3.2 Mitä asioita tullaan muuttamaan

Varttitaseeseen siirtyminen on tarkoitus toteuttaa hajautetusti. Muutokset koskevat erityisesti tasehallintaa ja sen hinnoittelua. Tasehallinnan on tarkoitus muuttua uusiutuvia energialähteitä paremmin hyödyntäväksi ja parantaa koko pohjoismaisen sähköverkkojärjestelmän ylläpitoa ja sähkönlaatua. Myös pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla tapahtuu muutoksia, tarkoitus on ottaa käyttöön uusia 15 minuutin tuotteita. Muutokset tulevat vaatimaan erityisesti IT-järjestelmien uusimista ja automaation lisäämistä, sillä ihminen ei lyhyemmän ajanjaksoon siirtymisen takia ehdi reagoimaan verkossa tapahtuviin muutoksiin riittävän tehokkaasti.

### 3.2.1 Yhden taseen ja yhden hinnan malli

Pohjoismaissa on tarkoitus siirtyä erillisestä kulutus- ja tuotantotaseesta eli kaksitasemallista yksitasemalliin. Siirtyminen uuteen tasemalliin perustuu EU:n antamiin sähkömarkkinoiden uusiin suuntaviivoihin, jotka vaativat kaikkia Euroopan maita siirtymään harmoniseen 15 minuutin taseselvitysjaksoon. Yhdenmukainen pohjoismainen yksitasemalli ei suuresti poikkeaisi nykyisestä taselaskennasta. Se sisältäisi samoja komponentteja kuin kulutus- ja tuotantotase. Kuvassa 3.2 esitetty harmonisoidun tasepoikkeaman laskentamalli (NBM 2019c).



Kuva 3.2 Uusi pohjoismainen harmoninen taseselvitysmalli. (NBM 2019c)

Uusi tasemalli on pohjaltaan samanlainen kuin nykyinen kulutustase, mutta suunnitellun tuotannon tilalla on todellinen tuotanto sekä tuotannon ja kulutuksen epätasapainosta aiheutunut säätö on yhdistetty. Uudessa mallissa tuotantosuunnitelmaa ei huomioida sähkötaseessa, mutta kantaverkkoyhtiöt tulevat tarvitsemaan tulevaisuudessakin laadukkaita tuotantosuunnitelmia, joita tullaan käsittelemään erillään taseselvityksestä (Fingrid 2018a). Uuden tasemallin tarkoitus on yksinkertaistaa epätasapainon säätämistä, pyrkiä tasa-arvoisempaan kohteluun tasapainonotuspalvelun tarjoajien ja kuluttajien kesken, helpottaa pienempien joustavien yksiköiden osallistumista säätömarkkinoille sekä yhdistää pienet tuotantomuodot energian tasapainotuksen kanssa. Pohjoismaissa on tällä hetkellä käytössä maakohtaisia rajoitteita, joiden perusteella tuotantoa lasketaan joko tuotanto- tai kulutustaseessa. Uuden taseselvityksen tarkoitus on luoda yksi yhteinen järjestelmä, jossa maakohtaisia rajoituksia ei olisi. (NBM 2019c)

Yksitasemalliin siirtyessä on tarkoitus siirtyä myös yhden tasesähkön hinnan malliin. Tämä tarkoittaa, että tasesähkölle olisi sama osto- ja myyntihinta. Yksihintajärjestelmä olisi sama kuin nykyisessä kulutustaseessa. Säätösähkön hinnan avulla on tarkoitus ohjata tasevastaavien käytöstä, minkä vuoksi tasesähkön hinnoittelulla on suuri merkitys verkon tasapainoon ja ohjaukseen. Yksihintamallilla pyritään luomaan kannustin, jonka avulla tasevastaava pyrkii pitämään oman taseensa tasapainossa kuten kaksihintamallissakin. Lisätua yksihintamalli tuo luomalla kannustimen vähentämään epätasapainoa, joka rasittaa koko järjestelmää ja antaa mahdollisuuden säätää omaa tasetta epätasapainoon, kun se tukee järjestelmän tilaa. Näin ollen tasevastaavat pyritään saamaan aktiivisempaan rooliin kantaverkkoyhtiöiden kanssa verkon tasapainon ylläpidossa. Yksihintajärjestelmä tarkoittaa siis, että kaikki sähköjärjestelmän epätasapaino korvataan hinnalla, joka heijastaa sähkön hintaa hallitsevassa energiatarpeen suunnassa. Hinta johdetaan sen hetkisestä rajahinnasta säätömarkkinoilta. Kuitenkin tilanteessa, jossa verkon tasapainotukseen on tarvittu sekä alas- että ylössäätöä, tasevastaava maksaa säädöstä sen mukaan kumpaa säätöä hänen sähkötaseensa on vaatinut ja säädön hinta seuraa säätömarkkinoiden hintaa ylös- tai alassäädön perusteella. Taseen säätöä epätasapainoon ei kaksihintajärjestelmä kannusta, koska tasesähkön hintaa ei nykyisessä mallissa ole suunniteltu houkuttelemaan tasevastaavia muokkaamaan omaa tasettaan mahdolliseen epätasapainoon. (NBM 2019c)

