

# Kuormanohjausraja AMR-mittarin kautta toteutettaviin ohjauksiin

Raportti, 4.9.2018

Pertti Järventausta, Riina Heinimäki, Ina Lehto,  
Malkus Lindroos, Jouni Pylvänäinen, Markku Hyvärinen

## 1. Tausta ja tehtävänasettelu

TEM:n Älyverkkotyöryhmän alatyöryhmään (jatkossa ”työryhmä”) kuuluivat Pertti Järventausta (TTY), Riina Heinimäki ja Ina Lehto (Energiateollisuus ry), Malkus Lindroos (Vattenfall Oy), Jouni Pylvänäinen (Elenia Oy) ja Markku Hyvärinen (Helen Sähköverkko Oy).

Työryhmän tehtävänasettelun taustalla on Älyverkkotyöryhmän linjaus, että etäluettavissa energiamittareissa (AMR-mittari) tulee jatkossakin olla kuormanohjausrele, jota palveluntarjoajat voivat käyttää avoimen rajapinnan kautta. Työryhmän tehtäväksi oli määritelty:

- kuvata vaihtoehtoisia tapoja toteuttaa verkkoyhtiöiden mittareiden kautta tehtävän kuormanohjauksen avoin rajapinta,
- selvittää vaihtoehtoja sille, miten palveluntarjoaja pääsee helposti toteuttamaan ohjauksen mittarin kautta,
- mahdollisuuksien mukaan arvioida vaihtoehtojen toteutettavuutta, kustannustehokkuutta ja käytön helppoutta palveluntarjoajille,
- muodostaa yleiskäsitys jatkotyötä varten siitä, mitä kuormanohjausrajapinta voi tarkoittaa. Varsinainen rajapintaratkaisun valinta jää jatkotyöhön.

Aikataulun osalta tavoitteena oli raportoida työn etenemisestä kesäkuun älyverkkotyöryhmän kokouksessa (15.6), ja lopullinen esitys tuli olla valmiina elokuun kokouksessa (24.8).

Toukokuussa 2017 Älyverkkotyöryhmän jäsenet Caruna Oy:stä, Elenia Oy:stä, Helen Sähköverkko Oy:stä ja Rauman Energia Oy:stä ja Energiateollisuus ry:stä valmistelivat taustamuistion, joka tarkasteli nykyisin asennettujen etäluettavien mittareiden hyödyntämistä kysyntäjoustossa [1]. Tässä dokumentissa tarkastellaan seuraavan sukupolven AMR-mittareiden toiminnallisuutta ja niihin liittyviä rajapintoja.

### 1.1 Toimijoiden määrittelyt

Seuraavassa on kuvattu tässä dokumentissa käytetyt määrittelyt eri toimijoille:

- Palvelun tarjoaja: sähkön vähittäismyyjä, aggregaattori, asiakkaalle kysyntäjoustopalveluja tarjoava toimija
- Rajapintaoperaattori: tekninen palveluntarjoaja, joka ei ole sopimussuhteessa asiakkaan kanssa eikä sähkömarkkinaosapuoli

## 2. Ohjausten hyödyntäminen eri markkinoilla

Tässä kappaleessa tarkastellaan kuormien ohjauksen hyödyntämistä eri markkinoilla ja markkinapaikoilla sisältäen vähittäismarkkinat, tukkumarkkinat, kantaverkkoyhtiön reservimarkkinat, sekä jakeluverkkoyhtiön tarpeet ohjauksille. Kysynnän jouston markkinapaikat on kuvattu seikkaperäisesti Pöyryn raportissa ”Independent aggregator models” [2], jota on hyödynnetty seuraavassa kuvattaessa niitä ominaisuuksia markkinapaikoista, jotka ovat ohjausrajapinnan vaatimusten kannalta keskeisiä.

Jatkossa oletetaan, että kaikki ohjausominaisuudella olevat mittarit ovat ohjauksen piirissä ja kaikkia niitä ohjataan eri markkinatoimijoiden toimesta. Tällaisten mittareiden määrän voi arvioida olevan 150 000 – 300 000 mittaria. Näiden ohjaus jakautuu alla kuvatuille markkinoille. Seuraavassa on pyritty ennakoimaan markkinan vaikutuksia järjestelmän vaatimuksiin.

### 2.1 Kysynnän jouston nykyisiä markkinapaikkoja

Päivää edeltävä markkina (Day ahead, DA)

DA-markkinalla seuraavan päivän hinnat määräytyvät edellisenä päivänä niin, että ne julkaistaan n. klo 15 Suomen aikaa. Käytännössä tämä on riittävän aikaisin, jotta nykyistenkin järjestelmien suorituskyky riittää seuraavan päivän ohjauskalenterien lähettämiseen [1]. Ohjauskalenterin lähettämistä koskeva sanomaliikenne tulee kuitenkin määritellä. Koska aikaa toimittaa kalenteriohjaukset on aina riittävästi, tärkein suorituskykyvaatimus onkin, että suureen joukkoon mittareita kyetään toimittamaan kalenteriin perustuva tasejaksokohtainen ohjausohjelma. DA-markkina on merkittävä markkinapaikka suuren volyyminsa vuoksi, noin 70% Suomessa kulutetusta sähköstä kulkee DA-markkinan kautta.

## Päivän sisäinen markkina (Intra day, ID)

Päivän sisäinen jatkuva markkina sulkeutuu puoli tuntia ennen toimitusjakson alkua, joten tälle markkina- paikalle osallistuminen kokonaisuudessaan edellyttää, että viestit voidaan pääsääntöisesti toimittaa 30 minuutin kuluessa. Tällä markkinapaikalla ei edellytetä varmuutta viestin perillemenosta tiettyyn kohteeseen, vaan riittää, ettei viestin perillemenon vaikutuksessa taseeseen aiheudu merkittäviä, vaikeasti ennustettavia eroja esim. teknisistä syistä johtuen. Markkinan volyyymi on selvästi pienempi, ja vain n. 1% Suomessa kulutetusta sähköenergiasta kulkee tämän markkinapaikan kautta. Kysynnän jouston näkökulmasta markkinan merkitys tulee jatkossa olemaan kuitenkin nykyistä volyymia suurempia.

