



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSENSEURANTA PIRKANMAAN PALVELURAKENNUKSISSA

COMBI-hanke

Jarkko Jalli

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

JALLI, JARKKO:

Sähköenergian kulutuksenseuranta Pirkanmaan palvelurakennuksissa
COMBI-hanke

Opinnäytetyö 109 sivua, joista liitteitä 10 sivua
Toukokuu 2017

Energiatehokkuus on entistä merkitsevämpi tekijä nykyaikaisessa rakentamisessa. Euroopan unionin tasolla on säädetty linjauksia rakentamisen energiatehokkuudesta, lopullisena tavoitteenaan nollaenergiarakentaminen, jossa rakennukset tuottavat itse tarvitsemansa energian uusiutuvilla energiatuotantomuodoilla. Energiatehokas rakentaminen vaatii kunnolla toteutuakseen rinnalleen myös tarkkaa energian kulutuksenseurantaa. Tampereen teknillisen yliopiston vetämä COMBI-hanke pyrkii kehittämään tätä energiatehokasta rakentamista palvelurakennuksissa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin osana COMBI-hanketta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten sähköenergian kulutuksenseuranta on tällä hetkellä toteutettu Pirkanmaalaisissa palvelurakennuksissa. Lisäksi pyrkimyksenä oli selvittää, mitkä ovat tämän tyyppisten rakennusten suurimmat kulutusryhmät, ja luoda toimivat ratkaisumallit sähköenergiaseurantojen toteutukselle. Osana opinnäytetyötä kehitettiin myös rakennushankkeen tilaajalle ”työkalu”, jolla pystyy helposti määrittämään energianseurannan tavoitteet ja välittämään ne suunnittelijalle. Tässä opinnäytetyössä palvelurakennuksista valikoituivat tarkasteltavaksi uudehkot tai vastikään saneeratut koulut ja päiväkodit. Tutkimus toteutettiin näistä kohteista saatavilla olevista teknisistä dokumenteista.

Teknisistä dokumenteista selvisi, että sähköenergian kulutuksenseurannan ja sen suunnittelun taso vaihtelee palvelurakennusten välillä laajalti. Suurimassa osassa kohteista sähkökeskuksiin oli sijoitettu seurantoja kuitenkin kattavasti. Eniten kohteissa oli kiinnitetty huomiota valaistuksen energianseurantaan. Muiden suurien kulutusryhmien seurannan taso vaihteli paljon kohteittain.

Seurantojen huomiointi heti suunnittelun alkuvaiheessa sekä tilaajan tietoisuus energianhallinnasta ja seurannoilla saavutetuista hyödyistä nousevat tulevaisuuden kehityskohteiksi. Suunnittelussa tulisi huomioida rakennustyypeille ominaiset suurimmat kulutusryhmät, ja keskuskokonaisuudet tulisi suunnitella siten, että kattava energianseuranta on mahdollista toteuttaa. Seurantojen toteutuksen ja suunnittelun tueksi tulisi laatia myös yhtenevä ohjeistus sekä toimintamallit. Seurantojen investointikustannusten liiallinen tuijottelu ei ole järkevää, sillä tarkalla ja tavoitteellisella energianseurannalla saavutetut hyödyt ovat varsin merkittäviä rakennuksen pitkän elinkaaren aikana.

Asiasanat: sähköenergianseuranta, palvelurakennus, COMBI-hanke, energiatehokkuus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Building Services Engineering

JALLI, JARKKO:

The Monitoring of Electricity Consumption in Municipal Service Buildings in Pirkanmaa.

COMBI Project

Bachelor's thesis 109 pages, appendices 10 pages

May 2017

This thesis was created in conjunction with the COMBI project (Comprehensive Development of Nearly Zero-Energy Municipal Service buildings), led by the Tampere University of Technology. Energy efficiency is an important part of today's construction. The European Union regulates the energy efficiency in construction and the ultimate goal is nearly zero-energy buildings. The objective of this study was to find out how monitoring of electricity consumption is currently being implemented in municipal service buildings in Pirkanmaa.

The purpose of this work was to determine the best ways to measure electrical energy in municipal buildings such as schools and kindergartens. One of the goals was also to determine the largest group of devices in terms of energy consumption. Furthermore, the aim was to develop a tool for the commissioner of the construction project, which enables easy determination of the goals of the electric monitoring and to convey those to the designer. The methodology of the work consisted mainly of literature research of technical documents.

According to the results, the quality of electricity consumption monitoring and designing varies widely. However, measurements were made comprehensively in most of the municipal service buildings. Greatest attention was paid to monitoring of lighting. For other large electrical equipment groups, the level of follow-up varied greatly among the target buildings.

In the future, the monitoring of electricity should be considered already at the beginning of the design phase. The largest consumption groups in service buildings should be monitored reasonably. Future development targets are to increase awareness of comprehensive energy management and its benefits. Uniform guidelines for electrical planning should be developed. In conclusion, one should remember that the benefits of accurate electricity monitoring are often more significant than the investment costs in long-life-cycle buildings.

Key words: electricity monitoring, municipal service building, COMBI-project, energy efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	ENERGIATEHOKAS RAKENTAMINEN.....	10
2.1	COMBI-hanke	10
2.2	nZEB.....	12
2.3	Rakennusten energiatehokkuus.....	12
2.4	Rakennusten energiatehokas käyttö.....	13
2.5	Energiantarve rakennuksissa.....	14
2.6	Sähköenergian käyttö rakennuksissa	15
2.6.1	Sähkönkulutukseen vaikuttavat seikat	15
2.6.2	Rakennusten kuormatyypit	17
2.7	Kysynnän jousto	22
2.7.1	Kysyntäpotentiaali.....	23
2.7.2	Ohjaustiedon välityksperiaatteet	24
2.7.3	Kuormanohjaus ja kuormien soveltuvuus ohjaukseen.....	25
2.7.4	Kysynnän jouston hyödyt loppukäyttäjille.....	28
3	RAKENNUSTEN SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSEN SEURANTA	29
3.1	Nykyiset ohjeistukset ja määräykset sähköenergian seurantaan.....	29
3.1.1	RakMK D3.....	29
3.1.2	Tampereen kaupungin rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohje	30
3.1.3	TAPRE-mittarointiohje.....	31
3.1.4	SYK-mittarointiohje.....	31
3.2	Energia seurantojen toteutustavat	32
3.2.1	Rakennusautomaatio	32
3.2.2	Kulutusmittausten etäluentajärjestelmä	33
3.2.3	Laskennallinen energian seuranta	35
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	36
5	SÄHKÖENERGIAN SEURANNAT CASE-KOhteissa.....	41
5.1	Case-kohde 1: Vehmaisten koulu ja päiväkotia	41
5.1.1	Tekniset dokumentit.....	41
5.1.2	Mittausten tarkastelu	44
5.1.3	Yhteenveto	47
5.2	Case-kohde 2: Luhtaan päiväkotia	50
5.2.1	Tekniset dokumentit.....	50
5.2.2	Mittausten tarkastelu	52
5.2.3	Yhteenveto	54

5.3	Case-kohde 3: Koivurinteen koulu ja päiväkot	57
5.3.1	Tekniset dokumentit	57
5.3.2	Mittausten tarkastelu	59
5.3.3	Yhteenveto	61
5.4	Case-kohde 4: Otsonmäen päiväkot	63
5.4.1	Tekniset dokumentit	64
5.4.2	Mittausten tarkastelu	67
5.4.3	Yhteenveto	69
5.5	Case-kohde 5: Puropuiston päiväkot	72
5.5.1	Tekniset dokumentit	72
5.5.2	Mittausten tarkastelu	73
5.5.3	Yhteenveto	74
6	TUTKIMUSTULOKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET	76
6.1	Sähköenergianseurannan hyödyt palvelurakennuksissa	76
6.2	Parannusehdotukset palvelurakennusten energiaseurantaan	77
6.3	Seurantojen suunnittelu	79
6.4	Vaihtoehtoiset ratkaisumallit	82
6.4.1	Luhtaan päiväkot	82
6.4.2	Otsonmäen päiväkot	86
6.4.3	Ratkaisumallien yhteenveto	91
7	TYÖKALU SÄHKÖENERGIAN SEURANTAAN	94
	LÄHTEET	97
	LIITTEET	100
	Liite 1. Vehmaisten koulun ja päiväkodin keskuskokonaisuudet	100
	Liite 2. Luhtaan päiväkodin keskuskokonaisuus	102
	Liite 3. Koivurinteen koulun ja päiväkodin keskuskokonaisuus	103
	Liite 4. Otsonmäen päiväkodin keskuskokonaisuus	104
	Liite 5. Puropuiston päiväkodin keskuskokonaisuus	105
	Liite 6. Luhtaan päiväkodin seurantojen periaatekaavio	106
	Liite 7. Luhtaan päiväkodin ratkaisumallin keskuskokonaisuus	107
	Liite 8. Otsonmäen päiväkodin seurantojen periaatekaavio	108
	Liite 9. Otsonmäen päiväkodin ratkaisumallin keskuskokonaisuus	109

LYHENTEET JA TERMIT

<i>cosφ</i>	Tehokerroin, kuvaa pätötehon suhdetta näennäistehoon, tai virran ja jännitteen aaltomuotojen vaihe-eroa
<i>kVAr</i>	Loistehon yksikkö, varin kerrannainen
<i>kWh</i>	Energian yksikkö, wattitunnin kerrannainen
<i>TWh</i>	Energian yksikkö, wattitunnin kerrannainen
<i>AMR</i>	Automatic meter reading, etäluettava tai älykäs mittari sähkö-energian kulutusmittari, jossa on energianmittauksen lisäksi kehittyneempiä ominaisuuksia
<i>BACS</i>	Building Automation and Control Systems, rakennusautomaatiojärjestelmä
<i>COMBI</i>	Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings
<i>DALI</i>	Digital Addressable Lighting Interface, digitaalinen osoitteellinen valaistuksenohjausjärjestelmä
<i>DIN-kisko</i>	Sähkökeskuksissa ja muissa asennuskoteloissa käytetty standardoitu kisko.
<i>HEMS</i>	Home Energy Management System, asuinkiinteistöjen energiahallintajärjestelmä

<i>LonWorks</i>	LonWorks (Local Operating NetWork) –kenttäväylä on kansainvälinen avoimeen kansainväliseen ISO/IEC 14908 standardiin perustuva Echolonin kehittämä väyläpohjainen tiedonsiirtomenetelmä
<i>MBus</i>	Meter Bus. Mittaustietojen siirtämiseen tarkoitettu väylä.
<i>Modbus</i>	Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla, joka mahdollistaa samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden kommunikoinnin keskenään
<i>nZEB</i>	Nearly zero-energy buildings, lähes nollaenergia talo
<i>SLY-kytkentä</i>	SLY-kytkentä (ent. sähkölaitosyhdistyksen, nyk. sähköenergialiitto ry) on jakeluverkkoyhtiöiden yhteinen suositus sähkölämmityksen ohjaamiseen
<i>SFP-luku</i>	SFP (Specific Fan Power) eli ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kuvaa ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuutta
<i>SYK</i>	Suomen Yliopistokiinteistöt
<i>TAPRE-hanke</i>	Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi
<i>Topologia</i>	Verkon rakenne, tarkoittaa tietoliikenteen termillä verkon rakennetta, eli miten laitteet on liitetty toisiinsa.
<i>VAK</i>	Kiinteistön valvonta-alakeskus

1 JOHDANTO

Energiatehokkuudella ja energiankäytönhallinnalla on entistä suurempi ja edelleen kasvava merkitys nykypäivän rakentamisessa. Euroopan parlamentin energiatehokkuusdirektiivin linjauksena on, että Euroopan unionin jäsenmaissa kaikki uudisrakennukset ovat vuoden 2021 alusta lähtien lähes nollaenergiataloja. Palvelurakennusten osalta tämän vaatimuksen tulee täyttyä jo vuoden 2019 alussa. Lähes nollaenergiatalolla tarkoitetaan taloa, jonka energiantarpeesta merkittävä osa katetaan rakennuksessa, tai sen lähistöllä tuotetulla uusiutuvalla energialla. Absoluuttisia lukuarvoja direktiivi ei määritä lähes nollaenergiatalolle. Jäsenmaiden tulee soveltaa kansallisia direktiivejään, koska ilmasto, kansalliset rakentamiskäytännöt ja uusiutuvien energialähteiden paikallinen saatavuus ovat maa kohtaisesti hyvin erilaiset.

Tämä opinnäytetyö on tehty osana kolmivuotista COMBI-hanketta (Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings), ja hanke ajoittuu vuosille 2015-2017. Hankkeen tarkoituksena on etsiä kokonaisvaltaisia ratkaisuja erilaisten palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi, sekä tuoda esille mahdollisia ongelmakohtia. Tutkimuksen vetäjänä toimii Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos. Tämän lisäksi tutkimustyötä tekevät Aalto-yliopisto ja Tampereen ammattikorkeakoulu. Hankkeessa on tutkimustyötä tekevien oppilaitosten lisäksi mukana Tampereen ja Helsingin kaupungit, seitsemän pirkanmaalaista kuntaa ja 37 rakennusalan yritystä. Hanke on jaettu viiteen (5) työpakettiin, joista ensimmäinen keskittyy tutkimuksen organisointiin sekä tiedottamiseen, ja loput neljä (4) syventyvät varsinaiseen tutkimukseen.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltavaksi valittiin viisi (5) COMBI-hankkeessa mukana olevaa kohdetta. Kohteet pyrittiin valitsemaan siten, että ne olisivat käyttötarkoitukseltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan mahdollisimman yhdenmukaisia. Kohteet koostuvat päiväkodeista ja kouluista. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten jo rakennetuissa kouluissa ja päiväkodeissa sähköenergian kulutuksenseurannat on toteutettu. Lähtökohtana oli saada kattava käsitys siitä, miten kohteiden sähköenergianseurannat on toteutettu, mitä laite- ja kulutusryhmiä seurataan sekä mitkä ovat tämän tyyppisten palvelurakennusten suurimmat kulutusryhmät. Tutkimusta tehtiin pääasiassa kohteiden teknisten dokumenttien avulla.

Teknisistä dokumenteista saadun tiedon pohjalta luotiin vaihtoehtoiset ratkaisumallit sähköenergian seurantojen toteutukselle. Ratkaisumallien tarkoituksena on luoda kuva siitä, miten tämän tyyppisissä palvelurakennuksissa sähköenergian mittaukset ja seurannat voitaisiin toteuttaa tehokkaasti. Lisäksi pyritään antamaan näkökulmia palvelurakennusten, sekä muiden rakennustyyppien sähköenergian seurannan suunnitteluun ja toteutukseen.

Lisäksi osana opinnäytetyöprosessia kehitettiin palvelurakennuksen rakennushankkeen tilaajalle ”työkalu” ja ohjeistus. Tarkoituksena on, että työkalun avulla tilaaja pystyy määrittämään energianseurannan tarpeet sekä tavoitteet mahdollisimman selkeästi, ja välittämään ne edelleen suunnittelijoille. Näin jo rakennushankkeen alkuvaiheessa saadaan sähköenergian seurannat osaksi sähkötekniäsuunnittelua. Tavoitteena on näin luoda edellytykset tehokkaalle ja tavoitteelliselle energiankäytön hallinnalle.

2 ENERGIAATEHOKAS RAKENTAMINEN

2.1 COMBI-hanke

COMBI-hanke on vuonna 2015 käynnistetty kolmivuotinen hanke palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017). Tutkimuksen vetäjänä toimii Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos (Tampereen teknillinen yliopisto: Mediatiedotteet 2015). Lisäksi tutkimuksessa mukana ovat Aalto-yliopisto ja Tampereen ammattikorkeakoulu (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017). Hankkeessa tarkasteltavia palvelurakennuksia ovat muun muassa koulut, päiväkodit, sairaalat ja erityisryhmien palveluasumisen yksiköt (Tampereen teknillinen yliopisto: Mediatiedotteet 2015).

COMBI-hanke koostuu viidestä (5) työpaketista sekä kolmesta (3) laajemmasta seminaarista. Työpaketti 1 koostuu tutkimuksen hallinnoinnista ja organisoinnista. Tämän työpaketin keskeinen sisältö käsittää tutkimuksen koordinointiin liittyvät työt, joita ovat mm. projektin ohjausryhmän kokousten järjestäminen, rahaliikenteen hoito ja tutkimuksen tiedotuksesta sekä raportoinnista huolehtiminen. Työpaketin 2 tavoitteena on muodostaa monipuolisia ja energiaoptimoituja vaihtoehtoratkaisuja palvelurakennusten arkkitehtisuunnitteluun. Lisäksi pyritään luomaan edellytykset palvelurakennusten suunnitteluprosessin uudistamiselle siten, että energiatehokkuuteen liittyvät tekijät tulevat kaavoituksessa ja arkkitehtisuunnittelussa nykyistä selkeämmin ja aikaisemmin esille. Työpaketti 3 käsittelee sekä rakenteiden toimintaan liittyvää tutkimusta, että koko rakennuksen energiankulutukseen ja sisäilman olosuhteisiin liittyvää tutkimusta. Työpaketin tarkoituksena on antaa ohjeistusta turvallisiin vaipan lisäeristysratkaisuihin, sekä rakennusten energiankulutuksen vähentämiseen ja sisäilman laadun hallintaan. Työpaketti 4 käsittelee talotekniikan ratkaisuja sekä energiantuotantoa. Työpaketti keskittyy talotekniikan optimaaliseen valintaan ja käyttöön, sekä sähköenergian omatuotantoon. Työpaketissa 5 pyritään sitomaan osapuolet yhteen ja toteuttamaan energiatehokkaita, terveitä sekä kestäviä korjausrakentamishankkeita. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä energiatehokkaan ja kestävästä rakentamisen hallinnasta, sekä eri sidosryhmien roolista ja yhteistyön tarpeellisuudesta. (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017.)

COMBI-hanke etsii moniammatillisesti kokonaisvaltaisia ratkaisuja erilaisten palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi (kuva 1). Tavoitteena on tuottaa tietoa julkisten rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta lähes nollaenergiatasoon. Lisäksi pyritään kehittämään energiatehokkaita taloteknisiä ratkaisuja ja rakentamisen prosesseja, nykyisten rakennusteknisten vaatimusten ja määräysten puitteissa. (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017.)



KUVA 1. Periaatekuva energiatehokkaiden palvelurakennusten kokonaisvaltaisesta tarkastelumallista (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017)

Hankkeen myötä saatujen tutkimustulosten ja tiedon pohjalta voidaan laatia suosituksia ja optimaalisia ratkaisuja mahdollisimman kustannustehokkaalle nollaenergiarakentamiselle. Saatua tietoa voivat hyödyntää yritykset ja kunnat palvelurakennusten uudis- ja korjausrakentamisessa. (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017.)

Hankkeessa on tutkimustyötä tekevien oppilaitosten lisäksi mukana Tampereen ja Helsingin kaupungit, seitsemän (7) pirkanmaalaista kuntaa ja 37 rakennusalan yritystä. Hanke on rahoitettu sekä yritysrahoituksella, että julkisella rahoituksella Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR), liittyen TEKES:n INKA – innovatiiviset kaupungit -ohjelmaan. (Tampereen teknillinen yliopisto: COMBI 2017.) Kokonaisbudjetti hankkeelle on 2,4 miljoonaa euroa (Tampereen teknillinen yliopisto: Mediatiedotteet 2015).

2.2 nZEB

Nearly zero-energy buildings (nZEB), eli lähes nollaenergia rakennukset tarkoittavat rakennuksia, joilla on erittäin korkea energiatehokkuus. Rakennukset vaativat erittäin vähän ulkopuolista ostoenergiaa, ja suurin osa energiatarpeesta katetaan uusiutuvalla energialla. Euroopan komission rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi edellyttää, että Euroopan unionin jäsenmaissa kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergia rakennuksia vuoden 2021 alusta alkaen. Lisäksi direktiivi edellyttää, että vuoden 2019 alusta lähtien uudet julkiset rakennukset rakennetaan lähes nollaenergiarakennuksiksi. (European Commission: Energy 2017.) Mitään absoluuttisia lukuarvoja direktiivi ei suoraan määritä lähes nollaenergiatalolle. Jäsenmaiden tulee soveltaa kansallista direktiiviä koska ilmasto, kansalliset rakentamiskäytännöt ja uusiutuvien energialähteiden paikallinen saatavuus ovat maa kohtaisesti hyvin erilaiset. (ARA: Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet 2013.)

2.3 Rakennusten energiatehokkuus

Rakentamisessa kulutetaan lyhyessä ajassa huomattavan paljon luonnonvaroja. Toisaalta rakennustoiminnan ympäristövaikutukset ulottuvat pitkälle tulevaisuuteen, etenkin rakennuksen käytön aikaisina ympäristökuormina, esimerkiksi energian- ja vedenkulutuksena sekä hiilidioksidipäästöinä. Energiatehokkaan rakennuksen suunnittelu tulee toteuttaa siten, että se aiheuttaa ympäristölleen mahdollisimman vähän kuormitusta. Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tehtävillä ratkaisuilla voidaan huomattavasti vaikuttaa rakennuksen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin ja kustannuksiin. Energiatehokas rakennus tuottaa monenlaisia hyötyjä omistajalleen sekä käyttäjille. Näitä ovat mm. rakennuksen toimivuus ja viihtyisyys, edulliset ylläpito- ja huoltokustannukset sekä pitkä käyttöikä. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu: Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus 2014.)

Rakennusten energiatehokkuus riippuu useasta eri osatekijästä, kuten rakennuksen teknisestä toteutuksesta, käyttäjistä, käyttöajoista sekä huollon resursseista ja osaamisesta. Rakennusten energiatehokkuutta ei voida tarkastella ainoastaan teknisiin ratkaisuihin tuijottamalla, vaan olennainen osa on myös toiminnan ohjaamisella, sekä huoltoon varattavilla

resursseilla. Resursseja huoltohenkilökunnan ammattitaidon ylläpitämiseen sekä järjestelmätuntemukseen tulisi lisätä. Rakennuksen käyttäjien käyttötottumuksilla on iso vaikutus rakennuksessa kulutettuun energiaan. Rakennuksen omistajan, kiinteistöhuoltoyhtiön ja tilankäyttäjän olisi hyvä yhdessä huolehtia osapuolien riittävästä perehdytyksestä kiinteistön järjestelmiin, ja sopia aktiivisesta tiedonvaihdesta. (Laurinkari J. 2012.)

2.4 Rakennusten energiatehokas käyttö

Rakennuksen energiatehokas käyttö on yksinkertaisia arjen tekoja. Tällaisia ovat esimerkiksi valojen sammuttaminen, kun tilassa ei oleskella, käyttämättömien laitteiden poistamista pistorasioista, tietokoneen sammutus, kun sitä ei käytetä ja patteritermostaattien säätäminen. Käytännössä pienillä asioilla käyttäjät pystyvät vaikuttamaan rakennuksen energiankäyttöön merkittävästi.

Rakennuksen energiatehokas käyttö edellyttää kiinteistönhoitohenkilöstön, tilojen käyttäjien sekä muiden tiloissa toimijoiden riittävän laajaa opastusta järjestelmien toimintaan, ohjaukseen ja käyttöön. Ratkaisevinta on, että rakennuksessa toimivalle henkilöstölle muodostuu kokonaiskäsitys kaikista keskeisistä energian käyttöön ja kulutukseen vaikuttavista seikoista. Ilman kokonaisuuden hahmottamista ja ymmärtämistä, ei yksittäisen laitteen tai järjestelmän käyttöosaamisella tuoteta energiatehokkainta ratkaisua. Lisäksi menestyksekkäs ja pysyvä energiatehokkuuden parantaminen vaatii henkilöstön ammattitaidon jatkuvaa ylläpitoa. (Motiva: Energiatehokas teollisuuskiinteistö.)

Rakennuksen käytöstä ja ylläpidosta vastaava henkilöstö on hyvä ottaa mukaan jo suunnitteluvaiheessa. Teknisen henkilöstön tulee perehtyä riittävän ajoissa rakennuksen energiaratkaisuihin, jolloin niitä osataan käyttää oikein ja tarkoituksenmukaisesti. Mitä suuremmasta ja monimutkaisemmasta rakennuskokonaisuudesta on kyse, sitä suurempi merkitys on käyttö- ja ylläpitojen riittävällä perehtyneisyydellä. Suurissa käyttökohteissa on usein vakituista käyttö- ja huoltohenkilökuntaa, jolloin laitteiden käyttö, huolto ja ylläpitäminen on suunniteltua ja päämäärätietoista. Kiinteistönhoidon apuna on nykyään erilaisia kiinteistönhoitojärjestelmiä sekä huoltokirjoja, joilla pystytään huolehtimaan laitteiden suunnitellusta käytöstä ja ylläpidosta. Mikäli ylläpitotoiminta ulkoistetaan, tällöin erityistä huomiota kannattaa kiinnittää suunnitteluvaiheen dokumentointiin, jotta järjestelmistä siirtyy riittävästi tietoa ulkoisille toimijoille. Ylläpitosopimukseen voisi

sopia selkeisiin mittareihin perustuvat energiansäästö- ja tehokkuustavoitteet, jolloin toteutuneista tehokkuustavoitteiden saavuttamisesta voisi palkita huoltohenkilöstöä. (Motiva: Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut.)

Rakennuksen energiatehokkaan käytön peruspilarina on kuitenkin riittävän laaja ja tarkoituksenmukainen energianseuranta. Energianseurannalla pystytään puuttumaan poikkeavaan energiankulutukseen, sekä havaitsemaan mahdolliset ongelmakohdat. Rakennuksen käyttövaiheessa energiankulutuksen seurannalla voidaan varmistaa, että järjestelmät toimivat oikein. Lisäksi saadaan selville toteutuvatko suunnitteluvaiheessa asetetut tavoitteet, ja luodaan edellytykset energiakustannusten tarkalle ja tavoitteelliselle seurannalle.

2.5 Energiantarve rakennuksissa

Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kulutuslaitteiden sähköenergiantarpeesta. Kuviossa 1 on esitetty, miten ostoenergia jakautuu kiinteistöissä, sekä minkälaisista osista kiinteistön nettoenergiantarve koostuu. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3: Rakennusten energiatehokkuus 2012.)



KUVIO 1. Ostoenergian ja nettoenergiantarve (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3: Rakennusten energiatehokkuus 2012.)

2.6 Sähköenergian käyttö rakennuksissa

Suomessa kiinteistöt kuluttavat energiaa noin 100 TWh vuodessa. Kiinteistön energiankulutus jaetaan lämpöenergian ja sähköenergian kulutukseen. Lämpöenergiankulutuksen osuus on hieman suurempi, mutta sähkönkulutus on myös merkittävässä roolissa. Sähköenergiaa kiinteistöt kuluttavat Suomessa noin 40 TWh vuodessa. Sähköenergian kulutus on suoraan verrannollinen käytetyn tehon ja ajan suhteen. (Wilen H. 2011.)

Kiinteistön kuluttamaan energiaa ei ole helppo arvioida, sillä kiinteistön hetkellinen teho vaihtelee paljon, ja koostuu monista tekijöistä. Kiinteistössä käytettävien kuormien käyttäjät vaihtelevat, kuormat eivät käytä maksimitehoa jatkuvasti ja sähkölaitteiden käyttö ei ole säännöllistä. Lisäksi sähkölaitteiden käyttäjillä on suuri vaikutus laitteiden kuluttamaan sähköenergiaan. (Wilen H. 2011.)

Jotta sähkönkulutusta voidaan seurata riittävän tarkasti laite- ja kulutusryhmä tasolla, tulee tietää osakuormien osuudet sähkön kulutuksesta. Tästä syystä riittävän kattava ja tarkoituksenmukainen energianseuranta tulisi sisällyttää osaksi rakennusten sähkötekniisjärjestelmiä. Näin saadaan kattavasti seurantadataa siitä, mihin energiaa todellisuudessa kuluu, mitkä ovat rakennuskohtaiset suurkuluttajat ja toimivatko järjestelmät oikein. Lisäksi saadaan selville ovatko rakennukseen valitut energiatehokkaat tekniset ratkaisut oikeasti energiatehokkaita, ja luodaan edellytykset käyttökustannusten tarkemmalle seurannalle.

2.6.1 Sähkönkulutukseen vaikuttavat seikat

Sähköenergian kulutukseen vaikuttavia tekijöitä on rakennuksissa useita. Rakennuksen käytön lisäksi sähkönkulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi vuodenajat ja vuorokaudenaika. Kiinteistön sähkönkulutus vaihtelee vuoden- ja vuorokaudenajan mukaan hyvinkin suuresti. Vuodenaikojen vaikutukset voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan. Ensinnäkin ulkoilman lämpötilan vaikutus rakennusten sähkölämmityksiin sekä jäädytyksiin on merkittävä. Sähkölämmitysten ja jäähdtysten sähköenergian kulutus seuraa käänteisesti ulkolämpötila. Mitä kylmempi ulkona on, sitä enemmän sähköenergiaa kuluu kiinteistön sähköllä lämmitettävissä paikoissa. Kesäaikaan taas jäähdtyksen

kuluttama sähköenergia lisääntyy, kun tiloja jäähdytetään joko paikallisesti tai hajaute-
tusti. Toisaalta talven pimeys lisää valaistuksen kuluttamaa sähköenergiaa huomattavasti.
Kesällä päivänvalo riittää lähestulkoon koko vuorokaudeksi, mutta talvella valoisa-aika
on varsin lyhyt. Talvella joudutaan valaisemaan rakennuksia huomattavasti pidemmän
aikaa, joten myös sähkönkulutus lisääntyy merkittävästi. (Wilen H. 2011.)

Rakennuksen käytön vaikutus sähköenergiankulutukseen voidaan jakaa kolmeen osaan,
käyttöaikaan, käyttöasteeseen sekä käyttötapaan. Taulukossa 1 on esitetty Rakennusmää-
räyskokoelman osassa D3, tyypilliset käyttöajat rakennustyypeittäin. Taulukko kertoo ai-
noastaan tehon- ja energiankulutuksen muutoksista yksittäisen päivän aikana. Voidaan
kuitenkin olettaa, että kulutushuiput tapahtuvat rakennuksen käyttöaikana. Taulukon pe-
rusteella voidaan sanoa, että esimerkiksi opetus- ja päiväkotirakennuksissa sähkönkulutus
on pienimmillään viikonloppuna ja arkisin kello 16.00 jälkeen, mikäli rakennuksia ei käy-
tetä muuhun toimintaan esimerkiksi viikonloppuisin tai iltaisin. Käyttöaste määrittelee
sen, mikä on keskimääräinen valaistuksen ja kulutuslaitteiden käyttöaste, ja ihmisen läs-
näolo käyttöajan aikana. (Wilen H. 2011.)

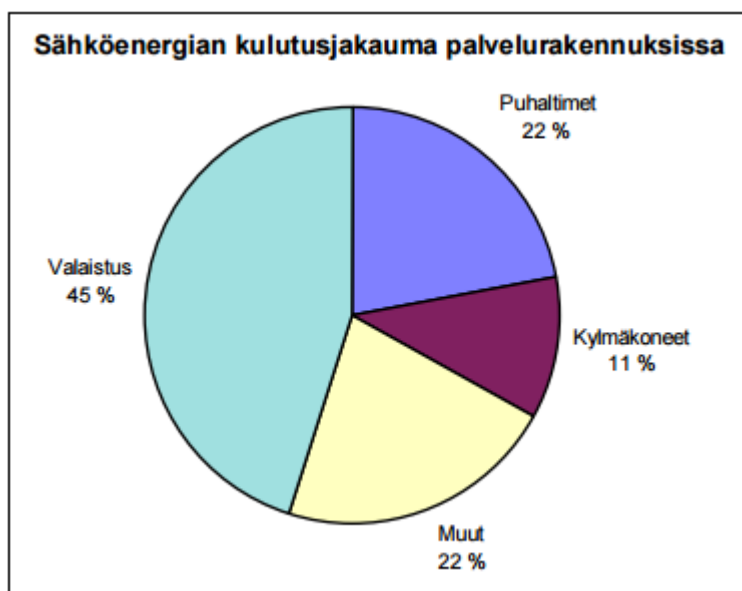
TAULUKKO 1. Rakennustyyppien standardikäyttö (Suomen rakentamismääräysko-
koelma D3: Rakennusten energiatehokkuus 2012.)

Käyttötarkoitusluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttö- aste -	Valaistus W/m ²	Kuluttaja- laitteet W/m ²	Ihmiset ^a W/m ²
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8

Suurin muuttuja kiinteistöiden energiankulutusta tarkastellessa on itse ihminen, joka vai-
kuttaa energiankulutukseen henkilökohtaisten tarpeiden sekä käyttötottumustensa kautta.
Automaation ja erilaisten ohjausjärjestelmien avulla pyritään energiankäyttö optimoi-
maan, sekä vähentämään ihmisten vaikutusta energiankulutukseen.

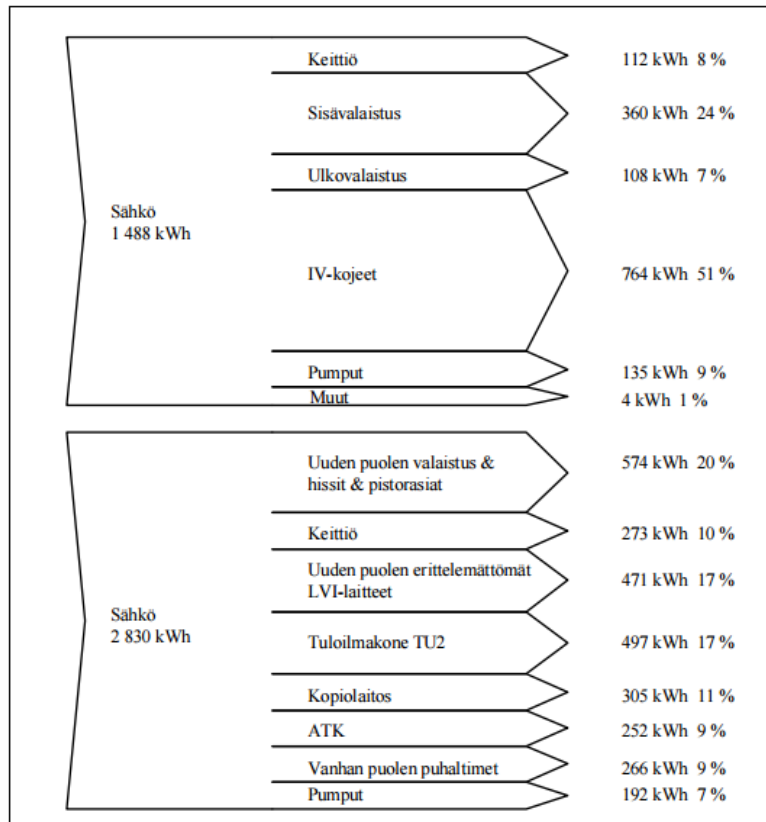
2.6.2 Rakennusten kuormatyypit

Rakennuksissa sähköenergiankulutus jakaantuu useisiin eri laite- ja kulutusryhmiin. Rakennustyyppi toki vaikuttaa siihen, millaisia laite- ja kulutusryhmäkokonaisuuksia kiinteistö sisältää. Yleisiä laite- ja kulutusryhmiä, joita löytyy lähes joka rakennustyyppistä nykypäivänä ovat valaistus, LVI-laitteet, sähkölämmitykset, pistorasiakuormat (yleiseen käyttöön tarkoitettut), ATK-laitteet, jäähdytys- ja lämmityslaitteet sekä siivous ja ruoka-huollonlaitteet. Kuviossa 2 on kuvattu kahden (2) palvelurakennuksen (virastorakennus ja koulu) sähköenergian kulutusjakaumat (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996).



