

Ilkka Korhonen

**RAKENNUSAUTOMAATION SUUNNIT-  
TELUOHJEISTUKSEN KEHITTÄMINEN  
MIKKELIN KAUPUNGISSA  
RAU-suunnitteluohjeen laadinta**

Opinnäytetyö

Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Talotekniikan koulutus (ylempi amk)

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (ylempi AMK)
Tekijä	likka Korhonen
Työn nimi	Rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen kehittäminen Mikkelin kaupungissa, RAU-suunnitteluohjeen laadinta
Toimeksiantaja	Mikkelin kaupunki
Vuosi	2022
Sivut	55 sivua, liitteitä 5 sivua
Työn ohjaaja	Petteri Järvelä

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Mikkelin kaupungin rakennusautomaation suunnitteluohjeistusta vastaamaan paremmin nykypäivän vaatimuksia sekä tarpeita ja tutkimusongelmana työssä oli rakennusautomaation suunnittelun ohjauksen kehittäminen. Tavoitteena oli laatia uusi kirjallinen RAU-suunnitteluohje tilaajalle käytettäväksi rakennusautomaatiorakennuksissa aiemmin käytössä olleen ja vanhentuneen RAU-suunnitteluohjeen tilalle. Laadittavan RAU-suunnitteluohjeen perustarpeet olivat suunnittelijoiden työn selkeyttäminen ja samalla tilaajan suunnittelun ohjauksen helpottaminen.

Opinnäytetyö suoritettiin laadullisena eli kvalitatiivisena tutkimuksena, jonka tutkimusmenetelmänä olivat haastattelututkimus ja kirjallisuusselvitys. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina tilaajan edustajalle sekä kolmelle tilaajan rakennushankkeissaan käyttämälle LVIA-suunnittelijalle. Haastattelut suoritettiin yksilöhaastatteluina etukäteen toimitetun kysymysrunгон pohjalta TEAMS-viestintäalustan avulla. Haastattelut tallennettiin, litteroitiin ja saadut vastaukset jaettiin teemoihin eri aihepiirien mukaisesti. Haastatteluilla selvitetiin tilaajan sekä suunnittelijoiden tarpeita suunnitteluohjeelle sekä muita tietoja ja näkemyksiä rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyen.

Kirjallisuusselvityksessä tutustuttiin aihepiirin kirjallisuuteen, määräyksiin ja ohjeisiin. Lisäksi perehdyttiin tilaajan sekä muiden vastaavien julkisten tilaajaorganisaatioiden käyttämiin RAU-ohjeisiin ja tilaajalla käytössä olevan rakennusautomaatiotöiden puitesopimuksen tekniseen aineistoon. Tutkittujen määräysten ja ohjeiden pohjalta muodostui työn teoreettinen viitekehys ja kirjoitettiin raportin teoriaosuus. Tilaajien rakennusautomaatio-ohjeista tehtiin vertailutaulukko, jolloin niiden keskeisiä ominaisuuksia voitiin vertailla. Puitesopimusaineistosta etsittiin keskeisesti rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyvä sisältö.

Työn tuloksena syntyi kattava näkemys siitä, mitä asioita on syytä ottaa huomioon RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa ja näiden asiasisältöjen pohjalta muodostettiin tilaajalle laadittavan RAU-suunnitteluohjeen runko eli sisällysluettelo. Samalla muodostui näkemys siitä, mitä asiakirjoja on syytä liittää osaksi suunnitteluohjetta.

Tehdyn tutkimuksen tulosten pohjalta laadittiin työn tilaajalle uusi RAU-suunnitteluohje käytettäväksi rakennusautomaatiorakennuksissa.

**Asiasanat:** rakennusautomaatio, suunnitteluohjeet, automaatiosuunnittelu

Degree title	Master of Engineering
Author	Ilkka Korhonen
Thesis title	Development of building automation design guidelines in the city of Mikkeli, Preparation of a building automation design guide
Commissioned by	City of Mikkeli
Time	2022
Pages	55 pages, 5 pages of appendices
Supervisor	Petteri Järvelä

## ABSTRACT

The aim of the thesis was to develop the design guidelines for building automation in the city of Mikkeli to better meet today's requirements and needs, and the research problem in the work was to develop design guidance for building automation. The aim was to prepare a new written building automation design guide for the commissioner to replace the obsolete design guide used in building automation projects.

The thesis was conducted as a qualitative research, the research method of which was an interview research and a literature review. The interviews were conducted in the form of thematic interviews with the customer's representative and three HVAC designers used by the customer in their construction projects. The interviews were conducted as individual interviews on the basis of a pre-delivered question frame using the TEAMS communication platform. The interviews were recorded, transcribed, and the responses received were divided into themes according to different topics. The interviews were used to find out the needs of the customer and the designers for the design guidelines, as well as other information and views related to building automation design.

In the literature review, the literature, regulations and instructions on the topic were reviewed. In addition, the building automation instructions used by the customer and other similar public customer organizations and the technical material of the framework contract for construction automation used by the customer were examined. On the basis of the studied regulations and instructions, a theoretical frame of reference was formed and the theoretical part of the report was written. A comparison table was made of the customers' building automation instructions, so that their key features could be compared. Content related mainly to building automation design was sought in the framework contract material.

As a result of the work, a comprehensive view was created about the issues that should be taken into account when preparing the building automation design guide, and on the basis of these facts, the body of the design guide was formed. At the same time, a view was formed as to which documents should be included as part of the design guide. Based on the results of the study, a new building automation design guide was prepared for the commissioner to be used in building automation projects.

**Keywords:** building automation, design instructions, automation design

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Opinnäytetyön rajaus ja tavoitteet.....	8
1.2	Kehittämisiongelma ja tutkimuskysymykset.....	8
1.3	Tutkimusympäristön ja kohderyhmän kuvaus.....	9
2	TUTKIMUSAINIETO JA -MENETELMÄT.....	11
2.1	Kirjallisuusselvitys.....	11
2.2	Puolistrukturoitu teemahaastattelu ja analyysi.....	11
3	RAKENNUSAUTOMAATIO.....	13
3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne.....	13
3.2	Rakennusautomaation merkitys eri näkökulmista.....	15
4	RAKENNUSAUTOMAATIOSUUNNITTELUN KUVAUS.....	16
4.1	Määräykset, ohjeet ja standardit.....	16
4.2	Suunnitteluprosessin kuvaus.....	21
4.3	Dokumentaatio.....	25
4.3.1	Työselostus.....	26
4.3.2	Järjestelmäkaavio.....	27
4.3.3	Säätökaavio ja toimintaselostus.....	28
4.3.4	Laiteluettelo.....	31
4.3.5	Laitesijoituspiirustus.....	32
5	HAASTATTELUT.....	34
5.1	Tilaaajan haastattelu.....	34
5.2	Suunnittelijoiden haastattelut.....	35
5.2.1	Haastattelu numero 1.....	36
5.2.2	Haastattelu numero 2.....	37
5.2.3	Haastattelu numero 3.....	39
6	KIRJALLISUUSSELVITYS.....	41
6.1	Esimerkkikaupungin 1 RAU-suunnittelu- ja asennusohje.....	41

6.2	Esimerkkikaupungin 2 RAU-suunnitteluohje .....	42
6.3	Esimerkkikaupungin 3 RAU-suunnittelu- ja toteutusohje .....	42
6.4	Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohje .....	43
6.5	Mikkeli kaupungin rakennusautomaatioiden puitesopimusaineisto .....	43
7	TYÖN TULOSTEN YHTEENVETO .....	45
7.1	Asiantuntijahaastattelujen tulokset.....	45
7.1.1	Suunnittelijoiden taustatiedot ja suunnittelutekniikka .....	46
7.1.2	Tilaaajan tarpeet RAU-suunnitteluohjeelle.....	46
7.1.3	RAU-suunnittelun ja -suunnitteluohjeen nykytila ja kehitystarpeet.....	46
7.1.4	Näkemykset aihepiiristä yleisesti ja vapaa sana .....	47
7.2	Kirjallisuusselvityksen tulokset.....	48
7.2.1	Esimerkkikaupunkien suunnitteluohjeet.....	48
7.2.2	Tilaaajan rakennusautomaatioiden puitesopimusaineisto.....	50
8	TYÖN TULOSTEN ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	50
8.1	Rakennusautomaatio-ohjeen laadinta .....	51
9	POHDINTA.....	51
	LÄHTEET.....	54

## LIITTEET

Liite 1. Asiantuntijahaastattelun kysymykset työn tilaajalle

Liite 2. Asiantuntijahaastattelun kysymykset suunnittelijoille

Liite 3. Haastattelukutsun saatekirje

Liite 4. Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohjeen kansilehti ja sisällysluettelo

## **Termien ja lyhenteiden selitykset**

### **Talotekniikka (TATE):**

Kiinteistön ja siihen liittyvien tilojen teknisten palveluiden, järjestelmien ja laitteiden kokonaisuus.

### **RAU (rakennusautomaatio):**

Rakennusten teknisten lämmitys-, valvonta-, hälytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien eli talotekniikan ohjaamista automaattisesti.

### **KVR (kokonaisvastuurakentaminen):**

Rakennusurakkamalli, jossa urakoitsija hoitaa sekä suunnittelun että rakentamisen.

### **LVIS:**

Talotekniikan lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähkötekniikan osakokonaisuudet.

### **Koneoppiminen:**

Tekoälyn osa-alue, jonka tarkoitus on saada ohjelmisto toimimaan entistä paremmin pohjatiedon ja mahdollisesti käyttäjän toiminnan perusteella. Kone oppii itsenäisesti päätyään haluttuun lopputulokseen.

### **Analytiikka:**

Datan eli tiedon keräämistä ja analysointia asettuihin tavoitteisiin pääsemiseksi.

### **Pilvipalvelu:**

Tietoteknisten palveluiden toimittamista tyypillisesti internetin välityksellä.

### **BACS (Building Automation and Control System):**

Rakennusautomaatiojärjestelmä eli rakennuksen talotekniikan säätöön, ohjaukseen ja valvontaan käytettävä tietojärjestelmä.

**ISO (International Organization for Standardization):**

Kansainvälinen standardisoimisjärjestö

**Tietomalli (BIM):**

Rakennuksen rakennusvaihetta tukevia tietoa sisältäviä toiminnallisia 3D-malleja.

**I/O-moduli:**

Input/Output pisteistä koostuva piirikortti.

**UPS (Uninterruptible Power Supply):**

Keskeytymätön virransyöttö eli laite, jonka tehtävä on taata tasainen virransyöttö lyhyissä katkoksissa ja syöttöjännitteen epätasaisuuksissa.

**VAK (valvonta-alakeskus):**

Rakennusautomaatiojärjestelmän osa, joka ohjaa/säätää/valvoo siihen kytkettyjä laitteita ja on liitetty valvomoon.

**IOT (Internet Of Things):**

Esineiden ja asioiden internet eli laitteita ja koneita joita voidaan ohjata Internet-verkon yli.

**SuLVI (Suomen LVI-liitto):**

LVI-alan henkilöiden yhteistyö- ja koulutusjärjestö.

**Väyläprotokolla:**

Esim. Modbus, laitteiden välisen tietoliikenteen yhteysmenetelmä.

**BuildingSMART Finland:**

Suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palvelujen tuottajien muodostama yhteistyöfoorumi, jonka tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea toiminnassa mukana olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa.

## **1 JOHDANTO**

Opinnäytetyön aihe on muodostunut työelämässä työn toteuttajalle eteen tulleiden tarpeiden perusteella. Aihe on jalostunut työn toteuttajan työskennellessä kuluneiden viiden vuoden ajan työn tilaajan rakennusautomaatioasiantuntijana rakennushankkeissa ja rakennusten ylläpidossa. Opinnäytetyö on luonteeltaan laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus.

### **1.1 Opinnäytetyön rajaus ja tavoitteet**

Opinnäytetyön alustavana tavoitteena työn suunnitteluvaiheessa oli kehittää Mikkelin kaupungin Talonrakennuspalveluiden kirjallista rakennusautomaatio-ohjeistusta siten, että se palvelee aihepiiriin liittyvien sidosryhmien (tilaaja/rakennuttaja, käyttäjä, ylläpito-organisaatio, suunnittelija ja urakoitsija) tarpeita mahdollisimman hyvin. Kaikkia edellämainittuja osapuolia tarkoitusmukaisesti palvelevaa yhtä ohjetta/dokumenttia on kuitenkin hankalaa toteuttaa, koska tarpeet ja lähtökohdat ohjeistukselle poikkeavat merkittävästi toisistaan. Tilaajalla on myös jo ennalta käytössä järjestelmätoimittajien ohjeistus rakennusautomaatiohankkeiden toteutusta varten. Aiheen rajaamiseksi tässä opinnäytetyössä päätettiin jo toteutuksen alkuvaiheessa keskittyä tilaajan rakennushankkeiden rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen kehittämiseen, koska se muodostaa työlle yhden selkeän viitekehityksen. Aihe rajattiin myös käsittämään pääsääntöisesti vain LVI-talotekniikan järjestelmät, vaikka rakennusautomaatioon voidaan sisällyttää myös esimerkiksi erilaisia sähköiseen turvatekniikkaan liittyviä järjestelmiä.

Opinnäytetyön lopulliseksi tavoitteeksi muodostui kirjallisen rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen laatiminen tilaajalle. Laadittavan RAU-suunnitteluohjeen keskeisiä tavoitteita ovat suunnittelijoiden työn selkeyttäminen ja samalla tilaajan suunnittelun ohjauksen helpottaminen.

### **1.2 Kehittämisiongelma ja tutkimuskysymykset**

Suunnittelusta johtuvat virheet ovat kustannuksiltaan suurin rakentamisen virheryhmä ja suurin osa suunnittelun virheistä johtuu lähtötietojen ja koordinaation puutteesta. Suunnittelun ongelmiin johtavista syistä puutteellinen



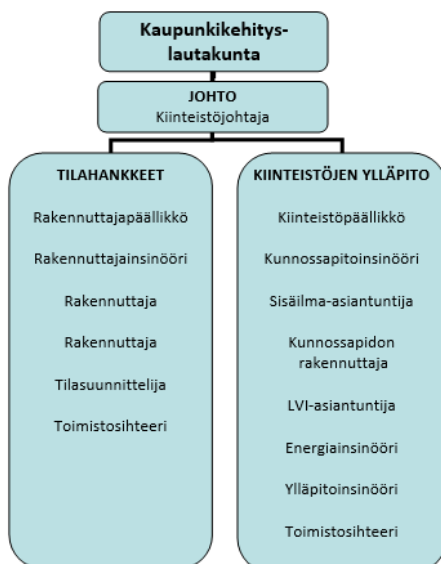
toimeksianto ja viestintä sekä suunnittelijoiden riittämätön osaaminen ja luottamuksen puute suunnittelutyön järjestämisessä ovat merkittävimpiä. (Härkönen ym. 2018, 194.)

Opinnäytetyön kehittämisiongelmana on rakennusautomaation suunnittelun ohjauksen kehittäminen. Tavoite voidaan jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin seuraavasti:

- Nykytilanteen tarkastelu
  - Millainen on tilaajan nykyinen ohjeistus?
  - Minkälaisia vastaavia suunnitteluohjeistuksia muualla on käytössä?
  - Mitä määräyksiä/ohjeita tulee huomioida?
- Kehittämistarpeiden tunnistaminen
  - Mitä osa-alueita rakennusautomaation suunnitteluohjeeseen tulee kattaa / mitä osa-alueita sen ei ole tarpeen sisältää?
  - Millainen on hyvä suunnitteluohje?
- Toimintamallien kehittäminen
  - Kuinka suunnitteluohje saadaan tehokkaasti hyödynnettyä käytännön hankkeissa?

### 1.3 Tutkimusympäristön ja kohderyhmän kuvaus

Opinnäytetyön tutkimusympäristönä toimii Mikkelin kaupungin Talonrakennuspalveluiden tulosityksikkö, joka vastaa kaupungin omistamien kiinteistöjen rakennuttamisesta ja ylläpidosta. Pääosan tilaajan hallinnoimasta kiinteistökanasta muodostavat erilaiset julkiset toimitilat, kuten koulut ja päiväkodit. Kuva 1 on esitetty opinnäytetyön tilaajaorganisaation organisaatiokaavio.



Kuva 1. Mikkelin kaupungin Talonrakennuspalveluiden organisaatiokaavio

Kuten kuvasta 1 ilmenee, tilaajaorganisaatio jakautuu käytännössä rakennuttamiseen ja ylläpitoon. Työn tilaajaorganisaation yhteyshenkilönä toimii kiinteistöpäällikkö, joka vastaa kiinteistöjen ylläpitotoiminnasta. Rakennuttamisesta vastaavan rakennuttajapäällikön virka oli tutkimuksen toteutuksen aikana täyttämättä, ja rakennusautomaation toteutukseen liittyvät asiat kuuluvat myös rakennuttamisen hankkeissa kiinteistöpäällikön vastuualueeseen. Työn toimeksiantajan organisaatio hankkii rakennusautomaation asiantuntijapalveluita valvomoiden käyttöön ja rakennushankkeiden ohjaukseen liittyen opinäytetyön toteuttajan työnantajalta. Tilaajalla on rakennushankkeissaan käytössä rakennusautomaation suunnitteluohje vuodelta 2010, mutta sen tarkoituksenmukaisuus on heikentynyt ajan saatossa toimintaympäristön ja teknikkoiden kehittymisen myötä. Myös erityyppiset hankemallit, kuten kokonaisvasuurakentaminen eli KVR tai jaettu urakka tuovat oman haasteensa suunnittelun ohjaukseen. Lisäksi hankkeiden eroavuudet muutoinkin (saneeraushankkeet, laajat peruskorjaukset tai uudishankkeet) vaativat suunnitteluohjeelta laajaa skaalautuvuutta, jotta rakennusautomaation toteutus olisi mahdollisimman tarkoituksenmukainen kustannustehokkuuden ja rakennuksen käytön sekä ylläpidon näkökulmasta. Tilaajalla on käytössä rakennusautomaatiotöiden suorittamisen (urakoinnin) osalta puitesopimusjärjestely, johon liittyvä sopimusaineisto/ohjeistus ohjaa rakennusautomaatiojärjestelmien toteutusta. Puitesopimusjärjestely on olemassa, jotta tilaajalla käytössä olevien eri valmistajien toimittamien rakennusautomaatiojärjestelmien kokonaisuus ei kasvaisi, eikä rakennusten käyttöaikainen huolto ja ylläpito siten muuttuisi hankalammaksi. Tilaajalla on siis käytössään kaksi järjestelmäkokonaisuutta eli valvomoa, joihin toteutettavat uudet rakennusautomaatiojärjestelmät tulee liittää.