Vaativuustasona tällä markkinalla on, että 30 minuutin kuluessa kyetään toimittamaan uusi ohjaus perille suurelle joukolle mittareita. Aikaikkuna on jo huomattavasti lyhyempi kuin päivää edeltävällä markkinalla. Tasejakson lyhentyessä voi odottaa 30 minuutin ajanjakson mahdollisesti lyhentyvän; nykyisellään se on puoli tasejaksoa, eli 15 minuutin tasejaksolla vastaava aika olisi vain 7,5 minuuttia. Lisäksi ohjattavien kuormien määrä voi myös olla tässä kohdin merkittävä.

Päivän sisäisesti on lisäksi kaksi huutokauppaa klo 22 ja klo 10 CET, jotka mahdollistavat kaupankäynnin eri kaupankäyntiväyhykkeillä (esim. Suomi/Pohjois-Ruotsi) hyödyntäen siirtoyhteyksiä. Klo 22 huutokaupassa katetaan koko seuraavan päivän kaupankäynti ja klo 10 kaupassa viimeiset 12 tuntia. Huutokaupat eivät aseta rajapinnoille sen suurempia vaatimuksia kuin muukaan päivän sisäinen kaupankäynti.

### Kantaverkkoyhtiön reservimarkkinat

Tällä hetkellä suurimmat vaatimukset ohjaukselle on olemassa kantaverkkoyhtiöiden markkinapaikoilla. Näillä markkinapaikoilla ohjaus tapahtuu tasejakson sisällä, ja markkinapaikasta riippuen ohjaus on sidottu joko sähköverkon taajuuteen tai erikseen lähetettävään ohjaussignaaliin. Olennaisin vaatimus näillä markkinapaikoilla liittyy ohjauksen nopeuteen, jotta ohjauksen vaikutus syntyy vaaditussa ajassa. Toinen merkittävä vaatimus näillä markkinapaikoilla liittyy todennettavuuteen, eli toteutunut ohjaus on kyettävä tarvittaessa todentamaan.

Näillä markkinapaikoilla voi olla tarvetta saada ohjauskomento lähetettyä lyhyessä ajassa suurelle määrälle mittareita. Käytännössä nämä markkinapaikat vaikuttavat tällä hetkellä asettavan suurimmat vaatimukset rajapinnalle. Toisaalta silloin, jos ohjaus tapahtuu paikallisesti mitattavan taajuuden perusteella, tehdään reservikaupat jo edellisenä iltana, jolloin aikaa enabloida ohjaus aktiiviseksi jää jopa enemmän kuin päivän sisäisellä markkinalla. Tällöin vaatimuksia kasvattaisi lähinnä mahdollisuus osallistua sellaisille reservimarkkinoille, joilla ohjaus ei perustu taajuuteen.

## 2.2 Ohjausten hyödyntäminen eri markkinoilla erilaisiin tarpeisiin

### Vähittäismarkkina

Sähkön myyjä voi hyödyntää kuormien ohjausta osana tuotetarjontaansa joko hyödyntäen perinteistä nykyisin käytössä olevaa tuoterakennetta (esim. päivä/yö –ohjaukset) tai kehittämällä kokonaan uusia tuotteita (esim. edullinen iltapäiväsähkö). Esimerkiksi lähteessä [1] määritelty ”aikavyöhykeohjaus” on toistaiseksi voimassa oleva, ennalta määrätty, säännöllisesti toistuva profiili (periaatteiltaan vastaava kuin nykyinen yö-/päiväohjaus). Myyjä voi ilmoittaa määräväleihin toistuvat aikajaottelusäännöt jakeluverkonhaltijalle, jonka jälkeen jakeluverkkoyhtiö huolehtii ohjauksista ilman erillisiä, ohjauskohtaisia pyyntöjä. Tämä on jo mahdollista nykyisten sähkömittarien avulla. Älyverkkotyöryhmä on linjannut, että jakeluverkkoyhtiöiden aikaohjauksesta ja pakollisesta ajakaotuksesta luovutaan hallitusti, kun kustannustehokkaita kulutuksen ohjauspalveluja on riittävän kattavasti tarjolla.

Edellä kuvattujen ohjaustapojen lisäksi kuormanohjausta voidaan hyödyntää myös dynaamisemmin päivittäin tapahtuvien ohjauskalenterin päivityspyynnöin. Tällaiset asiakkaalle tarjottavat ohjaukset lisäävät (dynaamisen) hinnoittelun arvoa. Sähkövähittäismyyjä voi tarjota asiakkaalle mahdollisuuden ohjata kuormia itse haluamallaan tavalla perustuen valmiisiin malleihin. Asiakas voi esimerkiksi valita montako halvinta ajanjaksoa asiakas haluaa pitää lämminvesivarajansa päällä jokaisena vuorokautena. Silloin, kun on kyse varaavista lämmityskuormista, myös tiedosta milloin varauskapasiteetti on täynnä, voi olla hyötyä ohjauslogiikan toteutuksessa.

Sähkön vähittäismyyjä voi myös toteuttaa ohjauksia, jotka on liitetty osaksi kiinteähintaista sopimusta. Tällöin myyjä ottaa vastuun ohjauksista, ja asiakas maksaa sähköstään aina kiinteän hinnan myyjälle riippumatta markkinatilanteesta. Myyjä käyttää ohjauksia esimerkiksi profiilikustannusten pienentämiseen, eli pyrkii ajoittamaan asiakkaan kulutusta edullisille ajoille tai tasapainottamaan kokonaiskysyntäänsä.

#### ID-markkinan sähkökauppa

Sähkön vähittäismyyjä hyödyntää ohjattavaa kapasiteettia päivän sisäisellä markkinalla esimerkiksi siirtämällä kulutusta tasejaksojen välillä kyetäkseen myymään aiemmin ostamaansa energiaa kalliimmalla päivänsisäisellä markkinalla tai hyödyntämään ID-markkinan edullista hintaa.

#### Tasehallinta

Tasehallinnan parantamisessa ohjauksista voi olla hyötyä silloin, jos tietoa taseesta on tulevaisuudessa saatavilla nykyistä reaaliaikaisemmin. Nyt tämä voi olla mahdollista sellaisissa tilanteissa, joissa tasevirhe on ennakoitavissa, esimerkiksi suuren asiakkaan tiedottaessa poikkeuksesta.

