



# jamk

## Rakennusautomaatiourakan suunnittelijan käsikirja

Eeli Lavola

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma (AMK)

**Lavola, Eeli**

## **Rakennusautomaatiourakan suunnittelijan käsikirja**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2024, 41 sivua.

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön toimeksiantajana työssä toimi SV Automaatio Oy. Toimeksiantajalla oli ideana toteuttaa työ, josta tulisi uusille yrityksen suunnittelijoille käsikirjamainen tuotos suunnittelutöihin perehtymistä varten. Työssä oli myös tarkoitus kartoittaa rakennusautomaatiourakan suunnittelun haasteita ja mahdollisille haasteille kehitysideoita ja ratkaisuja.

Työn toteutusvaiheessa käytiin läpi rakennusautomaatiourakan suunnittelun eri vaiheet läpi. Jokaisessa työn vaiheessa avattiin työvaiheen tarkoitusta ja erilaisia menetelmiä. Kohdissa käytiin myös esimerkein läpi erilaisia ratkaisuja.

Työn tuloksena syntyi kaksi kehitystä vaativaa kohtaa, joihin löydettiin myös kehitysratkaisut. Väylälaitteiden laitesuunnittelun kehittämiseksi, työn tuloksena oli kiinnittää työvaiheeseen enemmän huomiota ja tarkempaa suunnittelua jo urakan alkuvaiheissa. Toiminnallisuuksien testauksen kehittämistä varten luotiin Excel-pöytäkirjat, joiden avulla testaaminen olisi selkeämpää ja johdonmukaista, eikä näin ollen pääsisi käymään virheitä.

Työssä käytiin läpi toimeksiantajayrityksen tuottamien rakennusautomaatiourakoiden tyypillinen rakenne järjestyksessä läpi alusta loppuun. Käsikirjamainen tuotos auttaa yrityksen uusia suunnittelijoita perehtymään työnkuvaan. Haastekohtien avaaminen työvaiheiden jokaisessa kohdassa, auttaa myös tulevia suunnittelijoita välttymään virheiltä.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Rakennusautomaatio, rakennusautomaatiojärjestelmä, automaatiosuunnittelu, Ouflex BA Tool

**Lavola, Eeli**

### **Building automation project designer's manual**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2024, 41 pages.

Degree Programme in Electrical and Automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The client for the thesis was SV Automaatio Oy. The client's idea was to carry out a work, which would become a manual like output for the new designers of the company to familiarize themselves with the design work. The purpose of the work was also to map out the challenges of planning a building automation project and development ideas and solutions for the potential challenges found.

During the implementation phase of the work, the different stages of planning a building automation project were reviewed. At each stage of work, the purpose of the work phase and various methods were opened. Various solutions were also opened with different examples.

As a result of the work, two areas requiring development were founded, for which development solutions were also found. To develop the device designing of bus devices, the result of the work was to pay more attention to the work phase and to make more detailed planning already in the early stages of the project. Excel documents were created for the development of functionality testing, which would make testing clearer and more consistent, and thus avoid errors.

The typical structure of the building automation projects produced by the client company was reviewed in order from start to finish. The manual like output helps the company's new designers familiarize themselves with the job description. Opening the challenge points at every stage of the work also helps future company's designers to avoid mistakes.

### **Keywords/tags (subjects)**

Building automation, Building automation system, automation design, Ouflex BA Tool

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta .....	3
1.2	Työn tavoite ja rajaus .....	3
1.3	SV Automaatio Oy .....	4
<b>2</b>	<b>Rakennusautomaatio</b> .....	<b>4</b>
2.1	Rakennusautomaatiojärjestelmä .....	6
2.1.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne .....	6
2.1.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu .....	7
2.2	Tekniset asiakirjat.....	10
<b>3</b>	<b>Alakeskuslaitteet</b> .....	<b>11</b>
3.1	Ouman säätimet.....	12
3.1.1	Ouflex A ja Ouflex A XL .....	12
3.1.2	Ouflex M BA .....	13
3.2	Ouman lisämoduulit .....	13
3.3	Jäätymisvaaratermostaatti.....	15
<b>4</b>	<b>Kenttälaitteet</b> .....	<b>16</b>
4.1	Anturit .....	16
4.2	Lähettimet .....	16
4.3	Toimilaitteet .....	17
4.4	EC-moottorit.....	17
4.5	Väylälaitteet .....	18
<b>5</b>	<b>Rakennusautomaatiourakan suunnittelu</b> .....	<b>18</b>
5.1	Tarjouslaskenta .....	18
5.2	Laitesuunnittelu .....	19
5.3	Sovellussuunnittelu .....	21
5.3.1	Pisteiden ja laitteiden lisäys.....	21
5.3.2	Sovelluksen luominen .....	23
5.3.3	Paikallisen käyttöliittymän ohjelmointi .....	25
5.4	Valvomo.....	27
5.4.1	Web-käyttöliittymä.....	28
5.4.2	Ounet-valvomo .....	29
5.4.3	Valvomon luonti.....	30
5.5	Käyttöönotto .....	31

5.5.1	Pistetestaus.....	31
5.5.2	Jatkohälytykset .....	32
5.5.3	Toiminnallisuuksien testaus .....	33
5.5.4	Toimintakoe .....	36
5.6	Luovutusdokumentit .....	36
<b>6</b>	<b>Lopputulokset.....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>39</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>40</b>

## **Kuviot**

Kuvio 1.	Modbus rekisterikuvaus.....	23
Kuvio 2.	Aliohjelmien lisäys ohjelmaan.....	24
Kuvio 3.	Paikallisen käyttöliittymän valikkorakenne. ....	27
Kuvio 4.	Web-käyttöliittymän kaavionäkymä.....	29
Kuvio 5.	Ounet-valvomon kaavionäkymä.....	30
Kuvio 6.	Hälytyksien reititysaikaohjelma.....	33

## **Taulukot**

Taulukko 1.	Tuloilmakoneen toiminnallisuuksien testauspöytäkirja.....	35
-------------	---	----

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämän opinnäytetyön aihe kehittyi 2023 talven lopussa, kun yhdessä toimeksiantajayrityksen kanssa pohdittiin opinnäytetyön aihetta. Toimeksiantajalla oli ideana toteuttaa työ, josta selviäisi rakennusautomaatiosuunnittelijan tehtävät automaatiourakassa, sekä rakennusautomaatiourakan aikana vastaan tulevat haasteet. Aihe oli itsellenikin hyvä, sillä työstä oppisi paremmin automaatiourakan kulun ja sen suunnittelun eri vaiheet. Työstä olisi myös tarkoitus jäädä tuleville yrityksen automaatiosuunnittelijoille perehdytys käsikirja, jota voisi hyödyntää automaatiosuunnittelussa.

## 1.2 Työn tavoite ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää omaa osaamistani rakennusautomaatiourakan suunnittelussa, sekä tuottaa perehdytys käsikirja toimeksiantajayrityksen uusille suunnittelijoille. Työssä käydään rakennusautomaatiourakan suunnittelun eri vaiheet läpi siten, että uusien suunnittelijoiden on helpompi aloittaa suunnittelijan työt. Työssä käytän vertailuun aikaisemmin 2023 vuonna suunnittelemani automaatioprojekteja. Mahdollisten haastekohtien selvittäminen oli myös toimeksiantajayrityksen toiveena, sillä niihin voitaisiin tämän työn avulla varautua paremmin tulevaisuudessa. Kehitystyössä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä ovat rakennusautomaatiourakan suunnittelun haastavimmat tai eniten aikaa kuluuttavat kohdat?
- Miten niitä voitaisiin kehittää?

Toimeksiantajayrityksen kanssa sovittiin myös opinnäytetyön rajaus. Päätettiin, että työssä keskitytään rakennusautomaatiourakan suunnitteluun automaatiosuunnittelijan näkökulmasta. Työssä ei käydä siis läpi tavallisesti automaatiosuunnittelijan työhön kuuluvia tehtäviä, kuten säätökaavioiden suunnittelua, vaan työssä käydään urakoitsijan näkökulmasta suunnittelijan tehtäviä. Tämä päätettiin siksi, että toimeksiantajayrityksessä tehdään vain automaatiourakoita, joissa ei tarvitse suunnitella säätökaavioita tai toimintaselostuksia. Opinnäytetyössä käydään läpi rakennusautomaatiourakan suunnittelun vaiheet aina tarjouslaskennasta luovutukseen saakka. Työn teoriapuoli on rajattu siten, että se tukee työn aihetta, eli siinä käydään läpi rakennusautomaatiojärjestelmän

rakenne, sen tyypilliset laitteet, sekä valvomo. Työn aihe ei ole automaatioalan kannalta merkittävä, sillä työssä keskitytään kehittämään yrityksen sisäistä toimintaa.

Työssä on käytetty tietoperustaan useampaa työn aiheeseen liittyvää lähdettä. Suurimmaksi osaksi siinä on käytetty Sähköinfo Oy:n julkaisemia ST-kortistoja, koska ne ovat sähköalan luotettavimpia lähteitä. ST-kortistot päivittyvät myös jatkuvasti alan kehityksen mukana, joten tieto on ajantasaista. Tietoperustassa on käytetty myös muutamia eri yritysten artikkeleja, jotta rakennusautomaation kehitystä on voitu tarkastella useammasta näkökulmasta. Lopulta Ouman Oy:n tuottamiin laitteisiin, on käytetty itse laitevalmistajan dokumentteja, jotta tieto on ajantasaista ja luotettavaa laitteen toiminnallisuuden kannalta.

### **1.3 SV Automaatio Oy**

Opinnäytteen toimeksiantajayrityksenä on yritys nimeltä SV Automaatio Oy. Yritys tekee pääsääntöisesti töitä Keski-Suomen alueella, mutta epäsääntöisesti myös kauempana keskisuomesta. Yleisimmät yrityksen toteuttamat urakat ovat pieniä rakennusautomaatiosaneerauksia, joissa lämmönjako saneerataan. Yritys tekee myös suurempia automaatiourakoita, joihin voi kuluu kymmeniä työtunteja. Toimeksiantajayritys toteuttaa rakennusautomaatiojärjestelmät pelkästään Ouman Oy:n valmistamilla säätimillä. Yritys on perustettu vuonna 2020 ja työllistää 5 työntekijää.

## **2 Rakennusautomaatio**

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan järjestelmää, johon on liitetty kaikki rakennuksen sisältämä talotekniikka (Älykäs rakennusautomaatio on yksi nopeimmin kasvavista talotekniikan osa-alueista 2022). Se on siis kokonaisuus, johon kuuluu rakennuksen teknisten järjestelmien säätö, ohjaus ja hallinta (Älykäs rakennusautomaatio on yksi nopeimmin kasvavista talotekniikan osa-alueista 2022). Se voi pitää sisällään paljon erilaisia taloteknisten järjestelmien ohjauksia, kuten valaistuksen-, ilmanvaihdon- ja lämmönjaon ohjauksia, mutta yksinkertaisimmillaan tiivistettynä, rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennuksen eri prosessien automatisointia (Rakennusautomaatio N.d). Tässä kappaleessa käydään läpi rakennusautomaation yleisimmät ohjaukset, sen merkitys, tavoitteet ja tulevaisuuden muutokset.

Hyvälle rakennusautomaatiojärjestelmälle on monta vaatimusta. Hyvän rakennusautomaation ominaisuuksiin kuuluu rakennuksen lämmityksen, tai ilmanvaihdon säätö vakaasti ja energiatehokkaasti (Härkönen, Liedes, Mikkola, Piikkilä, Pusa, Sahala, Sahlstén, Sandström, Sirviö, Spangar & Sulku 2018). Järjestelmän kuuluu myös osata ilmoittaa mahdollisista vioista ja ongelmista, sekä toteuttaa tiedonkeruuta rakennuksen taloteknisistä ominaisuuksista (Härkönen ym. 2018). Tärkeänä kohtana rakennusautomaatiojärjestelmälle on myös se, että sen käyttö on selkeää loppukäyttäjälle (Härkönen ym. 2018).

Yleensä rakennuksen automaatiojärjestelmään liitetään lämmityksen, käyttöveden ja ilmanvaihdon säätö, sekä valaistusohjaukset (Rakennusautomaatio N.d). Kuitenkin nykypäivänä, rakennusautomaatioon integroidaan entistä enemmän muitakin rakennuksen järjestelmiä (Rakennusautomaatio N.d). Liitettävä järjestelmä voi olla esimerkiksi palovalvontajärjestelmä, josta voidaan tuoda rakennusautomaatiojärjestelmään ennakkohälytyksiä mahdollisesta laiterikosta, tai muusta järjestelmän epänormaalista toiminnasta (Härkönen ym. 2018).

Rakennusautomaation hinta rakennusvaiheen muihin kuluihin verrattuna on hyvinkin pieni. Rakennusautomaation merkitys on kuitenkin huomattavan tärkeä osuus rakennuksen kokonaisuudesta, koska sillä voidaan säästää rakennuksen huoltokustannuksista, lisätä sisäolosuhteiden viihtyvyyttä ja pitää rakennus pidempään toimivana. Verrattuna huonosti toteutettuun rakennusautomaatioon, voi huoltokustannuksia tulla paljon esimerkiksi huonosti suunnitelluista laitteistoista. (Härkönen ym. 2018).

Hyvin suunniteltu ja toteutettu rakennusautomaatiojärjestelmä pienentää myös energiankulutusta ja hiilijalanjälkeä. Pohjoismaissa kiinteistöjen osuus kokonaishiilidioksidipäästöistä on jopa noin viidesosa (Rakennusautomaatio tarjoaa vastuullisia ja energiatehokkaita kiinteistöjä N.d). Artikkelin kirjoittajan mukaan, rakennusautomaatiojärjestelmän päivittämisellä voisi säästää jopa 25 % energiankulutuksesta (Rakennusautomaatio tarjoaa vastuullisia ja energiatehokkaita kiinteistöjä N.d). Säästöt tulevat älykkäämmästä rakennusautomaatiojärjestelmästä, joka pystyy hyödyntämään useita rakennuksesta mitattuja tietoja (Rakennusautomaatio tarjoaa vastuullisia ja energiatehokkaita kiinteistöjä N.d). Esimerkkinä edistyksellisestä säätötavasta, on hyödyntää sääennusteita rakennuksen lämmityksen säätöön (Älykäs rakennusautomaatio on yksi nopeimmin



kasvavista talotekniikan osa-alueista 2022). Tällöin rakennusautomaatiojärjestelmä voisi kompensoida lämmityksen säätelyä seuraavan päivän sääennusteen pohjalta siten, että esimerkiksi pienennettäisiin lämmitystä ennakoivasti, jos seuraavan päivän ulkolämpötila olisi nousemassa (Älykäs rakennusautomaatio on yksi nopeimmin kasvavista talotekniikan osa-alueista 2022).

Tulevaisuudessa rakennusautomaatiojärjestelmiin tuodaan entistä enemmän dataa ja integroidaan useampia järjestelmiä. Tekoälyn kehittymisen uskotaan myös vaikuttavan rakennusautomaatiojärjestelmiin. Tekoälyllä voitaisiin säästää rakennusvalvonnan kustannuksista, sekä säästää työtunteja. Tekoäly voisi myös käyttää keräämänsä dataa vianetsintään, jolla taas pystyttäisiin ennakoimaan tulevia vikoja. (Älykäs rakennusautomaatio on yksi nopeimmin kasvavista talotekniikan osa-alueista 2022).

## **2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä**

Rakennusautomaatiojärjestelmän tavoitteena on pitää rakennuksen sisäolosuhteet hyvänä, sekä ilmoittaa mahdollisista vika- tai häiriötilanteista. Rakennusautomaatiojärjestelmä kerää jatkuvasti reaaliaikaista tietoa rakennuksen olosuhteista, joiden perusteella se säätää ja ohjaa erilaisia toimintoja niiden ylläpitämiseksi. Kerätyt tiedot voivat olla esimerkiksi huonelämpötila-, energiankulutus- tai hyötysuhdemittauksia. (Härkönen ym. 2018).