KUVIO 2. Sähköenergian kulutusjakauma palvelurakennuksissa (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996)

Alla on esitetty näiden kahden (2) palvelurakennuksen tarkemmat sähköenergiajakaumat (kuva 2).



KUVA 2. Palvelurakennusten tarkempi sähköenergian jakauma (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996)

Valaistus on yksi merkittävimmistä sähköenergian kuluttajista rakennuksen sähköverkossa. Valaistuksen ottama teho on noin kolmasosa koko kiinteistön kuluttamasta sähköenergiasta vuodessa. Valaistus kuluttaa suurimman osan sähköstä ollessaan päällä. Liitäntälaitteiden pieni lepovirta muodostaa myös vähäisen kulutuksen valojen ollessa pois päältä. Valoja pidetään päällä suurimman osan vuorokaudesta erityisesti pimeinä vuodenaikoina, jolloin valaistuksen ohjaukseen, tarkoituksenmukaiseen käyttöön sekä energianseurantaan tulisikin kiinnittää erityistä huomiota.

Puhaltimien ominaistehontarve määräytyy karkeasti puhaltimien ottaman sähkötehon, ja sen tuottaman ilmvirran suhteesta. Mitä monimutkaisempi ilmanvaihtojärjestelmä on kyseessä, sitä suurempi on yleensä painehäviö. Tämä luonnollisesti kasvattaa puhallinenergian osuutta koko rakennuksen energiantarpeesta. Lämmöntalteenotto pienentää lämmitysenergian tarvetta, mutta vastaavasti sähköenergian tarve kasvaa. Tämä sähkö-

energiatarpeen kasvu kuitenkin riippuu lämmöntalteenoton toteutustavasta. (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996.) Nykyisten rakennusmääräysten ohjaamana kiinteistössä tulee toteuttaa aina koneellinen ilmanvaihto, lisäksi ilman on vaihduttava rakennuksessa koko ajan, mikä luonnollisesti lisää puhaltimien kuluttamaa energiaa. Taulukossa 2 on esitetty puhaltimien sähköenergiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996).

TAULUKKO 2. Puhaltimien sähköenergiankulutukseen vaikuttavat tekijät (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996)

PUHALTIMEN TUOT- TAMA PALVELU	YMPÄRISTÖ -käyttö -suunnittelu	PUHALTIMEN OMINAIS- SUUDET
Ilmavirta (m^3/s)	Käyttö -aika Suunnittelu -paine-ero -ilmavirta	Puhallin -hyötysuhde -ominaiskäyrä -säätö Moottori -hyötysuhde

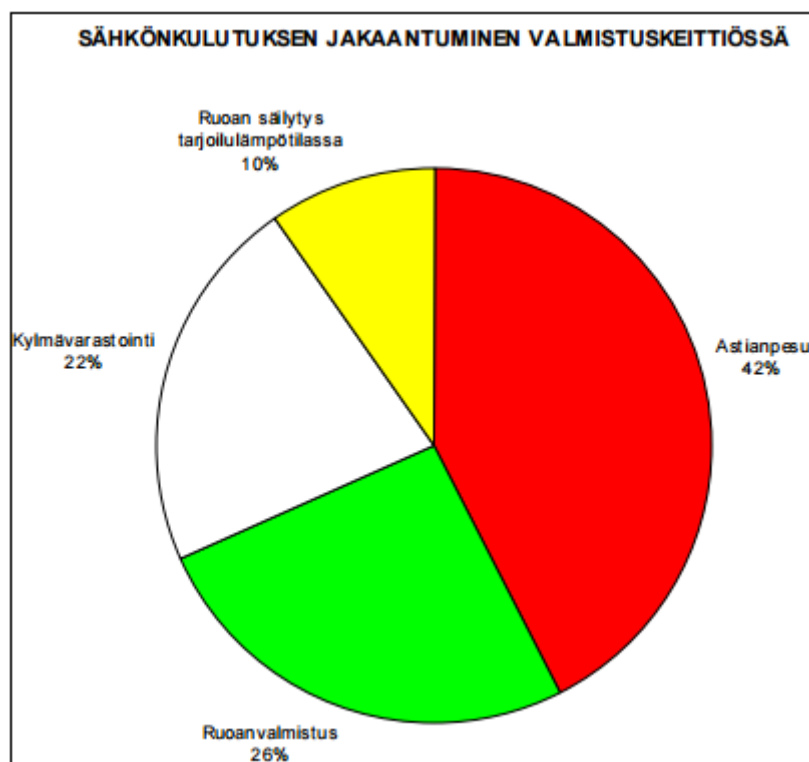
Pumppujen ominaistehon tarve voidaan määritellä karkeasti pumpun ottaman sähkötehon suhteella kuljetettuun vesivirtaan. Pumpun valinnassa on tärkeä huomioida pumpun toimipiste, jolloin pumpun toiminta-alueen tulisi sijaita parhaan hyötysuhteen alueella. Pumppujen suunnittelussa joudutaan käyttämään varmuuskertoimia, koska laskennalliset painehäviöt eivät yleensä täsmää toteutuneisiin painehäviöihin. Tästä seurauksena on, että pumpput eivät toimi optimialueella. Mikäli pumppuja valitaan hankintakustannusten perusteella, voi halvempi pumppu olla energiatehottomampi kuin hieman kalliimpi. Tästä syystä pumppujen hankinnassa tulisi kiinnittää huomiota koko elinkaarikustannuksiin, eikä ainoastaan kertainvestointiin. Myös painehäviöihin tulisi kiinnittää huomiota, sillä kiertävän nesteen laatu vaikuttaa siihen merkittävästi. Esimerkiksi jäähdytysjärjestelmissä sekä IV-esilämmityspattereissa on yleisesti käytössä vesi-glygoliseos, joka on lämmönsiirto-ominaisuuksiltaan heikompi, ja painehäviö suurempi puhtaaseen veteen verrattuna. Näin ollen saman lämpötehon siirtäminen vaatii suuremman pumppaustyön verrattuna veteen. Taulukossa 3 on esitetty pumppujen sähköenergiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä. (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996.)

TAULUKKO 3. Pumppujen sähköenergiankulutukseen vaikuttavat tekijät (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996)

PUMPUN TUOTTAMA PALVELU	YMPÄRISTÖ -käyttö -suunnittelu	PUMPUN OMINAISUUDET
Vesivirta (l/s)	Käyttö -aika Suunnittelu -paine-ero -nestevirta	Pumppu -hyötysuhde -ominaiskäyrä -säätö Moottori -hyötysuhde

Jäähdytys on merkittävä sähköenergian kuluttaja, etenkin suurissa kohteissa, joissa koko kiinteistön huoneilmaa pyritään jäähdyttämään. Jäähdytysjärjestelmät ovat yleensä todella järeitä, ja kuluttavat energiaa todella sinä aikana, kun ovat toiminnassa. Jäähdytyslaitteiden toiminta-aika on kuitenkin lyhyt osa vuodesta.

Keittiölaitteiden kuluttaman sähköenergia vaihtelee suuresti rakennustyypeittäin sekä keittiön käyttötarkoituksen ja käyttöasteen mukaan. Kuviossa 3 on esitetty erään valmistuskeittiön sähkönkulutuksen jakaantuminen eri keittiölaitteille.



KUVIO 3. Sähkönkulutuksen jakaantuminen valmistuskeittiössä (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996)

Kuten kuviosta huomataan, astianpesukoneen kulutus on yli 40 % koko valmistuskeittiön sähkön tarpeesta. Kylmälaitteet ja ruuanvalmistus kuluttivat molemmat noin neljänneksen. (VTT: Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot 1996.)

Siivous- ja vaatehuollon sähkölaitteiden sähkön kulutus vaihtelee paljon rakennustyypeittäin, mutta etenkin päiväkodeissa nämä laiteryhvät ovat varsin merkittäviä sähkönkulutuksen suhteen. Molempien laite- ja kulutusryhmien kuormitus on hyvin pistemäistä, eli ne eivät kuormita verkkoa yhtäjaksoisesti. Kuitenkin laitteita käytettäessä niiden kuluttaman sähköenergian osuus kokonaisenergiankulutuksesta on varsin merkittävä.

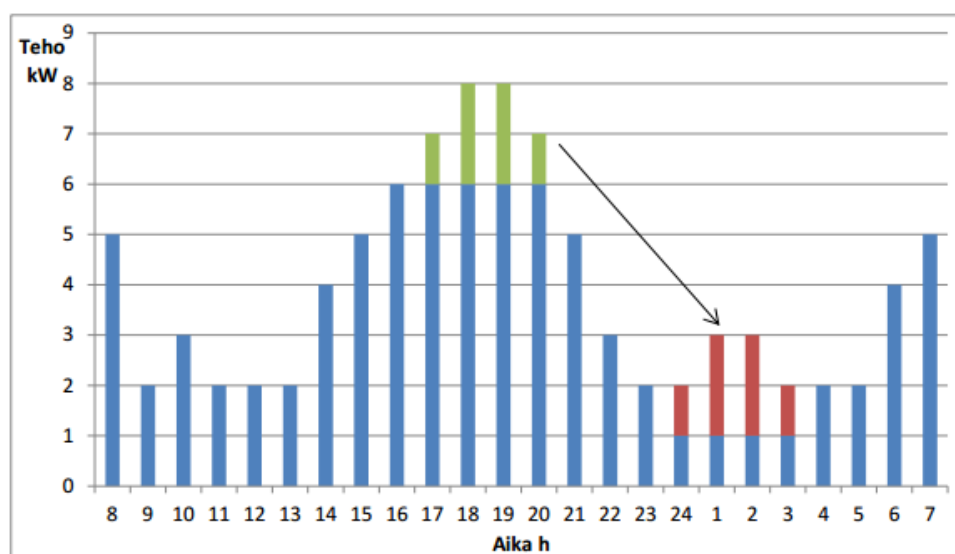
Sähkölämmityksiä suuremmissa kiinteistöissä on käytössä paikoissa, jossa on käytössä vain vähän tilaa, tai lämmityksen tarve on hyvin paikallinen. Tällaisia paikkoja ovat kiinteistön piha-alueet sekä ajoluiskien ja sisäänkäyntien lämmitykset, joilla pyritään estämään jään muodostuminen maahan. Lisäksi sähkölämmityksiä on käytetty esimerkiksi sadevesikourujen ja -rännien sulana pitämiseen. Sähköllä toimivien lämmitysten määrä kiinteistöissä ei ole vakio, vaan vaihtelee täysin kiinteistön lämmitysperiaatteesta riippuen. Sähkölämmityksien käyttämän energian osalta on huomioitava se, että sähkönkulutus vaihtelee täysin ulkolämpötilan perusteella. Tämä aiheuttaa rakennuksissa sen, että sähköä kuluu talvella huomattava määrä enemmän kesään verrattuna. Lisäksi autolämmityspistorasiat muodostavat talvisin kuormitusta kiinteistön sähköverkolle lämmityspaikkojen määrän mukaan. (Wilén H. 2011.)

ATK-laitteiden sähkönkulutus vaihtelee paljon rakennustyypeittäin. ATK-laitteet ovat monissa nykyajan rakennuksissa arkipäivää ja niitä on rakennuksissa määrällisesti varsin paljon, jolloin ne muodostavat melko merkittävän osan koko kiinteistön sähkönkulutuksesta. Lisäksi ATK-laitteiden loistehon kulutus on merkittävässä roolissa, kun mietitään kiinteistön loistehonkulutusta kokonaisuutena.

2.7 Kysynnän jousto

Perinteisessä sähköenergiajärjestelmässä kulutuksen muutoksiin on sopeuduttu tuotantoa säätämällä, esimerkiksi vesivoima- ja lauhdevoimalaitoksia hyödyntämällä. Tulevaisuudessa suuri osa tuotannosta on sellaista, jota ei teknisesti pystytä, tai jota ei taloudellisesti ole kannattavaa säätää. Näistä tuotantomuodoista, sääriippuvaisia ovat tuuli- ja aurinkovoima, sekä säästä riippumaton tasaisesti ajettava ydinvoima. Tuotannon säätämisen sijaan tulevaisuudessa kulutuksessa tapahtuviin muutoksiin reagoidaan järkevämmin joustavasti ohjattavissa olevalla kuormituksella. Säättökapasiteetiksi rakennettavan sähkön tuotannon sijaan kuormitus tarjoaa kustannustehokkaan ratkaisun lisätä järjestelmään joustavuutta. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

Sähköenergian hinta nousee yleensä valtakunnallisten tehuhiippujen aikaan. Samanlaisesti käytössä on paljon päästöjä muodostavia energiantuotantomuotoja. Kysynnän jouston avulla, voidaan sähkönkulutusta siirtää kalliista tehuhiipuista edullisempiin ajankohtiin (kuvio 4). Kysynnän jouston seurauksena tuotanto voi muuttua saastuttavammasta energialähteestä vähäpäästöisemmäksi, tällöin sähköntuotannon päästöt pienentyvät merkittävästi. Joskus kuitenkin esiintyy tilanteita, jolloin paikallisen sähkönjakeluverkon huippukuormitus osuu ajankohtaan, jolloin halpa energia ja kysynnän jousto lisäävät entisestään verkon huippukuormitusta. Tällaiset tilanteet lisäävät kysynnän jouston haasteellisuutta. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

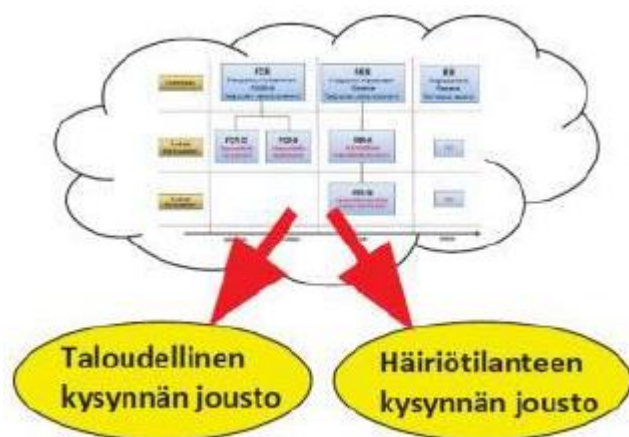


KUVIO 4. Sähkönkulutuksen siirto edullisempaan ajankohtaan (Grip K. 2013)

Ilmastonmuutoksen hillitseminen on taustalla uusissa rakentamiseen liittyvissä energiatehokkuusmääräyksissä. Näiden määräyksien tavoitteena on ohjata rakentamista yhä energiatehokkaampaan ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntävään suuntaan. Energiatehokkuutta arvioitaessa tuleekin kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota, myös hetkelisiin tehuippuihin ja käyttöprofiileihin. Kysynnän jouston tavoitteet ja tarve tulee ottaa huomioon, nykypäivän lähes nollaenergia eli nZEB-rakentamisessa. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

2.7.1 Kysyntäpotentiaali

Kiinteistöjen sisäisten sähköjärjestelmien kysynnän joustopotentiaali voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan, taloudelliseen sekä häiriötilanteen kysynnän joustoon (kuvio 5). Jaottelu on pyritty pitämään mahdollisimman selkeänä ja yksinkertaisena, jotta kysynnän jousto saadaan osaksi sähkötekniäsuunnittelua. Riittävän yksinkertaisella ja helposti sisäistettävällä jaolla, pienennetään kynnystä kysynnän jouston suunnitteluun ja toteutukseen. Tällaisella jaottelulla mahdollistetaan kuitenkin kohtuullisen laaja-alainen eri tarpeista syntyvän kysynnän jouston huomiointi suunnittelussa. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)



KUVIO 5. Taloudellinen ja häiriötilanteen kysynnänjousto (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015)

Taloudellisella kysynnän joustolla tarkoitetaan ohjausta, joka ei suoranaisesti vaikuta kiinteistön ensisijaisten toimintojen suorittamiseen, tai häiritse normaalia kiinteistössä oleskelua ja työskentelyä. Tällaisia ovat esimerkiksi valaisimien osittainen himmentämi-

nen joissain tiloissa tai ilmamäärien osittainen pienentäminen tiloissa, joissa ei sillä hetkellä oleskella. Mikäli kysynnän joustolla tavoitellaan pelkästään taloudellista hyötyä, tulisi laatuluokka kuitenkin pysyä rakennukselle suunnitellussa tasossa. Häiriötilanteen kysynnän jouston ohjauksella tarkoitetaan tilannetta, jossa olosuhteet voivat osassa kiinteistöä havaittavasti heikentyä, kunhan ensisijaisten työtehtävien suorittaminen on edelleen mahdollista ja kiinteistössä on turvallista liikkua ja oleskella. Häiriötilanteessa laatuluokista voitaisiin hetkellisesti tarvittaessa myös pudottaa. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

2.7.2 Ohjaustiedon välityspäätteet

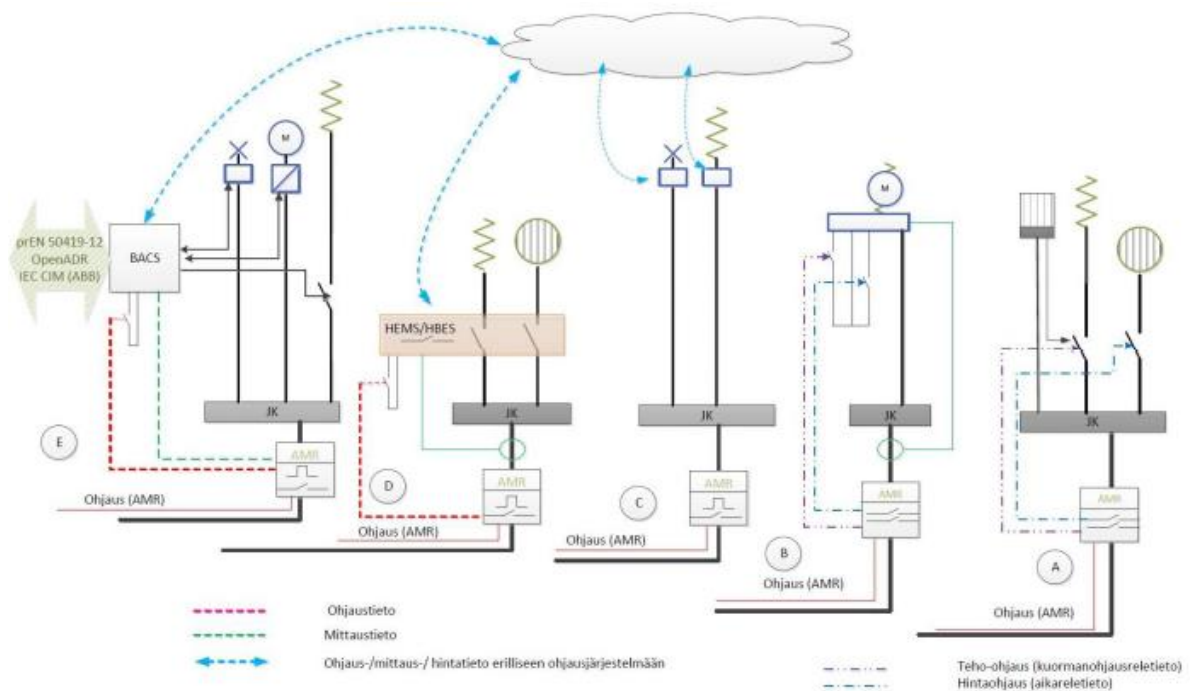
Kiinteistön sähköverkossa on monia tapoja kysynnän jouston ohjaustiedon välittämiseen. Kuormien ohjaus voidaan toteuttaa, joko etäluettavalla energiamittarin (AMR), erillisen ohjausjärjestelmän (HEMS) tai kiinteistöautomaatiojärjestelmien (BACS) kautta. Olenaisinta ei ole ohjaustiedon välitysmuoto, vaan se miten saadaan ohjattua eri laitteita ja laiteryhmiä. Jo rakennushankeen alussa tulisi suunnitella kysynnän jouston vaatimat ratkaisut, sillä jälkeempään tehtävät asennusmuutokset ovat hankalia toteuttaa. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

Etäluettavat energiamittarit (AMR) mahdollistavat todelliseen tuntikulutukseen pohjautuvan taseselvityksen, sekä tuovat vähittäismarkkinoille uusia tunti hinnoitteluun perustuvia hinnoittelumalleja. AMR-mittareilla toteutettu ohjaus soveltuu pienempiin kohteisiin (kotitaloudet ja vapaa-ajanasunnot), joissa toteutetaan jo nykyiselläänkin suoraa kuorman ohjausta asiakkaan tariffien (yö-/päiväsähkö) mukaan. AMR-mittareiden suora kuorman ohjaus mahdollistaa pienkuluttajien osallistumisen kysynnän jouston tuntimarkkinoille. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

Palvelurakennusten osalta kysynnän jouston toteutuksessa tulisi miettiä automaatiojärjestelmän (BACS) tai erillisen ohjausjärjestelmän (HEMS) hyödyntämistä. Palvelurakennuksissa on suuria sähkötekniisiä kokonaisuuksia, joiden hallinta vaatii erillistä järjestelmää. Automaatiojärjestelmiä on palvelurakennuksissa paljon, joten luontevinta ja teknisesti yksinkertaisinta olisi hyödyntää näitä olemassa olevia järjestelmiä. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

Kuvassa 3 on esitetty yleisimpiä kiinteistöjen kuormien ohjausmahdollisuuksista, jotka voidaan jaotella seuraavasti:

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



KUVA 3. Ohjaustiedon välityksiperiaatteet kiinteistön sähköverkkoon (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015)

2.7.3 Kuormanohjaus ja kuormien soveltuvuus ohjaukseen

Kiinteistöissä ohjattavat tehopotentialit vaihtelevat. Kiinteistöjen kokonaisteho muodostuu aina eri laitteiden käytön vuorottelusta. Lisäksi tehopotentialiin vaikuttaa kiinteistötyyppi, tarkasteluajankohta ja kiinteistön sähköverkon kuormitus. Näin ollen kiinteistön

huipputehoa ei voida laskea suoraan laitetehojen summana. Laitteiden käyttöajat vaihtelevat merkittävästi. Tehosta vain osa on käytössä huipputehon tai halutun ohjausajankohdan aikana. Eri rakennustyyppien tehovuorottelussa on myös eroavaisuuksia. Tämä johtuu eri rakennustyyppien kuormitusprofiilien eli samaan aikaan päällä olevien laitteiden tehojen eroavaisuudesta. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

Kiinteistöjen sähköverkoja tai niiden ohjausjärjestelmiä ei ole nykyään suunniteltu kuormanohjausta huomioiden. Nykyistä suunnittelua ohjaa useimmiten tilaajan asettamat tavoitteet, eikä niissä yleisesti huomioida kysynnän jouston tarpeita. Kuorman ohjauksen käyttöönotto edellyttää uusien ja uudistettavien kiinteistöjen sähköverkon ja laitevalintojen suunnittelun tavoitteellista ohjausta. Olennaista on, että ohjaustarpeiden määrittely on kohteen suunnittelussa mukana hankesuunnitteluvaiheesta lähtien. Suunnittelussa tulee selvittää ohjausten rajapinnat, sekä eri toimijoiden vastuut. Suunnitelmiin tulee määrittää myös kysynnän joustolle erillinen toiminnan kuvaus, jossa määritellään kuormitustyyppit, kuormien soveltuvuudet, ohjattavuus, kuormien ryhmittely ohjauspotentiaalin mukaan, jne. Kysynnän jouston toteutuksessa on lisäksi oleellista mitata sähkökuormien sähkötehoa reaaliaikaisesti. Tällöin tiedetään reaaliaikaisesti ohjattavissa oleva kuormapotentiaali sekä varmistetaan tavoitellun teho-ohjauksen toteutumisesta ja takaisinkytkennästä. Laittehojen kautta saadaan arvioitua asennettujen sähkötehojen määrät ja tarkempaa tietoa ohjaus mahdollisuuksista vuorokausi- tunti- ja rakennustasolla. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

Toimitila- ja palvelukiinteistöjen sähkötarpeet vaihtelevat suuresti käyttötarkoituksen, rakentamisajankohdan ja teknisten ratkaisujen perusteella. Ohjattavaa kuormaa löytyy mm. ilmanvaihdon, jäähdytyksen, valaistuksen ja sulanapidon aiheuttamasta sähköön käytöstä.

Nykyaikaisten ilmanvaihtokoneiden puhaltimien sähkötehoa pystytään ohjaamaan muuttamalla puhaltimien kierrosnopeutta, joko taajuusmuuttajilla tai EC-puhallinmoottorien avulla. Kiinteistöissä joissa ilmastointilaitteiden puhallinmoottoreita ohjataan taajuusmuuttajakäytöillä tai EC-puhaltimilla, on ilmastoinnin ohjaaminen helppoa. Jäähdytykset jakautuvat toimitila- ja palvelurakennuksissa usein tila- tai laitekohtaisiin jäähdytyksiin. Näistä kysynnän jouston kannalta helpompana vaihtoehtona voidaan pitää keskitetysti toteutettuja tilajäähdytyksiä. Jäähdytysjärjestelmään ottamaa tehoa voidaan rajoittaa käyttämällä säädettävää taajuusmuuttajakäyttöä jäähdytyskompressoria pyörittävissä moottoreissa, tai suoraan poistamalla koko jäähdytyslaitteisto hetkellisesti toiminnasta. Uusien

rakennusten valaistus tulisi kysynnän jouston kannalta suunnitella ryhmiteltäväksi omiin keskuksiin tai keskusosiin, joiden energiankulutusta ja tehoa mitataan reaaliaikaisesti. Kysynnän jouston vaatima tehonpudotus tällaisissa yksinkertaisessa järjestelmässä tarkoittaa lähinnä kytkentäryhmittäin tehtävää valaisimien sammutusta. Valaistuksenohjaus yksinkertaisissa järjestelmissä on mahdollista lähinnä häiriötilanteiden ohjauksessa, sillä valaisimia voidaan ohjata vain päälle tai pois. Väyläohjattua, osoitteellista valaistuksenohjausjärjestelmiä hyödynnettäessä valaistusta voidaan ohjata sekä taloudellisen, että häiriötilanteen kysynnän jouston yhteydessä. Taloudellisessa ohjauksessa voidaan kiinteistön käytössä olevan valaistuksen tehoa tilapäisesti säätää alaspäin jopa 30 % ilman, että käyttäjät havaitsevat muutosta valaistusvoimakkuudessa tai että työtehtävien suorittaminen vaikeutuu merkittävästi. Häiriötilanteessa valaistusvoimakkuutta voidaan pudottaa merkittävästi enemmän. Toisarvoisissa tiloissa valaistus voidaan ohjata osittain pois päältä, kuten yksinkertaisen järjestelmän tapauksessa. Sulanapitolämmityksiä käytetään usein palvelurakennuksissa piha-alueilla, IV-kammioissa, räystäskouruissa sekä viemäreissä. Sulanapitolämmitys toteutetaan tyypillisesti asentamalla lämmitettävään rakenteeseen lämmityskaapeli tai muu lämmityselementti. Näitä tehoja voidaan ohjata helposti avaamalla lämmityksen kontaktori halutulla hetkellä. Kulkuväylille sijoitettuja sulanapitolämmityksiä ohjattaessa täytyy kuitenkin varmistua siitä, ettei kulkuväylille pääse kertymään jäätä. Sulanapitotehon pudotus voitaisiinkin toteuttaa esimerkiksi pienentämällä sulatettavan alueen pinta-alaa hetkellisesti. Tämä järjestely vaatii kahdet erilliset lämpöelementit. Taulukossa 4 on esitetty arvioita ilmanvaihdon, jäähdytyksen, valaistuksen ja sulanapitolämmitysten käyttämisestä sähkötehoista. Rakennustyyppit ovat jaoteltu Tilastokeskuksen jaottelun mukaan liike-, toimisto- ja opetusrakennuksiin. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)

TAULUKKO 4. Arvio liike-, toimisto- ja opetusrakennusten sähkötehoista (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015)

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

2.7.4 Kysynnän jouston hyödyt loppukäyttäjille

Sähkön loppukäyttäjälle kysynnän jousto luo useita mahdollisuuksia. Käyttäjä pystyy keskittämään sähkön käyttöönsä edullisen sähkön hinnan aikaan, ja toisaalta mahdollistaa huipputehojen pienentämisen. Lisäksi kun oman pientuotannon hyödyntämisaste kasvaa, vähenee samanaikaisesti ostosähkön tarve. Käyttäjälle on taloudellisesti kannattavinta omatuotannon hyödyntäminen kokonaisuudessaan itse. Tämä johtuu ostetun ja myydyn sähkön kustannusten eroavaisuudesta. Kuluttaja maksaa verkosta ottamastaan energiasta siirtomaksun, verot sekä sähköenergian hinnan, mutta myymästään ylijäämätuotannosta saa ainoastaan korvauksen siirretystä sähköenergiasta (kuva 4). Liittymäkoon rajoittaminen on myös yksi loppukäyttäjän mahdollinen hyöty kysynnän joustosta. (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015.)



KUVA 4. Sähkönhinnan muodostuminen pientuotannon näkökulmasta (Tampere university of technology: Kysynnän jousto 2015)

3 RAKENNUSTEN SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSEN SEURANTA

Tässä osiossa esitellään nykyiset määräykset ja ohjeet sähköenergian seurantojen suunnitteluun ja toteutukseen. Lisäksi osiossa kerrotaan, millaisia eri toteutustapoja sähköenergian seurantaan on olemassa.

3.1 Nykyiset ohjeistukset ja määräykset sähköenergian seurantaan

Sähköenergian seurantaan on nykyisin olemassa useita erilaisia määräyksiä sekä ohjeistuksia. Määräyksiä seurantojen minimi toteutukselle on esitetty rakennusmääräyskokoelmassa (RakMK) D3. Lisäksi ohjeita seurantojen suunnitteluun ja toteutukseen on koottu kolmesta (3) eri suunnitteluohjeesta. Ohjeiden tarkoituksena on luoda yhtenäisiä ja toteutuskelpoisia suunnittelu- ja toimintaperiaatteita energian seurantaan. Näin pyritään vaikuttamaan rakennusten energiatehokkuuteen, sekä järjestelmien tarkoituksenmukaiseen toimintaan ja rakenteeseen.

3.1.1 RakMK D3

Rakennusmääräyskokoelman osassa D3 määrätään minimi vaatimukset sähköenergian käytön seurannalle. Esitetyt määräykset koskevat kaikkia käyttötarkoituksiluokkien rakennuksia, pois lukien luokka 1 (pien-, rivi- ja ketjutilat), sekä valaistuksen osalta myös luokka 2 (asuinkerrostalot). Rakennukset varustetaan energian käytön mittauksella tai mittausvalmiudella siten, että rakennuksen eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Mittauksista voidaan luopua, jos mittauksen tai mittausvalmiuden rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi. Sähköenergian seurantojen osalta ohjeistetaan, että rakennus varustetaan sähkömittauksella, josta saadaan tieto koko rakennuksen kuluttamasta sähköenergiasta. Ilmanvaihtojärjestelmä tulisi suunnitella ja rakentaa siten, että järjestelmän ominaissähköteho voidaan helposti mitata. Ilmanvaihtojärjestelmä tulisi varustaa omalla sähkökulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja. Jäähdytysjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ottama sähköteho ja tuottama jäähdytysenergia voidaan helposti mitata. Jäähdytysjärjestelmä tulee varustaa sähkönkulutuksen mittauksella. Kiinteät valaistusjärjestelmät tulee varustaa

omalla sähkönkulutuksen mittauksella. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3: Rakennusten energiatehokkuus 2012.)

Rakennusmääräyskokoelma antaa minimivaatimukset sähköenergian mittauksille. Kokoelmassa tulisi tarkemmin määritellä sähköenergianseurannat, sekä kannustaa tarkoituksenmukaiseen ja tarkempaan energiaseurantaan. Uudet ympäristöministeriön asetukset energiatehokkuudesta ovat tällä hetkellä lausuntokierroksella, joten energiatehokkuusmääräyksiin on odotettavissa lähiaikoina muutoksia.

3.1.2 Tampereen kaupungin rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohje

Tampereen kaupungin suunnitteluohjeen tarkoituksena on ohjata rakennusautomaatio-suunnittelua siten, että kohteiden säätö-, ohjaus- ja valvontatoimintojen toteutus olisi mahdollisimman yhdenmukainen riippumatta siitä, kuka kohdetta suunnittelee. Kohteiden yhdenmukainen suunnittelu ja toteutus helpottavat käyttökäyttökunnan jokapäiväistä työtä, sekä edesauttavat näin osaltaan kiinteistöjen olosuhteiden energiankäytön hallinnassa. Kaupunki hyödyntää suunnitteluohjetta suunnittelutöiden tarjouskilpailuissa ja toteutuksessa, jolloin suunnittelua toteuttavat suunnittelutoimistot on helpommin asetettavissa keskenään vertailukelpoiseen asemaan. Lisäksi ohjeeseen on koottu taloteknistenjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä malliratkaisuja ja malliesityksiä. (Tampereen kaupunki: Rakennusautomaatiojärjestelmä-suunnitteluohje 2013.)

Suunnitteluohjeessa on erillinen osansa sähköenergian mittauksille. Osiossa eritellään mittaukset, joista sähköenergianseurannat tulee toteuttaa. Näitä seurantoja ovat päämittaus (sähkön myyjä), päämittauksen rinnalle asennettava energia-analysaattori, valaistuksen mittaus, ilmastoinnin mittaus sekä jäähdytyksen mittaus. Ilmanvaihdon osalta tarkennuksia oli tehty taajuusmuuttajilta luettavan sähkötehon sekä SFP-luvun määrittäisiin. Ohjeistuksessa mainitaan myös, että mittareiden tulee olla väyläliitännäisiä, jolloin mittareiden kumulatiivinen lukema saadaan luettua rakennusautomaatiojärjestelmään. Sallitut väyläprotokollat ovat LonWorks, Modbus tai MBus. Lisäksi alamittauksilta sekä energia-analysaattorilta vähintään mitattavat suureet ovat ohjeessa määritetty. (Tampereen kaupunki: Rakennusautomaatiojärjestelmä-suunnitteluohje 2013.)

3.1.3 TAPRE-mittarointiohje

TAPRE-mittarointiohje on osana TAPRE-hanketta (Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi). Se on rakennushankkeeseen ryhtyvälle ja suunnittelijalle tehty ohje, jota voidaan käyttää energiaseurantojen tavoitteiden ja tarpeiden määrittämiseen uudis- ja korjausrakennuskohteissa. Kuvassa 5 on esitetty mittarointiohjeen ohjeistus sähköenergianseurannoille. (TAPRE: Mittarointiohje 2014.)

