

# **Kauppakeskuksen energianmittausjärjestelmän uusimissuunnittelu**

Tomi Jämsä

Opinnäytetyö

Joulukuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Jämsä, Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 05.12.2016
	Sivumäärä 48	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kauppakeskuksen energianmittausjärjestelmän uusimissuunnittelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Sirpa Hukari & Pasi Puttonen		
Toimeksiantaja(t) Granlund Lahti Oy		
Tiivistelmä <p>Työn kohteena oli kauppakeskus Trio Lahdessa. Kauppakeskuksen nykyisen energianmittausjärjestelmän toimivuudessa oli puutteita, joten sen uusiminen oli ajankohtaista. Tavoitteena oli selvittää ja suunnitella kauppakeskuksen energianmittausjärjestelmän uusiminen. Työn avulla haettiin vastausta kahteen kysymykseen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Miten uusi energianmittausjärjestelmä tulisi toteuttaa, jotta se palvelee kiinteistöä mahdollisimman hyvin ja täyttää asiakkaan vaatimukset?</li><li>2. Miten järjestelmän uusiminen voidaan toteuttaa mahdollisimman vähin häiriöin siirtäessä nykyisestä järjestelmästä uuteen?</li></ol> <p>Työssä hyödynnettiin kehittämistutkimuksen menetelmiä. Nykytilan kartoituksella selvitettiin nykyisen järjestelmän ongelmakohdat, mikä oli välttämätöntä uuden järjestelmän suunnittelun kannalta. Ongelmien ratkaisemiseksi laadittiin parannusehdotus. Nykyisen järjestelmän ongelmat paikannettiin järjestelmän keskuslaitteisiin, jotka päätettiin päivittää uusiin. Uuden järjestelmän suunnittelun jälkeen tehtiin toteutuksen suunnittelu, jonka avulla uuteen järjestelmään siirtyminen voidaan toteuttaa mahdollisimman vähin haitoin.</p> <p>Tulokseksi saatiin kattavat suunnitelmat uuden energianmittausjärjestelmän toteuttamiseksi. Suunnitelmista ilmeni vaadittavat komponentit, kytkennät, asennukset ja muut huomiota vaativat asiat. Mittaustietojen parantamiseksi pääkeskusten mittarit päätettiin vaihtaa sähkön laadun mittaamisen mahdollistaviin mittareihin.</p> <p>Tulokset täyttivät asetetut vaatimukset. Suunniteltu järjestelmä otti huomioon asetetut vaatimukset ja niiden avulla järjestelmän uusiminen voidaan toteuttaa mahdollisimman vähin haitoin. Suunniteltu järjestelmä oli myös kustannuksiltaan kohtuullinen toteuttaa.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) energian mittaaminen, energianmittausjärjestelmä, sähkön mittaaminen,		
Muut tiedot		

Author(s) Jämsä, Tomi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 05.12.2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 48	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Renewal planning of shopping center's energy measurement system</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Hukari, Sirpa & Puttonen, Pasi		
Assigned by Granlund Lahti Oy		
Abstract  <p>The target of the work was Trio shopping center in Lahti where the existing energy measurement system had flaws, therefore, its renewal was current. The aim was to determine and plan the renewal of the shopping center's energy measurement system. The work aims at answering the research questions on, how the new energy measurement system should be carried out in order to serve the property as well as possible and to meet customer requirements with minimal disruption at transition from the current system to the new one.</p> <p>The work was carried out using development research methods. The current status survey examined the present-day system's problem areas and showed it was necessary to design a new system. To resolve the problems, an improvement proposal was drawn up. The problems of the current system were located in the central components of the system, which was decided to be upgraded with new components. After planning the implementation of the new system the transition to the new system could be done with minimal disruption.</p> <p>The work resulted in a plan to implement a new energy measurement system. The plans showed the required components, wiring, installation and any other matters requiring attention. To improve the measurement data of the main switchboards, it was decided to change the existing meters to meters with power quality measurement capabilities.</p> <p>The results met the requirements. The designed system takes into account the requirements and enables the new system to be implemented with minimal disruption. The planned system was also relatively inexpensive to implement.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) measurement of energy, energy measurement system, measurement of electricity		
Miscellaneous		

## Sisältö

Sanasto .....	3
1 Työn lähtökohdat .....	4
2 Suunnitteluasetelma .....	5
3 Energian mittaaminen .....	7
3.1 Energian mittaamisen tarve .....	7
3.1.1 Lainsäädännölliset vaatimukset.....	9
3.1.2 Käyttäjien vaatimukset.....	12
3.2 Energianmittausjärjestelmä .....	15
3.3 Työssä käytetyt laitteet ja ohjelmisto.....	17
3.3.1 Com’X 510.....	17
3.3.2 Link150.....	18
3.3.3 Acti 9 Smartlink Modbus slave.....	19
3.3.4 PowerLogic PM5310.....	20
3.3.5 Power Monitoring Expert 8.1.....	20
4 Työn toteutus.....	22
4.1 Nykytilanteen kartoitus.....	22
4.2 Uuden järjestelmän suunnittelu.....	26
4.3 Toteutuksen suunnittelu.....	32
5 Tulokset ja johtopäätökset .....	36
5.1 Tulokset.....	36
5.2 Johtopäätökset .....	37
6 Pohdinta.....	39
Lähteet.....	44
Liitteet .....	47
Liite 1. Asennuspiirustus .....	47
Liite 2. Väyläkytkennän muutokset .....	48

**Kuviot**

Kuvio 1. Rakennuskannan energiankulutuksen kehitys.....	10
Kuvio 2. Esimerkki mittausjärjestelmän toteutuksesta .....	15
Kuvio 3. Com’X 510 .....	18
Kuvio 4. Link150 .....	19
Kuvio 5. Acti 9 Smartlink Modbus slave .....	19
Kuvio 7. PM5000-sarja .....	20
Kuvio 6. Power Monitoring Expert –ohjelmisto .....	21
Kuvio 8. Nykyisen järjestelmän toteutusperiaate.....	23
Kuvio 9. Uuden järjestelmän toteutusperiaate .....	31

## Sanasto

<b>DIN-kisko</b>	Sähkökeskuksissa ja asennuskohteissa käytettävä standardisoitu laitteiden ja komponenttien kiinnityskisko.
<b>Modbus</b>	Sarjaliikenneprotokolla, joka on muodostunut standardiksi elektroniikkalaitteiden välisessä kommunikoinnissa.
<b>PoE</b>	Power over Ethernet. Tekniikka, jonka avulla voidaan syöttää laitteen vaatima käyttöjännite datakaapelissa.
<b>RJ-45</b>	Yleisin lähiverkoissa käytetty parikaapelin liitintyyppi.
<b>Sähkön laatu</b>	Sähkön laatu kertoo sähköverkon hyvyydestä. Laatuun vaikuttaa sähkön jakelun katkokset ja siirrettävän jännitteen laatu.
<b>TCP/IP</b>	Internet-liikennöinnissä käytettävien protokollien yhdistelmä. Termi käsittää päätelaitteiden osoitteistamisesta ja pakettien reitittämisestä vastaavan IP-protokollan, sekä kahden päätelaitteen välisestä tiedonsiirtoyhteydestä vastaavasta TCP-protokollasta.
<b>Yliaallot</b>	Sähköverkon jännite- ja virtakomponentit, jotka ylittävät 50Hz:n verkotaajuuden. Yksi sähkön laatua heikentävistä tekijöistä. Aiheuttaa muun muassa nollajohtimen virran kasvua.

## 1 Työn lähtökohdat

Kiinteistön energiankulutuksen seuraaminen on jatkuvasti kehittyvä ja yleistyvä osa talotekniikkaa. Yleistymiseen vaikuttavia asioita ovat muun muassa ympäristöpolitiikan vaikutuksesta jatkuvasti tiukentuvat energian käytön vaatimukset sekä kiinteistön omistajan halu tietää tarkasti energiankulutuksen jakautuminen. Tieto energiankulutuksen jakautumisesta mahdollistaa energiansäästöjen hakemisen oikeista paikoista. Energiankulutuksen tarkka seuraaminen edellyttää energianmittauslaitteita. Mittaustietojen kerääminen ja tehokas seuranta vaatii varsinkin suurissa kiinteistöissä tiedonkeruulaitteiden ja seurantaohjelmiston käyttöä. Edellä mainitut laitteet ja ohjelmisto muodostavat kiinteistön energianmittausjärjestelmän.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää energian mittaamiseen vaikuttavia tekijöitä, tuoda esille mittausjärjestelmässä konkreettisesti tarvittavia komponentteja ja tuottaa energianmittausjärjestelmän toteutukseen vaadittavat suunnitelmat todelliseen kohteeseen. Aiheen valintaan johtavia tekijöitä olivat henkilökohtainen kiinnostus energiankulutuksen seurantaan kohtaan ja asiakkaan tarve työn toteutukseen. Energiankulutuksen vähentäminen on mielenkiintoinen aihe, ja sen seurantaan energianmittausjärjestelmä on välttämätön. Energianmittausjärjestelmä tarjoaa konkreettista tietoa energian kulutuksesta, minkä ansiosta nähdään erilaisten säästötoimenpiteiden ja optimointien vaikutukset. Asiakkaana toimii Kauppakeskus Trio Lahdessa. Kauppakeskuksen nykyinen energianmittausjärjestelmä on vanhentunut ja sen käytössä esiintyy ongelmia, minkä seurauksena uuden järjestelmän suunnittelu on ajankohtaista. Aiheesta on tehty useita aikaisempia tutkimuksia ja selvityksiä, joista kattavan energianmittausjärjestelmän tuomat hyödyt tulevat selkeästi esille. Nämä tutkimukset ja selvitykset käsittelevät pääosin yleisesti energian mittaamista ja sen vaikutuksia, mutta vastaavan laajuisen mittausjärjestelmän suunnittelua ei ole käsitelty.

Opinnäytetyön aihe on erittäin ajankohtainen, sillä vaatimukset energian käytön suhteen kiristyvät jatkuvasti. Euroopan unioni on asettanut tiukat tavoitteet jäsenmaiden tulevien vuosikymmenten energiankäytölle, ja näihin tavoitteisiin pääseminen

edellyttää yhä tarkempaa energiankulutuksen seurantaan. (Energy Efficiency 2016) Lisäksi nykyaikainen energianmittausjärjestelmä antaa paremmat mahdollisuudet havaita mahdolliset talotekniikan vikatapaukset. Nopeasti reagoiva järjestelmä tuo vika- paikat esille viipymättä, ja näin voidaan välttyä suuremmilta vahingoilta.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii insinööritoimisto Granlund Lahti Oy. Granlund Lahti Oy on osa Granlund konsernia, jossa on 19 toimistoa suomessa. Granlund konsernin juuret johtavat 60-luvulle saakka. Insinööritoimisto Olof Granlund Antti Oksanen on perustettu 1.1.1960, mistä koko Granlund-konserni on lähtenyt laajene- maan. (Hänninen, Jokela & Aavaharju 2010, 35.) Granlund-konsernissa työskentelee nykyään noin 700 asiantuntijaa, ja se onkin johtava toimija palvelualueillaan Suo- messa. Granlundin pääosa-alueet ovat talotekniikkasuunnittelu, kiinteistö-, energia-, ja ympäristöasioiden konsultointi sekä ohjelmistokehitys. Konsernin osaamisen kei- häänkärkenä on energiatehokkuus, ja sen slogan onkin ”Less energy gives more”. (Yhtiöstä N.d.) Konserni panostaa vahvasti kehitykseen ja innovaatioihin. Tulevan me- nestyksen kannalta on ensiarvoisen tärkeää kehittyä jatkuvasti, sekä luoda uusia ja parempia toimintatapoja. Konsernin yhtenä merkittävänä innovaatiotoiminnan osa- alueena ovat opinnäytetyöt, joita Granlundilla tehdään vuosittain useita. (Strategia Granlundin Innovaatiotoiminnalle 2013.) Lahden toimisto sijaitsee Lahden keskus- tassa kauppakeskus Triossa. Toimiston sijainti antoi erinomaiset lähtökohdat työn te- kemiseen, sillä kiinteistöön liittyvissä epäselvissä tilanteissa oli helppo käydä paikan- päällä tarkistamassa tilanne. Toimistolla oli myös vahva tietämys koko kiinteistöstä, minkä ansiosta uusi järjestelmä pystyttiin suunnittelemaan mahdollisimman hyvin kiinteistöön sopivaksi.

## **2 Suunnitteluasetelma**

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja suunnitella kauppakeskuksen energianmit- tausjärjestelmän uusiminen. Työn avulla haettiin vastausta kahteen kysymykseen:



1. Miten uusi energianmittausjärjestelmä tulee toteuttaa, jotta se palvelee kiinteistöä mahdollisimman hyvin ja täyttää asiakkaan vaatimukset?
2. Miten järjestelmän uusiminen voidaan toteuttaa mahdollisimman vähin häiriöin siirryttäessä nykyisestä järjestelmästä uuteen?

Edellä mainittujen kysymysten muodostamisen perusteena oli, että näihin kysymyksiin vastaamalla työlle asetetut tavoitteet täyttyvät. Kysymykset tiivistivät työn kannalta oleelliset asiat onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Työ rajattiin sisältämään nykytilanteen kartoituksen, uuden järjestelmän suunnittelun sekä käyttöönoton suunnittelun. Työhön ei sisällytetty mahdollisten uusien mittaustarpeiden suunnittelua. Tällä tavoin tavoitteet pysyivät selkeinä ja työn laajuus kohtuullisena. Työn aikana ilmenneet jatkokehityskohteet on selvitetty raportin pohdintaosiossa.

Työssä käytettäväksi tutkimusotteeksi valittiin kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusote. Työ on käytännön kohteeseen sijoittuva, minkä kaikkia muuttujia ei voitu ennustaa lähtötilanteessa. Tällaiseen tilanteeseen kvalitatiivinen tutkimusote soveltuu hyvin. Tavoitteeseen pääsemiseksi työ toteutettiin kehittämistutkimuksen menetelmiä käyttäen. Kananen (2012, 16) toteaa kirjassaan, että kehittämistutkimuksen avulla saadaan tuotettua käyttökelpoisia ratkaisuja käytännön työelämään. Opinnäytetyön tavoitteena oli nykyisen tilan kehittäminen paremmaksi, joten kehittämistutkimuksen menetelmien hyödyntäminen oli perusteltua. Opinnäytetyö sisälsi nykytilan kartoituksen, jonka avulla selvitettiin järjestelmän suunnittelun lähtökohdat. Samalla selvisi myös uusimistarpeen laajuus. Nykytilan kartoituksen jälkeen tehtiin parannusehdotus, joka tarjosi nykytilan ongelmiin ratkaisun ja vastasi ensimmäiseen suunnittelukysymykseen. Parannusehdotuksen jälkeen siirryttiin uuden järjestelmän suunnitteluun sekä varsinaisen uusimistyön toteutuksen suunnitteluun. Toteutuksen suunnittelulla haettiin vastaus toiseen suunnittelukysymykseen. Suunnittelun jälkeen tulokset arvioitiin kriittisesti ja pohdittiin työn onnistumista. Opinnäytetyö toi hyötyä asiakkaalle tarjoamalla ratkaisun asiakkaan kokemuksiin ongelmiin. Kattava nykytilan kartoitus oli hyödyksi myös toimeksiantajalle, joka sai viimeisimmät tiedot järjestelmän nykytilasta.

