

**Janne Palosaari**

**OY NAUTOR AB:N RAKENNUSAUTOMAATIOSENEERAUS**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2019**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Huhtikuu 2019	<b>Tekijä/tekijät</b> Janne Palosaari
<b>Koulutusohjelma</b> Automaatiotekniikka		
<b>Työn nimi</b> OY NAUTOR AB:N RAKENNUSAUTOMAATIOSANEERAUS		
<b>Työn ohjaaja</b> Hannu Ala-Pönttiö	<b>Sivumäärä</b> 26	
<b>Työelämäohjaaja</b> Tero Kangasvieri		
<p>Tämä opinnäytetyö käsitteli Pietarsaaressa sijaitsevan Oy Nautor Ab:n rakennusautomaation saneerausta ja sen etenemisestä. Saneerauksen tavoite oli uudistaa vanha rakennusautomaatiojärjestelmä uusilla laitteistoilla ja ohjelmalla, koska vanha järjestelmä alkoi olla elinkaarensa lopussa eikä toiminut enää luotettavasti. Kiinteistön vanha järjestelmä ohjasi pääsääntöisesti kohteen ilmastointia ja lämmönjakelua, mutta automatiikka ohjasi myös paljon muita sähkölaitteita, kuten kiertoilmakojeita ja valoja.</p> <p>Opinnäytetyön alussa kerrotaan ensin rakennusautomaation taustoista ja sen avulla saavutetuista hyödyistä. Tämän jälkeen työssä kuvataan lyhyesti nykyisten rakennusautomaatiojärjestelmien rakennetta ja mitä ne pitävät sisällään. Tarkoituksena on, että lukijalle muodostuu kuva rakennusautomaation sisällöstä, jotta käytännön osuuden ymmärtäminen olisi selkeämpää.</p> <p>Käytännön osuudessa kuvataan Nautorin saneerauksen etenemistä. Työssä tutustutaan projektin eri työvaiheisiin, kuten suunnitteluun, ohjelmointiin ja testaamiseen sekä kuvaillaan niiden onnistumista. Kohde sisälsi neljä eri tuotantohallia, mutta selkeyden vuoksi työssä keskitytään kertomaan tarkemmin vain yhden hallin saneerauksesta. Saneerauksen edistymisestä muiden hallien osalta kerrotaan lyhyesti käytännön osuuden lopussa.</p> <p>Saneeraus onnistui hyvin, vaikka projektin valmistuminen venyi muutaman kuukauden verran suunniteltua pidemmäksi. Uusi järjestelmä toimii samanlailla kuin vanhakin, mutta se on luotettavampi ja vastaa nykypäivän standardeja rakennusautomaatiolle.</p>		
<b>Asiasanat</b> automaatio, ilmastointi, lämmitys, rakennusautomaatio		

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> April 2019	<b>Author</b> Janne Palosaari
<b>Degree programme</b> Automation Technology		
<b>Name of thesis</b> OY NAUTOR AB BUILDING AUTOMATION RENOVATION		
<b>Instructor</b> Hannu Ala-Pöntiö	<b>Pages</b> 26	
<b>Supervisor</b> Tero Kangasvieri		
<p>This thesis describes the building automation renovation of Oy Nautor Ab located in Pietarsaari, Finland. The objective of this renovation was to replace the old automation system with a new hardware and rewrite the program for it, because the old system was at the end of its life cycle and began to be too unreliable to use. The old system controlled mainly the ventilation and heat distribution of the production halls but there were also many electric devices, such as air heaters and lights, controlled by the same system.</p> <p>The thesis begins by describing what building automation is and what benefits it grants. After this, the paper explains shortly about the structure of present-day automation systems in order to give the reader a general understanding about the content of building automation and to make it easier to understand the practical part of the thesis.</p> <p>The practical part of the paper focuses on explaining the progress of Nautor's renovation. This part of the paper introduces the different phases of the project such as planning, programming and testing. There were four production halls in total, but for the sake of simplicity the paper only focuses on one of them. The progression of the rest of the renovation is mentioned briefly at the end of the practical part.</p> <p>The renovation was successful even though the deadline had to be extended by a couple of months. The new system works the same ways as the old one, but it is more reliable and meets the today's standards for building automation.</p>		