Mitattava suure	Selvennys / Hyödynnettävyys
Sähkö	
Sähköenergian päämittaus	D3 (2012) ohjeistus
Jäähdytysjärjestelmän sähkön kulutuksen mittaus	D3 (2012) ohjeistus, mahdollisuus muodostaa hyötysuhdehäilytyksiä
Valaistusjärjestelmän sähkön kulutuksen mittaus	D3 (2012) ohjeistus, kulutusjakauman tarkentaminen
Ilmanvaihtojärjestelmän sähkön kulutuksen mittaus	D3 (2012) ohjeistus, kulutusjakauman tarkentaminen, SFP-luvun laskenta
Suuret kuluttajat	Kulutusjakauman tarkentaminen, laskutusperuste
> Keittiö	"
> Kaupan kylmä	"
> Paineilma	"
> Hissit	Kulutusjakauman tarkentaminen
Tulo- ja poistoilmapuhaltimeen energiamittaus	SFP-luvun laskenta konekohtaisesti, ilmanvaihtokoneen kokonaisenergian kulutuksen laskenta

KUVA 5. Sähköenergianseurannat (TAPRE: Mittarointiohje 2014)

3.1.4 SYK-mittarointiohje

SYK-mittarointiohjeen (Suomen Yliopistokiinteistöt) tavoitteena on selkeyttää rakennusten kulutusmittausten ja niiden etäluennan suunnittelua. Ohjeessa esitetään rakennusmääräyskokoelman asettama minimitaso, sekä lisämittaroinnin eri mahdollisuuksia energialajeittain (taulukko 5). (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

TAULUKKO 5. Lisämittaroinnit energialajeittain (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

Sähkö	Lämpö	Jäähdytys	Vesi
Suurekuluttajakohtainen sähkönkulutus	Verkostokohtainen lämmönkulutus	Kaukokylmän päämittaus	Suurekuluttajakohtainen vedenkulutus
Sähkön laatumittaukset		Verkostokohtainen kylmänkulutus	
	Iv-kojekohtainen lämmönkulutus	Iv-kojekohtainen kylmänkulutus	
Vjk-kohtainen sähkönkulutus		Vjk-kohtainen kylmäntuotto	
Kylmäntuottojärjestelmäkohtainen sähkönkulutus		Kylmäntuottojärjestelmäkohtainen kylmäntuotto	
Vuokrattavien tilojen sähkönkulutus	Vuokrattavien tilojen lämmönkulutus	Vuokrattavien tilojen kylmänkulutus	Vuokrattavien tilojen vedenkulutus
Vuokralaisten yhteistilojen sähkönkulutus	Vuokralaisten yhteistilojen lämmönkulutus	Vuokralaisten yhteistilojen kylmänkulutus	Vuokralaisten yhteistilojen vedenkulutus
Maa- ja ilmalämpöpumppujen sähkönkulutus	Maa- ja ilmalämpöpumppujen lämmöntuotto	Maa- ja ilmalämpöpumppujen kylmäntuotto	
Muun uusiutuvan energialähteen sähkönkulutus ja -tuotto	Muun uusiutuvan energialähteen lämmöntuotto	Muun uusiutuvan energialähteen kylmäntuotto	

Ohjeessa käsiteltiin mittaroinnin tavoitteita sekä tehtäviä, joita tulisi huomioida suunnitteluvaiheittain. Lisäksi ohjeessa oli eroteltu kiinteistön kulutusmittaukset ja energialaistosten mittaukset omiin osioihinsa. Näissä käsiteltiin tarkemmin seurantojen teknistä toteutusta sekä seurannoille asetettuja vaatimuksia. Myös seurantojen dokumentoinnista oli tehty kattava esitys esimerkkikuvien ja –kaavioiden avulla. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

3.2 Energiaseurantojen toteutustavat

3.2.1 Rakennusautomaatio

Suurissa kiinteistöissä on yleisesti käytössä erilaisia rakennusautomaatiojärjestelmiä, joilla säädetään, ohjataan ja valvotaan rakennusten teknisiä laitteita. Lisäksi pyritään minimoimaan energiankulutus, laitteiden kulumisen sekä muut laitteiden aiheuttama haitat. Rakennusautomaatiojärjestelmä kerää myös kiinteistön olosuhde-, kulutus- sekä käyttö-tietoja. Näin ollen automaatiojärjestelmän hyödyntäminen laajamittaiseen energiaseurantaan on varsin luontevaa, sekä teknisesti melko yksinkertaista. Integroimalla seurannat rakennusautomaatiojärjestelmään ei erillistä kulutuksenseurantajärjestelmää tarvita. Tämä on varsin kustannustehokas ja järkevä vaihtoehto.

Rakennusautomaatiojärjestelmiin pystytään liittämään kohteiden kulutustietoja esimerkiksi sähkönkulutuksen, lämmönkulutuksen, jäähdytyksen, ilmastovaihdon ja vedenkulutuksen osalta. Näiden seurantojen avulla pystytään muodostamaan lähes reaaliaikaisia raportteja kiinteistön kulutuksen tasosta, sekä tekemään vertailua tavoitekulutuksiin tai edellisvuosiin suhteutettuna. Järjestelmä kerää mittaus- ja kulutustiedot muistiin määrävällein, jolloin toimintojen reaaliaikainen seuranta tai historiaseuranta on helppoa. Näin käyttäjillä sekä huoltohenkilökunnalla on mahdollisuus vaikuttaa energiankäyttöön, sekä puuttua mahdollisiin poikkeamiin energiankulutuksessa. (Lintunen J. 2010.)

Rakennusautomaatiojärjestelmissä on mahdollisuus käyttää useita eri tiedonsiirtoprotokollia, jolloin on varmistettava, että mittarit ovat yhteensopivia kohteen automaatiojärjestelmän kanssa. Energiaseurannat tulee tehdä väyläliityntäisillä mittareilla, jolloin var-

mistutaan siitä, että mittareilta luettavat tiedot ovat luotettavia. Pulssimittauksen ongelmana on mahdolliset häiriöt ja keskeytykset yhteydessä mittauskohteen ja valvontakeskuksen (VAK) välillä. Tällainen häiriö voi olla esimerkiksi VAK:n sammuminen. Kyseisessä tapauksessa VAK:n sammumisen ja käynnistymisen välillä kaikki kulutus jää huomioimatta, kun taas väylässä olevat mittarit pystyvät päivittämään kulutustiedot ajan tasalle vian poistuttua. (Lintunen J. 2010.)

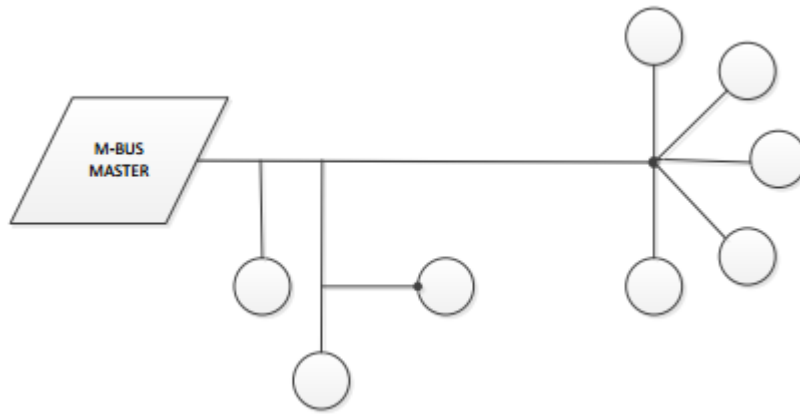
Automaatiojärjestelmän etuna erillisiin kulutusmittausten etäluentajärjestelmiin on se, että automaatioon on liitetty useita erilaisia olosuhtemittauksia koko rakennuksen osalta. Näitä ei erillisjärjestelmissä ole useinkaan saatavilla. Olosuhtemittauksia ja energiankulutustietoja vertaamalla pystytään tekemään tarkempaa analyysiä, mahdollisen kulutusten lisääntymisen sekä ongelmakohtien suhteen.

3.2.2 Kulutusmittausten etäluentajärjestelmä

Etäluentajärjestelmän tiedonsiirto muodostuu langallisesta mittarointiväylästä (M-Bus tai Modbus), mittauskeskittimistä ja tiedonsiirtoverkosta. Tiedonsiirtoverkon kautta kulutustiedot siirretään energianseurantaoperaattorin palvelimelle, josta kulutustietoja voidaan tarkastella. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

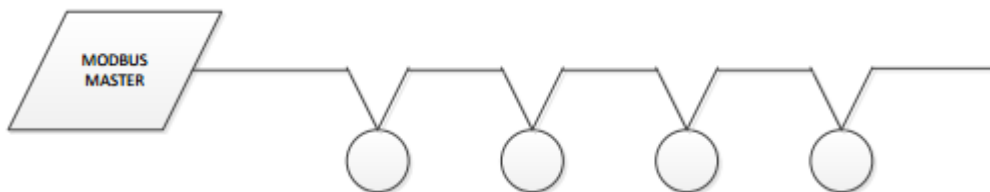
Mittauskeskitin on valmiiksi koottu ja kytketty laitekokonaisuus, johon tuodaan jännite- syöttö sekä väyläkaapeli ja liityntä Internet-verkkoon. Mittauskeskittimet sisältävät väylämasterin sekä protokollapalvelimen. Tarvittavien mittauskeskittimien määrä ja kanavaluku kiinteistössä riippuu liitettävien mittareiden määrästä ja suunnitellusta laajennusvarasta, sekä mittauskeskittimien ja mittareiden sijainneista toisiinsa nähden (väylän maksimi pituudet huomioiden). (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

Etäluentaan liitettävät mittarit voidaan kytkeä M-Bus-väylässä tähteen, sarjaan tai näiden yhdistelmään (kuva 6). Rengaskytcentää ei tule käyttää. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)



KUVA 6. M-Bus-väylän topologia (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

Modbus-väylää käytettäessä mittariväylänä, liitettävät mittarit tulee kytkeä sarjaan (kuva 7). Rengas- ja tähtikytkentää ei tule käyttää. Suunnittelijan tulee varmistaa keskittimen toimittajalta väyläkaapeliksi soveltuvat kaapelityypit sekä poikkipinta-alat. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)



KUVA 7. Modbus-väylän topologia (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy: Mittarointiohje 2016.)

3.2.3 Laskennallinen energianseuranta

Valaistuksen energianseuranta on toteutettavissa myös ilman fyysisiä mittareita. Erillisellä valaistuksen ohjausjärjestelmällä on mahdollista saada järjestelmään kytkettyjen valaisinten laskennallinen energiankulutus selville. Esimerkkinä käytetään DALI-valaistuksen ohjausjärjestelmää.

Järjestelmän käyttöönottaja asettaa jokaiselle laitteelle (liitäntälaitte) sen verkosta ottaman maksimiottotehon käyttöönottovaiheessa. Laitteiden ottotehojen määrittelyn jälkeen järjestelmän aivot, eli reititin osaa laskea haluttujen ryhmien energiankulutukset. Laskennassa reititin huomioi jokaisen laitteen yksilöllisen säädön. Tämä säädön huomiointi tarkoittaa käytännössä sitä, että jos ryhmässä on valaisimia, joiden valaistusvoimakkuutta on himmennetty, reititin osaa laskea valaisimen todellisen kulutuksen säätöasteen mukaan. Reitittimen keräämistä kulutustiedoista voidaan järjestelmään määrittää erilaisia diagrammeja. Diagrammien avulla saadaan valaistuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus selville, sekä tehdään kulutuksenseurannasta näkyvää. Tämä kulutustietojen näkyväksi tekeminen on tärkeässä roolissa, kun mietitään energiakäytönhallintaa sekä tarkkaa ja tavoitteellista energianseurantaa. Tämä on varsin varteenotettava vaihtoehto valaistuksen energiankulutuksen seurannan toteutukselle. Lisäksi DALI-järjestelmä tuo mukanaan todella monipuoliset ja kattavat valaistuksen ohjaus mahdollisuudet, joilla valaistuksen energiankulutusta pystytään optimoimaan ja vähentämään.

Markkinoilla on DALI-järjestelmän ohella myös muita samankaltaisia järjestelmiä, joita hyödyntämällä valaistuksen laskennallinen energiankulutus saadaan selville. Tällaisia ovat esimerkiksi Osramin Encelium tai KNX. Näitä ei tässä yhteydessä kuitenkaan esitellä tarkemmin.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimuksessa tarkasteltaviksi kohteiksi palvelurakennuksista valikoitui koulut ja päiväkodit, sekä näiden yhdistelmät. Tarkasteltavat kohteet pyrittiin valitsemaan siten, että ne olisivat käyttötarkoitukseltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan mahdollisimman samankaltaisia, joka mahdollistaa kohteiden johdonmukaisen ja yhtenevän tarkastelun. Tarkasteltavien kohteiden osalta pyrittiin havainnollistamaan, mitkä ovat kouluille ja päiväkodeille ominaiset suurimmat laite- ja kulutusryhmät. Lisäksi pyrittiin arviomaan mitkä näistä ryhmistä ovat merkittävimpiä tehon- ja energiankulutuksen suhteen, sekä millä tavoin seurannat on dokumentoitu ja toteutettu.

Seurantojen tarkempaa tarkastelua varten on hyödynnetty kohdekohtaisia loppudokumentteja, kuten tasopiirustuksia, säätökaavioita, keskuskaavioita, sähkö- ja automaatio-työselostuksia, sekä hankesuunnitelmia. Jokaisen kohteen osalta kaikkia tarkastelussa tarvittavia loppudokumentteja ei ollut saatavissa, joten suunnitelmien tarkastelua ei pystytty tekemään yhtä kattavasti ja tarkasti kaikista case-kohteista. Saatavilla olevien dokumenttien avulla pyrittiin selvittämään, miten kohteissa on toteutettu sähköenergian seuranta ja seurantojen suunnittelu. Suunnitelmista saadun tiedon perusteella on kohdekohtaisesti pyritty havainnollistamaan, kaavioiden ja kuvien avulla, miten sähköenergian seuranta on kussakin kohteessa toteutettu. Kohteiden sähkötekniisten dokumenttien perusteella sähköjärjestelmät jaettiin taulukon 6 mukaisiin, kouluille ja päiväkodeille ominaisiin, laite- ja kulutusryhmiin.

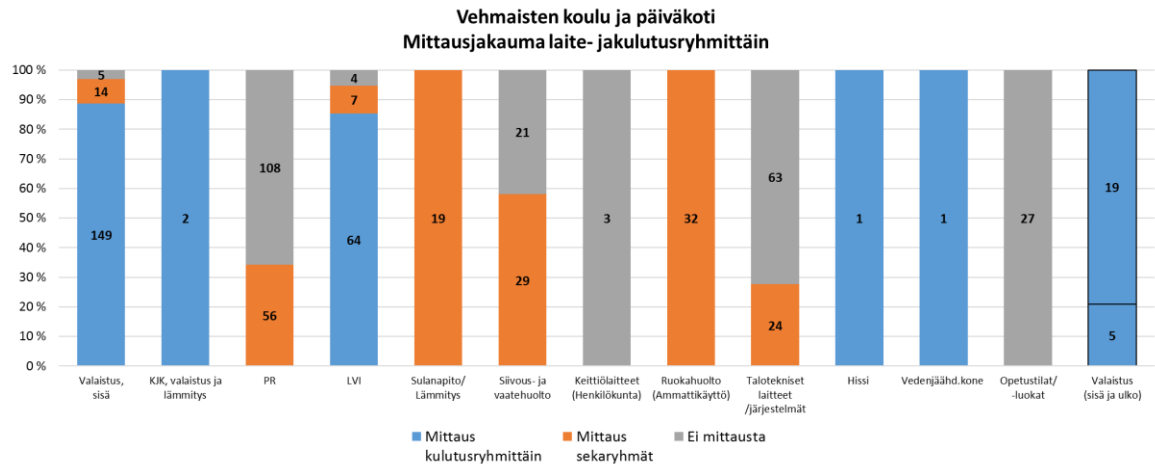
TAULUKKO 6. Koulujen ja päiväkotien laite- ja kulutusryhmät

LAITE- JA KULUTUSRYHMÄT	
Usiutuva energia	Hissi
- Aurinko	Autolämmitys
- Tuuli, ym.	Siivous- ja vaatehuollon laitteet
Valaistus (sisä ja ulko)	- PPK
Sisävalaistus	- KVR
Ulkovalaistus	- Kuivauskaapit
LVI-laitteet	- Siivouspistorasiat, ym.
- Tulo- ja poistoilmakoneet	Keittiölaitteet (Henkilökunta)
- Erillispoistot	- APK
- Kiertoilmakoneet	- JK/PAK
- Lämpöpumput, ym.	- Liesi ja uuni
Sulanapidot ja lämmitykset	- Mikro, ym.
- Räystäskourut ja rännit	Ruokahuollon laitteet
- Ulkoalueiden sulanapidot	- Ruuanvalmistukseen tarvittavat laitteet
- Saattolämmitykset	Talotekniset laitteet ja järjestelmät
- Raitisilmakammion lämmitykset	- ATK-laitteet
Opetustilat ja- luokat	- TVK (turvavalokeskus)
- Teknisentyön tilat	- SPLK (Savunpoistolaukaisukeskus)
- Tekstiilityön tilat	- PIK (Paloilmoitinkeskus), ym.
- Kotitalousluokat	Pistorasiat
- Musiikkiluokat	- Yleiseen käyttöön tarkoitetut pistorasiat
- FYKE-luokkatilat	

Laite- ja kulutusryhmiin jaolla saatiin selville, millaisista sähköjärjestelmistä ja laitekokonaisuuksista tämän kaltaiset palvelurakennukset koostuvat. Laite- ja kulutusryhmiin jaolla case-kohteiden vertailusta pyrittiin saaman mahdollisimman yhdenmukainen ja kattava.

Kohteiden sisältämät sähköjärjestelmät ja laitekokonaisuudet jaettiin laite- ja kulutusryhmiin vertailun helpottamiseksi. Seuratut laite- ja kulutusryhmittäin voidaan jakaa kolmeen (3) eri kokonaisuuteen: mittaus kulutusryhmittäin, mittaus sekaryhmissä sekä ei mittauksista. Kokonaisuus mittaus kulutusryhmittäin, sisältää laite- ja kulutusryhmäkohtaiset mittaukset. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhden mittauksen takana on ainoastaan saman kulutusryhmän laitteita. Esimerkiksi valaistuksen osalta mittaus sisältää ainoastaan valaistusryhmiä. Näin mitattuna saadaan selville valaistuksen teho- ja energija-kaumat, jolloin tehokkaalle ja tavoitteelliselle energiankäytönhallinnalle luodaan edellytykset. Mittaus sekaryhmissä koostuu saman mittarin taakse kytketyistä, useiden eri laite- ja kulutusryhmien sähkönsyötöistä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhden mittauksen takana on esimerkiksi valaistusta, LVI-laitteita sekä sulanapitoa ja lämmitystä. Sekaryhmissä mitattujen kulutusryhmien osalta ei saada tarkkaa teho- ja energiankulutusjakamaa. Tällöin pystytään ainoastaan tekemään arvioita kulutusten suhteen, kun tiedetään millaisista kulutusryhmistä mittaukset koostuvat. Sekaryhmissä mitattuja kokonaisuuksia ovat yleisesti keskuskohtaiset etumittaukset ja/tai keskusosakohtainen mittaus. Osa sekaryhmissä mitatuista kokonaisuuksista on laskutusperusteisia, joilla saadaan selville kiinteistön sisäisten toimijoiden väliset vuokraosuudet. Tämä ei kuitenkaan poissulje kulutusryhmäkohtaisten mittausten lisäämistä osaksi laskutusperusteisia mittauksia. Osa kulutusryhmistä jää kokonaan seurannan ulkopuolelle, nämä ryhmät on koottu osioon -ei mittauksista.

Kuviossa 6 on esitetty, esimerkinomaisesti Vehmaisten koulun ja päiväkodin laite- ja kulutusryhmäkohtaisen seurannan tarkastelu. Kohteista ei ollut saatavilla kaikista laite- ja kulutusryhmistä tarkkoja laitekohtaisia tehotietoja, joten tarkastelua on tehty ryhmämääriin perustuen. Tämä tarkoittaa sitä, että keskuskohtaisesti on laskettu sulakelähdöt ja jaettu ne laite- ja kulutusryhmittäin. Kuviossa 6 näkyvät lukuarvot ovat kulutusryhmäkohtaisia ryhmämääriä. Ryhmämääriin perustuvalla tarkastelulla ei siis saada tarkkaa tietoa siitä, miten kohteiden tehot ja energiankulutukset jakaantuvat. Tarkastelusta voidaan kuitenkin jossain määrin päätellä, mitkä laite- ja kulutusryhmät ovat merkittävimpiä tehon- ja energiankulutuksen suhteen.

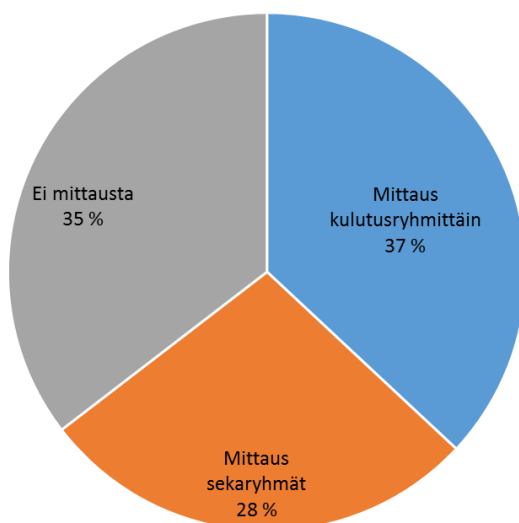


KUVIO 6. Laite- ja kulutusryhmäkohteinen

Kuviossa 6 sinisellä merkatut pylväät tai niiden osat koostuvat kulutusryhmäkohtaisista seurannoista, eli näiden osalta seurannoista saadaan tarkat teho- ja energiankulutustiedot selville. Oranssilla merkatut pylväät tai niiden osat koostuvat sekamittauksista, eli näiden seurantojen osalta ei saada tarkkaa kulutusryhmäkohtaista tehon- ja energiankulutusta selville. Harmaalla merkatut pylväät tai niiden osat koostuvat ryhmistä, jotka jäävät kokonaan seurantojen ulkopuolelle.

Kuviosta 6 nähtiin, miten seurannat jakaantuvat laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti. Kuviolla 7 pyritään taas havainnollistamaan sitä, millainen on kohdekohtainen kokonaismittausjakauma. Esimerkkinä on käytetty Vehmaisten koulun ja päiväkodin mittausjakaumaa (kuvio 7). Kuviosta nähdään kuinka suuri osa, kiinteistön kaikista laite- ja kulutusryhmistä saadaan seurattua tarkasti kulutusryhmittäin, vähemmän tarkasti sekaryhmittäin, sekä millainen osa jää kokonaan seurantojen ulkopuolelle.

Vehmaisten koulu ja päiväkoti
Mittausjakauma



KUVIO 7. Esimerkki kohdekohtaisesta kokonaismittausjakaumasta.

Kohdekohtaisesti keskuskaavioiden, sekä aiemmin määritettyjen laite- ja kulutusryhmien perusteella, muodostettiin keskuskokonaisuuksista erilliset taulukot. Taulukossa 7 on esimerkkinä käytetty Vehmaisten koulun keskuskokonaisuutta. Taulukoista nähdään millaisista kulutusryhmäkokonaisuuksista keskukset koostuvat ja minkälaisia kokonaisuuksia niissä tällä hetkellä seurataan. Taulukoilla pyritään havainnollistamaan sähköjakelujärjestelmän kokoa, sekä millaisista ja kuinka suurista kulutusryhmistä kiinteistöt koostuvat. Taulukossa näkyvät lukuarvot ovat kulutusryhmäkohtaisia ryhmämääriä.

Näiden kohdekohtaisten tarkastelujen perusteella on kahdesta (2) case-kohteesta pyritty tämän opinnäytetyön lukuun 6.4, luomaan ratkaisumallit, siitä miten sähköenergianseurannat olisi voitu toteuttaa niin, että kiinteistöissä suurimmat tehon- ja energiankuluttajat saataisiin seurantojen piiriin. Ratkaisumallien tarkoituksena on antaa näkökulmia seurantojen suunnitteluun ja toteutukseen. Lisäksi tilaajille ja rakennuttajille on tehty tämän opinnäytetyön kappaleeseen 7 ”työkalu”, sähköenergianseurannan tarpeiden ja tavoitteiden määrittämiseen. Työkalun tarkoituksena on tuoda sähköenergianseuranta osaksi rakennushanketta heti hankkeen alkuvaiheesta lähtien, sekä helpottaa tilaajaa määrittämään omat energianseurannan tavoitteet ja tarpeet eteenpäin suunnittelijoille.

TAULUKKO 7. Esimerkki kohdekohtaisesta keskuskokonaisuudesta

VEHMAISTEN KOULUN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITÄIN															
KESKUS	JK-12 (TT)			JK-13		JK-14 (Näyttämö)	JK-16 (VSS)	JK-21		JK-22		JK-23		KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ	
MITTAUSRYHMÄ	Mittaus sekatyhmät		Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	Ei mitausta	Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta		
MITATTU KOKONAISUUS	Valaistus, HSKK ja verhomoottori (Takamittaus)	LIIH (Takamittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)	Sisävalaistus (Takamittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)	Sisävalaistus (Takamittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)	Sisävalaistus (Takamittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)	Sisävalaistus (Takamittaus)	Koulun keskukset (Etumittaus)		
LAITERYHMÄT	RYHMÄMÄÄRÄT														
Pistorasiat		1	22		15	2	2		26		33		8	109	
Siivous- ja vaatehuolto					2				5		4		10	21	
Keittiökalusteet (Henkilökunta)													3	3	
Musiikkiluokka (Laitteet ja pöytä)	LUOKKATILAT										10			10	
FYKE-luokka									6					6	
Teknisen tilan laitteet (Opetus)				10											10
Tekstilityötila (Opetus)				1											1
Talotekniset laitteet/järjestelmät	2	1			13	32			5		4		9	66	
Valaistus, sisä	9	1		16		2	3	25		28		19		103	
LVI			1				3							4	
MITTAUKSET YHTEENSÄ	11	3	34	16	30	36	8	25	42	28	51	19	30	333	
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITÄIN	88														
MITATUT SEKARYHMÄT	14														
EI MITTAUSTA	231														

5 SÄHKÖENERGIAN SEURANNAT CASE-KOhteissa

Tässä osiossa käydään läpi, miten viidessä (5) COMBI-hankkeeseen kuuluvassa case-kohteessa sähköenergianseurannat on dokumentoitu ja toteutettu. Lisäksi kohteista on tehty lyhyet yleiskuvaukset.

5.1 Case-kohde 1: Vehmaisten koulu ja päiväkoti

Vehmaisten koulu ja päiväkoti sijaitsee Vehmaisten kaupunginosassa Tampereella. Kohteen rakennustyöt aloitettiin kesällä 2015 ja valmistuminen ajoittui elokuulle 2016. Koulu ja päiväkoti on kaksikerroksinen, ja huoneistoalaa on kokonaisuudessaan 6379 neliötä. Koulun huoneistoala on noin 3710 neliötä, ja se on mitoitettu noin 300 oppilaalle. Tämä käsittää luokat 1-6, sekä esiopetuksen. Päiväkodin huoneistoala on 1730 neliötä, ja se on mitoitettu 160 lapselle. (Tampereen tilakeskus liikelaitos: Vehmaisten koulu ja päiväkoti uudisrakennus 2015.)

5.1.1 Tekniset dokumentit

Vehmaisten koulun ja päiväkodin osalta oli hankesuunnitteluvaiheessa tehty suuntaa antava energiaselvitys. Energiaselvityksessä määritettiin rakennukselle energiatehokkuustavoitteet, sekä annettiin vaihtoehtoja toteutustavoille, joilla tavoitteet saavutetaan. Tarkempi energiatehokkuustarkastelu tehtiin toteutussuunnitteluvaiheessa, ja silloin tehtyjen laskelmien perusteella varmistettiin, että asetetut tavoitteet saavutetaan. Hankesuunnitelmassa ei kuitenkaan ollut mainintaa toteutettavista sähköenergian mittauksista ja seurannoista. (Tampereen tilakeskus liikelaitos: Vehmaisten koulu ja päiväkoti uudisrakennus 2015.)

Kiinteistön sähkön pääjakelu on järjestetty yhdistetyllä pää- ja kiinteistökeskuksella. Pää- ja kiinteistökeskuksesta sähkönjakelu jakaantuu kahteentoista (12) jakokeskukseen. Koulun sähkönjakelu on toteutettu seitsemällä (7) jakokeskuksella ja niiden syötöille on varattu oma osansa pää- ja kiinteistökeskuksesta. Loput viisi (5) jakokeskusta hoitavat sähkönjakelun urheilukentälle, kahdelle (2) IV-keskukselle, keittiön keskukselle ja yhdelle (1) yleiskeskukselle.

Keskuskaavioissa sähköenergianseurannat, sekä verkkoanalysaattori olivat selkeästi esitetty. Epäsuorissa mittauksissa kytkennät oli toteutettu oikeaoppisesti riviliittimien kautta. Kaikki seurannat oli tyypitetty, eli valittu esimerkkimittarit, jolla seurannat voisi toteuttaa. Lisäksi seurantakohtaisesti oli eritelty mittareiden liitokset valvonta-alakeskukseen, sekä mitä laite- ja kulutusryhmää kullakin mittarilla seurataan.

Sähkötyöselostuksessa oli oma osionsa sähköenergianseurannoille. Selostuksessa mainittiin selkeästi, mitä kulutusryhmiä halutaan sähköenergian osalta seurata:

- Sähkön päämittaus (Sähkölaitos).
- Kiinteistön sähköenergia (Ryhmäkeskukset).
- Valaistus.
- Keittiölaitteet.
- LVI-laitteet.
- Vedenjäähdytyskone.
- Lämmönjakohuone.
- Hissi.

Selostuksessa eriteltiin, myös kuka mittauslaitteet ja tiedonkeruulaitteet toimittaa, asentaa ja kaapeloi. Lisäksi selostuksessa mainittiin, että mittarit liitetään kohteen rakennusautomaatiojärjestelmään ja niiden tulee olla väyläliityntäisiä.

Sähkösuunnitteludokumentteihin oli tehty seurannoista periaatekaavio. Periaatekaaviossa on esitettynä keskukset, joihin seurannat liitetään, mittareiden väliset kaapeloinnit, sekä mitä muita laitteita seurantajärjestelmään liittyy tai liitetään. Automaatiosuunnitelmista automaatiotyöselostusta ei tarkasteluun saatu, joten energianseurannan dokumentoinnin osalta ei tiedetä, onko mittauksista mainittu siellä mitään.

Automaatiosuunnitelmien säätökaavioissa oli huomioitu määrä- ja energiaseurannat. Samassa dokumentissa oli vesi- ja lämpömäärämittaukset, sekä sähköenergiamittaukset. Säätökaaviot olivat selkeät ja niissä oli eritelty seurantojen toteutuksen kannalta tärkeitä asioita kuten

- mittareiden väyläliitynnät
- mittarikohtaisesti mitattavat suureet
- pätöenergian yhteen laskenta
- energian kulutusten esitys valvomografiikalla
- mittauksien ohjelmalliset hälytykset ja hälytysluokat

- mittausten seurannan toteutuksessa noudatettavat ohjeet.

Mittareiden ja valvonta-alakeskuksen (VAK) välisistä väyläliitynnöistä oli tehty säätökaavioihin periaatekuva. Kuvasta nähdään mittareiden positiointitapa, käytettävä väyläprotokolla, sekä liityntäpiste ja sen tyyppi. Säätökaaviossa eriteltiin myös kulutusryhmäkohtaiset seurannat, sekä mitä suureita kullakin seurannalla halutaan mitata. Kulutusryhmäkohtaisten energiamittareiden osalta luetaan seuraavat tiedot,

- pätöenergia (kWh)
- loisenergia (kVAr)
- vaihesiirtokulma (cosφ)
- vaihejännitteet (V)
- vaihevirrat (A).

Koko kiinteistölle oli asennettu sähkölaitoksen päämittauksen rinnalle oma verkkoanalysaattori. Verkkoanalysaattorilla saadaan tarkka kuva koko kiinteistön sähköverkon tilasta. Analysaattorilta luettavat tiedot ovat

- pätöenergia (kWh)
- loisenergia (kVAr)
- vaihesiirtokulma (cosφ)
- vaihtojännitteet (V) ja vaihtovirrat (A)
- nollajohtimen virta (A)
- vaihevirta- ja jännitesäröt (%)
- mittarin sisäiset raja-arvohälytykset.

Kaaviossa oli maininta myös yhteenlaskutoiminnosta, jolla lasketaan kulutusryhmäkohtaiset pätöenergiat yhteen ja esitetään ne valvomografiikalla. Lisäksi säätökaavion yhteydessä oli kattava laiteluettelo.

Dokumentointi mittausten osalta oli mallikkaasti toteutettu. Sähkötyöselostukseen oli järkevästi määritetty kouluille ja päiväkodeille ominaiset suurimmat kulutusryhmät, joista seurannat toteutetaan. Suunnitelmissa oli käytetty riittävästi periaatekaavioita ja -kuvia, jotka ovat edellytyksenä toimivalle ja tarkoituksenmukaiselle seurantajärjestelmälle. Verkkoanalysaattori, sekä mittauksilta luettavat tiedot oli hyvin esitetty, ja mitattavat suu-reet järkeviä. Lisäksi mittausten esittäminen valvomografiikalla, sekä energianseuranta- raportin muodostaminen, on hyvä maininta suunnitelmissa, sillä seurantojen näkyväksi

tekeminen on yksi tärkeimmistä asioista energianhallinnan kannalta. Myös seurannoista toteutetut ohjelmalliset hälytykset ovat varsin käytännöllisiä.

Seurannoille ohjelmallisesti asetetut hälytykset eli kulutusrajat, nopeuttavat kulutuksen muutoksiin ja ongelmakohtiin reagoitua. Kulutusrajojen suhteen oleellisinta on muodostaa hälytysrajoista mahdollisimman todenmukaiset, rajat tulisi ohjelmoida esimerkiksi ensimmäisen käyttövuoden jälkeen, jolloin nähdään kiinteistön laite- ja kulutusryhmien pidemmät yhtäjaksoiset kulutusprofiilit. Näin huoltohenkilökunta näkee suoraan valvomografiikalta seurantojen kulutuksessa tapahtuvat muutokset, ja kykenee tekemään arvioon, sekä mahdolliset toimenpiteet kasvaneen kulutuksen suhteen.

5.1.2 Mittausten tarkastelu

Vehmaisten koulun ja päiväkodin seurantojen tarkastelua varten on liitteeseen 1 taulukoitu keskuskokonaisuudet. Taulukosta nähdään, minkälaisia mittauksia keskuskohtaisesti suoritetaan, sekä millaisista laite- ja kulutusryhmistä ne koostuvat. Lisäksi taulukossa on esitetty kunkin laite- ja kulutusryhmän ryhmämäärät. Taulukoista nähdään, että kiinteistön sähkönjakelujärjestelmä on melko suuri, ryhmiä on kaiken kaikkiaan 652 kappaletta.

Koulun seitsemän jakokeskuksen kuluttamaan sähköenergiaa seurataan yhdellä etumittauksella pää- ja kiinteistökeskuksesta. Tämä tarkoittaa sitä, että koulun osalta saadaan mitattua sen kuluttama kokonaisteho ja- sähköenergia. Tämä koulun etumittaus on todennäköisesti laskutusperusteinen mittaus, jolla jyvitetään kaupungin sisäisten toimijoiden väliset vuokraosuudet. Tässä ei kuitenkaan ole mukana lvi-laitteiden sähkönkulutusta, sillä lvi-laitteet on sijoitettu kahteen erilliseen jakokeskukseen, JK-24 ja JK-31. Sen lisäksi, että koulun kokonaissähköenergiaa mitataan, jakokeskuksiin on sijoitettu takamittauksia valaistuksen ja lämmönjakohuoneen osalta. Valaistuksen takamittauksilla seurataan vain valaistuksen kuluttamaa sähköenergiaa. Koulun osalta valaistuksen takamittauksia on keskuksiin sijoitettu varsin hyvin, jolloin suurin osa valaistuksen kuluttamasta energiasta saadaan mittausten piiriin ja kohdennettua omaan kulutussektoriinsa. Poikkeuksena kuitenkin JK-12, jossa valaistuksen mittausryhmään on sekoitettu turhaan muutama valaistukseen liittymätön kulutusryhmäryhmä. Nämä ryhmät olisi hyvin voitu si-

joittaa valaistuksen etusulakkeen ulkopuolelle, jolloin mittaus käsittäisi ainoastaan valaistuksen osuuden. Myös kokonaan mittausten ulkopuolelle jääviä valaistusryhmiä on kahdessa muussakin koulun keskuksessa (JK-14 ja JK-6). Valaistuksen lisäksi lämmönjakohuone on varustettu omalla etumittauksellaan. Tähän lämmönjakohuoneen seurantaan kuuluu yksi (1) valvonta-alakeskus ja yksi (1) valaistus- ja pistorasiaryhmä. Lämmönjakohuoneen varustaminen omalla mittauksellaan on määritelty sähkötyöselostukseen, mutta toteutuksen hyöty jää kyseenalaiseksi. Koulussa on myös ns. tekniikkaluokkia (teknisen- ja tekstiilityöluokat, FYKE-luokat, sekä musiikkiluokka), joiden osalta voisi miettiä omaa keskitettyä mittausta. Luokissa on paljon suuritehoisia laitteita, jolloin näiden luokkien osalta olisi energian- ja tehonkulutus hyvä saada omaan kulutussektoriinsa.