#### Kantaverkkoyhtiön reservimarkkinat

Joustoresursseja on mahdollista aggregoituna hyödyntää myös kantaverkkoyhtiöiden eri reservimarkkinoilla. Yhdistelemällä suuri joukko pieniä kuormia voidaan toteuttaa vaativiakin ohjauksia, kuten tasapainoinen ylös/alaskapasiteetti sekä vaihteellinen aktivoituminen. Tällöin ohjauksia periaatteessa voisi käyttää jopa FCR-N -markkinalla, mutta tämä edellyttää myös mahdollisuutta konfiguroida etänä mittarikohtaisesti taajuuspoikkeama, jossa ohjaus aktivoituu.

#### Jakeluverkkoyhtiön tarpeet

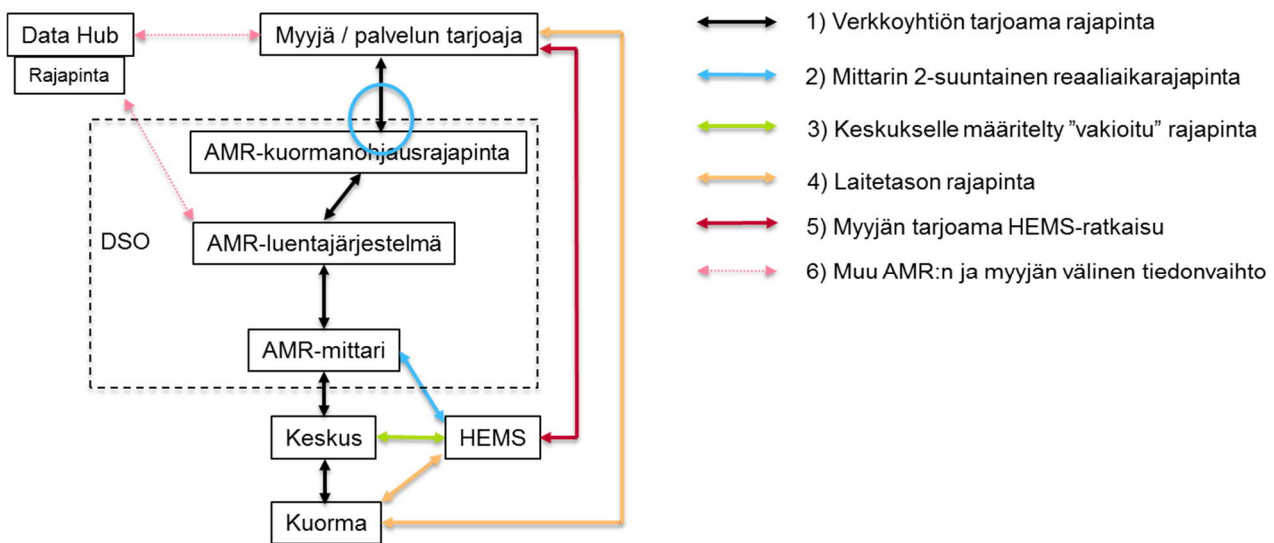
Kysyntäjoustoja voidaan käyttää jakeluverkon tehotasapainon hallintaan vaihtelevan kuorman ja tuotannon lisääntyessä. Jakeluverkkoyhtiöllä tulee olemaan tarvetta lyhytaikaiselle kuormien ohjaukselle osana käyttötoimintaa tai pidempiaikaisille kuormanohjaussopimuksille, joita voidaan hyödyntää osana verkostosuunnittelua. Markkinaehtoiset ohjaukset voivat myös muodostaa ennalta tiedossa olevia pullonkaulatilanteita (ylikuormitustilanne), joiden hallintaan jakeluverkkoyhtiö voi hyödyntää markkinaehtoisia toimintamalleja (ohjausten osto markkinoilta, vastaostot) tai markkinaehtoisten ohjausten rajoittamista. Pullonkaulat voivat aiheutua joko liian suuresta kuormituksesta tai tuotannosta. Pullonkaulojen hallinta voidaan toteuttaa huomioiden seuraavat kohdat:

- Edellyttää tietoa ohjattavan kuorman ja tuotannon paikasta verkossa
- Hankinnat lähtökohtaisesti markkinaehtoisia, vaikka hankinnat pääosin kohdistuvatkin pullonkaulatilanteisiin. Jakeluverkkoyhtiön ei tule rajoittaa markkinaa silloin, kun siirtokapasiteettia on verkossa alueellisesti riittävästi.
- Markkinalle tarvitaan toimintamallit pullonkaulatilanteissa, jolloin verkkoyhtiöllä on yleisimmin tarve ohjaukselle. Vaihtoehtoina nykykäytännön mukaisesti kantaverkkoyhtiön käyttämät vastaostot tai esimerkiksi markkinaehtoisten ohjausten rajoittaminen. Joustojen toteuttamiseen voidaan käyttää myös verkkoyhtiön ja asiakkaiden välisiä sopimuksia, joilla osa ohjauksista varataan verkkoyhtiön tarpeisiin tietyin reunaehdoin.
- Kuormien porrastus alkavan ajanjakson ohjauksilla on syytä huomioida sähköverkon teknisen järjestelmähallinnan kannalta ja tätä pitää pohtia yhdessä markkinaosapuolten kesken. Tämä vaatii lisäselvityksiä ja sopimista kantaverkkoyhtiön kanssa markkinatuotteiden teknisistä ominaisuuksista.
- Ohjauksia tarvitaan jatkossa sekä kuormien pois- että päällekytkentää varten.
- Jotta verkkoyhtiö voisi hyödyntää joustoja verkonhallinnassa, täytyy valvontamallin mahdollistaa verkkoyhtiölle joustojen käyttö todellisena vaihtoehtona verkon vahvistamiselle.