### 3.2.2 Yksihintamallin mahdolliset haasteet

Yksihintamallilla uskotaan olevan syvällisiä vaikutuksia taseselvitykseen. Uudella taseselvityksellä ja yksihintajärjestelmällä halutaan luoda taloudellisia kannustimia, joiden avulla tasevastaava pyrkii välttämään taseen epätasapainon pahentamista tai hyötymään oman taseen epätasapainosta, jos koko järjestelmä hyötymänsä siitä. Eli tilanteessa jos tasevastaavan tase on ylijäämäinen ja järjestelmä vaatii ylössäätöä tasapainon saamiseksi tasevastaava hyötymänsä siitä, koska tasevastaavan ylijäämäenergiaa voidaan hyödyntää koko järjestelmän ylläpidossa. Yksihintamallin uskotaan luovan itsesäätelyä tasevastaavien keskuudessa. Itsesäätelyn avulla tasevastaavat pyrkivät muokkaamaan taseensa mahdollisimman kannattavaksi



tavoitellen mahdollisimman hyvää tuottoa ja samalla he tasapainottavat koko sähköjärjestelmää. Itsesäätelyllä on kuitenkin riskinsä. On arvioutu, että itsesäätelyn kannustimet voivat aiheuttaa haittaa erityisesti kolmella eri tavalla sähköjärjestelmän ohjaukselle. Liian voimakkaalla tasevastaavien itsesäätelyllä voidaan ylikompensoida epätasapainotilaa, joka vastavasti laukaisee vastakkaissuuntaisen säädön tarpeen. Pahimmillaan luodaan jatkuva yli-suurta värähtelyä epätasapainotilojen välillä, mitä kantaverkkoyhtiöiden on vaikea säädellä. Toiseksi globaaleilla markkinoilla itsesäätely voi luoda rajayhteyksillä voimakasta siirtotarvetta, joka rasittaa käytettävissä olevaa siirtokapasiteettia. Tämä puolestaan laukaisee sähkön tarjouskilpailun, johon sisältyy systeemin epätasapainotus, siirtokapasiteetin rajoitukset ja markkinoiden jakautuminen, mikä aiheuttaa sähkönhinnan vääristymistä turhasta säätelystä. Kolmas itsesäätelyn haitta voi olla tilanne, jossa säätösähkönhinta ei heijasta hinta-alueiden siirtorajoituksia. Hinta-alueella voi syntyä vahvaa haitallista itsesäätelykäyttäytymistä, joka vaikuttaa vastakkaissuuntaisesti ja laukaisee jälleen uutta vastakkaissuuntaista itsesäätelyä. (NBM 2019a)

On myös huomioitava, että tällä hetkellä hintoja ei ole julkaistu reaaliajassa vaan tieto säätösähkönhinnasta julkaistaan käyttötunnin jälkeen. Reaaliaikaisen hintainformaation palaute systeemin tasapainotilasta yhdistettynä yksihintajärjestelmään luovat kannustimen itsesäätelylle. Itsesäätelyä ei siis synny, jos tieto systeemin tasapainotilasta julkaistaan myöhässä, koska tällöin ei tasevastaavalla ole mahdollisuutta reagoida oman taseeseensa ja sähköjärjestelmän tilaan riittävän nopeasti, josta tasevastaavalle olisi hyötyä. Jos taas tieto järjestelmän tilasta julkaistaan hyvin lyhyellä viiveellä systeemitasapainon alkaa värähdellä tasapainotilan molemmilla puolilla, koska tasevastaavat saavat riittävän nopeasti tiedon sähköjärjestelmän tilasta ja alkavat todennäköisesti ylikompensoidaan epätasapainotilaa. (NBM 2019a)

Koska uudessa taselaskennassa ei erikseen huomioida tuotantosuunnitelmia, o kantaverkkoyhtiöt huolissaan tuotantosuunnitelmien laadusta. Tasevastaavien tuotantosuunnitelmien ja kantaverkkoyhtiön omien tuotanto ja kulutus suunnitelmien pohjalta määritetään toiminta, jolla kantaverkkoyhtiöt ylläpitävät verkkoa. Nykyisessä mallissa tuotantosuunnitelma on sisältynyt taselaskelmaan mukaan, jolloin laadukas tuotantosuunnitelma on ollut taloudellisesti kannattavaa tehdä. Uudessa taselaskentamallissa tuotantosuunnitelmia ei ole tarkoitus ottaa huomioon, joten kantaverkkoyhtiöt pelkäävät laadun heikkenevän, kun tuotantosuunnitelmiin ei liity taloudellista kannustinta (NBM 2019a).