Opinnäytetyön kohderyhmänä on tilaajan organisaation (rakennusautomaation) rakennuttamisesta vastaavat henkilöt ja tilaajan hankkeissaan käyttämät rakennusautomaatiosuunnittelijat. Tilaajan rakennushankkeissa rakennusautomaatiosuunnittelusta vastaa tyypillisesti hankkeen LVI-suunnittelija, koska rakennusautomaatio ainakin vielä toistaiseksi on painottunut LVI-talotekniikan automaatioon.

## **2 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT**

Tutkimuskysymyksiin haettiin vastauksia käyttämällä tutkimusmenetelminä kirjallisuusselvitystä ja puolistrukturoituja asiantuntijoiden (teema)haastatteluja, jotka molemmat ovat perinteisiä laadullisen tutkimuksen aineistonhankintamenetelmiä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, luku 6).

### **2.1 Kirjallisuusselvitys**

Tutkimuksen kirjallisuusselvityksessä tarkasteltiin tilaajan nykyisen suunnitteluohjeistuksen lisäksi myös muita tutkimuskäyttöön saatuja olemassaolevia samantyylisten julkisten tilaajaorganisaatioiden suunnitteluohjeita. Tutkimusaineistona käytettiin lisäksi aihepiiristä aiemmin kirjoitettuja tutkimuksia ja selvityksiä ja myös viranomais määräyksiä, säädöksiä, standardeja sekä ohjeita. Lisäksi perehdyttiin tilaajalla käytössä olevaan rakennusautomaatiojärjestelmien toteutuksen eli urakoinnin ohjeistukseen (puitesopimuksen tekniseen aineistoon).

Olemassaolevia suunnitteluohjeita vertailtiin keskenään eri kriteereillä. Kirjallisuustutkimuksessa tehtyjä havaintoja peilattiin tilaajan nykyiseen rakennusautomaation suunnitteluohjeistukseen ja pyrittiin löytämään ohjeistuksen kehityskohteita. Tilaajan rakennusautomaatiojärjestelmien toteutusohjeistuksesta pyrittiin löytämään suunnitteluun liittyvät yhtymäkohdat, jotta toteutuksen ja suunnittelun ohjeistukset eivät olisi ristiriidassa keskenään ja rakennusautomaatiohankkeen läpivienti olisi mahdollisimman sujuva suunnitteluvaiheesta käyttöönottoon saakka. Kirjallisuusselvityksen pohjalta pohdittiin myös tutkimusmenetelmänä olevien haastattelujen kysymysten asettelua.

### **2.2 Puolistrukturoitu teemahaastattelu ja analyysi**

Haastattelututkimuksen avulla selvitettiin kohderyhmän odotuksia, tarpeita ja näkemyksiä suunnitteluohjeistukseen liittyen. Haastattelut suoritettiin puolistrukturoituna yksilöhaastatteluna, jossa haastattelukysymysten runko toimitettiin haastateltaville etukäteen sähköpostitse. Yksi haastattelu suoritettiin työn toimeksiantajalle, jotta saatiin lisätietoja tutkimuksen lähtötilanteesta ja odotuksista. Muut haastattelut suoritettiin työn toimeksiantajan

kanssa sovituille suunnittelijoille, jotka ovat toimineet rakennusautomaati-osuunnittelijoina toimeksiantajan hankkeissa. Haastattelut toteutettiin kevään 2022 aikana. Haastattelukysymykset on esitetty liitteissä 1 ja 2. Haastattelukysymykset laadittiin työn teoriaosuuden ja kirjallisuusselvityksen havaintojen pohjalta siten, että niillä saataisiin vastauksia tutkimuskysymyksiin. Haastattelujen analyysimenetelmänä käytettiin teemoittelua, koska teemoittelu on luonteva etenemistapa teemahaastatteluaineiston analysoimisessa.

Käytännössä puolistrukturoidusta haastattelustakin voidaan käyttää nimitystä teemahaastattelu esimerkiksi silloin, jos siinä esitetään tarkkoja kysymyksiä tietyistä teemoista, muttei välttämättä käytetä juuri samoja kysymyksiä kaikkien haastateltavien kanssa. Haastattelulle on mietitty siinä käsiteltävät teemat, mutta niiden lisäksi on valmisteltu tarkkoja kysymyksiä, jotka kaikki esitetään haastateltaville. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, luku 6.3.3.)

Teemahaastattelu sijoittuu muodollisuudessaan lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun väliin. Haastattelu ei etene tarkkojen, yksityiskohtaisten, valmiiksi muotoiltujen kysymysten kautta, vaan väljemmin kohdentuen tiettyihin ennalta suunniteltuihin teemoihin. Teemahaastattelu on astetta strukturoidumpi kuin avoin haastattelu, sillä siinä aiempien tutkimusten ja aihepiiriin tutustumisen pohjalta valmistellut aihepiirit, teemat, ovat kaikille haastateltaville samoja, vaikka niissä liikutaankin joustavasti ilman tiukkaa etenemisreittiä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, luku 6.3.2.)

Teemahaastattelu on keskustelunomainen tilanne, jossa käydään läpi ennalta suunniteltuja teemoja, mutta kaikkien haastateltavien kanssa ei välttämättä puhuta kaikista asioista samassa laajuudessa. Teemahaastattelu edellyttää haastattelijalta huolellista aihepiiriin perehtymistä ja haastateltavien tilanteen tuntemista, jotta haastattelu voidaan kohdentaa juuri tiettyihin teemoihin. Tutkittaviksi tulee valita sellaisia ihmisiä, joilta arvellaan parhaiten saatavan aineistoa kiinnostuksen kohteena olevista asioista. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, luku 6.3.2.)

Teemat, joista haastateltavien kanssa on puhuttu, löytyvät yleensä jollain tavoin kaikista haastatteluista ja aineisto voidaankin litteroinnin jälkeen jär-

jestellä teemoittain (teemoitella). Joskus teemat muistuttavat aineistonkeruussa käytettyä teemahaastattelurunkoa, mutta näin ei aina käy. Joskus aineistosta löytyy uusia teemoja, eivätkä ihmisten käsittelemät aiheet välttämättä noudata tutkijan tekemää järjestystä ja jäsenystä. Ihmisten puheesta litteroitua tekstiä tuleekin tarkastella ennakkoluulottomasti. Teemat ovat aineiston keskeisiä sisältöjä, joille voidaan nimetä yhteinen nimittäjä. Kun aineistoa järjestellään teemojen mukaan, kunkin teeman alle kootaan esimerkiksi kustakin haastattelusta ne kohdat, joissa puhutaan kyseessä olevasta teemasta. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, luku 7.3.5.)

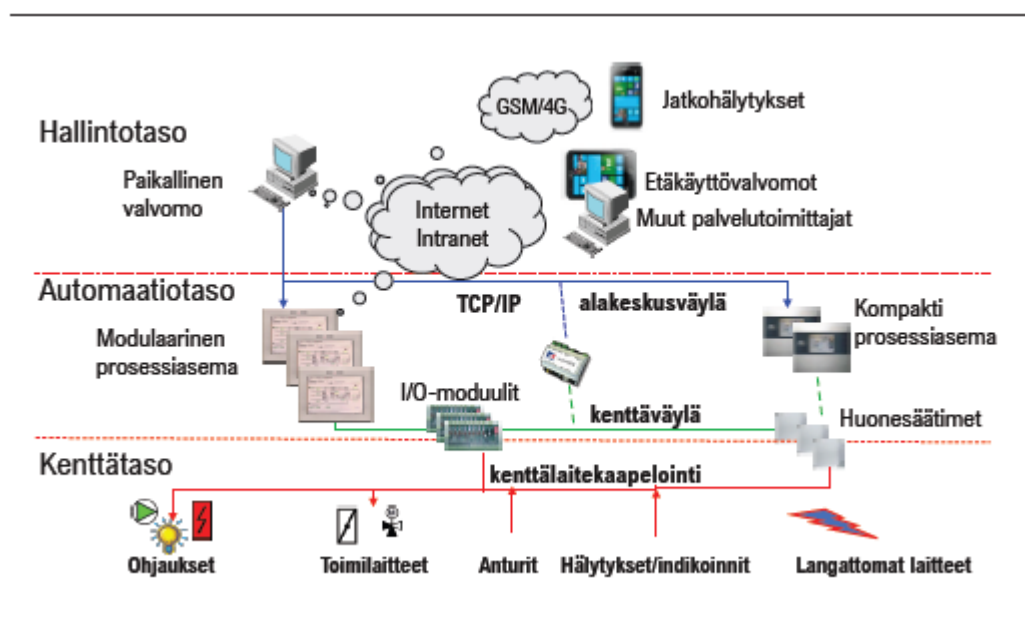
### **3 RAKENNUSAUTOMAATIO**

Rakennusautomaatiolla tai kiinteistöautomaatiolla tarkoitetaan järjestelmiä ja prosesseja, joilla ohjataan, säädetään, mitataan, valvotaan ja hallitaan kaikkia rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä. Näitä voivat olla esimerkiksi lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto-, valaistus-, turva- ja kulunvalvontajärjestelmät. Rakennusautomaatio tukee rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokasta ja turvallista toimintaa automaattisen ohjauksen avulla sekä helpottaa kyseisten rakennuksen teknisten järjestelmien käyttöä ja seuranta. (Rakennusautomaatio 7: 2021.)

#### **3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne**

Perinteisellä tarkastelulla rakennusautomaatio sisältää hierarkkisesti kolme päätasoa ja tätä rakennetta on havainnollistettu kuvassa 2. Alimmalle, eli kenttätasolle kuuluvat kenttälaitteet, kuten anturit ja toimilaitteet sekä itsenäisesti toimivat säätimet (yksikkösäätimet) ja laitteisiin integroidut I/O-moduulit (tulo/lähtö- eli signaalimodulit). Keskimmäiseen, automaatiotasoon, kuuluvat pääosin itsenäiset alakeskukset I/O-moduuleineen. Korkeimman, hallintotason, tehtävänä on toimia käyttäjärajapintana ja siihen kuuluvat paikalliset ja etävalvomot. Perinteisten tasojen lisäksi nykyään näiden päälle kuvataan myös neljäs taso, jolla toimivat erilaiset pilvipalvelut. Tähän tasoon viitataan termillä ylätason valvomo- tai analytiikkajärjestelmä. (Rakennusautomaatio 7: 2021.)

Nykyaikaiset pilvipalvelut mahdollistavat kiinteistön omistajille, käyttäjille ja ylläpitäjille kullekin käyttäjäryhmälle sopivia työvälineitä, jotka esittävät kiinteistön tiedot ymmärrettävässä muodossa. Pilvipalvelut ja niiden avulla toteutettavat analytiikkajärjestelmät mahdollistavat esimerkiksi koneoppimisen hyödyntämisen kiinteistön käytössä. (Härkönen ym. 2018, 133.)



Kuva 2. Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkinen rakenne (Härkönen ym. 2018, 60)

Nykyisellään rakennusautomaatiojärjestelmän toteutus on usein hajautettu, jolloin toteutuksen hierarkia ja looginen topologia (=tiedonsiirron rakenne) ei välttämättä täysin vastaa kuvassa 2 esitettyä mallia. Hajautettu järjestelmä tarkoittaa, että järjestelmän jokainen laite sisältää sen automaation, joka tarvitaan laitteen oman tehtävän suorittamiseen. Hajautetussa järjestelmässä jokainen yksikkö toimii itsenäisesti riippumatta muista yksiköistä ja näin ollen tekee järjestelmästä joustavamman ja varmatoimisemman. (ST 709.00: 2017, 2.)

Hajautetussa järjestelmässä voidaan hyödyntää useita erilaisia väyläliikenneprotokollia (BACnet, KNX, EnOcean, Dali, Modbus) rakennusautomaatioon liitettyjen laitteiden keskinäiseen kommunikointiin. Tällöin rajapintoja laitteiden välillä voi olla myös kuvan 2 hallintotasolta suoraan kenttätasolle.

### 3.2 Rakennusautomaation merkitys eri näkökulmista

Euroopan komission mukaan vuonna 2018 maanosan energiankulutuksesta 40 % tapahtui asunto- ja palvelusektorin rakennuksissa. Luku kertoo rakennusten energiankäyttöön kohdistuvasta merkittävästä säästöpotentiaalista, joka korostuu erityisesti Suomen kaltaisilla kylmän säävyöhykkeen alueilla. Energiatohokkuuden parantamiseen on herätty Euroopan laajuisesti ja sen seuraukset näkyvät mm. jatkuvasti tiukentuvina rakennusten energiatohokkuusmääräyksinä EU:n taholta. Kansalliseen rakennusautomaation tuomaan energiatohokkuuteen liittyvään lainsäädäntöön onkin nykyisellään tuotu paljon asiaa EU:n direktiivien kautta. (ST 21.32: 2020, 1–2.)

Rakennustekniikassa lähestytään pistettä, jolloin yksittäisen rakenteen tai järjestelmän avulla ei enää pystytä saavuttamaan energiatohokkuuden vaatimuksia. Esimerkiksi ulkoseinien eristyspaksuuksia tai rakennusten tiiveyttä ei pystytä loputtomiin kasvattamaan. Eristyksien kasvaessa kasvavat riskit kosteudenhallinnassa. Rakennuksen vuotaessa lämpöä se kuivattaa rakenteisiin mahdollisesti jääneen tai joutuvan kosteuden. Kun eristetään paremmin, rakenteet jäävät kylmiksi ja vesihöyry tiivistyy uusissa paikoissa. Suunnittelu ja toteutus on tehtävä erittäin huolellisesti. (ST-ohjeisto 15: 2017, 22–23.)

Ohjaamalla ja optimoimalla kiinteistöjen taloteknisten järjestelmien käyttöä rakennusautomaation avulla saadaan järjestelmät toimimaan keskenään tarkoituksenmukaisesti, aikaansaadaan hyvät sisäilmaolosuhteet ja saavutetaan säästöjä energiakulutuksessa. Rakennusautomaatio on tärkeässä roolissa myös ns. tervetaloajattelussa. Automaatiolla voidaan vaikuttaa yli 50 %:in kiinteistön elinkaaren aikaisista kustannuksista. (Härkönen ym. 2018, 133.)

Kiinteistön hallintaa ja käyttöä tukeva rakennusautomaatiojärjestelmä on tärkeä työkalu rakennuksen ylläpito-organisaatiolle ja kiinteistöhuollolle. RAU-järjestelmät ja niihin liittyvät valvomoratkaisut toimivat kiinteistön käytölliittyminä.

RAU-suunnittelun ja -järjestelmän kustannukset ovat hyvin pieni osa koko rakennushankkeen kustannuksista. Toisaalta epäonnistunut suunnittelu ja toimimaton järjestelmä voivat estää hyvänkin LVIS-järjestelmän toiminnan. Hyvällä suunnittelulla ja hyvin toteutetulla järjestelmällä taas saavutetaan energiatehokas ja toimiva rakennus. (Härkönen ym. 2018, 193.)

## 4 RAKENNUSAUTOMAATIO SUUNNITTELUN KUVAUS

Luvussa 4 on kuvattu rakennusautomaatiosuunnittelua yleisesti ohjaava lainsäädäntö sekä RAU-suunnittelun kannalta merkittävät muut ohjeet ja standardit. Lisäksi luvussa esitellään RAU-suunnitteluprosessin tyypillinen kulku ja kuvaus sekä suunnittelutyön aikana laadittavat dokumentit sisältöineen.

### 4.1 Määräykset, ohjeet ja standardit

Rakennusautomaatioon ei ole Suomessa suoraan kohdistettu paljoa velvoittavia viranomaismääräyksiä, mutta epäsuorasti lähes kaikki talotekniikkaa koskeva säädäntö koskee myös automaatiota. Rakentamista koskevat määräykset julkaistaan Suomen ympäristöministeriön rakentamismääräyskoelmassa asetuksina. Näistä LVIS-järjestelmiä koskevat asetukset liittyvät välillisesti myös automaatioon. Ohjeita ja suosituksia (ohjekortistot, standardit) rakennusautomaatioon liittyy laajasti. Tarkemmin LVIS-talotekniikan ja rakennusautomaation **suunnitteluun** liittyviä määräyksiä, ohjeita ja standardeja on koottu opinnäytetyön alalukuun 4.1.

Vuonna 2020 hyväksyttiin laki 733/2020 rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja lautauspistevalmiuksilla sekä **automaatio- ja ohjausjärjestelmillä**. Laki velvoittaa hankkimaan automaatiojärjestelmän muihin kuin asuinrakennuksiin, joiden lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihtojärjestelmän tai ilmastointijärjestelmän nimellisteho on yli 290 kW. Lain vaatimusta on alettu noudattaa 11.3.2021 alkaen rakennusluvissa (uudis- ja korjaushankkeet) ja olemassa olevien rakennusten osalta lainmukaisuus on varmistettava (ts. määritelmän mukaiset rakennukset on varustettava automaatiojärjestelmällä toteuttamiskelpoisuus huomioiden) 31.12.2024 mennessä. (ST 710.00: 2020, 1–2.)



Lain 733/2020 määritelmän mukaisesti rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmän on kyettävä:

- 1) *jatkuvasti seuraamaan, kirjaamaan ja analysoimaan energian käyttöä sekä mahdollistamaan käytön mukauttaminen;*
- 2) *tekemään vertailevaa analyysiä rakennuksen energiatehokkuudesta, havaitsemaan rakennuksen teknisten järjestelmien tehokkuuden heikkenemisen ja ilmoittamaan tiloista tai rakennuksen teknisestä hallinnoinnista vastaavalle henkilölle energiatehokkuuden parantamiseen liittyvistä mahdollisuuksista; ja*
- 3) *mahdollistamaan viestintä toisiinsa yhteydessä olevien rakennuksen teknisten järjestelmien ja muiden rakennuksen sisäisten laitteiden kanssa sekä yhteentoimivuus rakennuksen teknisten järjestelmien välillä erilaisesta valmistajakohtaisesta teknologiasta, laitteista ja valmistajista riippumatta. (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 29.10.2020/733.)*

Käytännössä em. vaatimukset sanamukaisesti täyttävän automaatio- ja ohjausjärjestelmän (valvontajärjestelmän) toteuttaminen edellyttää analytiikkajärjestelmän toteutusta ns. perinteisen rakennusautomaatiojärjestelmän lisäksi. Eli vaikka rakennus olisikin varustettu rakennusautomaatiojärjestelmällä, se ei välttämättä täysin täytä lain vaatimusta, mikä johtaa järjestelmän saneeraustarpeeseen. Laissa asetettu nimellistehon alaraja 290 kW rakennuksen lämmitystehontarpeelle on kuitenkin korkeahko ja työn toimeksiantajan rakennuskannan näkökulmasta valtaosa hallinnoitavista rakennuksista rajautuu siksi lain ulkopuolelle.