Pää- ja kiinteistökeskuksessa suoritetaan mittauksia laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti kolmen (3) kokonaisuuden osalta. Nämä kokonaisuudet ovat valaistus, hissi ja vedenjäähdytyskone. Valaistuksen kulutusryhmäkohtainenmittaus koostuu sisävalaistus- ja ulkova-laistusryhmistä. Mittaus suoritetaan yhdellä mittarilla, jolla mitataan sekä sisävalaistusta että ulkova-laistusryhmiä. Lisäksi hissin sekä vedenjäähdytyskoneen sähkönkulutusta seurataan omilla mittauksillaan. Pää- ja kiinteistökeskuksessa on laiteryhmä- ja kulutusryhmäkohtaisten mittausten lisäksi kiinteistökojeiden etumittaus. Tämä mittaus on toteutettu sekamittauksena, joka sisältää mm. pistorasiaryhmiä, taloteknisiälaitteita ja -järjestelmiä, sekä ulkoalueiden sulanapitoa ja lämmitystä. Tämän mittauksen osalta ei saada tarkkaa tehon- ja energiankulutusjakaumaa selville laiteryhmä- ja kulutusryhmäkohtaisesti. Kiinteistökeskuksen osalta saadaan melko järkevästi eroteltua kiinteistön valaistus ja muut kiinteistökohtaiset kulutuslaitteet omiin kulutussektoreihinsa. Kiinteistökohtaisen valaistuksen mittaus on toteutettu hyvin. Ulkoalueiden sulanapidot ja lämmitykset voisi kuitenkin sijoittaa oman mittauksen taakse, jolloin saataisiin yksi merkittävä kulutusryhmä eroteltua omaan kulutussektoriin. Pääkeskuksen osalta noin 60 %:a kaikista ryhmistä jää kokonaan mittausten ulkopuolelle.

Urheilukentälle on varattu oma keskuksensa (KJK). Keskus syöttää kentän valoja, ja siinä on lisäksi keskuslämmitys. Seuranta on toteutettu keskuskohtaisena etumittauksena. KJK:n seuranta näin toteutettuna on varsin järkevä.

Keittiön jakokeskuksen (JK-15) osalta seuranta on toteutettu keskuskohtaisella etumittauksella. Etumittauksella saadaan keittiön ruuanvalmistuslaitteiden sähköenergiankulutus mitattua lähes kokonaan. JK-15:een on turhaan sekoitettu muutama valaistusryhmä sekä ulkopistorasioita. Nämä ryhmät olisi voitu hyvin sijoittaa lähellä sijaitsevaan toiseen keskukseen, jolloin seuranta kattaisi vain ruuanvalmistukseen liittyvät kulutuslaitteet. Näin saataisiin ruuanvalmistukseen kuluva energia omaan kulutussektoriinsa.

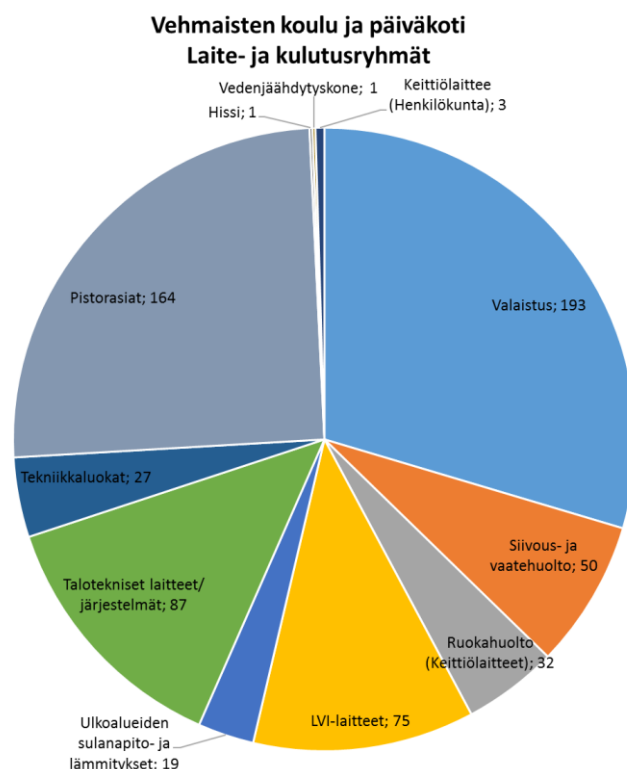
Jakokeskus seitsemäntoista (JK-17) osalta mittauksia suoritetaan laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti vain valaistuksen osalta. Ryhmämääräisesti valaistusryhmiä keskuksessa on paljon, noin 44 % koko JK-17:n ryhmistä. Tämä valaistusmittaus sisältää ainoastaan sisävalaistusryhmiä. Lisäksi pääkeskuksella sijaitsee JK-17:n etumittaus, joka on sekamittaus. JK-17 sisältää myös paljon pistorasiaryhmiä, sekä siivous- ja vaatehuollon ryhmiä. Näiden ryhmien osuus on noin 56 % koko keskuksen ryhmistä. Näiden ryhmien osalta ei kulutusta saada jaettua omiin kulutussektoreihin, vaan ainoastaan saadaan selville kokonaisenergiankulutus. Siivous- ja vaatehuollon laitteet tulisi sijoittaa omaan kiskostoon ja varustaa omalla seurannalla. Lisäksi pistorasiaryhmistä omaan kiskostoonsa tulisi erotella atk-laitteiden syöttöön tarkoitetut pistorasiaryhmät.

Jakokeskukset JK-24 ja JK-31 ovat molemmat varustettu omilla etumittauksillaan. Nämä keskukset sisältävät lähes kokonaan LVI-laiteryhmiä. Jakokeskukseen JK-24 on LVI-laitteiden lisäksi sijoitettu IV-konehuoneen valaistusta, pistorasioita, sekä IV-kammion lämmitysryhmä. Näiden ryhmien vaikutus LVI-laitteiden energiankulutukseen normaalitilanteessa on varsin vähäinen, joten mittaus voidaan lukea kulutusryhmäkohtaiseksi. Jakokeskukseen JK-31 on sijoitettu vain LVI-laitteita, jolloin näiden laitteiden osalta saadaan tarkka kulutusjakauma selville. Molemmissa keskuksissa kaikki IV-koneet on jaettu omille etusulakkeilleen, mikä on energianseurannan kannalta todella järkevää. Tämä mahdollistaisi tulevaisuudessa, joko IV-kone tai palvelualuekohtaisen seurannan, mittareita lisäämällä, mikäli tilavaraukset keskuksissa on huomioitu.

5.1.3 Yhteenveto

Kokonaisuudessaan Vehmaisten koulussa ja päiväkodissa energiankulutuksen seurata ovat hyvällä tasolla. Mittareita on sijoitettu keskuksiin paljon, kuitenkin yhtenäinen punainen lanka puuttuu. Valaistuksen, LVI-laitteiden, hissin ja vedenjäähdytyskoneen osalta seurannat on toteutettu hyvin. Nämä em. laite- ja kulutusryhmät ovat suurimpia ja merkittävimpiä kiinteistökohtaisia energiankuluttajia. Näiden laite- ja kulutusryhmien osalta saadaan selville tarkat teho- ja energiajakaumat. Kuitenkin paljon laite- ja kulutusryhmiä jää kokonaan kulutuksenseurannan ulkopuolelle, tai mittauksia suoritetaan seka-ryhmissä.

Kuviossa 8 on esitetty koulun ja päiväkodin kaikki laite- ja kulutusryhmät, sekä millaista ryhmämääristä ne koostuvat. Kuviossa esiintyvät lukuarvot ovat laite- ja kulutusryhmä kohtaisia ryhmämääriä.

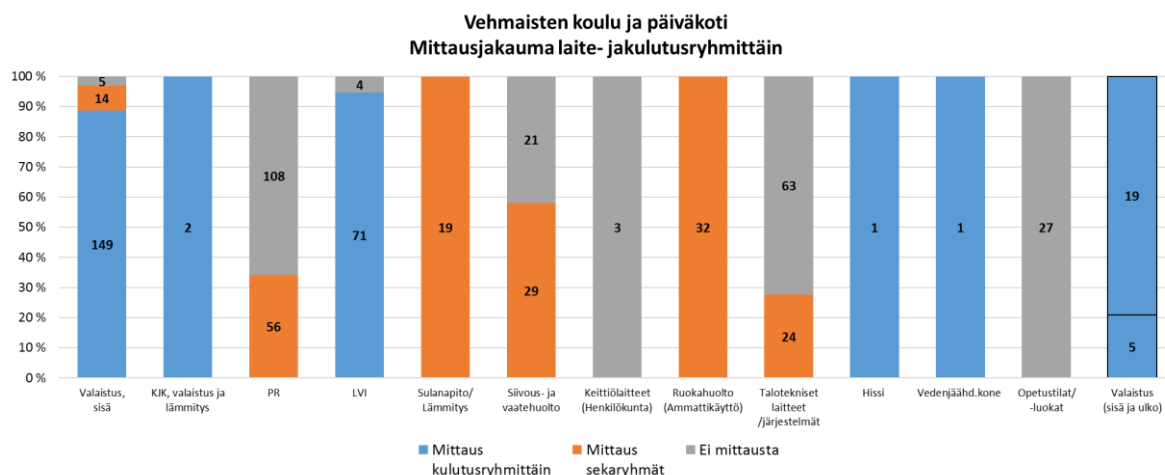


KUVIO 8. Vehmaisten koulun ja päiväkodin laite- ja kulutusryhmät

Kuviosta 8 huomataan ryhmämääräisesti suurimmat laite- ja kulutusryhmät. Nämä koostuvat valaistuksesta (193), pistorasiaryhmistä (164), taloteknisistä laitteista (87), LVI-lait-

teista (75), siivous- ja vaatehuollon laitteista (50), ruokahuollon laitteista (32), tekniikkaluokista (27) sekä ulkoalueiden sulanapidoista ja lämmityksestä (19). Lisäksi koulun seurantojen osalta olisi hyvä huomioida myös ns. tekniikkaluokat.

Kuviossa 9 on esitetty koko Vehmaisten koulun ja päiväkodin mittausjakauma kulutusryhmäkohtaisesti.



KUVIO 9. Laite- ja kulutusryhmä kohtainen mittausjakauma

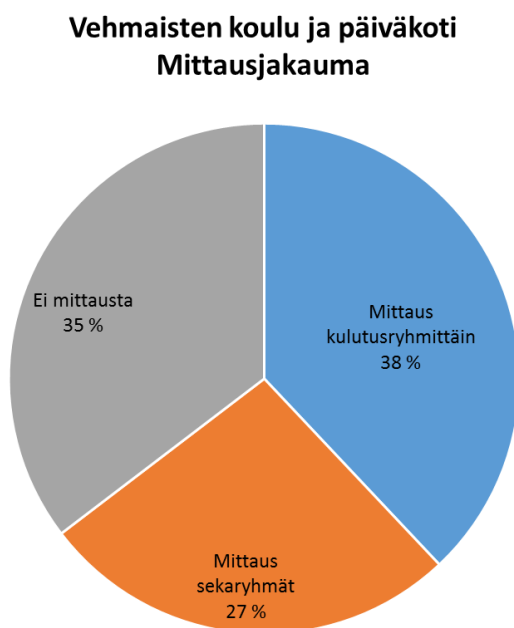
Kuten kuviosta 9 nähdään valaistuksen ja LVI-laitteiden osalta sähköenergianseuranta on toteutettu hyvin. Valaistuksen energian- ja tehonkulutus saadaan mitattua koko kiinteistön osalta 90 %:n tarkkuudella. Tämä osuus koostuu mittauksista, joissa mitataan sisävalaistusta omilla mittareilla, sekä mittauksista, joissa samalla mittarilla mitataan sekä ulko- että sisävalaistusta. Ainoastaan 10 % kaikista valaistusryhmistä jää kokonaan mittauksen ulkopuolelle tai valaistus on osana sekaryhmän mittauksista.

LVI-laitteiden osalta energiankulutus saadaan omaan sektoriinsa lähes 95 %:n tarkkuudella. Tämä LVI-laitteiden mitattu osuus koostuu jakokeskusten JK-24 ja JK-31 LVI-laitteista. Ainoastaan 5 % koko kiinteistön LVI-laitteista jää mittauksen ulkopuolelle. Lisäksi hissin ja vedenjäähdytyskoneen osalta energiankulutukset saadaan tarkasti selville.

Kuten kuviosta huomataan, paljon mittauksia suoritetaan sekaryhmissä, tai ei mitata ollenkaan. Tarkan ja tavoitteellisen energiaseurannan kannalta näistä mittauksista ei juuri-kaan ole hyötyä. Esimerkiksi merkittävimmät kiinteistökohtaiset tehon- ja energiankulutusryhmät, kuten ulkoalueiden sulanapidot ja lämmitykset, siivous- ja vaatehuollonlaitteet, sekä ruokahuollonlaitteet ovat osana suurempaa mittauskokonaisuutta. Näin ollen

näistä laite- ja kulutusryhmistä ei tarkan ja tavoitteellisen energiahallinnan kannalta, saada riittävässä tarkkuudessa kulutusjakaumia selville. Suurimpien kulutusryhmien seurantaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

Kuviossa 10 on esitetty koko Vehmaisten koulun ja päiväkodin mittausjakauma kokonaisuudessaan. Kaikista ryhmistä tarkka laiteryhmä- ja kulutusryhmäkohtainen seuranta on toteutettu 38 %:ssa. Tuo 38 %:n osuus koostuu kuvion 9 laite- ja kulutusryhmistä tai niiden osista, jotka on merkattu kuvioon sinisellä.



KUVIO 10. Mittausjakauma kokonaisuudessaan

Ryhmistä 27 % mitataan sekaryhmissä, eli tämän osuuden energiankulutusta ei saada jaoteltua laite- ja kulutusryhmäkohtaisiin sektoreihin. Myöskään tarkkaa teho- ja energijakaumaa ei tuolta osuudelta saada. Sekaryhmien osalta pystytään ainoastaan tekemään arvioita energiankulutuksesta, kun tiedetään millaisista kulutusryhmistä, kukin mittaus koostuu. 27 %:n osuus koostuu kuvion 9 laite- ja kulutusryhmistä tai niiden osista, jotka on merkattu kuvioon oranssilla.

Ryhmistä 35 % jää kokonaan ilman kulutuksenseurantaa. Tämä osuus koostuu pääasiassa koulun keskusalueen mittauksen ulkopuolelle jäävistä ryhmistä. Tuo 35 %:n osuus koostuu kuvion 9 laite- ja kulutusryhmistä tai niiden osista, jotka ovat merkattu kuvioon harmaalla.

Tarkan ja tavoitteellisen energianseurannan kannalta sekamittaukset, sekä mittaukset jotka suoritetaan suurempina kokonaisuuksina, kuten koulun etumittaus ovat tarkan energiahallinnan kannalta melko hyödyttömiä. Kuvioista 62 % kulutusryhmistä kuuluu tähän kategoriaan. Tältä osuudelta ei saada tarkkoja teho- ja energiankulutustietoja laiteryhmä- ja kulutusryhmäkohtaisesti. Näin ollen ei myöskään saada selville, suurimpien kiinteistökohtaisten energiankuluttajien osalta kulutusjakaumaa.

5.2 Case-kohde 2: Luhtaan päiväkoti

Luhtaan päiväkoti sijaitsee Tampereen Pappilassa. Päiväkodin valmistuminen ajoittui vuodelle 2011 ja se on käyttöön otettu alkuvuodesta 2012. (Tampereen tilakeskus liikelaitos: Luhtaan päiväkoti hankesuunnitelma 2010.) Päiväkoti on rakennettu yhteen tasoon ja huoneistoalaa on 1465 neliometriä. Päiväkodissa toimii kuusi (6) päiväkotiryhmää, joissa on yhteensä noin 120 lasta. (Luhtaan päiväkodin esite; Luhtaa esite 2016.)

5.2.1 Tekniset dokumentit

Luhtaan päiväkodin osalta oli hankesuunnitteluvaiheessa tehty energiaselvitys. Selvityksen tarkoituksena oli löytää mahdollisimman energia- ja kustannustehokkaat ratkaisut niin, että rakennus voidaan toteuttaa matalaenergiarakennuksena. Selvityksessä mainittiin myös, että energiankulutus pyritään saamaan mahdollisimman alhaiselle tasolle, kuitenkin siten, että sisäilmaolosuhteet täyttävät normaalin laatutason vaatimukset. Lisäksi valittujen ratkaisujen täytyi olla investointina kannattavia. Hankesuunnitelmassa ei kuitenkaan ollut mainintaa toteutettavista sähköenergian mittauksista ja seurannoista. (Tampereen tilakeskus liikelaitos: Luhtaan päiväkoti hankesuunnitelma 2010.)

Kiinteistön pääjakelu on järjestetty pää- ja jakokeskuksilla, joiden avulla on toteutettu sähkönjakelu pääkeskukselta kulutuspisteisiin. Pääkeskukselta sähkönjakelu jakaantuu viiteen (5) jakokeskukseen. Näistä viidestä (5) jakokeskuksesta kaksi (2) on ns. sekakeskuksia (JK-101 ja 103), jotka sisältävät pääasiassa valaistus- ja pistorasiaryhmiä. Muita keskuksia ovat keittiönkeskus (JK-102), joka syöttää keittiötä, väestönsuojanjakokeskus (JK-VSS) ja IV-keskus (JK-002).

Keskuskaavioissa sähköenergiaseurannat, sekä verkkoanalysaattori olivat selkeästi esitettyinä. Mittaustavasta riippuen, epäsuorissamittauksissa kytkennät oli toteutettu riviliittimien kautta, ja suorissa mittauksissa mittari oli kytketty suoraan mitattavaan lähtöön. Kaikki mittarit olivat tyyhitetty, eli valittu kuhunkin mitattavaan lähtöön soveltuvat mittarit. Lisäksi kaavioihin oli määritetty epäsuorissamittauksissa virtamuuntajien muunto-suhteet sekä tarkkuusluokat.

Sähkötyöselostuksessa ei ollut mitään mainintaa sähköenergian seurannoista, tai sen toteutuksesta. Myöskään minkäänlaisia periaatekaavioita mittauksista ei sähkösuunnittelu-dokumenteista löytynyt.

Rakennusautomaatiotyöselostus oli suppea, eikä siinä oltu käsitelty sähköenergian seurantoja lainkaan. Työselostuksessa viitattiin kuitenkin: ”Tampereen kaupunki / rakennusautomaatio 8.12.2000”, joka tarkoittanee, että rakennusautomaatiojärjestelmä toteutetaan Tampereen tilakeskuksen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohjeen mukaisesti. Tätä vanhempaa suunnitteluohjetta ei päästy tutkimaan, joten ei tiedetä onko siinä mainittu seurantoja laisinkaa. Uusi suunnitteluohje on otettu käyttöön vuonna 2013, jolloin Luhtaan päiväkotia oli jo rakennettu. Tämä tarkastelu on tehty siis uuden suunnitteluohjeen pohjalta. Suunnitteluohjeessa oli kattavasti kerrottu mm. mitä kulutusryhmiä tulisi seurata, mitkä väyläprotokollat ovat sallittuja ja mitä suureita mittarien on vähintään mitattava, sekä hankintarajoja mittauksiin liittyen.

Automaatiosuunnitelmien säätökaavioissa oli huomioitu sähköenergianseurannat. Säätökaavioihin oli määritetty tärkeitä asioita seurantojen toteutuksen kannalta:

- Alakeskus, johon mittarit liitetään.
- Liityntäpiste- ja tyyppi.
- Kaapelityypit.
- Mitä kulutusryhmää tai keskusta mittarilla mitataan.

Säätökaavioissa oli lisäksi mainittu, että sähköenergianmäärää mitataan mittareiden lähettämän kosketinpulssin perusteella, josta valvontajärjestelmä laskee kulutetun energian. Lisäksi laskenta on liitetty valvontajärjestelmän energianseurannan raportointiohjelmistoon.

Automaatiosuunnitelmista löytyi myös laiteluettelo. Laiteluettelosta löytyi mittareiden tunnus, malli ja tyyppi, sekä osa hankintarajoista.

Dokumentointi mittausten osalta oli toteutettu melko kattavasti. Keskuskaavioissa seurantojen dokumentointi oli toteutettu hyvin. Muiden sähkösuunnitteludokumenttien osalta mittauksia ei käsitellä riittävässä laajuudessa ja tarkkuudessa. Automaatiosuunnitelmissa mittaukset oli huomioitu hyvin, hyödyntämällä Tampereen tilakeskuksen suunnitteluohjetta. Suunnitelmissa oli käytetty riittävästi periaatekuvia ja -kaavioita. Myös mittarikohtaisesti luettavat tiedot olivat hyvin esitettynä ja mitattavat suureet järkeviä. Kulutustenseurannan laskennat ja raportointi mainittiin myös dokumenteissa. Edellä mainitut asiat on suunnitelmissa hyvä mainita, sillä näin saadaan mitattavat kulutukset näkyville, sekä mahdollistetaan mittausdatan jatkojalostus ja mahdollisimman laajamittainen hyödynnettävyys.

5.2.2 Mittausten tarkastelu

Luhtaan päiväkodin osalta on mittaustentarkastelua varten liitteeseen 2 taulukoitu keskuskokonaisuudet. Taulukosta nähdään, minkälaisia mittauksia keskuskohtaisesti suoritetaan, sekä millaisista laite- ja kulutusryhmistä ne koostuvat. Lisäksi taulukossa on esitetty kunkin laite- ja kulutusryhmän ryhmämäärät. Kuten taulukosta nähdään, kiinteistön sähköjakelujärjestelmä on melko pieni, kokonaisuudessaan ryhmiä on vain 205 kappaletta.

Pääkeskuksen osalta seurantoja suoritetaan kulutusryhmäkohtaisesti kahdesta (2) kokonaisuudesta, LVI-laitteista ja aurinkosähköjärjestelmästä. Pääkeskuksessa LVI-laitteet on eroteltu omaksi kokonaisuudekseen etusulakkeella, jonka kanssa sarjaan on kytketty suoramittaus. Näin saadaan pääkeskuksen osalta LVI-laitteiden sähkönkulutus eroteltua omaan kulutussektoriinsa. Aurinkosähköjärjestelmälle on pääkeskuksessa kaksi sulakelähtöä, molemmat lähdöt on varustettu omilla mittauksillaan. Pääkeskuksessa näiden kahden kulutusryhmän osalta seurannat on toteutettu varsin järkevästi. Kuitenkin 2/3 pääkeskuksen ryhmistä jää täysin mittausten ulkopuolelle. Näistä mittausten ulkopuolelle jäävistä ryhmistä 3/4 koostuu valaistuksesta, sekä ulkoalueiden lämmityksestä ja rännilämmityksestä. Nämä ovat merkittäviä kulutusryhmiä, sekä energiankulutuksen, että tulevaisuudessa kysynnän jouston suhteen. Ulkoalueiden lämmitykset ja rännilämmitykset on

molemmat jaettu omille etusulakkeilleen. Tällöin uusien mittausten jälkiasennus näihin ryhmiin olisi mahdollista toteuttaa, mikäli keskuksella on riittävät tilavaraukset. Valaistuksen osalta seurantojen jälkiasennukseen ei ole mahdollisuutta, koska valaistusryhmät sijaitsevat ympäri keskusta, eikä niitä ole varustettu omilla etusulakkeilla.

Jakokeskuksista JK-101 on ryhmämäärältään kiinteistön suurin. Se sisältää useita eri laite- ja kulutusryhmiä, joista valaistus, pistorasiat sekä siivous- ja vaatehuollon laitteet muodostavat suurimmat kulutusryhmät. Kuitenkaan JK-101:llä ei ole etumittausta, eikä kulutusryhmäkohtaisia takamittauksia laisinkaan. Tämän keskuksen osalta valaistus, siivous- ja vaatehuollon laitteet, sekä atk-laitteet tulisi varustaa omilla seurannoillaan.

Jakokeskus JK-102 on keittiönkeskus, joka sisältää keittiölaitteiden lisäksi valaistus- sekä pistorasiaryhmiä. JK-102:lle on pääkeskuksessa oma etumittaus, jolla keittiön kokonaiskulutus saadaan selville. Tämä mittaus on todennäköisesti laskutusperusteinen mittaus, jolla saadaan kaupungin sisäisiltä toimijoilta perittyä oikeansuuruista vuokraa. Keittiön keskukseen olisi kuitenkin voinut asentaa oman mittarin ainoastaan keittiölaitteille, jolloin iso kulutusryhmä saataisiin omaan kulutussektoriinsa. On muistettava, että laskutusperusteinen ja kulutusryhmäkohtainen seuranta eivät poissulje toisiaan.

Jakokeskus JK-103 on ryhmämäärältään kiinteistön toiseksi suurin. Keskus on JK-101:n kaltainen, eli sisältää useita eri laite- ja kulutusryhmiä, joista valaistus, pistorasiat sekä siivous- ja vaatehuollon laitteet ovat suurimpia. Mittausten osalta JK-103 on samanlainen kuin JK-101, eikä etu- ja takamittauksia ole laisinkaan.

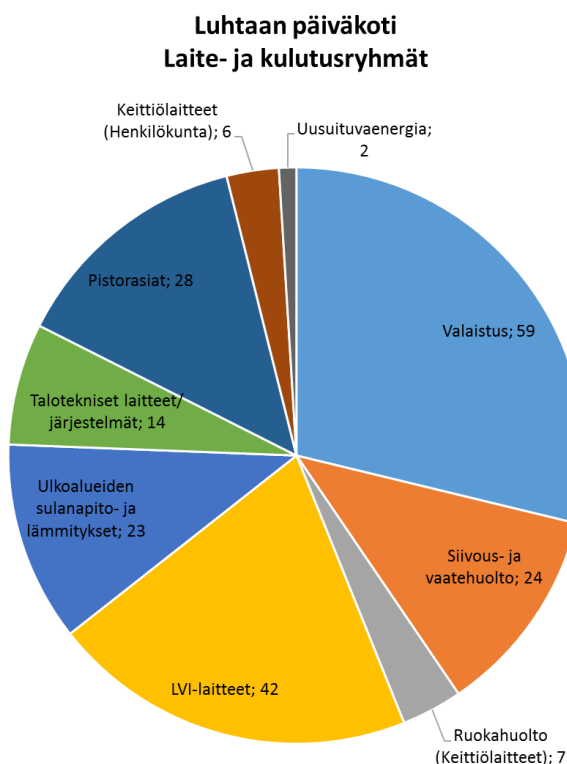
Jakokeskus JK-002 on ilmanvaihtolaitteille tarkoitettu keskus. JK-002 sisältää pääasiassa IV-koneiden puhaltimia ja pumppuja, sekä näiden ohjauslaitteita. Lisäksi keskuksessa on yksi valaistus- ja pistorasiaryhmä, sekä valvonta-alakeskus. Näin toteutettuna JK-002 on lähes täydellinen IV-laitteiden kulutusryhmäkohtaiseen seurantaan. Valaistus on IV-konehuoneessa vähäisellä käytöllä ja pistorasiaryhmä on siivouskäyttöön, jolloin nämä ryhmät muodostavat hyvin pienen poikkeaman IV-laitteiden todelliseen kulutukseen.

JK-VSS on väestönsuojan keskus. Keskus sisältää muutaman valaistus- ja pistorasiaryhmän sekä väestönsuojan IV-koneen. Keskuksen kulutusta ei mitata etu- eikä takamittauksilla. Mikäli väestönsuojaa käytetään muuhun käyttötarkoitukseen, kuin se on tarkoitettu ja valaistusta pidetään yhtäjaksoisemmin päällä, tulisi keskus varustaa seurannalla.

5.2.3 Yhteenveto

Kokonaisuudessaan Luhtaan päiväkodin osalta energiankulutuksen seurannat on toteutettu heikosti. Ainoastaan kulutuksenseurannat LVI-laitteiden, sekä aurinkosähköjärjestelmän osalta on toteutettu mallikkaasti. Nämä laiteryhvät ovatkin varsin keskeisessä osassa, kun mietitään laite- ja kulutusryhmiä, joita kannattaa seurata. Kuitenkin suurin osa laite- ja kulutusryhmistä jää kokonaan kulutuksenseurannan ulkopuolelle tai mittauksia suoritetaan sekaryhmissä.

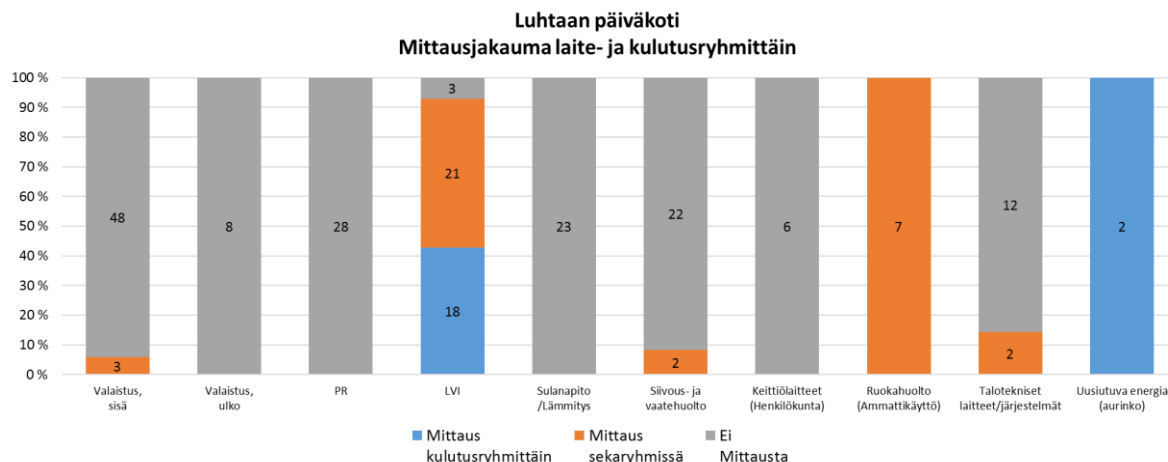
Kuviossa 11 on esitetty päiväkodin kaikki laite- ja kulutusryhmät, sekä millaisista ryhmämääristä ne koostuvat. Kuviossa esiintyvät lukuarvot ovat laiteryhmä- ja kulutusryhmäkohtaisia ryhmämääriä.



KUVIO 11. Luhtaan päiväkodin laite- ja kulutusryhmät

Kuviosta 11 huomataan ryhmämääräisesti suurimmat laite- ja kulutusryhmät. Nämä koostuvat valaistuksesta (59), LVI-laitteista (42), pistorasiaryhmistä (28), siivous- ja vaatehuollon laitteista (24), ulkoalueiden sulanapidoista ja lämmityksistä (23) sekä taloteknisistä laitteista (14).

Kuviossa 12 on esitetty koko Luhtaan päiväkodin mittausjakauma laiteryhmä- ja kulutusryhmäkohtaisesti.



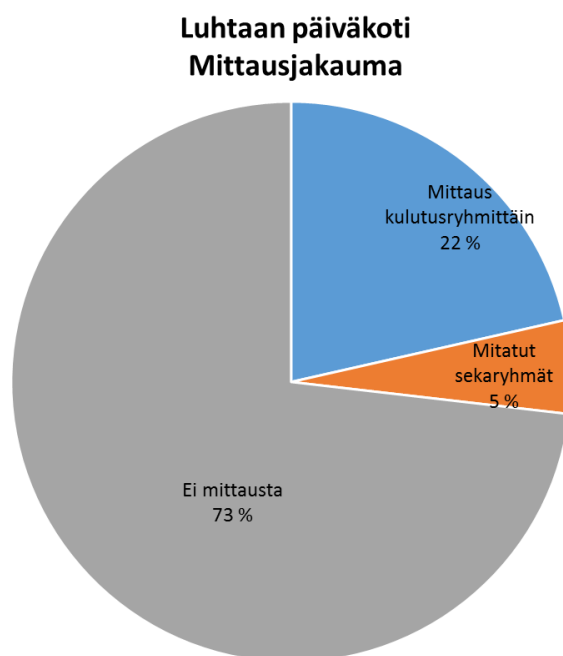
KUVIO 12. Laite- ja kulutusryhmäkohtainen mittausjakauma

LVI-laitteiden osalta energianseuranta on toteutettu hyvin. LVI-laitteiden mittauksista 43 % on toteutettu niin, että niiden tehon- ja energiankulutus saadaan tarkasti selville. Tuo 43 %:n osuus koostuu pääkeskukseen sijoitetuista tuloilmakoneista, radonpoistoista, kiertoilma-koneista, lämmönjakokeskuksesta sekä pumppaamon hälytyskeskuksesta. LVI-laitteiden pylväässä, oranssilla merkattu 50 %:n osuus koostuu pääasiassa jakokeskuksen JK-002 IV-laitteista. Tähän keskukseen oli sekoitettu vähän valaistusta sekä pistorasia-ryhmiä, joiden käyttö on todellisuudessa vähäistä. Näin ollen tuo osuus voidaan laskea mukaan kulutusryhmäkohtaisesti mitattuihin ryhmiin. Näin ollen LVI-laitteiden energi-an-kulutus saadaan mitattua noin 93 %:n tarkkuudella. Lisäksi aurinkosähköjärjestelmän kulutus ja tuotto saadaan tarkasti selville. Keittiön jakokeskus JK-102 sisältää ruokahuol-lon laitteiden lisäksi mm. valaistus- ja pistorasiaryhmiä. Keskusta mitataan keskuskohtai-sella etumittauksella, jolloin kyseessä on sekamittaus ja tarkkaa teho- ja energiajakaumaa ei saada selville ruokahuollon laitteiden osalta.

Kuviossa 13 on esitetty Luhtaan päiväkodin kokonaismittausjakauma. Kuten kuviosta nähdään kiinteistön kaikista kulutusryhmistä 22 %:sta sähköenergiankulutus saadaan mi-tattua ja jaettua omiin kulutussektoreihinsa. Tuo 22 %:n osuus koostuu kuvioon 12 sini-sellä merkatuista kulutusryhmistä tai niiden osista, sekä LVI-laitteiden oranssista pylvään osasta.

Ryhmistä 5 % mitataan sekaryhmissä, eli tämän osuuden energiankulutusta ei saada kohdennettua kulutusryhmäkohtaisiin sektoreihin. Myöskään tarkkaa teho- ja energiajakaumaa tässä ryhmässä saada. Sekaryhmien osalta pystytään ainoastaan tekemään arvioita energiankulutuksesta, kun tiedetään millaisista kulutusryhmistä mittaukset koostuvat. Kuvioon 12 oranssilla merkatut kulutusryhmät, tai niiden osat, muodostavat tuon 5 %:n osuuden.