### 3.2.3 Pörssin 15 minuutin tuotteet

Tällä hetkellä Nord Pool on suunnitellut ottaa 15 minuutin tuotteet käyttöön Elbas-markkinoilla ja mahdollisesti suunnitteilla on 15 minuutin tuotteita myös muille markkinapaikoille. Uudet 15 minuutin tuotteet on tarkoitus ottaa käyttöön Elbas-markkinoilla vuoden 2020 viimeisellä neljänneksellä. 15 minuutin tuotteiden on tarkoitus mahdollistaa tasevastaavia reagoimaan oman taseen ja järjestelmän tasapainoon paremmin, kun siirrytään 15 minuutin taseselvitykseen ja yksitasemalliin. 15 minuutin tuotteilla parannetaan tasevastaavien itsesäätelyä ja pyritään näin ollen parantamaan koko järjestelmän tasapainotusta, kuten kappaleessa 3.2.2 käydään läpi. Elspot-markkinoilla olevat tuotteet tullaan siis myymään tunnin aikajaksoissa, mikä tarkoittaa, että taseselvityksessä tunnin tuotteet ja mittaukset jaetaan neljällä, jonka jälkeen ne voidaan yhdistää 15 minuutin tuotteiden kanssa

### 3.3 Varttitaseen kanssa integroidut muutokset

Varttitaseen kanssa on tarkoitus ottaa käyttöön muitakin sähkömarkkinoita ja verkonylläpitoa kehittäviä sovelluksia, joita avulla varttitaseeseen siirtyminen pyritään mahdollistamaan. Pohjoismaissa on tarkoitus siirtyä keskitetystä taajuudenhallinnasta alueelliseen taajuudenhallintaan, jossa kantaverkkoyhtiöt varmistavat omien alueidensa taajuuden tasapainotuksesta. Tätä varten on tarkoitus avata markkinapaikka pohjoismaisille automaattisen taajuudenhallintareserville (aFRR) ja manuaaliselle taajuudenhallintareserville (mFRR). Lisäksi vähittäismarkkinoilla toimivien sähkönmyyjien ja verkkoyhtiöiden toimintaa pyritään yksinkertaistamaan luomalla yksi tietojärjestelmä, jossa kaikki informaatio pyritään jakamaan ja säilömään.

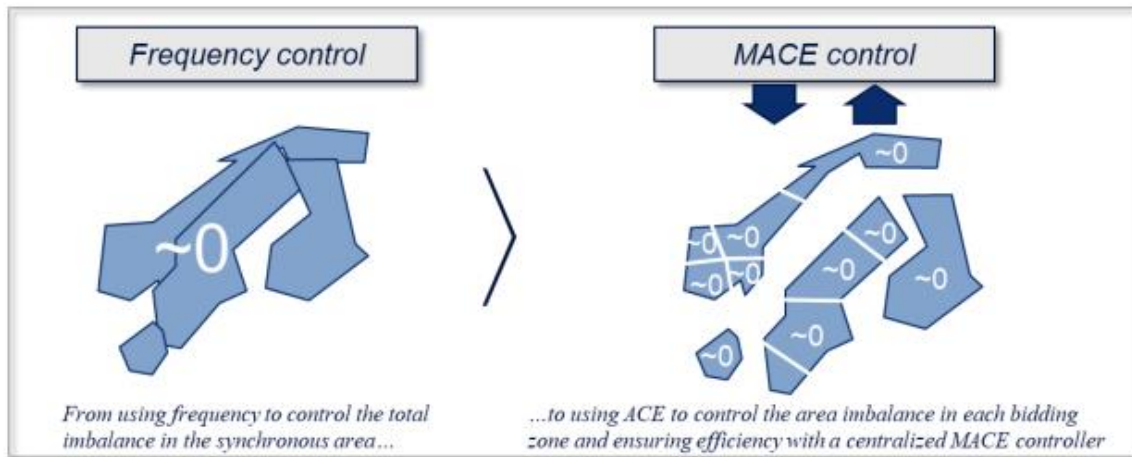
#### 3.3.1 Datahub

Varttitaseeseen siirtyminen edellyttää runsaasti lisääntyvän tiedon siirtoa ja käsittelyä. Erittäin reaalitajuiselle tiedon siirrolle on tarvetta nyt ja tulevaisuudessa. Kaiken tämän tiedon siirtäminen tapahtuu tällä hetkellä eri yhtiöillä erilaisissa järjestelmissä. Yksi uusista varttitasetta tukevista tietojärjestelmistä on Datahub. Datahubin tarkoitus on uudistaa vähittäismarkkinoiden tiedonsiirto. Lopputuloksena on keskitetty synkroninen tiedonvaihtojärjestelmä, jossa kaikki sähkönmyyjät, jakeluverkkoyhtiöt, palvelujentarjoajat sekä kuluttaja vaihtavat tarvitsemansa tiedon. Synkronisella tarkoitetaan, että Datahub vastaa osapuolen ilmoitukseen välittömästi. Datahubissa on tarkoitus keskittää kaikki asiakas-, mittaus- ja käyttöpaikkatiedot yhteen järjestelmään.

