



# Energian mittausmahdollisuudet ammattikorkeakoulurakennuksessa

Roope Ruhanen

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2021

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

RUHANEN, ROOPE:

Energian mittaumahdollisuudet ammattikorkeakoulurakennuksessa

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 9 sivua  
Marraskuu 2021

---

Ilman riittävän yksilöivää energiamittausta on vaikeaa löytää kiinteistön suurimpia energiankulutuskohteita sekä kohdentaa energiatehokkuustoimia niihin. Päämittauksien lisäksi tulisi ainakin rakennuksen suurimpia energiankuluttajia mitata erikseen. Hyvin toteutetuilla ja kattavilla mittauksilla pystytään myös tekemään joitakin ennakoivia huoltotoimenpiteitä sekä saamaan hälytyksiä vikatilanteissa.

Opinnäytetyössä luotiin selvitys Tampereen ammattikorkeakoulun pääkampuksen C-talon energiamittausmahdollisuuksista tulevia mittarihankintoja varten. Työssä tutkittiin energiamittauksen teoriataustaa, alan kirjallisuutta aiheesta sekä kohteen historiaa, nykytilannetta ja tulevaisuuden suunnitelmia. Näiden tietojen perusteella selvitettiin, mitä energiankulutuksia C-talossa voidaan mitata ja mitä olisi myös järkevintä mitata. Työssä tutkittiin sekä sähkö-, että LVI-energian mittaushokkuustoimia ei työssä käsitelty, sillä työ rajattiin selvittämään vain mittausratkaisua, josta saatavien mittaustietojen pohjalta tulevaisuudessa voidaan energiatehokkuutta parantaa.

Työn tuloksena selvityksen perusteella luotiin kaksi erilaajuista ratkaisua, joiden avulla tilaaja voi harkita mittauksien laajuutta sekä hyödyntää niitä pohjina hankesuunnitelmille tai tarjouslaskelmille. Ratkaisujen mittaushokkuudet on koottu työssä taulukoiksi ja järjestelmän rakenteesta esitetään järjestelmäkaavioesimerkki. Työssä esitetään niin ikään ratkaisujen laajemmat perustelut ja käsitellään myös mittausten mahdollistamia ohjauksia ja hälytyksiä.

Työn keskeinen tulos on lisäksi havainto, että energiamittaukseen ei ole vain yhtä yleispätevää ratkaisua ja että lopputulos riippuu paljon tilaajasta ja toimittajasta. Työssä korostuu mittaustulosten analysoinnin tärkeys. Esiin nostettuja huomioita voidaan hyödyntää soveltuvilta osin myös muissa kiinteistöissä ja niiden on tarkoitus herättää pohtimaan energiamittauksien mahdollisuuksia, haasteita ja erityishuomioita yleisestikin. Tulevaisuuden mittarihankintojen jälkeen jatkotutkimuksilla tulisi selvittää, miten C-talon energiatehokkuutta voidaan parantaa energiamittauksia hyödyntäen.

---

Asiasanat: energiamittaus, sähköenergia, lämpöenergia, energiankulutus, energiatehokkuus

## **ABSTRACT**

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

RUHANEN, ROOPE:  
Energy Measuring at a University of Applied Sciences

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 9 pages  
November 2021

---

As energy efficiency has become more important over the last years, it is important to also have sufficient energy measuring solutions for buildings. These solutions help to find where energy is most consumed inside a building.

The purpose of this study was to find out, what energy meters could be added and which of them would be useful to have in the C-building at Tampere University of Applied Sciences main campus. The aim was to devise a solution, which would be extensive enough, but reasonably cost-effective.

This study consisted of a literature review, combined with studying the subject building from the plans and in the field. These findings were combined for the proposed solutions.

As a result, two different energy measuring solutions were proposed to help the client in making decisions considering meter purchases. One of these solutions consisted of a large number of meters, as the other one was much more moderate.

As a conclusion, energy measuring is a challenging field where there are no ready-made solutions, as they depend on the subject building. In the future, further research is required to figure out what energy efficiency solutions can be made in the C-building, based on the meter readings.

---

Key words: energy measuring, electric energy, thermal energy, energy consumption, energy efficiency

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	YLEISTÄ .....	9
	2.1 Energiatehokkuuden ja -mittauksien säästötausta .....	9
	2.2 Mittauksien yksilöinti .....	10
	2.2.1 Keskus- tai aluekohtainen sähköenergiamittaus .....	13
	2.2.2 LVI-laitteiden ja keittiön sähkönkulutus.....	15
	2.2.3 Valaistuksen sähkönkulutus .....	15
	2.2.4 Muut suuret sähkönkuluttajat.....	16
	2.2.5 Sähkön laatu .....	16
	2.2.6 LVI-energiankulutus.....	17
	2.2.7 Olosuhdemittaukset.....	17
	2.3 Mittaustiedon keruu.....	18
	2.4 Rakennusautomaation rooli .....	19
	2.5 Mittaustiedon analysointi.....	20
3	KOHTEEN TIEDOT .....	22
	3.1 C-talon historia .....	22
	3.2 Talotekniikan nykytilanne .....	23
	3.3 C-talon remontti.....	25
4	C-TALON MITTAUSMAHDOLLISUUDET .....	27
	4.1 Yleisesti.....	27
	4.2 Keskus- ja tilakohtainen sähköenergian mittaus .....	28
	4.3 Valaistuksen sähkönkulutus .....	32
	4.4 LVI-järjestelmien sähkönkulutus.....	32
	4.4.1 Ilmanvaihdon sähkönkulutus .....	33
	4.4.2 Lämmityksen ja jäähdytyksen sähkönkulutus.....	35
	4.5 Sähkön laatu .....	36
	4.6 LVI-energiamittaukset .....	37
	4.6.1 Lämmitys ja jäähdytys .....	38
	4.6.2 Vesi .....	40
	4.6.3 Olosuhdemittaukset.....	40
	4.7 Hälytykset ja ohjaukset .....	41
	4.8 Mittaustiedon keruu ja analysointi .....	42
	4.9 Lopulliset ratkaisuehdotukset.....	43
	4.9.1 Vaihtoehto A: Laaja mittausratkaisu .....	44
	4.9.2 Vaihtoehto B: Maltillinen mittausratkaisu .....	44
	4.9.3 Lisäehdotus sähkösuunnitteluohjeesta.....	45

5 POHDINTA .....	47
LÄHTEET .....	50
LIITTEET .....	53
Liite 1. C-talon remontin hankesuunnitelmapiirustukset.....	53
Liite 2. Vaihtoehto A: Laaja mittausratkaisu .....	57
Liite 3. Vaihtoehto B: Maltillinen mittausratkaisu .....	59
Liite 4. Mittauspisteiden järjestelmäkaavioesimerkki.....	61

**LYHENTEET JA TERMIT**

atk	automaattinen tietojenkäsittely, tietotekniikka
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, valaistuksen ohjausväylä
KNX	kansainvälinen rakennusautomaatiostandardi
LED	Light-Emitting Diode, valoa emittoiva diodi, valoa säteilevä puolijohdekomponentti
LVI	lämpö, vesi ja ilma
M-Bus	eurooppalainen standardi vesi-, kaasu- ja sähkömittarien etäluentaan
Modbus	tiedonsiirtoprotokolla
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttö

## 1 JOHDANTO

Energiatehokkuus otetaan jatkuvasti yhä enemmän ja enemmän huomioon niin uudis- kuin saneerauskohteissa. Energiatehokkuuden hyötyjä yrityksille ovat taloudelliset, tuotannolliset ja toiminnalliset, ympäristölliset sekä mainetta ja työoloja parantavat hyödyt. Yhteiskunnallisia hyötyjä ovat mm. energiansäästön päästövähennykset ja tuontiriippuvuuden tarpeen pieneneminen. (Motiva 2018.)

Energiatehokkuudessa tällä hetkellä taloudellisten hyötyjen lisäksi kenties suurin poliittisin mielenkiinto kohdistuu nimenomaan saavutettaviin ympäristöhyötyihin, sillä energiatehokkuuden edistäminen on sekä kansallisella, että Euroopan unionin tasolla osa energia- ja ilmastopolitiikkaa, jolla pyritään mm. vähentämään hiilidioksidipäästöjä (Energiavirasto n.d.). Euroopan unioni onkin sitoutunut vähentämään kasviuonepäästöjään vähintään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä, verrattuna vuoden 1990 tasoon (Ympäristöministeriö n.d.). Kansallisella tasolla Marinin hallitus on ohjelmassaan luvannut toimia tavalla, jolla Suomi on vuoteen 2035 mennessä hiilineutraali ja hiilinegatiivinen nopeasti sen jälkeen (Valtioneuvosto 2019, 34).

Rakennuksilla on olennainen osa energiankulutuksessa ja päästöissä. Rakennuksien osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta on 40 %, jonka lisäksi rakentaminen, rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö aiheuttavat yli 30 % kasviuonekaasupäästöistä (Sähköinfo Oy 2020, 4). Siispä rakennuskannan energiatehokkuuden parantamisella on tosiasiallista merkitystä Suomen energiankulutuksen ja päästöjen hillinnän kannalta.

Energiatehokkuustoimien tehokas kohdentaminen ja toimien vaikuttavuuden seuraaminen vaatii kuitenkin riittäviä energiamittauksia ja niistä saadun tiedon hyödyntämistä energiatehokkuustoimissa. Ilman riittävän hajautettua ja yksilöivää mittausta on lähes mahdotonta kohdistaa energiatehokkuustoimia optimaalisella tavalla.

Tämän työn tarkoituksena oli luoda Tampereen ammattikorkeakoulun kiinteistöpalveluille selvitys siitä, mitä energiankulutuksia pääkampuksen C-talossa olisi

mahdollista ja järkevää mitata niin energiatehokkuuden, kuin kustannuksien kannalta. C-talon, kuin koko pääkampuksenkin energiamittaukset ovat vähäisellä tasolla, eikä saatavilla olleita mittaustietoja ole juurikaan aiemmin analysoitu. Toimeksiantajan mukaan C-talosta onkin tarkoitus tulla pääkampuksella eräänlainen pilottikohde, jonne halutaan riittävän laajaa mittausta ja kulutuksien seurantaa. C-talosta saatavat kokemukset tulevat palvelemaan myöhemmin pääkampuksen muiden osien mittarihankintoja.

Työssä käsitellään aluksi lyhyesti energiamittausta koskevaa säädöstaustaa ja sen jälkeen alan kirjallisuuden ja oppaiden perusteella energiamittauksien mahdollisuuksia ja toteutustapoja yleisesti, kuitenkin julkisten rakennusten näkökulmasta, sillä esimerkiksi teollisuuden prosessien energiankulutukset voivat poiketa näistä hyvinkin paljon. Tämän jälkeen esitellään kohde, sen talotekniikan rakenne lyhyesti sekä sen historiaa pohjautuen tekijän omiin ja arkistoista löytyneisiin tietoihin. Lisäksi esitellään rakennuksen tulevaisuuden suunnitelmia julkisiin tietoihin nojaten.

Lopuksi yleisen tason mittausmahdollisuudet ja kohteen tiedot yhdistetään, eli energiamittauksen järkeviä ratkaisuja pohditaan C-talon osalta. Mahdollisuuksien perusteella luodaan kaksi erilaista ratkaisuehdotusta, jotka antavat tilaajalle mahdollisuuden pohtia lopullista valintaa näiden ehdotusten väliltä tai niitä yhdistäen, riippuen hankintaan käytettävistä olevista varoista, sekä laitetoimittajien tai urakoitsijoiden tarjouksista.

## 2 YLEISTÄ

### 2.1 Energiatehokkuuden ja -mittauksien säädöstausta

Uudis- ja korjausrakennuksien energiatehokkuutta säädellään laein ja asetuksin. Tärkeimpänä näistä voidaan pitää ympäristöministeriön asetusta uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017), joka määrittelee mm. rakennukselle luokkansa mukaisesti laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun, eli E-luvun suurimman sallitun raja-arvon. Asetuksen 3 §:n mukaisesti pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava, että rakennus on E-luvun tai rakenteellisen energiatehokkuuden mukainen. Lisäksi asetuksen 31 §:n mukaan energiankäytön mittauksesta rakennuksesta todetaan, että

Rakennuksessa on oltava energiankäytön mittauksen mahdollistavat mittauslaitteet tai mittausvalmius, jotta rakennuksen energiankäyttöä voidaan seurata tärkeimpien kulutuskohteiden ja rakennuksen koko kulutuksen osalta tai tällainen seurantamahdollisuus on oltava helposti toteutettavissa. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017/1010.)

Mittalaitteita itsessään säätelee mittauslaitelaki (707/2011), jota täydentää valtioneuvoston asetus mittauslaitteista (471/2014) sekä asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista (1432/2016). Nämä säädökset velvoittavat enimmäkseen valmistajia, maahantuoja ja jakelijoita, mutta on kuitenkin huomattava, että mittalaitelain 13 §:n mukaisesti toiminnanharjoittaja vastaa mittauslaitteen soveltuvuudesta käyttötarkoitukseen ja -ympäristöön, sen toimivuudesta jatkuvasti ja luotettavasti, sekä sen käytön täyttämisestä kyseisen lain vaatimukset. Tämä tulee huomioida erityisesti laskutettaessa mitattavia kohteita. Lisäksi toiminnanharjoittaja vastaa luotettavuuden varmistamisesta määräaikoina ja tarvittaessa. Mittauslaitelaille pannaan täytäntöön mittauslaitedirektiivi (Direktiivi 2014/32/EU), joka koskee lähinnä uusia Euroopan unionin alueen markkinoille saatettavien mittarien vaatimuksia.

Sähköenergiamittauksen säädöksiin suurimmassa roolissa ovat sähkömarkkinalaki (588/2013), sekä valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (767/2021). Kyseiset säädökset koskevat lähinnä sähköntoimitusta osapuolien välillä, joten niitä ei tässä työssä käsitellä enempää, sillä työn pääpainotus on kiinteistön sisäisten sähkö- ja LVI-verkkojen omissa mittauksissa energiatehokkuuden parantamiseksi.

Olenneisimmat sähköenergian mittauksen vaatimuksia määrittelevät standardit on esitetty taulukossa 1. On huomattava, että nämä standardit velvoittava enimmäkseen mittarivalmistajia, mutta esimerkiksi sähköenergiamittarien alustoja ja tiloja velvoittavat standardit on huomioitava asennus- ja suunnittelutöissä.

TAULUKKO 1. Olenneisimmat sähköenergiamittaukseen koskevat standardit

Standardin numero	Standardin nimi	Vahvistuspäivämäärä
SFS 2529	Vaihtosähköenergian mittaus. Energiamittarin alusta	8.10.2012
SFS 2532	Monimittarikeskukset	8.10.2012
SFS 3381	Vaihtosähköenergian mittaus. Mittauslaitteistot	15.12.2014
SFS 5601	Sähköenergiamittarien tilat	8.10.2012
SFS-EN 62053-52	Vaihtosähköenergiamittarit. Erityisvaatimukset. Osa 52: Kuva-tunnukset	21.8.2006

## 2.2 Mittauksien yksilöinti

Suunniteltaessa uusia energiamittauksia tai jo olemassa olevien parantamista, on suunnittelussa otettava useita asioita huomioon, sillä nykyjärjestelmien laajuuden ja joustavuuden vuoksi eri mittausmenetelmiä ja niiden yhdistelmiä on lukemattomia määriä, varsinkin kun ottaa huomioon eri kohteiden käyttötarkoitusten vaihtelevuuden. Mittauksia suunniteltaessa tulisi ainakin miettiä mitä eri energialajeja halutaan mitata ja kuinka laajasti, sekä kuinka mittauksen seuranta ja analysointi järjestetään.

Jotta energiatehokkuutta voitaisiin todentaa, mittaustuloksia analysoida ja ongelmakohtia löytää, tulee mittauksien olla riittävän kattavia kohteen tarpeen mukaisesti. Pelkkä päämittaus ei tähän tarkoitukseen ole riittävän yksilöivää (Sähköinfo

2015, 1). Yksinkertaistettuna: Esimerkiksi sähkölaitoksen omistama päämittari (kuva 1) kertoo koko kiinteistön sähkönkulutuksen, mutta ei ota kantaa miten se jakautuu. Yksittäiset, esimerkiksi pelkästään ilmanvaihtoa tai valaistusta mittaavat mittarit antavat jo suuntaa siitä mihin energiaa eniten kuluu. Yksinkertaisimmillaan tällaisia pieniä yksittäisiä mittareita voidaan lisätä sähkökeskusten DIN-kiskoihin (kuva 2).



KUVA 1. TAMKin sähköpäämittari muuntamotilassa



KUVA 2. Yksittäinen valaistuksen energiankulutusta mittaava mittari TAMKin L-talossa

On huomioitava, että vaikka sähkölaitos ilmoittaa tunti- tai varttikohtaisen kulutuksen esimerkiksi verkkopalvelun välityksellä, ei tätä tietoa välttämättä saada suoraan rakennuksen omaan seurantajärjestelmään edes sähkölaitoksen luvan kanssa, vaan rakennukseen on lisättävä oma mittarinsa pääkulutukselle, joka saadaan seurantajärjestelmään.

Mittauksien yksilöintitarve riippuu luonnollisesti kohteesta ja tilaajan vaatimuksesta. Järkevää olisi ainakin mitata suurimmat energiankuluttajat, sekä ne kulutuskohteet, joiden kulutuksen vaihtelua on tarve tarkastella esimerkiksi riippuen kellon- tai vuodenajasta.