Ympäristöministeriön asetus (2020/718) eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista tarkentaa automaatioon liittyviä vaatimuksia. Asetuksessa on rakennusautomaatiosuunnittelua koskevana vaatimuksena seuraava: *Erytysuunnittelijan on suunniteltava rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmä siten, että sillä pystytään ohjaamaan ja valvomaan rakennuksen energiankulutuksen kannalta keskeisiä teknisiä järjestelmiä ja laitteita energiankäytön optimoimiseksi. Ohjaus on toteutettava siten, että rakennus ja sen tekniset järjestelmät toimivat käyttötarkoituksensa mukaisesti. Rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmän tulee omalta osaltaan*

*varmistaa hyvän, terveellisen ja turvallisen sisäilmaston aikaansaaminen energiatehokkaasti.* (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 27.10.2020/718.)

Asetuksessa ei kuitenkaan anneta yksityiskohtaisia vaatimuksia järjestelmien teknisille ominaisuuksille. Lisäksi asetuksessa säädetään rakennuksen rakennusvaiheen vastuuhenkilön määrittämisestä (vrt. rakennushankkeen KVV- tai IV-työnjohtaja), joka vastaa järjestelmän asennuksesta, toiminnasta ja käyttöönotosta ja tekee näistä merkinnän hankkeen tarkastusasiakirjaan. Tämän määräyksen osalta käytännön järjestelyt (soveltaminen) ja pätevyysvaatimukset ovat vielä osittain määrittelemättä (rakennusvalvonta ohjaa).

Valtioneuvoston asetuksessa 2015/214 rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä ja siihen liittyvissä ohjeissa YM2/601/2015 ja YM1/601/2015 ohjataan LVI-suunnittelijoiden osaamisen todentamista ja kelpoisuutta erilaisissa rakennushankkeissa. Rakennusautomaatiosuunnittelijan kelpoisuudelle ei ole erikseen annettu määräyksiä mutta LVI-suunnittelijoille on asetettu vaatimuksia säätötekniikan ja kiinteistöautomaation opintojen osalta. (Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 12.3.2015/214.)

Ympäristöministeriön asetuksessa 2017/1047 kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista rakennusautomaation suunnittelua koskevat lähinnä osuudet käyttöveden lämpötilasta (säädestä ja rajoituksesta) sekä pumppaamoiden ja erotinkaivojen hälytysjärjestelmistä. Asetuksen soveltamiseen on tehty alan yhteistyössä opas, joka löytyy avoimesti osoitteesta [talotekniikkainfo.fi](http://talotekniikkainfo.fi). (Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 22.12.2017/1047.)

Ympäristöministeriön asetuksessa 2017/1009 uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta rakennusautomaation suunnittelua koskevia ohjeistuksia löytyy sisäilmasto-olosuhteisiin, ilmavirtojen ohjaukseen ja painesuhteiden hallintaan liittyen. Asetuksen soveltamiseen on tehty alan yhteistyössä opas, joka löytyy avoimesti osoitteesta [talotekniikkainfo.fi](http://talotekniikkainfo.fi). (Ympäristöministeriön

asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 20.12.2017/1009.)

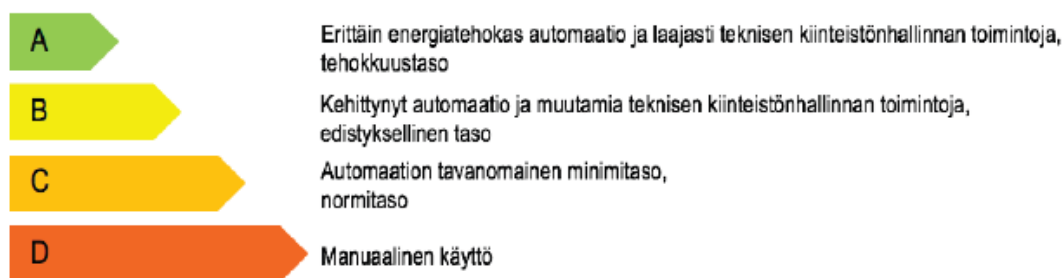
Ympäristöministeriön asetus 2017/1010 uuden rakennuksen energiatehokkuudesta ohjaa rakennusautomaatiosuunnittelua lähinnä energiamittausten osalta seuraavasti: *Rakennuksessa on oltava energiankäytön mittauksen mahdollistavat mittauslaitteet tai mittausvalmius, jotta rakennuksen energiankäyttöä voidaan seurata tärkeimpien kulutuskohteiden ja rakennuksen koko kulutuksen osalta tai tällainen seurantamahdollisuus on oltava helposti toteutettavissa.* (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 20.12.2017/1010.)

Rakennusautomaatioon liittyviä standardeja on paljon, mutta niistä valtaosassa määritellään lähinnä rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvien komponenttien sekä toimintojen rakenteita ja laatua ja järjestelmien asennusta. Suunnittelua voidaan katsoa keskeisesti koskevan seuraavat standardit:

- SFS-EN ISO 16484-1. Building automation and control systems (BACS). Part 1: Project specification and implementation.
- SFS-EN 15232-1:2017. Rakennusten energiatehokkuus. Osa 1: Kiinteistöautomaation, ohjauksen ja kiinteistönhallinnan vaikutus.

Standardi SFS-EN ISO 16484-1 määrittelee uudiskohteiden rakennusautomaatioprojektin suunnittelun, toteuttamisen, käyttöönoton, käyttäjäkoulutuksen ja dokumentoinnin pääperiaatteet sekä muiden järjestelmien rakennusautomaatiojärjestelmään integroinnin yleiset periaatteet (BACS). (ST 710.00: 2020, 5.)

Standardi SFS-EN 15232-1:2017 määrittelee määrittelee tavan luokitella rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnot neljään eri energiatehokkuusluokkaan (A, B, C ja D) ja luetteloit rakennusten säätö-, automaatio- ja teknisen kiinteistönhallinnan toimintoja, joilla vaikutetaan energiatehokkuuteen. Lisäksi standardi esittää menettelyn rakennusautomaatio- ja kiinteistönhallintatoimintojen minimitason määrittelemiseksi ja em. toimintojen energiatehokkuusvaikutusten arvioimiseksi. (ST 710.00: 2020, 5.)



Kuva 3. Rakennuksen automaatiotason vaikutus energiatehokkuuteen. (ST-ohjeisto 20: 2020, 9)

Kuvassa 3 esitetyistä energiatehokkuusluokista A on paras ja D huonoin. Luokka C vastaa tavanomaista rakennusautomaation tasoa. Huonoimman D-luokan järjestelmiä ei tulisi enää rakentaa. (ST 21.32: 2020, 4.)

Standardia SFS-EN 15232-1:2017 voidaan käyttää esimerkiksi määriteltäessä käyttöön otettavia toimintoja rakennushankkeessa ja se onkin hyvä ohjeistus esimerkiksi tilaajalle hankesuunnitteluvaiheen tasonmäärittelyyn.

ST-kortisto on kattava sähkö-, tele-, turva- ja automaatioalan ammattilaisten käyttämä tietolähde em. järjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen. ST-kortistosta löytyy rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyviä ST-kortteja, ST-käsikirjoja, ST-ohjeistoja ja ST-esimerkkejä. Oleellisin suunnitteluun liittyvät ST-kortiston materiaalit on listattu alapuolella:

- ST 21.32 Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioon ottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa
- ST 21.34 Ohjeita energiamittausten ja energianhallintajärjestelmien toteutukseen
- ST 709.00 Kiinteistön hallintajärjestelmien peruskäsitteet ja terminologia
- ST-käsikirja 21. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät
- ST 711.01 (LVI 40-10572) Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat
- ST 711.16 Rakennusautomaation laite- ja signaalitunnukset
- ST 711.20 Selostusmallipohja, T810 Rakennusautomaatiojärjestelmä
- ST-ohjeisto 20. Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen. Opas standardin SFS-EN 15232 käyttöön.
- ST-esimerkit 6. Huonetilakohtaisen säädön esimerkkejä
- ST-esimerkit 9. Rakennusautomaation mallikaaviot.

Muita oleellisesti rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyviä ohjeistuksia voidaan katsoa olevan ainakin taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18, *TalotekniikkaRYL 2002 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset*

osa J7 Automaatiojärjestelmät, kaukolämmitys/-jäähdytyskohteissa Energiategollisuus ry:n ohjeet kaukolämmityksestä (K1/2021) ja kaukojäähdytyksestä (J1/2014) sekä Sisäilmayhdistys ry:n julkaisema Sisäilmaluokitus 2018.

## 4.2 Suunnitteluprosessin kuvaus

Rakennusautomaatiosuunnittelun tavoitteena on tuottaa suunnitelmat, joiden avulla toteutetaan rakennuksen olosuhteita ja energiatehokkuutta mahdollisimman tehokkaasti tukeva talotekniikan hallintajärjestelmä (RAU-järjestelmä). Rakennusautomaatiosuunnittelu (RAU-suunnittelu) on tyypillisesti osa LVI-suunnittelua. RAU-suunnittelu on erityisosaamista vaativaa asiantuntijatyötä, jossa on huomioitava LVI-suunnittelun lisäksi muut talotekniikan suunnittelualat, kuten sähkö-, kylmä- ja palosuunnittelu. Lisäksi arkkitehti- ja rakennesuunnittelu vaikuttavat RAU-suunnitteluun. RAU-suunnittelussa on tärkeää tehdä tiivistä yhteistyötä myös laitevalmistajien sekä järjestelmätoimittajien kanssa, jotta osataan suunnitella järjestelmien tekniset yksityiskohdat. (Härkönen ym. 2018, 133.)

Suunnittelun valmisteluvaiheessa määritellään työtehtävät sekä vastuu- ja huolehtimisrajat taloteknisten erikoissuunnittelijoiden kesken. Yhteistyöllä ja yhteensovittamisella varmistetaan, että rakennusautomaation osalta eri suunnittelu- ja urakointisektorien tehtävät on selkeästi määritetty. (ST 711.01: 2016, 1.)

RAU-suunnitelmien tavoitteena on:

- määritellä järjestelmälle asetettavat tekniset ja toiminnalliset vaatimukset
- antaa yksiselitteiset tiedot rakennuttajalle ja urakoitsijalle tarjouksen laskentaa sekä urakkasopimusta varten
- antaa riittävät tiedot toteutussuunnittelua, laitehankintoja, asennusta ja käyttöönottoa varten
- toimia päivitettyinä käytön ja ylläpidon loppudokumentointina
- toimia osana käyttö- ja huoltosuunnitelmaa. (Härkönen ym. 2018, 134.)

Talonrakennuksen eri alojen suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn sekä suunnittelukokonaisuuden hallintaan on käytössä rakennusalan

yhteiset tehtäluettelot (talotekniikassa Taloteknisen suunnittelun tehtävälue-  
telo TATE18, ST-ohjekortti ST 41.10). Luettelo on tarkoitettu käytettäväksi  
kaikenlaisissa kohteissa kaikkien eri hankinta-/urakka- ja palkkiomuotojen  
kanssa. (ST 710.00: 2020, 9.)

TATE18:ssa hankkeen suunnittelutehtävät on jaettu tehtäväkokonaisuuksiin  
(kokonaisuudet A–K). Kaikissa TATE18:ssa esitetyissä tehtäväko-  
naisuuksissa ja niihin liittyvissä hankevaiheissa ei ole RAU-suunnittelutar-  
peita. RAU-suunnittelu alkaa yleisesti ehdotussuunnitteluvaiheessa  
(tehtäväkokonaisuus D), mutta varsinkin pienemmissä hankkeissa joskus  
vasta toteutussuunnitteluvaiheessa (tehtäväkokonaisuudet E, G ja I). RAU-  
suunnittelua tehdään käytännössä eniten toteutussuunnitteluvaiheessa. RAU-  
suunnitteluun kuuluu tehtäviä myös rakentamisen aikana, mutta esimerkiksi  
käyttöönottoon liittyvät tehtävät ovat TATE18:n oletuslaajuudessa suunnitteli-  
joilta erikseen tilattavia töitä, jolloin niiden suorittamisesta on sovittava  
erikseen tilaajan kanssa. RAU-suunnittelun tehtävät ja niiden vaiheistus  
hankkeen eri vaiheissa on kuvattu kuvassa 4. (Härkönen ym. 2018, 135-138.)



Kuva 4. RAU-suunnittelun tehtävät hankkeen eri vaiheissa (Härkönen ym. 2018, 141)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa (TATE18 tehtäväkokonaisuus D) dokumentoi-  
daan rakennusautomaatiojärjestelmän eri suunnitteluvaihtoehtot hankesel-  
vitykseen hankepääätöksen pohjaksi. Hankeselvityksessä määritellään minkä  
tasoinen rakennusautomaatiojärjestelmä (järjestelmäkuvaus) halutaan. RAU-  
järjestelmän tasoon vaikuttavat seuraavat tekijät: halutaanko RAU-järjest-

elmää valvoa yhdestä valvomosta, järjestelmän laajennettavuus, mobiilikäyttöisyys, tulevaisuuden tarpeet, muuntojoustavuus, energiatehokkuus, integrointitarpeet ja elinkaaripalvelujen saatavuus. Lisäksi hankeselvityksessä määritellään investointipäätöksen pohjaksi hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus- ja aikataulutavoitteet. (Härkönen ym. 2018, 136.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa RAU-suunnittelun johdolla voidaan laatia yhteensovituskaavio, josta selviää eri taloteknisten järjestelmien väliset liitännät ja yhteistoiminta. Kuvassa 5 esitetään malli yhteensovituskaaviosta, jossa kuvataan, mitä tietoa eri järjestelmien välillä voidaan siirtää. Siirrettäviä tietoja voivat olla esimerkiksi:

- savuilmaisimien hälytystieto savunrajoituspeltien toimintaa varten
- paloilmotuksen tilatiedot RAU-järjestelmään
- paloilmotusjärjestelmän ohjaustieto hisseille
- rikosilmoitusjärjestelmän murtohälytystieto valaistusohjausjärjestelmään valaistusten sytytystä varten
- paloilmotusjärjestelmän ohjaus hätäkuulutuksen käynnistämiseksi
- valaistusohjausjärjestelmän läsnäolotieto RAU-järjestelmään ilmanvaihdon käynnistämiseksi
- sähköjärjestelmien hälytysten siirto RAU-järjestelmään. (ST 711.01: 2016, 3.)





- rakennusautomaatiojärjestelmän järjestelmäkaavio
- rakennusautomaatiojärjestelmän tilakohtaisten säätöjärjestelmien periaatteelliset säätökaaviot
- kaaviot tyyppi-IV-koneista
- kaavio lämmitysjärjestelmästä
- kaavio jäähdytysjärjestelmästä
- monimutkaisemmissa ratkaisuissa kaavio lämmityksen ja jäähdytyksen hybridijärjestelmästä
- investointikustannuslaskelma rakennusautomaatiojärjestelmän pitemäärän arvioinnin avulla (Härkönen ym. 2018, 136–137).

Yleissuunnitteluvaiheessa laadittavien kaavioiden ja muidenkin dokumenttien tarve on syytä sopia hankekohtaisesti. Esimerkiksi investointikustannuslaskelman tarve on tapauskohtainen ja riippuu tilaajan tarpeista.

Toteutussuunnittelussa (TATE18 tehtäväkokonaisuus G) yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu. Rakennusautomaation osalta toteutussuunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen: hankintoja palveleva suunnittelu ja toteutusta palveleva suunnittelu. Hankintoja palvelevissa suunnitelmadokumenteissa (urakkalaskentasuunnitelmat) esitetään suunnitelmat ja vaatimukset niin yksityiskohtaisesti, että niiden pohjalta voidaan laskea urakkahinta. Tämän vaiheen tuloksena syntyy hyväksytyt urakkalaskentasuunnitelmat. Toteutusta palvelevat suunnitelmat (työpiirustukset) syntyvät rakentamisvaiheen (TATE18 tehtäväkokonaisuus I) aikana, kun urakoitsijat on valittu, järjestelmä- ja laitevalinnat on tehty ja suunnitelmat (RAU-sijaintipiirustukset, järjestelmä- ja säätökaaviot sekä selostukset ja luettelot) on täydennetty hankinnan mukaisilla järjestelmä- ja laitevalintatiedoilla. ”Työpiirustus”-leiman saaminen piirustuksiin edellyttää suunnittelijoiden, urakoitsijoiden, valvojien ja rakennuttajien yhteistä päätöstä. (Härkönen ym. 2018, 137-159.)

### **4.3 Dokumentaatio**

Suunnittelussa laadittavan dokumentaation on tuettava eri hankintamuotoja eli dokumentaation on noudatettava TATE18-tehtäväluettelon luontevia kokonaisuuksia. Yleisesti RAU-suunnittelun tehtäviin luetaan vähintään seuraavan aineiston laatiminen ehdotus- ja yleis-/toteutussuunnittelun aikana:

- työselostus
- RAU-järjestelmäkaavio
- säätökaaviot ja toimintaselostukset
- laiteluettelot
- laitesijoituspiirustukset. (ST 711.01: 2016, 1–2.)

Osana suunnitelma-asiakirjoja voi myös olla erilaisia ohjeistuksia, kuten raporttien tuottamisen määrittelyitä tai valvomografiikan ohjelmointiohjeita. Kaupalliset asiakirjat ovat osa hankkeen aineistoa, joten hankintavaiheessa RAU-suunnittelu varmistaa suunnitelma-asiakirjojen ja kaupallisten asiakirjojen (esim. urakkaohjelma ja urakkarajaliite) yhteensopivuuden. (ST 711.01: 2016, 2.)

Rakennusautomaatiosuunnitelmia laadittaessa on tärkeää antaa laitteille oikeat laitenumerot ja laitekoodit eli laitepositiot. Kun kaikilla laitteilla on vakio muotoinen laitepositio, voidaan laitteen vikaantuessa laiteposition perusteella päätellä laitteen fyysinen sijainti helposti. Laitenumerointi ja -koodaus ovat yleensä tilaaja- ja suunnittelutoimistokohtaisia. Vuodesta 2017 alkaen buildingSMART Finlandin ohjaamassa tietosisällön vakiointihankkeessa on alettu yhtenäistää laitepositioita TATE-vakiointitaulukkoon, jotta tietomallit palvelisivat jouhevasti kaikkia osapuolia. (Härkönen ym. 2018, 186.)