### **2.1.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne**

Rakennusautomaation rakenne voidaan jakaa 3 päätasoon, jotka ovat hallintataso, automaatio- taso ja kenttätaso. Hallintatasoon kuuluu paikallinen valvomo, sekä etäkäyttövalvomot. Sen tehtävänä on olla käyttörajapintana rakennusautomaatiojärjestelmän ja sen käyttäjän välillä. Käyttäjä voi muuttaa valvomosta esimerkiksi huonelämpötilojen asetusarvoja tai erilaisten ohjauksien aikaohjelmia. Etävalvomoissa on yleensä enemmän ominaisuuksia, kuin paikallisissa valvomoissa. Niistä pystytään tarkastelemaan trendikäyriä ja raportteja, jotka kertovat kiinteistön olosuhteista. Tavallisesti hallintatasolla käytetään paikallisesti Ethernet-väylätekniikkaa ja etävalvonnassa laajakaistatekniikkaa. (Härkönen ym. 2018).

Automaatiotasoon kuuluu I/O-moduulit, jotka ovat niiden itsenäisissä alakeskuksissa. Alakeskuk-sien tehtävänä on ohjata ja säätää prosesseja kenttälaitteiden välityksellä. Alakeskukset säätävät

ja ohjaavat loppuprosesseja, joten ne sisältävät siihen vaadittavat ohjelmat, mittaukset ja lähdöt. Alakeskukset ja niiden I/O-moduulit ovat yleensä kytketty LAN-verkkoon TCP/IP-protokollan välityksellä. Verkon tarkoituksena on alakeskusten välinen kommunikointi, jonka avulla voidaan siirtää esimerkiksi ulkolämpötilan tieto toiselle alakeskukselle. Kommunikointi mahdollistaa siis sen, että vain yhteen alakeskukseen tarvitaan kytkeä ulkolämpötila-anturi, koska ulkoanturin mittauservo voidaan lähettää muille alakeskuksille LAN-verkkoa pitkin. (Härkönen ym. 2018).

Kenttätasoon kuuluu prosessien anturit ja toimilaitteet, sekä myös hajautetut I/O-asetat, itsenäiset huonesäätimet ja eri valmistajien omat paikallissäätimet. Anturit voivat mitata esimerkiksi lämpötilaa, kosteutta tai painetta, jonka alakeskus lukee. Toimilaitteet voivat ohjata esimerkiksi kiertoilmapeltiä tai säätöventtiiliä. Anturin mittaaman arvon mukaan alakeskus ohjaa siis toimilaitteita, pyrkiäkseen pitämään prosessin halutussa tilassa. Kenttätasolla käytetään usein myös kenttäväyläteknikoita, joita ovat muun muassa M-Bus, ModBus ja BACnet. Sen tarkoituksena on olla I/O-moduulien ja esimerkiksi huonesäätimien välisenä tiedonsiirtotekniikkana. (Härkönen ym. 2018).

### **2.1.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu**

Tässä opinnäytetyössä keskitytään rakennusautomaatiosuunnittelijan tehtäviin urakassa, jossa LVI-suunnittelun on tehnyt erillinen suunnitteluyritys. Tällöin ei suunnitella esimerkiksi urakkalaskentapiirustuksia, järjestelmäkaavioita, eikä säätökaavioita. Työssä keskitytään rakennusautomaatiojärjestelmän tarjoamiseen urakkana, sen suunnitteluun, sekä toteutukseen.

Kuten Härkönen ja muut (2018, 133) kertovat ST-käsikirjassa, rakennusautomaatiojärjestelmän hyvällä suunnittelulla voidaan vaikuttaa suuresti rakennuksen elinkaaren aikana syntyviin kustannuksiin. Säästöt voivat olla jopa yli 50 % hyvin suunnitellulla järjestelmällä. Järjestelmän taloudelliset hyödyt ovat suuressa roolissa järjestelmän suunnitteluvaiheessa, mutta järjestelmälle on asetettu muitakin tavoitteita, kuin vain taloudellisiin säästöihin liittyviä. Siltä odotetaan ensinnäkin helppokäyttöisyyttä, energiatehokkuutta ja rakennuksen huoltoon liittyvien töiden helpottamista. (Härkönen ym. 2018).

Rakennusautomaatiourakka voidaan virallisesti aloittaa, kun tilaaja on hyväksynyt tarjouksen.

Yleensä urakan ensimmäisenä vaiheena on aloituskokous. Aloituskokouksessa on tarkoitus käydä

läpi rakennustyömaan käytännöt, lähtötiedot, sekä sen toimijat. Siinä sovitaan myös urakoitsijoiden omista aikatauluista ja niiden vaikutuksista yhteiseen aikatauluun. Työmaan käytännön asioissa käydään läpi työmaa-, sekä urakoitsijakokouksien aikataulut. Ensimmäisen kokouksen, eli aloituskokouksen jälkeen tulisi olla kaikki tarvittavat dokumentit järjestelmän suunnittelun aloittamiseksi.

Kohteen tiedonkeruun jälkeen voidaan aloittaa rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteen suunnittelu. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteen suunnittelussa tulee ottaa suunnitelmien lisäksi huomioon kaikki suunnitteluryhmän ja tilaajan kanssa sovitut kohdat. Suunnittelussa tilaajan lisäksi tulee siis huomioida myös muut urakoitsijat, kuten sähkö- ja kylmäurakoitsijat (Härkönen ym. 2018). Koska suunnittelutyö on jatkuva ja muuttuva prosessi, siinä tulee arvioida myös muut urakkaan kuuluvat tekijät. Tämän takia suunnittelun edetessä, sen tuotoksia tulee esitellä tilaajalle, jotta saavutetaan tilaajan haluama lopputulos. (Pulkkinen, H. 2022).

Lähtötietojen keräämisen jälkeen automaatio-suunnittelijan tulee tehdä laitetilaukset ja laatia kaapelinvetoluettelo sähköurakoitsijalle. Tämä urakan vaihe tulee tehdä heti urakan virallisesti alettua, sillä laitetilauksissa voi kestää useita viikkoja, joka voi aiheuttaa urakan viivästymiseen. Samoin myös sähköurakoitsijalla voi kestää suuren rakennustyömaan kaapelien vetämisessä kauan, joten kaapelinvetoluettelo tulee tehdä ajoissa. Käytännössä tärkeimpänä laitetilauksissa on venttiilien tilaaminen, koska putkiurakoitsija tarvitsee putkitöiden tekemiseen jo aikaisessa vaiheessa venttiilit. Venttiilit tilataan säätökaavioiden mukaan. Säätökaavioihin on merkitty venttiilikohteisesti vaaditut venttiilien sulkupaineet ja virtaamat, joiden mukaan venttiilit tulee tilata. Kaapelinvetoluettelo laaditaan säätökaavioiden ja pisteluettelojen perusteella. Edellä mainittuja dokumentteja tarkastelemalla, voidaan havaita, että mitä kaapeleita tarvitaan kullekin laitteille. Kaapelien vaatimukset on usein myös merkitty kaavioihin. Kaapelinvetoluetteloon tulee merkitä aina mistä kukin kaapeli vedetään, minne se vedetään ja millä kaapelilla. (Härkönen ym. 2018).

Kaapelinvetoluettelon laatimisen ja laitetilauksien tekemisen jälkeen voidaan aloittaa urakan ohjelmistosuunnittelu tai toisin sanoen sovellussuunnittelu. Tässä vaiheessa urakkaa on jo siis laskettu tarvittavat alakeskuslaitteet, alakeskuksien pisteet, sekä muut urakan toimitukseen kuuluvat laitteet. Sovellussuunnittelu on yleensä se vaihe urakasta, johon automaatio-suunnittelijalla kuluu

eniten aikaa. Sovellussuunnittelussa luodaan kohteen rakennusautomaatiojärjestelmälle ohjelma, joka toteuttaa suunnitelmien mukaisesti prosessien säädöt ja toiminnot. (Härkönen ym. 2018).

Ohjelmistosuunnittelun jälkeen voidaan aloittaa järjestelmän testaus. Ennen järjestelmän testausvaihetta sovellusohjelma tulee olla ladattu kohteen rakennusautomaatiojärjestelmälle ja kenttälaiteasennukset tehtynä. Järjestelmän testaamiseen tehdään niin sanotusti pistetestaus, jolla tarkoitetaan sitä, että jokainen alakeskuksien I/O-piste testataan pistekohtaisesti. Pistetestauksen jälkeen voidaan luoda valvomografiikka, sekä testata vielä laajemmin järjestelmä, testaten prosessien toiminnallisuudet automaattijolla. (Härkönen ym. 2018).

Rakennusautomaatiojärjestelmän ollessa valmis, alkaa lähestyä yleensä kohteen toimintakokeet, sekä kohteen luovutus. Tässä vaiheessa urakkaa, rakennusautomaatiosuunnittelija järjestää käytönopastuksen, jonka tarkoituksena on kouluttaa kohteen henkilökunta rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöä ja ylläpitoa varten. Käytönopastuksen jälkeen on vuorossa toimintakokeet, jossa nimensä mukaan tarkastetaan järjestelmän toiminta. Vielä ennen toimintakokeita, rakennusautomaatiosuunnittelijan tulee olla palauttanut itselleluovutusprotokolla. Itselleluovutusprotokollan tarkoituksena on luoda fyysinen todiste siitä, että rakennusautomaatiojärjestelmän toimittaja on tarkastanut itse oman järjestelmänsä ohjelman, sekä pisteiden toiminnan. Itse toimintakokeissa on usein 2 eri vaihetta, jotka ovat urakoitsijoiden väliset kokeet, sekä viralliset toimintakokeet. Urakoitsijoiden välisissä kokeissa testataan järjestelmien väliset pisteet, jotta varmistutaan koko rakennuksen järjestelmän toiminnasta. Virallisissa toimintakokeissa tai rakennuttajan toimintakokeissa on ulkopuolinen tarkastaja. Virallisissa toimintakokeissa tarkastaja testaa tapauskohtaisesti prosessin tai prosessien säädöt, sekä virityksen ja ohjelmalliset toiminnot. Tärkeimpänä toimintakokeissa on kuitenkin turvatoiminnot tai lukitukset. (Härkönen ym. 2018).

Toimintakokeiden jälkeen alkaa rakennuksen luovutus. Tässä vaiheessa tulee luoda tilaajalle luovutusdokumentit, joihin kuuluu rakennusautomaatiojärjestelmän kytkentäkuvat, pisteluettelot, laitelistat, sekä muut tilaajan vaatimat dokumentit. Seuraavana osana on itse rakennuksen luovutus asiakkaalle. Luovutuksen yhteydessä sovitaan takuuajan korjauksien tai huollon päivämääristä. Virallisesti laitos voidaan lopulta käyttöönottaa, kun viranomaiset on antaneet siihen luvan. (Härkönen ym. 2018).

## 2.2 Tekniset asiakirjat

Teknisillä asiakirjoilla tarkoitetaan tässä työssä rakennusautomaatiosuunnitelmia, tai lyhennettynä RAU-suunnitelmia. RAU-suunnitelmia käytetään urakkatarjouksen laskemiseen, rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluun, sekä järjestelmän luovutuksen jälkeen kohteen ylläpitämiseen.

RAU-suunnitelmat ovat saatavilla jo urakkalaskentavaiheessa, koska niiden perusteella urakoitsijat tekevät tarjouksensa rakennusautomaatiojärjestelmän toimittamisesta. Asiakirjoihin kuuluu useampi eri dokumentti, joista kaikkia ei välttämättä ole urakkaa varten luotu. Dokumentteihin kuuluu usein työselostus, piste- ja laiteluettelot, järjestelmäkaavio, säätökaaviot ja toimintaselostukset, sekä sijaintipiirustukset. (Pulkinen, H. 2022).

Työselostuksesta käy ilmi urakan tiedot, sekä sen sisältö. Sitä pidetään RAU-suunnitelmien tärkeimpänä dokumenttina, sillä siinä käydään läpi urakan suorittamiseen tarvittavat tiedot, sekä urakoitsijoiden velvollisuudet. Työselostuksesta käy ilmi rakennusautomaatiojärjestelmän vaatimukset ja sen kuvaus, rakennuskohteen perustiedot, urakkaan liittyvät yhteyshenkilöt ja urakan velvoitteet. Työselostuksessa voi olla myös esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmän nykytilanteesta tietoa, jos urakkana on saneerauskohte. (Pulkinen, H. 2022).

Pisteluetelo on myös yksi RAU-suunnitelmista. Pisteluetelosta käy ilmi I/O-pisteiden määrä ja niiden liitännäspaikka, eli mihin alakeskukseen mikäkin I/O-piste on liitetty. Pisteluetelo on vallitseva, eli sillä on dominoiva vaikutus RAU-suunnitelmissa. Tällä tarkoitetaan sitä, että jos esimerkiksi säätökaaviossa ja pisteluetelossa on ristiriita, niin käytetään pistelueteloa toteutukseen. (Pulkinen, H. 2022).

Laiteluettelo sisältää rakennusautomaatiojärjestelmän laitteiden tiedot. Siinä käydään läpi siis kunkin rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävän laitteen vaatimukset läpi, kuten mitta-alueet tai venttiilien venttiiliarvot. Laiteluettelossa määritetään myös laitteiden hankintarajat, eli mille urakoitsijalle laitteiden hankinta kuuluu. (Pulkinen, H. 2022).

Järjestelmäkaaviosta selviää rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. Kaavioon piirretään kaikki rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävät laitteet, kuten alakeskukset, valvomot, huonesäätimet ja moduulikotelot. Kaavioon piirretään myös kaikki tiedonsiirtoväylillä liitetyt laitteet, kuten

energiamittarit tai huonesäätimet. Tiedonsiirtoväylillä liitetyissä laitteissa, esitetään myös tiedonsiirtoväylien rakenne, tai järjestys ja myös kaapeloinnin hankintarajat ja tyypit. (Pulkinen, H. 2022).

Säätökaaviot ja toimintaselostukset tulevat käsikädessä. Säätökaaviosta ilmenee tietyn prosessin toiminta siten, että siihen on piirretty kaikki prosessiin liittyvät laitteet, sekä mihin alakeskuksiin ne on liitetty. Säätökaaviossa tarkemmin ottaen on prosessikaavio, laitteiden laitetunnukset, sijainnit, liitynnät alakeskuksiin, sekä urakkarajat. Kaavioon on myös merkitty kaapelointien tyypit, niiden hankintarajat, sekä muita prosessiin liittyviä asioita. Säätökaavion mukana tulee aina toimintaselostus, jossa kerrotaan vielä tavallisella tekstillä prosessin toiminnasta. Siinä kerrotaan muun muassa prosessista vaaditut hälytykset, raja-arvot, tai turvalukitukset. (Pulkinen, H. 2022).

Sijaintipiirustuksesta selviää nimensä mukaan rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvien laitteiden sijainnit. Sijaintipiirustus on siis rakennuksen pohjakuva, johon on laitepositioiden nimillä merkitty laitteiden sijainnit. Siihen on merkitty ainakin prosessien ulkopuoliset laitteet, kuten huoneanturit tai taajuusmuuttajat, jotka ovat automaatiourakoitsijan hankinnassa. Prosessien ulkopuolisilla laitteilla tarkoitetaan niitä laitteita, jotka ovat kaukana itse prosessista, kuten tuloilmakoneesta. Tuloilmakone voi esimerkiksi sijaita rakennuksen konehuoneessa ja huoneanturit taas rakennuksen huoneessa/huoneissa, johon tuloilmakone vaikuttaa. (Pulkinen, H. 2022).

### **3 Alakeskuslaitteet**

Alakeskuslaitteisiin kuuluvat kaikki alakeskuksiin asennettavat laitteet. Näitä ovat muun muassa rakennusautomaatiojärjestelmän säätimet, eli pääyksiköt tai prosessorit, lisämoduulit, sekä jäätymisvaaratermostaatit. (ST701.32) Tässä kappaleessa käydään perustietoja alakeskuslaitteista ja etenkin Ouman Ouflex-järjestelmän laitteista. Ouman tarjoaa vapaasti ohjelmoitavaan automaatiojärjestelmään kahta erilaista säädintä ja seitsemää erilaista laajennusyksikköä. (Vapaasti ohjelmoitava automaatiojärjestelmä. N.d.)