Ryhmistä 73 % ei mitata ollenkaan, jolloin suurin osa laite- ja kulutusryhmistä jää täysin ilman tarkkaa kulutuksenseurantaa. Tuon 73 %:n osuuden muodostavat kuvioon 12 harmaalla merkityt pylväät tai niiden osat.



KUVIO 13. Mittausjakauma kokonaisuudessaan.

Tarkan ja tavoitteellisen energianseurannan kannalta sekamittaukset, sekä mittaukset jotka suoritetaan suurempina kokonaisuuksina, ovat tarkan energiahallinnan kannalta melko hyödyttömiä. Kuten kuviosta 13 nähdään, 78 % kulutusryhmistä kuuluu tähän kategoriaan. Tältä osuudelta ei saada tarkkoja teho- ja energiankulutustietoja laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti. Eikä näin ollen saada selville tarkkaa kiinteistökohtaista kulutusjakaumaa.

5.3 Case-kohde 3: Koivurinteen koulu ja päiväkoti

Koivurinteen koulu ja päiväkoti sijaitsevat Kangasalan kunnassa Ruutanassa. Rakennus on kolmikerroksinen, ja se on valmistunut vuonna 2014. Sen kerrospinta-ala on 2338 neliömetriä. Rakennus on sijoitettu samalle tontille Ruutanan koulun kanssa. Rakennus on pääsääntöisesti tarkoitettu päiväkotikäyttöön, ja hoitopaikkoja on noin sata (100), jotka on jaettu viiteen (5) hoitoryhmään. Lisäksi rakennuksessa toimii myös neljä (4) alkuopetuksen perusopetusluokkaa, joissa on yhteensä noin kahdeksankymmentä (80) oppilasta vuosiluokilta 0-2. Päiväkotikäyttöön tarkoitettut tilat sijaitsevat ensimmäisessä kerroksessa ja toisessa kerroksessa toimivat alkuopetuksen perusopetusluokat. (Kangasalan kunta hankeselvitys: Heinitär- päiväkoti- ja koulu uudisrakennus 2012.)

5.3.1 Tekniset dokumentit

Koivurinteen koulun ja päiväkodin osalta oli hankeselvitysvaiheessa asetettu energiatehokkuustavoitteet. Tavoitteissa mainittiin, että suunnittelussa tulee erityisesti tarkastella energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja rakennukseen valitaan energiaa säästävät tekniset ratkaisut. Kohteelle lasketaan myös suunnitteluarvoilla tavoite-energiankulutukset, joiden toteutumista arvioidaan toimivuustarkastelussa. Hankeselvitykseen kuului myös erillinen ”sähköosio”, jossa oli yleistä asiaa sähköjärjestelmistä (Kangasalan kunta hankeselvitys: Heinitär- päiväkoti- ja koulu uudisrakennus 2012). Sähköjärjestelmistä oli hankeselvitykseen varattu myös erillinen liite, joka sisälsi tarkennuksia sähköjärjestelmien osalta. Liitteessä oli maininta ainoastaan energia-analysaattorista, joka tulee liittää automaatiojärjestelmään, muista seurannoista ei liitteessä ollut mainintaa (Kangasalan kunta hankeselvitys liite 7: Heinitär- päiväkoti- ja koulu sähkösuunnittelussa huomioitavaa 2012). Hankeselvityksessä oli erikseen mainittu, että jakelukeittiö ja ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan omilla sähkömittareillaan. Valaistuksen osalta oli mainittu, että suunnittelussa tulee keskittyä erityisesti energiatehokkuuteen, mutta kuitenkin valaistuksen energiaseurannasta ei ollut mainintaa (Kangasalan kunta hankeselvitys: Heinitär- päiväkoti- ja koulu uudisrakennus 2012).

Kiinteistönpääjakelu on järjestetty pää- ja jakokeskuksilla, joiden avulla on toteutettu sähkönjakelu pääkeskukselta kulutuspisteisiin. Pääkeskukselta sähkönjakelu jakaantuu neljään (4) jakokeskukseen. Jakokeskus JK-21 on ns. sekakeskus, joka sisältää valaistus- ja

pistorasiaryhmiä, sekä keskusosan, jolla syötetään jakelukeittiötä. JK-IV sisältää valaistus- ja pistorasiaryhmiä, taloteknisiäjärjestelmiä, rännilämmitysryhmiä, sekä ilmanvaihdon pumppuja ja puhaltimia. Lisäksi väestönsuojalle on oma keskuksensa, joka sisältää sähkönsyötöt väestönsuojan IV-koneelle, sekä valaistukselle ja pistorasioille.

Keskuskaavioissa sähköenergianseurannat, sekä verkkoanalysaattori oli selkeästi esitettyinä. Mittaustavasta riippuen, epäsuorissa mittauksissa kytkennät oli toteutettu riviliittimien kautta, ja suorissa mittauksissa mittari oli kytketty suoraan mitattavaan lähtöön. Mittareiden osalta keskuskaavioon oli merkitty, mitä laite- tai kulutusryhmää mittarilla mitataan, asennustapa (DIN-kisko), hankintarajat, liityntätapa rakennusautomaatiojärjestelmään sekä epäsuorissamittauksissa virtamuuntajien muuntosuhde.

Sähkö- ja automaatiotyöselostuksia en kohteen osalta käsiini saanut, joten seurantojen osalta jäävät nämä dokumentit käsittelemättä.

Automaationsuunnitelmien säätökaavioissa oli huomioitu määrä- ja energiamittaukset. Samassa dokumentissa oli vesi- ja lämpö määrämittaukset, sekä sähköenergiamittaukset. Säätökaaviot olivat selkeät ja niissä oli eritelty seurantojen toteutuksen kannalta tärkeitä asioita, kuten

- mittareiden väyläliitynnät (M-Bus, Modbus, LonWorks)
- että virtamuuntajat ovat liitettävissä mittariin
- mittarit ovat kolmivaiheisia kWh-mittareita
- mittarit liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään
- mittarien tarkkuusluokka (lk 2)
- muuntosuhteen asettelu mittariin.

Mittareiden ja VAK:n välisistä väyläliitynnöistä oli tehty säätökaavioihin periaatekuva. Kuvasta nähdään mittareiden positiointitapa, käytettävä väyläprotokolla, sekä liityntäpiste ja sen tyyppi. Säätökaavioissa mainittiin myös, että sähkölaitoksen mittarin rinnalle asennetaan erillinen koko kiinteistön verkkoa analysoiva verkkoanalysaattori, ja verkon tila esitetään valvomon grafiikassa. Lisäksi analysaattori liitetään Modbus-väylällä rakennusautomaatiojärjestelmään.

Säätökaavioissa oli myös maininta, että kulutusmääristä ohjelmoidaan raportti, joka laskee sähköenergian kulutuksen, ja kulutuseron edelliseen kauteen verrattuna. Vertailura-

porttien muodostaminen on oleellinen osa energiahallintaa ja todella hyvä keino analysoida kulutusta tarkemmin. Näin pystytään tekemään kattavia analyysejä siitä, mihin energiaa kuluu, ja nähdään mahdolliset säästö- ja säästöpotentiaalit koko kiinteistöstä. Lisäksi säätökaavion liitteenä oli laiteluettelo, jossa oli määritetty hankintarajat, mittareiden liityntätyypit ja sijainnit, sekä mitä laite- ja kulutusryhmää mittarilla mitataan.

Dokumentoinnit seurannoista oli varsin hyvin toteutettu, niiltä osin mitä tarkasteluun saatiin. Keskuskaavioissa mittausten dokumentointi oli toteutettu hyvin. Seurantojen kanalta oleelliset asiat oli esitetty riittävän tarkasti ja laajasti. Automaatiosuunnitelmissa mittaukset oli huomioitu myös hyvin. Suunnitelmissa käytettiin riittävästi pariaatekuvia ja -kaavioita, sekä mainittiin mittauksen toteutuksen kannalta tärkeitä asioita. Lisäksi maininta kulutusmäärien raportoinnista sekä vertailuraportin muodostamisesta, kuuluu oleellisena osana mittausten näkyväksi tuomista. Tämä helpottaa mittausdatan mahdollisimman laajamittaista hyödyntämistä ja jatkojalostusta.

5.3.2 Mittausten tarkastelu

Kuivurinteen koulun ja päiväkodin osalta liitteeseen 3 on taulukoitu kohteen keskuskoonaisuudet. Taulukosta nähdään, minkälaisia seurantoja keskuskohtaisesti suoritetaan, sekä millaisista laite- ja kulutusryhmistä ne koostuvat. Lisäksi taulukossa on esitetty kunkin laite- ja kulutusryhmän ryhmämäärät. Kuten taulukosta nähdään, kiinteistön sähkönjakelujärjestelmä on melko pieni, kokonaisuudessaan ryhmiä on vain 126 kappaletta.

Pääkeskuksen osalta seurantoja suoritetaan kulutusryhmäkohtaisesti kahden (2) kokonaisuuden osalta, valaistuksesta sekä poistoilmalämpöpumpulta. Valaistuksen kulutusryhmäkohtainen seuranta sisältää sisä- ja ulkovalaistusryhmiä. Seuranta koostuu yhdestä mittarista, jolla mitataan sekä sisä- ja ulkovalaistusryhmiä. Pääkeskuksen osalta jää ainoastaan kaksi (2) valaistusryhmää kulutusryhmäkohtaisen seurantojen ulkopuolelle. Nämä ryhmät ovat myös ainoat valaistusryhmät, jotka jäävät koko kiinteistön osalta mittaamatta. Lisäksi poistoilmalämpöpumppu on varustettu omalla seurannalla, jolloin pumpun sähkönkulutus saadaan selville. Pääkeskuksen osalta noin 70 % kaikista ryhmistä jää täysin seurantojen ulkopuolelle. Mukana on monia suuria laite- ja kulutusryhmiä, joiden tehon- ja energiankulutus tulisi saada tarkemmin selville. Näistä seurantojen ulkopuolelle

jäävistä kulutusryhmistä, etenkin siivous- ja vaatehuollonlaitteet, atk-laitteet sekä LVI-laitteet tulisi varustaa seurannoilla.

Jakokeskuksen JK-21 osalta seurantoja suoritetaan laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti myös kahden (2) ryhmän osalta, valaistuksesta sekä keittiön keskusosasta. Valaistuksen kulutusryhmäkohtainen seuranta koostuu pelkästään sisävalaistusryhmistä. Keittiön laitteille on JK-21:ssa varattu oma keskusosansa. Tätä keittiölaitteiden keskusosaa seurataan yhdellä mittarilla, ja se sisältää ainoastaan ruokahuoltoon tarkoitettuja kulutuslaitteita. Näin toteutettuna ruokahuollon laitteiden kuluttama teho ja energia saadaan tarkasti selville. Jakokeskuksen JK-21 osalta mittausten ulkopuolelle jää noin 26 % koko jakokeskuksen ryhmistä. Ryhmät koostuvat pääasiassa yleiseen käyttöön tarkoitetuista pistorasiaryhmistä.

Jakokeskus JK-IV:n osalta seurantoja suoritetaan laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti kolmen (3) ryhmän osalta, valaistuksesta, ulkoalueiden sulanapidosta ja lämmityksestä sekä IV-laitteista. Valaistuksen kulutusryhmäkohtainen seuranta, koostuu sisävalaistus- ja ulkovalaistusryhmistä, joita mitataan yhdellä mittarilla. Ulkoalueiden sulanapidot ja lämmitykset on varustettu myös omalla mittarillaan. Mittaus koostuu rännilämmityksistä sekä IV-kammion sulanapidosta. IV-laitteiden kulutusryhmäkohtainen seuranta koostuu ilmanvaihdon kulutuskohjeista. Seuranta sisältää erillispoistoon tarkoitettuja poistopuhaltimia, kahden (2) tuloilmakoneen pumput ja puhaltimet sekä näiden ohjaukseen tarkoitettuja laitteita. Jakokeskuksen JK-IV osalta mittausten ulkopuolelle jää noin 36 % koko jakokeskuksen ryhmistä. Tämä mittaamaton osuus koostuu pistorasiaryhmistä, taloteknisläilaitteista ja -järjestelmistä sekä hissistä.

JK-VSS:n osalta mittauksia suoritetaan sisävalaistuksen ryhmistä. Mittaamatta jää muutama pistorasiaryhmä sekä väestönsuojan ilmanvaihtokoneen sähkönkulutus.

5.3.3 Yhteenveto

Kokonaisuudessaan Koivurinteen koulun ja päiväkodin osalta energiankulutuksen seurannat on toteutettu varsin mallikkaasti. Kaikki toteutetut mittaukset ovat laite- ja kulutusryhmäkohtaisia mittauksia. Näistä kaikista seurannoista saadaan laite- ja kulutusryhmäkohtaiset tehon- ja energiankulutukset tarkasti selville, ja kohdennettua omiin kulutussektoreihinsa.

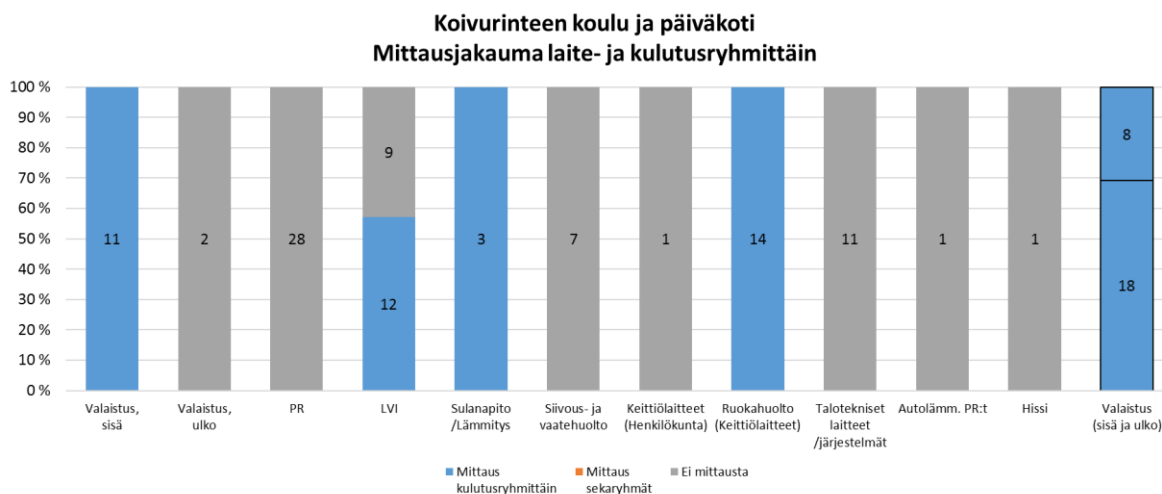
Kuviossa 14 on esitetty päiväkodin kaikki laite- ja kulutusryhmät sekä millaisista ryhmämääristä ne koostuvat. Kuviossa esiintyvät lukuarvot ovat laite- ja kulutusryhmäkohtaisia ryhmämääriä.



KUVIO 14. Koivurinteen koulun ja päiväkodin laite- ja kulutusryhmät

Kuviossa 14 on esitetty ryhmämääräisesti suurimmat laite- ja kulutusryhmät. Nämä koostuvat valaistuksesta (39), pistorasiaryhmistä (30), LVI-laitteista (21), taloteknisistä laitteista (11), ruokahuollonlaitteista (11) sekä siivous- ja vaatehuollonlaitteista (7).

Kuvioon 15 on kerätty Koivurinteen koulun ja päiväkodin laite- ja kulutusryhmäkohtaiset mittausjakaumat. Kuten kuviosta nähdään, valaistuksen, LVI-laitteiden, sulanapidon ja lämmityksen sekä ruokahuollon laitteiden teho- ja energiakulutukset saadaan lähes kokonaisuudessaan mitattua, ja jaettua omiin kulutussektoreihinsa.



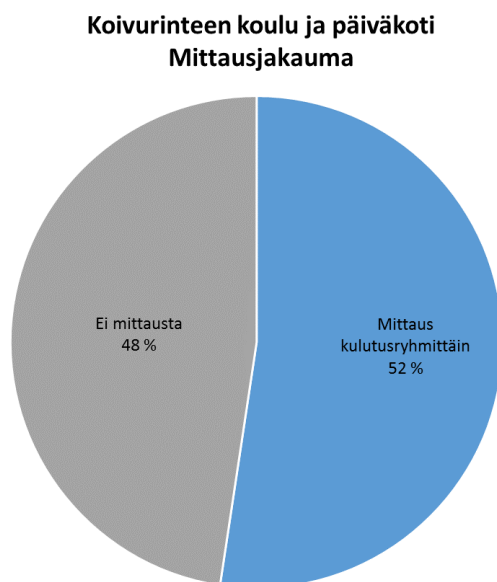
KUVIO 15. Laite- ja kulutusryhmä kohtainen mittausjakauma

Valaistuksen tehon- ja energianakulutus saadaan selville ja kohdennettua omaan kulutussektoriinsa 95 %:n tarkkuudella. Tämä osuus koostuu mittauksista, joissa mitataan sisävalaistusta omilla mittareilla, sekä mittauksista joissa samalla mittarilla mitataan sekä ulkovalaistusta, että sisävalaistusta. Ainoastaan kaksi (2) ulkovalaistusryhmää jää valaistuksen energiamittausten ulkopuolelle.

LVI-laitteiden tehon- ja energiankulutus saadaan 57 %:sti omaan kulutussektoriinsa. Tämä mitattu LVI-laitteiden osuus koostuu jakokeskus JK-IV:n ilmanvaihtolaitteiden sekä poistoilmalämpöpumpun erillisistä mittauksista. LVI-laitteiden mittaamaton 43 % osuus koostuu pääkeskuksessa sijaitsevista kiertoilmakoneiden ja poistoilmapuhaltimien lähdöistä, sekä väestönsuojankeskuksen JK-VSS:n ilmanvaihtokoneen lähdöstä.

Ulkoalueiden sulanapitojen ja lämmitysten osalta saadaan mitattua koko kulutusryhmän tehon- ja energiankulutus. Tämä mittaus sisältää rännilämmitykset sekä IV-kammion lämmityksen. Myös ruokahuollon laitteiden energiankulutus saadaan kokonaisuudessa kohdennettua omaan kulutussektoriinsa.

Kuvioon 16 on koottu Koivurinteen koulun ja päiväkodin mittausjakauma kokonaisuudessaan. Rakennuksen kaikista laite- ja kulutusryhmistä sähköenergiankulutus saadaan mitattua ja jaettua omiin kulutussektoreihinsa 52 %:n osuudelta. Tämä osuus koostuu kuvion 15 laite- ja kulutusryhmistä tai niiden osista, jotka ovat merkattu kuvioon sinisellä.



KUVIO 16. Mittausjakauma kokonaisuudessaan

Ryhmistä 48 % jää kokonaan ilman kohdennettua kulutuksenseurantaa. Tämä osuus koostuu kuvioon 15 harmaalla merkatuista laite- ja kulutusryhmistä tai niiden osista.

5.4 Case-kohde 4: Otsonmäen päiväkoti

Päiväkoti Otsonmäki sijaitsee Lempäälän kunnassa Sääksjärvellä. Rakentaminen alkoi 2015 alkuvuodesta, ja se käyttöön otettiin alkuvuodesta 2016. (Rakennus fakta: Otsonmäen päiväkoti 2015.) Rakennus on kaksikerroksinen, ja yhteensä huoneistoalaa on noin 1100 neliömetriä (Päiväkoti Otsonmäki: Tilaohjelma 2013). Päiväkotiin sijoittuu viisi (5) lapsiryhmää, joista kolmeen ryhmään on sijoitettu 21 lasta ja kahteen pienryhmään 14 lasta. Lisäksi päiväkodissa on tilat avoimelle perhetuvalle, johon mahtuu yhteensä kolmekymmentä (30) lasta ja vanhempaa sekä kaksi (2) työntekijää. Yhteensä päiväkoti on mitoitettu noin 120:lle lapselle. (Päiväkoti Otsonmäen suunnittelu: Arkkitehtisuunnittelu 2013.)

5.4.1 Tekniset dokumentit

Otsonmäen päiväkodin osalta ei varsinaista hankesuunnitelmaa ole tehty, vaan arkkitehtitarjoukset pyydettiin tilaohjelman avulla. Arkkitehtisuunnitelmassa energiatavoitteiksi suunnittelulle asetettiin, että rakennus on elinkaaritaloudellinen sekä energiankäytön, että huollon suhteen. Tavoitteiden saavuttamiseksi hankkeessa on noudatettu ”Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi” – hankkeessa luotuja periaatteita. Energiankulutuksen tavoitteeksi on asetettu 150 kWh/(m²/a). Kokonaisenergiasta lämpöenergian tavoitteeksi on asetettu 105 kWh/(m²/a) ja sähköenergian 45 kWh/(m²/a). Arkkitehtisuunnitelmassa mainitaan, että sähköenergian käyttöön on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tämä huomioidaan luonnonvalon hyödyntämisellä valaistuksessa, ja jäähdytystarpeen minimoimisella rakenteellisilla ratkaisulla. (Päiväkoti Otsonmäen suunnittelu: Arkkitehtisuunnittelu 2013.) Sähköenergianseurannoista ei arkkitehtisuunnitelmassa ole mainintaa.

Kiinteistönpääjakelu on järjestetty pää-, kiinteistö- ja jakokeskuksilla, joiden avulla toteutetaan sähkönjakelu kulutuspisteisiin. Pääkeskuksesta sähkönjakelu jakaantuu yhdeksään (9) jakokeskukseen ja yhteen (1) kiinteistökeskukseen. Jakokeskuksista viisi (5) hoitaa sähkönjakelun yksilöllisesti tiettyyn tarkoitukseen varatuille laite- ja kulutusryhmille. Näitä ovat hissin ohjauskeskus, sekä lämmönjakohuoneen (JK01), keittiön (JK13), väestönsuojan (JK14) ja ilmanvaihtokoneiden (JK22) keskuksat. Jakokeskuksista neljä (4), JK11, JK12, JK15 ja JK21 ovat ns. sekakeskuksia, jotka sisältävät useita eri laite- ja kulutusryhmiä. Lisäksi on kiinteistökeskus (KK), joka sisältää kiinteistön yleiseen sähkönsyöttöön tarkoitettuja laite- ja kulutusryhmiä.

Keskuskaavioissa mittarit sekä energia-analysaattori oli selkeästi esitetty. Mittaustavasta riippuen, epäsuorissa mittauksissa kytkennät oli toteutettu riviliittimien kautta, ja suorissa mittauksissa mittari oli kytketty suoraan mitattavaan lähtöön. Mittareiden osalta keskuskaavioon oli merkitty, mitä laite- tai kulutusryhmää mittarilla mitataan, mittarin positiio/tunnus, käytettävä väylätyyppi, liityntätapa rakennusautomaatiojärjestelmään sekä epäsuorissa mittauksissa virtamuuntajien muuntosuhde ja tarkkuusluokka.

Sähkötöyöselostuksessa oli oma osionsa sähkönmittausjärjestelmille. Tässä osiossa oli omat osansa energialaitoksen mittaukselle sekä kiinteistökohtaisille jälkimittauksille. Kiinteistön jälkimittausosiossa oli järjestelmän yleiskuvaus, tekniset vaatimukset/ratkaisut sekä järjestelmän sisältö ja laajuus. Yleiskuvaus mittausjärjestelmästä oli varsin suppea. Siinä mainittiin ainoastaan, että kiinteistöön asennetaan väyläpohjainen sähkönkulutuksenmittausjärjestelmä. Tekniset vaatimukset osiossa mainittiin, että mittarit ja verkkoanalysaattorit ovat M-Bus-väyläliitäntäisiä, ja ne liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään. Lisäksi mainittiin, että mittausjärjestelmän toimittaja määrittää ja toimittaa ne varusteet, jotka järjestelmä vaatii oikein toimiakseen. Järjestelmän sisältö osiossa oli määritetty hankintarajat mittausten osalta. Automaatiourakoitsijan hankittavaksi oli määrätty energiamittarit, ja sähköurakoitsija toimitettavaksi virtamuuntajat.

Erillistä rakennusautomaatiotyöselostusta en kohteesta käsiini saanut. Automaation osalta työselostusta oli sekä sähkötöyöselostuksessa, että LVI-työselostuksessa. Sähköenergianseurannoista ei kummassakaan dokumentissa ollut mitään mainintaa.

Automaationsuunnitelmien säätökaavioissa oli huomioitu määrä- ja energiamittaukset. Säätökaaviot olivat selkeät, ja niissä oli eritelty seurantojen toteutuksen kannalta oleellisia asioita kuten

- mittareiden väyläliitynnät (M-Bus)
- mittarilta luettavat suureet
- mittarit kolmivaiheisia kWh-mittareita
- alakeskus liitynnät.

Mittareiden ja VAK:n välisistä väyläliitynnöistä oli tehty säätökaavioihin periaatekuva. Kuvasta nähdään mittareiden positiointitapa, käytettävä väyläprotokolla sekä liityntäpiste ja sen tyyppi. Säätökaaviossa eriteltiin myös kulutusryhmäkohtaiset mittarit, sekä mitä suureita mittareilla halutaan mitata. Kulutusryhmäkohtaisten energiamittareiden osalta luettavat tiedot:

- Pätöenergia (kWh).
- Loisenergia (kVAr).
- Vaihesiirtokulma (Cosφ).
- Vaihtojännitteet (V) ja vaihtovirrat (A).

Koko kiinteistölle oli asennettu energialaitoksen päämittauksen rinnalle oma energia-analysaattori. Energia-analysaattorilla saadaan tarkka kuva koko kiinteistön sähköverkon tilasta. Analysaattorilta luettavat tiedot ovat

- pätöenergia (kWh)
- loisenergia (kVAr)
- vaihesiirtokulma (Cosφ)
- vaihtojännitteet (V) ja vaihtovirrat (A)
- nollajohtimen virta (A)
- vaihevirta- ja jännitesäröt (%)
- mittarin sisäiset raja-arvohälytykset.

Energia-analysaattoriin ohjelmoitiin myös hälytyksiä, jotka liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään. Ohjelmoitavat hälytykset ovat

- huipputehon ylärajahälytys
- virtasärön ylärajahälytys
- jännitesärön ylärajahälytys
- muut mittarin hälytykset yhteishälytyksenä.

Lisäksi jokaiselle hälytykselle oli määritetty hälytysluokat sekä viiveet.

Kaaviossa oli maininta myös yhteenlaskutoiminnosta, jossa esitetään valvomografiikalla rakennusosittain pätöenergiankulutus. Grafiikalleryhmittely toteutetaan päämittaus, ilmastointi ja valaistus ryhmistä. Lisäksi kaaviossa oli mittareiden laiteluettelo.

Dokumentointi mittausten osalta oli mallikkaasti toteutettu. Mittausten piirustustekninen toteutus oli selkeää ja hyvää tasoa. Mittareiden positiointi ja merkinnät olivat riittävät ja yhdenmukaiset. Suunnitelmissa oli käytetty riittävästi periaatekaavioita ja kuva. Energia-analysaattori sekä seurantakohtaisesti luettavat tiedot oli hyvin esitetty, ja mitattavat suureet järkeviä. Mittausten yhteenlaskutoiminnot, sekä niiden esittäminen valvomografiikalla, on edellytyksenä rakennuksen energiatehokkaaseen käyttöön.

5.4.2 Mittausten tarkastelu

Otsonmäen päiväkodin sähköenergianseurantojen tarkastelua varten on liitteeseen 4 taulukoitu keskuskokonaisuudet. Taulukosta nähdään, minkälaisia seurantoja keskuskohtaisesti suoritetaan, sekä millaisista laite- ja kulutusryhmistä ne koostuvat. Lisäksi taulukossa on esitetty keskuskohtaiset ryhmämäärät laite- ja kulutusryhmittäin. Kuten taulukosta nähdään, rakennuksen sähkönjakelujärjestelmä on melko suuri. Ryhmiä on kaikkiaan 232 kappaletta.

Pääkeskuksessa on ainoastaan nousut jakokeskuksille. Laite- ja kulutusryhmistä keskuselta syötetään ainoastaan autolämmityspistorasioita ja hissiä, joiden osalta kulutuksen seurannat suoritetaan. Pääkeskuksella sijaitsee jakokeskusten JK01 (LJH), JK13 ja JK22 etumittaukset. Näillä mittareilla saadaan selville tehon- ja energiankulutukset jakokeskuskohtaisesti. Lisäksi pääkeskukseen on sijoitettu energialaitoksen mittauksen rinnalle kiinteistön päämittaus.

Jakokeskus JK01 toimii lämmönjakohuoneen syöttävänä keskuksena. Se sisältää pääasiassa LVI-laitteiden pumppuja. Lisäksi mukana on lämmönjakohuoneen valaistus ja pistorasiat. Valaistuksen ja pistorasioiden käyttö lämmönjakohuoneessa normaali käytöllä on hyvin vähäistä, joten seuranta voidaan laskea laite- ja kulutusryhmäkohtaiseksi.

Kiinteistökeskuksella ei etumittausta ole, kuitenkin varaus siihen keskukselta löytyy. Kiinteistökeskus sisältää useita erilaisia laite- ja kulutusryhmiä, joista valaistus, ulkoaluiden sulanapidot ja lämmitykset, henkilökunnan keittiölaitteet sekä pistorasiaryhmät muodostavat suurimmat kulutusryhmät. Kuten taulukosta nähdään suurin osa näistä ryhmistä jää kokonaan mittausten ulkopuolelle. Kiinteistökeskukselta suoritetaan kulutusryhmäkohtaisia seurantoja ainoastaan valaistuksen osalta. Mittaus on kuitenkin toteutettu lähes kulutusryhmäkohtaisesti, joten sillä saadaan tehon- ja energiankulutus tarkasti selville. Jostain syystä valaistuksen etusulakkeen taakse on eksynyt, myös yksi viemärin saattolämmitysryhmä, mikä hieman vääristää valaistuksen energiankulutusta kylminä vuodenaikoina.

Jakokeskukset JK11 ja JK12 hoitavat sähkönsyötön kulutuspisteisiin 1.krs:n osalta. Jakokeskukset ovat ryhmärakenteeltaan varsin samanlaiset, sisältäen valaistus- ja pistorasia-

ryhmiä, siivous- ja vaatehuollonryhmiä sekä taloteknisiäjärjestelmiä. Kumpaankin keskukseseen on sijoitettu keskuskohtainen etumittaus, jolla saadaan mitattua keskusalueittain kokonaistehon- ja energiankulutukset. Ainoastaan valaistuksen energiankulutusta seurataan kulutusryhmäkohtaisesti. Esimerkiksi siivous- ja vaatehuollon ryhmät sisältävät paljon suuritehoisia laitteita, kuten kuivauskaappeja, pyykinpesukoneita sekä kuivausrumpuja, jonka vuoksi tämä ryhmä olisi syytä varustaa omalla mittauksellaan.

Jakokeskus JK13 toimii keittiötä syöttävänä jakokeskuksena. Keittiönkeskuksen etumittaus sijaitsee pääkeskuksella ja keskus sisältää ainoastaan ruokahuollon laitteita. Mittauksella saadaan tarkasti selville ruokahuollonlaitteiden kuluttama teho ja energia. Tämä on hyvä esimerkki järkevästi toteutetusta ruokahuollonlaitteiden kulutuksenseurannasta.

Jakokeskus JK14 on väestönsuojankeskus ja JK15 päiväkodin ulkorakennuksen keskus. Molemmat keskuksat ovat ryhmämäärältä todella pieniä, jolloin seurantojen suorittaminen ei näiden keskusten osalta ole järkevää.

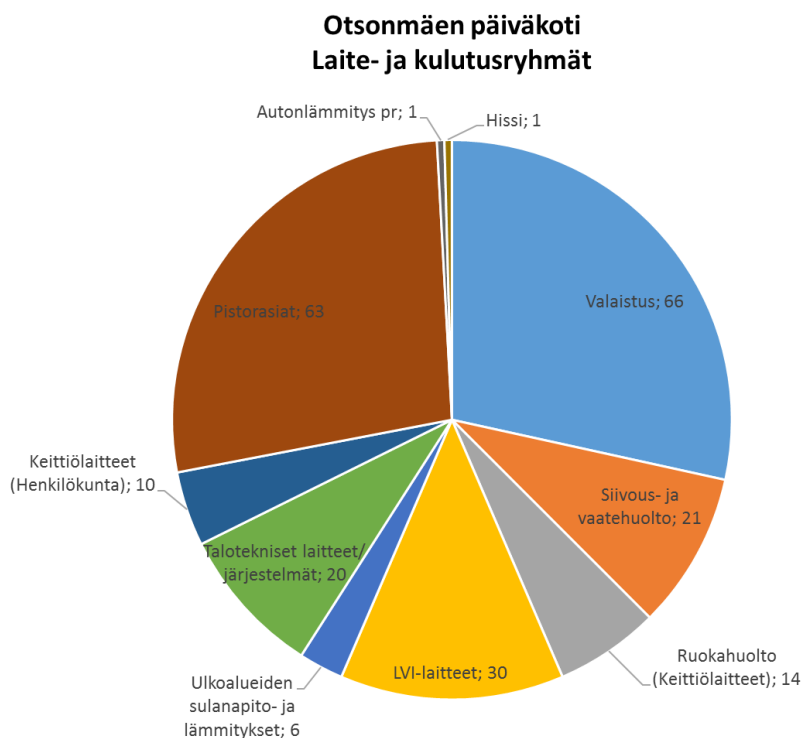
Jakokeskus JK21 hoitaa sähkönsyötön 2.krs:n kulutuspisteisiin. Kuten taulukosta nähdään, keskus sisältää useita erilaisia laite- ja kulutusryhmiä. Suurimpia ryhmämäärältään ovat valaistus- ja pistorasiaryhmät, siivous- ja vaatehuollon laitteet sekä henkilökunnan ruuanvalmistuslaitteet. Keskuksella on oma etumittauksensa, jolla saadaan selville koko keskusalueen energiankulutus. Laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti energiankulutusta mitataan ainoastaan valaistuksen osalta. Eli suuri osa laite- ja kulutusryhmistä JK21:n osalta jää tarkan energianseurannan ulkopuolelle.

Jakokeskus JK22 toimii pääasiassa IV-laitteiden syöttävänä keskuksena. Jakokeskus sisältää kuitenkin useita muitakin kulutusryhmiä, suurimpina taloteknisetlaitteet ja valaistus. JK22:n osalta laite- ja kulutusryhmäkohtaisia mittauksia ei suoriteta laisinkaan. Keskuksen etumittauksella saadaan selville ainoastaan kulutettu kokonaisenergia tämän keskusalueen osalta.

5.4.3 Yhteenveto

Kokonaisuudessaan Otsonmäen päiväkodissa energiankulutuksen seurannat on toteutettu melko hyvin. Valaistuksen, ruokahuollonlaitteiden, autolämmityspistorasioiden sekä hissin laite- ja kulutusryhmien seurannat ovat hyvällä tasolla. Näiden kulutusryhmien osalta saadaan tarkkaa, omiin kulutussektoreihinsa jaettua mittaustietoa tehon- ja energiankulutuksesta. Paljon mittauksia suoritetaan kuitenkin sekaryhmissä, jolloin tältä osin ei tarkkoja laite- ja kulutusryhmäkohtaisia teho- ja energiajakaumia saada.