Voimajärjestelmän tehopulatilanteissa mittarilla toteutettuja ohjauksia voidaan hyödyntää valtakunnallisen tehopulatilanteen hallintaan. Nykyisin tehopulatilanteessa katkaistaan sähkötkoko johtolähdöltä tai muuntopiiristä, jolloin asiakkaat kokevat sähkökatkon. Mittarien avulla voidaan sähkötko pitää päällä, mutta rajoittaa yksittäisiä kuormia, jotka on kytketty mittarin ohjaukseen, jos kyseisiä kuormia ei ole vielä markkinaehtoisten toimintojen kautta ohjattu. Näin päästään tilanteeseen, jossa sähkönkäyttöä voidaan ensisijaisesti rajoittaa täydellisen katkon sijasta. Jos tämä ei riitä, sen jälkeen siirrytään täyskatkoon.

### 3. Vaihtoehtoisia kuormanohjauksen toteutustapoja

Kuvassa 1 on esitetty periaatetasolla vaihtoehtoja yksittäisen kuorman ohjaukseen. Ohjaus voi tapahtua AMR-mittarin kuormanohjausreleen kautta, jota voidaan ohjata verkkoyhtiön tarjoaman rajapinnan (1) tai mittarin 2-suuntaisen reaaliaikarajapinnan kautta HEMS:n (Home Energy Management System) ohjaamana (2). Lisäksi kyseisen kuorman ohjaus voi tapahtua HEMS:n ohjaamana joko sähkökeskukselle tuodun ohjausrajapinnan (3) tai suoraan laitteen tarjoaman rajapinnan kautta (4). Myös palvelun tarjoaja voi käyttää laite-tason rajapintaa (4) "pilvipalvelun" kautta tapahtuvassa ohjauksessa. HEMS voi olla asiakkaan itse paikallisen automaation toteuttamiseen hankkima järjestelmä tai palvelun tarjoajan tarjoama järjestelmä, jolloin palvelun tarjoaja voi ohjata kuormaa HEMS:n kautta (5). Kuvassa on esitetty myös palvelun tarjoajan, Datahubin ja AMR-luentajärjestelmän väliset rajapinnat (6), joiden kautta tapahtuu muuta tiedonvaihtoa asiakkaan kuormitukseen ja mahdollisesti sen ohjaukseen liittyen (esim. ylipäänsä tieto asiakkaalla olevan kuorman ohjattavuudesta, sopimuksista jne.). AMR-luentajärjestelmä voi sisältää tapauskohtaisesti myös mit-taustiedon hallintajärjestelmän (MDM).



Kuva 1. Vaihtoehtoisia kuormanohjaustapoja

Työryhmän työ keskittyy erityisesti kuvassa 1 esitetyn 1)-vaihtoehdon mukaiseen tapaukseen ja sinisellä ympyrällä merkittyyn rajapintaan. Kuvassa on lisäksi esillä myös mahdollisuus avata AMR-mittarin 1-suuntaiseksi määritelty reaaliaikarajapinta 2-suuntaiseksi, jolloin AMR-mittarin kuormanohjausreleeseen kytkettyä kuormaa voisi ohjata paikallisen rajapinnan kautta (2). Tämän osalta pitää jatkossa vielä tarkastella mm. tietoturvan asettamia haasteita, esim. onko tietoturvan näkökulmasta periaatteellista eroa, ohjataanko mittaria 1- tai 2-vaihtoehdon mukaisen rajapinnan kautta.

Riippuen minkä markkinapaikan näkökulmasta ohjattavaa kuormaa hyödynnetään, ohjaustavat voidaan jakaa kolmeen erilaiseen toteutustapaan:

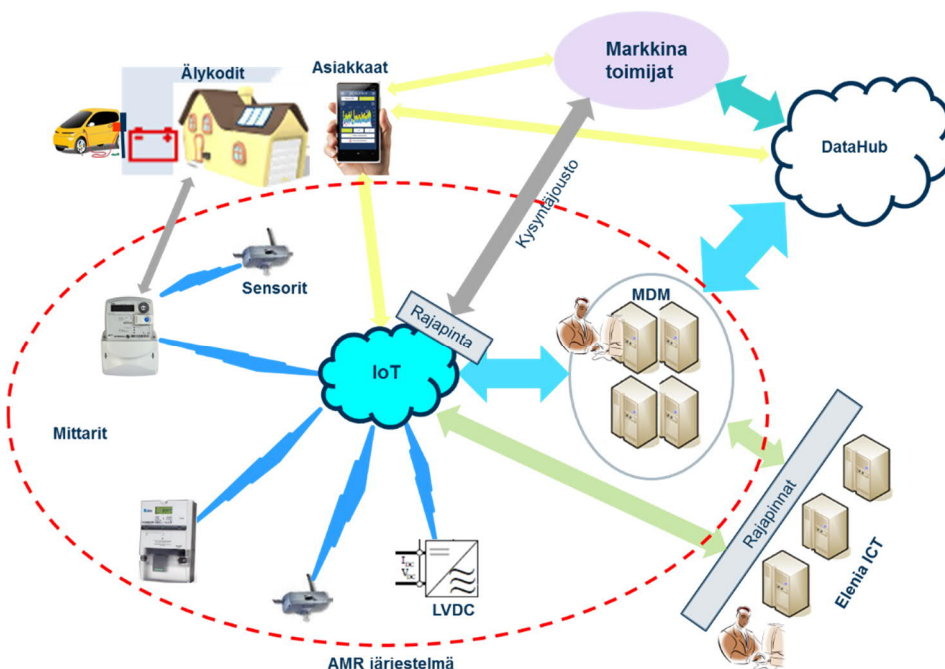
- Ennalta määritelty kalenteriohjaus (ohjaus halutuille ajanjaksoille), joka tarkoittaa AMR-mittarille ennalta toimitettua releen ohjaussekvenssiä
- Ad-hoc -ohjaus (ohjaus tarpeen mukaan haluttaessa (lähes) reaaliajassa), joka tarkoittaa välitöntä kuorman ohjausta palvelun tarjoajan tarpeen mukaan
- Nopea paikalliseen mittaukseen perustuva kalenteriperustainen ohjaus (esim. taajuus, jännite), jolloin kuorman ohjaus tapahtuu paikallisen logiikan mukaisesti, jos toiminto on kytketty päälle (enabloitu). Esimerkiksi, jos ohjattavan kuorman ohjaus on myyty tietylle ajanjaksolle taajuusohjattuja reservimarkkinoita, toiminto kytketään päälle kalenteriohjauksen tapaan ja tällöin kuormaa ohjataan esimerkiksi paikallisen taajuusmittauksen perusteella tarvittaessa.