## 3.1 Ouman säätimet

### 3.1.1 Ouflex A ja Ouflex A XL

Ouman Ouflex A on vapaasti ohjelmoitava säätö-, ohjaus- ja valvontalaite, joka on DIN-kiskoon kiinnitettävällä kotelolla. Laitteessa on oma LCD-näyttö tilatietojen, mittauksien ja muiden lähtöjen ja tulojen tarkastelua ja ohjausta varten. Laitetta voidaan siis käyttää täysin paikallisesti ilman verkko-yhteyksiä. Säädintä ja sen käyttöliittymää ohjelmoidaan Ouman:nin valmistamalla Ouflex BA Tool-sovelluksella. Laite on mahdollista kytkeä automaatiojärjestelmään sisäänrakennetuilla väylätekniikoilla slave- tai master-laitteena. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatioyksikkö. N.d.)

Ouflex-säätimessä on yhteensä 34 kpl I/O-pisteitä. I/O-pisteistä 16 kpl on universaalimittaustuloja, joista 4 kpl on muutettavissa myös pulssilaskentatuloiksi. Digitaalituloja säätimessä on 2 kappaletta ja analogilähtöjä 6 kappaletta. Triac-lähtöjä on 4 kappaletta ja reletähtöjä on 6 kappaletta, joista 2 kpl on vaihtokoskettimella varustettu. Säätimessä on lisäksi käyttöjännitelähtöjä 24VAC- ja 15VDC- yhteensopiville laitteille. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatioyksikkö. N.d.)

Säädin tukee Modbus RTU- ja Modbus TCP/IP-väyläliitäntöjä. Säätimessä on riviliittimiltä kytkettävissä 2 kappaletta Modbus RTU-väyliä, sekä laitteen päädyistä löydävältä RJ45-liittimeltä 1 Modbus RTU-väylä. Laitteessa on myös Ethernet-lähiverkkotekniikka tukeva portti, johon on mahdollista liittää Modbus TCP/IP-väylätekniikkaa tukevia laitteita. Säätimestä löytyy myös USB-portti GSM-jatkohälytysmodeemia varten. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatioyksikkö. N.d.)

Ouflex-säätimessä on sisäänrakennettu web-käyttöliittymä, johon voidaan luoda kaaviot, trendit ja lokit. Sisäänrakennettu käyttöliittymä mahdollistaa valvomon pääsyn paikallisessa LAN-verkossa, ilman internet-yhteyttä. Ouflex voidaan kuitenkin liittää internetiin, jolloin web-käyttöliittymää voidaan käyttää internetin välityksellä. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatioyksikkö. N.d.)

Ouflex A XL – säädin, on uudempi ja tehokkaampi versio säätimestä. Ouflex A-säätimeen verrattuna, sillä on nopeampi prosessori, enemmän SDRAM-muistia, enemmän FLASH-muistia, sekä yksi ModbusRTU-väyläliitäntä enemmän. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatioyksikkö. N.d.)

### 3.1.2 Ouflex M BA

Ouflex M BA on myös vapaasti ohjelmoitavissa oleva säädin, aivan kuten Ouflex A. Se on huomattavasti pienempi, kuin Ouflex A, mutta siinä on myös vähemmän ominaisuuksia, kuin Ouflex A:ssa. Laite vastaa suurimmaksi osaksi Ouflex A-säädintä, lukuun ottamatta muutamia eroja. Ouflex M BA-säädintä ei ole mahdollista esimerkiksi kytkeä lähiverkkoon, ilman erillistä M-Link lisävarustetta. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatiolaite. N.d.)

Laitteessa on yhteensä 27 kpl I/O-pisteitä. Universaalituloja laitteessa on 16 kpl, joista kolmea voidaan käyttää pulssituloina ja 14 kappaletta jännite/virtaviesti-tuloina. Analogilähtöjä siinä on 4 kappaletta ja yksi PWM-lähtö. Relelähtöjä laitteessa on 6 kappaletta. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatiolaite. N.d.)

Säätimessä on kaksi Modbus RTU-väyläliitäntää riviliittimiltä. Laitteessa on myös 2 kappaletta RS232-portteja, joista toinen on tarkoitettu GSM-modeemille tai M-Link:ille ja toinen ulkoiselle näytölle. Lisäksi siinä on USB-portti, joka on tarkoitettu ohjelmointityökalua varten, jota voidaan käyttää esimerkiksi kannettavalla tietokoneella. Laitteessa on vielä microSD-muistikortille liitäntä, jota voidaan käyttää ohjelmiasovelluksen lataamiseen laitteelle. (Kompakti vapaasti ohjelmoitava automaatiolaite. N.d.)

## 3.2 Ouman lisämoduulit

Flex DO4-TRS on yksi useasta laajennusmoduuleista Ouflex-automaatiojärjestelmälle. Se on DIN-kiskoon kiinnitettävä moduuli, jossa on 4 kappaletta potentiaalivapaita triac-lähtöjä. Laitteessa on 3 kappaletta LED-valoja, joilla se ilmaisee laitteen eri toimintatiloja. Siinä on myös 3-asentoiset kytkimet jokaiselle lähdölle, joilla voidaan valita käsin lähtö päälle, pois, tai automaatile. Laite voidaan liittää Ouflex järjestelmään käyttäen Modbus RTU-väylää. Lisäksi laitteesta löytyy DIP-kytkimiä, joilla voidaan valita orjalaitteen väyläosoite. DIP-kytkimillä voidaan myös valita päätevastus ja/tai biasointivastus käyttöön. (Ouman Flex DO4-TRS. N.d.)

Flex DO4-R on Ouflex-järjestelmään liitettävä laajennusmoduuli, kuten Flex DO4-TRS. Flex DO4-R on lähes identtinen Flex DO4-TRS mallin kanssa, paitsi että Flex DO4-R mallissa on triac-lähtöjen



sijasta relelähdöt. Siinä on siis 4 kappaletta galvaanisesti erotettuja vaihtokoskettimella olevia relelähdtöjä. (Ouman Flex DO4-R. N.d.)

Flex UI8 on myös laajennusmoduuli, jota käytetään Ouflex-järjestelmässä. Se on samankokoisessa ja samanlailla kiinnitettävässä kotelossa, kuin Flex DO4-R ja Flex DO4-TRS mallit. Flex UI8:ssa on 8 kappaletta universaalituloja, joita voidaan myös käyttää pulssilaskenta-tuloina. Jokaista tulokanavaa kohden on oma LED-valo, joilla laite ilmaisee kanavatulon tilaa. (Ouman Flex UI8. N.d.)

Flex AO8 on aivan, kuten aikaisemmat Flex-sarjan laajennusmoduulit, kytkettävissä Ouflex-järjestelmään. Se on samankokoinen ja samanlailla kiinnitettävässä kotelossa, kuin aikaisemmat Flex-sarjan laajennusmoduulit. Flex AO8-laajennusmoduulissa on 8 kappaletta analogilähdtöjä 0-10VDC-säätöviestillä. Lisäksi laitteessa on jokaista kanavaa kohti kytkin, sekä potentiometri. Kanavakohtaisella kytkimellä voidaan valita, onko lähdtön tila automaattilla vai käsikäytöllä. Potentiometrillä voidaan asettaa lähdtön jänniteviesti haluamaksi, jos kytkin on käsikäyttöasennossa. (Ouman Flex AO8. N.d.)

Flex UI16 on vanhempaa Flex-laajennusmoduulisarjaa ja se eroaa aikaisemmin mainituista Flex-sarjan moduuleista siten, että se on erilainen kooltaan ja ulkonäöltään. Siinä ei ole aikaisempiin malleihin verrattuna DIP-kytkimiä biasointi- ja/tai päätevastuksen valinnalle. Flex UI16 kytketään kuitenkin samaan tapaan, kuin aikaisemmin mainitut laajennusmoduulit Ouflex-järjestelmään, käyttäen Modbus RTU-kenttäväyläteknikkaa. Flex UI16-laajennusmoduulissa on nimensä mukaan 16 kappaletta universaalituloja, joista neljää kappaletta on mahdollista käyttää pulssilaskentatuloina. Lisäksi Flex UI16-mallissa on DIP-kytkin väylänopeuden valintaa varten. (Flex UI 16. N.d.)

Flex Combi 21 on myös vanhempaa Flex-laajennusmoduulisarjaa, kuten Flex UI16. Se on kooltaan, ulkonäöltään, sekä toiminnallisuuksiltaan samanlainen, kuin Flex UI16. Erona kuitenkin on I/O-liitäntöjen määrä. Flex Combi 21-laajennusmoduulissa on 9 kappaletta universaalituloja, 2 kappaletta analogilähdtöjä, 4kpl triac-lähdtöjä ja 6 kappaletta relelähdtöjä. Relelähdtöistä 2 kappaletta on vaihtokoskettimella ja loput 4 sulkeutuvalla kärjellä. (Flex Combi 21. N.d.)

Flex Combi 32 on vanhempaa Flex-laajennusmoduulisarjaa ja siinä on samaan tapaan kuin Flex Combi 21-laajennusmoduulissa useampaa erilaista I/O-tyyppiä. Flex Combi 32-laajennusmoduulissa on 16 kappaletta universaalituloja, joista 4 on muutettavissa pulssilaskentatuloiksi. Siinä on myös 6 kappaletta analogilähtöjä, 4 kappaletta triac-lähtöjä, sekä 6 kappaletta relelähtöjä. Relelähdöistä on 2 kappaletta vaihtokärjellä ja loput 4 on sulkeutuvalla kärjellä varustettuja. (Flex Combi 32. N.d.)

### 3.3 Jäätymisvaaratermostaatti

Alakeskuksiin sijoitetaan usein myös varolaitteet, joihin kuuluu esimerkiksi jäätymisvaaratermostaatti. Varolaitteiden tehtävänä on tehdä jokin turvatoiminto tietyn mittauksen perusteella. (Pulkkinen, H. 2022).

Jäätymisvaaratermostaatin tehtävänä on estää ilmanvaihtokoneiden vesikiertoisen lämmityspatterin jäätyminen. Se toimii siten, että se mittaa ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin paluuveden lämpötilaa. Jäätymisvaaratermostaatteja on saatavilla erilaisia, mutta kehittyneimmissä malleissa on useampi ominaisuus jäätymisvaaran ehkäisyksi. Sen ominaisuuksiin kuuluu muun muassa Tuiloilmapuhaltimen ohjaussähkön katkaisu, lämmityspatterin säätöventtiilin ennakointi, sekä jäätymisvaaratilanteessa lämmityspatterin säätöventtiilin avaaminen täysin auki-asentoon. (Säätyvä jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 2014).

Jäätymisvaaratermostaatin turvatoiminto toimii siis itsenäisesti, mutta se tulee silti liittää rakennusautomaatiojärjestelmään. Jäätymisvaaratermostaatin anturi kytketään jäätymisvaaratermostaatile, joka sitten lähettää yleensä 0-10VDC säätöviestillä mittauksen arvon RAU-järjestelmälle. Lämmityspatterin säätöventtiilin toimilaitteen säätöviesti taas kytketään käytännössä toisinpäin. Rakennusautomaatiojärjestelmä lähettää 0-10VDC säätöviestin jäätymisvaaratermostaatile, jonka jäätymisvaaratermostaatti lähettää edelleen lopulta toimilaitteelle. Tähän tapaan kytkettäessä, jäätymisvaaratermostaatti pystyy korjaamaan RAU-järjestelmän lähettämää säätöviestiä tarpeen tullen. Jäätymisvaaratermostaatilta luetaan myös hälytystieto, kun jäätymisvaaratermostaatti on lauennut. (Säätyvä jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 2014).

## 4 Kenttälaitteet

Kenttälaitteet ovat rakennusautomaatiojärjestelmän olennainen osa. Niiden avulla mitataan ja ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmään liitetyjä prosesseja. Kenttälaitteet voivat olla esimerkiksi lämpötila-antureita, venttiilien toimilaitteita tai painelähtimiä. Kenttälaitteilla on omat laitetunnukset, joilla ne voidaan erottaa tarkasti rakennusautomaatiojärjestelmästä. Laitetunnusten määrittämiseen on usein jokin periaate, jonka mukaan laitetunnus koostuu. (Pulkkinen, H. 2022).

### 4.1 Anturit

Rakennusautomaatiojärjestelmiin kytketään antureita, joilla voidaan valvoa rakennuksen eri prosessien toimintaa. Anturit ovat yleisimmin lämpötila-antureita, mutta järjestelmät sisältävät usein paljon muitakin antureita, kuten valoisuus- tai kosteusantureita. Antureiden toiminta perustuu mittauselementissä tapahtuvan resistanssin muutokseen. Esimerkiksi lämpötila-antureissa mittauselementissä tapahtuva lämpötilan muutos, saa aikaan mittauselementtiin resistanssin muutoksen. Mittauselementin resistanssi kytketään rakennusautomaatiojärjestelmään, missä se voidaan skaalata lämpötilaa vastaavaksi arvoksi. (Härkönen ym. 2018).

Rakennusautomaatiojärjestelmissä käytetään useita erilaisia anturityyppejä. Anturityyppejä ovat esimerkiksi PT1000 ja NTC10k. Eri anturityypeillä on erilaiset resistanssien vastaavuusarvot. Anturin mittausalue, sekä anturityypin yhteensopivuus rakennusautomaatiojärjestelmän kanssa tulee huomioida suunniteltaessa järjestelmää. Anturityyppi tulee myös huomioida rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmoinnissa, kun anturin tieto skaalataan järjestelmään. (Härkönen ym. 2018).

### 4.2 Lähettimet

Lähettimet ovat kuin antureita, mutta hieman edistyneempiä. Lähettimet eli aktiiviset anturit mittaavat jotakin suuretta ja lähettävät sitten tiedon ulospäin, esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmälle (Pulkkinen, H. 2022). Lähettimiä voivat olla esimerkiksi painelähtimet tai ilmamäärälähettimet. Lähettimillä yleistä on siis se, että niillä on oma aktiivinen elektroniikkapiiri, jolla ne mittaavat jotakin suuretta ja lähettävät sen jälkeen tiedon eteenpäin. (Härkönen ym. 2018).

Lähettimien mittauselementeissä tapahtuu ajan kuluessa siirtymää, joten niissä on usein nollaava kalibrointipainike. Uudemmissa lähettimissä on myös automaattisesti toimiva kalibrointi, jonka lähetin tekee aina tietyn ajan kuluessa. (Härkönen ym. 2018).

### 4.3 Toimilaitteet

Rakennusautomaatiojärjestelmissä käytetään toimilaitteita usein ilmapeltien tai venttiilien ohjaamiseen. Toimilaitteilla saadaan aikaan haluttu muutos johonkin prosessiin, esimerkiksi lämmitysverkoston menoveden lämpötilaan. Toimilaitteet voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, jotka ovat kaksiasentoiset toimilaitteet ja suhteellisesti ohjatut toimilaitteet. Kaksiasentoiset toimilaitteet ovat yksinkertaisia ja toimivat nimensä mukaan päällä/pois tyyppisesti. Kaksiasentoisia toimilaitteita voivat olla esimerkiksi ilmanvaihtokoneen raitisilmapeltien toimilaitteet. Raitisilmapelti voidaan avata ohjaamalla toimilaitteelle signaali ja sulkea ohjaamalla toimilaitteelta signaali pois. (Härkönen ym. 2018).

Suhteellisesti ohjatut toimilaitteet toimivat portaattomasti, eli niillä voidaan säätää prosesseja tarkasti. Suhteellinen ohjaus voi toimia säätöviestillä, joka on normaalisti 0-10 VDC, tai 3-pistehjauksella. Säätöviestillä voidaan helposti ohjata haluttu avautuma esimerkiksi säätöventtiiliin. 50% säätöviesti vastaa 0-10VDC säätöviestissä 5VDC:tä, joka taas vastaa 50% venttiilin avautumaa. 3-pistehjauksessa käytetään ns. kolmea ohjauspistettä, jotka ovat auki, seis ja kiinni. 3-pistehjaus on hieman haastavampi tulkita, sillä ilman toimilaitteelta saatavaa takaisinkytkentää ei pystytä välttämättä tietämään venttiilin tarkkaa avautumaa. (Härkönen ym. 2018).