#### 4.3.1 Työselostus

Rakennusautomaatiotyöselostuksessa määritellään järjestelmän toimintaan liittyviä toiminnallisia ja laadullisia vaatimuksia. Se on RAU-järjestelmän yleiskuvaus. Työselostuksessa esitetään:

- järjestelmän yleiskuvaus, jossa kuvataan järjestelmän yleisrakenne ja toteutustekniikka sekä tavoitteet, joihin järjestelmän avulla pyritään
- järjestelmän toimintaan liittyvät vaatimukset, kuten mitä valvotaan ja ohjataan
- järjestelmän teknisiä vaatimuksia, kuten tiedonsiirto, mittaustarkkuudet, kapasiteetti ja laajennettavuus
- järjestelmän trendiseurannan vaatimukset
- suunnitteluun ja dokumentointiin liittyvät vaatimukset
- kiinteistövalvomon ohjelmiston ja mobiilikäyttöliittymien yleiset ja grafiikkakuvien vaatimukset
- järjestelmän asentamiseen liittyvät vaatimukset, kuten merkitseminen ja merkinnät
- urakkaohjelman kanssa yhteensovitettavat, laadunvarmistukseen liittyvät vaatimukset, kuten kohteessa edellytettävät tarkastukset.

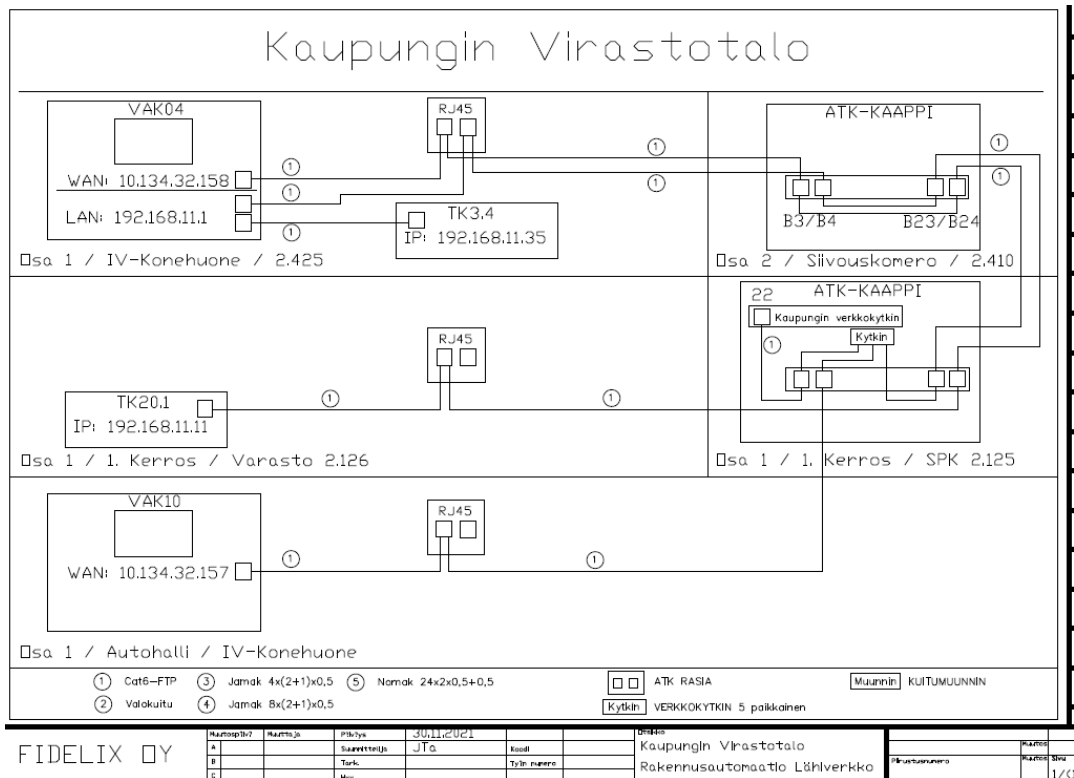
Lisäksi selostuksessa kerrotaan purkutöihin ja työnaikaisiin tilapäisjärjestelyihin liittyvistä asioista sekä järjestelmän käyttökoulutuksesta ja takuujan huolloista. (Härkönen ym. 2018, 165–166.)

#### 4.3.2 Järjestelmäkaavio

Rakennusautomaatiojärjestelmäkaaviossa esitetään järjestelmän rakenne selaisessa laajuudessa, että siinä tulevat esiin seuraavat asiat:

- väylärunkoverkon jakamoiden ja aktiivilaitteiden lukumäärä, sijainti ja tunnukset
- kaapelointi kaapelityypeineen
- alakeskusten lukumäärät ja sijainnit rakennuksissa
- hajautetut kenttäkotelot (moduuli-, säätölaite-, I/O- ja riviliitinkotelot)
- LVI-järjestelmien sijainnit rakennuksessa
- tiedonsiirtoverkon rakenne ja yhteysmuodot järjestelmän eri osien välillä
- varavoima- ja UPS-järjestelyt ja -syötöt järjestelmän eri osiin
- hälytysten siirrot
- etäkäyttöyhteydet (valvomoliitos).

Alakeskusten väliseen tiedonsiirtoon voi käyttää myös valmiina olevaa lähiverkkoa, mikäli tilaaja sen sallii. Tiedonsiirron ja etäyhteyksien tietoturvaan pitää kiinnittää erityistä huomiota yhteistyössä tilaajan ja käyttäjien kanssa. RAU-järjestelmäkaavion on hyvä olla riittävän selkeä ja iso piirustus, koska se kuvaa rakennusautomaatiojärjestelmän kokonaisuutta yhdellä silmäyksellä. (Härkönen ym. 2018, 166-167; ST 711.01: 2016, 3.)



Kuva 6. Esimerkki RAU-järjestelmäkaaviosta

Järjestelmäkaavion merkitys dokumenttina on kasvanut kun erilaiset hajautetut automaattioratkaisut ovat lisääntyneet ja tällöin myös järjestelmien rakenne on muuttunut monimutkaisemmaksi. Kuvassa 6 on esitetty esimerkkipaavio kohteesta, jossa on toteutettu hajautettu automaatiojärjestelmä TCP/IP-verkkoa (lähiverkkoa) hyödyntäen.

### 4.3.3 Säättökaavio ja toimintaselustus

Säättökaaviossa esitetään RAU-järjestelmään liitetyt prosessit valvonta-liityntöineen. RAU-suunnittelu laatii kohteen säättökaaviot prosesseittain tai järjestelmittain (tuloilmakone, lämmitysverkosto). Säättökaavio jaetaan osa-alueisiin seuraavasti:

- Prosessikaaviokenttä, jossa esitetään prosessin pääkomponentit (puhallimet, pumput, patterit, kanavisto) ja RAU-järjestelmän instrumentointi (mitta-anturit, säätöventtiilit, peltimoottorit).
- Alakeskuskaavio, jossa esitetään prosessista RAU-järjestelmään liitettävät säätö-, ohjaus- ja valvontapisteet tiedonsiirtoyhteyksineen.
- Sähkökeskuskaavio, jossa binäärilogiikan piirrosmerkkejä käyttäen tai muulla tavoin esitetään sähköisesti toteutettavat pakko-ohjaus- ja lukitustoiminnot.
- Toimintaselustus

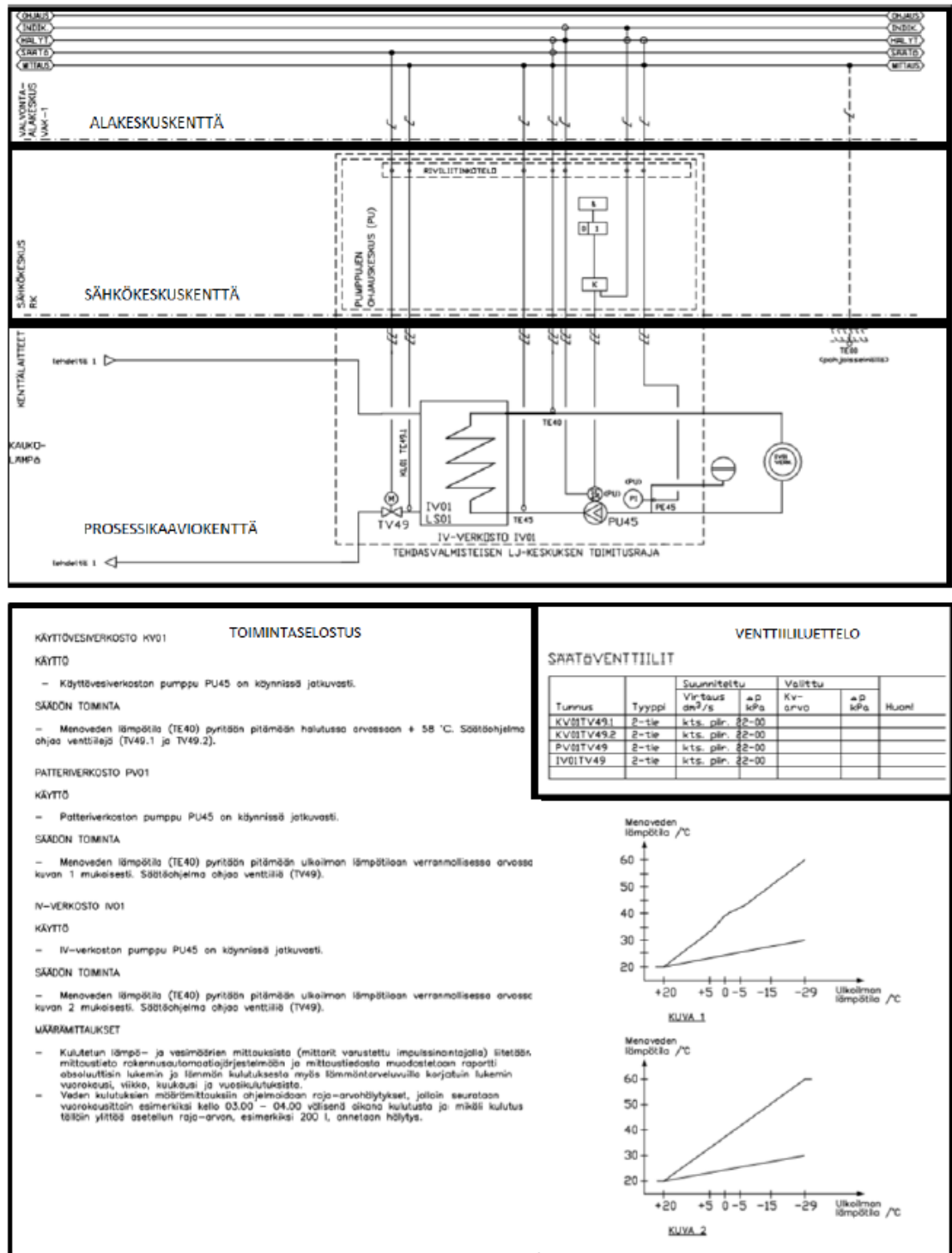
- Ohjeasetusarvot sekä hälytysluokat, -viiveet ja -raja-arvot sekä säätöventtiilien mitoitustiedot esitetään erillisissä luetteloissa. (ST 711.01: 2016, 3.)

Kaikki RAU-järjestelmään liitettävät erillispisteet (ulkovalojen ohjaus, räystäskourulämmitysten ohjaus, kompensointipariston vikahälytys) esitetään säätökaaviossa tai niistä voidaan laatia erillinen erillispisteluetelo. Samassa säätökaaviossa voidaan esittää useampi erillispiste. On tärkeää, että mahdolliset (erillis)pisteluetelot ja säätökaaviot ovat yhtäpitäviä eikä niissä ole ristiriitoja ja yksi tieto onkin syytä osoittaa vain yhdessä paikassa. Säätökaaviossa voidaan esittää yksityiskohtaisesti kenttälaitteiden kaapelointi. Urakan aikana rakennusautomaatiourakoitsija kuitenkin tyypillisesti laatii erillisen kaapelinvetoluettelon (työkuva).

Toimintaselostus liitetään useimmiten omana lehtenään säätökaavioon. Toimintaselostuksessa esitetään sanallisesti ne prosessien toiminnot, joita ei voida yksiselitteisesti kuvata piirrosmerkkien avulla. Tällaisia ovat etenkin kaikki ohjelmalliset toiminnot, kuten ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon laskenta tai virtausvahdin toiminta. Toimintaselostuksessa noudatetaan selkeää toiminnallista ja rakenteellista sisältöä. Rakennetta voidaan selkeyttää kokoamalla eri toimintatilanteet omien alaotsikkojensa alle, esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden tapauksessa voi noudattaa seuraavaa periaatetta toimintojen jaottelussa ja esityksessä:

- käyttö
- koneen käydessä
- koneen ollessa pysähdyksissä
- ohjelmalliset hälytykset ja raja-arvot
- hälytysluokat ja -viiveet
- varotoiminnot ja lukitukset (ST 711.01: 2016, 3.)

Kuvassa 7 on esitetty esimerkkisäätökaavio, johon on merkitty eri osa-alueet ja josta käy ilmi myös toimintaselostuksen rakenne (jaottelu).



Kuva 7. Esimerkki lämmitysjärjestelmän säätökaaviosta.

Mikäli erillisiä putkikytkentäkaavioita ei tehdä, voidaan tehdä ns. kytkentä- ja säätökaaviot, joissa tyypilliseen säätökaavioon verrattuna esitetään myös tarkasti putkikytkentätarpeet: sulkuventtiilit, linjasäätöventtiilit, yksisuuntaventtiilit, putkikoot, varoventtiilit ja paisunta-astiat. Tällöin sama piirustus palvelee kahta käyttötarkoitusta. Tämä onkin suositeltava suunnittelu- ja esitystapa useimmiten, koska kun kytkentä- ja säätökaavio on yhteispiirustus LVI- ja RAU-

suunnittelijoilta, on yhteensovittaminen helpompaa eikä urakoitsijoiden tarvitse tulkita useita piirustuksia samasta asiasta. (Härkönen ym. 2018, 168-172.)

Säätökaavio voi olla myös huone-/tilalaitteiden säätökaavio, jossa on esitetty hajautetut I/O-moduulit tai itsenäiset huonesäätimet ja niiden pisteet. Moduulien pisteet ovat samat kuin valvonta-alakeskuksen (VAK) pisteet, mutta esitystapa saattaa erota, koska osa fyysisistä pisteistä (lämpötilan mittaus ja asetusarvon asettaminen) saattaa olla integroitu huonesäätimen käyttölaitteeseen eikä varsinaista erillistä I/O-pistettä tällöin ole. Nämä kaaviot ovat tyypillisesti periaatepiirustuksia ja laitemäärät näytetään joko RAU-sijaintipiirustuksissa tai erillisissä luetteloissa. (Härkönen ym. 2018, 169.)

Säätökaavio voi olla A4-kokoinen nippu, jossa eri sivuilla ovat eri säätökaavion kentät: prosessi, toimintaselostus, laiteluettelo, hälytysluettelo ja joskus myös pisteluettelo. Säätökaavio voi olla tehty myös isompaan paperikokoon, jossa kaikki kentät on sijoitettu samaan näkymään. Isompia papereita käytetään kaukolämmön, kaukojäähdytyksen, maalämpökoneiden ja vedenjäähdytyskoneiden säätökaavioissa, joissa koko prosessin luettavuus on tärkeässä roolissa. Isompien ja monimutkaisempien prosessien säätökaavioiden pilkkomista monelle erilliselle A4-paperille tulee välttää. Isohkoissa kaavioissa oikean toimintaselostuskohdan löytämisen helpottamiseksi se kannattaa sijoittaa sitä kuvaavan prosessin läheisyyteen. Toimintaselostukseen ja prosessikuvaan voi liittää myös niitä yhdistäviä viittauksia asiayhteyden ymmärtämisen helpottamiseksi. (Härkönen ym. 2018, 170.)

Säätökaaviot kannattaa piirtää siinä muodossa kuin niiden halutaan olevan valvomografiikassa, koska RAU-urakoitsijat tekevät tyypillisesti valvomografiikan säätökaavioesityksen mukaan. (Härkönen ym. 2018, 170.)

#### **4.3.4 Laiteluettelo**

RAU-suunnittelu laatii säätökaavion liitteeksi tai sen osaksi laiteluettelon, jossa on esitetty hankittavat laitteet prosesseittain. Laiteluettelossa esitetään laitteiden mitoitus tiedot, kuten säätöventtiileiden virtaama ja painehäviö tai taajuusmuuttajien teho, sekä laitteille asetetut tekniset määrittelyt, mikäli ne poikkeavat teknisen erittelyn tai työselostuksen vähimmäisvaatimuksista.

Poikkeavia vaatimuksia mittalaitteille voi aiheutua esimerkiksi sisäilman kosteudelle asetetuista tavoitteista. On muistettava, että YSE 1998:n mukaan urakka-asiakirjoissa luettelo ohittaa selostuksen. (ST 711.01: 2016, 5.)