Markkinapaikkojen ja –tarpeiden näkökulmasta edellä kuvatut ohjaustavat jakautuvat karkeasti seuraavasti:

Vähittäismarkkina	Kalenteriohjaus (A) (/ Ad-hoc –ohjaus (B) parantaa markkinoille osallistumista)
DA-markkina	Kalenteriohjaus (A) (/ Ad-hoc –ohjaus (B) parantaa markkinoille osallistumista)
ID-markkina	Kalenteriohjaus (A) (/ Ad-hoc –ohjaus (B) parantaa markkinoille osallistumista)
Tasehallinta	Ad-hoc –ohjaus (B)
Reservimarkkinat	Ad-hoc –ohjaus (B) / nopea paikalliseen mittaukseen perustuva kalenteriperustainen ohjaus (C)
Jakeluverkon tarpeet	Ad-hoc –ohjaus (B) / nopea paikalliseen mittaukseen perustuva kalenteriperustainen ohjaus (C)

### 3.1 Tulevaisuuden AMR-järjestelmä

Kuvassa 2 on esitetty Elenia Oy:n näkemys tulevaisuuden AMR-järjestelmästä ja siihen liittyvistä rajapinnoista. Aihetta on tarkasteltu laajemmin mm. lähteessä [3].



Kuva 2. Tulevaisuuden AMR-järjestelmä (Elenia Oy:n visio)

Seuraavan sukupolven AMR järjestelmä nähdään laajemmin kehitysalustana, joka tarjoaa alustan muidenkin markkinatoimijoiden toiminnan sekä palvelujen kehitykselle, jolloin seuraavan sukupolven AMR järjestelmä on keskeinen osa tulevaisuuden markkinapaikkaa. Tästä syystä AMR järjestelmään tulee pystyä liittämään erilaisia sensoreita. Ne voivat liittyä suoraan 'kommunikaatiopilveen' (IoT) tai ne voivat liittyä mittareihin, jotka välittävät sensoreiden datan eteenpäin.

Mittaustiedon ja muun tiedon hallintaan käytetään tiedonhallintajärjestelmiä. Osana AMR kokonaisuutta riittää yksi tiedonhallintajärjestelmä (MDM), johon voidaan implementoida kaikki tarvittavat ominaisuudet ja tietokannat sekä rajapinnat. Jotta AMR järjestelmää voidaan hyödyntää verkko liiketoiminnassa ja sähkömarkkinoilla, täytyy siinä olla rajapinnat tiedon jakamiseksi. Seuraavan sukupolven AMR järjestelmät ovat osa tulevaisuuden älyverkkoja, joissa yksi kehitysalue on järjestelmien ja laitteiden väliset integraatiot.

Uudessa järjestelmässä muutkin markkinatoimijat pystyvät kommunikoimaan kaksisuuntaisesti toteutettavaan IoT -pilvipalveluun ja hyödyntää tietoa omassa toiminnassaan mm. ohjaamaan sähkömittariin kytkettyjä kuormia ja/tai tuotantoa.

## 4. Rajapinnalle asetettavat yleiset vaatimukset

Yleisenä vaatimuksena kaikille verkkoyhtiöille on tarjota vakioitu rajapinta AMR-mittariin kytketyn kuorman ohjaukseen. Rajapinnan tulee olla kaikille sähkömarkkinatoimijoille samanlainen, jolloin markkinatoimijat ja asiakkaat ovat tasapuolisessa asemassa riippumatta asiakkaan verkkoyhtiöstä ja maantieteellisestä sijainnista.

Seuraavassa on listattu yleisiä rajapinnalle asetettavia toiminnallisia vaatimuksia:

- AMR-mittarin kuormanohjausreleen käytön vähimmäisvaatimukseksi on asetettu, että ohjattavien kuormien avulla pitää pystyä osallistumaan päivän sisäiseen markkinaa, eli ohjaus on käytettävissä useita kertoja päivässä.
- Menettelytavan tulisi olla markkina-aluekohtainen, vähintään kansallinen.
- Ohjaus tapahtuu palvelun tarjoajan aloitteesta palvelun tarjoajan ja asiakkaan sopimalla tavalla
- Ohjauksen tulee olla vähintään käyttöpaikkakohtainen.
- Ohjauspyyntöjen ilmoitustavat ja muu rajapinnan yli tapahtuva tiedonvaihto pitää standardoida. Tässä yhteydessä pitää myös määritellä tarkemmin massaohjausten (suuri määrä yhtäaikaista ohjattava kohteita) ja yksittäisten käyttöpaikkojen ohjausten toteutus.
- Ohjattavissa olevan kuorman määrä
  - Tieto ohjattavissa olevan kuorman olemassa olosta tulee palvelun tarjoajalle muuta kautta kuin AMR-kuormanohjausrajapinnasta, esim. Datahubin kautta tuleva tieto asiakkaasta ja hänellä olevista ohjattavista kuormista. Kuorman ohjauksen toteuttamisesta sovitaan tarkemmin palvelun tarjoajan ja asiakkaan sopimusprosesseissa.
  - Ohjattavissa olevan kuorman määrä tulee pystyä todentamaan joko mittaamalla tai tilastollisesti markkinapaikan vaatimusten mukaisesti. Jos mittauspistekohtainen reaaliaikainen mittaus tieto ohjattavan kuorman tilasta/määrästä vaaditaan, niin mittarin pitää pystyä toimittamaan vaadittava tieto. Tämä voi kuitenkin rajoittaa mittarin kautta tehtäviä ohjauksia, koska tekninen toteutus voi olla hankalaa.
- Vasteikavaatimukset ohjauksen toteutustavoille A, B ja C
  - Määräytyvät markkinapaikkojen vaatimusten mukaisesti huomioiden ennakoitavissa olevat markkinapaikkojen muutokset.
  - Vasteikavaatimukset riippuvat myös yleisemmin valituista teknologia- ja tiedonsiirtoratkaisuista.
  - Kalenteriohjauksen edellyttämän kalenteripäivityksen osalta vaatimustaso on tasejakson suuruusluokkaa oleva aika, jota ennen palvelun tarjoajan pitää toimittaa tieto kalenteriohjauksesta rajapinnalle. Tällä hetkellä vaatimustaso olisi luokkaa 30 – 60 min ennen ohjauksen toteutushetkeä.
  - Ad-hoc –ohjauksen osalta vaatimustasoksi voidaan asettaa ohjauksen toteutus (lähes) reaaliajassa, joka on esimerkiksi Pöyryn selvityksessä (AMR 2.0, [4]) määritelty 60 sekunniksi.
  - Nopean paikalliseen mittaukseen perustuvan kalenteriperustaisen ohjauksen vasteikavaatimus on toiminnon enableinnin osalta edellä kuvan kalenteriohjauksen mukainen. Kun kuormanohjaustoiminto on enableoitu, itse ohjaus tapahtuu reaaliajassa.
- Saavutettavuus:
  - Markkinapaikkojen vaatimusten mukaisesti huomioiden ennakoitavissa olevat markkinapaikkojen muutokset.
  - Vasteikavaatimukset riippuvat myös yleisemmin valituista teknologia- ja tiedonsiirtoratkaisuista. Järjestelmien sisäiset viiveet saadaan minimoitua hyvällä arkkitehtuurisuunnittelulla.
  - Tehtäessä ohjauksia mobiiliverkon yli, ohjausten läpimenon nopeus ja saavutettavuus riippuvat pääasiassa järjestelmissä olevista viiveistä sekä mobiiliverkon viiveestä.
    - Mobiiliverkon viiveet riippuvat tukiaseman tiedonsiirtokapasiteetista ja yhteyksien tilanteesta. Viiveet koskevat kaikkia samalla alueella liikennöitäviä laitteita (sekä AMR-laitteita että muita mobiiliverkon kautta ohjattavia kuormia). Käytännön testeissä 4G verkon kautta käytettävillä uusilla tiedonsiirtotekniikoilla (esim. NB IoT) ohjauksen läpimeno tapahtuu 10 000 laitteella n. 10 sekunnissa 95% tapauksista.