### 4.4 EC-moottorit

EC-moottoreilla voidaan säätää oikosulkumoottorien pyörimisnopeutta. EC-moottoreita näkee tavallisesti IV-koneiden tulo- ja poistopuhaltimissa. Niitä ohjataan säätöviestillä, tavallisesti 0-10VDC jänniteviestillä. EC-moottorit ovat usein myös väylätekniikoilla varustettuja, jolloin moottorilta saadaan luettua enemmän tietoa rakennusautomaatiojärjestelmään. (Härkönen ym. 2018).

## 4.5 Väylälaitteet

Väylälaitteille tarkoitetaan niitä kenttälaitteita, jotka voidaan yhdistää rakennusautomaatiojärjestelmään jollakin väyläteknikalla. Tavallisimpia väyläteknikoita rakennusautomaatiossa ovat Modbus, M-Bus, BACnet ja KNX. Tavallisimpia väylälaitteita taas rakennusautomaatiojärjestelmissä ovat ilmanvaihdon pakettikoneet, huonesäätimet tai energiamittarit. Väylälaitteilla yhteistä on myös se, että ne toimivat itsenäisesti omalla automatiikalla. (Pulkinen, H. 2022).

Rakennusautomaatiojärjestelmään kytketyiltä väylälaitteilta halutaan usein paljon tietoa. Esimerkiksi ilmanvaihdon pakettikoneelta voitaisiin väylän kautta lukea koneen kaikki mittaukset, asetusarvot, hyötysuhteet, sekä säätöviestit. Rakennusautomaatiojärjestelmän ei tarvitse säätää tai ohjata väylälaitteita, koska ne toimivat omalla automatiikallaan, mutta usein niitä halutaan valvoa, sekä hallita. Väylälaitteelta voidaan esimerkiksi muuttaa jotakin asetusarvoa väylän kautta, joka vaikuttaa sen oman automatiikan säätöön, kuten ilmanvaihtokoneen tuloilman asetusarvoa. Väyläteknikoilla varustetut laitteet tulevatkin hyvin hyödyllisiksi siinä vaiheessa, jos laitteilta halutaan saada paljon tietoa, pienellä vaivalla. (Pulkinen, H. 2022).

## 5 Rakennusautomaatiourakan suunnittelu

### 5.1 Tarjouslaskenta

Ennen rakennusautomaatiourakan aloitusta, on urakan tarjousvaihe. Urakoitsijat antavat omat tarjouksensa tiettyyn työn osuuteen, joka tämän työn tapauksessa on rakennusautomaatiourakan osuus. Urakan tarjouksen laskentaan, on yrityksillä usein omat tarjouslaskentapohjat, jotka helpottavat huomattavasti tarjouksen tekemistä. Tarjouslaskentaa varten tulee selvittää ensin kokonaisurakan suunnitelmista, mitä kaikkea kuuluu automaatiourakoitsijan toimitukseen, sekä esimerkiksi I/O-pisteet. Automaatiourakoitsijan toimitukseen kuuluu usein lämmönjaon anturit, venttiilit, sekä toimilaitteet. Toimitukseen voi kuulua paljon muitakin laitteita, joten suunnitelmat tulee käydä huolellisesti läpi.

Suunnitelmista tulee katsoa myös RAU-paikannuskuvat huolellisesti, sillä niistä ilmenee rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävät laitteet ja alakeskukset. Paikannuskuvia ei aina pienemmissä

urakoissa luoda, jolloin rakennusautomaation laitteet näkyvät usein sähkön paikannuskuivissa. Tarjousta laskiessa, huomiota tulee kiinnittää alakeskusten määrään ja laitteiden sijaintiin. Jos alakeskuksia on useampia kuin yksi, tulee myös huomioida se, että mihin alakeskukseen mikäkin laite on suunnitelmassa piirretty, sillä se voi vaikuttaa huomattavasti I/O-pisteiden määrään, kun lasketaan tiettyyn alakeskukseen tarvittavia pisteitä.

I/O-pisteiden määrä lasketaan säätökaavioista. Säätökaaviot ovat usein jaettu johonkin tiettyyn prosessiin per kaavio, eli esimerkiksi lämmönjako on omalla säätökaaviolla tai tuloilmakone 1. Säätökaavioon on piirretty prosessiin liitettävät laitteet, kaapelit, sekä putket. Kaaviosta ilmenee myös se, että mitä I/O-pisteitä kukin laite tarvitsee. Säätökaavioista ilmenee paljon muitakin tietoja, mutta tarjouslaskennan kannalta tärkeimmät ovat I/O-pisteiden määrät ja tyypit, sekä laitetoimitukseen kuuluvat laitteet.

Kun edellä mainittuihin kohtiin on saatu tiedot, voidaan laskea tarjous. Tarjoukseen lasketaan kaikki automaatiourakoitsijan toimitukseen kuuluvat laitteet, kuten toimilaitteet ja anturit. Tarjoukseen lisätään myös alakeskukset ja niihin lisättävät säätimet ja lisämoduulit pistelaskennan perusteella. Suunnitelmien työselostus ja järjestelmäkaavio kannattaa myös katsoa huolellisesti läpi, sillä varsinkin työselostuksessa voi olla tiettyjä vaatimuksia rakennusautomaatiojärjestelmälle. Yleisimmin vaatimuksena on alakeskukseen liitettävä käyttöpääte, jolle on asetettu tietty resoluutio ja liitännämahdollisuudet. Lopulta kun tarjoukseen on laskettu kaikki laitteet, niin lasketaan vielä työhön kuluvat työtunnit. Suunnitteluun ja asennukseen kuluvat työtunnit eritellään eri tuntihinnan perusteella. Yrityksillä on erilaisia menetelmiä työtuntien laskentaan, mutta yleensä työtunnit lasketaan esimerkiksi yhteen I/O-pisteeseen verrattavissa olevaan aikaan. Kun suunnittelun ja asennuksien työtunnit on laskettu, niin lasketaan vielä mahdolliset urakkapalaverit, toimintakoheet, sekä muut työtunteihin vaikuttavat tekijät.

## 5.2 Laitesuunnittelu

Hyväksytyt tarjouksen jälkeen voidaan aloittaa järjestelmän laitesuunnittelu. Tässä vaiheessa on hyvä käydä RAU-suunnittelijan luomat dokumentit vielä uudestaan läpi, mahdollisten muutoksien vuoksi. Tarjouslaskentavaiheen laskentadokumenttia on hyvä käyttää tässä vaiheessa apuna, sillä siinä kohdassa on jo alustavasti laskettu urakkaan kuuluvat laitteet. Urakoissa tapahtuu muutoksia aina sen edetessä, joten kannattaa kuitenkin odottaa ainakin ensimmäiseen urakoitsijapalaveriin,

ennen laitteiden tilaamista. Ennen laitteiden tilaamista, kannattaa kiinnittää myös huomiota etenkin seuraaviin asioihin, sillä niistä voi muuten tulla myöhemmin ongelmia. Väylälaitteiden määrä, väylälaitteiden yhteensopivuus väylässä, sekä rakennusautomaatiosäätimen eli pääyksikön suorituskyky. Tietyt väylälaitteet saattavat olla kiinteillä väylän asetusparametreilla, jolloin niitä ei voi muokata sopimaan jonkin toisen laitteen kanssa samaan väylään. Jotkin laitteet saattavat muutenkin olla yhteensopimattomia muiden väylälaitteiden kanssa, vaikka niiden väyläparametrit voisi asettaa vastaamaan samoja parametreja. Ouman Ouflex A – rakennusautomaatiosäätimellä on yhteensä 3 kpl ModbusRTU-väyliä, joista suositellaan käytettäväksi vain kahta, koska ne ovat isoituja. Ouman Ouflex A XL – säätimellä taas on 4 kpl ModbusRTU-väyliä, joista vain kolmea suositellaan käytettäväksi samasta syystä, kuin Ouflex A-säätimessä. Väylälaitteiden yhteensopimattomuus voi aiheuttaa isoja lisäkustannuksia rakennusautomaatiojärjestelmän toimittamiseen, jos joudutaan tilaamaan useampi säädin sen takia. Rakennusautomaatiosäätimen suorituskyky tai toisin sanoen ohjelmointikapasiteetti, voi myös aiheuttaa ongelmia järjestelmän käyttöönotossa, jos asiaan ei kiinnitä huomiota laitesuunnitteluvaiheessa. Ouman Ouflex BA Tool – ohjelmointityökalulla, on mahdollista tarkastaa rakennusautomaatiosäätimen ohjelmointikapasiteetti. Nyrkkisääntönä Ouman Oy on maininnut, että ohjelmointikapasiteetti ei saisi ylittää 80 %.

Rakennusautomaation kaapelointi kuuluu yleensä sähköurakoitsijalle, jolloin sähköurakoitsijalle tulee luoda kaapelinvetoluettelo. Kaapelinvetoluetteloon tulee sisällyttää kaikki automaation kaapelit, jotka ovat RAU-suunnittelijan dokumentoinnissa merkitty. Luettelo on hyvä toteuttaa esimerkiksi Excel-sovelluksella, johon voi luetteloida kaapelit helposti. Oman näkemyksen mukaan, luetteloon on hyvä merkitä ensimmäiseksi kaikki laitteet ja järjestellä ne siten, että laitteet ovat järjestyksessä prosessien mukaan. Tällä tarkoitetaan sitä, että ensin voisi olla lämmönjaon laitteet, sitten tuloilmakoneen 1 laitteet, jonka jälkeen tuloilmakoneen 2 laitteet ja niin edelleen. Laitteet merkitään luetteloon niiden laitetunnuksen mukaan, eli toiselta nimeltään position mukaan. Laitteiden lisäämien jälkeen luetteloon on hyvä lisätä, mistä kaapelit tulee vetää. Tähän työvaiheeseen tulee käyttää RAU-suunnittelijan toteuttamaa toimintakaaviota. Toimintakaaviosta ilmenee mihin alakeskukseen mikäkin laite kytketään. Seuraavaksi laitteille on hyvä kirjata lyhyt selite luetteloon laitteen toiminnasta, joka helpottaa sähköurakoitsijaa havainnollistamaan laitteen sijainti, sen toiminnan perusteella. Esimerkiksi kaapelinvetoluettelossa voisi olla laitepositio nimeltä TK02-FE10, josta selviää, että kyseessä on TK02-nimiseen prosessiin liitetty laite ja laitetunnus nimeltään FE10. Laitetunnukset eivät välttämättä kerro sähköurakoitsijalle kovin paljoa laitteesta, joten kaa-

pelinvetoluettelossa lyhyt selite auttaa siinä vaiheessa. Selitteenä esimerkin mukaiseen laitetunnukseen voisi olla tuloilmapuhaltimen ilmamäärälähetin. Kaapelinvetoluettelo on myös hyvä merkitä jokaista laitetta kohti kaavion nimi, josta kyseisen laitteen löytää. Tämä helpottaa rakennusautomaatiolaitteiston suunnittelijaa, sekä sähköurakoitsijaa mahdollisesti epäselvässä tilanteessa. Lopulta luettelo on tulla merkitä jokaista laitetta kohti kaapelin tyyppi. Rakennusautomaatiokaapelointiin käytetään tavallisesti KLMA-, Nomak-, Jamak-, sekä MMO-kaapeleita. Kaapelin tyyppin valitsemiseen tulee katsoa RAU-suunnittelijan dokumenteista vaatimukset rakennusautomaatiokaapeloinnin osalta. Usein uudiskohteissa kaapelointi tulee olla suojattua. Yleensä RAU-suunnittelija on merkinnyt myös toimintakaavioihin kaapelien tyyppit laitteille. Jos vaatimuksia kaapeloinnin osalta ei ole, niin kaapelin valitsemiseen tulee tarkastella laitteeseen kytkettäviä I/O-pisteitä. Jos laitteelta on tarkoitus kytkeä esimerkiksi vain tilatieto, tai ohjaukskäsky, niin silloin yleensä ei tarvitse olla parisuojattua kaapelia, eli Jamak:ia. Jos taas laitteelle on tarkoitus kytkeä säätöviesti, tai laite on häiriötä aiheuttavaa tyyppiä, niin silloin tulee yleensä valita parisuojattu kaapeli. Kaapelityypin valitsemisen jälkeen tulee vielä laskea montako I/O-pistettä laitteelta halutaan kytkeä, jonka jälkeen voidaan valita oikea kaapeli tarvittavien parien määrän avulla.

## 5.3 Sovellussuunnittelu

### 5.3.1 Pisteiden ja laitteiden lisäys

Rakennusautomaatiojärjestelmän sovellussuunnittelu, eli ohjelmointi alkaa rakennusautomaatiojärjestelmän laitteiden lisäämisestä sovellukseen. Ouman Ouflex BA Tool – sovelluksella luodaan uusi projekti, johon voidaan lisätä kaikki projektissa käytettävät säätimet, lisämoduulit, sekä niiden I/O-pisteet. Ensimmäisenä sovellukseen luodaan käytettävä rakennusautomaatiosäädin tai -säätimet, jonka jälkeen myös lisämoduulit, jos I/O-pisteet pelkällä säätimellä ei riitä. Lisämoduulien nimeämisessä ja Modbus-osoitteiden valinnassa kannattaa pitää jokin järjestys, jotta moduulien tunnistaminen fyysisesti on helpompaa asennusvaiheessa. Säätimien ja lisämoduulien lisäämisen jälkeen, voidaan alkaa nimeämään I/O-pisteitä RAU-suunnitelmien mukaisesti. Laitetunnukset ovat jo RAU-suunnitelmissa esitetty, joten pisteiden näyttönimi tulee vain itse lisätä mahdollisimman lyhyesti ja kenttälaitetta kuvaavasti.

I/O-pisteiden lisäämisen jälkeen on hyvä ohjelmoida kenttälaitteiden fyysiset tyyppit, sekä niiden skaalaukset. Fyysisellä tyyppillä tarkoitetaan sitä, että onko laite digitaalinen, eli on/off-tyyppinen,



vai onko se analoginen, eli esimerkiksi jänniteviestillä toimiva. Painekeytkimet tai magneettiventtiilit ovat digitaalisia laitteita ja lämpötila-anturit tai painelähettimet ovat analogisia laitteita. Säätoventtiilien tai peltimoottoreiden toimilaitteissa tulee olla tarkkana, sillä ne voivat olla digitaalisesti tai analogisesti toimivia. I/O-pisteen fyysisen tyyppin valinnan jälkeen kannattaa jo tässä vaiheessa tehdä kenttälaitteen skaalaus ohjelmaan. Järjestelmän pistetestauksessa huomataan kyllä laitteen väärä fyysinen tyyppi tai väärä skaalaus, mutta sovellus on jo hyvä tehdä mahdollisimman pitkälle valmiiksi, jotta suuremmilta muutostöiltä vältytään myöhemmin. Skaalaus tulee tarkistaa aina laitteen mallin mukaan. Ouman Ouflex BA Tool – sovelluksessa on laaja valikoima valmiiksi luotuja lämpötila-antureiden resistanssin vastaavuustaulukoita, joten usein lämpötila-anturien kohdalla riittää oikean tyyppin valinta, esimerkiksi NTC10k. Jänniteviestillä toimivissa mittauksissa, kuten painemittauksissa tulee tarkastaa laitteen skaalaus käyttöohjeesta. Usein painelähettimissä ja muissa jänniteviestillä toimivissa kenttälaitteissa on mahdollista valita itse skaalaus. Skaalauksen valinta tapahtuu joko kenttälaitteessa olevilla dip-kytkimillä tai sen käyttöpäätteeltä. Joissain tapauksissa skaalaus valitaan kenttälaitteen omalla ohjelmointityökalulla. Jos RAU-suunnitelmista ei ilmene kenttälaitteiden skaalauksia, niin skaalaukset tulee itse miettiä prosessin kannalta käytännöllisiksi. Esimerkiksi nestelämmitysverkoston painemittausta ei kannata skaalata 0-16bar toimivaksi, koska nestelämmitysverkoston paine tulisi harvoin olla yli 6bar. Skaalauksen oikeaoppinen valinta parantaa mittauksen tarkkuutta. Sopiva skaalaus lämmitysverkoston paineelle voisi olla esimerkiksi 0-6bar.