<p><b>Key words</b> automation renovation, building automation, heating, ventilation</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

<b>AI</b>	Analog input, analoginen tulo
<b>AO</b>	Analog output, analoginen lähtö
<b>DI</b>	Digital input, digitaalinen tulo
<b>DO</b>	Digitaalinen output, digitaalinen lähtö
<b>I/O</b>	Input/Output, tulo/lähtö
<b>IV-Kone</b>	Ilmanvaihtokone
<b>LTO</b>	Lämmöntalteenotto
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol / Internet Protocol, Internet-liikennöintiprotokolla
<b>LAN</b>	Local Area Network, lähiverkko
<b>RAU</b>	Rakennusautomaatio
<b>VAK</b>	Valvonta-alakeskus
<b>VPN</b>	Virtual Private Network. Julkisen verkon ylittävä yksityinen verkkoyhteys.

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 RAKENNUSAUTOMAATION HISTORIA JA KEHITYS.....</b>	<b>2</b>
<b>3 AUTOMAATION MERKITYS ENERGIANKULUTUKSESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>4 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Hallintotaso.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2 Automaatiotaso.....</b>	<b>7</b>
<b>4.3 Kenttätaso .....</b>	<b>7</b>
<b>5 AUTOMAATION SANEERAUS .....</b>	<b>9</b>
<b>6 PROJEKTIN ALOITUS JA ETENEMINEN .....</b>	<b>11</b>
<b>6.1 Suunnittelu.....</b>	<b>11</b>
<b>6.2 Ohjelmointi .....</b>	<b>14</b>
<b>6.2.1 Ilmanvaihtokoneet.....</b>	<b>15</b>
<b>6.2.2 Lämmönjakojärjestelmä .....</b>	<b>18</b>
<b>6.2.3 Sähkö- ja erillispisteet.....</b>	<b>19</b>
<b>6.3 Asennus ja kytkentä.....</b>	<b>20</b>
<b>6.4 Testaus ja käyttöönotto.....</b>	<b>21</b>
<b>7 PROJEKTIN JATKO MUIDEN HALLIEN OSALTA.....</b>	<b>23</b>
<b>8 YHTEENVETO .....</b>	<b>25</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>27</b>
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. Vanha ja uusi pistelista.....	12
KUVA 2. MIO-52 moduuli.....	14
KUVA 3. Nautor D-halli TK3 IV-kone .....	17
KUVA 4. Kuvakaappaus vanhasta lämmönjaon grafiikkasivusta .....	18
KUVA 5. Vanha ja uusi alakeskus.....	21
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne .....	6
KUVIO 2. Yksinkertainen IV-kone .....	15

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö kertoo Pietarsaassa sijaitsevan Oy Nautor Ab:n rakennusautomaation saneerauksesta ja sen etenemisestä. Saneeraukseen kuului kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää ohjaavien yhdeksän valvonta-alakeskusten uusiminen ja niiden uudelleen ohjelmointi. Kiinteistön vanha järjestelmä ohjasi pääsääntöisesti neljän tuotantohallin ilmastointia ja lämmönjakelua, mutta automatiikassa oli kiinni myös paljon sähköpisteitä, kuten kiertoilmapuhaltimia ja valo-ohjauksia. Saneeraukseen päädyttiin, koska vanha automatiikka ohjaava järjestelmä alkoi olemaan elinkaarensa lopussa eikä sen toimivuuteen voitu enää luottaa. Saneerauksen tavoite oli säilyttää vanhan järjestelmän toimintatapa ja automaatiolaitteet mutta uusia niitä ohjaavat alakeskukset nykyaikaisella järjestelmällä, jota olisi helpompi ja luotettavampi käyttää.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan ensin rakennusautomaation taustoista ja kuinka automaatiolla saadaan parannettua kiinteistöjen energiatehokkuutta esimerkiksi optimoimalla kiinteistön laitteiden käyttöä. Tämän jälkeen työssä kuvataan lyhyesti nykyisten rakennusautomaatiojärjestelmien rakennetta ja perehdytään syvemmin järjestelmän sisältämiin tasoihin ja laitteisiin. Tarkoituksena on, että lukijalle muodostuu kattava kuva rakennusautomaation sisällöstä, jotta käytännön osuuden ymmärtäminen olisi selkeämpää. Teoriaosan lähteinä käytettiin pääsääntöisesti sähköinfon ST-käsikirjat-sarjan teoksia. Tärkein lähde oli ST-käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät, joka sisältää kattavan kuvauksen nykypäivän rakennusautomaatiosta.