- Radioverkon kautta operoivilla laitteilla viivettä aiheuttaa myös ylimääräiset "hyppyt" laitteiden välillä, jos kommunikointi tapahtuu paikallisesti useamman laitteen kautta. Nämä reunaehdot koskevat kaikkia operoitavia laitteita.
- Kuittaus ohjauksen läpimenosta
  - Yksittäisen kuorman osalta tälle ei ole välttämätöntä tarvetta palvelun tarjoajalle, jolla on ohjattavana iso määrä kuormaa
  - Varmistus ohjauksen toteutumisesta voi olla kuitenkin tarpeen asiakkaan näkökulmasta (esim. asiakkaalla ei ole lämmintä vettä, jos lämminvesivaraaja ei olekaan mennyt päälle), mikä pitää huomioida jatkossa tarkemman rajapintamäärittelyn toteutuksen yhteydessä.
- Ohjauksen toteutumisen todennettavuus
  - Ohjauksen läpimeno ja onnistuminen (edellä oleva kuittaus ohjauksen läpimenosta)
  - Ohjattavan kuormitusmuutoksen toteutuminen sopimuksen mukaan

Nykyisten AMR-mittareiden kuorman ohjausta käsitelleessä Energiateollisuus ry:n taustamuistiossa [1] on tuotu esille myös sähkön vähittäismyyjien näkökulmia kuormanohjauksirajapinnan toteutukseen:

"Sähkönmyyjien näkökulmasta suurimpana ongelmana on järjestelmäintegraatiot. Mittarin ohjauskyvyn lisäksi yhtä merkittävä tekijä on tarjolla oleva rajapinta mittareille. Valtakunnallisesti toimiville myyjille keskeistä on yhdenmukainen toiminta ja rajapinta kaikkien verkkojen suuntaan. Myyjälle ei ole kustannustehokasta räätälöidä omia ratkaisujaan verkonhaltijakohtaisesti. Mittarin kautta tapahtuvan ohjauksen tulisi olla valtakunnallisesti käytettävissä ja ylläpidettävissä standardimuotoisena, jotta myyjän kannattaisi rakentaa siihen oma rajapinta.

Myyjille olennaista on, että rajapintoja on vähän. Myyjien kannalta ei pidetä toivottavana tilannetta, jossa myyjä joutuisi liittymään jokaisen verkonhaltijan rajapintaan erikseen. Mittarin kautta tarjottavan tuntipohjaisen (tai muun markkinajakson mukaisen) ohjauksen lisäksi myyjä tarvitsee tulevaisuudessa nopeampaa ja hienojakoisempaa liittymän takana olevan kulutuksen ohjaamista (esim. aurinkopaneelien tuotanto, akut, sähköautojen lataus/purku jne.). Myyjän tulee ottaa tämä huomioon, kun valitsee teknisiä ratkaisujaan ja rakentaa omia rajapintojaan asiakkaiden kuorman ohjaukseen."

## 5. Mittareiden kyvykkyys kuorman ohjaukseen

Mittalaite on suunniteltava siten, että sen ohjauskyvykkyys on riittävä markkinoita varten. Ohjauksissa on kuitenkin syytä aina kiinnittää huomiota ennakoitavuuteen, koska suuria mittarimääriä ohjattaessa kaikki ohjauskomennot eivät todennäköisesti mene välittömästi perille. Nykyisen mittarisukupolven ohjauskyvykkyys on esitetty seuraavassa perustuen käytännön kokemuksiin.

- Kalenteriohjaus mahdollista päivittää. (10 000 mittaria/10 minuuttia). 10 000 mittarin päivityksessä kalenteriohjauksen päivityskomento on saatu mittarille perille 10 minuutissa 90% kohteista. 30 minuutin jälkeen päivityskomento on päivitetty 95% mittareista.
- Yksittäinen mittariohjaus (ad-hoc) toteutuu lähes aina 30 sekunnin aikana.
  - Massaohjausta ei ole toteutettu, mutta toteutettavissa.
  - Nykyisissä mittareissa on rajoitteita, koska mittarit vaativat ainakin osassa mittareista tariffikalenterin vaihtamisen, kun ohjauskomennolla ohjataan relettä.