LAITETUNNUS	NIMITYS	VAIKUTUSALUE	SIJAINTI	TEKNISET ARVOT	NYKY- NEN	HANKKII/ ASENTAA	HUOM.						
LTP31	KIERTOVEDISPUMPPU	LTO			X								
P1	KIERTOVEDISPUMPPU	LÄMMITYSPATTERI		1,17 dm <sup>3</sup> /s / 35 kPa			LVI/LVI						
PU52	KIERTOVEDISPUMPPU	JÄÄHDYTYKSI		1,32 dm <sup>3</sup> /s / 100 kPa, mitoitus tarkistetaan laitevalintojen mukaan			LVI/LVI	OHJAUS IK201					
PUB0	KIERTOVEDISPUMPPU	LAUHDE-LÄMMITYSPATTERI		1,17 dm <sup>3</sup> /s / 100 kPa, mitoitus tarkistetaan laitevalintojen mukaan			LVI/LVI	OHJAUS IK201					
PUB1	KIERTOVEDISPUMPPU	LAUHDE-ALLAS		0,48 dm <sup>3</sup> /s / 80 kPa, mitoitus tarkistetaan laitevalintojen mukaan			LVI/LVI	OHJAUS IK201					
MPU011	KIERTOVEDISPUMPPU	MONITOIMALLAS		MONITOIMILTAAN KIERTO TARKISTETAAN	X			OHJAUS PROSESSISTA					
LTTV31	MOOTTORIVENTTIILI	LTO-PIIRI		3-TIE	X								
TV11	MOOTTORIVENTTIILI	LÄMMITYSPATTERI		2-TIE, 1,17 dm <sup>3</sup> /s / 17,7 kPa / kv 10			AU/LVI						
JTV41	MOOTTORIVENTTIILI	JÄÄHDYTYSPATTERI		3-TIE 1,32 dm <sup>3</sup> /s / 22,5 kPa / kv 10, OHJAUS IK201			LVI/LVI	LAITETOIMITUS LM-URAKASSA					
TV80	MOOTTORIVENTTIILI	LAUHDE-LÄMMITYSPATTERI		3-TIE, 1,17 dm <sup>3</sup> /s / 22,5 kPa / kv 10, OHJAUS IK201			LVI/LVI	LAITETOIMITUS LM-URAKASSA					
TV81	MOOTTORIVENTTIILI	LAUHDE-ALLAS		3-TIE, 0,48 dm <sup>3</sup> /s / 18,6 kPa / kv 4, OHJAUS IK201			LVI/LVI	LAITETOIMITUS LM-URAKASSA					
TV81.1	MOOTTORIVENTTIILI	ULKOKILMA		2-TIE, 0,48 dm <sup>3</sup> /s / 7,5 kPa / kv 6,3, VARALAUHDUTUS			AU/LVI	VARAUS					
801TV12	MOOTTORIVENTTIILI	MONITOIMALLAS		2-TIE, 0,XX dm <sup>3</sup> /s / XX kPa / kv XX, KAUKOLÄMMITYS	X								
SÄ52	JÄÄHDYTYSSISÄILÖ	IK201-JÄÄHDYTYKSI		500 dm <sup>3</sup> , ESM. GEBWELL 501, DN50, 3 bar, ERISTETTY			LVI/LVI						
PA52	PAISUNTA-ASTIA	IK201-JÄÄHDYTYKSI		35 dm <sup>3</sup> , JÄÄHDYTYSKÄYTTÖÖN SOVELTUVA KALVO, ESIPAINE 0,5 BAR			LVI/LVI						
PAB0	PAISUNTA-ASTIA	IK201-LÄMMITYSPATTERI		35 dm <sup>3</sup> , ESIPAINE 0,5 BAR			LVI/LVI						
PAB1	PAISUNTA-ASTIA	IK201-ALLASLÄMMITYKSI		35 dm <sup>3</sup> , ESIPAINE 0,5 BAR			LVI/LVI						
VVXX	VAROVENTTIILI			DN15 / 300 kPa			LVI/LVI						
FE10/RI10	ILMAMÄÄRÄMITTAUS	TF01		PAINE-ERO, ILMAMÄÄRÄ, ILMAMÄÄRÄN DIGITAALINEN NÄYTTÖ			AU/AU						
FE30/RI30	ILMAMÄÄRÄMITTAUS	PF01		PAINE-ERO, ILMAMÄÄRÄ, ILMAMÄÄRÄN DIGITAALINEN NÄYTTÖ			AU/AU						

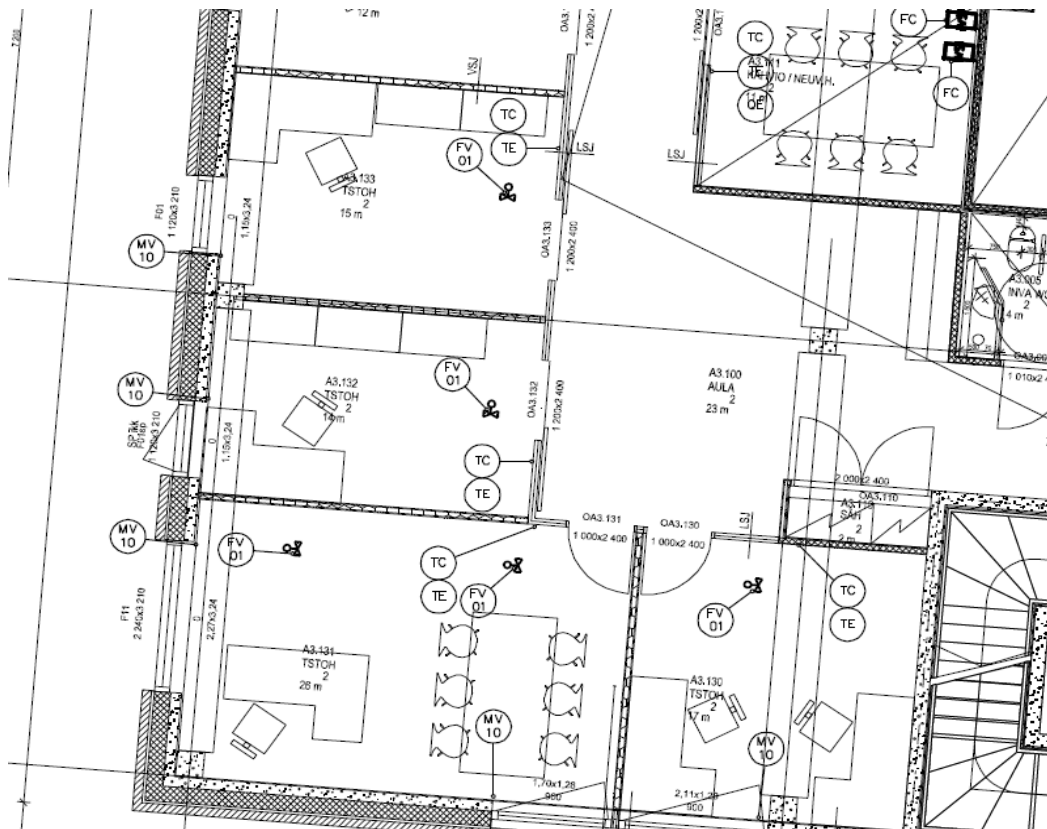
Kuva 8. Esimerkki laiteluettelosta.

Kuvassa 8 on esitetty malli laiteluettelosta, josta selviää siihen kirjattavat suunnittelutiedot.

#### 4.3.5 Laitesijoituspiirustus

RAU-suunnittelu laatii kohteeseen erilliset laitesijoituspiirustukset eli RAU-tasopiirustukset tai puhekielisesti RAU-tasokuvat. Laitesijoituspiirustus laaditaan mittakaavaan (esimerkiksi 1:50) ja sen pohjana käytetään arkkitehtisuunnitelmaa. Kuvassa 9 on esitetty malli toimistokiinteistön kerroksen RAU-laitesijoituspiirustuksesta. Jokaisesta kerroksesta laaditaan oma piirustuksensa ja tarvittaessa jaetaan kerros useaan eri piirustukseen. Lähtökohteisesti laitesijoituspiirustuksissa esitetään rakennusautomaatiourakoitsijan hankintaan, asennukseen tai kytkentään kuuluvien laitteiden sijainti. Teknisten tilojen sisäpuolisten kentälaitteiden sijaintia ei useimmiten ole tarpeen esittää, ja näin kuva säilyy teknisten tilojen osalta luettavana. Laitesijoituspiirustuksiin merkitään myös kaikki alakeskukset sekä moduuli-, riviliitin-, ja säädinkotelot. (ST 711.01: 2016, 5.)





Kuva 9. Esimerkki RAU-laitesijoituspiirustuksesta.

RAU-laitesijoituspiirustuksissa esitetään RAU-laitteiden lisäksi tärkeimmät LVI- ja sähkölaitteet sekä -keskukset. Tarkkuus- ja laatutason rajana voidaan pitää sitä, että RAU-sijaintipiirustuksien perusteella urakoitsijat (käytännössä RAU- ja sähköurakoitsija) pystyvät laskemaan urakkahintansa. IV-koneiden sekä kaukolämpöpakettien ja muiden vastaavien tehdasvalmiiden pakettikoneiden sisäisiä antureita ja toimilaitteita ei esitetä RAU-sijaintipiirustuksissa. Pakettien sisäiset toimilaitteet ja anturit selviävät säätökaavioista. IV-koneiden sekä kaukolämpöpakettien ja muiden vastaavien pakettikoneiden kohdalla sijaintipiirustuksissa esitetään koneen tunnus ja tarvittaessa viittaus kaavioon. (Härkönen ym. 2018, 175.)

Pienissä kohteissa, joissa RAU-laitteita on vähän ja piirustus säilyy helposti luettavana, on mahdollista myös merkitä RAU-laitteet osaksi muuta LVI-tasokuvaa.

## 5 HAASTATTELUT

Haastattelut suoritettiin maaliskuun 2022 aikana TEAMS-viestintäalustan avulla eli etänä. Haastattelut tallennettiin ja tallenteet poistettiin, kun haastattelut oli analysoitu, litteroitu ja teemoiteltu. Jokainen haastattelu suoritettiin erikseen ja haastateltavien henkilöllisyys suojattiin. Haastateltaviksi valittiin yhteistyössä työn tilaajan kanssa 3 suunnittelijaa, jotka olivat toimineet LVIA-suunnittelijoina Mikkelin kaupungin hankkeissa kuluneen kahden vuoden aikana. Lisäksi haastattelu suoritettiin työn tilaajan edustajalle. Kaikki haastateltavat olivat työn toteuttajalle entuudestaan tuttuja ja haastattelujen aikana vallitsi miellyttävän rento ja epämuodollinen tunnelma.

Haastattelukysymykset poikkesivat hieman tilaajan ja suunnittelijoiden osalta (liitteet 1 ja 2). Haastattelukysymykset toimitettiin haastateltaville etukäteen ja samassa yhteydessä kutsun saatekirjeenä olleessa sähköpostissa (liite 3) kuvattiin hieman tutkimusmenetelmää (teemahaastattelua) ja kerrottiin vastausten käsittelystä (tietosuoja).

### 5.1 Tilaajan haastattelu

Tilaajan haastattelulla ja asetetuilla haastattelukysymyksillä pyrittiin löytämään vastauksia tilaajan suunnitteluohjeistuksien käyttöön sekä RAU-suunnitteluohjeistuksen kehitystarpeisiin ja sisältöön. Tilaajan haastattelun kesto oli 45 minuuttia ja siinä ajassa saatiin käsiteltyä ennalta määritellyt teemat ja haastattelukysymykset. Tilaajan haastattelu suoritettiin ensimmäisenä, jotta siinä mahdollisesti esille tulevien näkökulmien/havaintojen pohjalta voitiin muokata suunnittelijoiden haastattelukysymyksiä. Haastattelukysymyksien (liite 1) avulla saadut suunnitteluohjeen laadinnan kannalta tärkeimmät vastaukset ja työn tilaajan näkemykset on lueteltu alapuolella:

- Tilaajalla ei ole käytössään muiden rakentamisen osa-alueiden suunnitteluohjeita (rakennuttamisen hankeohjeistus on käytössä).
- Talotekniikan suunnittelutehtävien tehtäväluettelo TATE18 on käytössä suuremmissa hankkeissa tai kun suunnittelu kilpailutetaan erikseen.
- Kokoluokaltaan suurissa hankkeissa voisi olla parempi, että käytössä olisi erillinen RAU-suunnittelija (ei LVIA-suunnittelija).
- Talotekniikan suunnittelijoiden välinen yhteistoiminta/suunnitelmien yhteensovittaminen on parantunut aiemmasta. Tyypillisimmät ongelmat ovat sähkö- ja RAU-suunnittelun välillä.

- Tilaajan nykyisessä RAU-suunnitteluohjeessa hyvää ja toimivaa on positiointiohje, muilta osin ohje on vanhentunut eikä se ole riittävän kattava.
- Olemassa olevaa ohjetta ei tarvitse käyttää uuden pohjana ts. ei ole tarpeen muokata ohjetta vaan tehdä kokonaan uusi, jolloin myös rakenteen voi muuttaa toimivammaksi.
- Suunnitteluohjeen voi laatia käyttäen tilaajan asiakirjapohjaa.
- Suunnitteluohjeessa tulee huomioida ylätasoinen valvomojärjestelmät/pilvipalvelut.
- Tilaaja käyttää rakennushankkeissaan tyypillisesti jaettua urakkamallia, jolloin tilaaja vastaa suunnitelmista. Myös muita malleja on ollut kuitenkin käytössä (esim. KVR-hankkeet). Suunnitteluohjeen tulisi toimia kaikilla hankemalleilla.
- RAU-suunnitteluohjeen tulee olla oma dokumentti, ei esimerkiksi osa laajempaa TATE- tai LVI-suunnitteluohjetta.
- Suunnitteluohje voi sisältää oleelliset mallikaaviot (esim. järjestelmäkaavio), mutta kaaviot eivät ole välttämättömiä ja kaavioita on mahdollista lisätä/liittää ohjeeseen myös myöhemmin.
- Suunnitteluohjeen tulee antaa suunnittelulle raamit, mutta sen tulee myös jättää tilaa suunnittelijan näkemykselle.
- Rakennusautomaatiohankkeissa tyypillisimmät virheet tehdään loppuvaiheessa mm. koska toteutuksessa saatetaan kiirehtiä, jolloin hyvätkään suunnitelmat eivät aina takaa hyvää lopputulosta.

Muita tilaajan haastattelussa ilmi nousseita teemoja tai asioita, jotka on mahdollisuuksien mukaan syytä huomioida RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa:

- Suunnitteluohjeen tasoajattelu; olisiko mahdollista valita ohjeesta eri tasoisten/tyyppisten kohteiden osalta suunnitteluratkaisut?
- Suunnitteluohjeen tasoajattelu; kustannusten muodostuminen eri tasoilla ratkaisuilla (tarkoituksenmukaisimman suunnitteluratkaisun valinta myös kustannusteknisesti)?
- Suunnitteluohjeen tulisi skaalautua mahdollisimman hyvin eri tasoille/tyyppisille rakennuksille.
- Suunnitteluohjeessa tulee määrittää erilaisille talotekniikan prosesseille halutut automaatiotoiminnot.
- Suunnitteluohjeen tulee huomioida erityisesti tilaajan käytössä oleva rakennusautomaatioiden puitesopimus ja siihen liittyvä dokumentaatio.
- Suunnitteluohjeessa tulee kuvata rakennushankkeen prosessin malli ja vaiheet rakennusautomaatiosuunnittelun näkökulmasta (suunnitelmien tarkastusmenettely ja palaverikäytäntö).

## 5.2 Suunnittelijoiden haastattelut

Suunnittelijoiden haastatteluilla ja asetetuilla haastattelukysymyksillä pyrittiin löytämään vastauksia rakennusautomaatiosuunnittelun käytännön havaintoihin sekä RAU-suunnitteluohjeistuksen kehitystarpeisiin ja sisältöön. Suunnittelijoiden haastatteluiden kokonaiskesto oli 2h 30 minuuttia ja niiden aikana

saatiin käsiteltyä ennalta määritellyt teemat ja haastattelukysymykset.

Haastattelukysymyksien avulla eri suunnittelijoilta saadut suunnitteluohjeen laadinnan kannalta tärkeimmät vastaukset ja näkemykset on esitetty alapuolella.

### 5.2.1 Haastattelu numero 1

LVIA-suunnittelijan haastattelun kesto oli 45 minuuttia ja haastattelukysymyksiin (liite 2) saatiin seuraavia vastauksia:

- Suunnittelija on koulutukseltaan LVI-insinööri (AMK), suorittanut myös talotekniikan YAMK opintoja ja erilaisia SULVI:n koulutuksia. Energiatodistuksen (vaativa) laatijan pätevyys. 23 vuotta LVIA-suunnittelukokemusta.
- Suunnittelija laatii RAU-suunnitelmat/-kaaviot käyttäen CADMATIC- tai AUTOCAD-ohjelmia.
- Suunnittelijan mielestä LVI-suunnittelijan toimiminen hankkeen RAU-suunnittelijana on tyypillisesti OK, koska valtaosa rakennusautomaatiosta koskee LVI-talotekniikkaa. Mittakaavaltaan laajoissa hankkeissa erillinen RAU-suunnittelija olisi kuitenkin hyvä asia.
- Suunnittelijalla on kokemusta rakennusautomaation tietomallisuunnittelusta vain keskuslaitteiden (VAK) osalta, eli ei siis ole kokemusta täysipainoisesta RAU:n tietomallisuunnittelusta (kentälaitteille ja toimintoihin saakka). Tietomallisuunnittelun hyöty riippuu tilaajan tarpeista.
- Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohje on suunnittelijalle tuttu eri hankkeiden osalta vuosien varrella. Suunnittelija pitää ohjeen laitepositiointiohjeistusta pääosin hyvänä ja toimivana edelleen, muutoin ohje on vanhentunut ja vaatii päivityksen tähän päivään (käyttökelpoisuus on heikentynyt ajan myötä).
- Suunnittelija on käyttänyt hankkeissaan myös muiden julkisten tilaajaorganisaatioiden RAU-suunnitteluohjeistuksia. Erityisen hyvää tai toimivaa RAU-suunnitteluohjetta suunnittelija ei ole käyttänyt.
- Suunnittelija toivoo tilaajan RAU-suunnitteluohjeelta erityisesti laitepositiointin ohjeistusta eri TATE-järjestelmien osalta. Suunnittelijan mielestä RAU-suunnitteluohjeen tulee olla oma dokumenttinsa, joka on jaoteltu järjestelmäkokonaisuuksittain. Suunnittelijan mielestä malliasiakirjat tai -kaaviot eivät ole välttämätön osa suunnitteluohjetta, koska esimerkiksi suunnittelutoimistoilla voi jo olla käytössä omat mallit. Ohjeen laajuuden tulee olla mieluummin suppea kuin liian laaja tai kattava, jotta se jättää varaa suunnittelijan näkemykselle ja soveltamiselle. Ohjeen tulisi skaalautua hyvin erityyppisiin tai kokosiin hankkeisiin.
- Suunnittelijan mukaan eri suunnittelualojen suunnittelijoiden välisessä yhteistoiminnassa on hankkeissa kehitettävää.
- Suunnittelijan mukaan RAU-suunnitelmien tarkastusmenettely on selkeä (suunnittelutoimiston omatarkastuksen jälkeen tilaajan tarkastettavaksi). Erillinen RAU-suunnittelun aloituspalaveri voisi suunnittelijan mukaan parantaa suunnitelmien tarkoituksenmukaisuutta ja helpottaa suunnitteluprosessia.

- Tilaajan rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto ei ole suunnittelijalle tuttu. Suunnittelija on kuitenkin tietoinen aineiston olemassaolosta ja näkee tässä asiassa selkeän kehitystarpeen.
- Suunnittelijan mielestä RAU-hankkeen tärkeimmät kohdat ovat suunnittelun alkuvaiheessa (hankemäärittelyt toteutustapojen osalta) ja käyttöönotossa sekä siihen liittyvissä toimintakokeissa. Käyttöönotto sekä toimintakokeet on suoritettava huolella, koska niissä varmistutaan RAU-järjestelmän suunnitelmien mukaisesta toiminnasta.
- Suunnittelija kokee RAU-suunnittelun haastavaksi, eikä LVI-insinöörin koulutus anna aiheeseen riittävää osaamista. RAU-suunnittelu vaatii kokemusta ja perehtymistä aihepiiriin, koska se vaatii erityisosaamista rakennusautomaatioon liittyvästä tekniikasta. Rakennusautomaatio-suunnitteluun liittyvää tietoa (ST-ohjekortit) löytyy kyllä, mutta se on pääosin hajallaan.