Opinnäytetyön perehtymisvaiheen aineistona käytettiin muun muassa kirjallisia dokumentteja, laitevalmistajien tuote-esitteitä ja internet-lähteitä. Aineistoa kerätessä tutustuttiin myös aiheeseen liittyviin tutkimuksiin ja selvityksiin. Suunnitteluaineistoa kerättiin kohdekiinteistön tiloihin ja laitteisiin tutustumalla, sekä havaittujen oleellisten asioiden dokumentoinnilla. Aineistona käytettiin myös olemassa olevia piirustuksia nykyisestä järjestelmästä. Suunnitteluaineistoa kerättiin myös asiakkaan edustajan haastattelulla, mikä antoi kehittämistyön lähtökohdat. Opinnäytetyön luotettavuuden varmistamiseksi perehtymisvaiheen aineistona käytettiin mahdollisimman ajankohtaisia ja luotettavia lähteitä. Lähteiden valinnassa painotettiin alkuperäislähteiden käyttöä, esimerkiksi lakeja ja laitevalmistajien omia tuotetietoja. Lisäksi laitevalmistajan asiantuntijan avustus varmisti tietojen ja suunnitelmien oikeellisuuden.

### **3 Energian mittaaminen**

Energian mittaamiseen liittyy monia syitä ja perusteita. Osioon on kerätty tietoa energian jatkuvasti lisääntyvistä mittausvaatimuksista Euroopan unionin, Suomen valtion ja energian käyttäjien sisäisten vaatimusten kannalta. Lisäksi esitellään energian mittaustapoja ja työssä käytettyjä mittalaitteita. Energian mittaamisella tarkoitetaan sähkö-, kaukolämpö-, kaukokylmä-, kaasuenergian tai muun vastaavan energiamuodon mittaamista. Myös veden kulutuksen mittaaminen sisällytetään energianmittauksen piiriin.

#### **3.1 Energian mittaamisen tarve**

Energiaa tuottaessa ja siirtäessä muodostuu lukuisia ympäristövaikutuksia. Nämä ympäristövaikutukset vaikuttavat vahvasti koko maapalloon, ja muun muassa ilmastonmuutos, happamoituminen ja luonnonvarojen väheneminen ovat tällaisia vaikutuksia. Näihin aiheutuviin haittoihin on kuitenkin kiinnitetty huomiota jo pitkään, ja ympäristövaikutusten minimoimiseen tullaan keskittymään vahvasti myös tulevaisuudessa. Ympäristövaikutusten vähentämiseen pyritään muun muassa siirtymällä ilmastoystävällisempään energiantuotantoon sekä käyttämällä tuotettu energia mahdollisimman tehokkaasti. (Ympäristö ja kestävä kehitys N.d.) Mahdollisimman hyvä ener-

giatehokkuus on edullisin, helpoin ja ympäristöystävällisin keino päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi se edesauttaa Suomen energiaomavaraisuutta. Energiaa säästävien kulutustottumuksien ja energiatehokkaiden ratkaisujen tuominen esille on tärkeä osa ilmaston hyvinvoinnin parantamista. (Energiansäästötietoa N.d.)

Energian mittaaminen ja kiinteistöjen energiankulutuksen seuranta on välttämättöntä, jotta energiankulutuksen vähentämiseksi tehtävien toimenpiteiden toimivuutta voidaan seurata. Lisäksi lähtötietojen selvittäminen luo kaiken perustan energiatehokkuuden parantamiseen. Mittaaminen on avaintekijä energiatehokkuuden parantamisen johtamisessa, sillä mittaustiedon ja energiankäytön seuranta luo mahdollisuudet raportoinnille ja energiansäästön todentamiselle. Mittausten pohjalta tehdyistä selvityksistä saadaan todellista tietoa päätöksentekoon energiatehokkuuden parantamiseen liittyvissä asioissa. Energiankulutuksen seurannan toteutukseen tulisi kuulua laskutusmittausten lisäksi alamittauksia, jotka toisivat kulutustietoja eri energialajeista vaihtelevissa tuotanto- ja palvelutilanteissa ja eri ajanjaksoilla. Riittävän ja luotettavan mittaamisen tuoma tieto luo edellytykset toiminnan parantamiseen, oikeiden ratkaisujen tekemiseen sekä kustannusten säästämiseen. Yritysten tulee määrittää parhaiten heille sopivat menetelmät ja mittarit energiankulutuksen ja energiatehokkuuden mittaamiseen. Määrittämisessä tulee ottaa huomioon muun muassa mittausten käyttötarkoitus sekä mittauksen haluttu näytteenoton tiheys. Lyhemmällä mittausvälillä saadaan tarkempaa tietoa kuin pidemmällä mittausvälillä, mikä edesauttaa energiatehokkuuden kehittämistä. Toisaalta lyhyen mittausvälin tuottama tiedon määrä voi kasvaa hallitsemattoman suureksi, joten mittausvälin pituuden määrittämisessä tulee käyttää harkintaa. (Mitä et voi mitata, sitä et voi johtaa 2015; Energiankäytön ja energiatehokkuuden seuranta 2015.)

Työ- ja elinkeinoministeriö on korostanut energiatehokkuustoimenpiteiden periaatepäätöksessään, että yksi toiminnan perustan osa on juuri toimenpiteiden vaikutusten seuranta. Samassa yhteydessä mainitaan myös huoneistokohtaisten energiankulutusmittausten kehittämisestä ja käyttöön ottamisesta. Kuluttajien energiankäytön vähentämiseksi pyritään antamaan palautetta energiankäytöstä ja energiankäytön tehostamisesta. (Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä 2010.) Myös tutkimustulokset puoltavat energiankulutuksen mittausjärjestelmän

asentamista kiinteistöön. Mäkelä (2016, 47) toteaa tutkimuksessaan, että mittausjärjestelmän tietojen avulla voidaan saavuttaa merkittävää energian ja veden säästöä. Säästö muodostuu muun muassa mittausjärjestelmän havaitsemien poikkeamien korjaamisella tapauksesta riippuen esimerkiksi säätämällä. Säästötoimenpiteen kustannus on usein pieni, mutta saavutettu hyöty voi olla merkittävä.

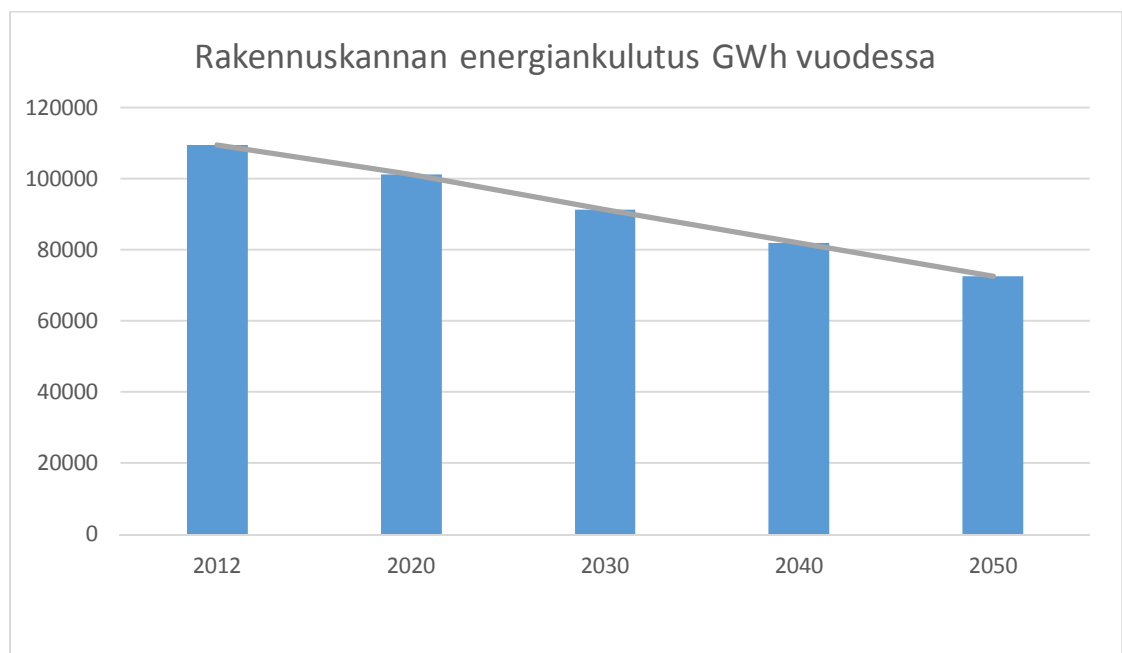
### 3.1.1 Lainsäädännölliset vaatimukset

Euroopan unioni on asettanut energiapaketissaan tavoitteeksi 20-prosentin energiatehokkuuden parannuksen energiankulutuksen perusuraan verrattuna vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi vuonna 2014 Euroopan unionin maat hyväksyivät vuoden 2030 energiansäästö tavoitteekseen 27 % parannuksen. Euroopan unioni onkin kiinnittänyt huomiotaan osa-alueisiin, joissa energiansäästön potentiaali on mahdollisimman suuri. Rakennukset ovat yksi tällainen osa-alue, joten rakennusten energiatehokkuuden kiinnitetään jatkuvasti tarkempaa huomiota. Energiatavoitteisiin pääsemiseksi EU on listannut keinoja energiatehokkuuden parantamiseksi. Näitä keinoja ovat muun muassa valtioiden omistuksessa olevien kiinteistöjen remontoiminen energiatehokkuuden parantamiseksi ja kansallisten energiatehokkuuden toimintasuunnitelmien tekeminen kolmen vuoden välein. Lisäksi suurilta yrityksiltä edellytetään energiatodistuksen toimittamista neljän vuoden välein. (Energy Efficiency 2016) Euroopan unioni asetti myös direktiivillä 2006/32/EC tavoitteen 9-prosentin energiankäytön tehostamiseksi vuosina 2008–2016 verrattuna vuosien 2001–2005 loppukulutuksien keskiarvoihin. Jäsenmaat ovatkin oikealla tiellä saavuttaakseen asetetun tavoitteen. (Directive 2012/27/EU of energy efficiency 2012)

Euroopan unionin jäsenmaita edellytetään myös direktiivin 2012/27/EU mukaan lisäämään ja laajentamaan energian mittausta. Energian loppukuluttajien sähkön, kaasun, kaukolämmön, kaukokylmän ja käyttöveden energiamäärät tulisi mitata erillisin mittarein, jotka antaisivat tarkkaa tietoa todellisesta kulutuksesta. Mittaaminen tulisi toteuttaa kuitenkin teknisen toteutettavuuden, taloudellisen kohtuullisuuden ja suhteellisen energiansäästöpotentiaalın puitteissa. Mittaus tulisi lisätä aina uusien rakennusten rakentamisen yhteydessä, suuren remontin yhteydessä tai kun olemassa

oleva mittari korvataan uudella. Älykkäiden mittareiden tulisi tarjota jatkuvaa ja ajantasaista tietoa loppukäyttäjille. Sähkön mittaustiedot tulisi olla käyttäjän halutessaan saatavilla ja heitä tulisi opastaa älykkäiden sähkönmittareiden käytössä täysitehoisen energiankulutuksen valvonnan aikaansaamiseksi. (Directive 2012/27/EU, Article 9)

Suomen viimeisin kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-3 on laadittu 29.4.2014. Toimintasuunnitelma laadittiin vastaamaan direktiivin 2012/27/EU velvoitteeseen kolmen vuoden välein tehtävästä energiatehokkuuden toimintasuunnitelmasta. Toimintasuunnitelmalla pyritään varmistamaan Euroopan unionin vuodelle 2020 asetettujen tavoitteiden täyttyminen. Lisäksi siinä esitellään Suomen pitkän aikavälin energiatavoitteita, jotka on asetettu saavutettaviksi vuoteen 2050 mennessä. Rakennuskannan energiankulutuksen odotetaan laskevan korjausten ja poistuman yhteisvaikutuksesta tasaisesti pitkällä aikavälillä (ks. kuvio 1). (Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-3 2014, 18)



Kuvio 1. Rakennuskannan energiankulutuksen kehitys (Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-3, 19)

Suomen maankäyttö- ja rakennuslaissa on otettu kantaa muun muassa energiatehokkuuteen. Laki edellyttää, että rakennusten mittausjärjestelmien avulla pitää pystyä seuraamaan energiankulutusta. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, 117 g §) Suomen energian kokonaiskulutuksesta 40-prosenttia kuluu rakennuksissa. (Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö 2016) Ympäristöministeriö edellyttää asetuksessaan, että uudet rakennukset on varustettava energiankäytön mittauksella tai mittausvarauksella. Rakennusten energiamuotojen käyttö tulisi olla helposti selvitettävissä. Lisäksi uusiin kiinteistöihin, joissa on yhtä useampi huoneisto, tulee olla päävesimittauksen lisäksi huoneistokohtaiset kylmän- ja lämpimän käyttöveden mittaukset. Mittaustietojen seuraaminen tulee olla helppoa ja tietoja pitäisi pystyä käyttämään laskutuksessa. Myös huoneistokohtaisen lämpöenergianmittauksen taloudellisista edellytyksistä on teetetty selvitys. Suomen valtio on myös laatinut toimenpidesuunnitelman omistamilleen kiinteistöille, missä yksi kehitettävistä toimenpiteistä on kulutusmittausten kattavuuden parantaminen. (Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-3 2014, 19 - 31)

Vuonna 2015 astui voimaan energiatehokkuuslaki 1429/2014, joka sisältää energiatehokkuuteen liittyviä edellytyksiä. Laki edellyttää muun muassa suuria yrityksiä tekemään energiakatselmuksen, joka sisältää tietoa yrityksen energiankulutusprofiilista ja kustannustehokkaista energiansäästömahdollisuuksista. Katselmuksessa määritellään myös mahdollisen säästön suuruus sekä siinä raportoidaan saavutetut tulokset. Energiakatselmus kattaa kaikki yrityksen energiankäytön kohteet eli rakennukset, liikenne sekä teollinen ja kaupallinen toiminta. Katselmukseen on myös sisällytettävä riittävästi katselmuksia yrityksen kohdekohtaisista toiminnoista. Tällä edesautetaan luotettavan kuvan muodostumista yrityksen energiatehokkuudesta ja sen parannusmahdollisuuksista. Energiakatselmukseen liittyy vahvasti myös laissa määritetty kohdekatselmus, joka on järjestelmällinen menettely yrityksen energiankäyttökohteen energiankulutuksesta ja sen rakenteesta. Kohdekatselmuksen avulla pystytään keskittymään tarkemmin valitun kohteen energiankäyttöön, ja tuomaan esille ehdotukset kustannustehokkaista energiatehokkuustoimista. Kohdekatselmusta tulisi käyttää kohteisiin, joiden energiansäästöpotentialiaali on mahdollisimman hyvä. Energiatehokkuuslaki vaatii myös mittaria lämpöenergian mittaukseen uutta kiinteistöä rakentaessa, vanhaa merkittävästi remontoitaessa tai olemassa olevaa mittaria korvattaessa.