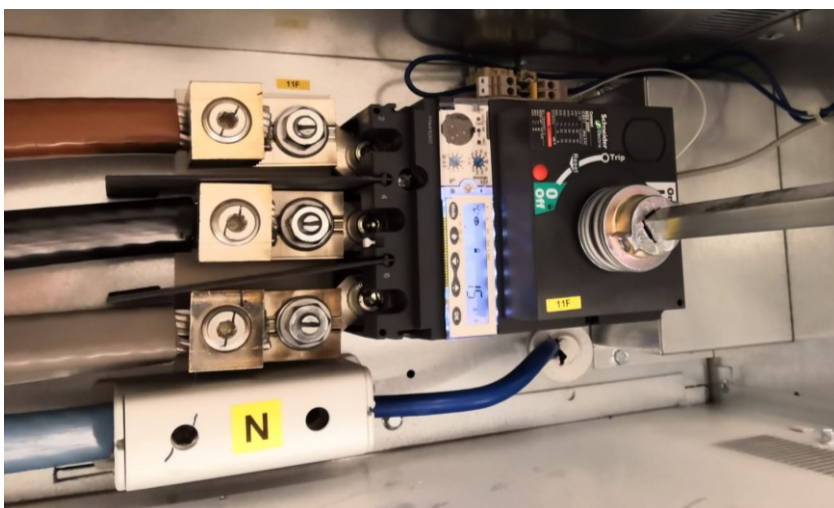
Mittauksia voidaan tietysti kohdentaa rakennusosien, eri käyttäjäryhmien tai järjestelmien suhteen. Tässä työssä keskitytään pohtimaan eri järjestelmien ja järjestelmäosien mittaamisen mielekkyyttä, jotta se palvelisi parhaiten mittarihankintoja TAMKin rakennuksissa.

Seuraavaksi esitellään yleisimpiä erikseen mitattavia järjestelmiä julkisessa rakennuksessa. Kaikkien sähköjärjestelmien kohdalla on yksinkertaistettuna kaksi mahdollisuutta mittaamiseen: Erillisten keskusten mittaaminen tai erillisten keskusosien mittaaminen. Jos esimerkiksi yhden rakennusosan valaistuksia syötetään yhdestä jakokeskuksesta ja pistorasiakuormia toisesta, voidaan koko valaistuksen kulutusta mitata yhdellä mittarilla ja pistorasiakuormien kulutusta toisella, jokaisen jakokeskuksen oman valaistus- ja pistorasiamittauksen summaamisen sijaan. Toisaalta erikseen kaikilta jakokeskuksilta mitatut energiankulutukset yksilöivät kulutusta tarkemmin ja pitävät keskusmäärän pienempänä, mutta vaativat enemmän mittareita sekä tilaa keskuksien sisällä. (Sähköinfo 2015, 5.) Nykyisten mittareiden ollessa hyvinkin pieniä fyysiseltä kooltaan, on ehkä kuitenkin mielekkäintä harkita keskusosien mittaamista, etenkin saneerauskohteissa, joissa jakokeskukset ovat jo olemassa.

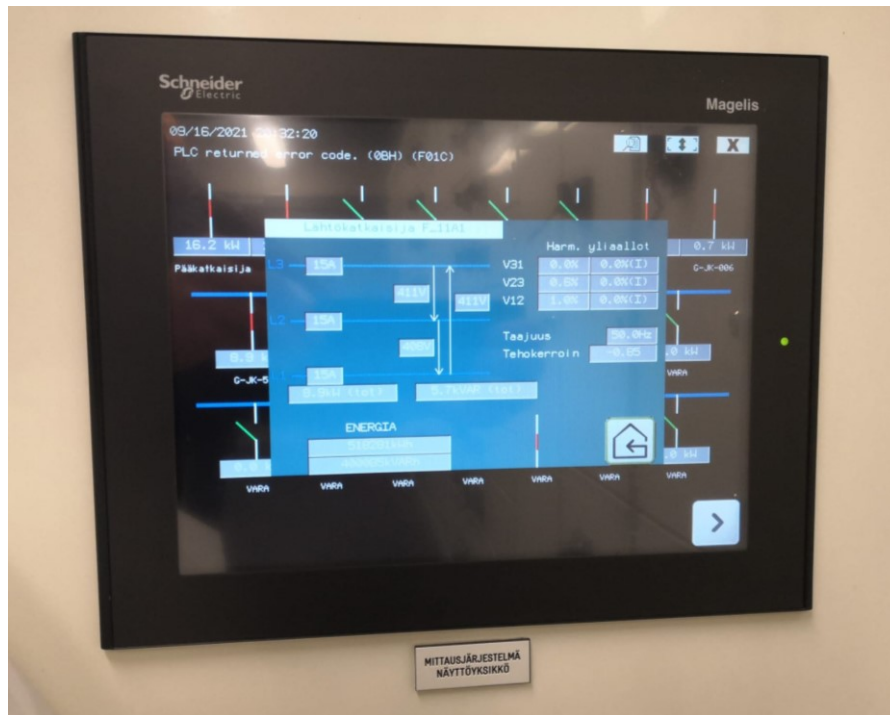
## 2.2.1 Keskus- tai aluekohtainen sähköenergiamittaus

Yhtenä mutkattomimmista tavoista on mitata jokaisen jako- tai ryhmäkeskuksen sähkönkulutusta omanaan, jolloin mittarit ja niiden yhteydet tiedonkeruujärjestelmään on helppo toteuttaa nousukeskuksella. Näin voidaan esimerkiksi yksilöidä, kuluttaako rakennuksessa joku yksittäinen keskus huomattavasti toista verrokiaan enemmän. Usein yksi jakokeskus palvelee tiettyä keskusaluetta, ja näin ollen myös samalla saadaan samalla aluekohtaista mittausta. Vielä tarkempaa aluekohtaista mittausta saadaan, jos vaikkapa koulurakennuksessa jokaisen luokan sähköryhmät kulkevat oman tilakohtaisen mittarinsa kautta.

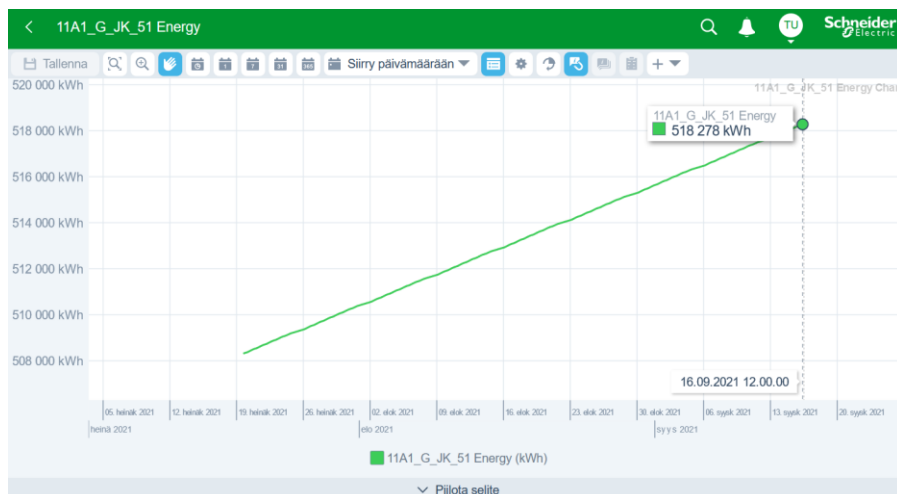
Esimerkiksi TAMKin G-talon pääkeskuksella PK 5, joka syöttää G-talon jakokeskuksia ja TAMKin Kuntokatu 4:n rakennuksien pääkeskusta, on jokaisessa lähdössä Schneiderin NSX -katkaisija Micrologic-suojareleellä (kuva 3), jolta voidaan lukea kyseisen lähdön mittaustietoja. Schneider mainostaakin tätä tapana yhdistää energiamittaus ylivirtasuojaukseen (Schneider Electric 2009, 4). Suojareleen avulla voidaan lukea pääjännitteet, vaihevirrrat, pätö- ja loisteho, taajuus, tehokerroin, pääjännitteiden väliset harmoniset yliaallot sekä kokonaisenergiankulutus pätö- ja loisteholle. Näitä tietoja voidaan tarkastella suojareleen omalta pieneltä näytöltä, tai keskuksen kannessa olevalta Magelis-näyttöyksiköltä (kuva 4). Tiedot on liitetty Modbus-väyläliitännällä rakennusautomaatioon, joten ne voidaan lukea myös StruxureWare-etävalvomosta (kuva 5). Kuvissa 3—5 on esitetty jakokeskuksen G-JK-51 mittausta pääkeskustilassa. Kyseinen jakokeskus syöttää ilmanvaihtokeskusta ja on yksi PK 5:n suurimmista energiankuluttajista.



KUVA 3. Schneider NSX 250F -katkaisija suojareleellä Micrologic 5.2 E



KUVA 4. Mittausjärjestelmän näyttöyksikkö keskuksen PK 5 kannessa



KUVA 5. Kuvakaappaus StruxureWare-etävalvomon näkymästä

On tosin järkevää miettiä, milloin keskuskohtaisia mittauksia kannattaa tehdä. Esimerkiksi suuressa toimistorakennuksessa jokaisen kerroksen ja toimistotilan ollessa suhteellisen samanlaisessa käytössä, ei samankaltaisten keskuksienkaan energiankulutuksessa oletettavasti suuria eroja ole, eikä siten yksittäiset mittarit ole taloudellisesti järkeviä. Toisaalta esimerkiksi huomattavan suurissa rakennuksissa eri keskusten jakaminen eri mittareiden valvottavaksi, osoittaa helposti mitkä osat kuluttavat rakennuksessa enemmän sähköä toisiin verrattuna ja näin ollen energiatehokkuustoimia osataan mahdollisuuksien mukaan kohdistaa oikeisiin paikkoihin.

TAMKin PK 5:llä mitataan esimerkiksi niin opetuskeittiötä ja ilmanvaihtokonehuoneita, kuin toimistotiloja syöttäviä keskuksia. Ehkäpä kaikkien toimistotilojen mitaus ei ole taloudellisesti kannattavaa, ottaen huomioon, että NSX-sarjan katkaisijat ovat perinteisiä kahvavarokkeita kalliimpia. Kuitenkin ilmanvaihtokeskusten ja keittiön kulutuksen tarkkailu on mielekästä, sillä niissä saattaa kulua huomattavampia määriä energiaa.

### **2.2.2 LVI-laitteiden ja keittiön sähkönkulutus**

Yksiä suurimpia kuluttajia kiinteistössä ovat kaikki LVI-laitteet. TAMKissa LVI-laitteiden osuus sähköenergian kokonaiskulutuksesta on n. 50 % (Linne & Pihlajamaa 2013, 13). LVI-laitteiden sähkönkulutusta voidaan mitata keskuskohtaisesti esimerkiksi ilmanvaihtokeskuksilla tai laitekohtaisesti. LVI-laitteista itsessään voidaan jo saada mittaustietoja, esimerkiksi joiltakin taajuusmuuttajilta voidaan lukea puhaltimien ja pumppujen sähkönkulutus. LVI-laitteiden mittaustietojen avulla voidaan laskea mm. järjestelmien hyötysuhdetta tai suorittaa SFP-luvun laskenta. (Sähköinfo 2015, 5.) SFP-luku (Specific Fan Power) kuvaa ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoa, joka lasketaan jakamalla verkosta otettu sähköteho järjestelmän mitoitusjäte- tai mitoitusulkoilmavirralla (Energiatehokas koti n.d.). Lisäksi sähkölämmityksiä, kuten lattialämmityksiä tai sulanapitoja voi olla energiatehokkuuden vuoksi hyödyllistä mitata erikseen.

Lisäksi kiinteistössä suuria, etenkin hetkelliseen huipputehoon vaikuttavia kuluttajia saattavat olla suuret keittiöt, joiden sähköenergian kulutusta kannattaisi mitata ainakin keskustasolla. Lisäksi riippuen toiminnan koosta, keittiössä saataan kuluttaa suuria määriä käyttövettä, jonka kulutusta voi myös olla tarpeen mitata erikseen.

### **2.2.3 Valaistuksen sähkönkulutus**

Valaistuksen erillismittaus on valaisinvaihtoehdoista ja mittaustavoista riippuen hyvin laajojen mahdollisuuksien maailma. Aikaisemmin todettu mahdollisuus

asettaa kaikki valaistus omalle keskukselleen on toki harkittavissa, mutta valaistuksen väylätekniiikan jatkuvasti kehittyessä se ei ole välttämättä aina järkevin vaihtoehto. Koska valaistuksen älykkäillä ohjausratkaisuilla kulutusta voidaan pienentää jopa 30—50 % (Harsia, Kallioharju & Piikkilä 2018, 2), on uudiskoh-teissa luontevaa käyttää esimerkiksi DALI- tai KNX-väyläisiä ratkaisuja, joiden liitälaitteissa itsessään on valmiuksia kulutustietojen lukemiseen (Sähköinfo 2015, 5). On kuitenkin huomattava, että nämä mittaustiedot eivät ole yhtä tarkkoja kuin kulutetun sähköenergian mittaaminen, mutta antavat kuitenkin suuntaa valaistuksen energiakulutuksesta. Olemassa olevan valaistuksen yksilölliseen mittaukseen voidaan käyttää vaikkapa kuvan 2 mukaisia DIN-kiskoon asennettavia mittareita.

Valaistuksen mittausta suunniteltaessa on pohdittava, onko sille edes kokonaisuuden kannalta tarvetta. Esimerkiksi älykkäästi liiketunnistuksella ja vakiovalo-ohjauksella toimivat LED-valaisimet kuluttavat huomattavasti vähemmän energiaa kuin perinteiset purkauslamput.

#### **2.2.4 Muut suuret sähkökuluttajat**

LVI-järjestelmien ja valaistuksen lisäksi tulee kohdekohtaisesti pohtia, mitkä ovat kiinteistössä suurimpia sähkökuluttajia ja onko niiden mittaus tarpeellista. Tällaisia saattavat olla esimerkiksi laajat atk-järjestelmät, teletilat ja palvelinsalit. Myös teolliset prosessit ja erikoistilat voi olla hyödyllistä mitata erikseen. Erikoistiloissa tulee ottaa huomioon myös riittävän yksilöiviä LVI-mittauksia esimerkiksi tärkeiden laitteistojen jäähdytyksen osalta.

#### **2.2.5 Sähkön laatu**

Myös sähkön laadun mittaus ja seuranta voi olla tarpeellista, sillä suuret loistehot vaikuttavat kiinteistön kokonaissähkön kulutukseen ja pahimmassa tapauksessa ilman kompensointitoimia voivat aiheuttaa loistehomaksuja. Myös suuri yliaaltojen määrä aiheuttaa lisähäviöitä ja ne voivat myös aiheuttaa atk- ja telelaitteissa

häiriöitä. Lisäksi erityisesti kolmas yliaalto aiheuttaa nollajohtimeen ylikuormittumista, sillä se ei kumoudu tai vaimene tähtipisteessä. Loistehoa tarvitsevia laitteita ovat mm. moottorit, purkauslamput ja muuntajat (Sähköinfo Oy 2016, 1). Yliaaltoja tuottavia laitteita ovat mm. taajuusmuuttajat, purkauslamput, UPS-laitteet, tietokoneet ja tasasuuntaajat (Sähköinfo Oy 2014, 1).

Lisäksi liittymäkoon riittävyden ja kulutuksen tasaisuuden tarkastelun vuoksi voidaan myös huipputehoa tarkastella. Koko kiinteistön huipputeho yleensä saadaan selville sähköntoimittajan mittaustiedoista, mutta yksilöidyt sähkömittaukset kiinteistön sisällä voi kertoa, mitkä ovat suurimpia kuluttajia huipputehon esiintymisen aikana.

### **2.2.6 LVI-energiankulutus**

Sähköenergian lisäksi lämmityksen ja jäähdytyksen energiankulutusta, sekä vedenkulutusta voidaan mitata päämittausta tarkemmin. Näiden osalta mittauksien jakaminen suurimpiin rakennusosiin voi olla riittävää. Lisäksi suurien kuluttajien, kuten esimerkiksi ilmanvaihdon lämmityksen ja jäähdytyksen, keittiön vedenkulutuksen tai palvelinsalien jäähdytysenergiankulutuksen mittaus voi olla tarpeellista, seuratessa kulutuksen jakaumaa tai energiatehokkuustoimien vaikuttavuutta.