Muita suunnittelijan haastattelussa ilmi nousseita teemoja tai asioita, jotka on mahdollisuuksien mukaan syytä huomioida RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa:

- RAU-suunnittelu perustuu enemmän tilaajan ohjeistukseen kuin LVI- ja sähkösuunnittelu, joissa yleinen ohjeistus on selkeämpää.
- Tilaajan kirjallisesta suunnitteluohjeesta huolimatta tulee olemaan edelleen tarvetta RAU-suunnittelun suulliselle ohjaukselle (suunnitelmien yhteensovitus- /ohjauspalaverit).
- RAU-suunnittelu on pyrittävä aina toteuttamaan siten, että RAU-järjestelmätoimittaja voi olla mikä tahansa. Tämä voi olla haasteellista esimerkkituotteiden käyttämisen näkökulmasta.
- Väyläpohjaisten RAU-järjestelmätoteutusten suunnittelu on haastavaa esimerkiksi väylärekistereiden käyttämisen kannalta.
- Haastattelun aikana tuli korostetusti esille RAU-urakan toteutuksen valvonnan ja toimintakokeiden sekä -tarkastusten huolellinen toteutus.
- RAU-suunnitelmien osalta haastateltava korosti järjestelmäkaavion merkitystä.
- Haastateltavan mielestä RAU-järjestelmätoimittajien osaamista kannattaa hyödyntää myös suunnitteluvaiheessa.
- Suunnitteluohjeen laadinnan kannalta haastavaksi haastateltava näki ohjeen sopivan laajuuden määrittymisen.
- Haastateltava näki suoritettavan tutkimuksen kannalta hyväksi, jos haastateltavana olisi myös puhtaasti RAU-suunnittelija tai -suunnittelijoita.

## 5.2.2 Haastattelu numero 2

LVI-suunnittelijan haastattelun kesto oli n. 45 minuuttia ja haastattelukysymyksiin (liite 2) saatiin seuraavia vastauksia:

- Suunnittelija on koulutukseltaan LVI-insinööri (AMK). Suunnittelijalla on työkokemusta LVI-suunnittelijana 6 vuotta, LVI-projektipäällikkönä 6 vuotta ja LVI-asentajana 7 vuotta.

- Suunnittelija laatii RAU-suunnitelmat pääsääntöisesti CADMATIC-ohjelmistolla, joissakin tapauksissa AUTOCAD-ohjelmistolla.
- Suunnittelija näkee, että LVI-suunnittelijan toimiminen hankkeen RAU-suunnittelijana on hyvä asia, koska LVI-suunnittelija määrittelee myös esim. olosuhteet ja energiatavoitteet (joihin rakennusautomaatio oleellisesti liittyy). LVI-suunnittelijan osaaminen ei välttämättä mittakaavaltaan laajoissa hankkeissa ole kuitenkaan riittävää RAU-suunnitteluun (erillisen RAU-suunnittelijan tarve).
- Suunnittelijalla on kokemusta rakennusautomaatiolaitteiden sijoittamisesta hankkeen tietomalliin yhdessä hankkeessa, eli ei siis ole kokemusta täysipainoisesta (toimintoihin saakka ulottuvasta) RAU:n tietomallisuunnittelusta.
- Suunnittelija on käyttänyt Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohjetta eri hankkeissa. Suunnittelijan mielestä ohjeen positiointiohjeistus on hyvä ja selkeä. Suunnitteluohjeessa on puutteita eri TATE-järjestelmien ohjeistuksien osalta eikä se kuvaa selkeästi tilaajan linjauksia RAU-järjestelmän toteutustapojen osalta (ts. tilaajan tahtotila ei tule selkeästi esille).
- Suunnittelija on käyttänyt hankkeissaan myös muiden julkisten tilaajaorganisaatioiden (eri kaupunkien) RAU-suunnitteluohjeita. Erittymisen hyvää RAU-suunnitteluohjetta ei ole toimitilapuolella tullut vastaan, Helsingin kaupungin asunnot Oy:n (HEKA) RAU-suunnitteluohjeistus on suunnittelijan mielestä hyvä.
- Suunnittelija odottaa tilaajan RAU-suunnitteluohjeelta tietoa tekniikan osalta RAU-järjestelmän rakenteesta (järjestelmäkaavio), suositelluista väyläprotokollista, valvomon toteutuksesta ja tilaajan vaatimista trendiseurannoista. Muiden suunnitteluasioiden osalta suunnitteluohjeessa tulisi suunnittelijan mielestä olla kuvattuna hankkeessa laadittava RAU-suunnitteluaineisto, tilaajan hankeorganisaation kuvaus (tilaajan vastuutaho RAU-suunnittelun osalta), RAU:n hankinta-/toteutusmalli ja vastaanottomenettely. RAU-suunnitteluohjeen tulee suunnittelijan mielestä olla oma dokumenttinsa ja siinä olisi hyvä olla mallikaaviot positioinnin kuvaamiseksi. RAU-suunnitteluohjeen laajuuden tulee olla sellainen, että se sisältää vain tilaajan tahtotilan mukaiset linjaukset lyhyesti kuvattuna (ei liian laaja).
- Suunnittelijan mukaan eri suunnittelualojen suunnittelijoiden välinen yhteistoiminta toimii hankkeissa tyypillisesti hyvin. Ongelmia on toisinaan arkkitehti-/pääsuunnittelijan kanssa, koska he eivät aina tunne taloteknisiä asioita riittävän hyvin.
- Suunnittelijan mukaan RAU-suunnitelmien tarkastusmenettely on selkeä (suunnittelutoimiston omatarkastuksen jälkeen tilaajan tarkastettavaksi). Erillinen RAU-suunnittelun aloituspalaveri on suunnittelijan mukaan kuitenkin tarpeen hankkeissa. Palaverissa on syytä linjata esimerkiksi RAU-suunnittelijan ao. hankkeessa tuottama aineisto.
- Tilaajan rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto ei ole suunnittelijalle lainkaan tuttu.
- Suunnittelijan mielestä RAU-hankkeen tärkeimmät kohdat ovat suunnittelun alkuvaiheessa (hankemäärittelyt toteutustapojen osalta sekä tasomääritys) ja käyttöönottossa sekä siihen liittyvissä toimintakokeissa. Käyttöönotto sekä toimintakokeet on suoritettava huolellisesti.
- Suunnittelijan mielestä LVI-insinöörin koulutus ei anna riittävää osaamista RAU-suunnitteluun. RAU-suunnittelu vaatii kokemusta sekä perehtymistä aihepiiriin ja se voi tuntua haasteelliselta kokemattomalle

suunnittelijalle. Rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyvää tietoa (ST-ohjekortit ymv.) löytyy kyllä, mutta se on pääosin hajallaan.

Muita suunnittelijan haastattelussa ilmi nousseita teemoja tai asioita, jotka on mahdollisuuksien mukaan syytä huomioida RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa:

- RAU-suunnittelijoille kohdennetun koulutuksen olemattomuus on TATE-suunnittelualan kannalta merkittävä puute. Rakennusautomaatioalan koulutusta on yleisestikin huonosti saatavilla.

### 5.2.3 Haastattelu numero 3

LVI-suunnittelijan haastattelun kesto oli n. 55 minuuttia ja haastattelukysymyksiin (liite 2) saatiin seuraavia vastauksia:

- Suunnittelija on koulutukseltaan LVI-insinööri (AMK) ja hänellä on myös talotekniikan YAMK-tutkinto sekä sähköalan perustutkinto (automaatioasentaja). Suunnittelijalla on työkokemusta LVIA-suunnittelijana 7 vuotta.
- Suunnittelija laatii RAU-suunnitelmat CADMATIC-ohjelmistolla.
- Suunnittelijan mielestä LVI-suunnittelijan toimiminen hankkeen RAU-suunnittelija on ”perustason” kohteissa OK ja luontevaa, koska valtaosa rakennusautomaatiosta koskee LVI-talotekniikkaa. Mitäkaavaltaan laajoissa (enemmän erilaista talotekniikkaa sisältävissä) hankkeissa erillinen RAU-suunnittelija olisi kuitenkin hyvä asia, koska LVI-suunnittelijan näkemys ja osaaminen voi tällöin olla riittämätöntä.
- Suunnittelijalla ei ole lainkaan kokemusta rakennusautomaation tietomallisuunnittelusta. Suunnittelijan mielestä siitä voi kuitenkin olla suuren kokoluokan hankkeissa hyötyä myös kiinteistön ylläpito-vaiheen kannalta.
- Suunnittelija on käyttänyt Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohjetta eri hankkeissa. Ohje on suunnittelijan mielestä tarve päivittää kokonaisuudessaan ”tähän päivään”.
- Suunnittelija on käyttänyt hankkeissaan myös muutamien muiden julkisten tilaajaorganisaatioiden RAU-suunnitteluohjeita. Erityisen hyvää RAU-suunnitteluohjetta ei ole tullut vastaan. RAU-suunnitteluohjeet ovat suunnittelijan mukaan hyvin erilaisia tilaajasta ja sen erityistarpeista riippuen.
- Suunnittelija odottaa tilaajan RAU-suunnitteluohjeelta tietoa tekniikan osalta RAU-järjestelmän rakenteesta sekä liitettävyydestä muihin järjestelmiin (verkkoyhteydet ja järjestelmäkaavio), tasonmäärittämisestä eri kohteissa, valvomon toteutuksesta, minimivaatimuksista TATE-järjestelmittäin ja tilaajan käyttämästä laitepositiointijärjestelmästä (positiointiohje). Ohjeessa tulee suunnittelijan mielestä kuvata **selkeästi** ne asiat, jotka tilaaja haluaa toteutettavan aina samalla tavalla. RAU-suunnitteluohjeeseen tulee suunnittelijan mielestä olla käytettävyyden vuoksi oma dokumenttinsa (rajapinnat muihin suunnittelualoihin huomioitava) ja sen ei ole tarpeen sisältää

mallikaavioita. RAU-suunnitteluohjeen pituuden tulisi suunnittelijan mielestä olla n. 20 sivua, ja sen tulisi sisältää vain tilaajan tahtotilan mukaiset suunnittelua koskevat linjaukset lyhyesti kuvattuna.

- Suunnittelijan mukaan eri suunnittelualojen suunnittelijoiden välinen yhteistoiminta toimii hankkeissa tyypillisesti hyvin, mutta asia riippuu yleisesti hankeorganisaatiosta. Eri toimijoiden, kuten tilaajat ja suunnittelutoimistot, erilaiset toimintatavat/-mallit voivat aiheuttaa ongelmia yhteistoimintaan.
- Suunnittelijan mukaan RAU-suunnitelmien tarkastusmenettely on selkeä ja suunnitelmat tarkastellaan "ristiin" toisen suunnittelijan toimesta ennen toimitusta tilaajan tarkastettavaksi. Erillinen RAU-suunnittelun aloituspalaveri on suunnittelijan mukaan kuitenkin tarpeen hankkeissa lähtötietojen ja RAU-järjestelmän tason määrittelemiseksi.
- Tilaajan rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto ei ole suunnittelijalle tuttu. Suunnittelija on kuitenkin tietoinen puitesopimuksen olemassaolosta.
- Suunnittelijan mielestä RAU-hankkeen tärkeimmät kohdat ovat suunnittelun alkuvaiheessa (hankemäärittelyt toteutustapojen osalta sekä tasonmääritys) ja käyttönotossa sekä siihen liittyvissä toimintakokeissa.
- Suunnittelijan mielestä LVI-insinöörin/LVI-suunnittelualan koulutus ei anna riittävää osaamista RAU-suunnitteluun. RAU-suunnittelu vaatii kokemusta sekä perehtymistä aihepiiriin ja se voi tuntua haasteelliselta kokemattomalle suunnittelijalle. Eri TATE-järjestelmien integrointi osaksi RAU-järjestelmää on LVIA-suunnittelijalle haastavaa. Rakennusautomaatiosuunnitteluun liittyvä tieto on hajallaan verrattuna muuhun TATE-suunnitteluohjeistukseen.

Muita suunnittelijan haastattelussa ilmi nousseita teemoja tai asioita, jotka on mahdollisuuksien mukaan syytä huomioida RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa:

- Positiointiohjeistuksen yhtenäistämiseksi laajemmin tilaajaorganisaatiossa (Mikkelin kaupunki) voisi olla järkeä.
- Kirjallisen RAU-suunnitteluohjeen lisäksi suunnittelua on tarve ohjeistaa myös suullisesti (esim. RAU-suunnittelun aloituspalaverissa).
- RAU-suunnittelun aloituspalaveri palvelisi myös suunnittelijoiden välistä yhteistoimintaa ja suunnitelmien yhteensovittamista.
- RAU-suunnitelmien tarkastusmenettely on syytä kirjata suunnitteluohjeeseen.
- Rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto on huomioitava RAU-suunnittelussa, jotta eri asiakirjojen ristiriidoilta vältytään.



## 6 KIRJALLISUUSSELVITYS

Tutkimuksen yhteydessä tehdyssä kirjallisuusselvityksessä tutustuttiin aihepiirin määräyksiin, ohjeisiin sekä standardeihin ja pääosin niistä tehtyjen havaintojen pohjalta on laadittu tämän opinnäytetyön teoreettinen viitekehys (luvut 3 ja 4).

Lisäksi perehdyttiin viiden muun julkisen tilaajaorganisaation rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluohjeistuksiin ja työn tilaajalla käytössä olevaan rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineistoon (tekniseen dokumentaatioon) sekä nykyiseen RAU-suunnitteluohjeeseen. Lähempään tarkasteluun ja vertailuun valittiin tilaajan nykyisen suunnitteluohjeen lisäksi kolmen eri julkisen tilaajaorganisaation RAU-suunnitteluohjeistukset. Nämä valittiin tarkasteluun siksi, että ne vastasivat toimintaympäristöltään ja valvomoratkaisuiltaan lähimmäksi tilaajan vastaavia ratkaisuja. Tutkimuskäyttöön saatuja muiden tilaajaorganisaatioiden RAU-ohjeistuksia käsiteltiin tutkimusaineistoina siten, ettei kyseisten tilaajaorganisaatioiden nimet paljastuneet. Seuraaviin lukuihin 6.1–6.5 on koottu em. asiakirjoista keskeisimmät havainnot/sisällöt suunnitteluohjeistuksen laadintaan liittyen.

### 6.1 Esimerkkikaupungin 1 RAU-suunnittelu- ja asennusohje

Ohje on laadittu vuonna 2021 suunnittelijoille ja urakoitsijoille rakennusautomaation uudisrakennus-, peruskorjaus- ja saneeraushankkeisiin. Ohje on jäsennelty *TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset* osan J7 Automaatiojärjestelmät mukaisesti ja siihen sisältyy liitteinä tekniset erittelyt, ohjelmointitoiminnot ja järjestelmäkaavio. Ohjedokumentin kokonaispituus liitteineen on 51 sivua (ohje 24 sivua + liitteet 27 sivua).

Ohjeessa on kuvattu RAU-järjestelmän yleiskuvaus ja järjestelmälle, sen toteutukselle ja toiminnalle asetetut vaatimukset. Ohjeessa ei ole kuvattu tai ilmoitettu muita rakennusautomaatiosuunnittelua ohjaavia määräyksiä tai ohjeita TalotekniikkaRYL 2002 lisäksi. Suunnittelijaa varten ohjeessa on kuvattu tarjouspyyntöä varten laadittavat RAU-suunnitelmat. Ohje tai sen liitteet eivät sisällä malli(säätö)kaavioita. Ohjeeseen ei sisälly laitepositiointiohjetta. Ohjeessa on huomioitu IoT-laitteiden liitettävyyden RAU-järjestelmään

mutta varsinaisia analytiikkajärjestelmiä/ylätason valvomoita tai niiden toteuttamista ei ole ohjeistettu.

## **6.2 Esimerkkikaupungin 2 RAU-suunnitteluohje**

Ohje on laadittu vuonna 2011 tilaajan kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelua varten ja tilaajaorganisaatiolla on käytössään vastaavantyylinen rakennusautomaatiotöiden puitesopimusjärjestely kuin Mikkelin kaupungissa. Ohje liittyy kiinteästi em. puitesopimusaineistoon: sekä suunnitteluohjeessa että puitesopimuksen teknisessä aineistossa on samoja liiteasiakirjoja. Ohjeessa on kuvattu RAU-järjestelmän suunnitteluprosessin yleiskuvaus, suunnittelijan tehtävät talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelon TATE95 mukaan ja laadittavat RAU-suunnitelmat. Ohjeeseen sisältyy liitteinä laitetunnusjärjestelmä (positiointiohje), järjestelmäkaavio, malli(säätö)kaaviot, urakkaohjelma, urakkarajaliite ja tekninen erittely. Ohjeen kokonaispituus on 26 sivua ja sen liitteiden yhteispituus on 127 sivua.

Ohjeessa on kuvattu taloteknisille järjestelmille ohjelmoitavat toiminnot järjestelmittäin jaoteltuna. Ohjeessa ei ole kuvattu tai ilmoitettu muita rakennusautomaatiosuunnittelua ohjaavia määräyksiä tai ohjeita. Ohjeessa ei ole huomioitu IOT-laitteiden liitettävyyttä RAU-järjestelmään tai analytiikkajärjestelmiä/ylätason valvomoita, mikä johtunee ohjeen iästä.

## **6.3 Esimerkkikaupungin 3 RAU-suunnittelu- ja toteutusohje**

Ohje on laadittu vuonna 2015, mutta se on päivittyvä dokumentti (viimeisin päivitys 2021). Ohjeen tarkoituksena on antaa suunnittelijoille perustiedot, joiden pohjalta laaditaan yksityiskohtaiset hankekohtaiset työpiirustukset (RAU-suunnitelmat). Vaikka ohjeen nimessä viitataan myös toteutuksen ohjaukseen, on dokumentin pääpaino selkeästi suunnitteluasioissa. Ohjeessa on kuvattu tilaajan RAU-järjestelmän yleiskuvaus, RAU-suunnittelijan tehtävät ja tarjouspyyntöä varten laadittavat RAU-suunnitelmat. Ohjeeseen sisältyy laitetunnusjärjestelmä (positiointiohje), järjestelmäkaavio sekä ohjelma- ja laiteluettelot (tekninen erittely) TATE-järjestelmittäin. Ohjeen liitteenä ovat malli(säätö)kaaviot ja ohje huonelämpötilojen asetuntilaskennan ohjelmoinnista RAU-järjestelmään. Ohjeessa ei ole kuvattu tai ilmoitettu muita rakennusautomaatiosuunnittelua ohjaavia määräyksiä tai ohjeita. Ohjeessa ei

ole huomioitu IOT-laitteiden liitettävyyttä RAU-järjestelmään tai analytiikkajärjestelmiä/ylätason valvomoita. Ohjeen kokonaispituus on 43 sivua ja sen liitteiden yhteispituus on 82 sivua.