Datahubin avulla on tarkoitus suorittaa taseselvityksen laskennat ja jakeluverkon suorittamien mittaustietojen jakaminen. Jakeluverkkoyhtiö ilmoittaa Datahubille mittauseränsä taseselvitystiedot, joiden ylläpito on jakeluverkon vastuulla. Taseselvitystiedot koostuvat rakenteellisista tiedoista sekä mittaus- ja aikasarjatiedoista. Nämä tiedot sähkönmyyjä pystyy hakemaan Datahubista ja eSett saa Datahubin laskemat taseselvityslaskennat, joiden avulla eSett voi suorittaa virallisen taseselvityksen. Datahubin avulla on myös tarkoitus korjata taseselvityksen virheitä. Datahub oli tarkoitus ottaa käyttöön ennen varttitaseeseen siirtymistä, mutta hankkeen käyttöönottoa tullaan siirtämään vuoteen 2022. Varttitaseeseen siirtymisen jälkeen Datahub tulee laskemaan taseselvityksen tiedot vartin aika-askeleella. Tuntimittausten osalta tuntikohtaiset tiedot jaetaan neljällä ennen kuin ne yhdistetään taseselvityksessä 15 minuutin tietojen kanssa. (Fingrid 2019b).

#### 3.3.2 Pohjoismaiset aFRR ja mFRR kapasiteetti markkinat

Nykyisessä järjestelmässä taajuuden tasapainoa ylläpidetään keskitetysti Norjan ja Ruotsin kantaverkkoyhtiöiden taajuuden ohjauksella ja valvonnalla. Taajuuden laatu on heikennyt viime vuosina. Pullonkaulojen hallinta sekä uusien kehityssuuntien tuomat muutokset sähkömarkkinoilla, automaatiassa ja päätöksenteossa ovat tuoneet haasteita kantaverkkoyhtiöille, minkä vuoksi taajuudensäädön ylläpito on tuottanut vaikeuksia kantaverkkoyhtiöille. Tämän vuoksi kantaverkkoyhtiöt ovat sopineet uudesta pohjoismaisesta tasehallinnasta. Pohjoismaiset kantaverkonhaltijat valmistautuvat uuden tasehallintamallin MACE:n käyttöönottoon. Uudessa mallissa kantaverkkoyhtiöt säättävät joka hetki oman alueensa tasapainoa. Kuvassa 3.3 on esitetty uusien kantaverkkoyhtiöiden vastualueet MACE-mallissa, mitkä vastaavat tarjousvyöhykkeitä.



Kuva 3.3 Kuvassa esitetty nykyisestä taajuudenhallinnasta siirtymien uuteen aluehallintaa (M)ACE (Statnett 2017).

Koko pohjoismainen sähköjärjestelmä pidetään tasapainossa, kun kukin alue säädetään joka hetki tasapainoon. Tasapainotuksessa suuressa roolissa tulee olemaan pohjoismaiset aFRR ja mFRR-reservimarkkinat. MACE- mallissa tarvitaan parempaa päätöksentekotukea ja automaatiota. On mFRR päivitettävä, jotta automaatioita voidaan lisätä. Tärkeintä uudessa mFRR prosessissa on, että kysyntä mFRR:lle määritetään tarjousvyöhykettä kohden. Näin ollen kantaverkkoyhtiöt voivat optimoida saatavissa olevien tarjousten ja siirtokapasiteetti- rajoitusten perusteella hankkimansa taajuudensäätöreservinsä. Optimoinnin avulla varmistetaan, että halvin tarjous käytetään ensin ja siirtoverkkojen kapasiteetti käytetään tehokkaasti (NBM 2019b). Eurooppalainen mFRR standardituote on tarkoitus ottaa käyttöön myös pohjoismaisilla markkinoilla, jotta taajuutta on mahdollista säätää 15 minuutin ajanjaksoissa. Ennen kuin pohjoismaat siirtyvä MARI alustalle, käytetään siirtymäkaudella mFRR-tuotteella seuraavia vaatimuksia. Täysi aktivointiaika mFRR-tuotteella on 12,5 minuuttia, myynti 15 minuutin ajanjaksoissa, kaupankäynti sulkeutuu 25 minuuttia ennen käyttö hetkeä ja minimitarjous 1MW. AFRR:rän on tarkoitus korjata reaaliaikaista säätövirhettä ja optimein aFRR kapasiteetti on tarkoitus valita samalla tavalla kuin mFRR. Jokaisella tarjousalueella toimii oma aFRR laskenta, jonka perusteella korjataan alueen tasevirhettä. Tarjoukset aFRR tuotteille optimoidaan hyödyntäen kaikkia alueen tarjouksia valitsemalla halvin ensin ja huomioimalla siirtokapasiteettirajoitukset. AFRR-markkinoille osallistumiselle ei olla asettamassa vaatimuksia, mutta tarjottavien tuotteiden on oltava linjassa aFRR standardituotteiden kanssa, mikä tulee olemaan standardi tuote koko Euroopassa. Pohjoismaisten aFRR- markkinoiden on tarkoitus liittyä tulevaisuudessa Euroopan laajuisille PICASSO alustalle. Samalla tavalla kuin mFRR-markkinat MARI alustalle. Tällöin eurooppalainen tavoite yhtenäisistä reservimarkkinoista voidaan mahdollisesti saavuttaa. Täysiaktiivisuus aika aFRR-tuotteille tulee olemaan viisi minuuttia. Pohjoismaiset aFRR-markkinat on suunniteltu ottaa käyttöön vuonna 2020 ja mFRR-markkinat 2021. Reservituotteiden (mFRR ja aFRR) määrää on tarkoitus lisätä portaittain pohjoismaisilla markkinoilla ensin tunnin ajanjaksoissa ja siirtyä 15 minuutin ajanjaksoihin vuonna 2022. aFRR-kapasiteettimarkkinoita pidetään tärkeänä kulmakivenä 15 minuutin taseselvityksen käyttöönotossa, koska aFRR-kapasiteettimarkkinoiden uskotaan yhdessä siirtokapasiteetin tehokkaan käytön kanssa tehostavan säätöreservien käyttöä siellä missä se on kustannustehokkainta (NBM 2019b). Luopumalla kansallisista markkinoista ja siirtymällä pohjoismaisiin markkinoihin pyritään luomaan lisää säätöreservejä, joiden tuotanto on mahdollisimman edullista, mutta