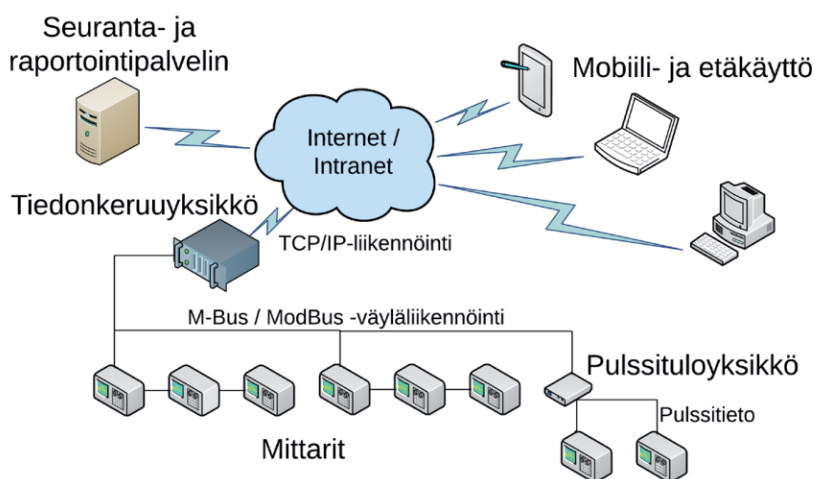
### **2.2.7 Olosuhdemittaukset**

Vaikka olosuhteiden, kuten lämpötilan, ilmankosteuden tai hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen ei varsinaisesti kuvasta kulutettua energiaa täsmällisesti, ei olosuhdemittauksien merkitystä voi ohittaa tarkasteltaessa energiatehokkuustoimia. Olosuhteita mittaamalla voidaan ensinnäkin nähdä LVI-järjestelmien ja ohjauksien toimivuus: Onko tilassa yleensä sopiva lämpötila, sekä riittävän alhainen hiilidioksidipitoisuus, joka yleensä kasvaa tilassa olevien ihmisten määrän mukaan jos ilmanvaihtoa ei tehosteta. Toisekseen olosuhdemittauksista voidaan havaita esimerkiksi liian tehokkaaksi säädetty jäähdytys ja näin ollen tehdä energiatehokkuustoimia tarkistamalla ja korjaamalla säädöt. Tehtyjen toimenpiteiden jälkeen

tulee tarkastella, olivatko toimet oikeanlaisia. Ilmankosteuden mittaus koskee lähinnä erikoistiloja, kuten vaikkapa laboratorioiden vakiokosteushuoneita, mutta niiden avulla voidaan tarkastella myös muiden tilojen sisäilmaston laatua.

### 2.3 Mittaustiedon keruu

Jotta mittaustiedot saataisiin mittareilta luettavaan muotoon, tulee mittaustieto kerätä talteen jollain tavalla. Mittareilta voidaan saada pulssitieto, tai mittarit voidaan liittää väylään, tai käyttää näiden yhdistelmiä. Yleensä väyläliitäntäisiltä mittareilta voidaan lukea enemmän tietoja. Pulssitietokin saadaan välitettyä väylään pulssituloyksikön avulla. Väylän avulla mittarit voidaan liittää tiedonkeruuyksiköihin ja siten seurantajärjestelmään joko kiinteistön sisäisen tietoverkon tai langattoman yhteyden kautta (kuvio 1), tai mittarit voidaan liittää suoraan rakennusautomaatiojärjestelmään. Mittauksissa yleisimpiä väyläprotokollia ovat M-Bus ja Modbus, mutta näitä ei voida yhdistää, vaan väylille on rakennettava omat kaapelointinsa. Mittaustiedot voitaisi myös kerätä manuaalisesti, mutta se ei ole kovin tehokasta eikä nykyaikaista. Tästä huolimatta mittarit on hyvä sijoittaa mahdollisuuksien mukaan keskeisille paikoille, jotta niiden luo on esteetön pääsy. Lisäksi etenkin LVI-mittalaitteissa tulisi olla paristo- tai akkuvarmennus sähkökatkojen varalta. Myös muistikapasiteettia olisi mittalaitteissa hyvä olla vikatilanteiden varalta. Sähkön laatua mitattaessa muistikapasiteetti voi olla välttämätöntä, sillä suuren tietomäärän välittäminen reaaliaikaisesti vaatisi paljon hetkellistä kapasiteettia tiedonsiirtojärjestelmiltä. (Sähköinfo Oy 2015, 7—8.)

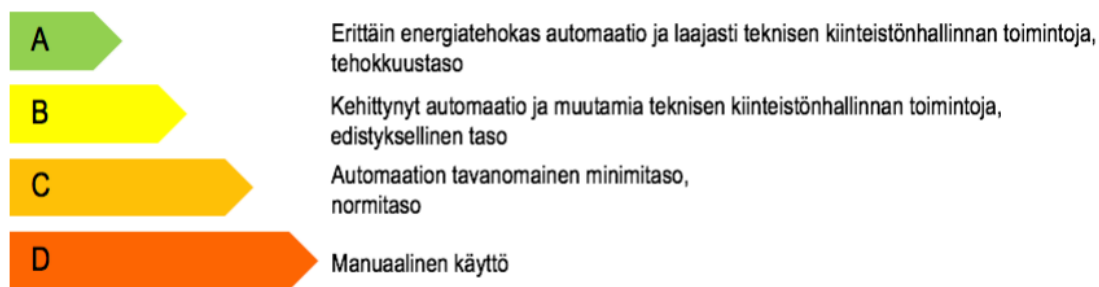


KUVIO 1. Mittaustiedon keruujärjestelmä (Sähköinfo Oy 2015, 7)

Mittauksien suunnittelussa on myös otettava huomioon mittausväli mittareita valittaessa. Yleensä tunti- tai varttimittaus on riittävä kiinteistön energiankulutuksen seurantaan ja vikaselvityksien tekemiseen. Sähköenergian mittauksissa on lisäksi otettava huomioon, että mittaus voidaan toteuttaa suorasti tai epäsuorasti. Suorassa mittauksessa mitattava virta kulkee mittarin lävitse, kun taas epäsuorassa mittauksessa mitattava virta voidaan virtamuuntajalla muuntaa pienemmäksi mittaria varten. Pienjänniteliittymissä suoraa mittauksia käytetään uusissa asennuksissa ylivirtasuojan mitoitusvirran ollessa enintään 63 A ja vanhoissa asennuksissa enintään 80 A. Tätä suuremmilla arvoilla pienjänniteliitymässä käytetään epäsuoraa mittauksia. (SFS 3381, 3.) Tämä ei kuitenkaan koske kiinteistön sisäistä mittauksia, sillä nykyaikaisilla mittareilla voidaan jopa 125 ampeerin virtoja mitata suoramittauksena. Tilaajan on huomioitava, että riippuen mittarista, suoran ja epäsuoran mittauksen välillä voi olla eroa mittaustarkkuudessa, mutta joissain tapauksissa epäsuoria mittauksia voidaan lisätä jälkikäteen ilman sähkökatkoja.

## **2.4 Rakennusautomaation rooli**

On nykypäivää liittää energiamittarit osaksi rakennusautomaatiota, josta mittaus-tietoa voidaan tarkastella ja analysoida valvomoiden tai etävalvomoiden avulla. Lisäksi rakennuksien automaatiolla itsessään on yhä kasvava rooli kiinteistön energiatehokkuudessa. Standardin SFS-EN 15232 ensimmäinen versio valmistui 2007 ja se on ensimmäinen eurooppalainen standardi, joka käsittelee laajasti rakennusautomaation vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Standardi jakaa rakennusautomaation neljään tehokkuusluokkaan A:sta D:hen (kuvio 2). D-luokassa rakennuksen automaatio on energiatehotonta, C-luokka vastaa minimi-ratkaisua, B-luokassa järjestelmien toimintaa voidaan optimoida C-luokkaa paremmin ja A-luokan automaatio on erittäin energiatehokasta, jossa taloteknisten toimintojen monimutkaiset riippuvuussuhteet on otettu huomioon. (Sähköinfo Oy 2020, 5.) Hyvin toteutetuilla automaatiojärjestelmillä kiinteistön energiankulutusta voidaan seurata ja hallita halutulla tavalla. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tilan ilmanvaihto on tehostetumpaa, kun läsnäolotunnistimet havaitsevat tilassa olevan käyttäjiä.



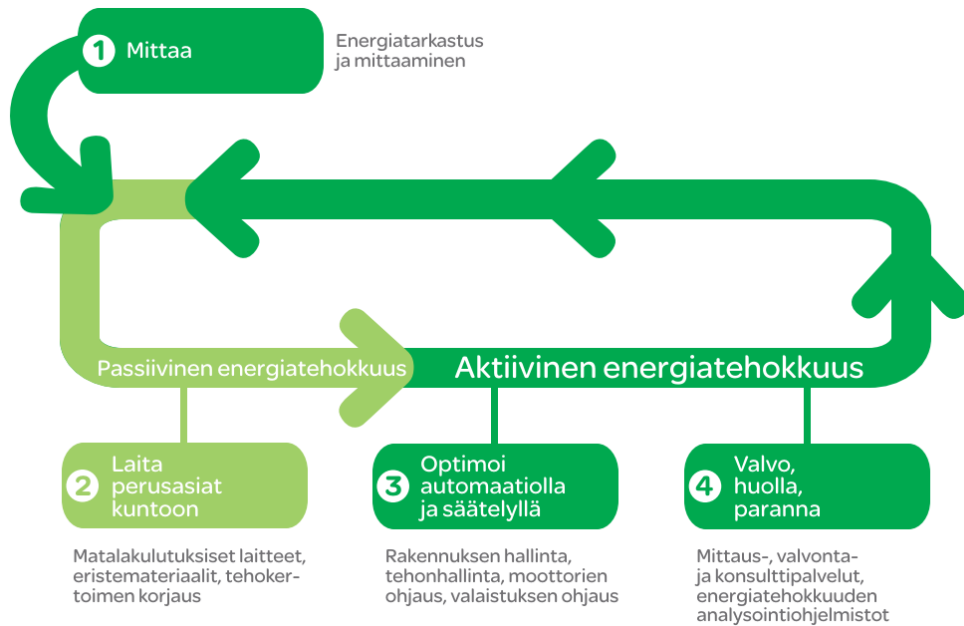
KUVIO 2. SFS-EN 15232 mukainen luokittelu rakennusautomaation energiatehokkuudelle (Sähköinfo Oy 2020, 6)

## 2.5 Mittaustiedon analysointi

Kattavia mittaustietoja on osattava hyödyntää, ja niiden tulkinnessa tarvitaan verokkikohteita tai ammattitaitoa. Suuret mittari-investoinnit menevät hukkaan, jos niistä kerättyä dataa ei tutkita. Esimerkiksi aiemmin mainitun TAMKin PK 5:n mittaustietoja ei ole hankinnasta huolimatta hyödynnetty käytännössä ollenkaan, vaikka nykyinen G-talo on uudelleenrakennettu vuonna 2012. Samanlainen mittausjärjestelmä on 2013 perusparannetun H-talon nousukeskuksella, mutta senkään mittaustietoja ei ole tarkemmin tutkittu.

Riittävän laajoista mittaustiedoista voidaan mm. selvittää sähkön pohjakulutus, joka esimerkiksi koulurakennuksessa voidaan katsoa yönaikaisesta sähkönkulutuslukemasta. Riittävän yksilöivät mittaukset voivat paljastaa pohjakulutuksesta myös turhia kuormia, esimerkiksi turhaa yönaikaista valaistusta. LVI-mittauksista voidaan nähdä vesivuotoja käyttö-, lämmitys- tai jäähdytysvesiputkistoissa ja näistä voidaan tehdä hälytyksiä rakennusautomaatiojärjestelmään. Lisäksi hyvällä mittausjärjestelmällä voidaan ennakoida huoltotoimenpiteitä tarkastelemalla esimerkiksi moottorien käyntitunteja. Parhaimmillaan energiamittaustietoja voidaan hyödyntää jopa vianselvityksessä. Vanhojen puhaltimien ja pumppujen kohdalla mittaustietoja voidaan käyttää pohja- ja vertailutietoina uusien, energiatehokkaampien laitteiden hankinnoissa.

Parhaan, sekä jatkuvasti kehittyvän energiatehokkuuden kannalta mittaustietoa tulisi hyödyntää koko rakennuksen käytön ajan. Toimien kuuluisi kulkea eräänlaisessa syklissä: Mittaustulosten analysoinnin avulla tehdään energiatehokkuustoimia automaatiolla ja säätelyllä, jonka jälkeen toimien vaikuttavuutta seurataan ja valvotaan, jonka jälkeen tehdään uudelleen optimointia, sen seuranta ja niin edelleen. Tätä on kuvattu Schneider Electricin lähestymistavassa aktiiviseen energiatehokkuuteen (kuvio 3).



KUVIO 3. Aktiivisen energiatehokkuuden prosessikaavio (Schneider Electric 2011, 9)

### 3 KOHTEEN TIEDOT

#### 3.1 C-talon historia

Informaation ja tietotekniikan talo (kuva 6), eli infotalo valmistui uudisrakennuksena Tampereen ammattikorkeakoulun pääkampuksen C-osaksi vuonna 2000. Tämä rakennusosa tunnetaan nykyisin yleisesti nimellä C-talo niin puheessa, kuin dokumenteissa ja kyseistä nimitystä käytetään tässä työssäkin. Rakennustarve syntyi pääkampuksen silloisten tilojen riittämättömyydestä ja hanke oli osana suurempaa hankekokonaisuutta, jossa kaupunginhallitus päätti vuonna 1998 peruskorjata ja laajentaa ammattikorkeakoulun tiloja. C-taloon oli tarkoituksena sijoittaa liiketalouden opetustiloja, yleisaineiden atk-tiloja, kirjasto ja tietokonekeskus. Hyötyneliöt olivat 3800 m<sup>2</sup>. (Tampereen ammattikorkeakoulu & Tampereen kaupungin tilakeskus 1998, 3—5.) Ensimmäiseen kerrokseen sijoittui kirjasto ja aulakahvio, yleisesti tunnettuna infokahvio. Kerrokset 2—4 olivat opetus- ja atk-tilojen, sekä tietokonekeskuksen käytössä. Viidennessä kerroksessa oli ilmanvaihtokonehuone. Kellari-, eli 0-kerroksessa oli väestönsuoja, varastoja, sosiaalituloja, sekä teknisiä tiloja. Rakennusautomaatiolla oli kaksi alakeskusta, yksi ilmanvaihtokonehuoneessa ja toinen lämmönjaossa.



KUVA 6. Tampereen ammattikorkeakoulun pääkampuksen C-talo

Tällä hetkellä C-talossa järjestetään enimmäkseen yhä liiketalouden ja tietojenkäsittelyn opetusta. Tietoverkoista vastaa nykyisin Tampereen yliopiston tietohallinto, mutta laitetila on yhä tietojenkäsittelyn koulutuksen tietoverkkojen, sekä osin TAMKin yleisen tietoverkon käytössä. Kirjasto on siirretty G-taloon ja entisen kirjaston paikalla toimii nykyään Tampereen ammattikorkeakoulun ja yliopiston opiskelijoille yrittäjyysvalmennusta tarjoava HUBS, joka vuosina 2012—2021 toimi nimellä Y-kampus. Lisäksi 3. kerroksessa on kaikkia koulutusaloja palveleva Exam-tila, jossa voidaan itsenäisesti suorittaa kokeita, joiden suorituksia valvotaan kameroiden avulla läsnä olevien valvojien sijaan. Tila on kaikille opiskelijoille merkittävä, sillä kyseinen tila on toinen kahdesta pääkampuksen Exam-tilasta.

### **3.2 Talotekniikan nykytilanne**

Talotekniset perusratkaisut eivät ole merkittävästi muuttuneet rakennusosan käyttöönotosta. Tekniset tilat ja niiden toiminta on pysynyt peruseriaatteeltaan samana, ainakin verrattaessa suunnitelmia ja nykyistä tilannetta todellisuudessa. Pieniä muutostöitä on tehty tarpeen mukaan, kuten esimerkiksi tilojen jakamista väliseinillä kahdeksi tilaksi, jolloin mm. valaisimien paikat ovat hieman muuttuneet, mutta muutoin sähkö- ja LVI-verkon rakenne on pysynyt lähes ennallaan.

Suurimpia taloteknisiä muutoksia — jotka eivät tosin ole vaikuttaneet tilojen käyttötarkoituksiin — ovat mm. 3. kerroksen laitetilan jäähdytyksestä vastanneen siirtoilmakoneen vaihtaminen kahteen vakioilmastointikoneeseen vuonna 2004. Lisäksi laitetilaa syöttävän jakokeskuksen UPS-laitteistoa on modernisoitu. UPS-laitteistolla akkuvarmennetaan mm. laitetilan palvelimien sähkönsyöttöä sähkökatkojen varalta, mutta nykyisin pääpalvelinsali sijaitsee uudemmassa G-talossa. Viimeisin talotekninen muutos C-talossa on ilmanvaihdon jäähdytyksen vaihto jäähdytyskoneesta kaukokylmään syksyllä 2021.

Sähköjärjestelmien kannalta suurin ero alkuperäisiin suunnitelmiin on loistehon kompensointiin ja yliaaltojen suodattamiseen tarkoitetuissa laitteistoissa. Nousukeskuksella NK C001 on kaksi 150 kilovarin estokelaparistoa (kuva 7) ja ilmanvaihtokonehuoneen keskuksella JK C501 yksi 200 kilovarin estokelaparisto. On

huomattava, että ilmanvaihtokonehuoneen keskusta syöttää pääkeskus PK2, eikä näin vaikuta nousukeskuksen estokelaparistojen toimintaan. Nousukeskuksen kompensointitarve perustuu vaiheen L1 mittaukseen virtamuuntajalla, kun taas ilmanvaihtokonehuoneen kaikissa vaiheissa on virtamuuntaja.