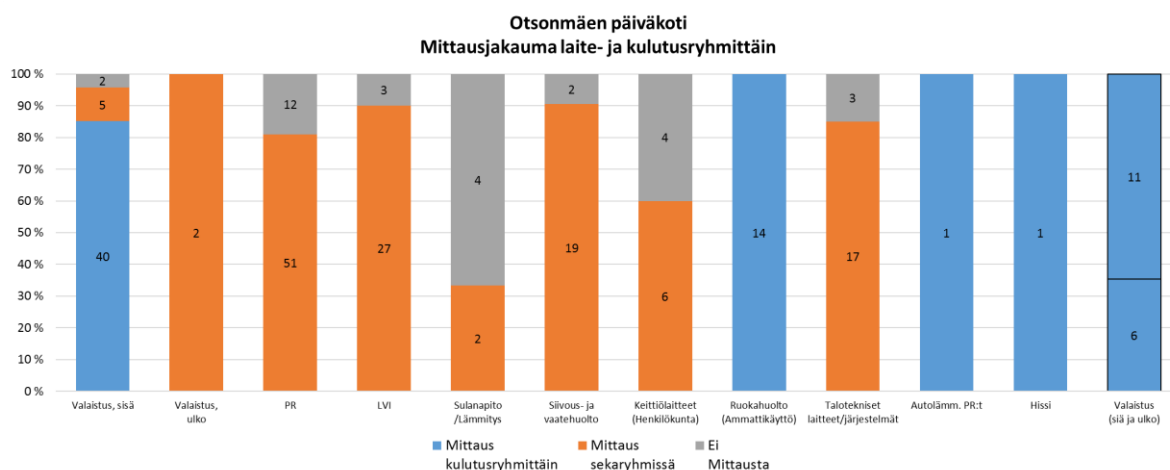
Kuviossa 17 on esitetty päiväkodin kaikki laite- ja kulutusryhmät, sekä millaisista ryhmämääristä ne koostuvat. Kuviossa esiintyvät lukuarvot ovat laite- ja kulutusryhmäkohtaisia ryhmämääriä.



KUVIO 17. Otsonmäen päiväkodin laite- ja kulutusryhmät

Kuten kuviosta huomataan ryhmämääräisesti suurimmat laite- ja kulutusryhmät koostuvat valaistuksesta (66), pistorasiaryhmistä (63), LVI-laitteista (30), siivous- ja vaatehuollonlaitteista (21), taloteknisistä laitteista (20) sekä ruokahuollonlaitteista (14). Tehon- ja energiankulutuksen suhteen lähes kaikki edellä mainitut ryhmät ovat myös suurimpia, ja näiden laite- ja kulutusryhmien seurantaan tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

Kuvioon 18 on kerätty Otsonmäen päiväkodin laite- ja kulutusryhmäkohtaiset mittausjakaumat. Kuten kuviosta nähdään valaistuksen, ruokahuollonlaitteiden, autolämmityspistorasioiden sekä hissin tehon- ja energiankulutukset saadaan lähes kokonaisuudessaan mitattua, ja jaettua omiin kulutussektoreihinsa.

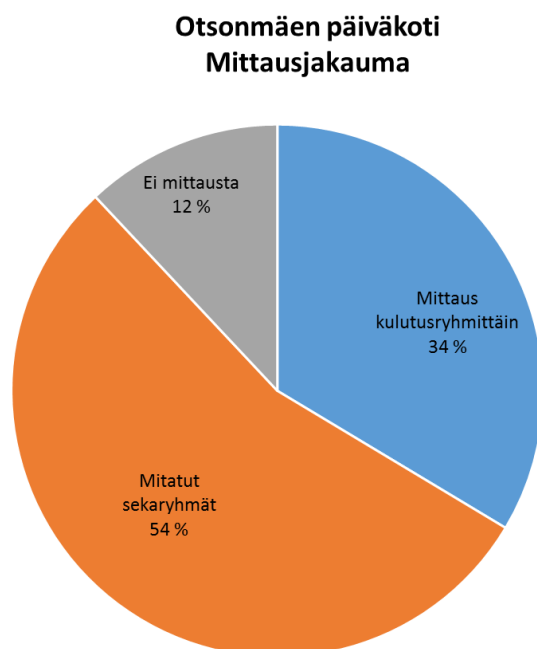


KUVIO 18. Laite- ja kulutusryhmäkohtainen mittausjakauma

Valaistuksen tehon- ja energianakulutus saadaan selville ja kohdennettua omaan kulutussektoriinsa 86 %:n tarkkuudella. Tämä osuus koostuu seurannoista, joissa mitataan sisävalaistusta omilla mittareilla, sekä mittauksista, joissa samalla mittarilla mitataan sekä ulko-, että sisävalaistusta. Ainoastaan 13 % kaikista valaistusryhmistä jää kokonaan mitausten ulkopuolelle, tai valaistus on osana mitattuja sekaryhmiä. Myös ruokahuollon laitteiden, autolämmityspistorasioiden sekä hissin tehon- ja energiankulutukset saadaan kokonaisuudessaan selville.

Kuten kuviosta huomataan, mittauksia kiinteistössä suoritetaan paljon. Suurin osa mittauksista suoritetaan kuitenkin sekaryhmissä, tai ryhmät jäävät kokonaan mitausten ulkopuolelle. Tarkan ja tavoitteellisen energiaseurannan kannalta näistä mittauksista ei juurikaan ole hyötyä. Esimerkiksi merkittävimmät kiinteistökohtaiset tehon- ja energiankulutusryhmät, kuten ulkoalueiden sulanapidot ja lämmitykset, siivous- ja vaatehuollonlaitteet sekä LVI-laitteet, ovat osana suurempaa mittauskokonaisuutta. Näin ollen näistä laite- ja kulutusryhmistä ei kiinteistön kokonaisenergiankulutuksen ja energianhallinnan kannalta saada riittävässä määrin kulutustietoja selville.

Kuvioon 19 on koottu Otsonmäen päiväkodin mittausjakauma kokonaisuudessaan. Rakennuksen kaikista laite- ja kulutusryhmistä sähköenergiankulutus saadaan mitattua ja jaettua omiin kulutussektoreihinsa 34 %:n osuudelta. Tämä osuus koostuu kuvion 18 laite- ja kulutusryhmistä tai niiden osista, jotka ovat merkattu kuvioon sinisellä.



KUVIO 19. Mittausjakauma kokonaisuudessaan

Ryhmistä 54 % mitataan sekaryhmissä, eli tämän osuuden energiankulutusta ei saada kohdennettua laite- ja kulutusryhmäkohtaisiin sektoreihin. Myöskään tarkkaa teho- ja energiajakaumaa ei tuolta osuudelta saada. Sekaryhmien osalta pystytään ainoastaan tekemään arvioita energiankulutuksesta, kun tiedetään millaisista kulutusryhmistä, kukin mittaus koostuu. Kuvioon 18 nämä ryhmät on merkattu oranssilla.

Ryhmistä 12 % jää kokonaan ilman kohdennettua kulutuksenseurantaa. Tuon 12 %:n osuuden muodostavat kuvioon 18 harmaalla merkityt pylvää tai niiden osat.

Tarkan ja tavoitteellisen energianseurannan kannalta sekamittaukset, sekä mittaukset jotka suoritetaan suurempina kokonaisuuksina, ovat tarkan energiahallinnan kannalta melko hyödyttömiä. Kuten kuvio 19 nähdään 54 % kulutusryhmistä kuuluu tähän kategoriaan. Tältä osuudelta ei saada tarkkoja teho- ja energiankulutustietoja laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti, eikä näin ollen saada selville, tarkkaa kiinteistökohtaista kulutusjakamaa.

5.5 Case-kohde 5: Puropuiston päiväkot

Puropuiston päiväkot sijaitsee Nokian kaupungissa Pirkanmaalla. Päiväkodin rakennusurakkaan kuului alkuperäisen rakennuksen saneeraus, sekä uuden lisäosan rakennus. Päiväkot tarjoaa nykyisellään hoitopaikan noin 150 lapselle, ja siellä toimii päivähoiton lisäksi leikkikerho sekä vuoropäiväkot. Vuoropäivähoito toimii uudessa lisäosassa ympäri vuorokauden, ja tarjoaa hoitopaikan lapsille joiden vanhemmat tekevät vuorotyötä. Päivähoito sijoittuu rakennuksen saneerattuun ”vanhaan osaan”. Päiväkot aloitti toimintansa nykyisessä muodossaan vuonna 2012. (Kortetmäki A. 2016.)

5.5.1 Tekniset dokumentit

Hankesuunnitelmaa ei teknisten dokumenttien tarkasteluun saatu.

Kiinteistön sähkön pääjakelu on järjestetty pää- ja nousukeskuksella, joiden avulla on toteutettu sähkönjakelu pääkeskukselta kulutuspisteisiin. Pääkeskukselta sähkönjakelu jakaantuu viiteen (5) jakokeskukseen sekä yhteen (1) nousukeskukseen. Nousukeskuksen kautta sähkönjakelu etenee edelleen neljään (4) jakokeskukseen. Jakokeskukset JK-11 ja JK-12 sisältävät paljon eri laite- ja kulutusryhmiä, ja hoitavat sähkönsyötön 1.krs:n laajennusosalle. Jakokeskukset JK-21 ja JK-22 sisältävät myös useita eri laite- ja kulutusryhmiä. Nämä keskuksat puolestaan syöttävät 2.krs:n laajennusosaa. Laajennusosan 2.krs:ssa sijaitsee myös ilmanvaihtolaitteilla varattu K-ILM1 IV-keskus. Saneerausosan pääsähkönjakelu on toteutettu nousukeskuksen NK-1 kautta. Nousukeskukselta 2.krs:n saneerausosan sähkönsyötön hoitavat JK-21 ja JK-22. Keskuksat sisältävät useita laite- ja kulutusryhmiä. Ullakkokerroksessa sijaitsee JK-31, joka sisältää valaistus- ja pistoraseryhmiä. Ullakkokerroksessa sijaitsee myös saneerausosan IV-keskus K-ILM2, joka sisältää sähkönsyöttäjä ilmanvaihtolaitteille.

Keskuskaavioissa seurannat oli selkeästi esitettyinä. Epäsuorissamittauksissa kytkennät oli toteutettu riviliittimien kautta. Seurantakohtaisesti oli eritelty, mitä laite- ja kulutusryhmää kullakin seurannalla mitataan, sekä virtamuuntajien muuntosuhteet.

Sähkötöselostuksessa ei ollut mainittu sähköenergian seurannoista tai niiden toteutuksesta mitään. Myöskään minkäänlaisia periaatekaavioita tai kuvia mittauksista ei sähkösuunnitteludokumenteista löytynyt.

Rakennusautomaatioyöselostuksessa ei mainittu sähköenergianseurannoista tai niiden toteutuksesta mitään. Myöskään säätökaavioihin ei mittauksia oltu dokumentoitu lainkaan.

Dokumentointia seurantojen osalta ei ollut juurikaan toteutettu, johtuen varmasti siitä, että niitä ei koko kiinteistössä juurikaan suoriteta. Teknisistä dokumenteista ainoastaan keskuskäyttöön sähköenergian mittaukset oli huomioitu. Muissa dokumenteissa mittauksista ei mainittu millään tasolla.

5.5.2 Mittausten tarkastelu

Puopuiston päiväkodin mittausten tarkastelua varten on liitteeseen 5 taulukoitu keskuskokonaisuudet. Taulukosta nähdään, minkälaisia mittauksia keskuskohtaisesti suoritetaan, sekä millaisista laite- ja kulutusryhmistä ne koostuvat. Lisäksi taulukossa on esitetty kunkin laite- ja kulutusryhmän ryhmämäärät. Kuten taulukoista nähdään, kiinteistön sähköjakelujärjestelmä on melko suuri, ryhmiä on kaiken kaikkiaan 278 kappaletta.

Koko päiväkodissa energiayhtiön laskutusperusteisen mittauksen lisäksi, sähköenergian mittauksia suoritetaan ainoastaan keittiön keskusosalta. Keittiön keskusosa sisältää ainoastaan ruokahuollon laitteita, joten toteutukseltaan tämä mittaus on varsin järkevä. Näin saadaan tarkasti selville ruokahuollon laitteiden energiankulutus.

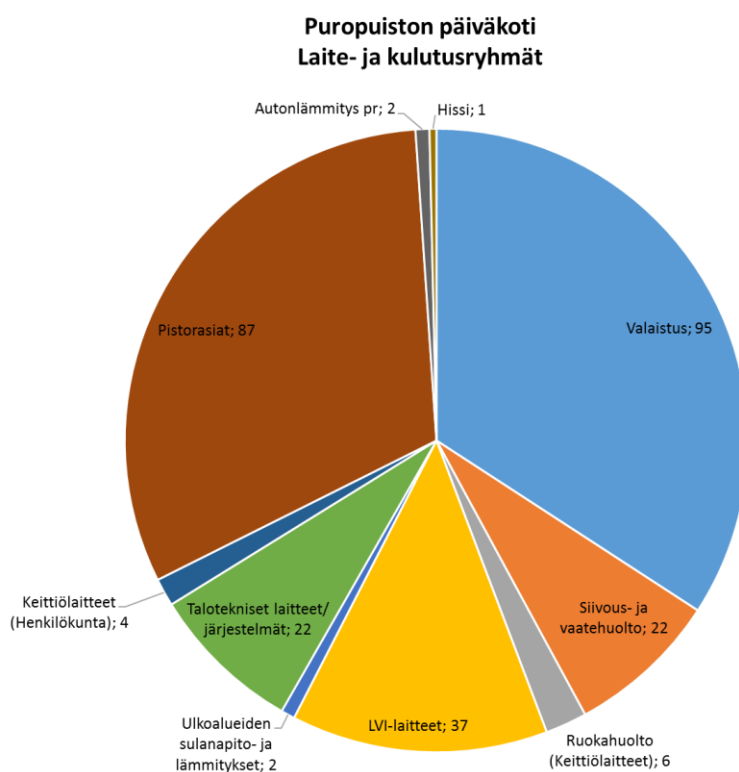
Sähkökeskuksia päiväkodissa on paljon, ja ne ovat rakenteeltaan hyvin saman tyyppisiä. Keskukset sisältävät paljon erilaisia laite- ja kulutusryhmiä. Laite- ja kulutusryhmäkohtaisia keskuksia ovat ainoastaan IV-keskukset K-ILM1 ja K-ILM2, jotka sisältävät pääasiassa IV-laitteita. Keskusten suunnittelussa olisi voinut kiinnittää huomiota tehon- ja energiankulutuksen kannalta merkittävämpiin laite- ja kulutusryhmiin. Laite- ja kulutusryhmät olisi voinut jakaa keskuskohtaisesti etusulakkeilla, ja varustaa ne omilla mittausillaan. Toisaalta suurimmat tehoa- ja energiaa kuluttavat laite- ja kulutusryhmät voisi

sijoitella omiin keskuksiinsa, jolloin mittareita tarvittaisiin määrällisesti vähemmän. Muiden laite- ja kulutusryhmien osalta voisi rakentaa ns. sekakeskuksia, joissa eri kulutusryhmät varustettaisiin omilla etusulakkeillaan sekä seurannoilla.

5.5.3 Yhteenveto

Kokonaisuudessaan Puropuiston päiväkodin osalta energiankulutuksen seurannat ovat heikolla tasolla. Ainoastaan kulutuksenseurannat ruokahuollon laitteiden osalta on toteutettu mallikkaasti. Muiden laite- ja kulutusryhmien osalta ei sähköenergianseurantoja ole toteutettu missään muodossa.

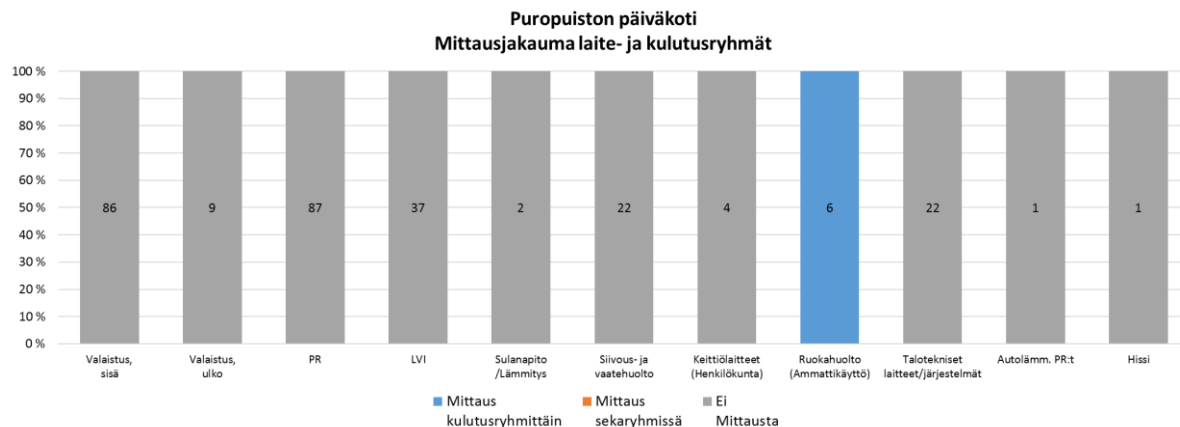
Kuviossa 20 on esitetty päiväkodin kaikki laite- ja kulutusryhmät, sekä millaisista ryhmämääristä ne koostuvat. Kuviossa esiintyvät lukuarvot ovat laite- ja kulutusryhmä koh-
taisia ryhmämääriä.



KUVIO 20. Puropuiston laite- ja kulutusryhmät

Kuten kuviosta huomataan ryhmämääräisesti suurimmat laite- ja kulutusryhmät koostuvat valaistuksesta (95), pistorasiaryhmistä (87), LVI-laitteista (37), siivous- ja vaatehuollonlaitteista (22) sekä taloteknisistä laitteista (22). Tehon- ja energiankulutuksen suhteen lähes kaikki edellä mainitut ryhmät ovat myös suurimpia.

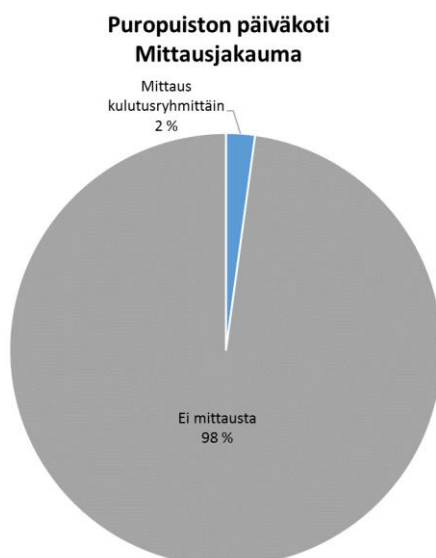
Kuviossa 21 on esitetty koko Puropuiston päiväkodin mittausjakauma laite- ja kulutusryhmä kohtaisesti.



KUVIO 21. Laite- ja kulutusryhmäkohtainen mittausjakauma

Kuten kuviosta nähdään, ruokahuollon laitteiden kuluttama sähköenergia saadaan kokonaisuudessaan selville.

Kuviossa 22 on esitetty Puropuiston päiväkodin koko mittausjakauma. Kuten kuviosta nähdään kiinteistön kaikista kulutusryhmistä vain 2 % sähköenergiankulutus saadaan mitattua ja jaettua omaan kulutussektoriin.



KUVIO 22. Mittausjakauma kokonaisuudessaan

6 TUTKIMUSTULOKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET

Tässä osioissa kerrotaan miksi sähköenergian kulutusta kannattaa seurata, ja mitkä ovat ne laite- ja kulutusryhmät, joihin erityisesti kannattaa kiinnittää huomiota. Lisäksi osioissa esitetään seurantojen dokumentoinnin kannalta tärkeitä asioita, sekä kahdesta casekohteesta vaihtoehtoiset ratakisumallit sähköenergian seurantojen toteutukselle. Osiossa pyritään havainnollistamaan, miten seurannat olisi voitu toteuttaa, sekä tuodaan esiin seurantojen suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavia asioita.

6.1 Sähköenergianseurannan hyödyt palvelurakennuksissa

Sähköenergiankulutuksen seurataan kannattaa panostaa, koska oikein toteutettuna seuranta mahdollistaa tehokaan ja tavoitteellisen energiakäytön hallinnan. Lisäksi palvelurakennuksissa energiakustannukset muodostavat merkittävän osa käyttökustannuksista. Pienempiin laite- ja kulutusryhmiin jaettua energiankulutusta on helpompi hallita ja seurata. Riittävässä laajuudessa toteutetulla seurannalla luodaan myös edellytykset käyttökustannusten tarkemmalle seurannalle sekä budjetoinnille.

Laite- ja kulutusryhmäkohtaisen seurannan avulla saadaan yksityiskohtaista tietoa energiankulutuksen tasosta. Energiankulutusta voidaan vertailla esimerkiksi tavoitekulutukseen, aiempien vuosien kulutukseen tai saman rakennuskannan toisiin vastaaviin rakennuksiin. Mitä tarkemmin seurannat on toteutettu, sitä yksityiskohtaisemman vertailun se mahdollistaa. Vertailun avulla voidaan puuttua mahdollisiin poikkeamiin sekä ongelma-kohtiin kulutuksessa. Mahdollisten poikkeamien ja ongelmien havaitsemiseen sekä paikantamiseen vaaditaan tuntitason energianseurantaa. Näin pystytään tarkasti määrittämään, millä ajanjaksolla poikkeamia esiintyy ja millaisia ne ovat kestoaltaan.

Suunnitteluvaiheessa, kun kohteeseen suunnitellaan energiaa säästäviä teknisiä ratkaisuja, ei ilman riittävän tarkkaa laite- ja kulutusryhmäkohtaista seurantaa, voida mitenkään todentaa näiden järjestelmien toimivuutta. Laite- ja kulutusryhmäkohtaisella seurannalla voidaan todentaa esimerkiksi energiatehokkaiden valaistusratkaisujen, ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen sekä ulkoalueiden lämmitysten ja sulanapidon toimivuutta. Mikäli koh-

teessa tehdään energiankäytön tehostamistoimenpiteitä, kuten ilmanvaihtokoneiden käyttöä osateholla tai valaistuksen valotehon pudotuksia, saadaan näiden toimenpiteiden kannattavuudesta ja toiminnasta tarkkaa tietoa.

Kysynnän jouston käyttöönoton kannalta tulevaisuudessa, sähköenergianseurantojen rooli on varsin merkittävä. Palvelurakennuksissa on useita eri laite- ja kulutusryhmiä, joiden ohjattavuuspotentiaali kysynnän jouston näkökulmasta on varsin merkityksellinen. Näitä kuormia ohjaamalla voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä, kuten sähkönkäyttöä edullisen hinnan aikaan, ostosähkön vähentämistä sekä kiinteistön oman pientuotannon täysimääräistä hyödyntämistä. Seurantojen avulla saadaan tieto, millaisia kuormia rakennuksessa on käytössä, jolloin ohjattavasta potentiaalista ja takaisinkytkennästä saadaan tarkka käsitys.

6.2 Parannusehdotukset palvelurakennusten energiaseurantaan

Seuraavassa osiossa pohditaan, mitä laite- ja kulutusryhmiä edellä käsiteltyjen palvelurakennusten kaltaisissa kohteissa tulisi seurata ja miksi. Koulujen ja päiväkotien sähkönjakelujärjestelmät ovat rakenteeltaan hyvin saman kaltaisia, ja ne sisältävät paljon samantlaisia laite- ja kulutusryhmiä. Suurimmat tehon- ja energiankulutusryhmät muodostuvat valaistuksesta, LVI-laitteista, ruokahuollon laitteista, siivous- ja vaatehuollon laitteista, sähkölämmityksistä sekä tekniikkaluokkien suuritehoisista laitteista.

Kouluissa ja päiväkodeissa valaistus on merkittävin tehon- ja energiankuluttaja, jolloin valaistuksen yksilöllisen seurannan merkitys kasvaa. Valot ovat päällä suurimmanosan vuorokaudesta, jolloin niiden tarkoituksenmukaiseen käyttöön, ohjaukseen ja seurantaan tulisi kiinnittää huomiota. Valaistuksen osalta seurannat tulisi toteuttaa niin, että valaistusryhmät sijoitettaisiin omaan keskusosaansa, tai vaihtoehtoisesti valaistuksen osalta rakennettaisiin omat keskukset. Näin pystytään erottelemaan valaistus omaksi osakokonaisuudeksi, ja kyseiset mittaukset sisältävät vain valaistusryhmiä. Seurannat voitaisiin erottaa myös ulkovalaistukseen ja sisävalaistukseen. Näin voidaan ulkovalaistuksen osalta tarkastella ohjausten toimivuutta ja varmistetaan esimerkiksi se, että ulkovaloja ei pidetä turhaan päällä valoisana aikana.

LVI-laitteet kouluissa ja päiväkodeissa ovat suuria tehon- ja energiankuluttajia, jolloin tätä laiteryhmiä tulisi mittauksilla seurata. Osa LVI-laitteista on jatkuvassa käytössä, jolloin laitteiden sähkönkulutus on myös yhtäjaksoista. LVI-laitteiden energiankulutusta tulisi vähintään seurata yhtenä mittauskokonaisuutena. LVI-laitteiden osalta seurannat voitaisiin jaotella myös pienempiin alaryhmiin, ja näin pystyttäisiin erottelemaan eri laitekokonaisuuksien kulutukset ja tehot toisistaan. Alaryhmien osalta seurannat tulisi toteuttaa niin, että ryhmät sijoitettaisiin omiin keskusosiin tai keskuksiin. LVI-laitteiden osakokonaisuudet jaoteltaisiin tapauskohtaisesti kohteittain IV-koneisiin ja erillispoistoihin, jäähdytykseen sekä lämmitykseen. IV-koneiden ja erillispoistojen osakokonaisuus pitää sisällään, tulo- ja poistoilmakoneet sekä erilliset tilakohteiset poistoilmapuhaltimet. IV-koneita ja erillispoistoja voitaisiin seurata joko konekohtaisesti, tai vaihtoehtoisesti vaikutusalueittain. Jäähdytyksen energianseuranta toteutettaisiin ilmastoinnin ja huonekohtaisen jäähdytyksen sekä mahdollisten erillisten jäähdytyskoneiden osalta. Lämmityksen osamittaus koostuisi käyttövedenlämmityksestä, kiertoilmakoneista sekä kiinteistön lämmityksestä, toteutustavasta riippuen. Pienempiin osakokonaisuuksiin jaottelu helpottaa kasvaviin kulutuksiin reagoimista ja ongelmakohtiin puuttumista, sekä mahdollisen säästöpotentiaalin tarkkaa havaitsemista.

Kouluissa ja päiväkodeissa ruokahuollonlaitteet muodostavat merkittävän osan energian- ja tehonkulutuksesta. Päiväkodeissa on lisäksi siivous- ja vaatehuollonlaitteita, joiden kulutus on myös merkittävässä roolissa kokonaisuutta ajatellen. Molempien laite- ja kulutusryhmien kuormitus on hyvin pistemäistä, eli ne eivät kuormita verkkoa yhtäjaksoisesti. Ruokahuollon sekä siivous- ja vaatehuollon laitteiden seurannat tulisi toteuttaa omina kokonaisuuksinaan, ja sijoittaa omaan keskusosaan ja/tai keskuksiin. Näiden laite- ja kulutusryhmien seurantojen avulla voitaisiin muodostaa jonkinlaisia suhdelukuja siitä, kuinka paljon yhden lapsen ylläpitoon kuluu energiaa. Tämä mahdollistaisi energiakustannusten tarkemman budjetoinnin, sekä lisäksi voitaisiin vertailla energiankulutusta saman tyyppisissä rakennuksissa suhteutettuna lapsimäärään.

Sähkölämmitykset muodostavat koulujen sekä päiväkotien osalta merkittävän kulutusryhmän. Sähkölämmitysten kulutushuippu on kausittaista ajoittuen talveen. Sähkölämmitykset voidaan tämän tyyppisissä kiinteistöissä jakaa seuraavasti kolmeen (3) alaryhmään:

- autolämmitykset
- sulanapidot (räystäskourut, kattokaivot, ulkoalueet)
- lämmitykset (saattolämmitykset, IV-kammiot).

Sähkölämmitysten kulutusta tulisi vähintäänkin seurata yhtenä kokonaisuutena. Lämmitykset voidaan myös jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin. Sulanapidot ja lämmitykset olisi oma osakokonaisuus ja autolämmitykset omansa. Näin saataisiin mittaustiedon perusteella selville näiden kulutusryhmien tarkoituksenmukainen ja oikea toiminta.

Pistorasiaryhmiä on kouluissa ja päiväkodeissa paljon. Pistorasiaryhmien kulutus vaihtelee paljon kuormituksesta riippuen, ja se on hyvin pistemäistä. Pistorasiaryhmistä tulisi erikseen erotella atk-laitteille tarkoitettut pistorasiat. Etenkin koulujen osalta, jossa on paljon atk-laitteita, ja ne ovat lähes yhtäjaksoisesti päällä. Atk-laitteet muodostavat merkittävän kulutusryhmän, ja niiden osalta seurannat tulisi suorittaa omana kokonaisuutenaan ja jaotella omiin keskusosiinsa tai keskuksiin. Atk-laitteet ovat myös kiinteistöjen suurimpia loistehon kuluttajia. Seurannan avulla saataisiin tietoon millaisen loistehokuorman nämä laitteet todellisuudessa muodostavat. Näin myös kiinteistöjen kompensointikokonaisuuksien mitoittamiseen saataisiin hyödyllistä tietoa, ja välttyttäisiin mahdollisilta ylimitoituksilta.

Mikäli joitain kulutusryhmä ei koeta tarpeelliseksi juuri sillä hetkellä kuin seurantoja määritetään, voidaan seurannat kuitenkin merkitä ”varauksina” suunnitelmiin. Näin seurantoja on helppo lisätä tulevaisuudessa tarpeen mukaan. Varausten osalta on kuitenkin huomioitava, että keskusrakenteet suunnitellaan siten, että tarvittavat laite- ja kulutusryhmät saadaan mahdollisimman järkeviksi. Myös mittausten vaatimat tilavaraukset on keskuksissa huomioitava. Tällöin lisätyistä seurannoista saadaan riittävän tarkkoja osakokonaisuuksia.

6.3 Seurantojen suunnittelu

Sähköenergian seurantojen huomiointi heti hankesuunnitteluvaiheessa on ensisijaisen tärkeää. Hankesuunnitelman energiaselvityksessä tulisi ottaa kantaa, mitkä ovat rakennuksen merkittävimmät laite- ja kulutusryhmät tehon- ja energiankulutuksen kannalta. Energiaselvitykseen tulisi määrittää ne laite- ja kulutusryhmät, joista seurannat halutaan toteuttaa sekä mahdolliset varaukset seurannoille. Lisäksi suunnittelun alkuvaiheessa tulisi

sähkökeskusten tilavarauksiin kiinnittää erityistä huomiota. Sähkökeskusten järkevällä sijoittelulla pystytään minimoimaan seurantojen aiheuttamat ”lisäkustannukset”.

Sähköteknisistä dokumenteista seurannat tulisi huomioida etenkin keskuskaaviossa, sähkötyöselostuksessa ja järjestelmäkaaviossa. Keskuskaaviossa mittaukset tulisi tyypittää mitattavaan laite- ja kulutusryhmään soveltuvilla esimerkki mittareilla, joilla seurannat olisi mahdollista toteuttaa. Lisäksi mittauskohtaisesti tulisi käydä ilmi, mitä laite- ja kulutusryhmää mittarilla seurataan, mihin valvonta-alakeskukseen mittarit liitetään sekä virtamuuntajien muuntosuhde ja tarkkuusluokka. Osaksi sähkötyöselostusta tulisi liittää tilaajan täyttämä taulukko tarpeista ja tavoitteista seurantojen suhteen. Sähkötyöselostukseen tulisi lisäksi kirjata tarkennuksia ja huomioita, joita seurantojen tekninen toteutus vaatii. Esimerkiksi järjestelmäkaavio, jossa esitetään keskukset, joihin mittarit liitetään, mittareiden väliset kaapeloinnit sekä muut laitteet, jotka mittausjärjestelmään liittyy tai liitetään.

Automaatiosuunnitelmissa seurantojen tulisi näkyä vähintään säätökaaviossa, johon tehtäisiin kokonaan oma osio seurannoille. Säätökaaviossa tulisi esittää seuraavat asiat

- mittareiden väyläliitynnät
- mittarikohtaisesti mitattavat suureet
- pätö- ja loisenergian yhteen laskenta
- energian kulutusten esitys valvomografiikalla laite- ja kulutusryhmittäin
- mittauksien ohjelmalliset hälytykset ja hälytysluokat.

Lisäksi mittareiden ja valvonta-alakeskuksen välisistä liitynnöistä tulisi tehdä periaatekaavio. Kaaviossa esitettäisiin mittareiden positiot, käytettävä väyläprotokolla sekä liityntäpiste ja sen tyyppi. Kaaviossa eriteltäisiin myös laite- ja kulutusryhmäkohtaisilta mittauksilta sekä energia-analysaattoreilta mitattavat suureet. Laite- ja kulutusryhmäkohtaisilta seurannoilta luettavat suureet:

- Pätöenergia (kWh).
- Loisenergia (kVAr).
- Vaihesiirtokulma (cosφ).
- Vaihtojännitteet (V) ja vaihtovirrat (A).

Energia-analysaattorilta luettavat suureet:

- Pätöenergia (kWh).
- Loisenergia (kVAr).
- Vaihesiirtokulma ($\cos\phi$).
- Vaihtojännitteet (V) ja vaihtovirrat (A).
- Nollajohtimen virta (A).
- Vaihevirta- ja jännitesäröt (%).
- Mittarin sisäiset raja-arvohälytykset.

Kaaviossa tulisi mainita myös, että seurannoista muodostetaan valvomografiikalle laite- ja kulutusryhmittäin vähintään yhteenlasketut pätöenergian kulutukset. Loisenergian yhteenlaskettu kulutus olisi myös hyvä tuoda esiin. Yhteenlaskutoiminnon avulla voisi grafiikalle muodostaa myös vertailukulutukset aiempaan vuoteen tai tavoitekulutukseen verrattuna. Säättökaavioihin tulisi määrittää myös laite- ja kulutusryhmäkohtaisille seurannoille ohjelmalliset hälytykset sekä hälytysluokat. Näin saadaan hälytykset näkyviin valvomografiikalla, jolloin huoltohenkilökunnan vasteaika kulutuksen muutoksiin ja ongelmiin nopeutuu. Seurantojen näkyväksi tekeminen ja vertailu on merkittävässä roolissa tavoitteellisen energianseurannan suhteen.

6.4 Vaihtoehtoiset ratkaisumallit

Tässä osiossa eitetään kahdesta (2) case-kohteesta vaihtoehtoiset ratkaisumallit sähköenergian seurantojen toteutuksesta. Ratkaisumallien tarkoituksena on antaa näkökulmia seurantojen suunnitteluun ja toteutukseen. Tämän opinnäytetyön kappaleessa 7 on luotu työkalu tilaajille (taulukko 10), jonka avulla voidaan määrittää energianseurannan tavoitteet ja tarpeet. Kappaleessa käytetään seurantojen määrittämisessä apuna tätä tilaajantyökalua.

6.4.1 Luhtaan päiväkotia

Aiemmin kappaleessa 5.2 on käyty läpi Luhtaan päiväkodin sähköenergianseurantojen nykytilanne. Kuten kappaleesta nähdään, seurantoja laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti suoritetaan vain aurinkosähköjärjestelmän sekä LVI-laitteiden osalta. Keskuskohtaisia etumittauksia suoritetaan kahden keskuksen osalta. IV-laitteita pääasiassa sisältävän jakokeskuksen (JK-002) etumittaus voidaan lukea laite- ja kulutusryhmäkohtaiseksi, koska se sisältää vain muutaman valaistus- ja pistorasiaryhmän, joiden käyttö normaalitilanteessa on vähäistä. Sen sijaan keittiön jakokeskuksen (JK-102) etumittaus sisältää mm. valaistusryhmiä, jolloin valaistuksesta muodostuu merkittävä vääristymä ruokahuollonlaitteiden seurantaan.