unohtamatta huomioida siirtokapasiteettirajoituksia, jotta hinta vastaa mahdollisimman hyvin säätösähkön todellista hintaa.

#### 4. VARTTITASEEN VAIKUTUKSET TUKKU- JA VÄHITTÄISMARKKINOILLA

Siirtyminen 15 minuutin taseselvitykseen tuo erityisesti muutoksia tukkumarkkinoille, koska suurin osa varttitaseen tuomista uudistuksista koskee taseselvitystä, jossa osallisia ovat sähkön tuottajat, myyjät ja verkkoyhtiöt. Uudistukset vaativat esimerkiksi sähköverkkojen parantamista, uusia mittalaitteita, IT-päivityksiä ja koulutuksen lisäämistä. Tärkeimpänä kuitenkin tasevastaavien toiminnan kehittäminen verkon ylläpitoa tukevaksi. Välillisesti tämä tulee näkymään kuluttajilla, koska suuret investoinnit tulevat näkymään niin sähkön hinnassa kuin sähkön siirtohinnoissa.

Sähkömarkkinoilla erityisesti Elbas-markkinoiden merkityksen uskotaan kasvavan, kun sääriippuvaisen tuotannon määrä kasvaa jatkuvasti. Sääriippuvaisen tuotannon ennustaminen on hankalaa, jonka vuoksi tuotannon ennustettavuus siirtyy lähemmäksi toimitustuntia. Kun tuotannosta suurempi osa siirtyy lähemmäksi toimitustuntia, on ymmärrettävästi kulutuksenkin ostettava sähköä lähempänä toimitustuntia. Samaan aikaan, jos sähköjärjestelmän tasapainon tilaa koskeva informaatio on saatavilla tasevastaaville riittävän lyhyellä viiveellä itsesäätely lisää päivän sisäisten kauppojen tekoa. Markkinoilla toimiville sähkömyyjille ja tasevastaaville on myös erityisen tärkeätä, että taseselvityksen tapahtuessa varttiresoluutiossa ja mittauksen siirtyessä varttimittaukseen. Tasevastaavien olisi pystyttävä kontrolloimaan tasettaan riittävästi varttitasolla. Tämä tarkoittaa, että tasavastaavien on pystyttävä käymään kauppaa 15 minuutin tuotteilla mahdollisimman paljon, koska tunnintuotteet voidaan jakaa vain neljään osaan, eivätkä tunnin tuotteet todennäköisesti mahdollista riittävän monipuolista tasehallintaa. Kun Nord Pooliin on suunniteltu käyttöönotettavan vartintuotteet vain Elbas- markkinoille. Siirtää se mahdollisesti Elspot-markkinoiden volyymiaan Elbas-markkinoille. Kaiken edellä mainitun uskotaan lisäävän volyymia Elbas-markkinoilla, minkä vuoksi markkinatoimijat epäilevätkin Elbas-markkinoiden likviditeetin riittävyyttä kasvavaan tarpeeseen. Sähkömyyjät toivovat, että eri verkonhaltijat siirtyisivät samanaikaisesti varttimittaukseen, jotta sähkömyyjälle ei syntyisi ylimääräisiä kuluja. Johtuen asiakkaiden sijainnista eri verkonhaltioiden alueella, milloin asiakkaat voisivat joutua eriarvoiseen asemaan johtuen asiakkaan kulutusmittarin aikaresoluutiosta. Kun suurin osa jakeluverkosta on varttimittauksen piirissä, on tasevastaavan tasevirheen kohdentaminen helpompaa sen aiheuttajalle. (Energiateollisuus 2019a). Tämä voi olla todellisuudessa hyvin haastavaa, koska se vaatisi järjestelmällisesti kaikkia verkkoyhtiöitä samanaikaiseen kulutusmittareiden uusimiseen. Mahdollista muutaman vuoden siirtymäaikaa tullaan käyttämään, jonka vuoksi on todennäköistä, että sähkömyyjän asiakkailla on eri aikaresoluutiota kulutusmittauksessa.