KUVA 7. Käytöstä poistetut estokelaparistot nousukeskustilassa

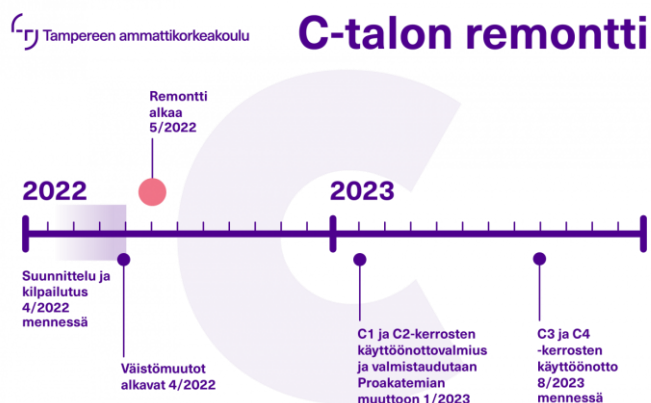
Kyseiset estokelaparistot on poistettu käytöstä ja huoltotarran mukaan viimeisin vuosihuolto ja säätimen tarkastus on tehty 2.6.2015. Laitteiden käyttö on lopetettu tarpeettomana, sillä rakennuksessa ei ole esiintynyt tarpeeksi suuria loistehoja ja laitteet ovat seisseet käytössä turhaan. Tällä toimenpiteellä on säästetty laitteiden huoltokustannuksissa. Kondensaattorien kompensointiporrastus on saattanut olla käyttötarkoitukseen sopimaton. Kaikissa edellä mainituissa laitteissa oli kolme 80 kilovarin kondensaattoria estokeloineen, jolloin porrastus on siten 1:1:1, kun yleensä kondensaattoreilla on eri arvoja tarkemman kompensoinnin saavuttamiseksi, esimerkiksi suhteessa 1:2:4. Jos kompensoinnin ensimmäisenkin portaan kompensointi on liian suuri, ei laite pysty kompensoimaan pieniä loistehoja, sillä tällöin vaihesiirto vain siirtyisi liiaksi kapasitiiviselle puolelle. Tästä syystä laitteistot ovat olleet turhaan toimintavalmiudessa, mutta eivät ole juuri koskaan kytkeneet kompensointia päälle.

Lisäksi TAMKin arkistosta löytyvän lopullisen sähkötyöselostuksen mukaan tiettyille jakokeskuksille tuli asentaa 3. yliaallon suodatin (Tampereen sähkösuunnittelu Oy 1999, 1), mutta sekä lopullisissa keskuskaavioissa, että todellisuudessa keskuksilla on vain varalla kahvavarokelähtö suodatinta varten. Tasokuvista päätellen ilmeisesti näillä oli suunniteltu suodatettavan erityisesti atk-luokkien ja tietokonekeskuksen laitteiden aiheuttamia yliaaltoja.

Nykyisessä tilanteessa C-talon energiamittaukset on varsin vähäisellä tasolla, kuten sen aikakauden rakennuksissa tyypillisestikin. Erillisiä energiamittareita ei ole lainkaan, lukuun ottamatta C-talon syyskuussa 2021 valmistuneen kaukokylmän osuuden mittausta. Myöskään talon nousukeskusta ei ole erikseen mitattu pääkeskuksen lähdestä.

### 3.3 C-talon remontti

Osana pääkampuksen muutosprosessia, C-talossa alkaa remontti, jonka suunniteltu kesto on toukokuusta 2022 elokuuhun 2023 (kuvio 4). Suunnitelmana on remontoida kaikki opiskelijoiden käytössä olevat neljä kerrosta ja luoda niihin monitoimitiloja, yhteiskäyttöisiä työpisteitä, sekä tilat yrittäjäkoulutusta tarjoavalle Proakatemialle ja sen tiimiyrityksille. Opiskelijoille ja henkilökunnalle avattu Mirokommentointialusta on antanut kaikille mahdollisuuden katsoa ja kommentoida arkkitehtitoimiston suunnitelmia. (Tampereen korkeakoulu yhteisö 2021.) Ensimmäisten suunnitelmien pohjakuvat on esitetty liitteessä 1.



KUVIO 4. C-talon remontin alustava aikataulu (Tampereen korkeakoulu yhteisö 2021)

Hankesuunnitelmista huomataan, että tilojen sijoittelu tulee muuttumaan merkittävästi. Väliseinien siirtyessä, tämä myös väistämättä tarkoittaa sähkökalusteiden siirtelyä. Todennäköisesti tämä tarkoittaa ryhmäjohtojen ja sähkökalusteiden osalta saneerausta, joka saattaa johtaa myös joidenkin jakokeskusten uusimiseen.

Lisäksi kiinteistöpalveluissa on halukkuutta parantaa TAMKin energiamittauksia kauttaaltaan ja C-talosta halutaan pilottikohteeksi, jossa mittauksia voidaan kokeilla varsin laajassa skaalassa, jopa paljon laajemmin kuin muissa rakennusosissa tulevaisuudessa. Seuraavaksi arvioidaan mittauksien tarpeita pilottikohteen rooli ja tuleva remontti huomioiden.

## 4 C-TALON MITTAUSMAHDOLLISUUDET

### 4.1 Yleisesti

Koska C-talosta on tulossa energiamittauksen osalta ns. pilottikohte, on tässä luvussa mittausmahdollisuuksia arvioitu varsin tarkkojen mittauksien näkökulmasta, sivuuttaen joitakin mahdollisia kustannustehokkuusongelmia. Riittävän laajat mittaukset pilottikohteessa antavat mahdollisuuden tarkastella kokonaisvaltaista mittausratkaisua myös tutkimusmielessä, eikä puhdasta takaisinmaksuaikaa tai saavutettuja säästöjä ole mielekästä laskea tässä kohteessa. Lisäksi pilottikohteen seurannan avulla voidaan kerätä tietoja, joista nähdään minkälaisilla mittauksilla, tiedonkeruujärjestelmällä ja energiatehokkuustoimilla voidaan todellisuudessa saavuttaa merkittäviä tuloksia. Näitä tietoja ja kokemuksia voidaan siten jatkossa hyödyntää muiden rakennusosien mittarihankinnoissa, jolloin voidaan tarkemmin punnita mittausratkaisun kustannustehokkuutta.

Koska C-talon remontti todennäköisesti muuttaa tilojen käyttötarkoitusta sekä mm. väliseinien asetteluja jonkin verran, on energiamittauksia arvioitava tulevaisuuden käyttötarkoituksen kannalta. Lisäksi on muistettava, että remontista huolimatta uudet mittarit tulevat jo olemassa olevaan rakennukseen, jolloin jälkiasennuksien haasteet ja mahdollisuudet tulee huomioida.

Varsinaisen remontin suunnitelmiakin vielä kommentoidaan ja hiotaan kuvion 3 mukaisesti mahdollisesti huhtikuuhun 2022 asti, sekä mittarihankinnatkin ovat vasta suunnitteilla, joten tässä työssä ei mennä liian syvälle yksityiskohtiin mm. yksittäisten mittarihankintojen osalta, vaan tarkastellaan laajaa kokonaisuutta siltä kannalta, mitä kaikkea olisi syytä mitata, sekä ottaa sen suhteen huomioon. Pääperiaatteena on, että mittauksien tulee olla riittävän kattavia, kuitenkin olematta tuhattoman kustannustehottomia. Lisäksi kaikkien mittareiden olisi hyvä liittyä rakennusautomaatioväylään.

## 4.2 Keskus- ja tilakohtainen sähköenergian mittaus

Laajentaessa energiamittauksia, hyvä lähtökohta sähköenergian mittaamiselle olisi ainakin mitata eri jakokeskusten kulutuksia. Tämä onnistuu helposti esimerkiksi 0-kerroksessa nousukeskuksella NK C001, josta lähtee ilmanvaihtokonehuonetta lukuun ottamatta kaikki C-talon jakokeskusten sähkönsyötöt. Ilmanvaihtokonehuoneen keskuksen mittaamisesta kerrotaan tarkemmin alaluvussa 4.4.1. Koska noin 20 vuotta vanhaa jakokeskusta (kuva 8) ei tuskin ole vielä hetkiin tarvetta uusaa, täytyy mittarivalinnoissa huomioida olemassa olevan keskuksen rajoitukset, esimerkiksi kuvan 3 mukaisia NSX-katkaisijoita ei ole kannattavaa vaihtaa kahvavarokkeiden tilalle.



KUVA 8. Nousukeskus NK C001

Kuitenkin keskuksessa on vapaata tilaa lisätä jälkiasennuksena epäsuoria mittauksia ja olisikin järkevää mitata ainakin koko nousukeskuksen kulutus, sekä muutaman, ellei kaikkien jakokeskusten kulutuksia erikseen. Näin ollen kokonaiskuva C-talon kulutusjakaumasta selkenee jo huomattavasti. Lisäksi mittareiksi on mahdollista valita laitteita, joilla pystytään valvomaan sähkön laatua perustasolla ja löytämään esimerkiksi suurimmat loistehoa kuluttavat keskuksset sekä suurimmat teho- tai virtahuiput keskuskohtaisesti.

Keskuskohtaisella mittauksella myös eriytetään omiksi kohteiksi automaattisesti mittauskohteita, joiden kulutusta on syytä pitää seurannassa. Ilmanvaihtokonehuoneella, lämmönjaolla ja 3. kerroksen laitetilalla on omat keskuksensa, joiden mittauksista saadaan melko tarkkaa tietoa näiden järjestelmien vaatimasta sähköenergiasta. Laitetilan keskuksen mittauksessa tulisi myös harkita sähkön laadun mittausta, elektroniikan suuren määrän vuoksi. Ainakin loistehoja ja kolmatta yliaaltoa olisi syytä tarkastella. Laadun tarkastelun tarve riippuu osittain C-talon laitetilan suunnitellusta käytöstä ja laitteiden tärkeydestä tietoverkoille. LVI-keskuksilla sen sijaan loistehoja olisi syytä tarkastella pumppujen, puhaltimien ja moottorien vuoksi. Mitattavat keskuksat on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Sähkökeskuksien mittauskohteet

Keskus-tunnus	Palvelualue	Syöttävä keskus	Huomioitavaa mitauksissa
NK C001	C-talon jakokeskuksien ja laitetilan vakioilmastointikoneiden sähkönsyöttö	PK 2	Myös sähkön laadun mittaus (loisteho ja yliaallot)
JK C001	0-kerroksen sähkönsyöttö	NK C001	
JK C002	VSS/sosiaalitulojen sähkönsyöttö	NK C001	
JK C003	Lämmönjaon sähkönsyöttö	NK C001	Lisäksi LVI-laitteiden erillismittaus, myös sähkön laadun mittaus (loisteho)
JK C101	1. kerroksen eteläpäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C102	1. kerroksen pohjoispäädyn, infokahvion ja tuulikaapin kierrätysilmakoneiden sähkönsyöttö	NK C001	Mahdollisesti keittiön ja kierrätysilmakoneiden erillismittaus
JK C201	2. kerroksen eteläpäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C202	2. kerroksen pohjoispäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C301	3. kerroksen eteläpäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C302	3. kerroksen pohjoispäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C303 UPS	Laitetilan sähkönsyöttö	NK C001	Myös sähkön laadun mittaus (loisteho ja yliaallot)
JK C401	3. kerroksen eteläpäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C402	3. kerroksen pohjoispäädyn sähkönsyöttö	NK C001	
JK C501	Ilmanvaihtokonehuoneen ja katto- ja räystäslämmityksen sähkönsyöttö	PK 2	Lisäksi LVI-laitteiden erillismittaus, myös sähkön laadun mittaus (loisteho)
JK C HISSI	Hissin sähkönsyöttö	NK C001	

Uusissa asennuksissa tulee käyttää vikavirtasuojia huomattavasti enemmän kuin kaksikymmentä vuotta sitten, joten tämä saattaa remontissa johtaa kokonaisten

jakokeskusten vaihtoon käytännöllisistä syistä, sillä alkuperäisissä asennuksia vi-kavirtasuojia on lähinnä wc-tilojen pistorasioille. Tällöin on myös mahdollista harkita keskuskohtaisten mittareiden asentamista suoraan uusiin jakokeskuksiin nousukeskuksen sijaan, sillä nousukeskusta ei ole sähkötekniisesti tarpeellista uusia ja tämä helpottaisi mittarien asennusta tai tilaamista suoraan keskusvalmistajalta. Tämä toisaalta tarkoittaa väyläkaapelointia jakokeskuksilta, mutta tämä onnistunee vaivattomasti sähkösaneerauksen yhteydessä. Asentamalla mittarit nousukeskuksen sijaan hajautetusti jakokeskuksiin, on myös mahdollista jakaa keskuksen sisällä kulutuskohteita omiksi mittauskohteikseen, sekä harkita mittaustiedon osoittavaa näyttöä keskuksen kanteen.

Nykytilanteessa opiskelijoiden käytössä olevissa kerroksissa 1—4 on jokaisessa kaksi jakokeskusta, jotka palvelevat pääasiassa omaa keskusaluettaan. Karkeasti voidaan sanoa, että näissä kerroksissa yksi jakokeskus syöttää kyseisen kerroksen pohjoisen puoleisia sähköjärjestelmiä ja toinen jakokeskus eteläisen puoleisia sähköjärjestelmiä. Remontista huolimatta tähän peruseriaatteeseen on tuskin tulossa suurta muutosta. Näin ollen keskuskohtainen mittaus tuo luonnostaan karkeaa tilakohtaista jakoa sähköenergian mittaukseen. Esimerkiksi 2. kerroksen ollessa lähinnä Proakatemian käytössä, voitaisiin tarvittaessa mittaustiedoista tutkia vain 2. kerroksen jakokeskusten ja siten Proakatemian tilojen kulu-tusta.

Pohdittaessa tarkempia tilakohtaisia mittauksia liitteen 1 hankesuunnitelmapii-rustuksien perusteella voidaan todeta, ettei kerrokseen 1—4 ole tulossa erityisti-loja, joiden sähkökäytön mittaaminen olisi erityisen kiinnostavaa. Lukuun otta-matta LVI-järjestelmien sähkönkulutusta, suunnitelmien perusteella tilojen suu-rimmat kuormitukset tulevat todennäköisesti vain valaistuksesta ja atk-laitteiden pistorasiakuormista. Tästä syystä keskuskohtaisen mittauksen lisäksi onkin jär-kevintä eritellä mittauksia vain suurimpien kulutuskohteiden ja LVI-laitteiden kan-nalta.

On kuitenkin yksi tila, jonka kohdalla tilan kulutuksien kerääminen yhteen voi olla tarpeellista: Infokahvio ja erityisesti sen keittiö (kuva 9). Vaikka keittiö onkin pieni, pinta-alaltaan vain 13 m<sup>2</sup>, voi kulutus hetkellisesti nousta tilan kokoon nähden

suureksikin, riippuen käytetyistä laitteista. Vaikka keittiön kulutukset tuskin vaikuttavat merkittävästi rakennusosan kokonaiskulutukseen, voi niiden mittaaminen olla kiinnostavaa etenkin silloin, jos tila olisi ulkopuolisen toimijan käytössä ja tämän sähkönkulutusta halutaan valvoa, tai jopa laskuttaa.

Keittiön mittauksien haasteena on kuitenkin se, ettei keittiöllä ole omaa keskusta vaan kaikki sen sähkösyötöstä tulee toiselta 1. kerroksen jakokeskukselta. Näin ollen mittauksia ei voida hoitaa vain yhdellä mittarilla, tai tämä vaatisi keskustason muutoksia, joissa keittiön ryhmälähdöt ovat jossain kohtaa ryhmitelty esimerkiksi oman ryhmävarokkeen alle. Ryhmävaroke kokoaa usean sulakkeen tai johdon-suojakatkaisijan sähköryhmän yhden suuren kahvavarokkeen alle. Näin ollen huolto- ja muutostöitä varten tiettyjen ryhmien kytkeminen jännitteettömäksi onnistuu kerralla, ja tällöin myös näitä ryhmiä voidaan mitata yhdellä mittarilla.

Usean mittarin hankinta ja näiden mittaustietojen yhdistäminen on kuitenkin mahdollisesti liian kallista ja vaivalloista, siispä mittarihankinnoissa tilaajan tulee pohdita kannattaako keittiön kulutusta eritellä lainkaan. Yksi vaihtoehto on mitata vain oletetut suurimmat kulutuspaikat, esimerkiksi kolmivaihepistorasiat ja jättää pienemmät kulutuskohteet, kuten esimerkiksi valaistus mittaamatta merkityksettömänä. Keittiössä on kuitenkin jäähdytyskäytössä ilmalämpöpumppu, joka on huomioitu jäähdytyksen sähköenergiankulutusta tarkasteltaessa.



KUVA 9. Infokahvion keittiö

### 4.3 Valaistuksen sähkönkulutus

Koska remontin yhteydessä valaistus todennäköisesti uusitaan, on mutkattomin tapa mitata valaistuksen energiankulutusta yksinkertaisimmillaan hankkimalla esimerkiksi DALI- tai KNX-väyläiset valaisimet. Modernien väyläliitäntäisten valaisimien avulla parannetaan valaistuksen energiatehokkuutta vähemmän kuluttavilla LED-valaisimilla sekä niiden älykkäillä ohjausratkaisuilla. Lisäksi väylän avulla voidaan lukea karkeasti jopa yksittäisten valaisimien energiankulutustietoja.

Koska nykyisten valaisimien energiankulutus älykkäästi ohjattuna on varsin pientä verrattuna vanhoihin loisteputkivalaisimiin, ei valaistuksen kovin tarkka energianseuranta ole suuressa roolissa energiatehokkuuden kannalta. C-talon tapauksessa mielekkäin ratkaisu olisi valita DALI-reitittimillä toteutettu valaistusratkaisu, sillä kyseistä tekniikkaa on suosittu TAMKin muissakin rakennusosissa. DALI-väylästä voidaan tarkastella yksittäisten valaisinten energiakulutustietoja, mutta näiden tietojen hankkiminen vaatii riittävät ohjelmistot ja osaamista niiden käyttöön. Hyvä ratkaisu olisi yhdistää DALI-väylä rakennusautomaatioon väylämuuntimen avulla. Yksi vaihtoehto on yhdistää DALI-väylä KNX-väylään ja tästä Modbus-väylään ja siten rakennusautomaatioon. Tällöin ohjauslaitteina voidaan käyttää myös KNX-väyläliityntäisiä laitteita.