Käytännön osuudessa kuvataan saneerauksen lähtötilannetta ja etenemistä. Työssä tutustutaan projektin eri työvaiheisiin kuten suunnitteluun, ohjelmointiin ja testaamiseen sekä kuvaillaan niiden onnistumista. Kohde sisälsi yhdeksän valvonta-alakeskusta, jotka jakautuivat neljälle eri tuotantohallille, mutta selkeyden vuoksi työssä keskitytään kertomaan tarkemmin vain yhden hallin saneerauksesta. Saneerauksen edistymisestä muiden hallien osalta kerrotaan lyhyesti käytännön osuuden lopussa. Lopussa pohditaan koko projektin onnistumista ja mitä kehitysideoita omasta työskentelystä heräsi projektin aikana.

## 2 RAKENNUSAUTOMAATION HISTORIA JA KEHITYS

Rakennusautomaation juuret ulottuvat aina 1900-luvun alkupuolelle asti. Tuolloin prosessien tärkeitä mittausrvoja, kuten lämpötilaa ja painetta, säädettiin manuaalisesti käsiventtiilien ja muiden laitteiden avulla seuraamalla mittareiden osoittamia lukemia. Ensimmäisen maailmansodan jälkeen lämpötilojen, virtauksien ja pinnankorkeuksien käsisäätö alkoi hitaasti automatisoitua, mutta rakennusautomaation todellinen kehitys alkoi vasta 1950- ja 1960-lukujen aikana. Rakennusten ilmanvaihtotekniikan koneistuminen loi tarpeen kehittää luotettavan tavan säätää automaattisesti ilmanvaihtokoneiden lämmityspatte-  
reiden lämmitystä. Automaattisen säädön luotettavuutta lisäsi huomattavasti mikroprosessorien kehitys ja 1960-luvulla hyväksytty 4...20 mA:n analogisignaalistandardi. (Piikkilä 2012, 23.)

Säätötekniikan nopea kehitys ei kuitenkaan tuonut helpotusta ohjaus- ja valvontapuolelle. Asetusarvojen muuttaminen hoidettiin kömpelösti potentiometriä avulla ja paikan päällä saattoi olla vain hälytyskeskus, joka ilmoitti merkkivaloilla, jos prosessissa oli jotain vikaa. Kohteiden valvonta ja järjestelmän ohjaus oli työlästä varsinkin silloin, kun kohteet olivat suuria tai silloin, kun valvottavia kohteita oli useita. Syntyi tarve kehittää järjestelmä, jolla pystyttiin säätämään, ohjaamaan ja valvomaan talotekniikan toimintaa selkeämmin ja helpommin. 70-luvun lopulla rakennettiin ensimmäiset keskitetyt talovalvontajärjestelmät, joissa useita kohteita pystyttiin liittämään yhteen valvomoon. Järjestelmän suurin etu oli se, että nyt kaikki talotekniikan kannalta tärkeät hälytykset, mittaukset ja tilatiedot saatiin keskitettyä yhteen paikkaan, mikä helpotti järjestelmän ohjaamista ja nopeutti vikatilanteisiin reagoimista. (Piikkilä 2012, 23 - 24.)