#### **6.4 Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohje**

Ohje on laadittu vuonna 2010 eikä sitä ole päivitetty sen jälkeen. Ohjeen tarkoituksena on antaa suunnittelijoille tiedot Mikkelin kaupungin rakennusautomaatiojärjestelmän käytöstä, rakenteesta ja liitännöistä eri suunnittelualojen (LVIA ja sähkö) hankekohtaista suunnittelua varten. Ohje sisältää vain RAU-suunnitteluun liittyviä asioita eikä sillä ohjata toteutusta. Ohjeessa on kuvattu tilaajan RAU-järjestelmän yleiskuvaus ja käyttö, RAU-suunnittelijan tehtävät ja laadittavat RAU-suunnitelmat. Ohjeeseen sisältyy laitetunnusjärjestelmä (positiointiohje) ja kuvaus RAU-järjestelmään liitettävistä sekä ohjelmoitavista toiminnoista TATE-järjestelmittain jaoteltuna. Ohjeen liitteenä ei ole malli(säätö)kaavioita. Ohjeessa ei ole kuvattu tai ilmoitettu muita rakennusautomaatiosuunnittelua ohjaavia määräyksiä tai ohjeita. Ohjeessa ei ole huomioitu IOT-laitteiden liitettävyyttä RAU-järjestelmään tai analytiikkajärjestelmiä/ylätason valvomoita, mikä johtunee ohjeen iästä. Ohjeen kokonaispituus on 21 sivua.

#### **6.5 Mikkeli kaupungin rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto**

Tilajaorganisaatiolla eli Mikkelin kaupungin Talonrakennuspalveluilla on käytössään puitesopimus rakennusautomaatiotöiden suorittamisesta (urakoinnista ja ylläpidosta) kolmen järjestelmätoimittajan kanssa. Asiakirjat käsittelevät siis rakennusautomaatiojärjestelmien rakentamista urakoitsijan näkökulmasta. Puitesopimusaineisto on laadittu Sweco Talotekniikka Oy:n toimesta vuonna 2015 ja se kattaa kaikille rakennuskohteille yhteiset seuraavat tekniset asiakirjat:

- urakkaohjelma
- urakkarajaliite
- tekninen erittely
- mittausseurantaohje
- sähkötöiden tekninen erittely
- valvomon ohjelmointi

Asiakirjojen pätevydestä hankkeissa on linjattu siten, että asiat, joita ei ole esitetty rakennushankekohtaisissa urakka-asiakirjoissa, toteutetaan puitesopimusaineiston mukaisesti. Mikäli jokin asia on esitetty sekä hankekohtaisissa suunnitelmissa tai muissa asiakirjoissa että puitesopimusaineistossa, on hankekohtainen asiakirja pätevämpi ja toteutus tehdään sitä noudattaen. (Sweco Taloteknikka Oy 2015.)

Puitesopimusaineiston urakkaohjelman oleelliset rakennusautomaation suunnitteluun ja suunnitteluohjeen laadintaan liittyvät kirjaukset on esitetty alapuolella:

- Hankkeissa, joissa päätoteuttajana /-urakoitsijana on esim. rakennusurakoitsija, alistetaan rakennusautomaatiourakka pääurakkaan.
- Rakennusautomaation saneeraushankkeissa RAU-urakoitsija toimii lainsäädännön tarkoittamana päätoteuttajana.
- Suunnitelmakatselmus pidetään tarvittaessa ennen kunkin rakennusvaiheen aloittamista.
- Suunnittelijalla on oikeus (tilaajan lisäksi) suorittaa valvontaa siten, että työ muodostuu suunnitelmien mukaiseksi.

Puitesopimusaineiston urakkarajaliitteen oleelliset rakennusautomaation suunnitteluun ja suunnitteluohjeen laadintaan liittyvät kirjaukset ja sisällöt on esitetty alapuolella:

- Tilaaja laatii alustavan suunnitelma-aikataulun.
- Urakoitsija toimittaa laite-/venttiililuettelot ja työpiirustukset tilaajalle tarkastettavaksi vähintään 2 viikkoa ennen hankintaa tai asennusta.
- Hankkeen kaikki asiakirjat viedään projektipankkiin, jossa ne ovat urakoitsijan käytettävissä.
- Automaatiourakoitsija toimii vastaanottomenettelyn koordinoijana.
- Rakennusautomaatiojärjestelmäurakan vastaanotto tapahtuu systemaattista vastaanottomenettelyä noudattaen (vastaanoton tarkka kuvaus on esitetty dokumentissa).
- Mittausseurannan (trend-seuranta) avulla varmistetaan TATE-järjestelmien toiminta suunnitellulla tavalla normaalikäytössä (erillinen mittausseurantaohje).
- Dokumentissa on kuvattu eri urakkaosapuolien väliset työt ja veloitteet rakennusautomaatiotöihin liittyen.
- Dokumentissa on kuvattu RAU-laitteiston käytönopastuksen toteutus.

Puitesopimusaineiston teknisen erittelyn oleelliset rakennusautomaation suunnitteluun ja suunnitteluohjeen laadintaan liittyvät kirjaukset ja sisällöt on esitetty alapuolella:

- Dokumentissa on kuvattu rakennusautomaatiojärjestelmän kaikkien laitteiden ja ohjelmistojen tekniset vaatimukset.

- Dokumentissa on kuvattu RAU-järjestelmän kaapelointi ja laitemerkinnät.
- Dokumentissa on kuvattu RAU-järjestelmän hälytysluokkien jaottelu.
- Mikäli toteutusperiaatteet tai asennustapa eivät käy yksiselitteisesti selville suunnitelmista, on urakoitsija velvollinen selvittämään ne ennen töiden aloittamista.
- Urakoitsijan tulee täydentää ja korjata suunnitelmapiirustukset vastamaan toteutusta (loppukuvien laadinta).
- Dokumentissa on kuvattu tilaajalle toimitettavan luovutusmateriaalin sisältö.

Puitesopimusaineiston mittausseurantaohjeessa on kuvattu RAU-järjestelmän säätöjen toiminnalle asetetut vaatimukset sekä kuvattu trend-ajojen toteutus ja ohjelmointi. Puitesopimusaineiston sähkötöiden teknisessä erittelyssä ei ole RAU-suunnitteluohjeen laadinnan tai RAU-suunnittelun kannalta oleellista sisältöä. Puitesopimusaineiston valvomon ohjelmointi dokumentissa on kuvattu rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon grafiikoiden tekninen toteutustapa.

## **7 TYÖN TULOSTEN YHTEENVETO**

Tutkimustyön tuloksia käsiteltiin siten, että taulukoimalla ja teemoittelemalla tutkimustyön yhteydessä tehtyjä havaintoja pyrittiin löytämään suunnitteluohjeen laatimisen kannalta oleellisimmat seikat ja sisällöt. Työn tuloksia käsiteltäessä ja analysoitaessa pidettiin kiinni aineiston anonymiteetista eli vastaajien henkilösuojusta huolehdittiin.

### **7.1 Asiantuntijahaastattelujen tulokset**

Haastatteluissa kartoitettiin haastateltavien omia kokemuksia ja näkemyksiä neljään eri teemaan jaettujen haastattelukysymyksien avulla. Haastatteluihin osallistui 4 henkilöä. Ensin haastateltavilta suunnittelijoilta selvitettiin taustatietoja ja tietoja RAU-suunnittelutekniikkaan liittyen. Tilaajan haastattelussa pyrittiin aluksi kartoittamaan tilaajan tarpeita RAU-suunnitteluohjeelle. Tämän jälkeen keskusteltiin kaikkien haastateltavien kanssa tilaajan RAU-suunnittelun ja -suunnitteluohjeen nykytilanteesta ja sen kehitystarpeista. Lopuksi haastateltavien kanssa keskusteltiin RAU(-suunnittelun) aihepiiristä yleisesti ja annettiin vielä avoin puheenvuoro, jossa oli mahdollisuus tuoda julki seikkoja, jotka olivat jääneet muissa osioissa huomiotta.

### **7.1.1 Suunnittelijoiden taustatiedot ja suunnittelutekniikka**

Kaikilla suunnittelijat olivat koulutukseltaan LVI-insinöörejä (AMK) ja työkokemusta heillä oli LVIA-suunnittelutehtävistä yhteensä 36 vuotta. Yhdellä suunnittelijalla oli myös YAMK-tutkinto. Kaikki suunnittelijat laativat rakennusautomaatiosuunnitelmat pääasiassa CADMATIC-ohjelmistolla. Kaikki suunnittelijat näkivät pääsääntöisesti toimivana ratkaisuna hankkeen LVI-suunnittelijan toimimisen myös RAU-suunnittelijana, koska pääosa rakennusautomaatiosta liittyy LVI-talotekniikkaan. Poikkeuksena tähän nähtiin laajat hankkeet, joissa integroidaan paljon erilaisia tekniikoita osaksi rakennusautomaatiojärjestelmää. Suunnittelijoilla oli kokemusta rakennusautomaation tietomallisuunnittelusta vain laitteiden sijoittelun osalta (ei toiminnallinen "älykäs" tietomalli). Tämän vuoksi sen hyödyllisyydestä ei saatu kattavaa kuvaa tai näkemystä.

### **7.1.2 Tilaajan tarpeet RAU-suunnitteluohjeelle**

Tilaajalla ei ole käytössään muiden suunnittelualojen suunnitteluohjeita, jotka tulisi huomioida RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa. Tilaajalla on käytössään kirjallinen rakennuttamisen hankeohje, jonka sisältö on syytä tarkastella ohjeen laadintaan liittyen. Tilaaja käyttää merkittävimmissä hankkeissaan talotekniikan suunnittelutehtävien tehtäväluetteloa TATE18. LVI-suunnittelijan toimiminen hankkeen RAU-suunnittelijana on pääsääntöisesti hyväksyttävää, mutta suurissa hankkeissa tästä voisi olla tarvetta poiketa. RAU-suunnitteluohje tulisi laatia siten, että sitä voisi käyttää eri hanke-/urakkamalleissa. Ohjeen tulisi myös skaalautua hyvin eri kokoihin ja tyyppisiin hankkeisiin (tasoajattelu).

### **7.1.3 RAU-suunnittelun ja -suunnitteluohjeen nykytila ja kehitystarpeet**

Kaikki haastateltavat tunsivat Mikkelin kaupungin nykyisen rakennusautomaation suunnitteluohjeen ja olivat käyttäneet sitä hankkeissa. Ohjeistuksen positiointiohjetta pidettiin hyvänä ja toimivana, mutta muilta osin ohje tulee laatia uudelleen, koska tällöin myös ohjeen rakenteen voi korjata toimivammaksi ja sisällön selkeämmäksi.

Laadittavan RAU-suunnitteluohjeen tulee olla oma dokumenttinsa ja sen tulee sisältää vain tilaajan tahtotilan mukaiset peruslinjaukset, joita suunnittelijat voivat tarvittaessa soveltaa. Ohje ei siis saa olla liian laaja tai dokumenttina ylipitkä (maks. 30 sivua + mahdolliset liitteet). Ohjeessa tulee olla seuraavat sisällöt: laitepositiointiohje, järjestelmäkaavio (tilaajan keskitetyn RAU-järjestelmän rakenteen kuvaamiseksi), ohjelmointiohje/ohjelmaluettelo TATE-järjestelmittäin jaoteltuna (vaadittavien automaatiotoimintojen kuvaamiseksi) ja mitausseurantaohje (vaadittavien aikasarja- eli trend-seurantojen kuvaamiseksi). Ohjeessa tulee lisäksi kuvata suositellut automaatiöväyläprotokollat, RAU-suunnittelijan tehtävät/laadittavat RAU-suunnitelmat, tilaajan hankeorganisaatio (RAU-suunnittelun/-toteutuksen osalta), RAU:n hankinta-/toteutusmalli ja hankkeiden vastaanottomenettely. Ohjeessa tulee huomioida analytiikka-palvelut/ylätason valvontajärjestelmät ja sen tulee huomioida tilaajalla käytössä oleva rakennusautomaatiotöiden puitesopimus sekä sen tekninen aineisto mahdollisimman hyvin. Suunnitteluohjeessa tulee kuvata pidettävät palaverit RAU-suunnittelun eri vaiheissa (ainakin aloituspalaveri on tarpeen) ja suunnitelmien tarkastusmenettely. Malli(säättö)kaaviot eivät ole välttämätön osa RAU-suunnitteluohjetta ja ne voidaan tarvittaessa liittää osaksi ohjetta myös jälkikäteen.

#### **7.1.4 Näkemykset aihepiiristä yleisesti ja vapaa sana**

Rakennusautomaatiohankkeen tärkeimmät vaiheet ovat suunnittelun alkuvaihe (suunnittelun yhteensovittaminen ja hankemäärityt) sekä järjestelmän vastaan-/käyttöönotto. RAU-suunnittelu on haastavaa ja vaatii erityisosaamista. LVI-insinöörin koulutus ei anna aihepiiriin riittävää osaamista eikä koottua tietoa aihepiiriin määräyksistä sekä ohjeista tai koulutusta aiheesta ole helposti saatavissa. RAU-järjestelmätoimittajilla olevaa osaamista on syytä hyödyntää jo suunnitteluvaiheessa. Kirjallisen suunnitteluohjeistuksen lisäksi suunnittelua on aina tarpeen ohjata myös suullisesti suunnittelupalavereilla. Tilaajan kirjallinen RAU-suunnitteluohje on tärkeä, koska suunnittelua ohjaavia sitovia määräyksiä tai ohjeita on vähemmän kuin muun talotekniikan suunnittelussa.

## **7.2 Kirjallisuusselvityksen tulokset**

Eri tilaajaorganisaatioiden RAU-ohjeita vertailemalla eri kriteereillä pyrittiin löytämään suunnitteluohjeistuksille tyypillisiä ominaisuuksia ja sisältöjä, joista olisi hyötyä Mikkelin kaupungin uutta RAU-suunnitteluohjetta laadittaessa. Tilaajalla käytössä olevaan rakennusautomaatiotöiden puitesopimuksen tekniseen aineistoon perehdyttiin, jotta siitä löydettiin RAU-suunnitteluun liittyvät avainsisällöt.

### **7.2.1 Esimerkkikaupunkien suunnitteluohjeet**

Eri tilaajaorganisaatioiden RAU-ohjeiden vertailemiseksi laadittiin vertailutaulukko (taulukko 1), jotta niiden keskeisiä ominaisuuksia ja niissä esiintyviä tyypillisiä sisältöjä oli helpompi vertailla keskenään.



Taulukko 1. RAU-ohjeiden vertailutaulukko

<b>Julkisten tilaajaorganisaatioiden RAU-ohjeiden vertailutaulukko</b>				
<b>Aihealue/kysymys</b>	Esimerkkikaupungin 1 RAU-suunnittelu- ja asennusohje	Esimerkkikaupungin 2 RAU-suunnitteluohje	Esimerkkikaupungin 3 RAU-suunnittelu- ja toteutusohje	Mikkelin kaupungin RAU-suunnitteluohje
Ohjeen pituus (ohje + liitteet)?	24 + 27 sivua	26 + 127 sivua	43 + 82 sivua	21
Toteutusvuosi?	2021	2011	2015 (päivitetty 2021)	2010
Ohjaako myös toteutusta (K/E)?	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Sisältääkö järjestelmäkaavion (K/E)?	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Sisältääkö malli(säätö)kaaviot (K/E)?	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei
Sisältääkö laiteposiointiohjeen (K/E)?	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Onko RAU-suunnittelutehtävät kuvattu (K/E)?	Kyllä	Kyllä, TATE95	Kyllä	Kyllä
Onko RAU-suunnittelua ohjaavia määräyksiä tai ohjeita kuvattu (K/E)?	Kyllä, TateRYL 2002	Ei	Ei	Ei
Sisältääkö laitteiden teknisen erittelyn (K/E)?	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Sisältääkö analytiikan/ylätason valvontajärjestelmän kuvauksen (K/E)?	Ei	Ei	Ei	Ei
Sisältääkö ohjelmointiohjeen TATE-järjestelmittäin (K/E)?	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä

Vertailussa mukana olleiden RAU-ohjeiden keskimääräinen pituus oli n. 30 sivua ilman liitteitä. Tyypillisesti ohjeistuksella ohjattiin vain RAU-suunnittelua ilman toteutusohjetta. Tyypillisiä (esiintyi enemmän kuin kolmessa vertailussa olleista ohjeista) RAU-ohjeen sisältöjä ovat järjestelmäkaavio tilaajan

keskitetystä RAU-järjestelmästä, laitepositiointiohje, RAU-suunnittelutehtävien kuvaus, laitteiden tekninen erittely ja ohjelmointiohje vaadittavista automaatio-toiminnoista TATE-järjestelmittäin.

### 7.2.2 Tilaajan rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto

Tilaajalla käytössä olevasta rakennusautomaatiotöiden puitesopimuksen teknisestä aineistosta voi suunnittelun ohjauksessa käyttää ja viitata suoraan (eli liittää suunnitteluohjeeseen) seuraavat dokumentit:

- urakkaohjelma
- urakkarajaliite
- tekninen erittely
- mittausseurantaohje

Edellä mainitut asiakirjat sisältävät suunnittelun kannalta oleellisia ja tarpeellisia sisältöjä, jotka on kuvattu tarkemmin tämän opinnäytetyön luvussa 6.5, ja siksi ne on syytä huomioida suunnitteluohjetta laadittaessa. Hankekohtaiset suunnitelma-asiakirjat on syytä laatia selkeyden vuoksi siten, että niissä olisi mahdollisimman vähän ristiriitoja rakennusautomaatiotöiden puitesopimuksen teknisen aineiston kanssa.

## 8 TYÖN TULOSTEN ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tulosten perusteella muodostui tässä luvussa esitetty runko/lista avainsisällöistä, jotka on syytä kirjata tilaajalle laadittavaan RAU-suunnitteluohjeeseen. Jotta ohjeistuksesta tulisi mahdollisimman selkeä ja käytettävä, sisällöt on jaettu kahteen osioon: yleinen osa ja tekninen osa. Lisäksi osa teknisestä aineistosta on helpompaa ja selkeämpää esittää ohjeen liitteenä.