Mittarista tulee selvittää tarkasti kulutettu energiamäärä ja tiedot kulutuksen ajoittumisesta. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 2-4 luku)

### 3.1.2 Käyttäjien vaatimukset

Lainsäädäntö ja määräykset antavat vähimmäisvaatimukset energian mittauksen toteutukselle. Useissa tapauksissa kattavamman energian mittauksen toteuttaminen on kuitenkin tarpeen. Yleisimpiä syitä energian mittaukselle ovat kulutusten seuranta ja laskutuksen toteuttaminen mittausten perusteella. Mittausjärjestelmää voidaan perustella myös kiinteistön henkilökunnan tyytyväisyydellä, riskien hallinnalla sekä vikatapausten nopealla havaitsemisella. Näillä syillä on välillisiä vaikutuksia käyttö- ja ylläpitokustannuksiin, vaikka edut eivät ilmenisikään suoraan energiankulutuksen näkökulmasta. Mittausjärjestelmän toteuttamisen kannattavuus tulee laskea tapauskohtaisesti, mutta uutta kiinteistöä rakennettaessa mittauspisteiden lisääminen ei tuota yleensä merkittäviä kustannuksia. Mittausjärjestelmien asennuksessa olemassa oleviin kiinteistöihin voi ongelmiksi muodostua asentamisen vaikeus tai kustannusten suuruus. Olemassa olevat energiaverkostot eivät ole välttämättä edullisia mittaamisen toteuttamiselle, jolloin kattavan järjestelmän toteuttaminen voi edellyttää huomattavan määrän mittareita. Tarvittavan mittausjärjestelmän laajuus riippuu myös vahvasti kiinteistön käyttötarkoituksesta sekä kiinteistön omistajan tavoitteista. (ST 21.34 2015, 3)

Sähkö- tai lämmitysenergian päämittaukset eivät yksilöi riittävästi rakennusten energiankulutusta, jos tavoitteena on energiatehokkuuden parantaminen. Energiatehokkuuden analysoimiseksi ja ongelmakohtien selvittämiseksi kiinteistö tulisi varustaa kattavammalla ja tarkemmalla mittausjärjestelmällä. Varsinkin suurta kulutusta aiheuttavien kohteiden tarkempi mittaus antaa paremmat mahdollisuudet reagoida energiankulutukseen ja parantaa tehokkuutta. Eri järjestelmät tulisi pystyä erottamaan toisistaan, jotta esimerkiksi valaistukseen tehdyt energiatehokkuuden parannukset voitaisiin eritellä. Muita eriteltäviksi suositeltuja sähköjärjestelmiä ovat esimerkiksi lämpöpumput, keittiöt, ilmanvaihto sekä palvelinlaitteet. Tarkkojen mittausten perusteella voidaan todeta muutosten tuomat hyödyt konkreettisesti esimerkiksi

käyttökustannusten alenemisella. Suurten sähkönkuluttajien mittaus antaa myös tietoa sähkönkulutuksen jakaumasta. Jäljelle jäävä sähkönkulutus on yleensä käyttäjien vaikutettavissa olevien laitteiden aiheuttamaa kulutusta. Lämmitysenergian potentiaalisia mittaushetkiä ovat esimerkiksi käyttöveden, ilmanvaihdon tai pihasulatuksen käyttämät energiamäärät. (ST 21.34 2015, 3)

Energiamittausjärjestelmää voidaan hyödyntää sähkön laadun mittaamiseen. Sähkön laadun huonoudella on vaikutuksia laitteiden toimintaan sekä käyttöikänsä. Sähkön laadun huonous tulee usein esille liian myöhään, jolloin vaurioita tai haittoja on ehtinyt jo muodostua. Laadun huonous voi tulla esille esimerkiksi uusien laitehankintojen jälkeen, jolloin uudet laitteet eivät siedä olemassa olevaa häiriötasoa. Sähkön laatuun vaikuttavia häiriöitä ovat muun muassa yliaaltovirrat ja -jännitteet, jännitekatkot, jännitetason vaihtelut sekä taajuuspoikkeamat (ABB TTT-käsikirja 2000, Luku 4). Sähkön laadun mittaamisella voidaan seurata ja tallentaa sähkönsyötössä tapahtuvia häiriötilanteita sekä ennaltaehkäistä mahdollisten ongelmatilanteiden syntymistä. Mittaustietoja analysoimalla voidaan selvittää myös sähköjärjestelmän huollon tarpeita, ja esimerkiksi analysoida ja mahdollisesti poissulkea sähkön laadun vaikutus laitteen rikkoutumiseen. (PowerLogic PM8000 presentation 2016)

Energiamittausjärjestelmää käytetään usein laskutukseen. Kattavan mittausjärjestelmän avulla käyttäjiä voidaan laskuttaa toteutuneen kulutuksen perusteella, mikä edesauttaa käyttäjälähtöistä energiankulutuksen vähentämistä. Käyttäjä näkee suoraan oman energiankäyttönsä ja energian käytön vähentämisen vaikutukset laskussa. Energiamittausjärjestelmä mahdollistaa myös paremman riskien hallinnan. Esimerkiksi kaasujen kulutuksen mittaustietoja voidaan hyödyntää turvallisuuden lisäämiseen. Jos kaasun kulutus poikkeaa normaalista, voidaan tieto asiasta ohjata eteenpäin ja hälyttää käyttäjiä mahdollisesta vaarasta. Mittausjärjestelmää voidaan hyödyntää vikatilanteiden havaitsemiseen. Vedenkulutuksen normaalista poikkeava määrä voi olla seurausta esimerkiksi vesiputken rikkoutumisesta. Rikkoutuminen voi tapahtua aikana jolloin kiinteistössä ei ole henkilöstöä, minkä seurauksena vahingot voivat muodostua erittäin suuriksi. Mittausjärjestelmän avulla hälytys voidaan lähettää vastaavalle henkilölle milloin vain ja näin aiheutuneet vahingot pystytään mini-



moimaan. Energianmittausjärjestelmää voidaan käyttää myös huollon tarpeen ennakointiin. Kattavasta järjestelmästä voidaan katsoa käyttötuntimääriä laitteistokohtaisesti, minkä ansiosta esimerkiksi moottoreiden huollon tarpeeseen pystytään varautumaan. Lisäksi laitteiden käynnistyskertojen mittaaminen voi antaa tietoja esimerkiksi toiminnan tasosta. Monta käynnistyskertaa lyhyen ajan sisällä paljastaa huonon toiminnan, tällöin asiaan voidaan puuttua ennen vaurioiden syntymistä. (ST 21.34 2015, 3)

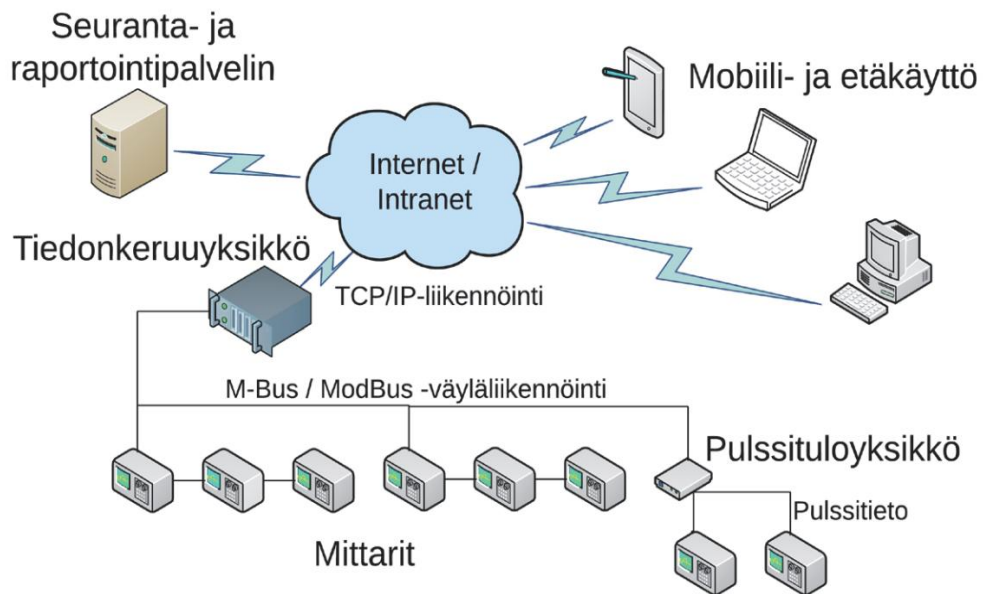
Mittaustietojen hyödyntämiseen on olemassa useita eri vaihtoehtoja. Kulutustiedot voidaan liittää rakennusautomaatiojärjestelmään, erilliseen raportointijärjestelmään tai ne voidaan kerätä manuaalisesti suoraan mittalaitteista. Suoraan rakennusautomaatioon liittymisen etuina ovat raportointien tekemisen mahdollisuus sekä viiveettömien ohjausten tekeminen mittaustietojen avulla. Raportointia varten on olemassa erillisiä raportointiohjelmia, jotka mahdollistavat kattavampien raporttien luomisen. Näissä ohjelmissa voi olla myös mahdollisuuksia erilaisten hälytysten luomiseen sekä työkaluja energian käytön hallintaan. Raportoinnin toteutustavasta riippumatta tulisi se suunnitella vastaamaan mahdollisimman hyvin käyttäjän vaatimuksia. Raportointi kokoaa mittaustiedot kokonaisuuden hahmottamisen helpottamiseksi, ja sen tulisi sisältää käyttäjän kannalta tärkeät tiedot. (ST 21.34 2015, 7) Kulutustietojen hyödyntäminen on tärkeässä asemassa kiinteistön energiankäyttöä optimoitaessa. Tietojen avulla voidaan havaita ylimääräisiin kustannuksiin johtavia puutteita. Kulutusseurannan tehokkaan hyödyntämisen toteutumiseksi tulisi seurannasta laatia suunnitelma. Suunnitelma määrittäisi muun muassa energiankulutustietojen analysointitavat, analysointitiheyden sekä toimenpiteet kulutuspoikkeamien ilmentyessä. (Luoma 2008, 49)

Mittaustiedon käytettävyyteen vaikuttavat oleellisesti mittausväli ja mittaustarkkuus. Kuukausitasoista mittausväliä voidaan pitää vähimmäisvaatimuksena, mutta sen avulla ei päästä juurikaan pintapuolista tarkastelua syvemmälle. Lyhemmän mittausvälin etuja ovat tarkemmin havaittavissa olevat energiankäytön muutokset sekä ajankohdan selvittämisen mahdollisuus ongelmatilanteen yhteydessä. Tuntitasoinen mittausväli antaa huomattavan paljon laajemmat mahdollisuudet mittaustietojen analysointiin kuin kuukausitasoinen. Tuntitasoinen mittausväli mahdollistaa esimerkiksi

kiinteistön yöllisen pohjakulutuksen tarkistamisen, mikä auttaa turhien sähkää kuluttavien järjestelmien löytämisessä. Vielä tiheämmästä mittausvälistä voi olla joissain tapauksissa hyötyä. Mittausjärjestelmässä kannattaisi olla mahdollisuus kerätä mittaustietoa tiheämmin tarpeen vaatiessa. Mittaustarkkuuden vähimmäistarkkuudet on myös säädetty laissa laskutuksessa käytettävien mittareiden osalta. Energiankulutuksen jakauman selvittämiseen tai energiankäytön valvontaan käytettävien mittalaitteiden vähimmäistarkkuutta ei ole rajoitettu. (ST 21.34 2015, 4)

### 3.2 Energiamittausjärjestelmä

Energiamittausjärjestelmän rakenne muodostuu yleensä kolmesta tasosta. Nämä tasot ovat energian mittaamiseen käytetyt laitteet, mittaustiedot keräävä tiedonkeruuyksikkö sekä mittaustietoja käsittelevä seuranta- ja raportointijärjestelmä (ks. kuvio 2).



Kuvio 2. Esimerkki mittausjärjestelmän toteutuksesta (ST 21.34 2015, 7)

Mittalaitteet voivat liittyä järjestelmään joko pulssiliitynnällä tai väylän välityksellä. Pulssiliitännäiset mittalaitteet vaativat lisäksi pulssikeruuyksikön, joka muuttaa pulssitiedon energiankulutustiedoksi järjestelmää varten. Väyläliityntä on kuitenkin

yleensä pulssiliityntää suositeltavampaa, sillä kustannusero ei ole merkittävä. Väylän avulla liitettävät mittarit laskevat ja välittävät mittaustiedon kokonaisuena kulutuksen loppusummana, minkä ansiosta esimerkiksi tiedonkeruuyksikön toimintahäiriö ei vaikuta kulutuksen mittaustietoon. Mittaustieto säilyy häiriöstä huolimatta mittalaitteissa, josta se voidaan toimintahäiriön jälkeen lukea. Tämä myös mahdollistaa kulutustietojen lukemisen suoraan manuaalisesti mittalaitteesta. Mittalaitteet tulisikin sijoittaa siten, että niiden lukeminen olisi vaivatonta ja turvallista. Väyläliitännäiset mittarit mahdollistavat usein myös kattavamman tiedon lukemisen, kuten esimerkiksi sähköenergian kulutuksen lisäksi jännitteiden, virtojen ja tehokertoimen arvot. (ST 21.34 2015, 6)

Tiedonkeruuyksikkö toimii yhdyskäytävänä mittalaitteiden ja seurantajärjestelmän välillä. Tiedonkeruuyksikkö muuttaa mittareilta mittausväylän kautta tulevan tiedon esimerkiksi TCP/IP-verkkoon soveltumaan muotoon, minkä kautta tietoon pääsee käsiksi seurantajärjestelmällä. Verkon käyttäminen mahdollistaa myös langattoman seurannan ja etäkäytön, mikä tuo etuja esimerkiksi kiinteistönhoidolle. Tiedonkeruuyksikkö sisältää yleensä kulutustietojen tallennusmahdollisuuden, jolloin kulutustiedot säilyvät keruuyksikön rekisterissä. Keruuyksikössä on usein myös pulssimittaus-ten suoraan liittämiseen mahdollisuus. Tiedonkeruuyksiköiden mittausdatan käsittelykapasiteetti on rajallinen, joten laitteet tulee mitoittaa järjestelmän laajuutta vastaavaksi. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös mahdolliset laajennukset, jotta tulevaisuuden lisästarpeet olisi mahdollista toteuttaa. Myös tiedonkeruuyksiköiden tulisi olla sijoitettu siten, että henkilökunnan olisi esteetön ja helppo päästä niihin käsiiksi. (ST 21.34 2015, 7)

Mittaustietojen tehokas hyödyntäminen edellyttää seuranta- ja raportointijärjestelmän käyttöä. Järjestelmän avulla mittareiden tuottama mittaustieto saadaan muuttettua luettavaan ja ymmärrettävään muotoon, mikä edesauttaa tietojen analysointia. Energianseurantajärjestelmän avulla voidaan luoda erilaisia näkymiä ja koostesivuja, joista esimerkiksi laitteistokohtaiset kulutukset sekä energian kustannukset näkyvät selkeästi. Seurantajärjestelmän avulla pystytään analysoimaan kiinteistön energiankäyttöä ja suhteuttamaan sitä esimerkiksi asiakasmäärään, liikevaihtoon tai tuo-

temäärään. Näin tehtyjen parannusten vaikutus on helposti todennettavissa. Mittaustietojen käsittelyyn ja raportointiin voidaan käyttää myös rakennusautomaatiojärjestelmää. Rakennusautomaatiojärjestelmien raportointimahdollisuudet eivät ole yleensä valmiiksi yhtä kattavia kuin kyseiseen käyttötarkoitukseen tehdyissä järjestelmissä. Rakennusautomaatiojärjestelmän räätälöintimahdollisuudet mahdollistavat kuitenkin raportoinnin kehittämisen tarpeen vaatimalla tavalla. Rakennusautomaation käytön etuna on kuitenkin mahdollisuus lisätä energiankulutuksen seurantaan olosuhteiden seuranta. Uusissa kiinteistöissä voi olla hyvinkin kattava lämpötilojen, hiilidioksidiarvojen ja muiden olosuhteiden mittaussysteemien järjestelmä. Näiden tietojen yhdistäminen energianmittauksen tietoihin antaa entistä laajempia mahdollisuuksia kiinteistön kokonaisolosuhteiden analysointiin. (ST 21.34 2015, 8)

### 3.3 Työssä käytetyt laitteet ja ohjelmisto

Uudet energianmittausjärjestelmän komponentit valittiin Schneider Electricin valikoimista. Käyttämällä saman valmistajan tuotteita pystyttiin varmistamaan laitteiden mahdollisimman hyvä yhteensopivuus. Myös tukipalveluiden käyttö on vaivattomampaa, kun laitteet ovat saman valmistajan valikoimasta.