Uuden sukupolven mittarit mahdollistavat jatkossa huomattavasti kattavammat toiminnot kysynnänjous-  
toon. Selvityksien perusteella seuraavan sukupolven sähkömittarit ovat kykeneviä seuraavanlaisiin signaalien läpimenoaikoihin ja toiminnallisuuksiin:

- Taajuuden mittaaminen mukana (nopeus/tarkkuus riittävällä tasolla, useampi hetkellisarvo sekunnissa), ja sitä voidaan hyödyntää kysyntäjouston
- Kaksi kuormanohjausrelettä, minimivirta 5-6 A. Releiden liittimet sinetöinnin ulkopuolella, jolloin voidaan liittää ulkopuolisia kuormia ilman verkkoyhtiön toimenpiteitä kiinteistössä.
  - Asiakkaan oma urakoitsija voi tehdä tarvittavat kytkennät, kun liittimet ovat sinetöinnin ulkopuolella



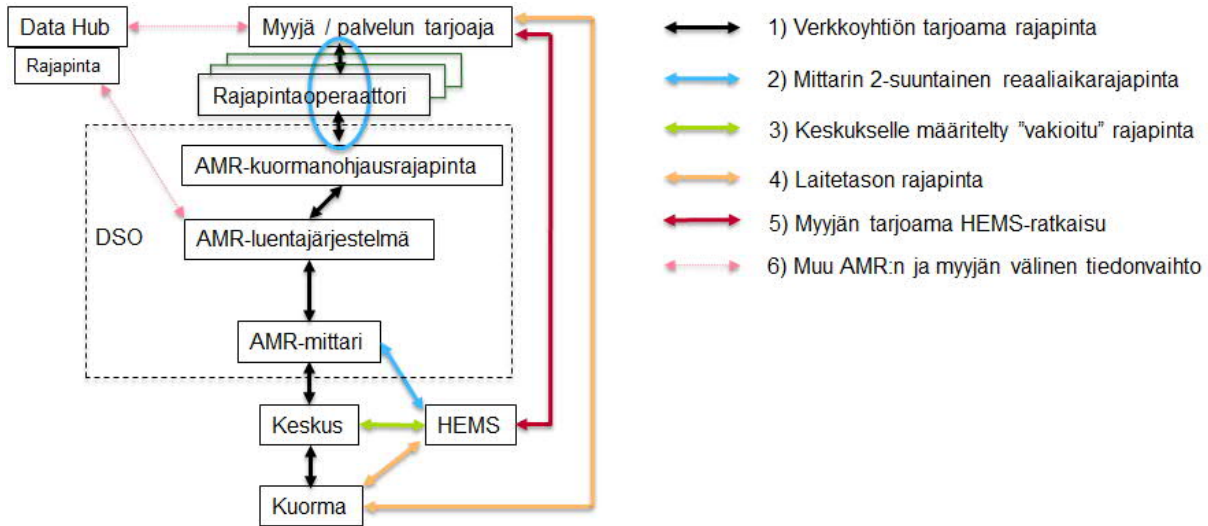
- Liityntärajapinta on olemassa (langaton ja langallinen Mbus), ja se voi olla kaksisuuntainen (konfiguroitavissa)
- Tiedonsiirto mittarilta yläpään järjestelmään on aina kryptattu
- Ennakolta tehtävä kalenteriohjaus (toteutettuna NB IoT teknologialla):
  - NB IoT mahdollistaa yli 200 000 laitteen samanaikaisen kytkeytymisen yhteen tukiasemaan
  - Oletuksena ohjaukset menevät 10 000 mittarille 10 sekunnin kuluessa. Läpimenoprosentti kymmenessä sekunnissa lähes 100 %
  - Mittalaitteita voidaan päivittää useita kertoja päivässä.
- Ad-hoc (spontaani) -ohjauskomento
  - Yksittäisen mittarin ohjauskomennon perillemeno-aika on välillä 1-10 sek.
  - NB IoT teknologia mahdollistaa 10 sekunnin läpimenoajan 10 000 laitteille myös spontaaneille ohjauskomennolle. Läpimenoprosentti on hiukan kysymysmerkki, arviona kokemuksen perusteella on n. 90%.
- Ohjauksen läpimenon varmistus (kuorman muutoksen toteaminen) tehdään näytejaksolla ennen releen kytkentää (muutama sekunti ennen ja jälkeen), ja lähetetään kokonaisuudessaan suoraan yläjärjestelmään (useampia jaksoja). Yläpään järjestelmä kokoaa kuormien muutokset ja ne voidaan lähettää edelleen markkinaosapuolille.
  - Releen tila voidaan tarkastaa yksittäisellä sanomalla, jonka läpimenoaika on käytännössä 1-10 sekuntia.

## 6. Rajapinnan toteutusvaihtoehdoista

AMR-kuormanohjausrajapinta voidaan toteuttaa joko osana kantaverkkoyhtiön ylläpitämää Datahubia tai erillisenä standardoituna rajapintana, jonka toteutus voisi perustua muutaman kilpaillevan rajapintaoperaattorin tarjoamaan palveluun.

Nykyinen Datahubin määrittely ei sisällä kuormanohjausrajapinnan kaltaista toiminnallisuutta, joten sen toteutus jää Datahubin tuleviin versioihin, joiden aikataulusta ei ole tarkempaa tietoa. Toistaiseksi Datahubin on ajateltu olevan enemmän mittaustietoa keräävä ja välittävä tiedonvaihtotapa, jonka kautta ei toteuteta reaaliaikaisia ohjauksia. AMR-kuormanohjausrajapinnan toteutus osana Datahubin muuttaisi oleellisesti sille ajateltua toiminnallisuutta ja voi sen takia muodostua hidasteeksi kuormanohjausrajapinnan toteuttamiselle.