### 4.4 LVI-järjestelmien sähkönkulutus

LVI-järjestelmiä mitattaessa C-talossa lämmitysverkostoon ja ilmanvaihtoon kulutettu sähköenergia saadaan karkeasti keskuskohtaisista mittauksista, sillä lämmönjaolla ja ilmanvaihtokonehuoneella on omat jakokeskuksensa. Kuitenkin esimerkiksi pumppujen ja puhaltimien osalta erilliset mittaukset ovat erityisen hyödyllisiä, sillä modernien energiamittarien tai taajuusmuuttajien kulutustiedoista voidaan lukea myös käyttötunteja ja näin ollen tehdä ennakoivia huoltotoimenpiteitä.

Jaottelu eri LVI-lajien välillä on hieman hankalaa, sillä esimerkiksi ilmanvaihtokoneessa on sekä lämmitys- että jäähdytyspatterit ja lämmöntalteenottokiekko.

Tässä työssä kaikki rakennuksen lämmitys- tai jäähdytystehon toimintaan vaikuttavat osat lasketaan kuuluvaksi niihin, siispä kaikki kylmää tai kuumaa vettä kiertävät pumput sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lasketaan kuuluvaksi lämmityksen ja jäähdytyksen sähkönkulutukseen, sillä vaikuttaahan lämmöntalteenoton hyötysuhde lämmitysverkostosta vaadittavaan ilmanvaihdon lämmitystehoon, sekä tiloihin tuodun raitisilman lämpötila pattereilta vaadittuun lämmitystehoon. Ilmanvaihtoon lasketaan siis kuuluvaksi vain ilman siirtämiseen vaikuttavat laitteet, eli mm. puhallinmoottorit ja taajuusmuuttajat. Energian seurantajärjestelmissä kulutustietoja voidaan myöhemmin koota halutulla tavalla, esimerkiksi laskea ilmanvaihtoon kuuluvaksi myös kaikki sen lämmitys- ja jäähdytyslaitteet. Edellä mainittu jaottelu on tehty vain tämän työn kannalta.

#### 4.4.1 Ilmanvaihdon sähkönkulutus

Ilmanvaihtokonehuoneen (kuva 10) keskusta JK C501 syöttää C-talon muista keskuksista poiketen pääkeskus PK 2. Tästä syystä koko ilmanvaihtokeskuksen mittaus on järkevää toteuttaa itse jakokeskuksella myös siitäkkin syystä, että väyläliitäntä konehuoneessa sijaitsevaan alakeskukseen on helppoa. Tämän lisäksi ilmanvaihtokonehuoneen laitteiden energiankulutuksia on syytä eritellä. On kuitenkin huomattava, että keskuksen kulutukseen vaikuttaa myös ilmanvaihtokonehuoneessa sijaitsevat pumput ja sähkölämmitykset.



KUVA 10. Ilmanvaihtokonehuone C5-01

Nykyisestä automaatiojärjestelmästä pystytään lukemaan joidenkin puhaltimien käyttötunteja taajuusmuuttajalta, mutta ei energiankulutusta. Olisi järkevää mitata ainakin suurimpien puhaltimen, tai niitä syöttävien taajuusmuuttajien kulutusta yksittäisillä mittareilla. Näiden mittarien kohdalla on myös syytä miettiä milloin olisi ajankohtaista vaihtaa taajuusmuuttajia, joista näitä energiakulutustietoja voidaan lukea erillisten mittarien sijaan.

Harkinnan mukaan tulee pohtia erillispoistojen sähkökulutuksien mittauksia. Erillispoistojen, kuten porraskäytävien ja teknisten tilojen sähkökulutus ilmanvaihdon osalta on isoja ilmanvaihtokoneita huomattavasti pienempää ja jokainen erillispoisto vaatisi oman mittarinsa. Toisaalta erillisten tulo- ja poistokoneiden mittarien lisäys on asennusteknisesti melko vaivatonta, sillä lukuun ottamatta aulan tuulikaapin kiertoilmakoneita, kaikkien poistoilmakoneiden sähkönsyötöt lähtevät joko lämmönjaon tai ilmanvaihdon jakokeskukselta, johon on syytä lisätä muutoinkin mittareita. Lisäksi näissä tiloissa on alakeskukset, jolloin väyläkaapelointi on vaivatonta toteuttaa jälkiasennuksena. Ilmanvaihdon koneet ja niiden sähkönsyöttöjen sijainnit on esitetty taulukossa 3. Ilmanvaihtoryhmien jaottelu on tehty rakennusautomaation etävalvomon rakenteen perusteella.

TAULUKKO 3. Ilmanvaihdon sähköenergian mittauskohteet

Laitetunnus	Palvelualue	Syöttävä keskus	Taajuusmuuttaja-ohjattu
<b>Erillispoistot</b>			
PK01PF01	Ilmanvaihtokonehuoneen poistopuhallin katolla	JK C501	
PK02PF01	A-porraskäytävän poistopuhallin katolla	JK C501	X
PK03PF01	C- ja B-talon yhdyskäytävän poistopuhallin katolla	JK C501	X
PK04PF01	Lämmönjakohuoneen poistopuhallin	JK C003	
KK01	Aulan tuulikaapin kierrätysilmakone	JK C102	
KK02	Aulan tuulikaapin kierrätysilmakone	JK C102	
<b>Ilmanvaihtoryhmät</b>			
TK01TF01	2—4 kerrosten tuloilmakone	JK C501	X
TK01PF01	2—4 kerrosten poistoilmakone	JK C501	X
TK02TF01	0—1 kerrosten tilojen ja 2—4 kerrosten teletilojen tuloilmakone	JK C501	X
TK02PF01	0—1 kerrosten tilojen ja 2—4 kerrosten teletilojen poistoilmakone	JK C501	X
TK02PF02	C- ja B-talon yhdyskäytävän poistoilmakone katolla	JK C501	
TK03TF01	Nousukeskustilan tuloilmakone	JK C003	
TK04TF01	Telejakamon tuloilmakone	JK C003	
VI01	3. kerroksen laitetilan vakioilmastointikone	NK C001	
VI04	3. kerroksen laitetilan vakioilmastointikone	NK C001	

#### 4.4.2 Lämmityksen ja jäähdytyksen sähkönkulutus

Jäähdytys ja lämmitys perustuu C-talossa pitkälti kaukolämmön ja kaukokylmän käyttöön. Osa näiden järjestelmien verkostojen toiminnasta perustuu pumppuihin, jotka siirtävät lämmitys- tai jäähdytysvettä myös muihin rakennusosiin, joten näiden sähkönkulutusta ei voida täysin eristää C-talon osuutta koskevaksi ilman laskennallisia toimenpiteitä, mutta tämä ongelma on kokonaisuuden kannalta vähäinen. Lämmityksessä ja jäähdytyksessä voidaan mitata erikseen jäähdytys- ja lämmitysverkostojen pumppujen sähkönkulutus. Näiden pumppujen osalta on harkittava, tullaanko niiden tilalle joskus vaihtamaan esimerkiksi taajuusmuuttajalla säädettävät pumput, joista saattaa olla suoraan luettavissa energiakulutustietoja. Lisäksi olisi hyvä mitata ilmanvaihtokoneiden lämmitys- ja jäähdytyspariterien pumppujen, sekä lämmöntalteenottokiekkujen moottorien energiankulutusta.

Lämmityksen sähköenergiankulutuksessa voidaan myös eritellä katto- ja räystäslämmityksiä (kuva 11) sekä pääoven invaluisikan sulanapito, joiden syöttöjä on ilmanvaihtokonehuoneen ja lämmönjaon keskuksissa. Tarkassa mittausratkaisussa myös infokahvion ilmalämpöpumppu tulee eritellä jäähdytykseen kuuluvaksi. Lämmityksen ja jäähdytyksen sähköenergian mittauskohteet on esitetty taulukossa 4.



KUVA 11. Kattolämmityksiä C-talon katolla

TAULUKKO 4. Lämmityksen ja jäähdytyksen sähköenergian mittauskohteet

Laite-/ryhmätunnus	Palvelualue	Syöttävä keskus	Taajuusmuuttaja-ohjattu
<b>Lämmitysverkosto</b>			
IV02PU40	Ilmanvaihtokoneiden ja tuulikaapin kiertoilmakoneiden jälkilämmitysyksiköiden sekä ilmanvaihtokonehuoneen lämpöpattereiden pumppu	JK C003	
PV04PU40	0-kerroksen lämpöpatterien sekä VSS/sosiaalitalan ja toisen sosiaalitalan jälkilämmitysyksiköiden pumppu	JK C003	
PV05PU40	1—4 kerrosten pohjoissivun lämpöpatterien pumppu	JK C003	
PV06PU40	1—4 kerrosten eteläsivun lämpöpatterien pumppu	JK C003	
TK01PU40	TK01:n pohjoispuolen kanaviston jälkilämmityspatterin pumppu	JK C501	
TK01PU41	TK01:n eteläpuolen kanaviston jälkilämmityspatterin pumppu	JK C501	
TK02PU40	TK02:n aulan kanaviston jälkilämmityspatterin pumppu	JK C501	
TK02PU41	TK02:n pohjoispuolen kanaviston jälkilämmityspatterin pumppu	JK C501	
TK02PU42	TK02:n eteläpuolen kanaviston jälkilämmityspatterin pumppu	JK C501	
TK01LTO	TK01:n lämmöntalteenottokiekon moottori	JK C501	<b>X</b>
TK02LTO	TK02:n lämmöntalteenottokiekon moottori	JK C501	<b>X</b>
JK C003 18F	1. kerroksen lippa, räystäskourun saattolämmitys	JK C003	
JK C003 34F	Invaluisikan ja sen sadevesiviemäriin lämmitys	JK C003	
JK C501 73F	Syöksytörven ja katon lämmitys	JK C501	
<b>Jäähdytysverkosto</b>			
JK02PU55	Kattolämmityspalkkien jäähdytysverkoston pumppu	JK C501	<b>X</b>
JK02PU56	D-talon ilmanvaihtokoneiden jäähdytyksen pumppu	JK C501	
JK02PU57	Laitetilan vakioilmastointikoneen jäähdytyksen pumppu	JK C501	
<b>Erillisjäähdytykset</b>			
JK C102 84—86F	Infokahvion ilmalämpöpumppu	JK C102	

#### 4.5 Sähkön laatu

Koska alkuperäisiin tilasuunnitelmiin verrattuna merkittävä osa atk-luokkien tietokoneista poistuu käytöstä, vähentää tämä todennäköisesti myös epälineaaristen kuormitusten määrää. Kuitenkin sähkön laatua olisi pilottikohteessa syytä pitää tarkastelussa. Suurimmat yliaaltojen ja loistehojen aiheuttajat verkkoon ovat todennäköisesti laitetila, sekä ilmanvaihtokonehuoneen pumppujen, puhaltimien ja moottorien taajuusmuuttajat. Loistehoa myös aiheuttaa lämmönjaon pumput. Jos

kyseisiä keskuksia tullaan joka tapauksessa mittaamaan, ei muutaman mittarin kohdalla lisäinvestointi myös sähkön laatua tarkastelevaksi mittariksi ole kohtuuttoman suuri. Lisäksi koko talon C-talon sähkönlaatu olisi syytä mitata. Valaistuskauorman laatu erikseen mitattuna ei ole kannattavaa, sillä aiemmin mainittu ratkaisu kulutustietojen lukemisesta DALI-väylästä on paljon kustannustehokkaampaa ja valaistuksen kulutus uusilla valaisimilla muutenkin vähäistä.

Sähkön laatua olisi mahdollisuus mitata pistokoeluonteisesti esimerkiksi erillisellä verkkoanalysointilaitteella, jolla saadaan kohdennettua mittaukset mille tahansa ryhmätasolle. Verkkoanalysointilaitteissa mittausvälin ongelmana saattaa olla mm. muistikapasiteetti, jolloin pitkissä mittauksissa mittausdata joudutaan keräämään talteen tasaisin aikaväleihin. Tästä syystä koko C-talon sähkön laadun perusmittaus sisältäen ainakin loistehon ja kolmannen yliaallon mittaukset, sekä aikaisemmin mainitut sähkön laadun erillismittaukset ovat hyvä ratkaisu saada mittausdata vaivatta esimerkiksi yhden vuoden ajalta. Jos näiden mittauksista huomataan poikkeuksellisen suuria vaihesiirtoja tai jännitesäröjä, voidaan tarvittaessa yksittäisiä verkkoanalysointilaitteita käyttää näiden aiheuttajien etsintään esimerkiksi viikon kestäväällä seurannalla kerrallaan.

#### **4.6 LVI-energiamittaukset**

LVI-mittauksessa C-talon sisäinen päämittaus yksilöi jo paljon koko pääkampuksen kulutuksesta. Näin ollen esimerkiksi pääkampuksen kokonaislämmitys- ja jäädytysenergiasta, sekä vedenkulutuksesta voidaan jaotella kulutuskohteet ta- loittain ja löytää suurimmat kuluttajat.

LVI-energiakulutuksien mittaamisessa jo olemassa olevassa kohteensa on haasteensa. Kun sähköenergian mittauksessa jälkikäteen on helppoa lisätä mittareita pienillä sähkökatkoksilla tai jopa täysin ilman, voi LVI-putkistojen mittaaminen vaatia esimerkiksi verkostojen osien tyhjentämistä mittarin tai mittaritaskun lisäämistä varten. Nykyään on kuitenkin mahdollista lisätä putkien pinnalle ultraääni- luettavia virtausmittareita, jonka toiminta perustuu äänisignaalin nopeuden riip-

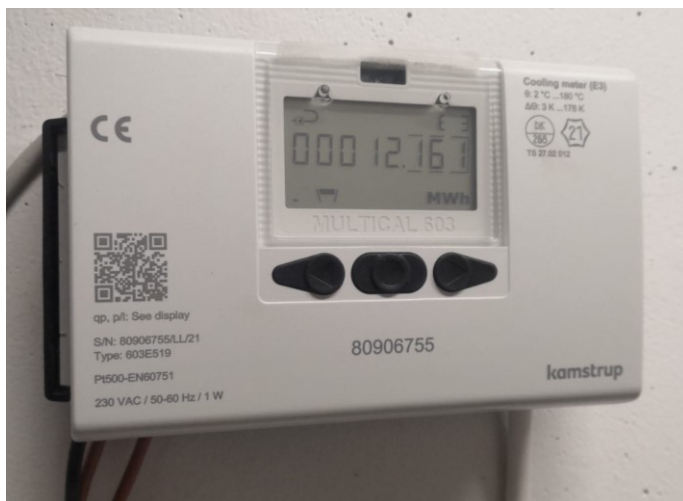
puvuuteen virtausnopeudesta (Hantor-mittaus Oy 2011, 7). Lämpötilan mittaus-tieto saadaan jo olemassa olevista mittareista tai lisäämällä pinta-antureita. Näin voidaan määrittää kulutettu energia ilman putkien sisälle asennettavia mittareita.

C-talon kaukolämmön ja -kylmän osuus tulee suoraan päälämmönvaihtimilta, eikä verkostossa ole välissä erillisiä lämmönvaihtimia. Tällöin C-talon sisäiset mittaukset tulevat piirien toisiopuolille. Tämä myös tarkoittaa lisäksi sitä, että läm-pimän käyttöveden kierto tulee C-taloon suoraan päälämmönjaosta.

#### **4.6.1 Lämmitys ja jäähdytys**

Lämmityksen ja jäähdytyksen osalta koko olisi hyvä mitata ainakin jokaisen talon kohdalta kaukolämmön ja -kylmän osuus verrattuna koko pääkampuksen kulu-tukseen. Syksyllä 2021 valmistuneen C-talon kaukokylmän osuus on kuitenkin urakointivaiheessa osattu jo mitata erikseen (kuva 12), mutta kaukolämmön ko-konaiskulutuksesta ei pystytä C-talon osuutta erottelemaan. Kaukokylmä liittyy ilmanvaihtokonehuoneessa suoraan vanhaan jäähdytysverkostoon edellisen jäähdytyskoneen tilalle. C-talon jäähdytysverkostosta lähtee myös D-talon ilman-vaihdon jäähdytysverkosto. D-talossa on pääasiassa vain pääkampuksen juhla-sali, sekä nykyisin varastointikäytössä olevia entisiä ammatillisen opettajakoulu-tuksen tiloja.

Tarkempia mittaustietoja saadaan mittaamalla jokainen lämmitys- ja jäähdytys-verkosto erikseen. Lämmönjaosta (kuva 13) lähteviä lämmitysverkostoja on neljä ja myöskin ilmanvaihtokonehuoneesta lähteviä jäähdytysverkostoja on neljä. Nämä verkostot voidaan erillimitata tai ainakin eriyttää niistä ilmanvaihtoon kuu-luva lämmitys- ja jäähdytysenergia. Verkostojen mittauskohteet on esitetty taulu-kossa 5.