#### 3.3.1 Com'X 510

Com'X 510 on Schneider Electricin monipuolinen energianmittausjärjestelmän tiedonkeruuyksikkö (ks. kuvio 3). Laite voi käsitellä enintään 64 mittarin tai mittauspisteen tiedot, jotka voi olla joko suoraan siihen kytketyistä mittauksista, Modbus-väylän kautta liitettyistä mittareista tai ethernet TCP/IP-verkon kautta muista keruuyksiköistä saatuja mittaustietoja. Com'X 510 voi käsitellä 32 suoraan siihen kytketyn mittauspisteen tiedot Modbus-väylään tai analogisiin ja digitaalisiin sisääntuloihin kytketyistä mittareista. Mittausdatan tallennuksen aikavälin voi määrittää yhdestä sekunnista yhteen viikkoon. Laite tallentaa mittaustiedot ja pystyy säilyttämään niitä tiedoista riippuen jopa kahden vuoden ajalta. Mittaustietojen tallennuksen avulla katkos laitteen ja kulutuksen seurantarjestelmän välillä ei aiheuta mittaustietojen katoamista. Laitteessa on sisäänrakennettu energianhallintaohjelmisto, jonka avulla energiankulutustietojen lukeminen onnistuu suoraan LAN-verkon välityksellä. Com'X

510-energiaserverin voi asetella lähettämään mittaustietoja asetetun ajan välein internetin välityksellä suoraan mittaustietoja tarvitsevalle taholle, kuten laskutusohjelmistoon. Laitteen kautta on myös mahdollista lukea mittaustietoja reaaliajassa erilliseen energianhallintaohjelmistoon, ja sen ominaisuuksia voi lisätä lisävarusteena saatavilla WiFi- ja GPRS-sovittimilla. Laitteessa on kaksi ethernet-porttia, jonka ansiosta se on ketjutettavissa muiden laitteiden kanssa. Com'X 510:n sähkönsyöttö voidaan toteuttaa ethernet-portin kautta PoE:ta hyödyntäen, tai erillistä 24VDC-virtalähdettä käyttäen. (PowerLogic Catalogue 2016)



Kuvio 3. Com'X 510 (Energy server Com'X 510 2015)

### 3.3.2 Link150

Link150 (ks. kuvio 4) toimii yhdyskäytävänä Modbus-väylässä olevien laitteiden ja ethernet TCP/IP-verkon välillä. Laitteeseen voi kytkeä suoraan enintään 32 mittaria tai muuta laitetta. Laite muuttaa siihen kytkettyjen laitteiden Modbus väylätiedon Modbus TCP-muotoon, jolloin tieto voidaan siirtää ethernet TCP/IP-verkon välityksellä esimerkiksi Com'X 510-energiaserveriin. Laitteen käyttökohteita ovat energian mittausjärjestelmät, tehon jakelujärjestelmät, rakennusautomaatio ja tehdasautomaatio. Laitteessa on kaksi ethernet-porttia, jonka ansiosta se on ketjutettavissa muiden laitteiden kanssa. Link150:n sähkönsyöttö voidaan toteuttaa ethernet-portin kautta PoE:ta hyödyntäen, tai erillistä 24VDC-virtalähdettä käyttäen. (Link150 Technical Datasheet 2015)



Kuvio 4. Link150 (Link150 Product Image 2015)

### 3.3.3 Acti 9 Smartlink Modbus slave

Acti 9 Smartlink-laite (ks. kuvio 5) muuttaa kentän laitteilta kerätyn tiedon Modbus-väylään sopivaksi. Laite kykenee pulssitietojen keräämiseen, joten se soveltuu käytettäväksi pulssikeruuyksikkönä. Laitteen avulla voidaan myös ohjata kentällä olevia laitteita, kuten kontaktoreita. Sen ominaisuuksia ovat muun muassa tilatietojen ja hälytysten välittäminen järjestelmään, laitteiden ohjaus ja mittausten keräys. Acti 9 Smartlink on saatavilla monena eri versiona eri käyttötarkoituksiin. Työhön valittiin 11-kanavalla varustettu malli. Jokainen kanava sisältää kaksi sisääntuloa ja yhden ulostulon, joten laite kykenee vastaanottamaan enintään 22 pulssimittaustietoa. Laite tarvitsee toimiakseen 24VDC virtalähteen. (A9XMSB11 Product data sheet N.d.)



Kuvio 5. Acti 9 Smartlink Modbus slave (Acti 9 Smartlink modbus 2014)

### 3.3.4 PowerLogic PM5310

PM5310-energiamittari (ks. kuvio 7) sisältää kattavat mittausominaisuudet. Se kykenee mittaamaan pätö- ja loistehon, energian, tehokertoimen, taajuuden, jännitteen ja virran lisäksi myös sähkön laatua. Sähkön laadun mittauksiin kuuluu harmonisen kokonaissärön mittaaminen, täydellä nimellisvirralla esiintyvän harmonisen kokonaissärön mittaaminen sekä harmonisten yliaaltojen mittaaminen 31-yliaaltoon saakka. Laite kerää sisäiseen muistiin aikaleimatut tiedot mittauksista, tapahtumista, hälytyksistä ja minimi- ja maksimiarvoista. Laite käyttää kommunikointiin Modbus-väyläprotokollaa ja on asennettavissa keskuksen kanteen. (METSEPM5310 Product Data Sheet N.d.)



Kuvio 6. PM5000-sarja (Functions and characteristics PM5000 series N.d.)

### 3.3.5 Power Monitoring Expert 8.1

Power Monitoring Expert on Schneider Electricin energianseuranta- ja raportointiohjelmisto. Ohjelmisto mahdollistaa laajan energiamittausjärjestelmän tietojen keräämisen ja tehokkaan analysoinnin. Ohjelmiston avulla mittautieto voidaan esittää tarkoituksen mukaisella tavalla ja tarkkuudella, jolloin käyttäjän on helppo hyödyntää

kerättyä tietoa. Ohjelmiston käyttöliittymää voidaan räätälöidä monipuolisesti, joka mahdollistaa sen soveltuvuuden kaikille käyttäjille (ks. kuvio 6). Ohjelmisto mahdollistaa erilaisten ikkunoiden luomisen, minkä ansiosta esimerkiksi jokaisen kiinteistön osan mittaukset saadaan kerättyä omiin ikkunoihinsa. Tiedot voidaan esittää muun muassa erilaisten taulukoiden, tilastojen tai mittareiden muodossa. Ohjelmiston kautta haluttua tietoa voidaan jakaa valituille tahoille, mikä mahdollistaa esimerkiksi toimintatapojen muuttamisen energiankulutuksen kannalta edullisempaan suuntaan. Ohjelmistoa käytetään internet-selaimen kautta. Power Monitoring Expert tukee alan standardiprotokollia ja laaja-alaisesti Schneider Electricin sekä muiden valmistajien laitteita. Ohjelmisto voidaan integroida toimimaan muiden energianhallintajärjestelmien ja automaatiojärjestelmien kanssa tai yhdistää internet-palveluihin. Ohjelmisto tukee useita kielivaihtoehtoja ja mahdollistaa mittausten reaaliaikaisen seurannan. Ohjelmiston avulla voidaan tulostaa energiaraportteja kulutuksen analysointia ja kustannuseurantaa varten. Raportoinnin laajuus on valittavissa raportin tarkoituksen mukaan. Ohjelmiston avulla kerätty tieto voidaan tallentaa tietokantaan, mikä mahdollistaa mittaustietojen tarkastelun jälkikäteen. Ohjelmisto skaalautuu järjestelmän laajuuden mukaan, joten mahdolliset laajennukset eivät tuota ongelmia. (Power Monitoring Expert 2016)



Kuvio 7. Power Monitoring Expert –ohjelmisto (Main PME with monitor N.d.)

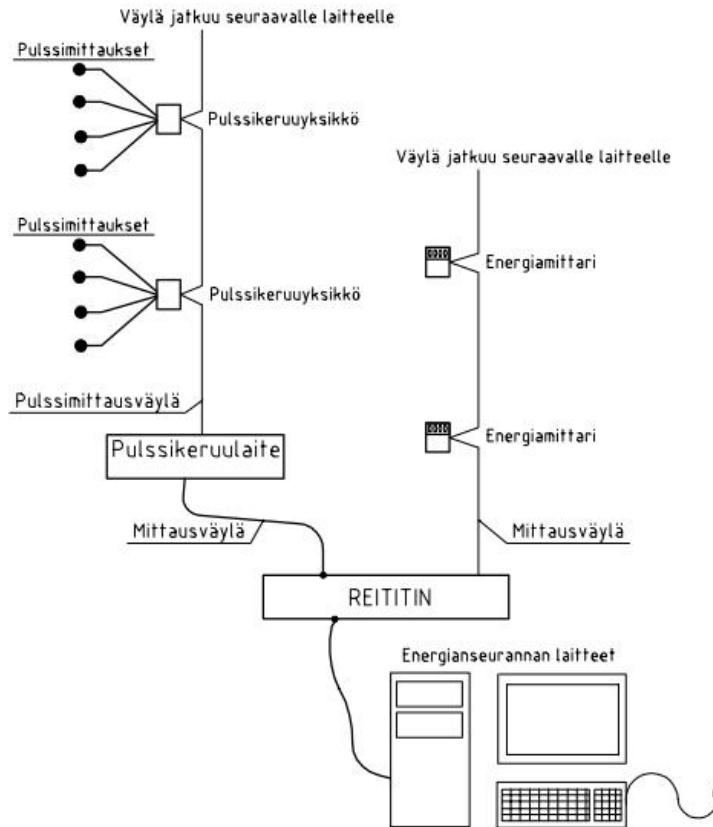


## 4 Työn toteutus

Työn toteutus sisälsi kolme osakokonaisuutta, jotka olivat nykytilanteen kartoitus, uuden järjestelmän suunnittelu sekä järjestelmän uusimisen toteutuksen suunnittelu. Nämä kokonaisuudet olivat välttämättömiä onnistuneen lopputulokseen aikaansaamiseksi. Työ eteni pääosin vaiheittain osakokonaisuudesta toiseen, koska seuraavaan kokonaisuuteen siirtyminen edellytti edellisen osion valmistumista. Työ toteutettiin pääosin käyttäen MagiCAD-ohjelmistoa. Laskentaa ja numeroiden käsittelyä vaativat työvaiheet toteutettiin Excel-ohjelmalla.

### 4.1 Nykytilanteen kartoitus

Nykytilanteen kattava kartoitus oli välttämätöntä, jotta uuden järjestelmän kunnollinen suunnittelu oli mahdollista. Ensimmäinen vaihe kartoituksessa oli tutustua nykyiseen energianmittausjärjestelmään ja sen pääkomponentteihin. Käytetyistä komponenteista löytyi saneerauksen aikaiset käyttöohjeet ja tekniset tiedot, joiden avulla sai hyvän pohjatiedon nykyisen järjestelmän laitteista. Kauppakeskuksen nykyinen energianmittausjärjestelmä on toteutettu väylätekniikkaan perustuvalla järjestelmällä ja energianseurantaohjelmistolla. Nykyinen energianmittausjärjestelmä koostuu tietokoneesta, kahdesta reitittimestä, kahdesta pulssimittautietojen keruulaitteesta, pulssikeruuyksiköistä sekä multienergiamittareista. Multienergiamittarit on kytketty väyliin, jotka lähtevät valvomotilassa sijaitsevista reitittimistä. Reitittimet keräävät kentältä tulevien väylien tiedot, ja välittävät ne tietokoneeseen. Kiinteistön vesimittaukset ja osa sähkön mittauksista on toteutettu pulssimittauksia käyttäen. Pulssikeruuyksiköt keräävät mittareilta tulevat pulssit ja muuntavat niiden tiedot väylään sopivaan muotoon. Pulssimittausväylät on kytketty pulssimittautietojen keruulaitteisiin, jotka puolestaan on kytketty väylällä reitittimeen. Pulssimittautiedot kulkevat nykyisen järjestelmän laitevalmistajan kehittämän pulssimittausväylän kautta. Nykyisen järjestelmän periaate on esitetty alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 8). Nykyinen järjestelmä käyttää laitevalmistajan omaa mittausväyläprotokollaa. Keskuksissa olevat multienergiamittarit voidaan ohjelmoida käyttämään myös Modbus-väyläprotokollaa, joka lisää mittareiden liittämismahdollisuuksia muiden valmistajien järjestelmiin.



Kuvio 8. Nykyisen järjestelmän toteutusperiaate

Kauppaeskuksen nykyisen järjestelmän pääkomponentit ovat kellarissa sijaitsevassa valvomotilassa. Laitteiston keskitetyn sijainnin ansiosta laitteistosta ja laitteiden välistä yhteyksistä sai muodostettua hyvän kokonaiskuvan. Laitteet on asennettu valvomotilan seinään, missä ne ovat hyvin esillä. Mittausjärjestelmän reitittimet on asennettu 19"-laitetelineeseen, ja suurin osa mittausväyläkaapeleista on päätetty RJ45-liittimin laitetelineeseen asennettuun ristikytkentäpaneeliin. Sijoittamisen ansiosta mittausväylien yhdistäminen reitittimiin onnistuu helposti laitekaapeleita käyttäen. Osa saneerausten yhteydessä lisätystä välystä oli päätetty suoraan reitittimeen paneelin tilanpuutteen vuoksi. Tilassa sijaitsee myös nykyisen järjestelmän kaikki tiedot keräävä tietokone, jonka kautta mittausjärjestelmää ja sen keräämää tietoa hallitaan. Tietokoneella päästään käsiksi esimerkiksi mittauslokitietoihin, joita järjestelmä on kerännyt useiden vuosien ajalta. Tietokoneella olevalla seuranta- ja raportointiohjelmistolla voidaan tarkastella myös yksittäisten mittausten hetkellisarvoja sekä luoda raportteja esimerkiksi valitun ajanjakson kulutuslukemista. Samalla

kerralla ilmeni myös jo ennalta odotettuja ongelmia järjestelmän käytössä. Raportointiohjelmisto ei antanut raporttia kaikista halutuista asioista, vaan ilmoitti virhetilanteesta. Työn suorituksen aikana ilmeni myös muita virhetilanteita, kuten katkoksia mittaus tietojen lähetyksessä energiankulutuksen seurannan palveluntarjoajalle. Edellä mainitut virhetilanteet estävät energianmittausjärjestelmän täyden hyödyntämisen ja aiheuttavat turhaa vaivaa kiinteistön henkilöstölle.

Valvomon tietokoneelta sai tulostettua listan kaikista järjestelmässä olevista mittauspisteistä ja niiden tiedoista Excel-tiedostoon. Tulosteessa näkyi pääosin vain todella olemassa olevat mittapisteet, joten sitä pystyi käyttämään luotettavana pohjana kartoituksen tekoon. Kaikki listan mittapisteet tulisi löytyä energianmittauksen dokumenteista, jotta ne olisivat ajan tasalla. Valvomotilasta ja sen laitteista otettiin myös runsaasti kuvia, joita hyödynnettiin muun muassa väylien selvittämisessä ja uusien laitteiden sijoittelua suunnitellessa. Varsinainen kartoitustyö alkoi mittauslistan muokkaamisella mahdollisimman loogiseen ja käyttökelpoiseen muotoon. Jokaisesta mittauspisteestä on listassa esitetty mittauksen tyyppi, tunniste, selventävä nimi, osoite sekä luentayhteystiedot eli väylän numero sekä mittarin osoite. Mittapisteet järjestettiin väylän numeron ja mittarin osoitteen perusteella, jotta samassa väylässä olevat mittarit näkyivät helppolukuisesti peräkkäin. Excelin avulla sai myös laskettua mittauksien kokonaismäärän ja väyläkohtaiset mittarimäärät.