Palveluna rajapinnan toteuttavia rajapintaoperaattoreita voisi olla muutamia (1-n kpl), jotka tarjoavat vakioitun rajapinnan toteutuksen, johon sekä verkkoyhtiön että palvelun tarjoajan tietojärjestelmä voi liittyä (kuva 3). Toteutus vastaisi nykyisen sanomaliikenteen toteutukseen liittyvää palvelurakennetta. Tämä vähentäisi integraatiotyötä sähkön vähittäismyyjän ja muiden palvelun tarjoajien tietojärjestelmien osalta, kun integroitirajapintoja ei tarvitsisi toteuttaa jokaisen verkkoyhtiön järjestelmään. Vaikkakin rajapinnan määrittely on vakioitu, niin tietojärjestelmäintegraatio pitää toteuttaa käytännön tasolla jokaiseen integroitavaan järjestelmään erikseen. Verkkoyhtiölle tulisi vaatimuksena avata kuormanohjausrajapinta ja toteuttaa se vähintään yhteen rajapintaoperaattorin järjestelmään. Vastaavasti palvelun tarjoaja (myyjä/aggregaattori) liittyisi yhteen rajapintaoperaattorin järjestelmään. Rajapintaoperaattorit hoitaisivat tiedonvaihdon eri toimijoiden välillä "roaming" -tyyppisesti vastaavasti kuin nykyisessä sanomaliikenteen toteutuksessa. Käytännössä rajapintaoperaattoreina todennäköisesti toimisivat ainakin nykyiset sanomaliikennettä operoivat sähköalan IT -toimittajat.



Kuva 3. Rajapintaoperaattorin rooli kuormanohjausrajapinnan toteutuksessa

Rajapintaa hyödyntäville palvelun tarjoajille syntyy kustannuksia seuraavista tekijöistä:

- Ohjauksen logiikan kehityskustannukset, jotka ovat pitkälti oman liiketoiminnan kehittämisen kustannuksia, ja jotka eivät liity suoraan rajapinnan toteutukseen. Samanlaisia kustannuksia syntyy, jos ylipäänsä osallistuu ohjattavien kuormien osalta joustomarkkinoille tai hyödyntää ohjattavia kuormia osana omaa toimintaansa, vaikka ohjaus ei tapahtuisikaan AMR-mittarin kautta.
- Integroitukustannus verkkoyhtiön tarjoamaan rajapintaan, mitä voidaan vähentää sillä, että rajapinnan toteuttavia rajapintaoperaattoreiden kilpailevia alustoja olisi vain muutama, joihin tietojärjestelmäintegraatio tulee rakentaa
- Mahdolliset rajapinnan käyttömaksut, joiden osalta tulee harkita, onko rajapinnan käyttö maksutonta, kiinteän hintaista vai perustuuko hinnoittelu esim. ohjausten lukumäärään (snt/ohjaus). Maksuttomassa käytössä kustannus jaettaisiin tasan kaikkien asiakkaiden kesken kohdistamalla maksu verkkoyhtiön siirtohinnoitteluun. Tällöin ei syntyisi kynnystä rajapinnan hyödyntämiseen.
- Asiakaspalvelukustannukset ohjausten virhe- ja väärinymmärrystilanteissa, joita voi syntyä vastavasti myös muulla tavoin toteutettavissa kysyntäjoustopalveluissa

Toteutuksen ja myös syntyvien kustannusten osalta on huomioitava, että jos palvelun tarjoaja haluaa hyödyntää asiakkaiden hankkimia HEMS-järjestelmiä tai laitteiden tarjoamaa rajapintaa, kustannustehokkuutta parantaisi vakioitu standardirajapinta, jonka kautta eri valmistajien HEMS-järjestelmiin kytkettyjä kuormia tai eri laitteita voitaisiin ohjata. Tämän standardirajapinnan toteutuksessa olisi mahdollista hyödyntää vakioitua AMR-kuormanohjausrajapintaa, mikä parantaa kuorman ohjauksen toteutuksen kustannustehokkuutta ja markkinoille tuomista.

## 7. Rajapinnan määrittelyn toteuttaminen

Rajapinnan määrittely tulee aloittaa kuvaamalla ensin käytötapauskuvaukset sekä prosessikuvaukset vaihtoehdoille ohjaustavoille (A-C). Tämän jälkeen on määriteltävä tietomallit ja datastandardit eri ohjauksenmennoille. Tässä yhteydessä tulee myös määrittellä täsmällisesti tiedonvaihtoketjussa mittarilta ylöspäin siirtyvät tiedot sekä pohdittava markkinapaikkojen vaatimusten perusteella, pitääkö rajapinnan toiminta olla testattavissa määritelyjen ennakkotestien mukaisesti.

Käytötapauskuvauksien ja prosessikuvauksien laatimiseen tulee osallistua keskeisesti alan toimijat – verkkoyhtiöt ja sähkön myyjät. Energiategollisuus ry:n nykyisiä tai uusia tähän tarkoitukseen perustettavia toimielimiä on mahdollista hyödyntää tässä työssä.

Tietomallien ja datastandardien määrittelytyö on teknisen palvelun tarjoajan tehtävä. Eräs luonteva taho työtä ohjaamaan voisi olla Fingrid Datahub Oy. Sanomaliikenteen osalta tarvitaan standardoidut sanomatyypit kysyntäjoustolle. Pidemmällä tähtäimellä tavoitteena pitäisi olla eBIX (European Forum for Energy

Business Information Exchange) –standardin hyödyntäminen. eBIX:n määrittely tapahtuu eurooppalaisena yhteistyönä (lisätietoja ebix.org), johon Suomesta osallistuu Fingrid Oyj.

Määrittelytyössä on huomioitava, miten ET:n ulkopuoliset toimijat (esim. AMR- ja HEMS-järjestelmätoimittajat) voisivat osallistua työhön.

Rajapinnan määrittelyssä tulee huomioida myös rajapinnan määrittelyn ylläpito ja kehitys, erityisesti kun kysynnän jouston markkinapaikat muuttuvat ajan myötä.

## Lähdeluettelo

- [1] Energiateollisuus ry, Asennettujen etäluettavien mittareiden hyödyntäminen kysyntäjoustossa. Taustamuistio, 2017, 8 s.
- [2] Pöyry, Independent aggregator models. Raportti, 2018.
- [3] Luukko Tuomas, Seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän asiakas- ja markkinaintegraatioiden kehittäminen. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2018, 81 s.
- [4] Pöyry, Seuraavan sukupolven älykkäiden sähkömittareiden vähimmäistoiminnallisuudet (AMR 2.0). Raportti, 2017, 112 s.