KUVA 12. Kaukokylmän energiamittari C-talossa



KUVA 13. Lämmönjakuhuone C0-18

TAULUKKO 5. Lämmityksen ja jäähdytyksen mittauskohteet

<b>Lämmitysverkostot</b>
C-talon päälämpöverkosto
Ilmanvaihtokoneiden ja tuulikaapin kiertoilmakoneiden jälkilämmitysyksiköt, sekä ilmanvaihtokonehuoneen lämpöpatterit
0-kerroksen lämpöpatterit ja sosiaaliilojen tuloilman jälkilämmitysyksiköt
1—4 kerrosten pohjoissivun lämpöpatterit
1—4 kerrosten eteläsivun lämpöpatterit
<b>Jäähdytysverkostot</b>
C-talon pääjäähdytysverkosto
Ilmanvaihtokoneiden jälkijäähdytysyksiköt
Tilojen kattojäähdytyspalkit
Laitetilan jäähdytys
D-talon ilmanvaihtokoneiden jäähdytysverkosto

#### 4.6.2 Vesi

Sekä C-talon kylmä- että lämminkäyttövesiverkot ovat omia haarojaan pääkam-  
puksen runkoverkosta (AX-suunnittelu Oy 2000, 3). Näiden haarojen vedenkulu-  
tukset olisi syytä mitata kokonaiskulutukseen vertailua ja vesivuotojen tarkkailua  
ja etsintää varten.

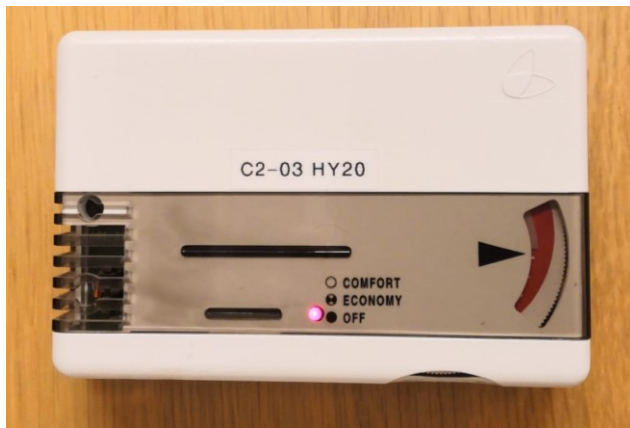
Ongelmia mittaustarkkuuteen aiheuttaa lämpimän käyttöveden kierto. Koska  
lämmin käyttövesi ja sen kierto tulevat valmiina C-taloon pelkän kylmän käyttö-  
veden sijaan, on sekä lähtevä että palaava lämmin vesi mitattava ja kulutus las-  
kettava näiden erotuksesta. Tässä ongelman aiheuttaa kahdesta mittarista joh-  
tuva kaksinkertainen mittausvirhe, varsinkin kun kierto käy koko ajan ja mittaus-  
virhe kertaantuu, pahimmillaan jopa silloinkin, kun lämmintä vettä ei todellisu-  
udessa sillä hetkellä käytetä. Tämä tulee huomioida mittaustuloksia analy-  
soidessa.

Koska infokahvion keittiö on varsin pieni, ei sen vedenkulutus todennäköisesti ole  
kovin suurta, eikä näin ollen tarpeellista mitata enää jälkikäteen erikseen.

#### 4.6.3 Olosuhdemittaukset

Tällä hetkellä C-talon tiloissa on huoneyksiköitä, jotka mittaavat lämpötilaa ja näin  
ollen säätelevät tilojen jäähdytyksiä (kuva 14). Jos huoneyksiköiltä saatavia mit-  
taustietoja haluttaisiin parantaa, tämä vaatisi saneeraustöitä rakennusautoma-  
tiossa, jossa huoneyksiköt, huonesäätimet ja alakeskuksien osat vaihdettaisiin  
älykkäämpiin, sekä väyläkaapelointi uusittaisiin näihin järjestelmiin yhteensopi-  
vaksi. Tätä vaihtoehtoa tulee kuitenkin pohtia, jos remontin yhteydessä tehdään  
myös sähkösaneerausta.

Olosuhdemittauksissa olisi hyvä mitata ainakin lämpötilaa ja hiilidioksidipitoisuu-  
ksia, sekä tarvittaessa ilmankosteutta. Tällaisia huoneyksiköitä (kuva 15) on pää-  
kampuksen viimeaikaisissa saneerauksissa asennettu mm. A- ja F-taloon.



KUVA 14. Vanha huoneyksikkö C-talossa



KUVA 15. Uusi huoneyksikkö F-talossa

#### 4.7 Hälytykset ja ohjaukset

Nykyaikaisilla järjestelmillä on mahdollista toteuttaa lähes kaikenlaisia ohjelmallisia hälytyksiä ja ohjauksia, kunhan kentälaitteet joko välittävät haluttua tietoa tai niitä pystytään ohjaamaan halutulla tavalla. Tällöin vain suunnittelijan mielikuvitus on rajana. Energiamittaustiedoista puhuttaessa, tyypillisesti hälytyksiä halutaan, kun asetetut raja-arvot ylittyvät. Esimerkiksi yöllisen vedenkulutuksen noustessa liian suureksi, on syytä antaa hälytys vesivuotojen varalta. Joidenkin raja-arvojen asettelut vaativat usein ensiksi riittävää seuranta, jotta tiedetään normaalit kulu-

tustiedot eri aikoina. Jos käyttäjä niin haluaa, voidaan hälytyksiä ohjelmoida vaikkapa tietyn raja-arvon ylittävästä sähkönkulutuksesta jossakin mittauskohteessa. Sähkönkulutuksen raja-arvohälytyksistä voidaan esimerkiksi havaita tilanne, jossa rakennuksesta ryöstetään sähköä asiaankuulumattomalla tavalla. Käytännössä kaikista mittauksista voidaan asettaa raja-arvohälytys ja hälytyksen sattuessa löytää poikkeamia energiankulutuksessa, joita ei suunnitteluhetkellä ole osattu ajatella. Esimerkiksi laittilan jäähdytyksen energiankulutuksen äkillinen kasvu voisi viitata laitteiden ylikuumenemiseen. Energiamittauksien hälytyksistä voidaan myös havaita vääränlaisia ohjelmointeja, esimerkiksi jos ilmanvaihto kuluttaa liikaa energiaa yöaikaan virheellisen säädön vuoksi.

Rakennusautomaation ohjaukset eivät yleensä pohjautu energiamittautietoihin, mutta rakennusautomaatiojärjestelmien avulla voidaan joitakin ohjauksia kuitenkin tehdä niin halutessa. Sähköenergian puolella standardien vaatimat suojalaitteet toimivat vikatilanteessa energiamittauksesta riippumatta. Samalla tavalla kuin ohjattaessa sähkönkulutusta pörssihinnalla, voidaan kokonaisenergiankulutuksen ollessa tarpeeksi matalalla antaa käyntilupa vaikkapa yötuuletukselle, tehohuippujen pienentämiseksi. Jos vesiverkostoon rakennetaan ohjattava venttiili, voidaan vesivuotohälytyksellä ohjata venttiili kiinni ja estää suuremmat vahingot. Käytännössä kaikki ohjaukset johon laitteet vain pystyvät ovat mahdollisia ja näiden olisi hyvä olla käyttäjän itse ohjelmoitavissa. (Sillanpää 2021.)

#### **4.8 Mittaustiedon keruu ja analysointi**

Rakennusautomaation lisäksi nykyisin on tarjolla myös pelkästään energiaseurantaan tarkoitettuja ohjelmistoja ja järjestelmiä, jotka pystyvät käsittelemään ja kokoamaan mittaustietoja automaatiojärjestelmiä paremmin. Seurantajärjestelmistä on esimerkiksi mahdollista saada kuukausittain räätälöity raportti kuukauden kulutustiedoista. On kuitenkin mahdollista, että seurantapalvelusta joudutaan maksamaan vuosi- tai kuukausikohtaisia maksuja ja tämä tulee ottaa huomioon harkittaessa seurantajärjestelmän tarpeellisuutta.

Mittaustietoja olisi osattava kuitenkin analysoida ja tähän tarvitaan osaavaa henkilöstöä joko omista työntekijöistä tai ulkopuolelta ostettuna. C-talon tapauksessa

riittävää lienee kiinteistöpalveluiden oma mittaustietojen analysointi vaikkapa kuukauden välein. Mittaustulosten analysoinnissa tulee ottaa huomioon mittarien mittaustarkkuus. On esimerkiksi huomattava, että aikaisemmin mainitut DALI-väylästä saatavat kulutustiedot eivät ole täysin täsmällisiä, mutta antavat suuntaa kulutuksien suuruudesta. Mittauslaitedirektiivi määrittelee mittareille tarkkuusluokat ja ne on syytä ottaa huomioon mittarihankinnoissa, erityisesti epäsuorien sähkömittausten tai ultraäänellä toteutettujen virtausmittausten osalta.

#### **4.9 Lopulliset ratkaisuehdotukset**

Edellä mainittujen perusteiden mukaan lopuksi on laadittu kaksi eri mittausratkaisua, jotka on esitetty yksityiskohtaisemmin liitteissä 2 ja 3. Peruseriaatteeltaan toinen vaihtoehtoista on kattava ja tarkasti yksilöivä, useita mittareita sisältävä kokonaisuus. Toinen vaihtoehtoista on maltillisempi, jossa mittauksista on jätetty pois kokonaisuuden kannalta vähäenergisiä laitteita, kuten esimerkiksi pieniä poistopuhaltimia. Tällöin kuitenkin näiden laitteiden energiankulutus jää valvomatta ja esimerkiksi kulutuksen kasvu moottorien ikääntyessä jää huomaamatta. Todennäköisesti tilaajan lopullinen valinta on jostain näiden kahden välillä, riippuen käytettävistä varoista.

Molemmissa vaihtoehtoissa suositellaan mittarien olevan mittausratkaisun mukaisia, eli MID-hyväksytyjä (Measuring Instruments Directive). Mahdollisen infokahvion mittarin tai mittarien tulee ainakin laskutustarpeen varalta olla MID-hyväksytyjä. Lisäksi mittareissa tulisi olla M-Bus tai Modbus-väyläliitäntä. Sähköenergiamittarien mittaustarkkuuden vähimmäisvaatimus määritellään suojalaitteen ampeerikoon perusteella, mahdollisia muutostöitä varten. Kummassakin vaihtoehdossa valaistuksen energiankulutuksen seurantaan ei hankita erillisiä mittareita, vaan kulutustiedot viedään seurantajärjestelmään suoraan DALI- tai KNX-väylästä, tai näiden molempien kautta.

Molemmissa vaihtoehtoissa tulee kuitenkin huomioida keskustusten mahdollinen uusinta. Jos keskuksia uusitaan, mittareiden sijainnit ja määrät voivat hieman vaihtua. Lisäksi keskuksiin on syytä jättää jonkinlaisia varauksia mittareita varten

ja mahdollisesti jaotella kuormituksia ryhmävarokkeisiin. Näitä vaihtoehtoja tulee pohtia sähkösuunnittelijan kanssa.

Vaihtoehtojen pohjalta on liitteessä 4 esitelty esimerkki järjestelmäkaaviosta, jossa kuvataan yksi esimerkki mittareiden fyysisistä sijainneista sekä niiden liittymisestä rakennusautomaatioon ja seurantajärjestelmään. Mittareiden lukumäärät on esitetty kahden vaihtoehdon välillä minimistä maksimiin. Järjestelmäkaavion tavoitteena on antaa kokonaiskuva siitä, millainen energiamittarien verkosto ja niiden liityntä seurantajärjestelmään voisi käytännössä olla.

#### **4.9.1 Vaihtoehto A: Laaja mittausratkaisu**

Ensimmäisessä vaihtoehdossa A (liite 2) energiamittaus on erittäin laajaa ja yksilöivää. Jokainen jakokeskus, sekä jokainen talotekniikkaan liittyvä puhallin, pumppu ja moottori on eritelty omaksi mittauskohteeksi sähköenergian osalta. Tämä lienee turhan tarkkaa mittausta eikä kovin kustannustehokasta, mutta tavallaan jokaisen kohteen erittely listaaminen antaa myös kokonaiskuvan siitä, miten C-talon sähköjälkelujärjestelmä rakentuu ja mitä kaikkia LVI-laitteita talossa on. Kaikki suuret lämmitys- ja jäähdytyspiirit mitataan ominaan, mutta vesiverkostolle on vain päämittaus, sillä C-talossa ei ole suuria vedenkuluttajia, joita olisi hyödyllistä erillismitata. Lisäksi huoneyksiköiden uusinta on laskettu yhteenvevtoon mukaan. Näin ollen uusia mittauskohteita tulee 59 ja varsinaisia mittareita tarvitaan 60.

#### **4.9.2 Vaihtoehto B: Maltillinen mittausratkaisu**

Toisessa vaihtoehdossa B (liite 3) mittarien määrää on supistettu A-vaihtoehtoon nähden alle kolmannekseen. Periaatteena on, että päämittauksen lisäksi jakokeskuksista mitataan vain ilmanvaihtokonehuoneen, lämmönjaon ja laittilan keskukset. Ilmanvaihtoryhmistä mitataan vain suurimmat puhallinmoottorit ja vakioilmastointikoneet. Pienet erillispoistot ja -tulot jätetään mittaamatta merkityksettömänä kokonaisuuden kannalta. Lämmitys- ja jäähdytysenergiasta on eritelty vain ilmanvaihtoon ja laittilan jäähdytykseen kulutettu energia. Kuten laajassa

vaihtoehdossakin, vesiverkostolle tulee vain päämittaus. Näin ollen uusia mitauskohteita tulee 17 ja varsinaisia mittareita tarvitaan 18.

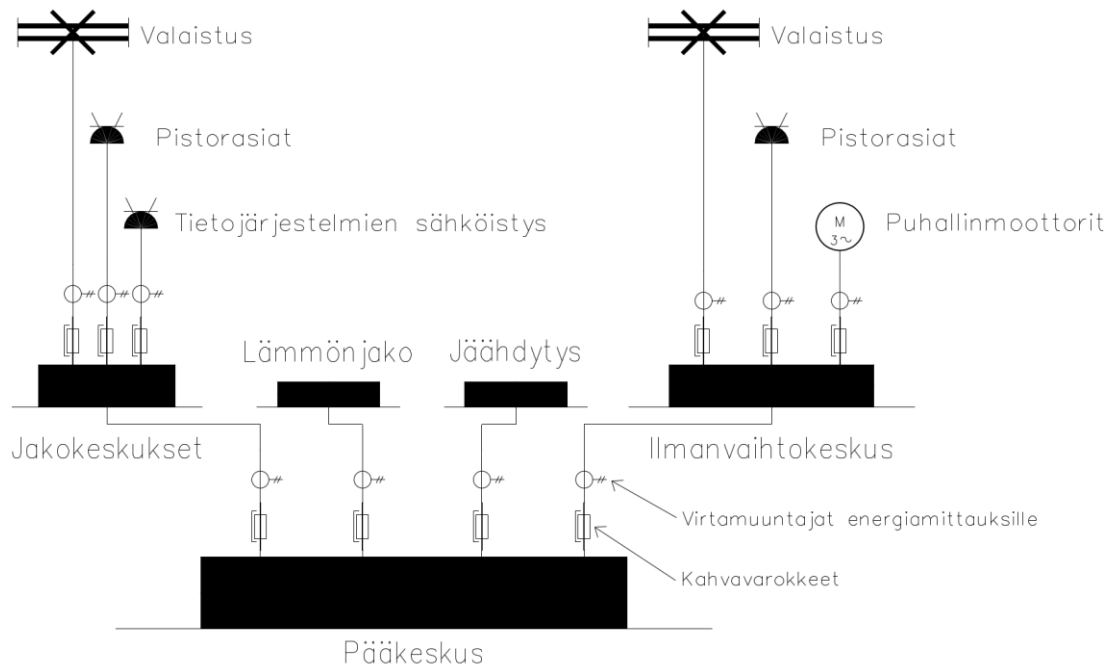
### 4.9.3 Lisäehdotus sähkösuunnitteluohjeesta

Energiamittausten kannalta, rakennuksen sähköjakelun jakaminen järkevästi itsenäisiksi osikseen kulutuskohteiden perusteella helpottaa sekä huolto- ja muutostöitä, että energiamittausten toteutuksia maltillisella määrällä mittareita. Alaluvussa 4.2 mainittu tapa koota kulutuskohteita ryhmävarokkeiden alle mahdollistaa yhden sähkökeskuksen sisällä tiettyjen kulutuskohteiden, esimerkiksi valaistuksen, pistorasioiden tai atk-pistorasioiden hallinnan yhdellä kahvavarokkeella, kytkimellä tai katkaisijalla.

Samaa periaatetta voidaan myös yleisesti noudattaa sähköjakelun rakenteen suunnittelussa. Kuormituksia voidaan jakaa omiin keskuksiinsa tai keskusosiin, jolloin esimerkiksi ilmanvaihtokonehuoneen valaistusta syöttäisi vain tietty keskus tai keskusosa. Tällöin esimerkiksi huoltotilanteessa ilmanvaihtolaitteita palvelevan osan tekeminen jännitteettömäksi aiheuttaisi vain näiden laitteiden toimintakatkon, valaistuksen ja yleiskäyttöisten pistorasioiden pysyessä yhä toiminnassa. Etenkin teollisuudessa sähköverkkojen jakaminen on tyypillistä. Teollisuusverkossa voi esimerkiksi olla prosessille, valaistus- ja huoltosähkölle, sekä apusähköjärjestelmille omat sähköverkkonsa (Hietalahti 2013, 123).