Väylälaitteiden lisääminen ohjelmaan kannattaa tehdä jo projektin alkuvaiheissa, koska uusien väylälaitteiden Modbus-rekisterikuvaukset voivat viedä paljon aikaa. Ensimmäisenä lisätään ohjelmaan kaikki väylälaitteet ja tässä vaiheessa kannattaa vielä tarkistaa väylälaitteiden Modbus-parametrit, jotta varmistutaan väylälaitteiden yhteensopivuudelta, jos eri laitteita aiotaan kytkeä samaan Modbus-väylään. Tarkistettavat parametrit ovat väylälaitteen baudinopeus, pariteettibitin käyttö, sekä pysäytysbittien määrä. Samaan väylään kytketyillä väylälaitteilla tulee kaikilla olla samat väyläparametrit, lukuun ottamatta väylälaitteen yksilöllistä väyläosoitetta.

Väylälaitteilta voidaan lukea ja kirjoittaa jopa satoja mittauksia ja asetusarvoja. Ouman Ouflex BA Tool – sovelluksesta löytyy jo valmiiksi melko kattava lista eri valmistajien laitteiden Modbus-rekisteripohjia, mutta usein rekisteripohjia joutuu luomaan myös itse. Modbus-rekisteripohjien luomiseen tulee etsiä laitteen käyttöohjeesta Modbus-rekisterien kuvaus. Jos laitevalmistajan julkisista

käyttöohjeista ei ilmene Modbus-rekisterien kuvauksia, tulee ottaa yhteyttä laitevalmistajan edustajaan.

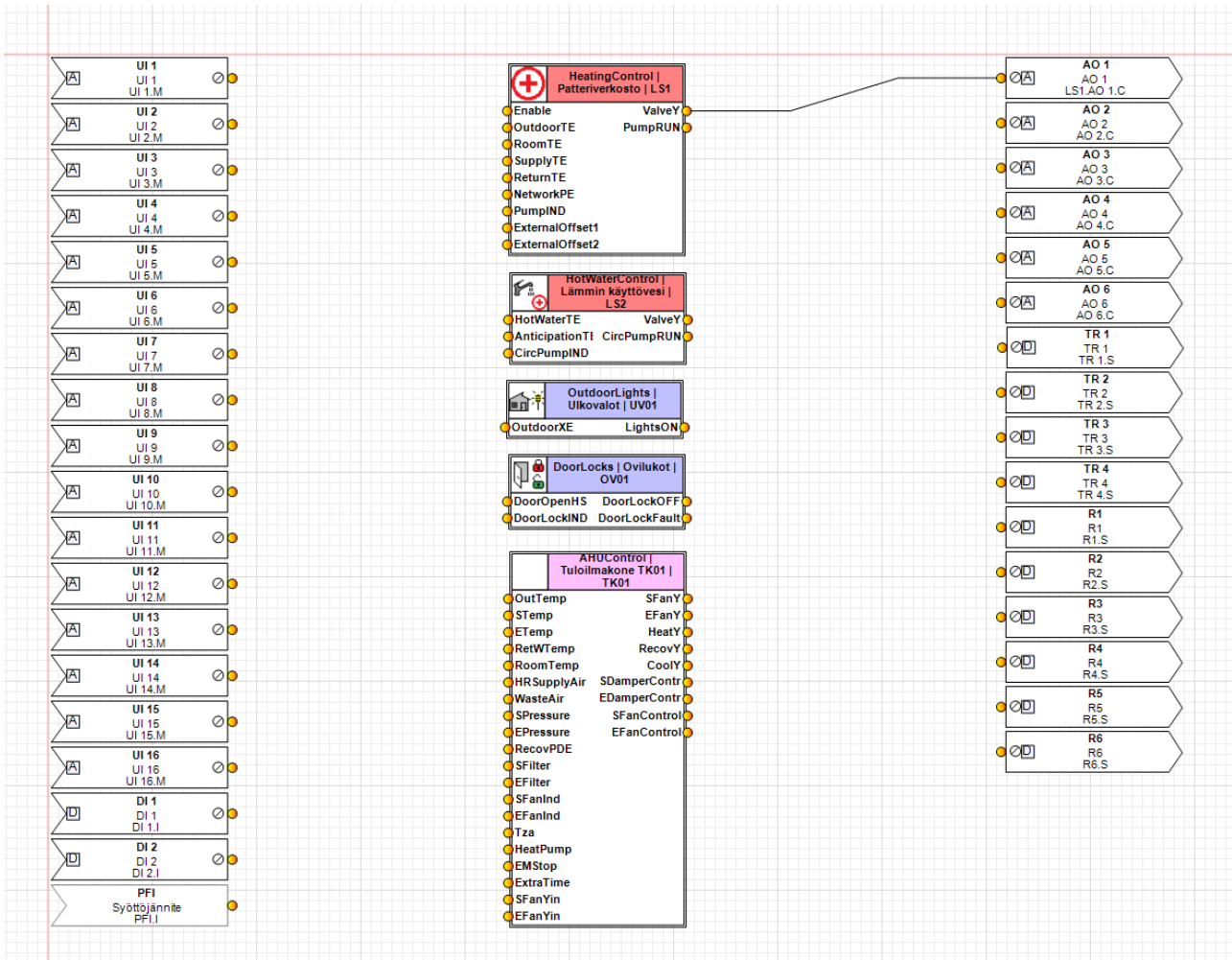
Objektit		Taulukkoeditori		Selattavan objektin kategoria		Objektisuodattimet		Objektien haku		Vie CSV-tiedostoon		Poista pistetunnukset		-					
Kaikki objektit		Analoginen;Digitaalinen;Tulo;Lähtö		Etsi näyttöimen, pistetunnuksen ja teknisen		Etsi													
Tekninen nimi	Näyttönimi	Pistetunnuksessa käytössä	Mtias. johon liittyy	Pistetunnus	Pistetunnuksen yksijohdotus	Objektityyppi	Pisteyhdistelmä	Pistetyyppi	Yksikkö	Sisäisen Modbus arvon tyyppi	Modbus slave rekisteri	Modbus slave funktio	Modbus slave rekisterin maski	Modbus slave osoitteen formaatti	Modbus swap	Modbus slave van. lopetus	Modbus slave monen rekisterin lukeminen	Modbus slave skaalaus	Kaikki ominaisuudet
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI1	Poistopuhaltimen indikointi	<input checked="" type="checkbox"/>		TK02-PF01	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	I	°C	U16	102	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI2	Jätelaman lämpötila	<input checked="" type="checkbox"/>		TK02-TE38	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	202	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI3	Huonelämpötila keilahalli	<input checked="" type="checkbox"/>		TK03-TE21	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	302	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI4	TK04 Poistokanavan palopelti	<input checked="" type="checkbox"/>		TK04-PP01	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	I	°C	U16	402	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI5	TK04 Tulokanavan palopelti	<input checked="" type="checkbox"/>		TK04-PP02	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	I	°C	U16	502	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI6	Huonelämpötila H.209	<input checked="" type="checkbox"/>		TK04-TE21	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	602	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI7	Huonelämpötila H.203	<input checked="" type="checkbox"/>		TK04-TE22	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	702	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI8	Huonelämpötila H.201	<input checked="" type="checkbox"/>		TK04-TE23	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	802	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI9	Porrashuone poistopuhallin Kä...	<input checked="" type="checkbox"/>		PK01-PF01	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	I	V	S32	902	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI10	JV-Verkosto menolämpötila	<input checked="" type="checkbox"/>		JV02-TE43	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	1002	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI11	JV-Verkosto paluulämpötila	<input checked="" type="checkbox"/>		JV02-TE44	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S32	1102	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI12	Ulkolämpötila TE00	<input checked="" type="checkbox"/>		UT01-TE00	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	°C	S16	1202	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI13	Ulkovaloisuus	<input checked="" type="checkbox"/>		XE00	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	lx	S16	1302	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI14	Poistopuhaltimen ilmamäärä	<input checked="" type="checkbox"/>		TK02-FE31	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	M	l/s	S32	1402	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI15	Valaistus Etuohja Indikointi	<input checked="" type="checkbox"/>		UV01	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	I	°C	U16	1502	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...
MB4_ADDR11_FLEXUI16_VAK_UI16	Valaistus Takapiha Indikointi	<input checked="" type="checkbox"/>		UV02	<input type="checkbox"/>	Physical...	Universa...	I	°C	U16	1602	HoldingRegister	65535	S32	NoSwap	<input type="checkbox"/>	Default	1	...

Kuvio 1. Modbus rekisterikuvaus.

### 5.3.2 Sovelluksen luominen

Rakennusautomaatiojärjestelmän sovelluksen, eli sen toiminnan määrittely kannattaa jakaa eri prosessien mukaan aliohjelmiin. Sovelluksen aliohjelmien luonti helpottaa sovelluksen luettavuutta, joka taas helpottaa sovelluksen ohjelmoijaa. Sovelluksen pääkaavioille yleensä jaetaan omiin aliohjelmiin lämmönjako, ilmanvaihtokoneet, ulkovalo-ohjaukset ja niin edelleen. Ouman Ouflex BA Tool – ohjelmointityökalussa on kattavasti tarjolla valmiita aliohjelmiä, joita kannattaa käyttää ohjelmiasovelluksen luomiseen. Aliohjelmiin voidaan myös lisätä omat pistetunnukset, jotka lisätään kytkettävien pisteiden kokonaispistetunnuksen eteen. Tämä nopeuttaa ohjelmointia ja tekee siitä myös huomattavasti selkeämpää. RAU-suunnittelija lisää usein toimintakaavioihin prosessin pisteiden eteen liitettävän tunnuksen, esimerkiksi patteriverkoston kenttälaitepositioiden eteen liitettävän prosessin tunnuksen. Lämmönjaon prosesseissa käytetään usein tunnusta LS, jolla tarkoitetaan lämmönsiirrintä. Tähän tapaan patteriverkoston lämmönsiirtimeen tunnus voisi

olla LS1, jolloin kaikki kenttälaitteet, jotka liittyvät patteriverkoston ohjaukseen, tulisi LS1 position etuliitteellä (ks. Kuvio 2).



Kuvio 2. Aliohjelmien lisäys ohjelmaan.

Ouflex BA Tool – ohjelmointityökalun sisältämiä valmiita aliohjelmiä on hyvä hyödyntää sovellusta tehdessä. Aliohjelmat sisältävät tyypillisimmät ohjaustavat prosesseille. Esimerkiksi lämmityksen säädön valmiissa aliohjelmassa, on kaikki tavallisen kaukolämpölaitteiston patteriverkoston säätöön tarvittavat komponentit. Lämmityksen säädön aliohjelma sisältää muun muassa PID-säätimen lämmityksen toimilaitteelle, 5-pisteisen säätökäyrän lämmityksen menovedelle ulkolämpötilan mukaan, sekä paljon muita toiminnallisuuksia. Valmiit aliohjelmat kuitenkin harvoin sopivat täysin suoraan kohteen laitteistolle. Esimerkiksi valmiissa lämmityksen säädön aliohjelmassa on 0-10V säätöviestillä toimivalle toimilaitteelle sovellus, mutta toimilaitte voi olla myös 3-piste ohjattu, jolloin sovellus ei käy suoraan sellaisenaan. Joissakin kaukolämpöjärjestelmissä saattaa myös

puuttua patteriverkoston paluumittaus, tai painemittaus (analoginen) onkin painekeytkin (digitaalinen), jolloin ohjelmaa on myös muutettava järjestelmää vastaavaksi.

Valmiissa aliohjelmissa on jo lisätty useita ohjelmallisia asetusarvoja, sekä mittauksia. Ohjelmallisia asetusarvoja ovat muun muassa lämmityksen säätökäyrän lämpötilojen asetusarvot eri ulkolämpötilan arvoille. Ohjelmallisia mittauksia ovat esimerkiksi lämmityksen säätökäyrän mukainen lämpötila, sekä huonelämpötilakompensoinnin vaikutus. Ohjelmallisilla asetusarvoilla voidaan muuttaa sovelluksen toimintaa ja ohjelmallisilla mittauksilla saadaan tietoa sovelluksen toiminnasta. Asetusarvot ja mittaukset voidaan lisätä Ouflex-käyttöpäätteen valikkorakenteeseen tai valvomoruudulle. RAU-suunnittelija yleensä määrittää prosessien toimintakuvauksissa vaadittavat asetusarvot ja mittaukset, joita rakennusautomaatiojärjestelmällä on vähintään oltava.

Kaikilla ohjelmallisilla mittauksilla, asetusarvoilla, sekä hälytyksillä on oltava oma uniikki pistetunnus. Ohjelma ei saa sisältää samoja pistetunnuksia. Pistetunnuksien määrittämiseen on hyvä käyttää Ouflex BA Tool – ohjelmointityökalun automaattista pistetunnuksen luoja. Automaattisen pistetunnuksen luojalle syötetään kenttälaitteen positio, jonka perusteella se luo ohjelmalliselle mittaukselle, asetusarvolle tai hälytykselle uniikin pistetunnuksen. Esimerkiksi, kun halutaan luoda huonelämpötilan asetusarvolle automaattisesti generoituva pistetunnus, niin asetusarvolle kirjoitetaan ”mittaus, johon liittyy” – kohtaan kenttälaitteen positio. Voidaan myös valita, mitä pistetyyppiä pistetunnuksen generoija käyttää, esimerkiksi asetusarvoissa on hyvä käyttää pistetyyppiä SP, joka tulee sanoista SetPoint. Tämän jälkeen kohtaan ”Generoitu pistetunnus” tulee näkyviin automaattisesti luotu pistetunnus. Automaattista pistetunnuksen luoja tulee etenkin käyttää siinä tapauksessa, jos on aikeena kopioida aliohjelma toiselle projektille, koska kopioinnin jälkeen, pistetunnuksia ei tarvitse käsin muokata, vaan ne generoituvat automaattisesti toisen projektin kenttälaitteiden positioiden mukaan.