Luhtaan päiväkodin osalta tehon- ja energiankulutuksen kannalta suurimmat laite- ja kulutusryhmät ovat valaistus, LVI-laitteet, siivous- ja vaatehuollonlaitteet, sulanapidot ja lämmitykset sekä ruokahuollonlaitteet. Näiden laite- ja kulutusryhmien osalta tarkempi seuranta tulisi toteuttaa. Taulukkoon 8 on määritetty Luhtaan päiväkodin osalta uudet energianseurannan tavoitteet ja tarpeet, huomioiden suurimmat kulutusryhmät. Näiden tarpeiden ja tavoitteiden pohjalta muodostetaan vaihtoehtoinen ratkaisumalli seurantojen toteutukselle.

TAULUKKO 8. Luhtaan päiväkodin ratkaisumallin tavoitteet ja tarpeet

SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSENSEURANNALLE ASETETUT TAVOITTEET JA TARPEET										Kohde: Luhtaan päiväkoti	
										Kohteen tiedot:	
										Laatija(t):	
										Versio:	
S1	S2	S3	S4							S5	S6
LAITE- JA KULUTUSRYHMÄ	LAITE- JA KULUTUSRYHMIEN SISÄLTÖ	LAITE-/KULUTUSRYHMÄ KOHTAINEN SEURANTA	YHDISTETTY LAITE- JA KULUTUSRYHMIEN SEURANNAT							EI MITTAUSTA	HUOMIOITA
		Mittaus 1:	Mittaus 2: Sulanapidot ja lämmitykset	Mittaus 3:	Mittaus 4:	Mittaus 5:	Mittaus 6:	Mittaus 7:	Mittaus 8:	Mittaus 9:	
1.0	Uusiutuva energia	-Uusiutuvan energian pien- tai mikrotuotanto.									Mikäli kohteeseen suunniteltu pien-/mikrotuotanto (aurinko, tuuli, ym.) talloin on syytä huomioida tuotetun energian mittaus.
1.1	Aurinkoenergia	-Aurinkosähköjärjestelmä	X								
1.2											
1.3											
2.0	Valaistus		X								Valaistuksen osalta energianseurannat toteutetaan yhtenä mittauskokonaisuutena. Eli sisä- ja ulkovalaistusta voidaan kytkeä samaan mittaukseen. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
2.1	Sisävalaistus										
2.2	Ulkovalaistus										
2.3	Erillinen valaistuksen ohj.järjestelmä	-Laskennallinen kulutus									Kohteessa ei ole erillistä valaistuksen ohjausjärjestelmää.
3.0	Sähkölämmitys										
3.1	Autolämmityspistorasiat										
3.2	Sulanapidot	-Ränni- ja kourusulanapidot -Ulkoalueiden sulanapidot		X							
3.3	Lämmitykset	-Saattolämmitykset -Riisilämmikamion lämmitykset		X							
4.0	LVI-laitteet		X								Lvi- laitteet mitataan yhtenä osakokonaisuutena. Eli lvi- laitteiden seurannat varustetaan keskuskohtaisesti omilla mittauksilla ja näiden mittauksen tueksi sijoitetaan vain lvi-laiteryhmiä. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
4.1	Tulo- ja poistolimakoneet	-Konekohtainen seuranta -Seuranta vaikutusalueittain									
4.2	Erillispoistot										
4.3	Lämmitys	-Kiertolimakoneet -Lämpöpumpat -Käyttöveden lämmitys									
4.4	Jäähdytys	-Jäähdytyspalkit -Puhallinkonvektorit -Vedenjäähdytyskoneet									
5.0	Pistorasiat									X	
5.1	Yleiseen käyttöön tarkoitettut pistorasiat										
5.2	ATK-laitteiden pistorasiat	-Tietokoneet -Tulostimet -Ym.									
6.0	Sähköauton lataus									X	Kohteessa ei tule sähköauton latausta.
7.0	Hissi									X	Kohteeseen ei tule hissiä.
8.0	Talotekniset laitteet/ järjestelmät	-Turvavalolaitteistot -Saavunpoistolaitteistot -Paloilmoitinlaitteistot -Rikosilmoitinlaitteistot -Ym.								X	
9.	Sivous- ja vaatehuolto	-PPK -KVR -Kuiväskaapit -Sivous pistorasiat -Ym.	X								Sivous- ja vaatehuollonlaitteiden syötöt sijoitetaan keskuksissa omiin osakokonaisuuksiinsa. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
10.0	Ruokahuollonlaitteet	-Ruuan valmistukseen tarvittavat laitteet.	X								Ruokahuollonlaitteiden ja henkilökunnan keittiölaitteiden osalta toteutetaan yhdistetty mittaus. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
10.1	Keittiö	-APK -Uunit -Kylmiöt -Ym.									
10.2	Keittiölaitteet (Henkilökunta)	-Liesi -Ruillakot -Mikro -Ym.									
11.0	Opetustilat-/luokat	-Teknisentyöntilat -Tekstiilityöntilat -Kotitalousluokat -Musiikkiluokat -Ym.								X	Kohde ei sisällä opetus- ja luokkatiloja.

Mikäli laite- ja kulutusryhmäkohtaiset seurannat olisi määritelty taulukon 8 mukaisesti, voisi sähköenergian seurantojen toteutusta mieltä seuraavan ratkaisumallin avulla. Liitteessä 7 on esitetty Luhtaan sähköenergianseurannan ratkaisumallin periaatekaavio. Kaaviosta nähdään, millainen on sähkönjakelujärjestelmä pääpiirteittäin, nykyiset seurannat sekä millaisia uusia seurantoja keskuksiin sijoitetaan. Luhtaan päiväkoti on kooltaan melko pieni, joten pienempien laite- ja kulutusryhmäkohtaisten keskusten käyttöä voisi harkita, esimerkiksi valaistuksen osalta. Luhtaan ratkaisumallissa kellarikerrokseen lisätään yksi (1) ja ensimmäiseen kerroksen lisätään kaksi (2) valaistuskeskusta. Näin valais-

tuskeskusten syötöt pystytään keskittämään pääkeskukselta, johon varataan näille keskuksille omat kiskostot ja etukojeet. Toinen vaihtoehto olisi kaapeloida erilliset syöttökaapelit suuremmille keskuksille ja näistä keskuksissa varattaisiin erilliset keskuksenosat valaistuksen käyttöön. Tällöin välttyttäisiin erillisten keskusten hankinnalta. Toteutettiinpa valaistuksenseuranta kummalla tavalla tahansa, näin valaistuksenseurannan osalta tarvitaan vain yksi seuranta pääkeskukselle. Vastaavasti, jos jokainen keskus varustettaisiin omilla valaistusmittauksillaan, tarvittava seurantojen määrä olisi huomattavasti suurempi. Tällaisissa pienissä päiväkodeissa kaapelointimatkat eivät kasva kovinkaan suureksi, jolloin pienempiin kulutusryhmäkohtaisiin keskuksiin jako lisää kaapelointi kustannuksia vain hieman. On myös huomioitava keskusten määrän lisääntyminen kustannuksia vertailtaessa. Pienempiä keskuksia tulee määrällisesti enemmän, mutta toisaalta suuremmat keskuksat pienenevät valaistusryhmien siirtyessä pienempiin keskuskokonaisuuksiin. Näissä tapauksissa tulee suunnittelijoiden miettiä, milloin pienempien keskuskokonaisuuksien käyttö on kustannustehokkaampaa verrattuna suuriin keskitettyihin keskuskokonaisuuksiin.

Kuten kaaviosta nähdään, seurantoja tulee nykyisen neljän (4) seurannan sijaan kuusi-toista (16) kappaletta. Näin jokainen suuritehoinen ja paljon energiaa kuluttava laite- ja kulutusryhmä, saadaan omiin keskuskohtaisiin kokonaisuuksiinsa. Tämä on välttämättömyys, mikäli kulutusta halutaan seurata tarkasti ja tavoitteellisesti.

Liitteeseen 8 on koottu Luhtaan päiväkodin ratkaisumallin uusi keskuskokonaisuus. Ratkaisumallin uudet sekä muutetut seurannat näkyvät liitteessä vaaleansinisellä, ja keskuskohtaiset ryhmien siirrot on kuvattu katkoviivoin. Pääkeskuksen osalta omiin mittauskokonaisuuksiin ryhmiteltäisiin siivous- ja vaatehuollon laitteet, ruokahuollon laitteet sekä sulanapidot ja lämmitykset. Valaistuksen osalta pääkeskuksessa sijaitsevat valaistusryhmät siirretään omaan valaistukselle varattuun keskukseen (JK-V001). Tämä keskus tulee sijoittaa keskeiselle paikalle kellarikerrokseen, jolloin kellarin valaistusryhmät saadaan sijoitettua tähän keskukseen.

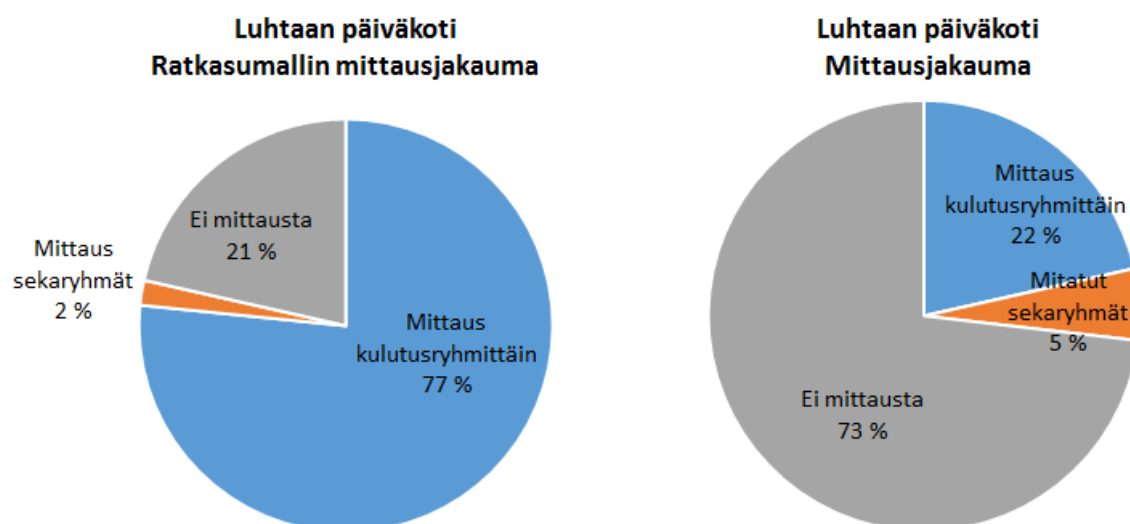
Jakokeskus JK-101 ja keittiönjakokeskus JK102 sijaitsevat 1.krs:ssa vierekkäin. Keittiönjakokeskuksen JK-102 etumittaus on todennäköisesti laskutusperusteinen. Näin saadaan päiväkodin sisäisten toimijoiden vuokrat eroteltua toisistaan. Laskutusperusteinen mittaus ei kuitenkaan poissulje tarkan ja tavoitteellisen kulutuksen seurannan toteutusta.

Keittiölaitteille tulisi rakentaa oma kiskosto, johon sijoitettaisiin vain ruokahuollonlaitteiden sähkönsyötöt. Näin saadaan yhdistettyä laskutusperusteinen, sekä laite- ja kulutusryhmäkohtainen seuranta keittiön osalta. Jakokeskus JK-101:n osalta omiin kiskostoihin siirrettäisiin siivous- ja vaatehuollonlaitteet, ruokahuollonlaitteet, LVI-laitteet sekä sulanapidot ja lämmitykset. Lisäksi jakokeskus JK-101:n valaistusryhmät siirrettäisiin valaistuksen jakokeskukseen JK-V003.

Jakokeskus JK-103 sijaitsee myös 1.krs:ssa, mutta JK-101 ja JK-02:een nähden aivan päiväkodin toisella laidalla. Näin ollen ryhmien siirto, toiseen keskukseen JK-103:n osalta on melko haastavaa. Kaapeleiden pituudet ja reitit asettavat ryhmien siirrolle haasteita tai tekevät siitä jopa mahdottoman. Näin ollen JK-103:n osalta siivous- ja vaatehuollon laitteet, LVI-laitteet sekä sulanapidot ja lämmitykset varustettaisiin jakokeskuksessa omilla kiskostoillaan, jolloin seurannoista muodostuisi omat kokonaisuutensa. Tämän jakokeskuksen valaistusryhmät siirretään omaan valaistuskeskukseen JK-V004.

IV-jakokeskus (JK-002) pidetään seurantojen osalta ennallaan, koska se sisältää vain muutaman valaistus- ja pistorasiaryhmän, joita normaalitilanteessa käytetään harvoin. Nämä valaistus- ja pistorasiat muodostavat vain pienen vääristymän IV-laitteiden kulutuksen seurannassa. Myös väestönsuojan jakokeskus voidaan jättää ilman seurantaa, koska sen sisältämien laite- ja kulutusryhmien käyttö on normaalitilanteessa vähäistä. Mikäli tarpeelliseksi nähdään, voidaan väestönsuojan jakokeskus varustaa omalla etumittauksellaan, tai esimerkiksi valaistus omalla seurannallaan. Tällöin huomioitaisiin se, jos väestönsuojaa käytetään muihin tarkoituksiin rauhanaikana, ja valaistus on käytössä yhtäjaksoisemmin.

Kuvioon 23 on koottu vertailun vuoksi ratkaisumallin sekä nykyisten seurantojen mitausjakaumat. Kuten kuviosta havaitaan, suurimpien laite- ja kulutusryhmien seurannoilla katetaan lähes 80 % kaikista kiinteistön kulutusryhmistä. Tällöin kiinteistön suurimpien kulutusryhmien osalta saadaan yksilölliset sekä tarkat tehon- ja energiankulutustiedot. Ratkaisumallin tyyppiseen lopputulokseen päästään varsin yksinkertaisilla toimenpiteillä, kunhan suunnittelua tehtäisiin hieman seurantakeskeisemmin.



KUVIO 23. Ratkaisumalli sekä nykyinen mittausjakauma

6.4.2 Otsonmäen päiväkoti

Aiemmin kappaleessa 5.4 on käyty läpi Otsonmäen päiväkodin sähköenergianseurantojen nykytilanne. Kuten kappaleesta huomataan, seurantoja suoritetaan määrällisesti paljon. Laite- ja kulutusryhmäkohtaisia seurantoja suoritetaan hyvin valaistuksen, autolämmityspistorasioiden, hissien sekä ruokahuollonlaitteiden osalta. Kuitenkin suurin osa suoritetuista seurannoista, on toteutettu keskuskohtaisesti, jolloin niistä ei juurikaan ole hyötyä tarkan ja tavoitteellisen energiaseurannan kannalta. Nämä keskuskohtaiset seurannat sisältävät useita eri laite- ja kulutusryhmiä, jolloin tarkkaa tehon- ja energiankulutusta näiden keskusten yksittäisistä laite- ja kulutusryhmistä ei saada. Tämä keskuskohtainen seuranta kuitenkin mahdollistaa sen, että energiankulutus saadaan pilkottua hieman pienempiin osiin, jolloin kasvavat kulutukset ja mahdolliset ongelmakohdat on helpompi paikallistaa.

Otsonmäen päiväkodin osalta tehon- ja energiankulutuksen kannalta suurimmat laite- ja kulutusryhmät ovat valaistus, LVI-laitteet, siivous- ja vaatehuollonlaitteet, sulanapidot ja lämmitykset sekä ruokahuollonlaitteet. Näiden laite- ja kulutusryhmien osalta tarkempi seuranta olisi varsin järkevä toteuttaa. Taulukkoon 9 on määritetty Otsonmäen päiväkodin osalta uudet energiaseurannan tavoitteet ja tarpeet, huomioiden suurimmat kulutusryhmät. Näiden tarpeiden ja tavoitteiden pohjalta muodostetaan vaihtoehtoinen ratkaisumalli seurantojen toteutukselle.

TAULUKKO 9. Otsonmäen päiväkodin ratkaisumallin tavoitteet ja tarpeet

SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSEN SEURANNALLE ASETETUT TAVOITTEET JA TARPEET										Kohde: Otsonmäen päiväkotito	
										Kohteen tiedot:	
										Laajitus(t):	
										Versio:	
S1	S2	S3	S4							S5	S6
LAITE- JA KULUTUSRYHMÄ	LAITE- JA KULUTUSRYHMÄN SISÄLTÖ	LAITE- JA KULUTUSRYHMÄN KOHTAINEN SEURANTA	YHDISTETTY LAITE- JA KULUTUSRYHMÄN SEURANNAT							EI MITTAUSTA	HUOMIOITA
		Mittaus 1:	Mittaus 2:	Mittaus 3:	Mittaus 4:	Mittaus 5:	Mittaus 6:	Mittaus 7:	Mittaus 8:	Mittaus 9:	
1.0 Uusiutuva energia	- Uusiutuvan energian pien- tai mikrotuotanto.										Mikäli kohteeseen suunniteltu pien-/mikrotuotanto (aurinko, tuuli, ym.) tällöin on syytä huomioida tuotetun energian mittaus.
1.1											
1.2											
1.3											
2.0 Valaistus											
2.1 Sisävalaistus				X							Valaistuksen osalta energianseurannat toteutetaan yhtenä mittaukokonaisuutena. Eli sisä- ja ulkovalaistusta, jotka eivät kuulu DALI-järjestelmään voidaan kytkeä samaan mittaukseen. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
2.2 Ulkovalaistus				X							
2.3 Erillinen valaistuksen ohj.järjestelmä	- Laskennallinen kulutus	X									Kohteen sisävalaistuksesta suurimman osan ohjauksen on toteutettu DALI-valaistuksen ohjauksella. Järjestelmästä on mahdollista saada järjestelmään kytkettyjen valaistuksen keskeinen kulutus. Näiden valaistuksen osalta erillistä seurantaa ei toteuteta.
3.0 Sähkölämmitys											
3.1 Autolämmityspistorasiat		X									
3.2 Sulanapidot	- Ränni- ja kourusulanapidot - Ulkoaluiden sulanapidot		X								
3.3 Lämmitykset	- Saattolämmitykset - Raitisilmakamion lämmitykset		X								
4.0 LV-laitteet		X									LV-laitteet mitataan yhtenä osakokonaisuutena. Eli LV-laitteiden seurantatavoitteet keskeisesti omalla mittauksellaan ja näiden mittauksen taakse sijoitetaan vain LV-laiteryhmä. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
4.1 Tulo- ja poistolamakat	- Konekohtainen seuranta - Seuranta vaikutusalueittain										
4.2 Erillispistot											
4.3 Lämmitys	- Kiertolamakat - Lämpöpumput - Käyttöveden lämmitys										
4.4 Jäähdytys	- Jäähdytyspallit - Puhallinvektorit - Vedenjäähdytyskoneet										
5.0 Pistorasiat										X	
5.1 Yleiseen käyttöön tarkoitettut pistorasiat											
5.2 ATK-laitteiden pistorasiat	- Tietokoneet - Tulostimet - Ym.										
6.0 Sähköauton lataus										X	Kohteen ei toteuteta sähköauton latausta.
7.0 Hissi		X									
8.0 Talotekniset laitteet/järjestelmät	- Tunnusvalolaitteistot - Saavunpoistolaitteistot - Paloilmoitinlaitteistot - Rikosilmoitinlaitteistot - Ym.									X	
9. Siivous- ja vaatehuolto	- PKK - KVR - Kuivauskapit - Siivous pistorasiat - Ym.	X									Siivous- ja vaatehuollonlaitteiden syöttö sijoitetaan keskuksiin omiin osakokonaisuuksiinsa. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
10.0 Ruokahuollonlaitteet	- Ruuan valmistukseen tarvittavat laitteet.	X									Ruokahuollonlaitteiden ja henkilökunnan keittolaitteiden osalta toteutetaan yhdistetty mittaus. Näitä laite- ja kulutusryhmiä sisältävien keskusten ryhmittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota eroteltuihin seurantakokonaisuuksiin.
10.1 Keittiö	- APK - Uunit - Kylmämö - Ym.										
10.2 Keittolaitteet (Henkilökunta)	- Liesi - Rullakot - Mikro - Ym.										
11.0 Opetustilat/luokat	- Tekniseityntilat - Tekniseityntilat - Kotitalousluokat - Musiikkiluokat - Ym.									X	Kohde ei sisällä opetus- ja luokkatiloja.

Mikäli laite- ja kulutusryhmäkohtaiset seurannat olisi määritelty taulukon 9 mukaisesti, voisi sähköenergian seurantojen toteutusta miettiä seuraavan ratkaisumallin avulla. Liitteessä 8 on esitetty Otsonmäen päiväkodin energiaseurannan ratkaisumallin periaatekaavio. Kaaviosta nähdään millaiset ovat sähköjakelujärjestelmän pääpiirteet, nykyiset seurannat sekä millaisia uusia seurantoja keskuksiin sijoitetaan. Otsonmäen päiväkotito on kooltaan suurempi kuin Luhtaan päiväkotito, jolloin sähköjakelujärjestelmäkin on huomattavasti suurempi. Tästä syystä Otsonmäen ratkaisumallissa hyödynnetään suuria keskuskokonaisuuksia, ja seurannat keskitetään laite- ja kulutusryhmittäin keskuksiin. Sähköjakelujärjestelmän pää rakenne pidetään siis ennallaan, muutoksia tehdään ainoastaan

keskuskohtaisiin rakenteisiin sekä laite- ja kulutusryhmäkohtaiseen ryhmittelyyn. Keskusten ryhmittelyssä ja rakenteissa kiinnitetään huomiota suurimpiin tehoa ja energiaa kuluttaviin kulutusryhmiin.

Kuten kaaviosta huomataan, on sähköenergianseurantoja nykyisellään kaksitoista (12) kappaletta. Vaihtoehtoisessa ratkaisumallissa seurantoja on lisätty kymmenen (10) kappaletta lisää. Näin jokainen suuritehoinen ja paljon energiaa kuluttava laite- ja kulutusryhmä saadaan omiin keskuskohtaisiin kokonaisuuksiinsa.

Liitteeseen 9 on koottu Otsonmäen päiväkodin uusi keskuskokonaisuus. Liitteen avulla pyritään havainnollistamaan, millaisiin laite- ja kulutusryhmiin energianseurannat tulisi keskuskohtaisesti jakaa. Liitteessä vaaleansinisellä näkyy lisätyt uudet seurannat, ja katkoviivoituksella kuvataan ryhmäkohtaiset siirrot keskuksittain.

Pääkeskus sisältää ainoastaan nousujohtoja kiinteistön jakokeskuksiin sekä hissin ja autolämmityspistorasioiden syötöt. Pääkeskuksen osalta mittauksiin ei tehdä muutoksia, sillä hissin ja autonlämmitysten osalta seurannat suoritetaan jo nykyisellään kulutusryhmäkohtaisesti. Myöskään lämmönjakohuoneen jakokeskuksen osalta seurantoihin ei tehdä muutoksia. Lämmönjakohuoneen jakokeskus on toteutettu lähes laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti, sillä keskus sisältää pääasiassa LVI-laiteryhmiä. LVI-laitteiden lisäksi keskuksessa on lämmönjakohuoneen valaistus- sekä pistorasiaryhmät, jotka normaalitilanteessa ovat vähäisellä käytöllä, joten ne vääristävät vain hieman LVI-laitteiden osalta saatavaa tehon- ja energiankulutusta. Lämmönjakohuoneen osalta seurantojen toteutus tällä tavoin on varsin hyvä ratkaisu.

Kiinteistökeskuksen osalta keskuskohtaiseen seurantaan on tehty varaus, ja näin tulevaisuudessa keskuskohtaisen seurannan lisääminen on mahdollista. Tällä seurannan lisäyksellä saataisiin selville kiinteistön yleistentilojen sekä ulkoalueen sähköenergian kulutus. Valaistuksen osalta seurannat on toteutettu laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti, joten tämän seurannan osalta suuria muutoksia ei tarvitse tehdä. Ainoana muutoksena siirrettäisiin viemärien saattolämmitys osaksi uutta sulanapidon ja lämmitysten seurantaryhmää. Kaikki loput laite- ja kulutusryhmät jäävät kiinteistökeskuksen osalta seurannan ulkopuolelle. Jakokeskus JK-11 sijaitsee aivan kiinteistökeskuksen vieressä, joten siivous- ja vaatehuollonryhmät voisi siirtää tähän keskukseseen, jossa on muita saman kulutusryhmän laitteita. Näin saataisiin keskitettyä tiettyjä laite- ja kulutusryhmiä eri keskuksiin. Lisäksi

kiinteistökeskuksessa omilla seurannoillaan tulisi varustaa henkilökunnan keittiölaitteet, LVI-laitteet sekä sulanapidot ja lämmitykset.

Jakokeskukset JK-11 ja JK-12 ovat lähes identtiset. Näiden keskusten osalta seurantoja suoritetaan keskuskohtaisella etumittauksella. Seurantojen osalta saadaan selville keskuksittain kokonaistehon ja -energian kulutukset. Lisäksi molemmissa keskuksissa on valaistuksen takamittaus, jolla saadaan pelkästään valaistuksen kuluttama energiankulutus selville. Valaistuksen seurantaan ei tässä ole tarvetta tehdä muutoksia. Siivous- ja vaatehuollonlaitteet ovat nykyisellään keskusten etumittauksien takana, joten nämä ryhmät varustetaan omalla seurannallaan molempien keskusten osalta.

Jakokeskus JK-13 toimii keittiötä syöttävänä keskuksena. Keittiökeskus sisältää ainoastaan ruokahuollon laitteita, ja keskuksen seuranta on toteutettu etumittauksella. Näin ollen tähän seurantaan ei ole tarvetta puuttua.

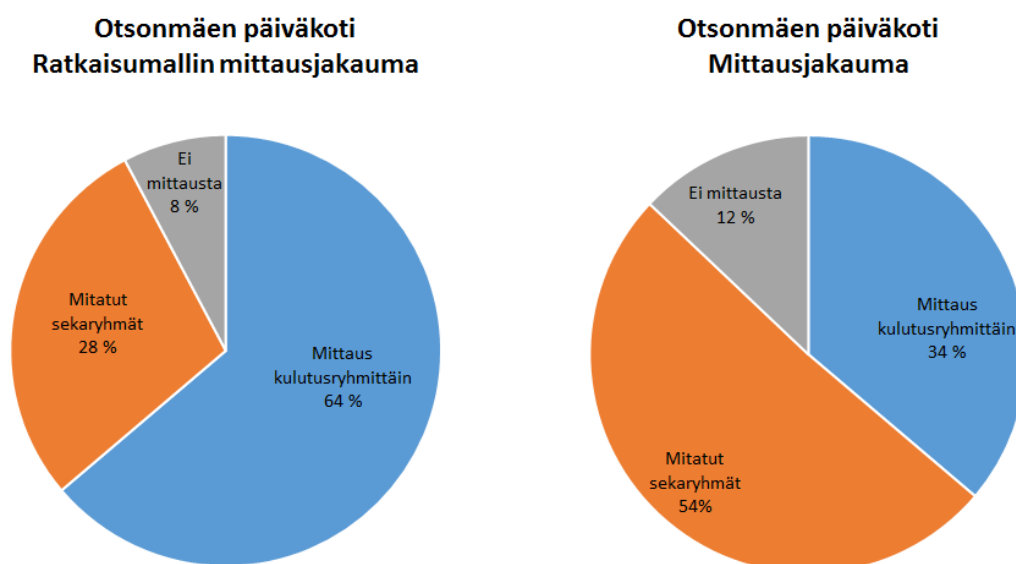
Väestönsuojan jakokeskus JK-14 ja ulkorakennuksen jakokeskus JK-15 ovat ryhmämäärältään varsin pieniä, joten näiden keskuskokonaisuuksien seuranta ei ole välttämätöntä. Väestönsuojan keskus tulisi varustaa omalla etumittauksellaan, mikäli suojaa käytetään muuhunkin tarkoitukseen kuin väestönsuojaamiseen.

Jakokeskuksen JK-21 osalta nykyisiä seurantoja ovat keskuksen etumittaus sekä valaistuksen kulutusryhmäkohtainen seuranta. Etumittaus sisältää yhden ulkovalaistusryhmän. Tämän ryhmän siirto olisi varsin järkevää sisävalaistuksen kiskostoon, jolloin saataisiin tämän keskuksen osalta valaistus kokonaan seurannan piiriin. Siivous- ja vaatehuollon laitteiden osalta tehdään oma kokonaisuutensa, joka sisältää ainoastaan tämän kulutusryhmän laitteita. Myös ruokahuollon laitteista kootaan oma seurantakokonaisuus. Keskuksen LVI-laiteryhmän voisi siirtää ilmanvaihdon jakokeskukseen JK-22, sillä nämä keskukset sijaitsevat melko lähekkäin. Tällöin kaapelointietäisyyksistä ei muodostu ongelmaa. Tosin tämä JK-21:n sisältämä LVI-laiteryhmä on jakotukkien sähkönsyöttö. Nämä jakotukkien toimilaitteet ovat varsin pienitehoisia, jolloin tämän ryhmän siirto ei seurannan kannalta ole välttämätöntä.

Jakokeskus JK-22 toimii pääasiassa IV-laitteita syöttävänä keskuksena. Keskus sisältää myös useita valaistusryhmiä sekä taloteknistenjärjestelmien ryhmiä. Keskuksen osalta suoritetaan ainoastaan keskuskohtainen etumittaus, joten nykyisellään tämän keskuksen

osalta ei laite- ja kulutusryhmäkohtaisia teho- ja energiajakaumia saada. Jakokeskuksen osalta valaistuksenseurannoista tehdään oma kokonaisuus, joka sisältää sekä ulko-, että sisävalaistusryhmiä. Keskus sisältää paljon LVI-laiteryhmiä, joten LVI-laitteiden osalta oman seurantakokonaisuuden muodostaminen olisi erityisen tärkeää. Sulanapitojen ja lämmitysten seurannat voisi keskittää koko kiinteistön osalta yhteen keskukseen, jolloin välttyttäisiin pieniltä seurantaryhmiltä, ja seurantoja tarvittaisiin määrällisesti vähemmän.

Kuvioon 24 on koottu vertailun vuoksi ratkaisumallin sekä nykyisten seurantojen mittausjakaumat. Kuten kuviosta havaitaan, suurimpien laite- ja kulutusryhmien seurannoilla katetaan lähes 65% kaikista kiinteistön kulutusryhmistä, jolloin kiinteistön suurimpien kulutusryhmien osalta saadaan yksilölliset sekä tarkat tehon- ja energiankulutustiedot.



KUVIO 24. Ratkaisumalli sekä nykyinen mittausjakauma

6.4.3 Ratkaisumallien yhteenveto

Seurantojen suunnittelua tehdessä tulisi tarkastelu aloittaa määrittämällä kiinteistökohtaiset suurimmat laite- ja kulutusryhmät tehon- ja energiankulutuksen kannalta. Tämän tyyppisissä palvelurakennuksissa suurimmat tehoa ja energiaa kuluttavat laite- ja kulutusryhmät muodostuvat valaistusryhmistä, LVI-laitteista, ruokahuollonlaitteista, siivous- ja vaatehuollonlaitteista, sulanapidoista ja lämmityksistä sekä atk-laitteista. Näiden kulutusryhmien osalta seurannat olisi varsin järkevä toteuttaa, sillä näin saataisiin kiinteistön suurimpien kulutusryhmien tarkat ja yksilölliset tehon- ja energiankulutustiedot selville. Tällä tavoin luodaan edellytykset tarkalle ja tavoitteelliselle energianseurannalle, jolloin energiankulutukseen on konkreettisesti mahdollisuus vaikuttaa.

Kuten ratkaisumalleista (liite 6 ja liite 7) huomataan, laite- ja kulutusryhmäkohtaisella keskusiin sijoittelulla on suuri merkitys tarvittavien seurantojen määrään. Mielestäni tämän tyyppisissä palvelurakennuksissa, joissa tekniikka on hajallaan ympäri rakennusta, seurantojen toteutus olisi järkevää tehdä isoja keskuskokonaisuuksia hyödyntäen. Laite- ja kulutusryhmäkohtaisista seurannoista tulisi muodostaa keskitettyjä kokonaisuuksia, jolloin välttyttäisiin pieniltä kulutusryhmäkohtaisilta seurannoilta, ja seurantoja tarvittaisiin määrällisesti vähemmän. Kulutusryhmien keskittämisessä tärkeässä roolissa on tilavarauksen ja keskusten rakenteen järkevä suunnittelu. Tilavarauksia suunniteltaessa keskusten sijoittelussa tulisi kiinnittää huomiota niiden mahdollisimman keskeiseen sijaintiin ja oikeaan määrään. Näin kaapeleiden reitit ja pituudet pysyvät maltillisina, jolloin seurantojen keskittäminen on helpommin toteutettavissa.

Ilmanvaihto- ja lämmönjakokonehuoneiden osalta pienempien kulutusryhmäkohtaisten keskusten sijoittelu on varsin järkevää. Näihin keskusiin saadaan keskitettyä lähes kaikki kiinteistön LVI-laitteet, jolloin keskusrakenteista muodostuu seurantojen toteutuksen kannalta riittävän yhtenäiset ja laajat kokonaisuudet. Muiden laite- ja kulutusryhmien osalta pienempiin keskuskokonaisuuksiin jakoa tulee harkita tapauskohtaisesti. Pienemmissä palvelurakennuksissa pienempiin keskuskokonaisuuksiin tai keskusosiin jaetulla rakenteella seurantojen määrään pystytään vaikuttamaan merkittävästi. Tässä on kuitenkin huomioitava kaapelien mitoitusvaikutukset. Vaikka syöttökaapelin syöttämisen keskusosan tai keskuksen muodostama kokonaisteho ei ole suuri, muodostuu pitkistä etäisyyksistä ongelma automaattisen poiskytkennän (oikosulkuvirta) sekä jännitte-

nalenen suhteen. Nämä seikat kasvattavat kaapelikokoja, jolloin luonnollisesti kaapelikustannuksetkin kasvavat. Tällaisissa tapauksissa on puntaroitava, onko kustannustehokkaampaa hankkia enemmän seurantoja, vai rakentaa erilliset keskuksat tai keskusosat, kaapeloinnit huomioiden.

Energianseurannoista ei silti ole hyötyä, jos niistä ei olla kiinnostuneita, tai mittausdataa ei osata hyödyntää. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että tilaa hallinnoivalla taholla on organisaatiossaan henkilö/henkilöt, joka näiden seuraamisesta vastaa, ja joka alan hallitsee. Näiden henkilöresurssien varaaminen on varsin tärkeää, kun mietitään seurantojen mahdollisimman laajaa hyödynnettävyyttä sekä laaja-alaista energianhallintaa. Lisäksi huoltomiehillä tulisi olla mahdollisuus energiaseurantojen tarkasteluun, jolloin vasteajat mahdollisissa ongelmatilanteissa olisivat mahdollisimman lyhyet. Mitä lyhyemmät ovat vasteajat, sitä nopeammin pystytään energiankäytön muutoksiin ja ongelmiin reagoimaan. Tällä on suora vaikutus säästetyn energian määrään. Myös käyttäjien tietoisuutta ja kiinnostusta energiankulutuksesta ja energiankäytöstä tulisi lisätä, jolloin jokainen tietäisi miten osaltaan pystyy vaikuttamaan energiankulutukseen.