Kauppakeskus muodostuu neljästä kiinteistön osasta, joissa jokaisessa on esimerkiksi omat pääkeskukset. Tämä johtuu siitä, että kiinteistön osat ovat aikaisemmin olleet omia rakennuksia, jotka on jälkeempään yhdistetty saneerauksien yhteydessä. Kauppakeskuksen vaiheittaisen saneerauksen vuoksi energianmittauksen kaaviot ja tasokuvat on jaettu useaan osaan. Tasokuvassa laitteet ja väylät näkyvät oikeassa sijainnissa suhteessa kiinteistön pohjakuvaan, kun taas kaaviossa laitteet ja väylät esitetään periaatteellisesti. Nykytilanteen kartoituksen seuraava vaihe oli kerätä kaikkien kiinteistön osien erilliset suunnittelutiedostot ja yhdistää niistä koko kiinteistön kattava kokonaisuus. Yksi kauppakeskuksen osista sijaitsee hieman muista erillään, joten kyseisen osan tasokuvat säilytettiin erillisinä kuvina. Tasokuvien yhdistäminen alkoi arkkitehtipohjien etsimisellä ja yhdistämisellä. Kiinteistöön on tehty vuosien saatossa lukuisia tilamuutoksia vuokralaisten vaihtuessa, joten viimeisimpien kuvien etsiminen

oli erityisen tärkeää. Arkkitehtipohjien päivityksen jälkeen suunnittelutiedostoihin kerättiin eri kiinteistön osien väylien reitit ja mittapisteet. Nykyisestä järjestelmästä oli olemassa tasokuvat viidestä eri kerroksesta. Tietojen yhdistämisen jälkeen mittausjärjestelmän kokonaisuus alkoi selventyä. Väyläkuviissa oli puutteita, mutta ne antoivat hyvän pohjan tulevaa työtä varten. Niistä ilmeni muun muassa, että mittausväylät eivät risteä kiinteistön osien ulkopuolelle. Kokonaisuuden hahmottamista auttoi myös tutustumiskäynti kauppakeskukseen pohjakuvien kanssa, jolloin kuviin pystyi kirjaamaan muistiinpanoja epäselvistä osuuksista.

Kauppakeskuksen energianmittausjärjestelmästä oli olemassa myös kaaviokuvat, joista ilmeni kunkin kiinteistön osan mittaukset ja niitä yhdistävät väylät yksinkertaistetussa muodossa. Kartoituksen seuraava vaihe oli tarkistaa ja korjata kaaviokuvien, tasokuvien ja aiemmin tehdyn Excel-listan väliset ristiriitaisuudet. Excel-lista on suora tuloste mittausjärjestelmän mittapisteistä, joten se toimi luotettavana vertailukohdana dokumentteja tarkistaessa. Samalla tasokuvaan ja kaavioihin lisättiin mittareiden osoitenumerot sekä väylien numerot. Kauppakeskuksessa on noin 170 mittapistettä, joten tarkistettavia yhteysvälejä ja mittareita oli runsaasti. Tarkistusta tehdessä tulikin ilmi useita ristiriitaisuuksia ja vanhentuneita tietoja. Tilamuutosten vuoksi keskusta on jouduttu siirtämään tai poistamaan, ja kaikki nämä muutokset eivät olleet päivittyneet järjestelmäkuviin. Lisäksi moni väylänumero oli muuttunut alkuperäisten kuvien valmistumisen ajoista. Tarkistuksen yhteydessä suurin osa puutteellisista yhteysväleistä selveni ja kuvat pitivät jo sähkön mittauksen kannalta hyvin paikkansa. Kuviin merkittiin myös mittaamattomien kiinteistökeskusten sijainnit. Tämä helpottaa tulevaisuuden mahdollisten mittauspisteiden lisäämistä.

Tasokuvien raakaversioiden valmistuttua oli vuorossa kuvien visuaalisuuden parantaminen. Kuvien tuli olla mahdollisimman helppolukuisia ja niistä tuli ilmetä selkeästi sähkökeskusten vaikutusalueet sekä tilarajat. Osa kauppakeskuksen tiloista on yhdistetty suuremmiksi tiloiksi väliseiniä poistamalla, mutta alkuperäisten tilojen rajat tulisi kuitenkin ilmetä kuvista. Ratkaisuksi tilojen erottamiseen ja selkeyden parantamiseen käytettiin värejä. Jokainen liiketila reunustettiin ja viivoitettiin, jolloin tilarajat erottuvat selkeästi toisistaan. Jokaisen liiketilan merkitseminen tehtiin omille tasoilleen, minkä ansiosta tilojen muokkaaminen jälkikäteen on helppoa. Tämän ansiosta

esimerkiksi värien muuttaminen onnistuu hetkessä koko kuvaan. Lisäksi mittauspisteiden merkinnöistä pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeät ja erottuvat, jotta niiden sijainnit ja tiedot näkyisivät mahdollisimman helposti laajaa tasokuvaa katsoessa. Kuvien selkeyden parantamisen yhteydessä oli vuorossa pulssimittausten tarkastelu ja päivitys. Alkuperäisissä tasokuvissa vesimittausten tunnuksia oli ilmoitettu mittarin LVI-laitetunnuksilla, jotka ei vastanneet mittausjärjestelmän tunnuksia. Pulssimittausten oikeiden tunnuksien selvittäminen olikin haastavaa, sillä mittaukset eivät ole ketjumaisesti kuten energiamittarit ovat. LVI-suunnitelmien avustuksella ja talonmiehen kanssa mittauksien luona paikan päällä käymällä kaikki kiinteistön 82 pulssimittauspistettä löytyivät. Viimeisenä tasokuvien päivityksessä oli vuorossa puuttuvien kerrosten tekeminen. Neljännen, viidennen ja kuudennen kerroksen tasokuvat puuttuivat kokonaan, mutta kaavioita apuna käyttäen nekin valmistuivat. Lopulta nykyisestä järjestelmästä valmistui 12 tasokuvaa, joissa kaikki energiamittausjärjestelmän väylät ja mittapisteet näkyvät.

Tasokuvien jälkeen oli vuorossa kaaviokuvien päivitys. Jokaisella kauppakeskuksen kiinteistön osalla on oma energiamittauksen kaaviokuva. Kokonaisuuden selkeyden parantamiseksi kaaviokuvat päätettiin yhdistää yhteen suunnittelutiedostoon. Eri osien kaaviokuvat on tehty eri aikoihin, minkä seurauksena niiden ulkoasuissa on eroja. Lisäksi tilamuutosten vuoksi kaavioita on päivitetty useasti, mistä aiheutui kaavioiden luettavuuden heikentyminen. Kaavioiden vaatimat muutokset oli helppo tehdä huolella päivitettyjen tasokuvien avulla. Kiinteistön osien väliset rajat jätettiin yhdistetyssä kaaviossa edelleen selkeästi erotelluiksi, mikä helpottaa pienempien tulosteiden ottamista.

## 4.2 Uuden järjestelmän suunnittelu

Uuden järjestelmän suunnittelun lähtökohdat tulivat esille jo ensimmäisellä tapaamisella toimeksiantajan edustajan kanssa. Tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin käyttövarmuuden parantamista, järjestelmän nopeampaa reagoimista vikatilanteisiin sekä pitkää käyttöikää, tukea ja muunneltavuutta. Energiamittausjärjestelmän avulla mitattuja tietoja käytetään kauppakeskuksen vuokralaisten sähkön ja veden kulutuksen laskutukseen, joten järjestelmän on oltava todella vakaa ja luotettava. Järjestelmän

tulee myös lähettää mittaustiedot eteenpäin kiinteistönhallintajärjestelmään, jonka kautta varsinainen laskutus tapahtuu. Lisäksi järjestelmä ei saa olla riippuvainen ulkoisesta palveluntarjoajasta, vaan siitä täytyy saada tulostettua raportteja ja tarkkailtua mittaustietoja myös paikallisesti. Järjestelmältä toivottiin myös nykyistä järjestelmää nopeampaa reagoimista vikatilanteisiin, kuten vesijohdon katkeamiseen. Järjestelmän tulisi lähettää tieto epänormaalista veden kulutuksesta kiinteistöhoitoon, jotta syy saataisiin korjattua mahdollisimman nopeasti ja selvittäisiin mahdollisimman pienin vahingoin. Kauppakeskuksessa on käynyt muun muassa tilanne, jossa aamulla töihin tullut vartija havaitsi yöllä rikkoutuneen vesijohdon. Järjestelmän tulisi olla myös käyttäjäiltään pitkäikäinen ja sen tuki tulisi olla mahdollisimman kattava myös tulevaisuudessa. Investointi on suuri kauppakeskuksen suuren koon vuoksi, joten rahalle toivotaan saavan vastinetta kauan. Tukipalveluiden tulisi toimia nopeasti mahdollisten vikatilanteiden sattuessa myös tulevaisuudessa. Esimerkiksi rikkoutuneen mittarin tilalle täytyisi löytyä korvaava tuote mahdollisimman nopeasti, sekä mittarin vaihdon aiheuttamat muutokset järjestelmän ohjelmointiin tulisi onnistua.

Järjestelmän tulisi olla myös mahdollisimman hyvin muunneltavissa ja laajennettavissa. Kauppakeskuksessa on vielä saneeraamattomia tiloja, joiden keskukset eivät kuulu nykyisen mittausjärjestelmän piiriin. Kiinteistön jatkuvasti muuttuvat tilarajat tuovat myös vaatimuksen muunneltavuuteen. Lisäksi suurin osa kauppakeskuksen kiinteistökeskuksista on ilman mittauksia, joten järjestelmässä on oltava mahdollisuus lisätä mittapisteitä jälkikäteen. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi ajatuksena oli myös parantaa tärkeiden mittauspisteiden mittausten ominaisuuksia ja laatua. Esimerkiksi pääkeskusten energiamittarien päivitys kattavasti sähkön laadun mittaamiseen kykeneviin mittareihin toisi lisätietoa koko kiinteistön sähköjärjestelmän tilasta. Kauppakeskuksessa on omat muuntajat, ja sähkön laatua mittaamalla saadaan tietoa myös niiden tilasta. Sähkön laatua seuraamalla ja mittauksia tutkimalla voidaan myös etsiä selityksiä esimerkiksi tapauksessa, jossa sähkölaitteita hajoaa normaalia enemmän lyhyessä ajassa. Toisaalta kattavalla mittaamisella voidaan myös poissulkea epäilykset sähkön huonosta laadusta vikatapausten sattuessa. Sähkön kulutuksen tarkalla mittauksella saadaan myös tietoa mahdollisista energialaajuuksista ja paljon kuluttavista laitteista. Tällöin ongelmalliset kohteet tulevat esille ja niihin voidaan reagoida tilanteen vaatimalla tavalla.

Varsinainen suunnittelu alkoi luontevasti nykytilanteen kartoituksen valmistuttua. Nykyisten väylien ja laitteiden perinpohjainen selvittäminen toi paljon hyödyllistä pohjatietoa kauppakeskuksesta, joten uusi järjestelmä pystyttiin suunnittelemaan mahdollisimman hyvin kiinteistöä palvelevaksi. Parannusehdotukseksi nykytilanteen ongelmien ratkaisemiseksi päädyttiin nykyisten mittaustietojen keruulaitteiden ja energiankulutustietojen seurantajärjestelmän uusimiseen. Nykyisen järjestelmän ongelmat ja puutteet johtuvat pääosin mittausjärjestelmän keskeisimpien komponenttien epävakaudesta, joten niiden uusiminen on ongelmien ratkaisemiseksi välttämätöntä. Nykyiset energiamittarit eivät olleet aiheuttaneet ongelmia, joten niiden uusiminen ei ollut tarpeen. Nykyisten mittareiden säilyttämisellä saavutettiin huomattavat säästöt laitteiden ostamisen ja asennustyön kustannuksissa. Uudessa energiamittausjärjestelmässä käytettäviksi ratkaisuksi valittiin Schneider Electricin tuotteet. Schneider Electric on suuri yritys, minkä ansiosta tukipalveluiden ja toiminnan voidaan olettaa jatkuvan myös pitkälle tulevaisuuteen. Schneiderin tuotteet täyttivät myös asetetut tavoitteet olemalla nykyaikaisia ja joustavia. Järjestelmän tiedot saadaan luettua sekä paikallisesti että kiinteistönhallintajärjestelmästä. Schneider Electricin laitevalikoima on hyvin laaja, ja he tarjoavat myös energiamittauksen seuranta ja raportointiohjelmistoa. Schneiderin laitteet käyttävät standardisoituja kommunikointiprotokollia, joten valinnalla ei sitouduta vain yhden valmistajan tuotteisiin.

Nykyisessä järjestelmässä on yhteensä 24 väylää, ja yhdessä väylässä on enintään 15 mittalaitetta. Uudessa järjestelmässä käytettävät Link150-yhdyskäytävät tukevat yhteensä 32 laitetta väylää kohden, joten nykyinen laitemäärä ei aiheuta ongelmia. Laitemäärät mahdollistaisivat jopa väylien yhdistämisen, jonka seurauksena tarvittavien yhdyskäytävien määrä vähenisi. Taloudellisessa mielessä tämä ei ole kuitenkaan suurimmassa osassa tapauksissa järkevää, koska yhden yhdyskäytävän hinta on edullisempi kuin väylämuutoksen aiheuttaman työmäärän ja tarvikkeiden kustannus. Lisäksi hajautus useaan väylään on käyttövarmempi ratkaisu, koska tällöin yhden väylän vaurioituminen vaikuttaa pienemmälle alueelle. Vain yhden väylän yhdistäminen todettiin järkeväksi toteuttaa. Valvomotilassa sijaitsee pulssikeruuyksikkö, joka on lii-

tetty omaan väylään. Uusissa suunnitelmissa edellä mainittu yksikkö on yhdistetty samaan väylään toisen pulssikeruuyksikön kanssa, joten lopullinen uudessa järjestelmässä käytettävä väylien lukumäärä on 23.

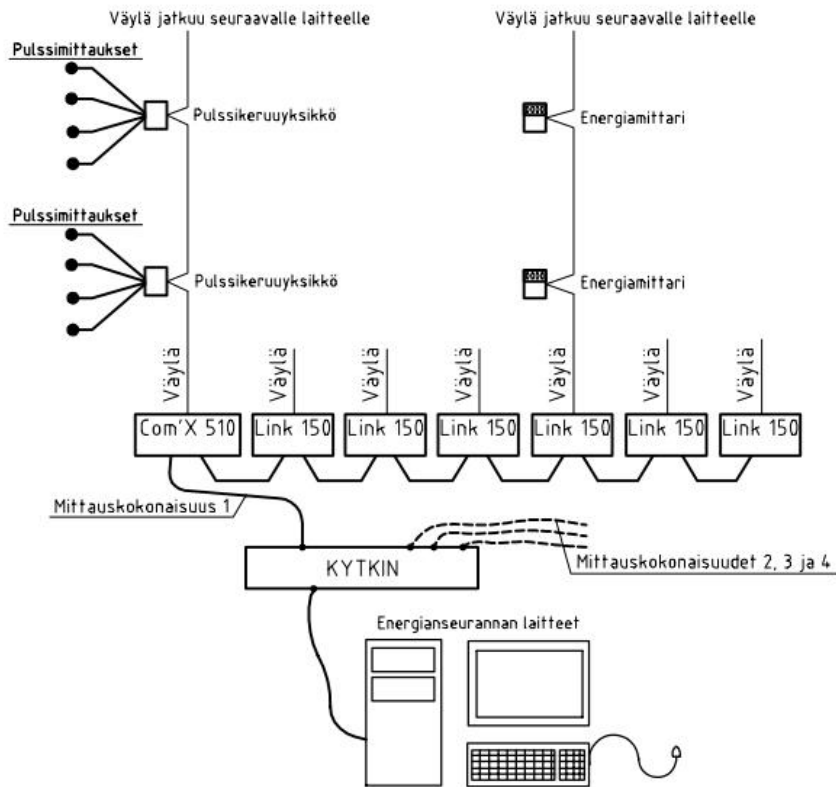
Olemassa olevat väylät numeroitiin uudestaan selkeyden parantamiseksi. Nykyisessä järjestelmässä on kaksi reititintä, minkä seurauksena järjestelmässä esiintyy samoja väylänumeroita useaan kertaan. Lisäksi aikaisempien muutosten seurauksena osa väylänumeroista on mennyt sekaisin, eivätkä ne ole enää kiinteistön osien mukaisesti järjestyksessä. Väylät numeroitiin alimmasta kerroksesta lähtien numerojärjestykseen siten, että koko kiinteistön osan väylät ovat peräkkäin. Väylien numeroinnin suunnittelun yhteydessä tarkistettiin myös väyläkohtaiset laitemäärät. Laitemäärien perusteella pystyttiin suunnittelemaan tarvittavien energiaserverien ja yhdyskäytävien määrä ja järjestely. Nykyisen energiamittausjärjestelmän pulssikeruuyksiköt eivät tue Modbus-protokollaa, joten niiden vaihtaminen on välttämätöntä. Korvaaviksi laitteiksi valittiin Schneider Electricin Acti 9 Smartlink -sarjan pulssikeruuyksikkö. Yksikkö muuttaa pulssimittaus-tiedon Modbus-väylään soveltuvaksi, minkä ansiosta tieto on yhdyskäytävän tai energiaserverin luettavissa. Nykyiset multienergiamittarit käyttävät neljää johdinta tiedonsiirtoon Modbus-tilassa, mikä oli huomioitava järjestelmää suunnitellessa. Link150-yhdyskäytävä tukee neljän tiedonsiirtojohtimen Modbus-protokollaa, mutta Com'X 510 ei tue. Tästä syystä pulssimittausväylät suunniteltiin liitettäväksi Com'X 510-servereihin.