### **5.3.3 Paikallisen käyttöliittymän ohjelmointi**

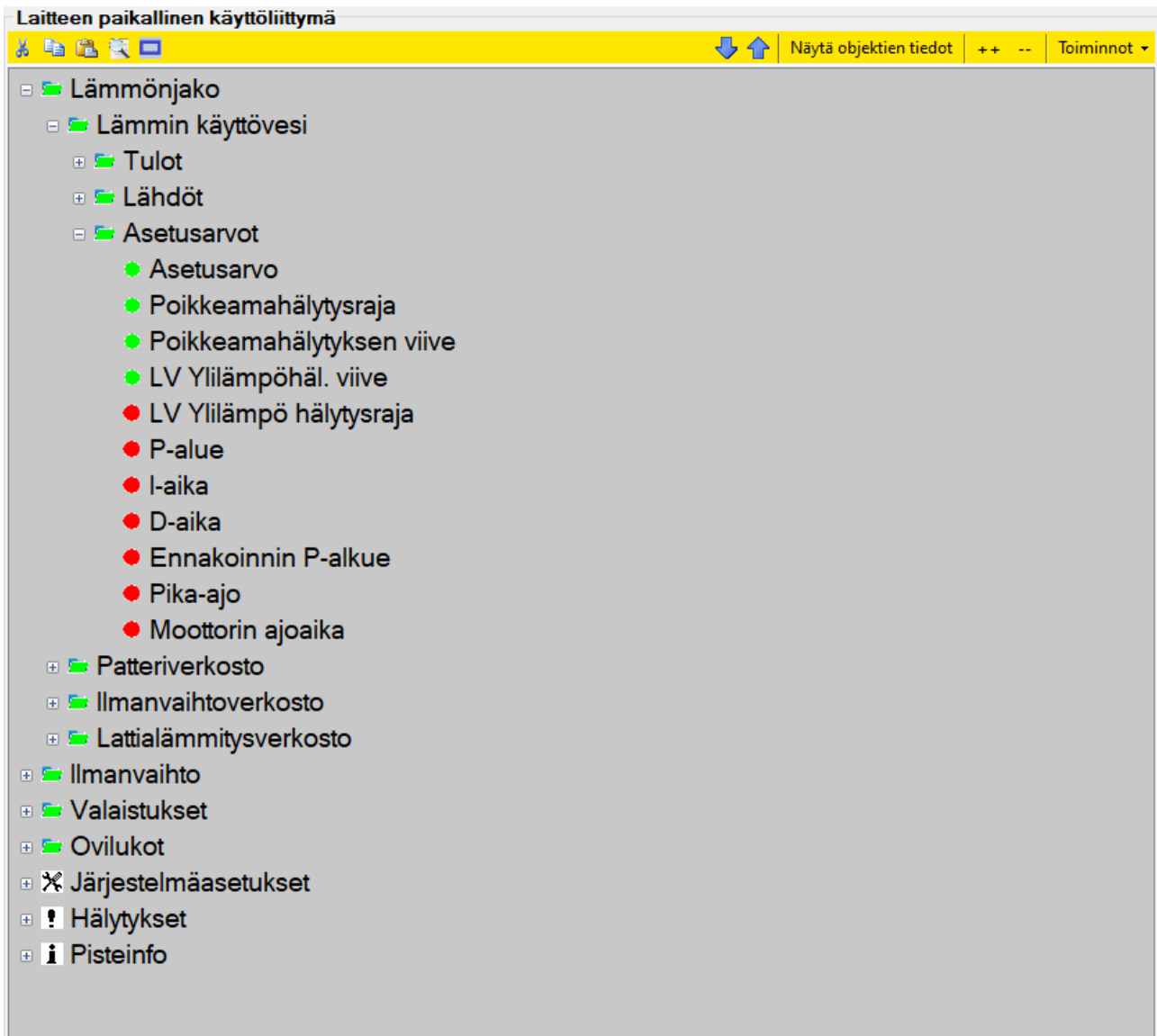
Paikallinen käyttöliittymä eli Ouflex-säätimen näytön valikkorakenne kannattaa ohjelmoida siinä vaiheessa, kun sovellusohjelma on tehty kokonaisuudessaan. Se kannattaa ohjelmoida sovellusohjelman teon jälkeen siksi, että valikkorakenteeseen tulee kaikki rakennusautomaatiojärjestelmän valikot varmasti ohjelmoitua. Ennenaikaisesti käyttöliittymän ohjelmointi voi olla turhaa, sillä ohjelmasovellukseen tulevat muutokset tulee aina huomioida käyttöliittymään, sovellusohjelman

muutoksien jälkeen. Käyttöliittymän valikkorakenne tulee olla selkeä, jotta rakennuksen huoltotiimin on helppo huoltaa rakennusta.

Paikalliseen käyttöliittymään tulee lisätä kaikki prosessit ja niihin liittyvät tulot, lähdöt, asetusrivot, mittaukset ja aikaohjelmat. Käytännössä siis kaikki tarvittavat tiedot ja ohjaukset, jotta prosesseja voidaan valvoa ja huoltaa helposti. Jos prosesseja on enemmän kuin kymmenen, tulee käyttöliittymään tehdä alivalikoita, jotta käyttöliittymän valikkorakenne ei täyty. Alivalikoksi käyttöliittymään voi lisätä esimerkiksi ilmanvaihdon, jonka alle lisätään kaikki rakennuksen ilmanvaihtoon liittyvät prosessit, kuten tuloilmakoneet, poistokoneet ja niin edelleen. Valitun prosessin alle tulee sitten kaikki siihen liittyvät tulot ja lähdöt, sekä muut ohjelmalliset pisteet. (ks. Kuvio 2.)

Paikallisen käyttöliittymän objekteja voidaan piilottaa, sekä lukita. Se, mitä objekteja valitaan piilottaviksi tai lukittavaksi huoltokoodilla, tulee aina tarkastella kohteen mukaan. Asiasta kannattaa myös keskustella tilaajan kanssa, jotta järjestelmän oikeaoppinen käyttö on turvattu. Objektien piilottamisella tarkoitetaan sitä, että objektit eivät ole näkyvissä Ouflex-laitteen käyttöpaneelilla, ennen kuin käyttäjä avaa piilotetut valikot näkyville. Tämä on siitä syystä hyödyllinen toiminnallisuus, sillä usein maallikon ei tarvitse päästä käyttämään kaikkia käyttöliittymän objekteja, vaan perehtynyt huoltomies voi tarvittaessa avata piilotetut objektit näkyville. Piilotetut objektit saa näkyville pitämällä Ouflex-laitteen valintapainiketta pohjassa parin sekunnin ajan.

Objektit on myös mahdollista lukita, tai lukita ja piilottaa. Pelkkä objektin lukitseminen tarkoittaa sitä, että objekti on näkyvissä, mutta sen muokkaaminen on sallittu vain antamalla ensin huoltokoodi. Lukitseminen ja piilottaminen taas tarkoittaa sitä, että objekti ei ole näkyvillä, ennen kuin käyttäjä avaa piilotetut objektit näkyville, jonka jälkeen tulee vielä syöttää huoltokoodi objektin muokkaamiseksi. Huoltokoodi on oletuksena Ouflex-laitteella 0000, mutta se on mahdollista muokata käyttäjän haluamaksi sovellusohjelmasta.



Kuvio 3. Paikallisen käyttöliittymän valikkorakenne.

## 5.4 Valvomo

Valvomon luontiin vapaasti ohjelmoitavissa Ouflex-järjestelmissä on kaksi vaihtoehtoa. Ouflex-laitteelle voidaan luoda sisäiselle tallennustilalle web-käyttöliittymä, tai luoda ulkoiselle pilvipalvelimelle Ouman Ounet-valvomo. Ouflex A- ja Ouflex A XL-säätimissä on mahdollista luoda kumpi tahansa vaihtoehto ilman erillistä M-Link lisävarustetta, mutta Ouflex M BA-säätimessä kumpikin valvomoratkaisu vaatii M-Link lisävarusteen toimiakseen. Molemmassa valvomoratkaisuissa on omat etunsa ja mikään ei estä myöskään tekemästä molempia ratkaisuja samalle järjestelmälle.

### 5.4.1 Web-käyttöliittymä

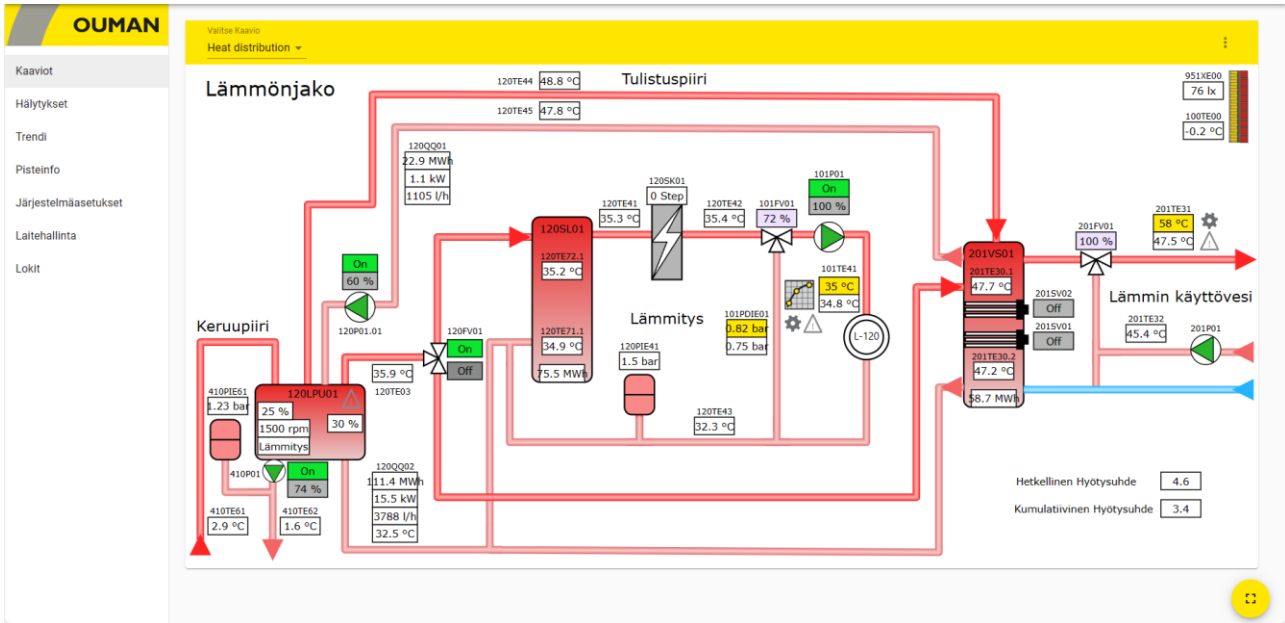
Ouflex-säätimelle voidaan luoda web-käyttöliittymä, eli valvomografiikka laitteen sisäiselle muistille. Web-käyttöliittymän etuna on etenkin se, että se ei tarvitse internet-yhteyttä toimiakseen, vaan sitä voidaan käyttää laitteilla, jotka ovat samassa lähiverkossa säätimen kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että web-käyttöliittymää voidaan käyttää esimerkiksi tabletilla, joka on kytketty verkkokyttimeen, kun verkkokyttimeen on myös kytketty Ouflex-säädin. web-käyttöliittymään voidaan luoda kaavioita ja trendejä, sekä käyttöliittymästä on mahdollista lukea hälytyshistoriaa ja muita lokitietoja. Kustannuksiltaan web-käyttöliittymän luonti on siis hyvin edullinen, mutta siinä on myös puutteita sen ominaisuuksissa, verrattuna Ounet-valvomoon.

Web-käyttöliittymän edut:

- Edullinen
- Riippumaton internet-yhteydestä tai pilvipalvelimen toiminnasta.

Web-käyttöliittymän haitat:

- Rajallisesti ominaisuuksia
- Rajallisesti kaavioiden komponentteja
- Trendien ja lokien keräys rajallinen, sillä tallennus tapahtuu laitteen sisäiselle muistille
- Jatkohälytyksiä varten vaatii erillisen GSM-modeemin ja GSM-liittymän.



Kuvio 4. Web-käyttöliittymän kaavionäkymä.

#### 5.4.2 Ounet-valvomo

Ounet-valvomo on edistyneempi tapa toteuttaa valvomo Ouflex-järjestelmälle. Se toimii Ouman Oy:n pilvipalvelimilla, johon käyttäjän tulee kirjautua käyttääkseen valvomoa. Koska valvomo toimii pilvipalvelimella, se luonnollisesti tarkoittaa sitä, että Ouflex-säädin täytyy kytkeä internettiin. Ounet-valvomoon on mahdollista luoda kaavioita, trendejä, sekä lukea hälytyshistoriaa ja lokeja, aivan kuten web-käyttöliittymälläkin. Ounet-valvomolla on kuitenkin enemmän ominaisuuksia, kuin web-käyttöliittymällä. Ounet-valvomosta voidaan siirtää hälytykset SMS-viesteillä ilman erillistä GSM-modeemia. Ouman Oy:n pilvipalvelin siis välittää halutut hälytykset. Ounet-valvomossa on myös huomattavasti pidemmät datankeräys mahdollisuudet, sillä data tallennetaan pilvipalvelimelle. Siinä on myös enemmän ominaisuuksia, kuten kaaviokomponentteja ja raporttiominaisuuksia. Ounet-valvomoratkaisulla voidaan myös tuoda pörssisähkön hintatietoja, sekä sääennusteita Ouflex-järjestelmään älykkäitä ohjauksia varten. Kustannuksiltaan Ounet-valvomoratkaisu on kalliimpi, kuin web-käyttöliittymä, sillä Ounet-valvomosta tulee maksaa erillinen palvelumaksu. Internetiä varten on myös hankittava liittymä, joka tuo kanssa lisäkustannuksia.

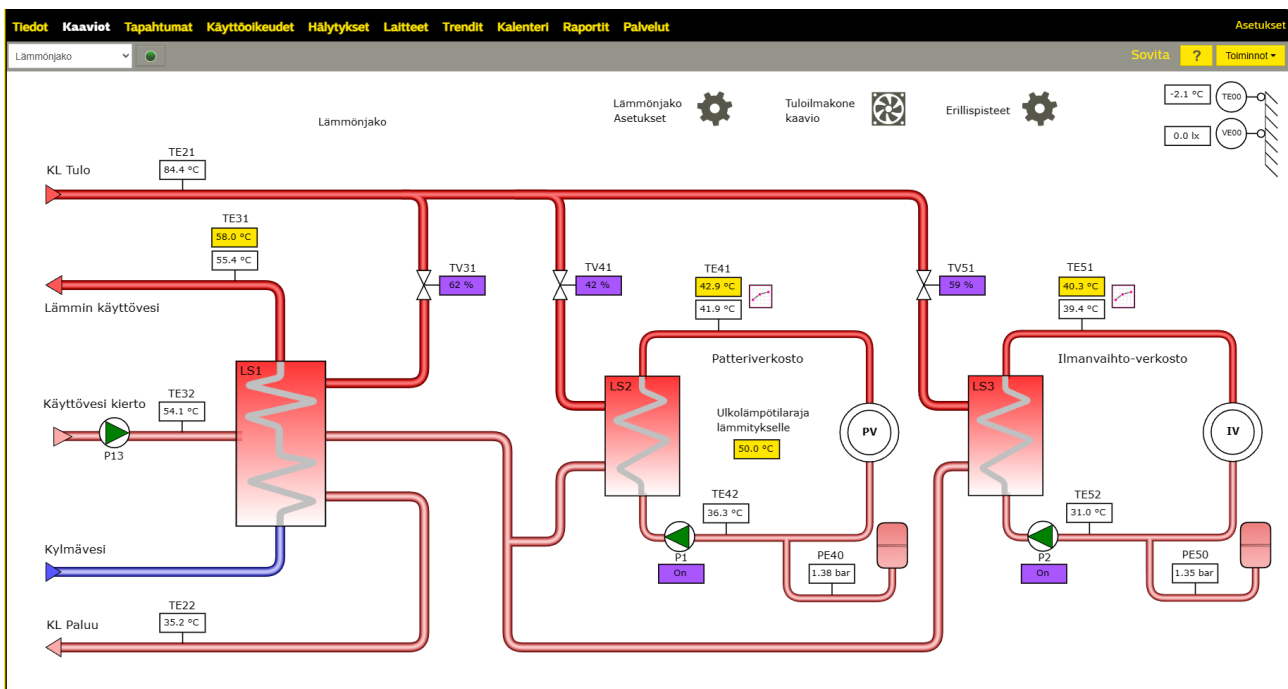


## Ounet-valvomon edut:

- Laajasti ominaisuuksia
- Laajasti kaaviokomponentteja
- Trendien ja lokien keräys 2 vuoden päähän
- Ei tarvitse erillistä GSM-modeemia ja -liittymää hälytyksien reititykseen
- Useamman kohteen hallinnointi samalta Ounet-tililtä.

## Ounet-valvomon haitat:

- Kustannuksiltaan kalliimpi, kuin web-käyttöliittymä
- Juoksevat kulut
- Riippuvainen internet-yhteydestä.



Kuvio 5. Ounet-valvomon kaavionäkymä.