Tulevaisuudessa olisi hyvä lisätä myös vuorokausimarkkinoille 15 minuutin tuotteita, mutta täysin tunnin tuotteista luopuminen ei tällä hetkellä kuulosta järkevältä, koska tasaista kulutusta (pohjakulutusta) on suhteellisen paljon ja sitä on suhteellisen helppo ennustaa, jolloin se on mahdollista kattaa mittaustilastojen pohjalta tunnin tuotteilla ja lopullinen säätö voitaisiin tehdä 15 minuutin tuotteilla. Päivän sisäisten markkinoiden ja säätömarkkinoiden siirtyessä vartinajanjaksoon uskotaan yleisesti parantavan mahdollisuuksia joustavan tuotannon ja suurasiakkaiden kysyntäjousten hyödyntämiseen, jonka avulla on tarkoitus turvata nykyinen markkinamallin säilyminen. Kysyntäjousteilla tarkoitetaan sähkökulutuksen ohjaamista sähkön kulutuksen ja tuotannon tasapainottamiseen. Vartin ajanjaksoon siirtymisen pitäisi

helpottaa myös kaupankäyntiä Euroopan kanssa, koska kaupankäyntijakso olisi sama. Yleisesti varttitaseen käyttöönoton uskotaan lisäämään sähkönhinnan vaihteluja, joka seuraa todellista sähköntuotantohintaa (Fingrid 2018b). Kysyntä jouston ja sähkönhinnan vaihtelua tarjoaa kuluttajille oivan mahdollisuuden maksimoida voitto sähkömarkkinoilla, kuitenkin unohtamatta samalla suurentuvia riskejä. Jos kuluttajien sähkönsopimukset säilyvät kiinteissä kWh hinnoissa on todennäköistä, että kuluttajan sähkönhinta nousee, koska muuten sähkönhinnan vaihtelun riski jää kokonaan sähkön myyjille.

Yksittäiselle kuluttajalle suurin kysymys on uudet kulutusmittarit, koska ne ovat näkyvin osa sähkön kulutuksen seuraamisessa ja laskutuksessa. Sähkömarkkinalaissa on määrätty, että verkkoyhtiöllä eli jakeluverkonhaltijoiden on järjestettävä sähköverkossaan sähkömitoitusten mittausta, jonka vuoksi heidän on investoitava lähivuosina uusiin älykkäisiin kulutusmittareihin, jotka mahdollistavat mittauksen viidentoistaminuutin ajanjaksoissa (Sähkömarkkinalaki 2013). Arvioitu käyttöönotto uusille älykkäille kulutusmittareille on vuosina 2022-2028. Uusien mittareiden investointikustannus on arvioitu olevan noin 700milj. euroa Energiaviraston määrittämällä yksikköhinnoilla, joka tulevat näkymään kuluttajien siirtohinnoissa (Pöyry 2017). Tasevastaavien vastuun kasvaessa verkon ylläpidosta on hyvin todennäköistä, että sähkömyyjät tulevat siirtämään vastuuta myös pienkuluttajille. Tällöin kuluttajan aiheuttamista tehopiikeistä tullaan suurella todennäköisyydellä laskuttamaan, jolloin verkossa tapahtuvien epätasapainotilojen aiheuttajat joutuvat suoraan maksamaan aiheuttamistaan yllättävistä säädöntarpeista. Sähkömyyjät voisivat toteuttaa tämän hintojen nostoilla tai luopumalla perinteisesti suosiossa olleesta kiinteästä kWh-laskutuksesta ja siirtymällä laskutusmuotoon, jossa laskutusta voidaan kohdentaa asiakkaan aiheuttamista suurista kulutusheilahduksista. Vaikka hetkellisesti kuluttajien sähkön hinnat nousivat erilaisten investointien ja muutoksesta aiheutuvista muista kuluista. Pitkällä tähtäimellä tasejakson poikkeamien pitäisi pienentyä, kun tasevastaavat pystyvät säätämään taseensa tarkemmin tunnin sisällä, mikä merkitsee käyttövarmuuden parantumisesta sekä sähkökäyttäjien maksamien reservi- ja säätökustannusten pienenemistä.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tutkittiin millaisia muutoksia tasemallin muutos aiheuttaa (ja tässä keskeisessä osassa 15 minuutin aikaresoluutio) pohjoismaiseen taseselvitykseen, millaisia vaikutuksia sillä on pohjoismaisiin sähkömarkkinoihin ja erityisesti tukkumarkkinoihin. Pohjoismaissa on tarkoitus ottaa käyttöön yhtenäinen yksitasemalli, jossa tasesähkölle on yksihinta ja taseselvitys tehdään 15 minuutin aikaresoluutiolla. Uuden tasemallin ja hinnoittelun avulla on tarkoitus ohjata sähkömarkkinoilla toimivien tasevastaavien käyttäytymistä ja mahdollistaa paremmin markkinavetoinen sähköjärjestelmän tasapainotus. Tällä hetkellä kantaverkkoyhtiöt luovat erilaisia malleja, joiden pohjalta yhdessä sidosryhmien kanssa on tarkoitus päättää lopullisen taseselvityksen yksityiskohdista. Uuden taselaskennan ja hinnoittelun avulla kantaverkkoyhtiöt uskovat luovansa riittävän taloudellisen kannustimen, jonka avulla tasevastaavat itse säätelisivät tasetta sähköjärjestelmän tasapainoa tukevaksi. Lopullisten vaikutusten arviointi on kuitenkin hyvin haastavaa, koska päättämättömillä yksityiskohdilla on suuri vaikutus taseselvityksen ja tasevastaavien toimintaan. Eri toimijat sähkömarkkinoilla vaativatkin lopullisia päätöksiä riittävän ajoissa ennen lopullista uudistetun taseselvityksen käyttöönottoa, jotta siirtyminen uuteen malliin onnistuisi. Pienilläkin tekijöillä esimerkiksi sähköjärjestelmän tilan informaation julkaisuviiveellä on suuri vaikutus tasevastaavien käytökseen. Reaaliaikainen informaatio voi mahdollisesti aiheuttaa liian voimakasta itsesäätelyä ja liian pitkä viive taas poistaa mahdollisuuden taloudellisesti kannattavaan itsesäätelyyn. Itsesäätelyä pidetään suurimpana hyötynä uudessa 15 minuutin aikaresoluution siirtymisessä, mutta sen toteutuminen vaatii kehittämistä, mikäli itsesäätely halutaan uudessa mallissa mahdollistaa. On myös huomioitava mahdolliset ylikompensaatiot itsesäätelyssä ja keksittävä ratkaisu, jolla tasevastaavien ylikompensointia voitaisiin kontrolloida.