Kauppakeskuksen nykyisen järjestelmän mittapisteiden määrä on 166. Yksi Com'X 510-serveri tukee 64 mittauspistettä, joten järjestelmä olisi voitu toteuttaa periaatteessa kolmella serverillä. Tällöin laajennusvaraa ei olisi jäänyt riittävästi, joten suunnittelussa järjestelmässä päädyttiin käyttämään neljää energiaserveriä. Jokainen Modbus-väylä tarvitsee oman laitteen tietojen muuttamiseksi IP-verkkoon sopivaksi. Uuteen järjestelmään tarvittiin siis neljän serverin lisäksi 17 yhdyskäytävää. Tarvittavien laitemäärien selvityksen jälkeen laitteista muodostettiin neljä ryhmää. Jokainen ryhmä muodostui energiaserveristä ja siihen liitetyistä yhdyskäytävistä. Ryhmien laitemäärät pyrittiin pitämään mahdollisimman tasaisina, ja maksimilaitemääräksi määritettiin noin 50 laitetta ryhmää kohden. Laitemäärien lisäksi ryhmistä pyrittiin muo-



dostamaan mahdollisimman loogisia kokonaisuuksia, kuten esimerkiksi saman kiinteistön osan mittaukset olisivat samassa ryhmässä. Lopputuloksena saatiin muodostettua neljä mittauskokonaisuutta, jotka täyttävät asetetut vaatimukset hyvin.

Suunnittelun aikana ilmeni muutama epäselvä asia, joiden selvittämiseksi katsottiin parhaaksi ottaa yhteyttä Schneider Electricin tuotesovellusinsinööriin puhelimitse. Tärkein selvitettävä asia oli laitteiden ketjutusmahdollisuus ja sen suositeltu toteutustapa. Puhelun aikana käytiin läpi järjestelmän toteutusta ja asiantuntija antoi hyviä neuvoja parhaan lopputuloksen saamiseksi. Sovimme myös alustavien kuvien lähettämistä hänen kommentoitavaksi. Asiantuntijan kommenttien perusteella aiemmin muodostetut mittauskokonaisuudet päätettiin ketjuttaa laitekaapelein. Tällä tavoin jokaisen yhdyskäytävän tiedot kerääntyvät kunkin mittauskokonaisuuden energiaserveriin, jolloin tiedot ovat tallessa mahdollisten häiriötilanteiden varalta. Lisäksi tarvittavat kaapeloinnit saadaan minimoitua ja yksinkertaistettua. Energiaserverit suunniteltiin liitettäväksi kytkimeen, jonka avulla mittautiedot saadaan liitettyä kiinteistön verkkoon (ks. kuvio 9). Käytettävissä mittausjärjestelmän laitteissa ei ole sisäänrakennettuja virtalähteitä, vaan ne tarvitsevat ulkoisen virransyötön. Virtalähteenä voidaan käyttää joko erillisiä 24VDC-virtalähteitä tai virransyöttö voidaan toteuttaa PoE-kytkintä hyödyntäen. Käytettäväksi valittiin erilliset virtalähteet, koska PoE-kytkintä käytettäessä jokainen laite tulisi kytkeä suoraan kytkimeen. Tarvittavien virtalähteiden koko mitoitettiin laitteiden maksimitehonkulutuksien perusteella. Järjestelmän kannalta parhaaksi vaihtoehdoksi katsottiin varustaa jokainen mittauskokonaisuus omalla virtalähteellä. Tällöin laitekokonaisuudet pysyivät selkeinä, yksittäisen virtalähteen koko suhteellisen pienenä sekä kaapelointi mahdollisimman yksinkertaisena. Erillisiä virtalähteitä käyttämällä pystytiin parantamaan myös järjestelmän toimintavarmuutta, sillä yhden laitteen rikkoutuminen ei aiheuta koko järjestelmän kaatumista.



Kuvio 9. Uuden järjestelmän toteutusperiaate

Tarkempien ja kattavampien mittaustietojen saamiseksi kauppakeskuksen pääkeskusten energiamittareiden päivittäminen oli aiheellista. Pääkeskusten mittarit katsottiin olevan tärkeimmät vaihtokohteet, sillä niiden läpi kulkee kaikki kauppakeskuksen käyttämä sähköenergia. Mittarivalinnassa kriteereinä olivat kattavat sähkön laadun mittaussominaisuudet normaalien mittaussominaisuuksien lisäksi. Mittarin tulisi olla kuitenkin hankintakustannuksiltaan kohtuullinen. Käyttökohdetta ja tarpeita parhaiten palveleviksi mittareiksi katsottiin Schneider Electricin PM5000-sarjan laitteet. Valintaa puolsi mittarisarjan käyttökohteeseen riittävät ominaisuudet sekä kohtuullinen hinta. PM5000-sarjasta seuraava PM8000-sarja mahdollistaa jo hyvin tarkan sähkön analysoinnin, mutta millisekuntitasoisen mittaustietojen ei katsottu lisäävän oleellisesti kohteessa saatavaa hyötyä. PM8000-sarjan mittarit ovat myös moninkertaisesti kalliimpia kuin PM5000-sarjan mittarit, minkä seurauksena PM8000-sarjan mittareiden ei todettu tuovan tarpeeksi lisäarvoa käyttökohteeseen kustannukset huomioiden. PM5000-sarjaa edullisemmat mittarit eivät täytä asetettuja vaatimuksia sähkön laa-

dun mittauksen osalta, joten valinta oli selvä. PM5000-sarja sisältää myös monen tasoisia mittalaitteita. Edullisin malli mahdollistaa virran yliaaltokomponenttien mittaamiseen 15-monikertaan saakka, kun taas sarjan kalliimmat mittarit mahdollistavat jopa 63-monikerran mittaamisen. Sarjan monipuolisimmat mittarit pystyvät myös mittaamaan nollajohtimen virran, jolloin mahdollisen kolmannen harmonisen monikerran aiheuttama nollavirran kasvu voidaan todeta. Käyttötarkoitukseen sopivimmaksi vaihtoehdoksi katsottiin PM5310-mittari. Sen ominaisuuksiin kuuluvat käyttötarkoitukseen riittävän tarkat sähkön laadun mittaussominaisuudet, mutta ei ole kuitenkaan kohtuuttoman kallis. Valittu mittalaite kykenee yliaaltojen mittaamiseen 31-monikertaan saakka ja se sisältää vaadittavat väyläkytkentämahdollisuudet. Tarvitava uusien mittareiden määrä oli viisi kappaletta.

### 4.3 Toteutuksen suunnittelu

Yksityiskohtainen ja mahdollisimman tarkkaan mietitty toteutuksen suunnittelu minimoi varsinaisen päivitystyön aikana esiin tulevat epäselvyydet. Nykyisen järjestelmän laitteiden keskitetty sijainti antoi hyvät lähtökohdat uuden järjestelmän sijoittelulle. Toteutustyön suunnittelu alkoi laitteiden fyysisen sijoittamisen suunnittelulla. Järjestelmästä päätettiin tehdä mahdollisimman selkeä asennuspiirustus, jossa laitteet näkyvät luonnollisessa koossa suhteessa valvomohuoneeseen (ks. liite 1). Valvomohuoneen nykyinen 19"-laiteteline päätettiin säilyttää, sillä se toimii tarkoituksessaan hyvin. Väylien päättäminen suunniteltiin toteutettavaksi jatkossakin RJ45-liittimin ristikytkentäpaneeliin. Väylien uudelleen numeroiminen mahdollisti kuitenkin väylien järjestämisen ristikytkentäpaneelin liitinnumeroinnin mukaan, mikä tekee väylänumeroiden tunnistamisen yksiselitteiseksi ja helpoksi. Järjestelmä vaatii toimiakseen kytkimen, joka suunniteltiin myös sijoitettavaksi laitetelineeseen. Kytkimen avulla mitaustietoon päästään käsiksi kiinteistön sisäverkon kautta. Mittausjärjestelmän muut laitteet päätettiin asetella siten, että kunkin mittauskokonaisuuden laitteet on aseteltu vierekkäin. Valvomotilan laitteille varattu seinätila on leveyssuunnassa rajallinen, joten nämä mittauskokonaisuudet järjestettiin päällekkäin. Kaikki valitut laitteet on asennettavissa DIN-kiskoon, mikä tekee laitteiden asennuksesta nopeaa ja vaivatonta. Laitteiden kaapelointien siisteyden parantamiseksi mittauskokonaisuuksien vä-

leihin suunniteltiin kannelliset johtokanavat. Kanavaa käyttäen luotiin myös kaapeli-reitti laitetelineen ja mittausjärjestelmän välille. Kanavien käyttö mahdollistaa myös kaapelointien mahdollisimman helpon muokattavuuden jälkikäteen. Mittausjärjestelmän virtalähteet sekä kytkin vaativat sähkösyötön toimiakseen. Laitetelineen vieressä oli olemassa olevan mittausjärjestelmän sähkösyöttöä varten pistorasia, jota hyödynnettiin myös uuden järjestelmän syöttönä. Virtalähteiden sähkösyöttöä varten katsottiin parhaaksi kuitenkin haaroittaa pistorasialta sähkösyöttö erilliseen jakorasiaan. Virtalähteet ovat kiinteitä asennuksia, joten pistotulppien käyttämiselle ei ollut aihetta. Jakorasiasta syöttö haaroitetaan edelleen jokaiselle virtalähteelle erillisillä kaapeleilla.

Nykyiset sähköenergiamittarit käyttävät laitevalmistajan kehittämää mittausväylä-protokollaa. Väylä muodostuu tietoa lähettävästä johdinparista, tietoa vastaanottavasta johdinparista, maajohtimesta ja suojajohtimesta. Mittareissa on myös sisäänrakennettu väyläprotokollan valintamahdollisuus, mikä mahdollistaa Modbus-väyläprotokollan käytön. Väyläprotokolla valitaan mittarin huoltotilan kautta, mihin pääsee etuosan huoltotilapainiketta painamalla. Huoltotilan kautta voidaan asettaa myös muun muassa mittarin osoite sekä virtamuuntajakerroin. Väyläprotokollan muuttamisen aiheuttamat muutostarpeet väyläjohtimien kytkentään ei ilmennyt nykyisten mittareiden datalehdistä, mutta suora yhteyden ottaminen valmistajaan selvensi asian. Valmistajan väyläprotokolla ja Modbus vastaavat johtimien osalta toisiaan, joten nykyiset mittareiden väliset väylät eivät vaatineet kytkentöjen muutoksia. Nykyisten laitteiden kytkeminen Schneider Electricin laitteisiin vaati kuitenkin muutoksia väylien lähtöpäihin. Laitevalmistajan käyttämä RJ45-liittimen johdinjärjestys poikkeaa Schneiderin käyttämästä, minkä seurauksena väylien lähtöpäät oli uusittava. Johdinjärjestyksen muuttamisen selkeyttämiseksi laadittiin suunnitelma, jossa muutostöiden ilmenee mahdollisimman selkeästi (ks. liite 2). Suunnitelmassa esitetään kuvallisessa muodossa RJ45-liittimen johdinkytkennät väreineen sekä käyttötarkoituksiin. Lisäksi suunnitelmasta selviää myös olemassa olevien mittareiden väliset johdotukset, mikä helpottaa tulevaisuudessa mahdollisissa muutostarpeissa.

Pulssikeruulaitteiden väylämuutostarpeet poikkeavat hieman sähköenergiamittareista. Nykyiset valvomon pulssimittauksien keruulaitteet ja pulssikeruuyksiköt kommunikoivat laitevalmistajan kehittämän pulssiväyläprotokollan välityksellä. Pulssiväylä koostuu vain yhdestä tietoa siirtävästä johdinparista sekä maajohtimesta. Väyläjohtimien vähäinen määrä ei aiheuta ongelmia, sillä valittu pulssikeruuyksikkö käyttää kahden johtimen Modbus-protokollaa. Nykyisessä ja uudessa järjestelmässä laitteiden välinen väylä kytketään suoraan laitteessa oleviin liittimiin, joten välttyään erillisten liitinten kytkentätyöltä. Pulssikeruulaitteen fyysinen asennus toteutetaan käyttäen erillistä asennuskoteloä. Asennuskotelo suojaa laitetta ympäristön epäpuhtauksilta ja mekaaniselta rasitukselta. Pulssikeruulaite asennetaan koteloon käyttäen kiinnikkeitä, jotka mahdollistavat laitteen kiinnityksen asennuslevyyn. Laite vaatii toimiakseen myös 24VDC virtalähteen. Virtalähteen kiinnittämiseksi koteloon asennetaan DIN-kiskoa, johon virtalähde on helppo kiinnittää. Nykyisen järjestelmän pulssikeruulaitteiden sähkösyötöt voidaan hyödyntää suoraan uusien pulssikeruulaitteiden virtalähteiden sähkösyöttöinä. Pulssikeruulaitteen, virtalähteen ja kotelolon muodostaman kokonaisuuden asennustapa on nykyisen pulssikeruulaitteen asennustavasta riippuen seinäasennus tai alakaton yläpuolinen asennus esimerkiksi kaapelihyllyyn.

Neljän energiaserverin keräämät tiedot tulee saada yhdistettyä yhteen järjestelmään, jonka kautta kaikki mittaustieto olisi helposti käsiteltävissä. Tähän tarkoitukseen tarvitaan mittausten seuranta- ja raportointiohjelmistoa. Schneider Electricin kehittämä Power Monitoring Expert 8.1 on tähän tarkoitukseen kehitelty ohjelmisto. Sen avulla pystytään seuraamaan kattavasti koko kiinteistön energiankulutusta internet-selaimen kautta. Ohjelmiston avulla kerätyn tiedon esitystapaa voidaan räätälöidä monipuolisesti, joten kaikki oleellinen tieto saadaan esitettyä mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Ohjelmisto mahdollistaa esimerkiksi kiinteistön osa kohtaisten koontinäyttöjen tekemisen, joissa halutut tiedot esitetään halutulla tavalla. Ohjelmisto tarvitsee tietokoneen, jonka kautta ohjelmistoa käytetään. Valvomotilan nykyisen tietokoneen uusiminen on ajankohtaista järjestelmän uusimisen yhteydessä. Schneider Electric suosittelee serveritason PC-laitteistoa, joka on varustettu Windows Server 2012-käyttäjärjestelmällä. Tietokone yhdistetään verkkokaapelilla valvomotilan kytkimeen, johon myös energiaserverit on kytketty. Tällöin mitatut tiedot saadaan kerättyä myös tietokoneen tietokantaan. Valvomon tietokoneen kytkentä

kiinteistön tietoverkkoon mahdollistaa myös seurantaohjelmiston käytön etäyhteyden kautta, joten tietoja ei tarvitse tulla lukemaan valvomotiilaan.