### 5.4.3 Valvomon luonti

Valvomoon luodaan ainakin kaaviot ja trendit. Kaaviosivujen tekeminen vie suurimman osan ajasta, kun luodaan valvomoa. Kaaviot tulee olla mahdollisimman selkeitä, jotta käyttäjä pystyy

lukemaan rakennusautomaatiojärjestelmän toimintaa hyvin. Kaavioihin tehdään tarvittavat putkiyhteet, lämmönsiirtimet, mittaukset, sekä ohjaukset siten, että kokonaiskuva on selkeä. Kaavioihin ei yleensä tarvitse tuoda kaikkia järjestelmän komponentteja, jotka eivät liity rakennusautomaatiojärjestelmään, kuten linjasäätöventtiilejä. Ylimääräisten komponenttien piirtäminen kaavioihin on turhaa ja tekee kaavioista epäselkeitä. Kaaviot jaetaan usein prosesseittaan, aivan kuten aikaisemmin jaettiin sovellusohjelman aliohjelmat eri prosesseittain. Esimerkiksi yhdellä kaaviosivulla voisi olla lämmönjako kokonaisuudessaan, sitten seuraavalla kaaviosivulla tuloilmakone 1 ja sitten tuloilmakone 2 ja niin edelleen. Kaaviot kannattaa tehdä siis yksi prosessi per sivu ja niiden asetussivut erikseen. Asetussivuille laitetaan kaikki asetuservot, jotka liittyvät sen asetusivun prosessiin. Asetussivuilla on tavallisesti eri hälytyksien raja-arvot, hälytysviiveet, sekä muut asetuservot, jotka vaikuttavat johonkin toimintoon.

## **5.5 Käyttöönotto**

Rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöönotto on hyvä tehdä niin aikaisin, kuin vain on mahdollista. Tämä tarkoittaa sitä, että heti kun alakeskus tai alakeskukset on saatu kaapeloitua edes osittain, on hyvä aloittaa käyttöönoton ensivaiheet. Käyttöönoton aloittamisella aikaisin, voi mahdollisesti ennakoida tulevia ongelmia, jotka tulisi vastaan myöhemmin. Tällöin voidaan välttyä kiireeltä, sekä mahdollisesti sakoilta. Käyttöönoton yhteydessä ilmeneviä ongelmia voi olla esimerkiksi viallinen rakennusautomaatiojärjestelmän lisämoduuli tai urakoitsijalle uusi väylälaitte, jonka rekisterit eivät toimikaan, kuten sovellusohjelmaan oli väylälaitteen käyttöohjeen mukaan määritelty.

### **5.5.1 Pistetestaus**

Rakennusautomaatiojärjestelmän ollessa kaapeloitu ja kytketty edes osittain, voidaan aloittaa pistetestaus. Pistetestaus on ensimmäinen vaihe, kun järjestelmä saadaan kytkettyä sähköihin. Pistetestauksen tarkoituksena on testata kaikkien kenttälaitteiden ja väylälaitteiden toiminta. Pistetestauksella varmistetaan kenttälaitteen tai väylälaitteen toiminta ja myös se, että onko kenttälaitte kytketty oikeaan I/O-pisteeseen. Pistetestaus on helpoin toteuttaa Ouflex BA Tool – ohjelmointityökalusta tulostettavalla kytkentäkuvalla. Kytkentäkuvaan tulee kaikki järjestelmään kytketyt I/O-pisteet ja pisteiden perään rastitettavat laatikot kytketty ja tarkastettu. Tarkastettu laatikkoa voidaan käyttää pistetestaamisen yhteydessä.

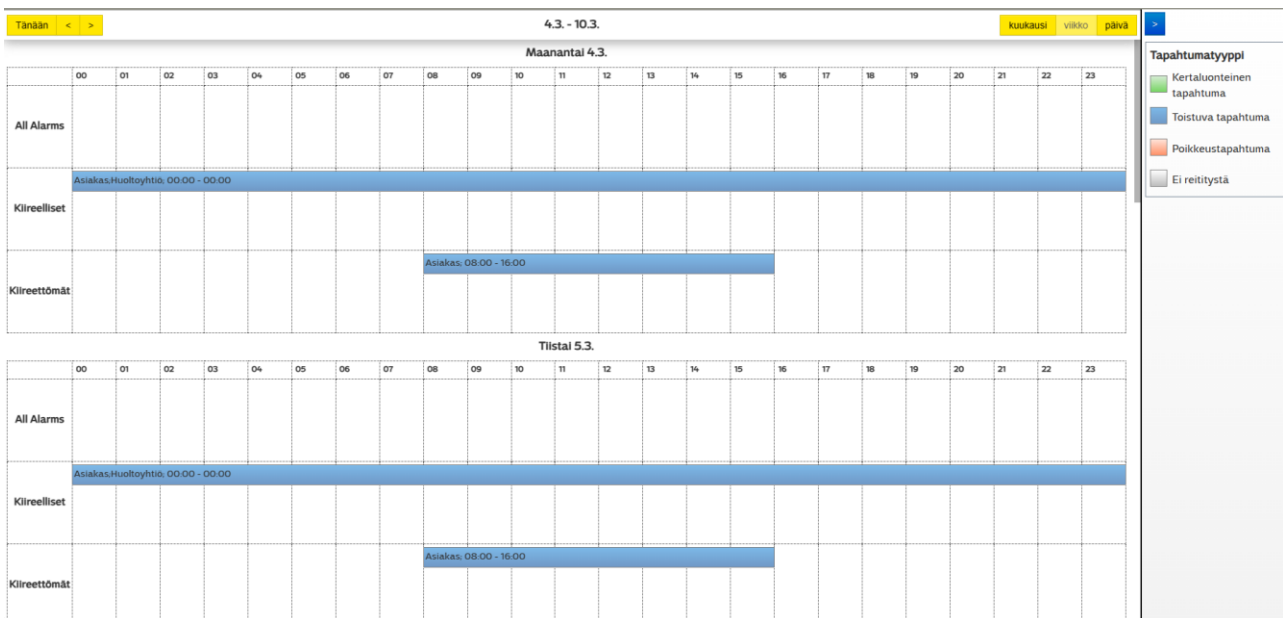
Pistetestaamisessa testataan yksi kenttälaite tai väylälaite kerrallaan. Mittauksien testaaminen tapahtuu siten, että kenttälaitteen luona tehdään muutos mittaukseen, esimerkiksi puhaltamalla lämmintä ilmaa lämpötilamittaukseen ja vertaamalla samaan aikaan valvomokaavion mittauspistettä. Jos lämpötila nousee puhaltamisen yhteydessä, voidaan kenttälaite todeta toimivaksi. Ohjauksien ja säätöviestien pistetestaaminen taas tapahtuu siten, että ohjataan valvomoruudulta jokin aikaisemmasta tilasta eroava arvo lähtöön ja verrataan kenttälaitteella tapahtuva muutos. Jos kenttälaitteella tapahtuu valvomoruudulta asettamaa arvoa vastaava muutos, voidaan todeta kenttälaite toimivaksi. Rakennusautomaatiourakan suunnitelmissa on usein myös pistetestausta dokumentti määrätty yhdeksi pakolliseksi luovutusdokumentiksi.

### 5.5.2 Jatkohälytykset

Jatkohälytyksillä tarkoitetaan rakennusautomaatiojärjestelmän hälytyksien reitittämistä puhelinnumeroon tai sähköpostiosoitteeseen. Hälytyksien oikealla toiminnalla saadaan aikaisin tietoa rakennusautomaatiojärjestelmän viallisesta toiminnasta. Hälytyksiin reagoiminen aikaisin, voi olla rakennuksen eliniän kannalta hyvin tärkeää. Tämän takia hälytykset tulee toimia virheettömästi, eikä niin sanotusti turhia hälytyksiä saisi tulla. Jatkohälytyksiin on kaksi vaihtoehtoa Ouflex-järjestelmässä. Kuten aikaisemmin tässä työssä käsiteltiin Ouflex-järjestelmän rakennetta, niin Ouflex-järjestelmä voi toimia yhdessä Ounet-pilvivalvomon kanssa, tai ilman sitä.

Ouflex-järjestelmän hälytyksien siirto ilman Ounet-pilvivalvomoa, vaatii erillisen GSM-modeemin ja siihen yhteensopivan GSM-liittymän. GSM-modeemi asennetaan Ouflex-järjestelmään USB-kaapelilla, josta tiedonsiirto tapahtuu sarjaliikenneväylää pitkin GSM-modeemille. Jatkohälytyksien reititysryhmät konfiguroidaan Ouflex-järjestelmän sovellusohjelman. Oletuksena kaikki sovellusohjelmaan lisätyt hälytykset siirtyvät hälytysryhmään 1. Hälytyksiä voidaan ryhmitellä useampaan eri ryhmään, kun on tarpeellista esimerkiksi jakaa korkean ja matalan prioriteetin hälytykset erikseen. Jokaisella hälytysryhmällä on oma reititysaikaohjelma, josta voidaan valita, mihin puhelinnumeroihin (tiimeihin) ja milloin hälytykset siirtyvät. Usein hälytyksien reititys toteutetaan siten, että korkean prioriteetin hälytykset reitittyvät aina, riippumatta kellonajasta ja matalan prioriteetin hälytykset reitittyvät vain arkipäivinä virka-aikaan. Hälytyksien reitityksistä päättää usein tilaaja, joka toimittaa myös haluttujen vastaanottajien puhelinnumerot hälytyksien reititykselle.

Ounet-pilvivalvomon ollessa aktivoituna kohteelle, Ouflex-järjestelmä ei tarvitse erillistä GSM-modeemia ja -liittymää hälytyksien reititykseen. Hälytykset voidaan siirtää Ouflex-järjestelmästä internetin välityksellä Ouman Oy:n pilvipalvelimelle SNMP-protokollaa hyödyntäen, josta lopulta ne reititetään haluttuihin puhelinnumeroihin tai sähköpostiosoitteisiin. Hälytyksien reititystä varten on oltava SNMP asetus aktivoituna Ouflex-laitteelta. Oletuksena Ouflex-säätimen asetuksissa on SNMP kohdepalvelimen IP-osoitteena Ounet-palvelimen IP-osoite, joten sitä ei tarvitse muuttaa. Hälytyksien reititysasetukset ovat samankaltaiset, kuin aikaisemmassa kappaleessa GSM-modeemilla varustetussa järjestelmässä. Reititysasetuksista voidaan valita hälytyskohtaisesti sen reititysryhmä, sekä milloin mikäkin hälytysryhmä reititetään haluttuun puhelinnumeroon. Ounet-palvelimen kautta hälytyksen reitityksessä, on myös lisäominaisuutena hälytysten reititys sähköpostiosoitteeseen, verrattuna GSM-modeemilla toteutettuun ratkaisuun.



Kuvio 6. Hälytyksien reititysaikaohjelma.

### 5.5.3 Toiminnallisuuden testaus

Toiminnallisuuden testaamisella tarkoitetaan jonkin prosessin toimintojen testaamista. Toiminnallisuus voi olla esimerkiksi lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö, tai tuloilmakoneen hätäseis pysäytys. Toiminnallisuuden testaamisella varmistetaan prosessin turvallisuudesta ja vakaasta toiminnasta. Yhdellä prosessilla voi olla kymmeniä toiminnallisuuksia, joten testaamiseen

kannattaa varata aikaa. Prosesseja ei saa jättää automaattiajolle, ennen kuin prosessien toiminnallisuudet on testattu. Etenkin turvatoimintojen, kuten tuloilmakoneen hätäseis pysäytyksen tai jäätymisvaarapysäytyksen toimimattomuus voi aiheuttaa mittavia vaurioita. Toiminnallisuuksien kattavalla testaamisella voidaan myös välttyä myöhemmin toimintakokeissa ilmeneviltä puutteilta.

Toiminnallisuuksien testaaminen kannattaa aloittaa riskialttiimmista prosesseista. Riskialttiita prosesseja rakennusautomaatiojärjestelmässä on esimerkiksi lämmönjako ja ilmanvaihtokoneet. Ulkovalojen ohjaukset tai oviverhopuhaltimien säädöt eivät ole niin riskialttiita, joten niihin voi keskittyä myöhemmin. Lämmönjaon toiminnallisuuksien testaamisessa tulee testata kaikki hälytykset, sekä lämmityksen ja käyttöveden menovesien PID-säädöt. Menovesien PID-säätöjen testaamisessa voi tehdä askelvastekokeen ja sen perusteella virittää ensin säädin, mutta usein PID-säätimiä ei tarvitse virittää. Ouman BA Tool-ohjelmointityökalussa on käyttövedelle ja lämmityksen säädölle vakioparametrit P- ja I-termeille, joilla saa usein säädön toimimaan hyvin, eikä erillistä viritysmenetelmää tarvita. Menovesien PID-säätöjen testaamisessa on hyvä tehdä useampi muutos menovesien lämpötilojen asetusarvoihin. Asetusarvojen muuttamisen jälkeen tarkastellaan trendiä, josta voidaan tulkita, onko säädin hyvin viritetty. Menovesien lämpötilojen asetusarvoihin tulee tehdä muutoksia ylös-, sekä alaspäin, jolloin varmistetaan oikea toiminta molempiin suuntiin. Jos menoveden lämpötila saavuttaa menoveden lämpötilan asetusarvon ilman suurempia ylityksiä tai alituk-sia, eikä jää heilahtelemaan, voidaan todeta PID-säätö toimivaksi.

Ilmanvaihtokoneiden toiminnallisuuksien testaaminen on huomattavasti laajempi, kuin esimerkiksi kaukolämpölaitteistojen. Ilmanvaihtokoneissa toiminnallisuuksien testaus kannattaa aloittaa turvatoiminnoista tai toisin sanoen lukituksista. Turvatoiminnoilla tarkoitetaan turvallisuutta parantavia toiminnallisuuksia. Turvatoiminnoilla tehdään jokin toiminnallisuus, jonkin mittauksen perusteella, esimerkiksi hätäseis-painiketta painettaessa, pysäytetään ilmanvaihtokoneet. Muita turvatoimintoja, jotka pysäyttävät ilmanvaihtokoneet, ovat muun muassa palopelti-, jäätymis-suoja-, lämmityspatterin pumpun ristiriita- ja palovaarahälytykset. Turvatoimintoja testatessa tulee huomioida hälytyksien ja turvatoimintojen toiminta. Hälytys tai turvatoiminto ei saa kuitenkaan, kun kone sammuu automaattisesti turvatoiminnon takia, tai muuten kone käynnistyy välittömästi uudestaan, aiheuttaen uuden turvatoiminnon aiheuttaman pysäytyksen. Tämä estetään Ouflex-järjestelmässä siten, että turvatoiminnon hälytyksen parametreista valitaan kohta

”kuittaus vaaditaan”-aktiiviseksi. Tällöin turvatoiminnon lukitus pysyy aktiivisena niin kauan, kunnes käyttäjä kuittaa hälytyksen. Hälytystä ei pysty myöskään kuittaamaan, jos turvatoiminnon aiheuttama mittaus on hälytystilassa, esimerkiksi palopelti olisi edelleen kiinni.

Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnallisuuksien testaamisesta kannattaa pitää pöytäkirjaa, jotta kaikki toiminnallisuudet tulee testattua huolellisesti. Testausten kirjanpitoa varten, olen luonut Excel-dokumentit, jotka sisältävät yleisimpien rakennusautomaatiojärjestelmien laitteistojen toiminnallisuudet listattuna. Seuraavassa taulukossa on kopioituna tuloilmakoneen toiminnallisuuksien testauspöytäkirjasta kohtia.

Taulukko 1. Tuloilmakoneen toiminnallisuuksien testauspöytäkirja.