Näin ollen myös ammattikorkeakoulurakennuksessa voitaisiin keskuksia, tai keskusosia jakaa kulutuskohteiden mukaan omiksi verkostoikseen. Siispä onkin mahdollisesti tarvetta luoda tulevaisuudessa sähkösuunnittelijoille ohjeistus, miten sähköjakelu TAMKissa tulee toteuttaa tulevien saneerausten myötä. Ohjeistuksen voisi luoda vaikkapa opiskelijatyönä, kunhan kiinteistöpäällikkö sekä sähkötöiden ja sähkölaitteiston käytön johtaja pohtivat järkevän ratkaisun pääjakelun rakenteelle ja jakokeskusten jaottelulle käyttötarkoituksen mukaan. Näiden perusteella pitkällä aikavälillä sähkösuunnitteluohje yhtenäistäisi TAMKin rakennusosien sähköverkon rakennetta, sekä mahdollistaisi vaivatonta kulutusseurannan järjestämistä sähköenergian kulutuskohteiden mukaan.

Kuviossa 5 on pyritty havainnollistamaan, mitä sähköenergian kulutuskohteita voitaisi esimerkiksi jaotella omiin sähkökeskuksiin tai keskusosiin. On huomioitava, että tietyille kuormille saatetaan tarvita useampia keskuksia, jotta ratkaisu olisi helpompi toteuttaa. Kuitenkin jakamalla kuormituksia omiksi jakeluverkoikseen muutos- ja huoltotyöt helpottuvat, sekä myös energiamittauksien toteutus selkeytyy. Yhdellä mittarilla voidaan selvittää yhden valaistuskeskuksen kokonaiskulutus. Jos valaistuskeskuksia on vaikkapa kolme, kolmella mittarilla saadaan selville valaistuksen kokonaisenergiankulutus kiinteistössä.



KUVIO 5. Yksinkertaistettu esimerkki sähköjakelun rakenteesta kulutuskohteittain

## 5 POHDINTA

Yleisesti ottaen energiamittauksen mahdollisuudet ovat varsin laajat, eikä mistään käsikirjasta katsomalla voi suoraan määritellä oikeanlaista mittausratkaisua yhdelle kohteelle. Mittauksien tarve ja hyödyllisyys riippuu niin kohteen ominaispiirteistä, kuin mittarien ja seurantajärjestelmien antamista mahdollisuuksista. Lisäksi ratkaisuja ohjaa vahvasti tilaajan toiveet ja tarpeet, sekä käytettävissä oleva rahoitus.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda selvitys energiamittauksesta C-talossa. Tilaajan toiveisiin kuului tietää mitä olisi järkevää mitata, jotta mittareita olisi riittävästi, mutta ei kuitenkaan liikaa kustannuksien kannalta. Mahdollisuuksien ollessa hyvin laajoja, lopulta koottiin kaksi eri vaihtoehtoa, joiden on tarkoitus opastaa tilaajaa mittarihankinnoissa ja tarjouspyynnöissä. Vaihtoehto A on ehkä turhankin laaja, mutta osoittaa taloteknisiä energiankulutuskohteita kohderakennuksessa ja kuvastaa näin myös järjestelmien laajuutta. Opinnäytetyön tekijän mielestä mittarien määrän, jälkiasennustöiden ja kustannuksien kannalta maltillisempi vaihtoehto B on parempi ratkaisu, kuitenkin mahdollisesti laajennettuna siten, että jokainen jakokeskus tulee mitattua erikseen, sähkönkulutuksen tarkemman yksilöinnin vuoksi. Keskuksia mahdollisesti uusittaessa tulee myös pohdita kulutuskohteiden jakamista jokaisen keskuksen sisällä vielä tarkempaa mitausta tai mittausvarausta varten.

Kuitenkin tarvittaessa vaihtoehtoa B voitaisiin myös vielä supistaa, jättämällä pois esimerkiksi yksittäiset sähköenergian kulutuskohteet, eli puhallinmoottorit ja vakioilmastointikoneet. Tällöin ilmanvaihdon sähköenergian kulutusta tarkasteltaisiin karkeasti koko ilmanvaihtokonehuoneen jakokeskuksen kulutustiedoista.

Lopullista selvitystä voidaan pitää luotettavana, sillä sen eteen käytetty aika niin dokumentaation kuin itse tilojenkin tutkimisessa antaa varmuutta sille, että suurimmat kulutuskohteet sekä C-talon talotekniikan perusrakenne ovat selvillä niin hyvin kuin mahdollista. Lopullinen mittausratkaisu riippuu pitkälle tilaajan sekä toteuttajankin näkemyksistä esimerkiksi väyläprotokollan valinnasta, mutta työn

painotus olikin selvittää mitattavat kohteet sekä perusvaatimuksia mittareiden tyypeille.

Lopullisista vaihtoehdoista voidaan myös huomata, että käyttötarkoitukseltaan melko yksinkertaisessakin rakennuksessa on huomattavan paljon energiankulutuksen kannalta kiinnostavia mittauskohteita. Mitattavia kohteita löytyy hyvin nopeasti parikymmentä, vaikka mitattaisiin vain suurimpia tai muutoin kiinnostavimpia kulutuskohteita. Koska ympäristöministeriön asetuskin edellyttää vähintään tärkeimpien kulutuskohteiden mittausvalmiutta tai sen helppoa jälkitoteutusta, tulee uudiskohteiden suunnittelussa ottaa yhä paremmin huomioon energiamittauksen vaatimukset. Esimerkiksi putkistojen osalta voidaan jo rakennusvaiheessa asentaa mittaritaskuja tulevaisuuden varalta.

Sähköenergiamittauksien osalta nousi esiin, kuinka mittauksien toteuttamista hyödyttäisi kulutuskohteiden jakaminen ryhmittäin eri keskuksiin tai keskusosiin. Tulevaisuuden sähkösuunnitelmissa tämä huomioituna on myös mittauksien toteutus entistä helpompaa ja mittarit tulisivat mahdollisesti jo valmiina sähkökeskuksiin. Tätä suppeammassa ratkaisussa tulee ainakin huomioida sähkökeskusten riittävä fyysinen koko mittarilisäyksien varalta.

Työn tekemisen aikana huomattiin, että suoranaisia ohjeistuksia energiamittauksen toteutukseen on varsin vähän. Joitakin opastavia tietoja löytyi mm. Sähköinfon ST-kortistosta, jonka materiaalit eivät kuitenkaan ole vapaasti saatavilla ilman käyttäjätunnuksia tai maksua. Näistäkin korteista ainoastaan ST-kortti 21.34, Ohjeita energiamittausten ja energianhallintajärjestelmien toteutukseen, antoi suoraa ohjeistusta ja siten myös suuntaa aiheen lähestymiselle. Tämä kortti on kuitenkin laadittu vuonna 2015 ja sisältää viittauksia kumottuihin standardeihin ja rakentamismääräyksiin, joten kaikki viittaukset tuli tarkistaa sekä tarvittaessa etsiä päivitetty tieto. Opinnäytetyön tekijän mielestä päivitetylle ST-kortille energiamittauksesta olisi tarvetta, ehkäpä jopa kokonaiselle ohjeistolle tai käsikirjalle, jossa myös energiatehokkuus ja rakennusautomaatio sidotaan asiayhteyteen laajemmin.

Jatkotutkimustarvetta olisi aluksi sähkösuunnitteluohjeen harkitsemiseen ja sen luomiseen. Seuraava vaihe jatkotutkimuksille tulee mittarihankintojen jälkeen.

Olisi mielenkiintoista tietää, miltä C-talon energiankulutukset tulevat näyttämään niin kuukausi-, kuin vuositasolla. Näiden pohjalta voidaan lähteä hakemaan ratkaisuja energiatehokkaampiin ratkaisuihin. Yhtenä tarkastelun kohteena tulee katsoa ilmanvaihdon sähkönkulutusta, etenkin suurimpien puhaltimien osalta. Elektronisesti kommutoitujen tasavirtamoottorien, eli EC-moottorien hyötysuhde on taajuusmuuttajakäyttöä parempi koko säätöalueella (Sähköinfo Oy 2012, 5), joten jos ilmanvaihtopuhaltimia suunniteltaisiin vaihdettavan, voitaisi saatavia säästöjä arvioida jo etukäteen.

Tärkeintä kuitenkin on mittaustiedon analysointi tavalla tai toisella, jotta mittarihankinnoista olisi ylipäätään hyötyä. Suositeltavaa olisikin käyttää jotain energia-seurantajärjestelmää, joka antaa tärkeimmät kulutustiedot kuukausittaisena raporttina. Tällöin energiankulutuksen seuranta ei unohdu tai ole työntekijöiden varassa ja poikkeuksellisiin mittaustietoihin voidaan reagoida ajoissa. Kulutustiedot ja erityisesti poikkeamat voisi käydä tiiviisti läpi kuukausittaisen tiimipalaverin yhteydessä.

Tämän työn toivotaan lisäävän ymmärrystä energiamittauksen mahdollisuuksista ja toteutustavoista, erityisesti olemassa olevaan kohteeseen. Työssä esitettyjä huomioita voi soveltuvilta osin hyödyntää myös muissa kohteissa, etenkin pääkampuksen muissa rakennusosissa. Tämä työ, tulevat mittarihankinnat sekä mittaustietojen perusteella tehtävät energiatehokkuustoimet myös toivottavasti vievät Tampereen ammattikorkeakoulua energiatehokkaampaan suuntaan tulevaisuudessa ja siten antavat mahdollisuuden toimia esimerkkinä myös muille toimijoille.

## LÄHTEET

Arkkitehtitoimisto Helamaa & Heiskanen Oy & Tampereen korkeakouluyhteisö. 2021. Hankekehitysvaiheen pohjat. Avoin Miro-kommentointialusta. Luettu 28.9.2021. [https://miro.com/app/board/o9J\\_IAiNx6M=/](https://miro.com/app/board/o9J_IAiNx6M=/)

AX-suunnittelu Oy. 2000. LVI-toimintaselostus.12.5.2000. Julkaisematon. Opin-  
näyteyöntekijän hallussa.

Direktiivi 2014/32/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi mittauslaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti 29.3.2014. Luettu 10.9.2021 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0032>

Energiatehokas koti, n.d. Määritelmiä ja termejä. Verkkosivu. Luettu 15.9.2021. [https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva\\_tietaa/maaritelmiä\\_ja\\_termejä](https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/maaritelmiä_ja_termejä)

Energiavirasto. n.d. Energiatehokkuus. Verkkosivu. Luettu 10.9.2021. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>

Hantor-mittaus Oy. 2011. Fluxus, Nesteiden kosketukseton virtausmittaus ultraäänellä. Esite. Luettu 19.10.2021. <https://docplayer.fi/7199504-Fluxus-nesteiden-kosketukseton-virtausmittaus-ultraaanella-fluxus-mittaa-putken-paalta-mita-putken-sisalla-virtaa.html>

Harsia, P., Kallioharju, K. & Piikkilä, V. 2018 Valaistuksen ohjaus (yleisvalaistus). Pdf-luentomateriaali. Julkaistu 19.11.2018. Ladattu Valaistussuunnittelu ja ohjaukset -opintojaksolla 2019. Luettu 15.9.2021.

Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet. 1. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

Linne, M. & Pihlajamaa, P. 2013. Energiakatselmusraportti. 20.12.2013. Julkaisematon. Opin-  
näytetyön tekijän hallussa.

Mittauslaitelaki 17.6.2011/707. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110707>

Motiva. 2018. Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä. Selvitys, pdf-tiedosto. Julkaistu 2018. Luettu 10.9.2021. [https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuuden\\_oheishyodyt](https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuuden_oheishyodyt)

SFS-EN 62053-52. 2006. Vaihtosähköenergiamittarit. Erityisvaatimukset. Osa 52: Kuvatunnukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Luettu 10.9.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/10568.html.stx>

SFS 2529. 2012. Vaihtosähköenergian mittaus. Energiamittarin alusta. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Luettu 10.9.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/2/197009.html.stx>

SFS 2532. 2012. Monimittarikeskukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Luettu 12.11.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/2/197028.html.stx>

SFS 3381. 2014. Vaihtosähköenergian mittaus. Mittauslaitteistot. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Luettu 10.9.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/3/309145.html.stx>

SFS 5601. 2012. Sähköenergiamittarien tilat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Luettu 12.11.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/5/197029.html.stx>

Schneider Electric. 2009. Compact NSX. Esite. Julkaistu 28.7.2009. Luettu 16.9.2021. <https://www.se.com/fi/fi/download/document/Compact%20NSX%20esite%2009/>

Schneider Electric. 2011. Älykäs näkemys energiatehokkuudesta. Esite. Julkaistu 7.12.2011. Luettu 16.9.2021. [https://www.se.com/fi/fi/download/document/998-3432\\_FI/](https://www.se.com/fi/fi/download/document/998-3432_FI/)

Sillanpää, T. Sähkö- ja automaatioasentaja, TAMKin kiinteistöhoitaja. 2021. Haastattelu 22.10.2021. Haastattelija Ruhanen, R. Tampere.

Sähköinfo Oy. 2012. ST 21.33 EC- ja PM-moottorit taloteknisissä järjestelmissä. ST-kortti. Julkaistu 15.11.2012. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 1.11.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/4583>

Sähköinfo Oy. 2014. ST 52.16 Yliaaltosuodatinlaitteet ja niiden sijoitus alle 1000 V:n pienjänniteverkoissa. ST-kortti. Julkaistu 15.9.2014. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 9.9.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/519>

Sähköinfo Oy. 2015. ST 21.34 Ohjeita energiamittausten ja energiahallintajärjestelmien toteutukseen. ST-kortti. Julkaistu 15.2.2015. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 9.9.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/5647>

Sähköinfo Oy. 2016. ST 52.15. Loistehon kompensointi ja kompensointilaitteet alle 1000 V:n pienjänniteverkossa. ST-kortti. Julkaistu 15.12.2016. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 15.9.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/537>

Sähköinfo Oy. 2020. ST-ohjeisto 20. Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen. Julkaistu 25.8.2021. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 9.9.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/5436>

Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Tampereen ammattikorkeakoulu & Tampereen kaupungin tilakeskus. 1998. Informaation ja tietotekniikan talon hankesuunnitelma 26.08.1998. Julkaisematon. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Tampereen korkeakouluuyhteisö. 2021. Pääkampus uudistuu: C-talon remonti suunnitteluvaiheessa, osallistu yhteiskehittämiseen! Tampereen ammattikorkeakoulun intranet. Julkaistu 9.9.2021. Päivitetty 20.9.2021. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 28.9.2021. <https://intra.tuni.fi/content/news/30151>

Tampereen sähkösuunnittelu Oy. 1999. Muutossähköselitys n:o 1. 21.4.1999. Julkaisematon. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Valtioneuvosto. 2019. Osallistava ja osaava suomi. Hallitusohjelma. Julkaistu 10.12.2019. Luettu 9.9.2021. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161931>

Valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista 21.12.2016/1432. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161432>

Valtioneuvoston asetus mittauslaitteista 18.6.2014/471. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140471>

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 12.8.2009/767. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090066>

Ympäristöministeriö. n.d. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Ministeriön verkkosivu. Luettu 9.9.2021. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

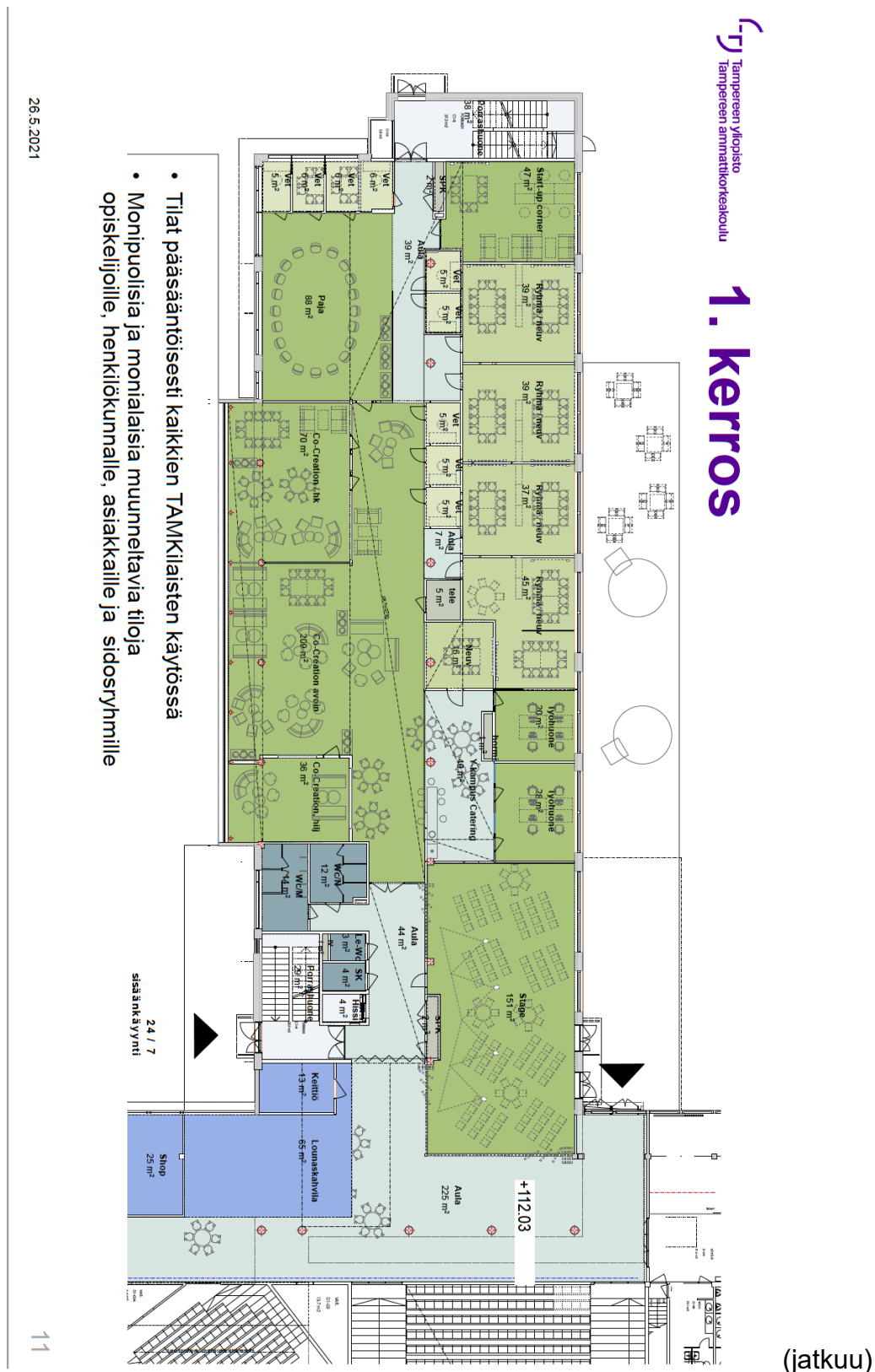
Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 27.12.2017/1010. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