Uuden järjestelmän asentamisen tulee aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriöitä mittaustietojen keräämiseen. Mittaustietoja käytetään laskutukseen, joten järjestelmän vaihtaminen ei saa aiheuttaa pitkää mittauskatkosta. Uuden mittausjärjestelmän väyläpäätelaitteiden asennus ei aiheuta haittaa nykyisen järjestelmän toiminnalle, joten ne voidaan asentaa johtokanavineen alkuvaiheessa. Myös pulssikeruulaitteet voidaan kiinnittää valmiiksi asennuskoteloihin, ja näin vaihtotyöhön kuuluva aika pienenee. Työ aiheuttaa välttämättömän katkoksen mittaustietojen keräämiselle, mutta aiheutuvia haittoja pystytään minimoimaan huolellisella suunnittelulla. Katkos tulee toteuttaa laskutuspäivän jälkeen, jolloin seuraavaan laskutuspäivään on mahdollisimman pitkä aika.

Keskuksissa olevat multienergiamittarit summaavat energiankulutustiedon yhteen kulutuslukemaan, minkä ansiosta kokonaismittaustiedot säilyvät mittareissa. Mittausväylän katkaiseminen ei vaikuta mittaustuloksiin, joten sähköenergian mittauksen osalta ei aiheudu ongelmia. Mittareiden laskutuksen ajan kulutuslukemat tulee ottaa kuitenkin varmuuden vuoksi talteen, jotta niistä voidaan tarvittaessa selvittää käsin katkoksen aikainen kulutus. Kulutuslukemat pystytään tallentamaan nykyisen mittausjärjestelmän avulla. Katkoksen alkaessa tulisi nykyiset 19"-laitetelineen laitteet korvata suunnitelmien mukaisilla laitteilla, ja samassa yhteydessä väyliä päät tulisi päättää ristikytkentäpaneeliin suunnitelman mukaista kytkentää käyttäen. Ennen mittausväyliä kytkemistä väyläpäätelaitteisiin täytyy keskuksissa olevat sähköenergiamittarit ohjelmoida uudestaan. Mittarit pitää valita käyttämään Modbus-väyläprotokollaa, sekä niille tulee antaa uudet osoitteet. Uudet osoitteet kirjataan erilliseen pohjakuvaan, jossa jokaisen mittarin tiedoille on varattu tilaa. Mittareiden ohjelmoiminen on yksi katkoksen pituuteen merkittävästi vaikuttavista työvaiheista, sillä mittareiden suuresta lukumäärästä johtuen työhön kuluu väistämättä aikaa.

Pulssimittausten osalta vaihtotyön aiheuttamat haitat ovat suuremmat. Nykyisessä järjestelmässä pulssimittausten energiankulutustiedot tallentuvat pulssimittaustieto-

jen keruulaitteisiin. Koko pulssimittauksiin käytettävä laitteisto uusitaan, joten katkoksen aikaisia kulutustietoja ei saada talteen. Nykyisten laitteiden tietojen siirto uuteen järjestelmään on todella haastavaa johtuen erilaisista kommunikointitekniikoista. Käytännössä ainoa tapa vähentää katoavan mittaustiedon määrää on pitää vaihtotyön aiheuttama katkos mahdollisimman lyhyenä. Pulssimittauslaitteiston uusiminen tulee aloittaa vanhojen laitteiden purkamisella ja ennalta koottujen pulssimittauslaitteistojen asentamisella. Kuhunkin laitteeseen kytkettävien väylien tiedot kerätään, ja tiedoista koostetaan tietotaulukot jokaisen pulssikeruulaitteen yhteyteen. Tietotaulu kiinnitetään esimerkiksi tarralla kotelon kannen sisäpuolelle, ja taulukosta tulee selvitä jokaisen kytketyn pulssitulon tiedot ja kytkentäpiste. Pulssitulojohtimiin asennetaan liittimet, jotka mahdollistavat asennuksen pulssikeruulaitteeseen. Myös Modbus-väylä kytketään liittimen avulla pulssikeruulaitteeseen. Tarvittavat liittimet tilausnumeroineen ilmenevät asennussuunnitelmista. Pulssikeruulaitteiden Modbus-osoitteet kerätään talteen erilliseen pohjakuvaan, joka piirretään puhtaaksi käyttöönoton jälkeen. Pulssikeruulaitteille lähtevien väylien päät päätetään valvomon ristikytkentäpaneeliin 2-johdin Modbus kytkentäsuunnitelman mukaan. Laitteiden asennuksen jälkeen pulssiväylät voidaan kytkeä väyläpäätelaitteisiin laitekaapeleilla asennussuunnitelman mukaisesti. Päätelaitteiden konfigurointi, valvomotilan uuden palvelintietokoneen käyttöönotto, seuranta- ja raportointiohjelmiston asennus sekä järjestelmän lopullinen käyttöönotto ovat laitteiden toimittajan suorittamia työvaiheita. Pienen mittausjärjestelmän käyttöönotto on mahdollista toteuttaa myös muun osaavan henkilön toimesta, mutta suurissa kohteissa on suositeltavaa käyttää Schneiderin asiantuntijoita moitteettoman toiminnan takaamiseksi.

## **5 Tulokset ja johtopäätökset**

### **5.1 Tulokset**

Työn tulokseksi saatiin uuden järjestelmän toteutukseen vaadittavat suunnitelmat. Suunnitelmista ilmenee nykyisten väylien ja mittapisteiden sijainnit, uuden järjestelmän vaatimat komponentit ja selvitykset, sekä uuden järjestelmän toteutukseen liittyvät asiat. Uuden järjestelmän laite- ja ohjelmistotoimittajaksi valittiin Schneider

Electric. Valitut komponentit ovat laadukkaita ja suuren valmistajan tuotteita käytettäessä tukipalveluiden oletetaan toimivan pitkään. Mittausjärjestelmä on laajennettavissa ja muutettavissa tarpeiden mukaan. Valittu järjestelmä mahdollistaa nykyisten energiamittareiden ja olemassa olevien kaapelointien hyödyntämisen. Pääkeskusten mittareiden päivitys monipuolisempiin mittareihin parantaa kiinteistön sähköjärjestelmästä saatavaa mittaustietoa. Kiinteistön mittaustiedot ovat luettavissa paikallisesti ilman ulkoista palveluntarjoajaa. Uusi järjestelmä mahdollistaa hälytysten tekemisen esimerkiksi epänormaalia kulutusta havaittaessa.

Käytännön toteutuksen suunnittelun tuloksena saatiin selville vanhasta järjestelmästä uuteen siirtymisen huomioitavat asiat. Siirtymävaihe ei aiheuta merkittävää haittaa energiamittareiden tietojen kannalta, mutta pulssimittaustietojen kerääminen siirtymävaiheen ajalta todettiin vaikeaksi toteuttaa kaikkien laitteiden uusimisen johdosta. Pulssikeruuyksiköt on uusittava järjestelmän uusimisen yhteydessä, koska nykyiset laitteet eivät tue Modbus-väyläprotokollaa. Nykyisten väylien päiden kytkentämuutokset kartoitettiin ja ne ilmenevät suunnitelmista. Laitteiden asennuksesta valvomoon ja asennuskoteloihin laadittiin suunnitelma. Väylät numeroitiin uudelleen selkeyden parantamiseksi. Laitteiston käyttöönotosta ja energianseurantaohjelmiston asennuksesta vastaa järjestelmän toimittaja eli tässä tapauksessa Schneider Electric.

## 5.2 Johtopäätökset

Saadut tulokset vastaavat asetettuihin suunnittelukysymyksiin. Työn avulla haettiin ratkaisua uuden energiamittausjärjestelmän toteuttamiseen asetettujen tavoitteiden kannalta ja tuloksena saaduilla suunnitelmilla se voidaan toteuttaa. Uusi järjestelmä palvelee asiakkaan ja kiinteistön asettamia vaatimuksia olemalla laadukas ja luotettava ratkaisu. Laadukkaiden komponenttien valinnalla varmistettiin myös mittausjärjestelmän mahdollisimman luotettava toiminta. Suunniteltu järjestelmä on myös kustannuksiltaan kohtuullinen, jolloin se on toteutettavissa. Kustannuksissa säästettiin huomattavasti nykyisten energiamittareiden hyödyntämisellä, sillä noin 170 mittarin uusiminen olisi maksanut toineen todella paljon. Uuden järjestelmän suunnittelussa painotettiin käyttövarmuutta, mikä ilmenee esimerkiksi laadukkaiden



virtalähteiden valintana järjestelmän komponenttien syöttämiseen. Suuren järjestelmätoimittajan valinnalla varmistettiin tukipalveluiden varma toiminta myös tulevaisuudessa. Valitut komponentit käyttävät standardisoituja kommunikointiprotokollia, minkä ansiosta laitteet eivät sido yhteen laitevalmistajaan. Tämä mahdollistaa esimerkiksi vikatapauksessa korvaavan tuotteen varman saatavuuden. Uuden järjestelmän suunnittelussa huomioitiin tulevaisuuden mahdolliset muutokset ja lisästarpeet. Väylät ja laitteet on mitoitettu siten, että mittalaitteiden enimmäismäärä ei ylitä muutosten yhteydessä. Suunniteltu järjestelmä tarjoaa monipuoliset energian ja veden mittausmahdollisuudet, ja päivittämällä pääkeskusten mittarit saadaan tarkempaa tietoa koko sähköjärjestelmästä. Suunniteltu energiamittausjärjestelmä mahdollistaa koko kiinteistön energiankulutuksen seurannan ja analysoinnin paikallisesti kiinteistöstä käsin, jolloin ei olla sidoksissa pelkästään kiinteistön ulkopuolisten palveluntarjoajien tietoihin. Hälytysten luontimahdollisuuden ansiosta kiinteistön vikatilanteisiin pystytään reagoimaan entistä nopeammin, minkä ansiosta vikatilanteiden aiheuttamien haittojen vaikutukset pystytään minimoimaan.

Käytännön toteutuksen suunnitelmien avulla uuteen järjestelmään siirtyminen pyritään toteuttamaan mahdollisimman sulavasti. Suunnitelma tarjoaa yhden ratkaisumallin laitteiden asennukselle, ja siinä on pyritty huomioimaan eri vaiheet tarkoituksen mukaisella tarkkuudella. Mittausjärjestelmän päivityksen aiheuttamat haitat on pyritty kartoittamaan huolellisesti. Huolellinen suunnittelu auttoi ongelmakohtien havaitsemisen ennakkoon, minkä ansiosta niihin voidaan puuttua ajoissa. Suunnittelun tuloksena ilmeni, että energiamittareiden mittaustietojen keräämiselle nykyisestä järjestelmästä siirtyminen uuteen järjestelmään ei aiheuta tietojen menetystä. Laitteet tallentavat kerätyt mittaustiedot riippumatta väylän toimivuudesta. Uuden järjestelmän käyttöönoton yhteydessä päivityksen aikana kerätty mittaustieto otetaan huomioon.

Nykyiset pulssimittauslaitteet keräävät mittaustiedot olemassa oleviin pulssikeruuyksiköihin. Olemassa olevat pulssikeruuyksiköt tullaan vaihtamaan uusiin laitteisiin päivityksen yhteydessä, minkä seurauksena kaikkea mittaustietoa ei saada talteen. Pulssimittaus tietojen katoamisen haittoja pyritään minimoimaan käyttämällä nykyistä pulssimittausjärjestelmää mahdollisimman kauan ja toteuttamalla siirtymä uuteen

järjestelmään nopeasti. Varsinaisen työn suorituksen ajankohdaksi katsottiin parhaiten soveltuvaksi valitun kuukauden alku. Tällöin katkos mittausjärjestelmään tehtäisiin heti edeltävän kuukauden mittaustietojen perusteella tehdyn laskutuksen jälkeen, jolloin vaihtotyöhön ja käyttöönottoon jää hyvin aikaa ennen seuraavaa laskutusta. Mittausjärjestelmän käyttöönoton suorittaa järjestelmän toimittaja eli Schneider Electric. Järjestelmän laajuuden vuoksi käyttöönoton tulee suorittaa laitteisiin erikoistuneet henkilöt. Tällä tavoin järjestelmämuutoksen oletetaan onnistuvan mahdollisimman nopeasti ja lopputuloksesta saadaan toimiva. Uuteen järjestelmään perehtyneiden henkilöiden avustus minimoi myös koko järjestelmäpäivityksen aiheuttamia häiriöitä.

## 6 Pohdinta

Työn tavoitteena oli luoda kokonaisuudessaan kauppakeskuksen energianmittausjärjestelmän uusimiseen vaadittavat suunnitelmat. Suunnitelmien tuli sisältää järjestelmän suunnittelun lisäksi myös asennuksen toteuttamisen suunnittelun. Kokonaisvaltaisella suunnittelulla haluttiin varmistaa, että vanhasta järjestelmästä uuteen siirtyminen tapahtuisi mahdollisimman vähin häiriöin. Työn tuloksiksi saatiin kattavat suunnitelmat uuden järjestelmän toteuttamiseen. Suunnitelmat sisältävät nykyisen järjestelmän tarkan kartoituksen, jonka perusteella uusi järjestelmä pystyttiin suunnittelemaan tarkoitukseen mahdollisimman hyvin sopivaksi.

Työn toteutus onnistui kokonaisuudessaan hyvin. Työn tarkoituksena oli selvittää energianmittaukseen vaikuttavia tekijöitä, tuoda esille mittausjärjestelmän vaatimat komponentit ja tuottaa suunnitelmat energianmittausjärjestelmän uusimisen toteutukseen. Asiakas asetti selkeät tavoitteet halutulle järjestelmälle, minkä perusteella työn lähtökohdat saatiin muodostettua. Aihe rajattiin käytettävien resurssien mahdollistaman laajuuden mukaan. Aiheen rajaus oli onnistunut, sillä lopputulos täytti asetetut tavoitteet ja aiheutta pystyttiin käsittelemään huolellisesti. Rajaus mahdollisti myös asetettuihin ajallisiin tavoitteisiin pääsemisen. Työ toteutettiin kehittämistutkimuksen menetelmiä hyödyntäen, ja ne sopivat siihen hyvin. Kohteen nykytilanteessa oli selkeästi kehitettävää, johon työn avulla tarjottiin ratkaisu. Kehittämistutkimuksen

menetelmiä noudattaen työn toteutus eteni loogisessa järjestyksessä ja päästiin halluttuun lopputulokseen. Työn viitekehys eli teoriaosuus selventää hyvin energian mittaustarpeita. Tarpeet ovat monitahoisia, ja niiden ymmärtäminen on tärkeää kokonaisuuden hahmottamiseksi. Tietoperustassa keskityttiin työn kannalta oleellisten asioiden käsittelyyn, ja se tuki työn toteutusta. Tietoperustasta jätettiin tarkoituksellisesti pois syvälinen suureiden käsittely, koska sen ei katsottu tuovan juurikaan lisäarvoa työn kannalta. Työ painottui käytännön suunnittelutyöhön ja ongelmanratkaisuun, jossa todella syvälinen käsitteiden käsittely ei ollut tarkoituksenmukaista.

Työn toteutusosiossa aihetta lähestyttiin kehittämistutkimuksen menetelmien mukaisesti kartoittamalla nykytilanne. Nykytilanteen kartoitus oli kokonaisuudessaan todella onnistunut ja se toi paljon tärkeää tietoa kiinteistön vaatimuksista mittausjärjestelmää kohtaan. Nykytilanteesta ei ollut olemassa paikkansa pitäviä dokumentteja, mutta huolellisen kartoituksen tuloksena järjestelmän mittaukset ja väylät saatiin kerättyä kootusti kerroskohtaisiin tiedostoihin. Kartoituksen avulla löytyi useita epäselviä kohtia, joihin saatiin ratkaisut. Nykytilanteen kartoitus käsitti kaikki nykyisen järjestelmän oleelliset asiat, joita olivat mittapisteet, väylät, mittareiden osoitteet, mittareiden vaikutusalueet ja mittapisteiden todellinen lukumäärä.