Tiedossa on, että automaatiota on lisättävä, koska 15 minuutin taseselvitys ja Elbas-markkinoiden 15 minuutin tuotteet tulevat vaativamaan enemmän yksinkertaisia käsittelytoimenpiteitä ja nopeata reagointia, missä automaation on oiva ratkaisu lisäämään toiminnan kannattavuutta. Lisäksi vanhat IT-järjestelmät vaativat runsasta päivittämistä, kun tiedonsiirron määrää kasvaa ja tekniset vaatimukset lisääntyvät. Yleisesti vartitase nähdään positiivisena muutoksena ja oikein toteutettuna sen uskotaan parantavan verkon taajuuden laatua ja tehostavan resurssien käyttöä. Suuria haasteita nähdään erityisesti siirtymäjaksolla, kun uutta 15 minuutin mallia yhdistetään 60 minuutin kanssa. Siirtymäkaudella syntyvistä ongelmatilanteista ja kustannuksista alalla toimivat ovat huolissaan.

Tulevaisuudessa tutkimusta voitaisiin jatkaa analysoimalla tasevastaavien käytöstä, jonka pohjalta pystyttäisiin paremmin kehittämään sähköjärjestelmän tasapainon ylläpitoa markkinavetoisammaksi ja ratkaista miten sähkömarkkinoilla toimivien käytöstä voitaisiin ohjata vielä tehokkaammaksi ja ympäristöystävällisemmäksi. Lisäksi voisi tutkia kannattavuutta siirtyä lyhyempään aikaresoluution ja miten pohjoismaiset sähkömarkkinat voidaan yhdistää eurooppalaisiin markkinoihin, minkä pohjalta voidaan saavuttaa koko Euroopan laajuiset yhtenäiset sähkömarkkinat. Tarkemmassa tutkimuksessa olisi hyvä ottaa huomioon myös finanssimarkkinat, koska taseselvityksen siirtymässä 15 minuuttiin on sillä myös mahdollisesti vaikutuksia finanssimarkkinoihin. Kun sähkön hinta voi vaihdella runsaasti riskit finanssi-tuotteissa voivat kasvaa.

## LÄHTEET

Commission Regulation (EU) 2017/2195 (32017R2195) of 23 November 2017 establishing a guideline on electricity balancing.