## LIITTEET

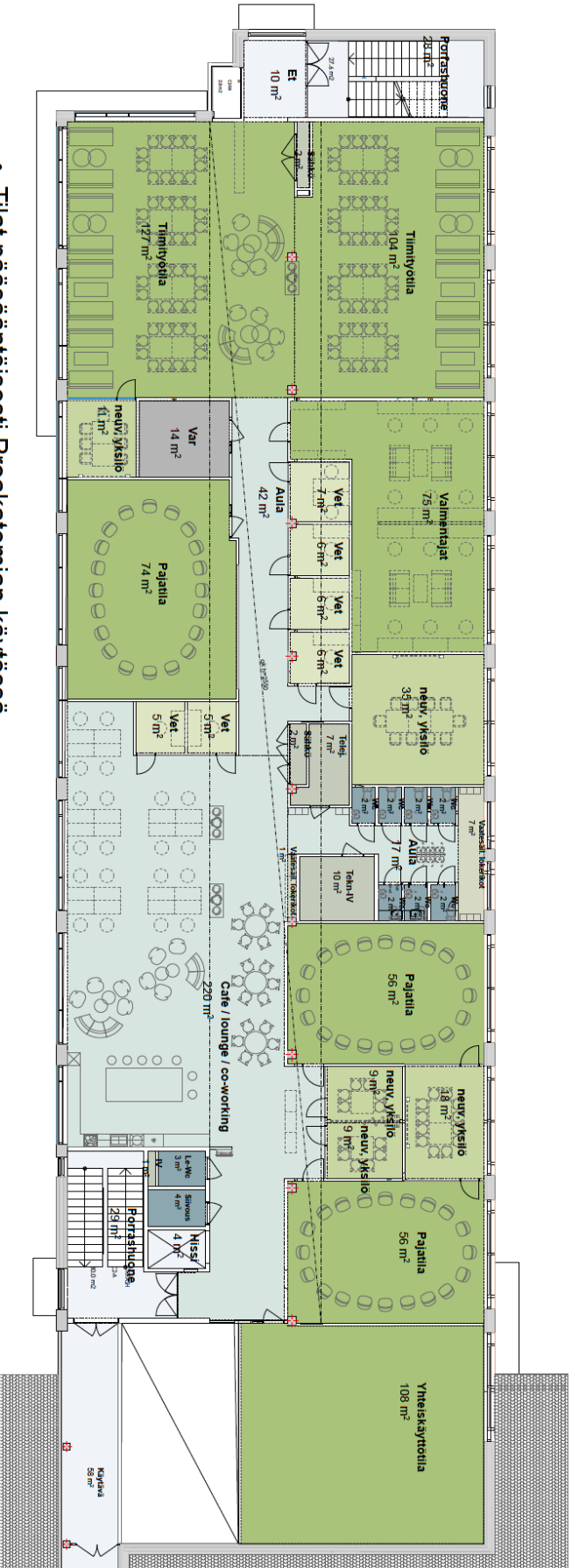
## Liite 1. C-talon remontin hankesuunnitelmapiirustukset

(Arkkitehtitoimisto Helamaa & Heiskanen Oy & Tampereen korkeakouluuyhteisö  
2021)

1 (4)



## 2. kerros



- Tilat pääsääntöisesti Proakatemian käytössä
- Myös yhteisiä tiloja
- Monipuolisia ja monialaisia muunneltavia tiloja opiskelijoille, henkilökunnalle, asiakkaille ja sidosryhmille

26.5.2021





## Liite 2. Vaihtoehto A: Laaja mittausratkaisu

1(2)

## MITATTAVAT SÄHKÖKESKUKSET

Keskustunnus	Mittarin sijainti	Mittarin virtakestoisuus ja mittauskyky oltava vähintään	Huomioitavaa
JK C501	PK2 tai JK C501	400 A	Myös LVI-laitteiden erillismittaukset ja sähkön laadun mittaus
NK C001	PK2 tai NK C001	800 A	Myös sähkön laadun mittaus
JK C001	NK C001	25 A	
JK C002	NK C001	25 A	
JK C003	NK C001	63 A	Myös LVI-laitteiden erillismittaukset ja sähkön laadun mittaus
JK C101	NK C001	100 A	
JK C102	NK C001	100 A	Kiertolimakoneiden erillismittaukset ja keittön erillismittaukset tarpeiden mukaan (0–13 mittaria). Jos keskus uusitaan, infokahvion sähköille yhteinen ryhmävaroke ja mittaus.
JK C201	NK C001	100 A	
JK C202	NK C001	100 A	
JK C301	NK C001	125 A	
JK C302	NK C001	125 A	
JK C303 UPS	NK C001	80 A	Myös sähkön laadun mittaus
JK C401	NK C001	125 A	
JK C402	NK C001	125 A	
JK C HISSI	NK C001	25 A	

Jos keskuksia uusitaan, on myös mahdollista mitata kulutukset jakokeskuksilla nosukeskuksen sijaan. Tällöin olisi myös hyvä tehdä mittarivarauksia keskuksien sisälle ja tarvittaessa jaotella lähtöjä (esim. atk-pistorasioita) ryhmävarokkeille mittaamista varten.

## MITATTAVAT YKSITTÄISET SÄHKÖNKULUTUKSET

Laite-ryhmätunnus	Mittarin sijainti	Mittarin virtakestoisuus ja mittauskyky oltava vähintään	Taajuusmuuttajaohjattu (harkittava mittaustietojen keräämistä nykyaikaiselta taajuusmuuttajalta)
<b>Erillispoistot</b>			
PK01PF01	JK C501	2 A	
PK02PF01	JK C501	10 A	X
PK03PF01	JK C501	10 A	X
PK04PF01	JK C003	1 A	
KK01	JK C102	4 A	
KK02	JK C102	4 A	
<b>Ilmanvaihtoryhmät</b>			
TK01TF01	JK C501	160 A	X
TK01PF01	JK C501	125 A	X
TK02TF01	JK C501	80 A	X
TK02PF01	JK C501	80 A	X
TK02PF02	JK C501	2 A	
TK03TF01	JK C003	2 A	
TK04TF01	JK C003	4 A	
VI01	NK C001	63 A	
VI04	NK C001	63 A	
<b>Lämmitysverkosto</b>			
IV02PU40	JK C003	2 A	
PV04PU40	JK C003	1 A	
PV05PU40	JK C003	1A	
PV06PU40	JK C003	1A	
TK01PU40	JK C501	1A	
TK01PU41	JK C501	1A	
TK02PU40	JK C501	1A	
TK02PU41	JK C501	1A	
TK02PU42	JK C501	1A	
TK01LTO	JK C501	10 A	X
TK02LTO	JK C501	10 A	X
JK C003 18F	JK C003	16 A	
JK C003 34F	JK C003	16 A	
JK C501 73F	JK C501	16 A	
<b>Jäähdytysverkosto</b>			
JK02PU55	JK C501	16 A	X
JK02PU56	JK C501	4 A	
JK02PU57	JK C501	1 A	
<b>Erillisjäähdytykset</b>			
JK C102 84–85F	JK C102	10 A	

(jatkuu)

## LVI-MITTAUKSET

Mittaroitava verkosto	Mittarin sijainti	Huomioitavaa
<b>Lämmitysverkostot</b>		
C-talon kokonaislämmönkulutus	C0-käytävä tai putkitunneli	
Ilmanvaihtokoneiden ja tuuliikaapin kiertoilmakoneiden jälkilämmityksiköt sekä ilmanvaihtokonehuoneen lämpöpatterit	Lämmönjakohuone C0-18	Menoverkoston lämpömittari jo olemassa, hyödyntäminen tarkistettava
0-kerroksen lämpöpatterit ja sosiaalitilojen tuloilman jälkilämmityksiköt	Lämmönjakohuone C0-18	Menoverkoston lämpömittari jo olemassa, hyödyntäminen tarkistettava
1.–4. kerroksien pohjoissivun lämpöpatterit	Lämmönjakohuone C0-18	Menoverkoston lämpömittari jo olemassa, hyödyntäminen tarkistettava
1.–4. kerroksien eteläisivun lämpöpatterit	Lämmönjakohuone C0-18	Menoverkoston lämpömittari jo olemassa, hyödyntäminen tarkistettava
<b>Jäähdytysverkostot</b>		
C-talon kokonaiskylmäkulutus	C0-käytävä	Mittari on jo olemassa ja kytketty rakennusautomaatioon
Ilmanvaihtokoneiden jälkijäähdytysyksiköt	Ilmanvaihtokonehuone C5-01	
Tilojen kattojäähdytyspalkit	Ilmanvaihtokonehuone C5-01	
Laitetilan jäähdytys	Ilmanvaihtokonehuone C5-01	
D-talon ilmanvaihtokoneiden jäähdytysverkosto	Ilmanvaihtokonehuone C5-01	
<b>Vesiverkosto</b>		
C-talon kylmän käyttöveden kulutus	C0-käytävä tai putkitunneli	
C-talon lämpimän käyttöveden kulutus	C0-käytävä tai putkitunneli	Mittarit menevään ja palaavaan putkeen, kulutus lasketaan näiden erotuksesta

## OLOSUHDEMITATTAVAT TILAT (UJDET HUONEYKSIKÖT)

1. kerros	2. kerros	3. kerros	4. kerros
C1-12	C2-02	C3-02	C4-03
C1-13	C2-03	C3-03	C4-04
C1-19	C2-04	C3-04	C4-08
C1-20	C2-07	C3-07	C4-09
C1-21	C2-09	C3-09	C4-10
C1-22	C2-10	C3-20	C4-11
C1-23	C2-11	C3-21	C4-12
C1-24	C2-12	C3-22	C4-45
C1-25	C2-13		
C1-27	C2-14		
	C2-15		
	C2-16		

## YHTEENVETO MITTARIHANKINNOISTA

Mittarin tyyppi	Lukumäärä	Huomioitavaa
Sähköenergian mittari, joista	48	
Suoralla mittauksella 125 ampeeriin asti	45	
Epäsuoralla mittauksella yli 125 ampeerin kohteet	3	
Kaikki sähköenergiamittarit kolmivaiheisia. Jos keskuksia uusitaan, pohdittava suunnittelijan kanssa mittareille varauksia. Mittarin koko määräytyy suojalaitteen ampeerikoon perusteella, muutostöiden varalta. Epäsuorille mittareille on huomioitava oikeanlaiset virtamuuntajat.		
Lämmitysveden energiamittari, joihin sisältyy	5	
Virtausmittari	5	
Lämpötila-anturi	10	5 kpl olemassa olevia lämpömittareita, hyödynnettävyys tarkistettava
Jäähdytysveden energiamittari, joihin sisältyy	4	
Virtausmittari	4	
Lämpötila-anturi	8	
Käyttöveden virtausmittarit	3	
Kylmälle vedelle	1	
Lämpimälle vedelle	2	
Olosuhdemittarit (uudet huoneyksiköt)	38	

Kaikki mittarit mielellään mittauslaitedirektiivin mukaisia (MID-hyväksytyjä), vähintäänkin mahdolliset infokahvion mittarit.

**YHTEENSÄ 59 MITTAUSKOHDETTA JA 60 MITTARIA + HUONEYKSIKÖT 38 KPL**

## Liite 3. Vaihtoehto B: Maltillinen mittausratkaisu

1(2)

## MITATTAVAT SÄHKÖKESKUKSET

Keskustunnus	Mittarin sijainti	Mittarin virtakestoisuus ja mittauskyky oltava vähintään	Huomioitavaa
JK C501	PK2 tai JK C501	400 A	Myös LVI-laitteiden erillismittaukset ja sähkön laadun mittaus
NK C001	PK2 tai NK C001	800 A	Myös sähkön laadun mittaus
JK C003	NK C001	63 A	Myös LVI-laitteiden erillismittaukset ja sähkön laadun mittaus
JK C102	NK C001	100 A	Kiertoilmakoneiden erillismittaukset ja keittiön erillismittaukset tarpeiden mukaan (0–13 mittaria). Jos keskus uusitaan, infokahvion sähköille yhteinen ryhmävaroke ja mittaus.
JK C303 UPS	NK C001	80 A	Myös sähkön laadun mittaus

Jos keskuksia uusitaan, on myös mahdollista mitata kulutukset jakokeskuksilla nosukeskuksen sijaan. Tällöin olisi myös hyvä tehdä mittarivarauksia keskuksien sisälle ja tarvittaessa jaotella lähtöjä (esim. atk-pistorasioita) ryhmävarokeille mittaamista varten.

## MITATTAVAT YKSITTÄISET SÄHKÖNKULUTUKSET

Laite-/ryhmätunnus	Mittarin sijainti	Mittarin virtakestoisuus ja mittauskyky oltava vähintään	Taajuusmuuttajaohjattu (harkittava mittaustietojen keräämistä nykyaikaiselta taajuusmuuttajalta)
<b>Ilmanvaihtoryhmät</b>			
TK01TF01	JK C501	160 A	X
TK01PF01	JK C501	125 A	X
TK02TF01	JK C501	80 A	X
TK02PF01	JK C501	80 A	X
VI01	NK C001	63 A	
VI04	NK C001	63 A	

## LVI-MITTAUKSET

Mittaroitava verkosto	Mittarin sijainti	Huomioitavaa
<b>Lämmitysverkostot</b>		
C-talon kokonaislämmönkulutus	C0-käytävä tai putkitunneli	
Ilmanvaihtokoneiden ja tuulikaapin kiertoilmakoneiden jälkilämmitysyksiköt sekä ilmanvaihtokonehuoneen lämpöpatterit	Lämmönjakohuone C0-18	Menoverkoston lämpömittari jo olemassa, hyödyntäminen tarkistettava
<b>Jäähdytysverkostot</b>		
C-talon kokonaiskylmäkulutus	C0-käytävä	Mittari on jo olemassa ja kytketty rakennusautomaatioon
Ilmanvaihtokoneiden jälkijäähdytysyksiköt	Ilmanvaihtokonehuone C5-01	
Laitetilan jäähdytys	Ilmanvaihtokonehuone C5-01	
<b>Vesiverkosto</b>		
C-talon kylmän käyttöveden kulutus	C0-käytävä tai putkitunneli	
C-talon lämpimän käyttöveden kulutus	C0-käytävä tai putkitunneli	Mittarit menevään ja palaavaan putkeen, kulutus lasketaan näiden erotuksesta

## OLOSUHDEMITATTAVAT TILAT SANEERAUKSESTA RIIPPUEN (UUDET HUONEYKSIKÖT)

1. kerros	2. kerros	3. kerros	4. kerros
C1-12	C2-02	C3-02	C4-03
C1-13	C2-03	C3-03	C4-04
C1-19	C2-04	C3-04	C4-08
C1-20	C2-07	C3-07	C4-09
C1-21	C2-09	C3-09	C4-10
C1-22	C2-10	C3-20	C4-11
C1-23	C2-11	C3-21	C4-12
C1-24	C2-12	C3-22	C4-45
C1-25	C2-13		
C1-27	C2-14		
	C2-15		
	C2-16		

(jatkuu)

## YHTEENVETO MITTARIHANKINNOISTA

Mittarin tyyppi	Lukumäärä	Huomioitavaa
Sähköenergian mittari, joista	11	
Suoralla mittauksella 125 ampeeriin asti	8	
Epäsuoralla mittauksella yli 125 ampeerin kohteet	3	
Kaikki sähköenergiamittarit kolmivaiheisia. Jos keskuksia uusitaan, pohdittava suunnittelijan kanssa mittareille varauksia. Mittarin koko määräytyy suojalaitteen ampeerikoon perusteella, muutostöiden varalta. Epäsuorille mittareille on huomioitava oikeanlaiset virtamuuntajat.		
Lämmitysveden energiamittari, joihin sisältyy	2	
Virtausmittari	2	
Lämpötila-anturi	4	1 kpl olemassa olevia lämpömittareita, hyödynnettävyys tarkistettava
Jäähdytysveden energiamittari, joihin sisältyy	2	
Virtausmittari	2	
Lämpötila-anturi	4	
Käyttöveden virtausmittarit	3	
Kylmälle vedelle	1	
Lämpimälle vedelle	2	
Olosuhdemittarit (uudet hyoneyksiköt)	38	

Kaikki mittarit mielellään mittauslaitedirektiivin mukaisia (MID-hyväksytyjä), vähintäänkin mahdolliset infokahvion mittarit.

**YHTEENSÄ 17 MITTAUSKOHDETTA JA 18 MITTARIA + HUONEYKSIKÖT 38 KPL**