### YLEINEN OSA

- RAU-suunnittelua tilaajan suunnitteluohjeen lisäksi ohjaavien määräysten ja ohjeiden kuvaus
- tilaajan (hanke-)organisaation kuvaus (tilaajan hankeohjeen mukaisesti)
- suunnittelijan tehtävät / laadittavat RAU-suunnitelmat TATE18 mukaisesti (huomioitava rakennusautomaatiotöiden puitesopimusaineisto)
  - LVI-suunnittelija toimii pääsääntöisesti hankkeen RAU-suunnittelijana (tilaaja linjaa asian suunnittelun valmisteluvaiheessa)
  - suunnittelupalaverikäytäntö (aloituspalaveri hankemäärittelyjä varten)
  - suunnitelmien tarkastusmenettely

- tilaajan käyttämän RAU:n hankintamallin kuvaus (rakennusautomaatioiden puitesopimus)
- RAU:n vastaanottomenettely (systemaattisen vastaanottomenettelyn vaiheiden ja sisällön kuvaus, puitesopimusaineiston mukaisesti)

#### TEKNINEN OSA

- vaadittujen automaatiotoimintojen kuvaus TATE-järjestelmittäin (ohjelmaluettelo)
- analytiikkapalvelun kuvaus (tilaaja määrittää tarpeen hankekohtaisesti)

#### LIITTEET

- laitepositiointiohje (vanhan ohjeen mukaisesti, päivitys)
- järjestelmäkaavio (tilaajan keskitetyn RAU-järjestelmän kuvaamiseksi)
- mittausseurantaohje/trend-seurannat (puitesopimusaineistosta)
- tekninen erittely (puitesopimusaineiston mukaisesti)
  - käytettävät väyläprotokollat
  - RAU-kaapeloinnin suunnittelu
- urakkaohjelma (rakennusautomaatioiden puitesopimusaineistosta)
- urakkarajaliite (rakennusautomaatioiden puitesopimusaineistosta)

### 8.1 Rakennusautomaatio-ohjeen laadinta

Työn tulosten perusteella laadittiin Mikkelin kaupungin Talonrakennuspalveluille RAU-suunnitteluohje huhti–toukokuussa 2022. Ohjeen kansilehti ja sisällysluettelo on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 4. Ohjetta tullaan jatkossa käyttämään tilaajan rakennushankkeissa (uudisrakentaminen ja saneeraushankkeet). Ohjetta päivitetään tarpeen mukaan, kun siitä saadaan käyttäjäkokemuksia tai jos muut siihen olennaisesti liittyvät asiat muuttuvat: rakennusautomaatioiden puitesopimusjärjestely tai sen tekninen aineisto muuttuu. Rakennusautomaatiotekniikka kehitty nopeassa tahdissa, jolloin myös suunnitteluohjeen on syytä uudistua tarvittavilta osin.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tilaajan rakennushankkeiden rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen kehittäminen ja sen lisäksi kirjallisen rakennusautomaation suunnitteluohjeen laatiminen tilaajalle.

Työn toteutuksen aikana selvitettiin kirjallisuustutkimuksella tilaajan sekä muiden julkisten tilaajaorganisaatioiden RAU-ohjeistuksien ominaispiirteitä. Kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin myös aihepiiriin muuhun teoriaan. Työn

aikana suoritetuilla tutkimushaastatteluilla selvitettiin pääasiassa tilaajan nykyisen suunnitteluohjeistuksen kehitystarpeita.

Opinnäytetyön tutkimusosuuden suorittaminen sujui hyvin, vaikkakin alussa oli vaikeuksia löytää aihepiirin oleellinen sisältö. Tässä auttoi opinnäytetyön aiheen rajauksen selkeyttäminen koskemaan vain suunnittelua. Tämän myötä tutkimukselle asetettu tavoite selkeytyi ja tutkimuskysymysten asettelu oli helpompaa. Opinnäytetyön toteutukselle valitut tutkimusmenetelmät toimivat hyvin ja niiden avulla saatiin kerättyä vastauksia työlle asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja käyttökelpoisia työkaluja suunnitteluohjeen laadintaa varten.

Asiantuntijahaastattelujen osalta työn toteuttajalla oli aluksi epäily aineiston kattavuuden riittävydestä (4 haastateltavaa), mutta huoli osoittautui turhaksi, sillä haastatteluaineistoa kertyi yli 3 tuntia ja niissä saatiin kerättyä kattavasti näkemyksiä aihepiiristä tutkimusmateriaaliksi. Haastateltavilla oli hyvä näkemys ja kokemus työn tilaajan toimintaympäristöstä, jolloin saadut vastaukset olivat myös käyttökelpoisia työn laadinnan kannalta. Kaikki asiantuntijat, joita haluttiin työtä varten haastatella, suostuivat haastatteluun. Tämä kuvastaa osaltaan aihepiirin tärkeyttä sekä RAU-suunnitteluohjeen tarvetta ja merkitystä, jotka kävivät ilmi myös haastattelujen aikana. Haastattelukysymyksiin liittyvät teemat olisi voinut miettiä tarkemmin jo ennen haastatteluja, jolloin haastattelujen tulosten käsittely olisi ollut helpompaa.

Työn tutkimuksen toteutusta varten saatiin käyttöön kattava määrä (7 kappaletta) muiden julkisten tilaajaorganisaatioiden RAU-ohjeita käyttämällä työn toteuttajan omia työelämäkontakteja. Näistä ohjeista oli suuri hyöty työn toteutuksen kannalta, koska niiden avulla saatiin näkemystä tilaajan suunnitteluohjeen laadintaan.

Työlle laaditut tavoitteet saavutettiin hyvin ja tilaajalle saatiin ensikommenttien perusteella laadittua uusi aikaisempaa toimivampi RAU-suunnitteluohje, joka tullaan ottamaan käyttöön rakennusautomaatiohankkeissa. Ohjeen soveltaminen toimeksiantajan käytännön hankkeissa ja kehittyminen niissä ilmenneiden seikkojen/kommenttien kautta oli tarkoitus sisällyttää osaksi tutkimusta, mutta se osuus työstä jäi aikataulusyistä pois. Työn aikana myös opinnäytetyön

tekijän näkemys rakennusautomaatiosuunnittelun aihepiiristä kasvoi merkittävästi, mikä helpottaa toimimista RAU-asiantuntijatehtävissä jatkossa.

Työn toteutuksen aikana havaittiin tarve seuraaville jatkotutkimuksille/-hankkeille:

- Tietomallisuunnittelun hyödyntäminen/käyttöönotto RAU-suunnittelussa
  - Tietomallisuunnittelu on laajalti käytössä talotekniikassa lukuunottamatta RAU-suunnittelua
- Keskitetyn tiedon lisääminen rakennusautomaatiosta/rakennusautomaatiosuunnittelusta
  - LVI-tekniikan suunnittelua ohjaavia määräyksiä ja ohjeita on koottu Talotekniikkainfo-sivustolle, voisiko vastaavanlainen järjestely toimia myös rakennusautomaation osalta?
- Muiden suunnittelualojen suunnitteluohjeiden laadinta tilaajalle
  - Suunnittelun yhdenmukaistaminen palvelee esimerkiksi rakennusten ylläpitoa
- Mallikaavioiden laadinta RAU-suunnitteluohjeen liitteeksi
- RAU järjestelmätoimittajien ohjelmakirjastojen kehittäminen vastamaan suunnitteluohjeen mukaisia linjauksia
- Lain 2020/733 rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja lautauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä voimaantulo
  - Lain soveltaminen ja vaikutukset työn tilaajan rakennuksissa?

## LÄHTEET

Härkönen, P., Liedes, R., Mikkola, J., Piikkilä, V., Pusa, K., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T. & Sulku, J. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät – ST-käsikirja 17. 6. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 29.10.2020/733.

Mikkelin kaupunki, rakennusautomaation puitejärjestelyn tekninen aineisto. 2015. Sweco Talotekniikka Oy.

Rakennusautomaatio 7. 2021. Sähköinfo Oy.

Rakennusten kaukojäähdytys, Yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet J1/2014. 2014. Energiateollisuus Ry.

Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet julkaisu K1/2021. 2021. Energiateollisuus Ry.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/> [Viitattu 15.02.2022.]

SFS-EN ISO 16484-1. 2011. Building automation and control systems (BACS). Part 1: Project specification and implementation.

SFS-EN 15232-1:2017. 2017. Rakennusten energiatehokkuus. Osa 1: Kiinteistöautomaation, ohjauksen ja kiinteistöhallinnan vaikutus.

Sisäilmaluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2008. Sisäilmayhdistys Ry.

ST 21.32. 2020. Sähköinfo Oy. Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioinnottaminen sähkö- ja tietoteknistenjärjestelmien suunnittelussa.

ST 41.10. 2017. Sähköinfo Oy. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18.

ST 709.00. 2017. Sähköinfo Oy. Kiinteistön hallintajärjestelmien peruskäsitteet ja terminologia.

ST 710.00. 2020. Sähköinfo Oy. Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet.

ST 711.01. 2016. Sähköinfo Oy. Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat.

ST-ohjeisto 15. 2017. Sähköinfo Oy. Rakennusten energiatehokkuus.

ST-ohjeisto 20. 2020. Sähköinfo Oy. Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen : opas standardin SFS-EN 15232 käyttöön.

TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. 2013. Rakennustieto.

Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Talotekniikkainfon oppaat. WWW-dokumentti. Päivitetty 11.6.2021. Saatavissa: <https://www.talotekniikkainfo.fi/> [Luettu 27.4.2022]

Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 12.3.2015/214.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 22.12.2017/1047.

Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksesta 27.10.2020/718.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 20.12.2017/1010.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 20.12.2017/1009.

9.3.2022

Mikkelin kaupungin rakennusautomaatiosuunnitteluohjeistuksen kehittäminen

Asiantuntijahaastattelun kysymykset työn toimeksiantajalle

- Minkälaisia (muiden rakentamisen osa-alueiden) suunnitteluohjeita tilaajalla on käytössä ja niiden huomiointitarve tähän ohjeeseen liittyen?
- Käyttääkö tilaaja tyyppillisesti TATE18 tehtäväluetteloita (talotekniikan) suunnittelutoimeksiannoissa?
- Tyyppillisesti tilaajan hankkeissa hankkeen LVI-suunnittelija toimii myös rakennusautomaatiosuunnittelijana; mitä mieltä siitä (menettelyn toimivuus)?
- RAU-suunnittelu koskettaa useampaa suunnittelualaa (LVI, sähkö, turva..), kuinka suunnittelijoiden välinen yhteistoiminta mielestäsi toimii tilaajan hankkeissa ja olisiko siinä kehitettävää?
- Mitä hyvää tilaajan nykyisessä suunnitteluohjeistuksessa mielestäsi on ja mitkä ovat sen keskeisimmät kehitystarpeet?
- Päivitetäänkö ennemmin olemassa olevaa rakennusautomaatio-ohjetta, vai laaditaanko kokonaan uusi?
- Onko käyttöön asiakirjapohjaa ohjeen laadintaa varten (esim. jostakin muusta tilaajan suunnitteluohjeesta)?
- Tarve huomioida suunnitteluohjeistuksessa ylätason valvomot tai analytiikka (tulevaisuuden huomiointi muutoinkin)?
- Mitä eri hankemalleja tilaaja on käyttänyt; suunnittelun ohjauksen tarpeet niihin liittyen?
- Tulisiko RAU suunnitteluohjeen olla mielestäsi erillinen dokumentti, vai ennemmin esimerkiksi laajempi LVIAS- tai talotekniikan suunnitteluohje?
- Tulisiko ohjeen sisältää malliasiakirjat tai -kaaviot?
- Mieluummin lyhyt ja suppea ohje (=enemmän tilaa suunnittelijan näkemykselle), vai pitkä ja kattava?
- Mikä on mielestäsi tärkein vaihe rakennusautomaation toteutuksessa ja/tai suunnittelussa? Missä vaiheessa tyyppillisesti mielestäsi tehdään tai voidaan tehdä suurimmat virheet?

VAPAA SANA



11.3.2022

Mikkelin kaupungin rakennusautomaatiosuunnitteluohjeistuksen kehittäminen

Asiantuntijahaastattelun kysymykset suunnittelijoille

- Minkälainen työtausta ja koulutus sinulla on?
- Millä suunnitteluohjelmistolla laadit RAU-suunnitelmat (kaaviot)?
- Käytännössä tilaajan rakennushankkeissa ja yleisestikin RAU-suunnittelu on osana LVI-suunnittelua; mitä mieltä tästä?
- Tietomallisuunnittelusta rakennusautomaation osalta; Onko kokemusta rakennusautomaation osalta tietomallisuunnittelusta? Näetkö, että tietomallisuunnittelulla saadaan rakennusautomaation osalta merkittävää hyötyä?
- Kuinka hyvin tunnet Mikkelin kaupungin Rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluohjeen (nykyinen ohjeistus vuodelta 2010)? Oletko käyttänyt sitä suunnittelemisissä hankkeissa?
  - Mikäli ohjeistus on tuttu mitä hyvää siinä on tai mitkä ovat sen suurimmat kehitystarpeet?
- Muiden julkisten tilaajaorganisaatioiden RAU-suunnitteluohjeet; oletko käyttänyt hankkeissa?
  - Jos olet, niin onko jossakin käytössä mielestäsi erityisen toimivia ohjeistuksia?
- Pystytkö kuvailemaan mihin kysymyksiin erityisesti toivoisit suunnitteluohjeen antavan vastauksia (esim. johonkin tiettyyn järjestelmään liittyen tmv.)?
  - Tulisiko RAU suunnitteluohjeen olla mielestäsi erillinen dokumentti, vai enemmän esimerkiksi laajempi LVIAS- tai talotekniikan suunnitteluohje?
  - Tulisiko ohjeen sisältää malliasiakirjat tai -kaaviot?
  - Mieluummin lyhyt ja suppea ohje, vai pitkä ja kattava?
- Yhteistyö eri suunnittelualojen välillä; onko yleensä riittävää/toimivaa vai vaatisiko kehittämistä?
- Suunnitelmien katselmukset/tarkastukset; kuinka tyypillisesti hoidetaan? Onko menettelytapa selkeä? Erillisen RAU-suunnittelupalaverin tarve?
- Tilaajan rakennusautomaatitöiden puitesopimusaineistoon sisältyy melko laaja tekninen aineisto; onko kyseinen puitesopimusjärjestely tai siihen liittyvä aineisto sinulle tuttu?
- Mikä on mielestäsi tärkein vaihe rakennusautomaation toteutuksessa ja/tai suunnittelussa? Missä vaiheessa tyypillisesti mielestäsi tehdään tai voidaan tehdä suurimmat virheet?
- Tuntuuko RAU-suunnittelu haasteelliselta? Jos tuntuu niin mikä sen aiheuttaa? Antaako LVI-suunnittelualan koulutus mielestäsi riittävät tiedot/taidot rakennusautomaatiosuunnitteluun?
  - Rakennusautomaatiosuunnittelua ohjaavat määräykset/ohjeet; ovatko tuttuja ja tulisiko määräyksiä olla laajemmin? Löytyykö tietoa helposti?

VAPAA SANA

## Liite 3

Moro.

Haluaisin haastatella sinua omista kokemuksistasi liittyen rakennusautomaatiosuunnitteluun (erityisesti Mikkelin kaupungin rakennushankkeissa). Haastattelut liittyvät Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulun YAMK opinnäytetyöhöni, jossa kehitetään Mikkelin kaupungin rakennusautomaation suunnitteluohjeistusta (tavoitteena laatia uusi suunnitteluohje Mikkelin kaupungille). Haastattelulla on tarkoitus selvittää suunnittelijoiden näkemyksiä aihepiiristä. Haastattelut ovat yksi työn keskeisistä tutkimusmenetelmistä ja ne suoritetaan ns. teemahaastatteluina (lisätietoja alapuolella).

*Teemahaastattelussa esitetään tarkkoja kysymyksiä tietyistä teemoista, muttei välttämättä käytetä juuri samoja kysymyksiä kaikkien haastateltavien kanssa. Haastattelulle on mietitty teemat, mutta niiden lisäksi on valmisteltu tarkkoja kysymyksiä, jotka kaikki esitetään haastateltaville.*

*Teemahaastattelu sijoittuu formaaliudessaan lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun väliin. Haastattelu ei etene tarkkojen, yksityiskohtaisten, valmiiksi muotoiltujen kysymysten kautta vaan väljemmin kohdentuen tiettyihin ennalta suunniteltuihin teemoihin. Teemahaastattelu on astetta strukturoidumpi kuin avoin haastattelu, sillä siinä aiempien tutkimusten ja aihepiiriin tutustumisen pohjalta valmistellut aihepiirit, teemat, ovat kaikille haastateltaville samoja, vaikka niissä liikutaankin joustavasti ilman tiukkaa etenemisreittiä.*

*Teemahaastattelu on keskustelunomainen tilanne, jossa käydään läpi ennalta suunniteltuja teemoja ja kaikkien haastateltavien kanssa ei välttämättä puhuta kaikista asioista samassa laajuudessa. Teemahaastattelu edellyttää huolellista aihepiiriin perehtymistä ja haastateltavien tilanteen tuntemista, jotta haastattelu voidaan kohdentaa juuri tiettyihin teemoihin. Tutkittaviksi tulee valita sellaisia ihmisiä, joilta arvellaan parhaiten saatavan aineistoa kiinnostuksen kohteena olevista asioista.*

Eli tuon liitteenä olevan kysymysrunгон avulla voit hieman varautua siihen mistä on tarkoitus keskustella.

Haastattelut suoritetaan TEAMS:ssa ja laitan linkin tapahtumaan kun haastatteluajankohta on sovittu. Haastattelut tallennetaan, jotta niistä voidaan koostaa materiaali osaksi opinnäytetyön loppuraporttia. Nauhoitukset haastatteluista tuhoaan tutkimuksen valmistuttua. Haastateltavan henkilöllisyys suojataan. Haastatteluun osallistuminen on täysin vapaaehtoista (joskin erittäin toivottavaa), eikä siitä saa rahallista korvausta.

Jos haastattelusta (tai jostain muusta aihepiiriin liittyvästä asiasta) on kysyttävää, ota yhteyttä niin vastaan mielelläni kysymyksiin.

**MIKKELI**

Talonrakennuspalvelut

# **RAKENNUSAUTOMAATION SUUNNITTELUOHJE**

Ohjeet hankkeen RAU-suunnittelijalle

Laadittu 5/2022 IKO

**1 SISÄLLYSLUETTELO**

1 SISÄLLYSLUETTELO .....	1
YLEINEN OSA.....	2
Johdanto .....	2
Määräykset ja ohjeet .....	2
Tilaaajan organisaatio ja suunnittelun organisointi .....	3
RAU-suunnittelijan tehtävät .....	3
Suunnitelma-asiakirjat .....	5
RAU hankintamalli.....	9
Vastaanottomenettely .....	10
Takuuajan toimenpiteet.....	11
TEKNINEN OSA.....	12
RAU-järjestelmä yleisiä toteutusperiaatteita.....	12
Kaapelointi.....	13
Hälytykset .....	13
Valvomon grafiikkakuvien määrittelyt .....	14
Rakennusten säätö- ohjaus- ja valvontapisteet (Ohjelmaluettelo).....	15
Lämmitysjärjestelmät .....	15
Vesi- ja viemärijärjestelmät .....	16
Ilmastointijärjestelmät.....	16
Sähköjärjestelmät .....	18
Muut TATE järjestelmät .....	19
Analytiikkapalvelun kuvaus.....	19

**LIITTEET**

Laitetunnusjärjestelmä

Järjestelmäkaavio

Mittausseurantaohje

Tekninen erittely

Urakkaohjelma

Urakkarajaliite

Sweco Talotekniikka Oy

Sweco Talotekniikka Oy

Sweco Talotekniikka Oy

Sweco Talotekniikka Oy