Prosessi	Toiminnallisuus	Tekijä	Päivämäärä	Huomiot
TK01	Hätäseis pysäytys			
TK01	Palopellin sulkeutumisesta johtuva pysäytys			
TK01	Jäätymissuojan laukeamisesta johtuva pysäytys			
TK01	Palovaaratermostaatin laukeamisesta johtuva pysäytys			
TK01	Tuloilmasuodattimen paineesta johtuva pysäytys			
TK01	Jälkilämmityspatterin kiertovesipumpun ristiriitahälytyksestä johtuva pysäytys			
TK01	Tuloilman lämpötilasta johtuva pysäytys			
TK01	Poistoilman lämpötilasta johtuva pysäytys			
TK01	Huoneilman lämpötilasta johtuva pysäytys			
TK01	Tuloilmapuhaltimen ristiriitahälytyksestä johtuva pysäytys			
TK01	Poistoilmapuhaltimen ristiriitahälytyksestä johtuva pysäytys			
TK01	Tuloilman lämpötilan PID-säätö (Lämmitys ja jäähdytys, jos mahdollista)			
TK01	Jälkilämmityspatterin paluueden ennakointi			
TK01	LTO:n sulatustoiminto			
TK01	LTO:n huurtumisen esto			
TK01	LTO:n viilennystoiminto (jos poistolämpötila viileämpää, kuin raitisilman lämpötila)			
TK01	Kiertoilmapellin rajoitustoiminto (Jos hiilidioksidipitoisuus kasvaa yli raja-arvon)			

#### 5.5.4 Toimintakoe

Toimintakokeet ovat rakennusautomaatiourakan viimeinen vaihe. Ennen toimintakokeita, on usein oltava kaikki luovutusdokumentit luovutettuna ja rakennusautomaatiojärjestelmä kokonaisuudessaan valmis. Joskus kuitenkin joitain puutteita saattaa olla, joihin on järkevä selitys. Toimintakokeet ovat usein vähintään pari viikkoa ennen kohteen luovutusta asiakkaalle, jotta toimintakokeissa ilmeneville puutteille on korjausaikaa, ennen kohteen luovutusta. Toimintakokeeseen osallistuu kaikki LVIAS-tekniikasta vastaavat tahot, mutta isoissa urakoissa toimintakokeet voivat olla porrastettu siten, että ensin on sähköurakoitsijan toimintakokeet, sitten putkiurakoitsijan ja niin edelleen. Toimintakokeen järjestää usein RAU-suunnittelija. Joissain tapauksissa tilaaja saattaa myös tilata ulkoisen yrityksen tekemään toimintakokeet. Toimintakokeet kestävät usein automaatiourakoitsijalla muutamasta tunnista pariin päivään, riippuen järjestelmän laajuudesta.

### 5.6 Luovutusdokumentit

Luovutusdokumentit ovat niitä dokumentteja, jotka luovutetaan tilaajalle urakan valmistuessa. Ne sisältävät tietoja rakennusautomaatiojärjestelmästä, jotka ovat huollon kannalta tärkeitä. Luovutusdokumentit ovat yleensä määritetty RAU-suunnittelijan laatimissa suunnitelmissa. Niihin kuuluu usein pistetestausta, kytkentäkaavio, järjestelmäkaavio, laitelista, hälytyslista, sekä huoltoa varten yhteystiedot järjestelmän toimittajasta.

KytKentäkaavio tai laitepistekaavio sisältää rakennusautomaatiojärjestelmän laitteiden kaikki I/O-pisteet. KytKentäkaaviossa on järjestelty I/O-pisteet laitteittain ja jos kohteessa on useampi alakeskus, niin jokaisella alakeskuksella on oma kytkentäkaavio. Kaaviosta yhtä pistettä tarkastelemalla, voidaan selvittää mihin alakeskukseen, moduuliin ja liittimiin tai pisteeseen se on kytketty. KytKentäkaavio on asennusvaiheessa oleellinen dokumentti, sillä automaatioasentaja kytkee alakeskuksen kaapelit kytkentäkaavion perusteella. KytKentäkaavio on myös luovutuksen jälkeen huollon kannalta hyvin tarpeellinen vianselvityksissä. Ouflex BA Tool-ohjelmointityökalulla voidaan luoda kytkentäkaavio automaattisesti sovellukseen lisätystä pisteistä.

Pistetestaustilaston luomiseen voidaan hyödyntää kytkentäkaaviota. Pistetestaustilasta on käytännössä sama, kuin kytkentäkaavio, mutta siihen on tehty kuittaukset aina pisteiden kohdille, kun ne

ovat pistetestattu. Pistetestaustaulu toteutetaan sen takia, että on fyysinen todiste siitä, että järjestelmän kaikki pisteet on testattu.

Järjestelmäkaaviosta käy ilmi rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. Siihen on lisätty kaikki järjestelmään kytketyt säätimet, lisämoduulit ja väylälaitteet. Kaaviosta käy myös ilmi, että miten ja millä laitteet on kytketty järjestelmässä. Lisämoduulit ja väylälaitteet kytketään toisiinsa usein häiriösuojatulla kaapelilla, kuten Jamak:illa ja ne ovat Ouflex-järjestelmässä Modbus RTU-väyläteknikalla toteutettu. Säätimet taas kytketään toisiinsa usein hyödyntäen kohteen lähiverkkoa tietoliikennekaapeleilla. Säätimet voivat keskustella samassa lähiverkossa hyödyntäen Modbus TCP/IP-protokollaa.

Laitelistaan sisällytetään kaikki rakennusautomaatiojärjestelmässä käytetyt laitteet. Laitelistaan tulee lisätä kaikki automaatiourakoitsijan toimituksessa olevat laitteet, kuten alakeskuslaitteet, kenttälaitteet ja venttiilit. Laitelista on nopea tehdä hyödyntäen tarjousvaiheessa tehtyä laskentadokumenttia. Laskentadokumenttiin on jo aikaisemmin laskettu kaikki urakassa toimitettavat laitteet, joten ne tulee vain kopioida laitelistaa varten. Laitelistaan lisätään kunkin laitteen laitetunnus, laitteen valmistaja, malli, sekä lyhyt kuvaus laitteen tarkoituksesta. Laitelista on hyödyllinen dokumentti huollon kannalta, sillä siitä selviää rikkoutuneen laitteen tilalle tilattava varaosa.

Urakoitsija saattaa myös vaatia hälytyslistan toimitettavaksi luovutusdokumenteissa. Hälytyslistaan lisätään kaikki rakennusautomaatiojärjestelmän hälytykset. Hälytyslistaan lisätään hälytyksen pistetunnus, hälytysteksti/hälytyksen kuvaus, hälytysprioriteetti ja hälytysryhmä.

## 6 Lopputulokset

Opinnäytetyössä oli tarkoitus kehittää rakennusautomaatiourakan suunnittelua yrityksessä siten, että työn tuloksena jäisi suunnittelijan käsikirja, jota uudet suunnittelijat voisivat käyttää apunaan rakennusautomaatiourakoiden suunnitteluun. Työssä eli käsikirjassa, käydään rakennusautomaatiourakan suunnittelun eri vaiheet läpi. Vaiheiden työtehtävistä ja haasteista puhutaan jokaisessa eri suunnitteluvaiheen kohdassa. Työvaiheita käydään esimerkein ja perustellen läpi, jotta työvaiheen tarkoitus ja merkitys tulee lukijalle selväksi. Työn luotettavuuden kannalta lähteet ovat pääsääntöisesti luotettavia. Työn käytännön puolen luotettavuutta taas ei juuri voida arvioida, sillä teksti perustuu suurimmaksi osaksi omaan kokemukseeni automaatiourakoiden parissa. Tieto on



kuitenkin peritty toimeksiantajayrityksessä työskennellessä, 1 vuoden aikaisemmalla työkokemuksella.

Työssä oli tavoitteena myös vastata kahteen tutkimuskysymykseen. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tehtävänä, oli tarkoitus selvittää rakennusautomaatiourakan haastavimmat tai eniten aikaa kuluttavat työn vaiheet. Työstä selvisi, että väylälaitteiden laitteistosuunnittelu, sekä toiminnallisuuksien testaus voi aiheuttaa haasteita ja täten kuluttaa urakkaan laskettuja resursseja.

Väylälaitteiden laitteistosuunnitteluun haasteita aiheuttaa useampi tekijä. Yhtä väylää varten, tulee selvittää väylään kytkettävien laitteiden yhteensopivuus, väylälaitteiden määrä, sekä väylän kokonaispituus, kun väylälaitteet kytketään yhteen linjaan. Kaikki edellä mainitut tekijät tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan yhteen väylään liitettäviä laitteita. Kaikki väylälaitteet tulee käydä heti järjestelmän suunnittelun alussa läpi, jotta saadaan selville, montako kappaletta väyliä tarvitaan rakennusautomaatiojärjestelmään. Kehitysideana väylälaitteiden laitteistosuunnitteluun onkin juuri edellä mainittu kohta, eli väylälaitteet tulee ottaa heti järjestelmän suunnittelun alussa huomioon. Järjestelmän ominaisuuksien puutteellisuus myöhemmin rakennusautomaatiourakan aikana voi tulla kalliiksi, jos järjestelmään joudutaan lisäämään lisämoduuleita ylimääräisiä väyliä varten.

Toiminnallisuuksien testaamisessa huomattiin myös kehityksen tarvetta. Testausvaiheessa on usein unohtunut testata joitakin toiminnallisuuksia, jotka ovat sitten aiheuttanut kiirettä myöhemmin rakennusautomaatiourakan loppuvaiheilla. Toiminnallisuudet kannattaakin testata huolellisesti, sillä niiden puutteellisuus tulee melko varmasti ilmi toimintakoevaiheessa. Toimintakoevaiheen jälkeen rakennusautomaatiojärjestelmän korjausaikaa on rajallisesti. Kehityksenä tähän kohtaan, työssä luotiin toiminnallisuuksien testaamista varten Excel-dokumentit. Excel-dokumenteissa on rajattu toiminnallisuuksien testauspöytäkirjat siten, että ilmanvaihtokoneille ja lämmönjaoille on omat pöytäkirjat. Toiminnallisuuksia on usein rakennusautomaatiourakoissa enemmänkin, kuin vain ilmanvaihdon ja lämmönjaon toiminnallisuudet, mutta koska niitä ei välttämättä urakassa ole, niin niille pöytäkirjojen luontia ei nähty tarpeelliseksi.

Tietoperustassa käytiin läpi lyhyesti läpi rakennusautomaation merkitys, sekä tyypillisen rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne ja sen suunnittelu. Tietoperustassa on myös selvitetty Ouman

Ouflex-järjestelmän alakeskuslaitteet, sekä tavalliset rakennusautomaation kenttälaitteet. Työssä keskityttiin Ouman Ouflex-järjestelmällä urakan toteuttamiseen, sillä toimeksiantajayritys toteuttaa rakennusautomaatiourakoita vain kyseisellä järjestelmällä. Tietoperusta tukee siis työn aihetta ja käytetyt lähteet ovat pääsääntöisesti hyvin luotettavia, sillä työssä on käytetty suurimmaksi osaksi Sähköinfo Oy:n julkaisemia tuotoksia.

## **7 Pohdinta**

Työn tavoitteena oli selvittää rakennusautomaatiourakan suunnittelun eri työvaiheet ja siinä syntyvät haasteet. Tavoitteena oli myös toteuttaa automaatiosuunnittelijan käsikirja, jota tulevat toimeksiantajayrityksen automaatiosuunnittelijat voisivat käyttää apunaan urakoissa. Työssä käytettiin apuna tietoperustaa, sekä referenssiurakoita, joita olin jo aikaisemmin toteuttanut. Työn tuloksena oleva käsikirja on mielestäni tarpeeksi kattava, jotta siitä saa kokematon automaatiosuunnittelija käsityksen rakennusautomaatiourakan suunnittelusta.

Tutkimuskysymyksiinkin saatiin kaksi vastausta. Työssä olisi ollut mahdollisuus tutkia myös laajemmin rakennusautomaatiourakan suunnittelun haasteita, mutta työn rajauksen kannalta, työ on mielestäni tarpeeksi laaja. Jatkokehitystä varten, voisi miettiä esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden PID-säätöjen viritysten kehitystä, tai sovellusohjelman kehitystä. Kaikin puolin työn tavoitteet saavutettiin siis mielestäni hyvin ja oman kehityksen kannalta työ oli hyvinkin aiheellinen ja onnistunut.

## Lähteet

Flex Combi 21. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024.

[https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1288C\\_FLEX-COMBI-21\\_FIN-ENG-SWE\\_Aktiv-grotesk.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1288C_FLEX-COMBI-21_FIN-ENG-SWE_Aktiv-grotesk.pdf#page=)

Flex Combi 32. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024.

[https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1289C\\_FLEX\\_COMBI32\\_FIN-ENG-SWE\\_PRINT.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1289C_FLEX_COMBI32_FIN-ENG-SWE_PRINT.pdf#page=)

Flex UI 16. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024. [https://ouman.fi/wp-content/uploads/2023/06/XM1287C\\_FLEX\\_UI16\\_FIN-ENG-SWE\\_Aktiv-grotesk.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2023/06/XM1287C_FLEX_UI16_FIN-ENG-SWE_Aktiv-grotesk.pdf#page=)

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

Kompakti vapaasti ohjelmitava automaatiolaite. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla.

Viitattu 7.1.2024. [https://ouman.fi/wp-content/uploads/2020/11/YM0014B\\_-Ouflex-M-BA\\_User-manual\\_FIN\\_v.2.9.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2020/11/YM0014B_-Ouflex-M-BA_User-manual_FIN_v.2.9.pdf#page=)

Kompakti vapaasti ohjelmitava automaatioyksikkö. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla.

Viitattu 7.1.2024. [https://ouman.fi/wp-content/uploads/2023/08/YM0007C\\_Ouflex-A\\_XL\\_User-manual\\_FIN.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2023/08/YM0007C_Ouflex-A_XL_User-manual_FIN.pdf#page=)

Ouman Flex AO8. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024.

[https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1262.02\\_FLEX-AO8\\_FIN-ENG-SWE\\_PRINT-A5.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1262.02_FLEX-AO8_FIN-ENG-SWE_PRINT-A5.pdf#page=)

Ouman Flex DO4-R. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024.

[https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1263B\\_FLEX-DO4-R\\_FIN-ENG-SWE\\_PRINT\\_A5.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1263B_FLEX-DO4-R_FIN-ENG-SWE_PRINT_A5.pdf#page=)

Ouman Flex DO4-TRS. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024.

[https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM12642B\\_FLEX-DO4-TRS\\_FIN-ENG-SWE\\_PRINT\\_A5.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM12642B_FLEX-DO4-TRS_FIN-ENG-SWE_PRINT_A5.pdf#page=)

Ouman Flex UI8. N.d. Käyttöohje Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024.

[https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1261.02\\_FLEX-UI8\\_FIN-ENG-SWE\\_PRINT-A5.pdf#page=](https://ouman.fi/wp-content/uploads/2018/08/XM1261.02_FLEX-UI8_FIN-ENG-SWE_PRINT-A5.pdf#page=)

Pulkkinen, H. 2022. ST 701.32 Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. Espoo: Sähköinfo Oy.

Rakennusautomaatio. N.d. Artikkelit DDC-Tekniikka Oy:n internetsivustolla. Viitattu 17.2.2024.

<https://ddc-tekniikka.fi/rakennusautomaatio/>

Rakennusautomaatio tarjoaa vastuullisia ja energiatehokkaita kiinteistöjä. N.d. Artikkelin Bravida Finland Oy:n internetsivustolla. Viitattu 17.2.2024. <https://www.bravida.fi/tarjontamme/rakennusautomaatio/>

Säätyvä jäätymisvaaratermostaatti JVS 24. 2014. Tekninen esite Pro dual Oy:n internetsivustolla. Viitattu 17.3.2024. <https://produal-pim.rockon.io/rockon/api/v1/int/extmedia/open-File/01TGWJBKFZVGIQSUBIZVAYWPKASYNV23F4>

Vapaasti ohjelmitava automaatiojärjestelmä. N.d. Artikkelin Ouman Oy:n internetsivustolla. Viitattu 7.1.2024. <https://ouman.fi/tuotteet/vapaasti-ohjelmitava-automaatiojarjestelma/>

Älykäs rakennusautomaatio on yksi nopeimmin kasvavista talotekniikan osa-alueista. 2022. Artikkelin Bravida Finland Oy:n internetsivustolla. Viitattu 17.2.2024. <https://www.bravida.fi/lehdisto/uutiset/2022/alykas-rakennusautomaatio-on-yksi-nopeimmin-kasvavista-talotekniikan-osa-alueista/>