Official Journal of the European Union, L 312/6. 28.11.2017. Brussel, Belgium. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32017R2195>

Energiateollisuus 2019a. Asiakaskeskeinen sähkön vähittäismarkkinamalli -työryhmän raportti 27.5.2019 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.1.2019]. Saatavissa;

[https://energia.fi/files/3866/Asiakaskeskeinen\\_markkinamalli\\_raportti\\_201906.pdf](https://energia.fi/files/3866/Asiakaskeskeinen_markkinamalli_raportti_201906.pdf)

Energiateollisuus 2019b, Vähittäismarkkinoilta sähköä joka lähtöön, [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 29.10.2019] Saatavissa;

[https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/vahittais-markkinat](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/vahittais-markkinat)

Energiavirasto 2019, Sähkön vähittäismarkkinat [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 16.11.2019] Saatavissa;

<https://energiavirasto.fi/sahkomarkkinat>

Energinet, Fingrid, Statnett and Svenska kraftnät, 2017. Finer time resolution in Nordic power markets: A Cost Benefit Analysis. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 1.10.2019]. Saatavissa;

<https://www.copenhageneconomics.com/publications/publication/finer-time-resolution-in-nordic-power-markets-a-cost-benefit-analysis>

ESett. Nordic Imbalance Settlement Handbook, 3rd of May 2019 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 1.10.2019]. Saatavissa;

<https://www.esett.com/handbook/>

Fingrid 2019a. Askelmerkit sähkömarkkinamurrokseen [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.1.2020]. Saatavissa;

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/askelmerkit-sahkomarkkinamurrokseen/>

Fingrid 2019b, Datahubin askelmerkit [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.2.2020] Saatavissa;

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/askelmerkit-sahkomarkkinamurrokseen/datahubin-askelmerkit/>

Fingrid 2019c, Säätosähkö- ja säätosähkökapasiteettimarkkinat [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit-ja-saatosahko/>

Fingrid 2019d, Varttitaseen askelmerkit [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.2.2020]. Saatavissa;

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/askelmerkit-sahkomarkkinamurrokseen/varttitase/>



Fingrid 2019e, Varttitase eli 15 minuutin taseselvitysjakso [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.2.2020]. Saatavissa;

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/varttitase/>

Fingrid 2019y. Yhtenäiset sähkömarkkinat [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/>

Fingrid 2018a. Taseselvityksen eurooppalainen harmonisointi 24.5.2018 [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/verkkosaantofoorum/5\\_taseselvityksen\\_eurooppalainen\\_harmonisointi.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/verkkosaantofoorum/5_taseselvityksen_eurooppalainen_harmonisointi.pdf)

Fingrid 2018b. Yhteisellä tiellä kohti puhdasta sähköjärjestelmää 31.8.2018 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/sahkomarkkinainformaatio/materiaali\\_sahkomarkkinat.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/sahkomarkkinainformaatio/materiaali_sahkomarkkinat.pdf)

Nordic Balancing Model (NBM 2019a). Analysing different alternatives for single pricing model implementation timeline, Final report Version 1.0 10.9.2019 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.1.2020] Saatavissa;

<http://nordicbalancingmodel.net/wp-content/uploads/2019/10/Single-pricing-model-timeline-report-clean-190910-For-publication.pdf>

Nordic Balancing Model (NBM 2019b). Nordic Balancing Model Consultation report May 29 2019 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

[https://consultations.entsoe.eu/markets/nbm-roadmap-consultation-1/supporting\\_documents/Report%20Nordic%20Balancing%20Model%20revised%20roadmap.pdf](https://consultations.entsoe.eu/markets/nbm-roadmap-consultation-1/supporting_documents/Report%20Nordic%20Balancing%20Model%20revised%20roadmap.pdf)

Nordic Balancing Model (NBM 2019c). Nordic TSOs discussion paper on imbalance pricing 20 November 2019 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.1.2020] Saatavissa;

<http://nordicbalancingmodel.net/wp-content/uploads/2019/11/Discussion-paper-on-imbalance-pricing.pdf>

Nord pool, Market data 7.1.2020 [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.1.2020]. Saatavissa;

<https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/#/nordic/map>

Jarmo Partanen 2019, Valtakunnallinen sähkötaseiden hallinta ja taseselvitys. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 1.10.2019]. Saatavissa LUT-tunnuksilla;

<https://moodle.lut.fi/course/view.php?id=7491&section=1>

Jarmo Partanen, Satu Viljainen, Jukka Lassila, Samuli Honkapuro, Kaisa Salovaara, Salla Annala, Mari Makkonen, Sähkömarkkinat- opetusmoniste, LUT 2019. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.11.2019] Saatavilla LUT-tunnuksilla;

<https://moodle.lut.fi/course/view.php?id=7491&section=4>

Pöyry Älyverkkotyöryhmä, 2017. Seuraavan sukupolven älykkäiden sähkömittareiden vähimmäistoiminnallisuudet [Verkkodokumentti]. [Viitattu 1.10.2019]. Saatavissa; <https://tem.fi/documents/1410877/3481825/AMR+2.0+loppuraportti+15.12.2017/6a2df7e6-a963-40c0-b4d8-d2533fbca488/AMR+2.0+loppuraportti+15.12.2017.pdf>

Statnett. The Nordic Balancing Concept, June 2017, [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.1.2019]. Saatavissa; <https://www.statnett.no/globalassets/om-statnett/nyheter-og-pressemeldinger/nyhetsarkiv-2018/the-nordic-balancing-concept.pdf>

Sähkömarkkinalaki, Helsinki 9.8.2013 [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.1.2019]. Saatavissa; <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>