Uuden järjestelmän suunnittelu sujui hyvin tehdyn kartoituksen ansiosta. Suunnittelun pohjana toimivat asiakkaan asettamat toiveet, ja lisäksi huomioitiin kiinteistön nykyisen järjestelmän asettamat vaatimukset. Vaatimusten perusteella laadittiin nykyisen järjestelmän ongelmien ratkaisemiseksi parannusehdotus. Parannusehdotuksen katsottiin sopivan tilanteeseen ja sen perusteella uutta järjestelmää ruvettiin suunnittelemaan. Valitun järjestelmätoimittajan tarjoama kattava tieto laitteistaan ja asiantuntijan vaivattoman lähestymismahdollisuuden ansiosta uuden järjestelmän suunnittelussa ei ilmennyt merkittäviä epäselvyyksiä. Ongelmatilanteessa asiantuntija auttoi ratkaisun löytämiseksi, jolloin pystyttiin varmistumaan suunniteltavan järjestelmän toimivuus.

Toteutuksen suunnittelun haasteina oli nykyisen järjestelmän liittäminen uuteen järjestelmään. Järjestelmän uusinnan yhteydessä mittaustietojen keräämiseen aiheutuu

välttämättä katkos, mutta suunnittelun avulla ongelmakohdat pystyttiin havaitsemaan etukäteen. Resurssien kohdistamisella oikeaan paikkaan oikeaan aikaan pystytään minimoimaan muutostyön aiheuttamat haitat. Muutostyö ei aiheuta energiamittareiden mittaustietojen katoamista, kun taas pulssimittauksien yhteydessä tietojen häviämistä ei voida välttää. Pulssimittaukset eivät ole kuitenkaan kiinteistön kannalta kovin merkittäviä, sillä niiden osuus laskutuksesta on energiamittareihin suhteutettuna pieni. Tästä syystä mittaustietojen hetkellinen häviäminen voidaan hyväksyä.

Työn tulokset olivat odotusten mukaiset. Uusi järjestelmä täyttää asiakkaan asettamat vaatimukset ja soveltuu kohdekiinteistön tarpeisiin. Mittausjärjestelmän uusimisesta aiheutuvat kustannukset jäävät kohtuulliselle tasolle, jolloin ne eivät rajoita suunnitelmien toteuttamista. Laitteiden ja järjestelmän muutoksista aiheutuvia kustannuksia ei käsitellä tässä opinnäytetyössä. Laitteiden valmistajan tekemät tarjoukset ovat kohdekohtaisia, eikä niitä ollut aiheellista julkaista. Haastavinta oli nykyisen järjestelmän kartoittaminen johtuen olemassa olevien tietojen puutteellisuudesta. Kauppakeskuksen suuri koko ja osissa toteutettu saneeraus aiheutti haasteita tietojen keräämiseen. Lisäksi nykyisen järjestelmän komponenttien sovittaminen uuteen järjestelmään aiheutti epäselvyyksiä, sillä olemassa olevien laitteiden tiedot olivat osittain epätarkkoja. Vastaan tulleista haasteista kuitenkin selvittiin ja lopputulos oli onnistunut.

Opinnäytetyön luotettavuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Teoreettisen viitekehysten lähteinä pyrittiin alkuperäislähteiden käyttöön, jolloin ulkopuolisten tulkintojen vaikutukset pystyttiin minimoimaan. Tietoperustan keräämisen yhteydessä tarkasteltiin myös aiheesta aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja selvityksiä. Tutkimusten ja selvitysten tulokset olivat yhteneviä työssä tehtyjen päätelmien kanssa, joten toteutusta voidaan pitää luotettavana. Työn toteutuksessa hyödynnettiin kollegoiden tietämystä sekä laitevalmistajan asiantuntijaa, jolloin kokonaisuuteen liittyvien virheiden mahdollisuus on minimoitu. Täydellistä varmistusta suunnitelmien toimivuudesta ei voida vielä raportoinnin kirjoittamisen yhteydessä todeta. Suunnitelmien toteutus on ajankohtainen lähivuosina, jolloin suunnitelmien lopullinen toimivuus tulee

ilmi. Työn tuloksia olisi pystynyt edelleen parantamaan, jos uuden järjestelmän suunnittelu olisi tehty useamman laitevalmistajan ratkaisuja käyttäen. Saatuja suunnitelmia olisi pystynyt vertailemaan ja näin olisi päädytty varmasti parhaaseen lopputulokseen. Edellä mainittu toteutustapa olisi vaatinut kuitenkin huomattavan määrän enemmän resursseja, minkä seurauksena keskityttiin huolelliseen suunnitteluun käyttäen yhden järjestelmätoimittajan ratkaisuja. Saadut tulokset ovat kuitenkin hyödynnettävissä myös muiden valmistajan laitteita käyttäessä. Suunniteltu järjestelmä hyödyntää standardisoituja väyläprotokollia, mikä mahdollistaa laitevalmistajan vaihtamisen toiseen standardoituja ratkaisuja hyödyntävään valmistajaan.

Opinnäytetyö toi hyötyä asiakkaalle, toimeksiantajalle sekä minulle itselleni. Työ tarjosi asiakkaalle kattavan selvityksen energianmittausjärjestelmän uusimisesta. Uuden järjestelmän suunnittelussa painotettiin erityisesti asiakkaan toiveita, jolla varmistettiin yhdessä kiinteistön asettamien vaatimusten kanssa suunnitelmien toteutettavuus. Saadut tulokset ovat asiakkaan hyödynnettävissä, vaikkei järjestelmää uusittaisi lähiaikoina. Kattavan nykytilanteen kartoituksen avulla uuden järjestelmän suunnitelmia on helppo päivittää myöhemmin. Toimeksiantaja hyötyi työn suorituksesta muun muassa energianmittausjärjestelmiin liittyvän tiedon päivittymisen myötä. Työssä käytetty tieto on ajankohtaista ja toimeksiantajan hyödynnettävissä vastaavissa projekteissa tulevaisuudessa. Työn tuloksena toimeksiantaja sai myös päivitetyn tiedon kauppakeskuksen nykyisestä energianmittausjärjestelmästä, mikä helpottaa muutostarpeiden suunnittelua ja vikatapauksien selvittämistä. Minulla ei ollut ennestään kokemusta energianmittausjärjestelmän suunnittelusta. Työn ansiosta tutustuin kattavasti energian mittaamiseen vaikuttaviin tekijöihin, järjestelmän vaatimiin laitteisiin ja toteutukseen. Työ antoi erinomaiset valmiudet suunnitella vastaavia energianmittausjärjestelmiä jatkossakin, ja saatu tieto tuki ammatillista kehitystä hyvin. Opinnäytetyön tulokset eivät ole suoraan hyödynnettävissä muihin kohteisiin. Kohdekiinteistön nykyisen järjestelmän komponenttien hyödyntäminen edellytti erikoisratkaisuja, joita ei ole kannattavaa käyttää muissa kohteissa. Suunnitelmat ovat yhteen kohteeseen räätälöidyt, ja hyödyntäminen edellyttää muutoksia. Mittausjärjestelmän rakenne ja käytetyt laitteet sopivat eri tavalla toteutettuna muihinkin kohteisiin, sillä järjestelmä on hyvin monipuolisesti räätälöitävissä kaiken kokoisiin kohteisiin. Työ

auttaa myös uutta järjestelmää suunnitellessa tarjoamalla ideoita järjestelmän toteutukseen. Työstä ilmenee yksi tapa toteuttaa mittausjärjestelmä, mikä helpottaa toteutustapoja vertailtaessa.

Työn jatkokehitysmahdollisuudet liittyvät pääosin mittauspisteiden lisäämiseen. Kiinteistössä on vielä joitain saneeraamattomia tiloja, joita ei ole liitetty energianmittaukseen. Näiden tilojen liittäminen tulee kuitenkin ajankohtaiseksi vasta muun remontin yhteydessä, jolloin sähkökeskukset uusitaan. Kiinteistökeskusten mittaamisessa on myös nykyisellään puutteita. Kiinteistön keskukset palvelevat esimerkiksi aulatilojen ja porrashuoneiden sähkötarpeita, kuten valaistuksia ja kausittaisia rekvisiittoja. Nykyisessä järjestelmässä on mitattu vain muutama kiinteistön keskus, jolloin ei saada täsmällistä tietoa koko kiinteistön todellisesta kulutuksesta. Kiinteistön keskusten liittäminen mittausjärjestelmään auttaisi havaitsemaan energian säästömahdollisuudet paremmin. Nykyisten energiamittareiden hajotessa ne voitaisiin korvata kattavammin mittaavilla mittareilla, jolloin valituista kohteista saataisiin tarkempaa mittaustietoa. Energianmittaustietojen tehokkaammassa hyödyntämisessä on myös kehitettävää. Luoma (2008, 49) toteaa selvityksessään, että hyödyn maksimointiseksi tulisi mittaustietojen analysoinnista tehdä suunnitelma. Suunnitelman tulisi koota tarkasteltavat kohteet selkeästi, jolloin mahdolliset huomiota vaativat kohdat tulisivat esille ja niihin voitaisiin puuttua. Suunnitelman tulisi määritellä myös mittaustietojen tarkastelun tiheys, jolloin analysoinnista muodostuisi osa kiinteistön hoitollista rutiinia. Mittaustietojen hyödyntäminen voisi tulevaisuudessa ilmetä myös esimerkiksi huipputehon jouston muodossa. Tulevaisuuden energiantuotantomuodot, kuten tuuli- ja aurinkovoima, ovat vahvasti riippuvaisia sääolosuhteista. Tuotannon laskiessa kiinteistön sähköenergian kulutusta voitaisiin soveltuvilta osin vähentää.

## Lähteet

A9XMSB11 Product data sheet. N.d. Schneider Electric tuote-esite. Viitattu 31.10.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/61356-acti-9-smartlink/?parent-category-id=82258>.

ABB. TTT-käsikirja 2000-7, 2000. Verkkajulkaisu. Viitattu 27.10.2016. [http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/04\\_0\\_S%84hk%94n%20laatu.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/04_0_S%84hk%94n%20laatu.pdf).

Acti 9 Smartlink modbus. 2014. Acti 9 Smartlink-laitteen kuva. Viitattu 26.10.2016 <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/61356-acti-9-smartlink/?parent-category-id=82258>.

Directive 2012/27/EU of energy efficiency. 2012. Euroopan komission direktiivi energiatehokkuudesta. Viitattu 24.10.2016. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX%3A32012L0027>.

Energiankäytön ja energiatehokkuuden seuranta. 2015. Motiva Oy:n verkkajulkaisu. Viitattu 25.10.2016. [http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse\\_ja\\_tehosta\\_yrityksen\\_energiankayttoa/seuranta\\_ja\\_raportointi/energiankayton\\_ja\\_energiatehokkuuden\\_seuranta](http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ja_tehosta_yrityksen_energiankayttoa/seuranta_ja_raportointi/energiankayton_ja_energiatehokkuuden_seuranta).

Energiansäästötietoa. N.d. Energiateollisuuden verkkajulkaisu. Viitattu 25.10.2016. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/energiansaastotietoa>.

Energiatehokkuuslaki 1429/2014. 2014. Finlex. Viitattu 25.10.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>.

Energy Efficiency. 2016. Euroopan komission verkkajulkaisu. Viitattu 24.10.2016. <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>.

Energy server Com'X 510. 2015. Com'X 510-laitteen kuva. Viitattu 26.10.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/62072-enerlin-x-com-x>.

Functions and characteristics PM5000 series. N.d. Datalehti. Viitattu 9.11.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/61281-powerlogic-pm5000-series/?filter=business-4-low-voltage-products-and-systems&parent-category-id=4100>.

Hänninen, R., Jokela, M. & Aavaharju, H. 2010. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Keuruu: Otavan Kirjapaino.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Tampere: Tampereen yliopistopaino Juvenes Print.

Link150 Product Image. 2015. Link150-laitteen kuva. Viitattu 26.10.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/63423-link150/?filter=business-4-low-voltage-products-and-systems&parent-category-id=4100>.

Link150 Technical Datasheet. 2015. Schneider Electric tuote-esitys. Viitattu 26.10.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/63423-link150/?filter=business-4-electrical-distribution&parent-category-id=4100>.

Luoma, J. Energiankulutuksen seuranta rakennusautomaatiojärjestelmässä. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen Ammattikorkeakoulu, Talotekniikka, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 29.9.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003064566>.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. 2012. Finlex. Viitattu 24.10.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Main PME with monitor. N.d. Power Monitoring Expert-tuotekuva. Viitattu 27.11.2016. <http://www2.schneider-electric.com/images/pictures/products-services/product-launch/struxureware/Main PME with monitor.png>.

METSEPM5310 Product Data Sheet. N.d. Schneider Electric tuote-esitys. Viitattu 9.11.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/61281-powerlogic-pm5000-series/?filter=business-4-low-voltage-products-and-systems&parent-category-id=4100>.

Mitä et voi mitata, sitä et voi johtaa. 2015. Ympäristöhallinnon verkkojulkaisu. Viitattu 25.10.2016. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Energiatehokkuus/Energiatehokkuuden\\_parantaminen/Mittaaminen](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Energiatehokkuus/Energiatehokkuuden_parantaminen/Mittaaminen).

Mäkelä, H. 2016. Energiankulutustietojen seuranta ja hyödyntäminen kiinteistöjen teknisessä ylläpidossa. Opinnäytetyö, YAMK. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Talotekniikka. Viitattu 25.10.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201603143141>

Power Monitoring Expert. 2016. Schneider Electric tuotetieto verkkosivu. Viitattu 2.11.2016. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/62919-power-monitoring-expert-8-1/?parent-subcategory-id=5145>.

PowerLogic Catalogue. 2016. Schneider Electric tuoteluettelo. Viitattu 26.10.2016. [http://download.schneider-electric.com/files?p\\_Reference=PLSED309005EN\\_Print&p\\_EnDocType=Catalog&p\\_File\\_Id=5318869132&p\\_File\\_Name=PLSED309005EN\\_%28print%29.pdf](http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=PLSED309005EN_Print&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=5318869132&p_File_Name=PLSED309005EN_%28print%29.pdf).

PowerLogic PM8000 presentation. 2016. Schneider Electric tuotetietosivu. Viitattu 29.9.2016. <https://www.schneider-electric.com/en/product-range/62252-powerlogic-pm8000-series/?parent-category-id=4100>.

Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. 2016. Ympäristöministeriön ohje. Viitattu 24.10.2016. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakennuksen\\_energiatehokkuutta\\_koskeva\\_lainsaadanto](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto).



ST 21.34 Ohjeita energiamittausten ja energianhallintajärjestelmien toteutukseen. 2015. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo

Strategia Granlundin innovaatiotoiminnalle. 2013. Granlundin verkkouutinen. Viitattu 19.10.2016. <http://www.granlund.fi/ajankohtaista/strategia-granlundin-innovaatiotoiminnalle/>.

Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-3. 2014. Energiatehokkuusdirektiivin mukainen raportointi Euroopan komissiolle. Viitattu 24.10.2016. [http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_neeap\\_fi\\_finland.pdf](http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_neeap_fi_finland.pdf).

Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä. 2010. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. Viitattu 25.10.2016. <http://tem.fi/documents/1410877/2795167/ETT-periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+04022010/f0d2c438-f170-4484-b84b-da2fbd97b419>.

Yhtiöstä. N.d. Yhtiökuvaus Granlund Oy:n verkkosivuilta. Viitattu 19.10.2016. <http://www.granlund.fi/yhtiosta/>.

Ympäristö ja kestävä kehitys. N.d. Energiateollisuuden verkkojulkaisu. Viitattu 25.10.2016. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys>.



Liite 2. Väyläkytkennän muutokset