Mikäli sähköenergiaseurantojen suunnittelussa huomioitaisiin edellä mainitut asiat, ja suunnittelua tehtäisiin hieman seurantakeskeisemmin, ei seurantojen rakennusaikainen investointi muodosta merkittävää lisäkustannusta kokorakennushankkeeseen nähden. Rakennusten pitkän käyttöiän myötä seurannoilla saavutetut hyödyt ovat merkittäviä, eikä seurantojen investointikustannusten liiallinen tuijottelu ole järkevää. Takaisinmaksuajat seurannoilla ovat varsin lyhyet, sillä tarkalla ja tavoitteellisella seurannalla saavutetut hyödyt ovat varsin merkittäviä. Tarkan ja tavoitteellisen energianhallinnan kannalta seurannat ovat ainoa tapa, jolla kiinteistön energiankäytön muutokset ja ongelmakohdat voidaan havaita. Mitä tarkemmin laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti seurannat toteutetaan, sitä helpompi muutoksiin ja ongelma-kohtiin on reagoida. Tämä johtuu siitä, että mitä pienempiin seurantakokonaisuuksiin rakennus jaetaan, sitä tarkemmin sekä muutokset, että ongelmat sähköenergiankulutuksessa pystytään paikallistamaan. Tämän lisäksi saadaan hyödyllistä tietoa valituista energiatehokkaista ratkaisuista sekä niiden oikeasta toiminnasta ja todellisista hyödyistä.

Kun keskusrakenteet pidetään suurina, ja niihin pyritään keskittämään mahdollisimman paljon samoja laite- ja kulutusryhmiä, muodostuvat kustannukset keskuksen rakenteellisista muutoksista. Rakenteelliset muutokset koostuvat lähinnä kulutusryhmäkohtaisista

etukojeista sekä kiskostoista. Kustannusten kannalta nämä keskuksiin tehtävät muutokset ovat varsin pienimotoisia, jolloin niistä ei muodostu merkittävää menoerää verrattuna nykyisiin keskusrakenteisiin. Keskusten tilavarausten järkevällä suunnittelulla pystytään vaikuttamaan kaapelointietäisyyksiin, jolloin kaapelointikustannuksissa ei muodostu merkittävää menoerää. Lisäksi seurantojen ja valvonta-alakeskuksen välille lisättävät kaapeloinnit muodostavat vain murto-osan kokonaiskaapelointi kustannuksista. Suunnittelun osalta seurantojen huomiointi todennäköisesti lisää kustannuksia hieman, koska laite- ja kulutusryhmien keskittämien luo suunnittelulle haasteita. Kustannusten kannalta merkittävämmässä roolissa on seurantojen lisääminen. Seurantojen kustannukset koostuvat mittarikohtaisesta hinnoittelusta, automaatiourakoitsijan mittarikohtaisesta ohjelmoinnista ja valvomografiikalla tehtävistä yhteenlasku ja vertailu toiminnoista. Lisäksi seurantojen käytönaikaiseen tarkasteluun, analysointiin ja seurannoista saatavan tiedon käsittelyyn tulisi varata riittävästi resursseja. Ainoastaan tällä tavoin seurannoista saatavat hyödyt ja säästöt pystytään konkretisoimaan käytäntöön.

7 TYÖKALU SÄHKÖENERGIAN SEURANTAAN

Tämän ”työkalu” (taulukko 1) on tarkoitettu tilaajille ja rakennuttajille sekä muille rakennushankkeessa toimiville osapuolille. Työkaluun on kerätty lähinnä kouluille ja päiväkodeille ominaiset laite- ja kulutusryhmät, mutta taulukkoa voi soveltaa myös eri tyyppisiin rakennuksiin. Työkalun tarkoituksena on tuoda sähköenergianseurannat osaksi rakennushanketta heti hankkeen alkuvaiheesta lähtien, sekä helpottaa tilaajaa määrittämään omat energianseurannan tavoitteet ja tarpeet eteenpäin suunnittelijoille.

Sarakkeessa S1 on esitetty kouluille ja päiväkodeille ominaiset laite- ja kulutusryhmät. Laite- ja kulutusryhmät on jaettu alakohtiin niiltä osin, missä tarkempi kulutuksenseuranta on mahdollista ja tarpeenmukaista.

Sarakkeessa S2 esitetään, minkälaisista kokonaisuuksista kukin laite- ja kulutusryhmä yksilöllisesti koostuu. Sarakkeen tarkoituksena on havainnollistaa suunnittelijoille, mitä laite- ja kulutusryhmiä kukin seuranta sisältää. Tällä pyritään muodostamaan mahdollisimman selkeät ja tarkat kokonaisuudet, jotta seurantojen toteutus olisi tarkoituksenmukainen ja järkevä.

Sarakkeeseen S3 merkitään ne laite- ja kulutusryhmät, joiden seurantaan halutaan kiinnittää erityistä huomiota, ja joista halutaan tarkkaa mittaustietoa kulutusryhmä kohtaisesti. Esimerkiksi jos valaistuksen ja LVI-laitteiden energiankulutusta halutaan seurata omina kokonaisuuksinaan, tulee kohtiin 2.0 ja 4.0 tehdä merkinnät. Näin suunnittelijat pystyvät huomioimaan suunnitelmissa seurantojen toteutukselle soveltuvat keskusrakenteet ja kaapeloinnin.

Sarakkeeseen S4 merkitään ne laite- ja kulutusryhmät, joiden osalta kulutuksenseurannat halutaan yhdistää. Esimerkiksi jos sähkölämmitysten osalta autolämmitykseen kuluva energia halutaan mitata tarkasti, tehdään sarakkeeseen S2 kohtaan 3.1 merkintä. Vastavasti jos sulanapitojen ja lämmityksien osalta halutaan yhdistetty seuranta, sarakkeeseen S4 mittaus 2 kohtaan 3.2 ja 3.3 tehdään merkinnät. Mittauksen 2 alle varattuun tilaan kirjataan laite- ja kulutusryhmät, joista kyseiset seurannat suoritetaan.

Sarakkeeseen S5 merkitään ne laite- ja kulutusryhmät, joiden seurantaa ei koeta tarpeelliseksi tavoitteellisen energiaseurannan kannalta, tai joiden seurannat on toteutettu/toteutetaan muulla tavoin.

Sarake S6 on varattu huomioille sekä tarkennuksille laite- ja kulutusryhmäkohtaisesti. Sarakkeessa pyritään tuomaan esille suunnitelmissa huomioitavia yksityiskohtia ja piirteitä kustakin laite- ja kulutusryhmästä. Näin pyritään helpottamaan suunnittelijoiden työtä, sekä saadaan seurannoista mahdollisimman tarkat ja toteutuskelpoiset. Mikäli jokin kulutusryhmä ei koeta tarpeelliseksi juuri sillä hetkellä kuin seurantoja määritetään, voidaan sarakkeeseen merkitä varaukset niiden seurantojen kohdalle, joita tulevaisuudessa halutaan mitata.

TAULUKKO 10. Työkalu sähköenergianseurantojen määrittämiseen

[illegible]

LÄHTEET

ARA. 2013. Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. PDF. Julkaistu 2013. Luettu 9.4.2017. Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet.pdf

Etelälahti, M. Tekninen päällikkö. 2017. DALI-laitteen energian kulutuksesta. Sähköpostiviesti.miikka.etelalahti@helvar.com. Luettu 15.4.2017.

European Commission. 2017. Energy. Nearly zero-energy buildings. Päivitetty 17.1.2017. Luettu 17.1.2017. <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings>

Grip, K. 2013. Pienasiakkaan kysynnän jouston ja oman tuotannon vaikutukset kuormitusmalleihin. Diplomityö. Julkaistu 31.5.2013. Luettu 3.4.2017. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/21665>

Kangasalan kunta hankeselvitys. 2012. Heinitär- päiväkoti- ja koulu uudisrakennus. PDF. Julkaistu 7.12.2012. Luettu 29.1.2017. Koivurinne Heinitär hankeselvitys.pdf

Kangasalan kunta hankeselvitys liite 7. 2012. Heinitär- päiväkoti- ja koulu sähkösuunnittelussa huomioitavaa. PDF. Julkaistu 26.11.2012. Luettu 2.4.2017. Hankeselvityksen liite 7.pdf

Kortetmäki, A. 2015. Talotekniikan toimivuus Pirkanmaan palvelurakennuksissa. Opinnäytetyö. Julkaistu 4/2016. Luettu 12.4.2017. <https://www.theseus.fi/handle/10024/106999>

Laurinkari, J. 2012. Palvelusektorin sähkönkäytön tutkiminen tuntimittaustietojen avulla. Diplomityö. Julkaistu 27.11.2012. Luettu 9.4.2017. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2012/urn100724.pdf>

Lintunen, J. 2010. Johnson Controls rakennusautomaatiojärjestelmän tiedonkeruu ja raportointi. Opinnäytetyö. Julkaistu 1/2010. Luettu 8.4.2017. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13372/Lintunen_Jarno.pdf?sequence=3

Luhtaan päiväkodin esite. 2016. Luhtaa esite. PDF. Julkaistu 2016. Luettu 20.1.2017 <http://www.tampere.fi/sote/phoito/ita/luhtaaesite.pdf>

Motiva. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Luettu 15.4.2017 https://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf

Motiva. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. Luettu 15.4.2017 https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf

Pirkkalan kunta. 2011. Toivion koulu saneeraus ja laajennus hankesuunnitelma. DOC. Julkaistu 20.1.2011. Luettu 29.1.2017. Toivion koulu saneeraus ja laajennus hankesuunnitelma 2011.doc

Päiväkoti Otsonmäen suunnittelu. 2013. Arkkitehtisuunnittelu. PDF. Julkaistu 4.12.2013. Luettu 3.2.2017. Arkkitehtisuunnittelu.pdf

Päiväkoti Otsonmäki. 2013. Huonetilaohjelma. [PDF. Julkaistu 27.11.2013. Luettu 3.2.2017. Tilaohjelma.pdf

Rakennus fakta. 2006. Toivion koulun laajennus. Hanketiedot. Julkaistu 2006. Päivitetty 3.8.2011. Luettu 29.1.2017. <http://www.rakennusfakta.fi/toivion-koulun-laajennus-korpintie-13/project.html>

Rakennus fakta. 2015. Otsonmäen päiväkot. Hanketiedot. Julkaistu 2013. Päivitetty 2.10.2015. Luettu 3.2.2017. <http://www.rakennusfakta.fi/otsonmaen-paivakoti-karhu-maentie-7a/project.html>

Sitra. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäättöt. Selvitys. Julkaistu 2010. Luettu 9.4.2017. <https://media.sitra.fi/2017/02/27173228/Selvityksia39-2.pdf>

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Julkaistu 30.3.2011. Luettu 8.4.2017. http://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy. Mittarointiohje. 2016. Julkaistu 1.3.2017. Luettu 8.4.2017. http://sykoy.fi/wp-content/uploads/syk_tate-jrjestelmohje-v2-1_1-3-2016-liitteineen.pdf

Tampereen kaupunki. 2013. Rakennusautomaatiojärjestelmä-suunnitteluohje. Julkaistu 20.8.2013. Luettu 8.4.2017. http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/JZx7LP7ys/Rakennusautomaatiojarjestelma_suunnitteluohje_200813.pdf

Tampereen teknillinen yliopisto. 2017. COMBI. COMBI – Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings. Päivitetty 2.1.2017. Luettu 14.1.2017. <http://www.tut.fi/fi/tutkimus/tutkimusalat/rakennustekniikka/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/combi/index.htm>

Tampereen teknillinen yliopisto. 2015. Mediatiedotteet. COMBI-hankkeessa selvitetään energiatehokkaan palvelurakentamisen haasteita ja ratkaisuja. Julkaistu 1.4.2015. Päivitetty 13.7.2015. Luettu 14.1.2017. <http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/uutiset-ja-tapahtumat/mediatiedotteet/combi-hankkeessa-selvitetaan-energiatehokkaan-palvelurakentamisen-haasteita-ja-ratkaisuja-p090339c2>

Tampereen tilakeskus liikelaitos. 2010. Luhtaan päiväkot. hankesuunnitelma. PDF. Julkaistu 8.1.2010. Luettu 20.1.2017. Luhtaan päiväkot. hankesuunnitelma 8.1.2010.pdf

Tampereen tilakeskus liikelaitos. 2014. Vehmaisten koulu ja päiväkot. hankesuunnitelma. PDF. Julkaistu 20.8.2014. Luettu 20.1.2017. Vehmaisten koulu ja päiväkot. hankesuunnitelma 20.8.2014.pdf

Tampereen tilakeskus liikelaitos. 2015. Vehmaisten koulu ja päiväkot. uudisrakennus. Julkaistu 8.1.2015. Päivitetty 31.8.2015. Luettu 21.1.2017. <http://www.tampere.fi/tilakeskus/rakennuttaminen/kaynnissaolevatrakennushankkeet/vehmaistenkoulujapaivakoti-uudisrakennus.html>

Tampere university of technology. 2015. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille. Julkaistu 9.12.2016. Luettu 3.4.2017. https://tutcris.tut.fi/portal/files/4777045/kysynnan_jousto_loppuraportin_tiivistelma.pdf

TAPRE. 2014. Mittarointiohje. Julkaistu 30.6.2014. Luettu 8.4.2017. http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/uusikansio/BkpOGus9W/Ohje_13_Mittarointiohje.pdf

VTT. 1996. Rakennusten sähköenergiankulutuksen tavoitearvot. Julkaistu 1996. Luettu 15.4.2017. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1756.pdf>

Wilen, H. 2011. Toimistokiinteistön sähköenergian mittaustiedon analysointi ja hyödyntäminen. Diplomityö. Julkaistu 6.4.2011. Luettu 14.4.2017. https://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/pdf%20julkiset%20dyot/Wilen_Heikki_julk.pdf

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 2014. Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. Julkaistu 9.4.2014. Päivitetty 3.11.2016. Luettu 9.4.2017. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus

LIITTEET

Liite 1. Vehmaisten koulun ja päiväkodin keskuskokonaisuudet

1(2)

VEHMAISTEN KOULUN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITÄIN														
KESKUS	JK-12 (TT)			JK-13		JK-14 (Näyttämö)	JK-16 (VSS)	JK-21		JK-22		JK-23		KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ
MITTAUSRYHMÄ	Mittaus sekaryhmät		Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	Ei mitausta	Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mitausta	
MITATTU KOKONAISUUS	Valaistus, HSOK ja verhomoottori	LJH	Koulun keskusket	Sisävalaistus	Koulun keskusket	Koulun keskusket	Koulun keskusket	Sisävalaistus	Koulun keskusket	Sisävalaistus	Koulun keskusket	Sisävalaistus	Koulun keskusket	
LAITERYHMÄT	RYHMÄMÄÄRÄT													
Pistorasiat		1	22		15	2	2		26		33		8	109
Siivous- ja vaatehuolto					2				5		4		10	21
Keittiölaitteet (Henkilökunta)	LUOKKATILAT												3	3
Musiikkiluokka (Laitteet ja pr:t)											10			10
FYKE-luokka									6					6
Teknisentilan laitteet (Opetus)				10										10
Tekstiilityötila (Opetus)				1										1
Talotekniset laitteet/järjestelmät	2	1			13	32			5		4		9	66
Valaistus, sisä	9	1		16		2	3	25		28		19		103
LVI			1				3							4
MITTAUKSET YHTEENSÄ	11	3	34	16	30	36	8	25	42	28	51	19	30	333
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITÄIN	88													
MITATUT SEKARYHMÄT	14													
EI MITTAUSTA	231													

(jatkuu)

Liite 2. Luhtaan päiväkodin keskuskokonaisuus

LUHTAAN PÄIVÄKODIN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITÄIN									
KESKUS	PK			JK-101	JK-102 (Keittiö)	JK-103	JK-002 (IV-keskus)	JK-VSS	KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ
MITTAUSRYHMÄ	Mittaus kulutustyhmittäin	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mittausta	Ei mittausta	Mittaus sekaryhmät	Ei mittausta	Mittaus sekaryhmät	Ei mittausta	
MITATTU KOKONAISUUS	Aurinkosähköjärjestelmä	LVI-laitteet			Keittiökeskus		IV-keskus		
LAITERYHMÄT	RYHMÄMÄÄRÄT								
Uusiutuvaenergia (aurinko)	2								2
Pistorasiat			3	16		8		1	28
Siivous- ja vaatehuolto			2	12	1	7	1	1	24
Keittiölaitteet (Henkilökunta)			2	4					6
Ruokahuolto (Ammattikäyttö)					7				7
Talotekniset laitteet/järjestelmät			3	6	1	3	1		14
Valaistus, sisä			8	22	2	16	1	2	51
Valaistus, ulko			8						8
LVI		18		1		1	21	1	42
Sulanapito/Lämmitys			20	2		1			23
MITTAUKSET YHTEENSÄ	2	18	46	63	11	36	24	5	205
KESKUSKOKONAISUUS									
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITÄIN	44								
MITATUT SEKARYHMÄT	11								
EI MITTAUSTA	150								
RYHMÄT YHT.	205								

KOIVURINTEEN KOULUN JA PÄIVÄKODIN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITÄIN													
KESKUS	PK			JK-21			JK-IV				JK-VSS		KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ
MITTAUSRYHMÄ	Mittaus kulutustyhmittäin	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mittaista	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus kulutusryhmittäin	Ei mittaista	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus kulutusryhmittäin	Ei mittaista	Mittaus kulutusryhmittäin	Ei mittaista	
MITATTU KOKONAISUUS	Poistoilma- lämpöpumppu	Sisä- ja ulkovalistus		Sisävalaistus	Keittiön keskusosa		LVI-laitteet	Sulanpito/Lämmitys	Sisä- ja ulkovalaistus		Sisävalaistus		
LAITERYHMÄT	RYHMÄMÄÄRÄT												
Uusiutuvaenergia (aurinko)													0
Pistorasiat			11		2	7				7		3	30
Siivous- ja vaatehuolto			4			1				2			7
Keittilaitteet (Henkilökunta)			1										1
Ruokahuolto (Keittilaitteet)					11								11
Talotekniset laitteet/järjestelmät			6							5			11
Valaistus, sisä		8		9					10		2		29
Valaistus, ulko		5	2						3				10
LVI	1		8				11					1	21
Sulanapito/Lämmitys					1			3					4
Autonlämmitys pr			1										1
Hissi										1			1
MITTAUKSET	1	13	33	9	14	8	11	3	13	15	2	4	126
KESKUSKOKONAISUUS													
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITÄIN	52												
MITATUT SEKARYHMÄT	14												
EI MITTAUSTA	60												
RYHMÄT YHT.	126												

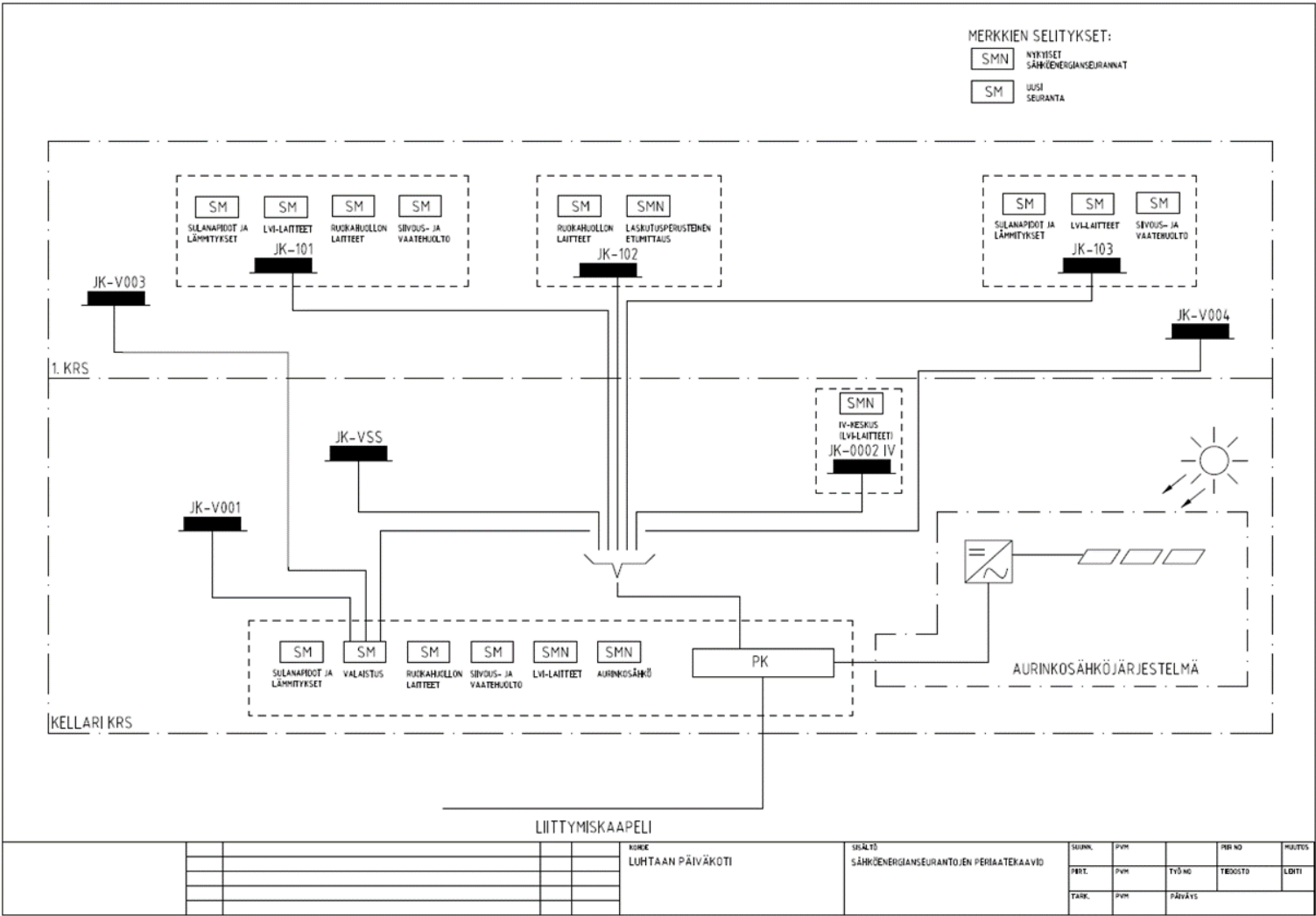
Liite 4. Otsonmäen päiväkodin keskuskokonaisuus

OTSONMÄEN PÄIVÄKODIN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITTÄIN																
KESKUS	PK		JK01 (LH)	KK		JK11 (1.krs)		JK12 (1.krs)		JK13 (Keittiö)	JK14 (VSS)	JK15 (Uikorakennus)	JK21 (2.krs)		JK22 (IV)	KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ
MITTAUSRYHMÄ	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus sekaryhmät	Mittaus sekaryhmät	Ei mittausta	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus sekaryhmät	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus sekaryhmät	Mittaus kulutusryhmittäin	Ei mittausta	Ei mittausta	Mittaus kulutusryhmittäin	Mittaus sekaryhmät	Mittaus sekaryhmät	
MITATTU KOKONAISUUS	Autonlämmitys	Hiissi	LJH	Sisä- ja ulkovalaistus + sulanapito		Sisävalaistus	Keskuksen etumittaus JK11	Sisävalaistus	Keskuksen etumittaus JK12	Keskuksen etumittaus Keittiö			Sisävalaistus	Keskuksen etumittaus JK21	Keskuksen etumittaus JK22	
LAITERYHMÄT	RYHMÄMÄÄRÄT															
Pistorasiat			1		9		13		20		2	1		15	2	63
Siivous- ja vaatehuolto					2		7		6					6		21
Keittiölaitteet (Henkilökunta)					4									6		10
Ruokahuolto (Keittiölaitteet)										14						14
Talotekniset laitteet/järjestelmät			1		3		4		2					1	9	20
Valaistus, sisä			1	6		12		16			1	1	12		4	53
Valaistus, ulko				11										1	1	13
LVI			7		2						1			1	19	30
Sulanapito/Lämmitys				1	4										1	6
Autonlämmitys pr	1															1
Hiissi		1														1
MITTAUKSET	1	1	10	18	24	12	24	16	28	14	4	2	12	30	36	232
KESKUSKOKONAISUUS																
MITTAUKSET	84															
MITATUT SEKARYHMÄT	118															
EI MITTAUSTA	30															
RYHMÄT YHT.	232															

Liite 5. Puropuiston päiväkodin keskuskokonaisuus

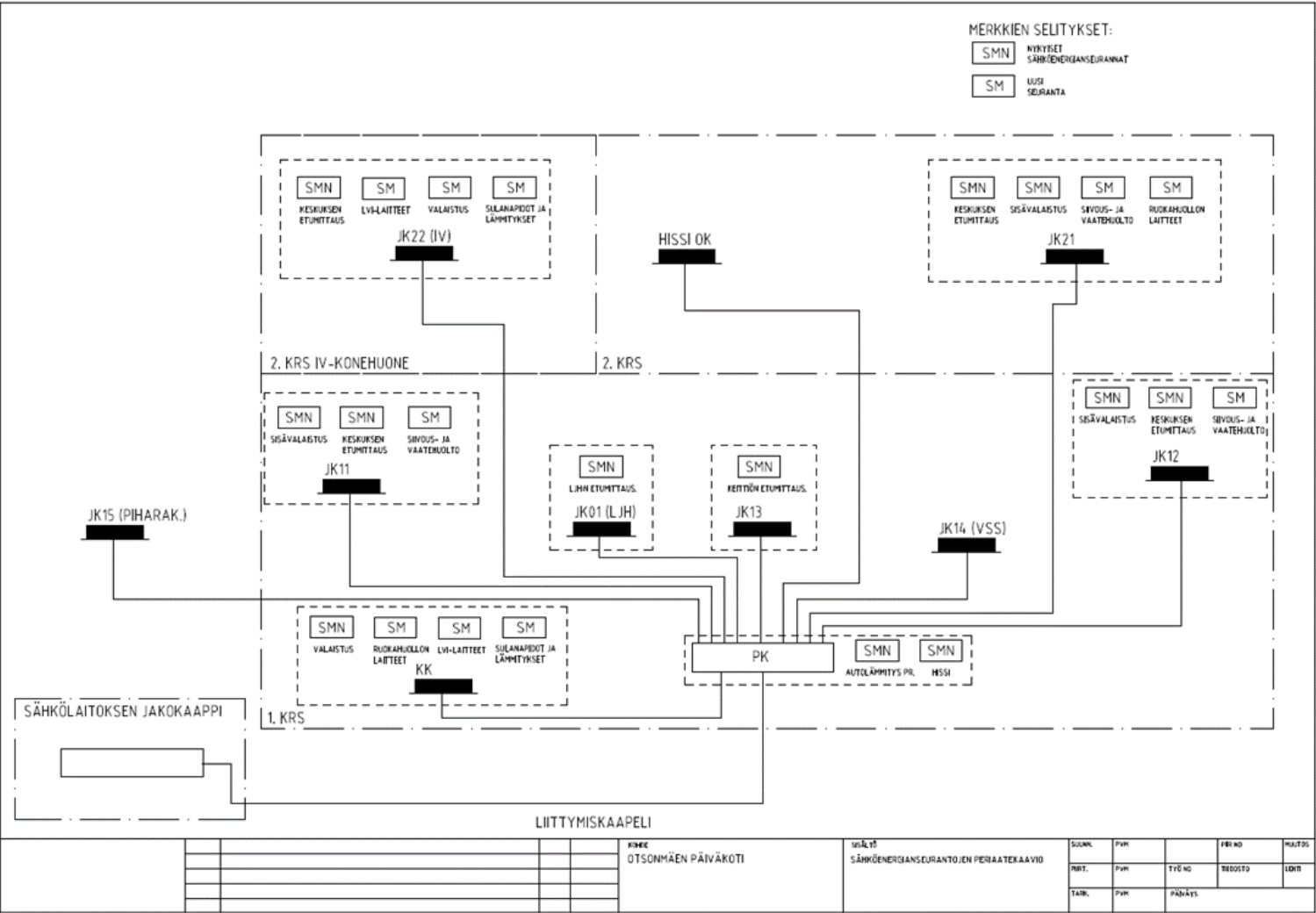
PUROPUISTON PÄIVÄKODIN KESKUSKOKONAIUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITÄIN														
KESKUS	PK		NK-1	JK-11	JK-12	JK-21	JK-22	JK-23	JK-24	JK-31	K-ILM1	K-ILM2	K-VSS	KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ
MITTAUSRYHMÄ	Mittaus kulutustyhmittäin	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	Ei mittausta	
MITATTU KOKONAIUUS	Keittiön keskusosa													
LAITERYHMÄT	RYHMÄMÄÄRÄT													
Pistorasiat		13	10	14	6	12	10	7	4	6	2	2	1	87
Siivous- ja vaatehuolto		3	1	5	3	5	3	1	1					22
Keittiölaitteet (Henkilökunta)		1	1	1						1				4
Ruokahuolto (Keittiölaitteet)	6													6
Talotekniset laitteet/järjestelmät		10	3	5	1	1	1	1						22
Valaistus, sisä		8	10	15	10	16	12	6	3	3	1	1	1	86
Valaistus, ulko		2	2	3	1								1	9
LVI		4	3	4	4	1	1	1	1		9	6	3	37
Sulapito/Lämmitys				1									1	2
Autonlämmitys pr		1		1										2
Hissi		1												1
MITTAUKSET	6	43	30	49	25	35	27	16	9	10	12	9	7	278
KESKUSKOKONAIUUS														
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITÄIN	6													
MITATUT SEKARYHMÄT	0													
EI MITTAUSTA	272													
RYHMÄT YHT.	278													

Liite 6. Luhtaan päiväkodin seurantojen periaatekaavio



LUHTAAN PÄIVÄKODIN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITÄIN (RATKAISUMALLI)																								
KESKUS	PK (Kellari)						JK-V001 (Kellari)	JK-101 (1.krs)					JK-V003 (1.krs)	JK-102 (Keittiö) (1.krs)		JK-V004 (1.krs)	JK-103 (1.krs)				JK-002 (IV) (Kellari)	JK-V55 (Kellari)	KULUTUSRYHMÄT YHTEENSÄ	
MITTAUSRYHMÄ	MKR	MKR	MKR	MKR	MKR	EM	MKR (PK)	MKR	MKR	MKR	MKR	EM	MKR (PK)	MKR	MSR	MKR (PK)	MKR	MKR	MKR	EM	MKR	EM		
MITATTU KOKONAISUUS	Aurinkosähkö järjestelmä	Lvi-laitteet	Sivous- ja vaatehuolto (Uusi seuranta)	Ruokahuollon- laitteet (Uusi seuranta)	Sulanapidot ja lämmitys (Uusi seuranta)		Valaistuskusku (Uusi seuranta)	Sivous- ja vaatehuolto (Uusi seuranta)	Ruokahuollonlaitteet (Uusi seuranta)	Lvi-laitteet (Uusi seuranta)	Sulanapidot ja lämmitys (Uusi seuranta)		Valaistuskusku (Uusi seuranta)	Ruokahuollon- laitteet (Muutettu seuranta)	Laskutusperusteinen seuranta (Muutettu seuranta)	Valaistuskusku (Uusi seuranta)	Sivous- ja vaatehuolto (Uusi seuranta)	Lvi-laitteet (Uusi seuranta)	Sulanapidot ja lämmitys (Uusi seuranta)		IV-keskus			
LAITERYHMÄT																								
Uusiutuvaaenergia (aurinko)	2																						2	
Pistorasiat						3						16									8		1	28
Sivous- ja vaatehuolto			2			<--- Siirto		12				<--- Siirto			1			7		<--- Siirto	1	1	24	
Keittiölaitteet (Henkilökunta)				2		<--- Siirto			4			<--- Siirto											6	
Ruokahuolto (Ammattikäyttö)														7	<--- Siirto								7	
Talotekniset laitteet/järjestelmät						3						6			1					3	1		14	
Valaistus, sisä						Siirto->	8					Siirto->	22		2		16			<--- Siirto	1	2	51	
Valaistus, ulko						Siirto->	8																8	
LVI		18								1		<--- Siirto							1		<--- Siirto	21	1	42
Sulanapito/Lämmitys					20	<--- Siirto					2	<--- Siirto							1	<--- Siirto			23	
MITTAUKSET YHTEENSÄ	2	18	2	2	20	6	16	12	4	1	2	22	22	7	4	16	7	1	1	11	24	5	205	
KESKUSKOKONAISUUS																								
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITÄIN (MKR)	157																							
MITATTUT SEKARYHMÄT (MSR)	4																							
EI MITTALUSTA (EM)	44																							
RYHMÄT YHT.	205																							

Liite 8. Otsonmäen päiväkodin seurantojen periaatekaavio



Liite 9. Otsonmäen päiväkodin ratkaisumallin keskuskokonaisuus

OTSONMÄEN PÄIVÄKODIN KESKUSKOKONAISUUS LAITE- JA KULUTUSRYHMITTÄIN																											
KESKUS	PK		JK01 (LH)	KK					JK11 (L.krs)			JK12 (L.krs)			JK13 (keittiö)	JK14 (VSS)	JK15 (Ulkorakennus)	JK21 (2.krs)				JK22 (V)				KULUTUSRYHMÄT YHTIENSÄ	
MITTAUSRYHMÄ	MKR	MKR	MKR	MKR	MKR	MKR	MKR	Ei mittausta	MKR	MKR	Mittaus sekaryhmät	MKR	MKR	Mittaus sekaryhmät	MKR	Ei mittausta	Ei mittausta	MKR	MKR	MKR	Mittaus sekaryhmät	MKR	MKR	MKR	Mittaus sekaryhmät		
MITATTU KOKONAISUUS	Autonlämmitys	Hiisi	LH	Sisä- ja ulkovalaistus + sulanapito	Ruokahuollon-laitteet (Uusi seuranta)	Lvi-laitteet (Uusi seuranta)	Sulanapidot ja lämmitys (Uusi seuranta)		Sisävalaistus	Silvous- ja vaatehuolto (Uusi seuranta)	Keskuksen etumittaus JK11	Sisävalaistus	Silvous- ja vaatehuolto (Uusi seuranta)	Keskuksen etumittaus JK12	Keskuksen etumittaus Keittiö			Ei mittausta	Ei mittausta	Sisä- ja ulkovalaistus	Silvous- ja vaatehuolto (Uusi seuranta)	Ruokahuollon-laitteet (Uusi seuranta)	Keskuksen etumittaus JK21	Lvi-laitteet (Uusi seuranta)	Valaistus (Uusi seuranta)		Sulanapidot ja lämmitys (Uusi seuranta)
LAITERYHMÄT																											
RYHMÄMÄÄRÄT																											
Pistorasiat			1					9			13			20		2		1			15				2	63	
Silvous- ja vaatehuolto								(2) Siirto->		9	<-Siirto (7)		6	<-Siirto (6)				5		<-Siirto (6)						21	
Keittolaitteet (Henkilökunta)				4				<-Siirto (4)											6	<-Siirto (6)						10	
Ruokahuolto (Keittolaitteet)													14													14	
Talotekniset laitteet/järjestelmät			1					3		4				2						1				9		20	
Valaistus, sisä			1	6					12			16				1	1		12				4	<-Siirto (4)		53	
Valaistus, ulko				11														1		<-Siirto (1)		1		<-Siirto (1)		13	
LVI			7			2		<-Siirto (2)							1					(1) Siirto->	20			<-Siirto (19)		30	
Sulanapito/lämmitys				(1) Siirto->			5	<-Siirto (4)															1	<-Siirto (1)		6	
Autonlämmitys pr	1																									1	
Hiisi		1																								1	
MITTAUKSET	1	1	10	17	4	2	5	12	12	9	17	16	6	22	14	4	2		13	6	6	16	20	5	1	11	252
KESKUSKOKONAISUUS																											
MITTAUKSET KULUTUSRYHMITTÄIN		148																									
MITATUT SEKARYHMÄT		66																									
EI MITTAUSTA		18																									
RYHMÄT YHT.		232																									