Rakennusautomaation seuraava haaste oli valvomoiden vaatima suuri kaapelimäärä. Analogiatekniikalla toteutettu järjestelmä vaati jokaiselle mittaus-, hälytys-, indikointi- ja käyntitiedolle oman kaapeliparinsa. Tästä johtuen valvomoon saattoi joskus tulla jopa 100-parinen runkokaapeli kentältä, jotta kaikki pisteet saatiin liitettyä valvontajärjestelmään. Mahdollisuus vähentää kaapelien määrää syntyi, kun digitaalinen tiedonsiirto ja ohjelmointitekniikka alkoivat kehittymään. Markkinoille alkoi ilmestyä ohjelmoitavia alakeskuksia, jotka tukivat digitaalista tiedonsiirtoa. Ideana oli, että suurin osa kentältä tulevista säätö-, ohjaus-, indikointi- ja hälytyspisteistä tuodaan lähellä olevalle ohjelmoitavalle alakeskukselle, josta sitten lähtisi vain muutama tiedonsiirtokaapeli valvomotietokoneelle. Tiedonsiirto oli täysin digitaalista valvomon ja alakeskuksen välillä. Tietokoneen järjestelmällä pystyi seuraamaan alakeskukselle tuotujen mittausten ja tilatietojen arvoja ja asettamaan uusia asetusarvoja prosessille. Uusi tekniikka oli

kuitenkin kallista ja teknisesti vaikea toteuttaa, joten alakeskusten määrä pyrittiin pitämään aluksi mahdollisimman pienenä. Kuitenkin digitaalitekniikan nopea kehitys ja yleistyminen alkoivat painamaan hintoja alaspäin, ja pian yhä useampi kohde toteutettiin ohjelmoitavilla alakeskuksilla. (Piikkilä 2012, 24.)

Tietotekniikan kehitys avasi rakennusautomaatiolle uusia mahdollisuuksia. Useita kiinteistöjä pystyttiin liittämään yhteen valvomoon puhelinlinjoja pitkin. Valvomoiden hälytyksiä pystyttiin siirtämään eteenpäin erilaisille päivystyskeskuksille, joiden päässä päivystäjät seurasivat kohteiden hälytyksiä ympäri vuorokauden ja tarpeen tullen hälyttivät talonmiehen paikalle. GSM-verkon tulo mahdollisti myös automaattisten hälytysten lähettämisen esimerkiksi tekstiviestillä suoraan talonmiehelle. Ohjelmaan pystyi asettamaan halutut hälytykset tekstiviestilistoille, joiden avulla valvomo lähetti automaattisesti hälytyksen tullessa viestin valittuihin numeroihin, jossa luki selkeästi kohde sekä hälytyksen kuvaus. 1990-luvun aikana rakennusautomaatin perustoteutusmalliksi vakiintui vieläkin käytetty kolmitasoinen hierarkia, joka koostuu hallintotasosta, automaatiotasosta ja kenttälaitetasosta. (Piikkilä 2012, 24.)

Rakennusautomaation viimeisimmän kehitysaskelen sai aikaan verkkoyhteyksien huima kehitys. Langaton Internet antoi ratkaisun kiinteistöjen omistajien jo kauan kaipaamaan kaukovalvontaongelmaan. Kaupungit, kunnat sekä muut useiden kiinteistöjen omistajat olivat jo pitkään kaivanneet mahdollisuutta valvoa ja ohjata keskitetysti kaikkia omistuksessaan olevia kiinteistöjä riippumatta niiden sijainnista. Verkkoyhteyksien avulla yhdestä päävalvomosta pystyttiin etänä kirjautumaan halutun kohteen valvomoon ja sitten ohjaamaan järjestelmää sieltä käsin. Samaan tapaan valvomot voivat lähettää esimerkiksi kuukausiraportin kaukolämmönenergiakulutuksesta yhdelle tietokoneelle, joka tallentaa raportit ja josta ne on siten helppo tarpeen mukaan noutaa. (Piikkilä 2012, 25.)



### 3 AUTOMAATION MERKITYS ENERGIANKULUTUKSESSA

Energiakulutuksen pienentäminen on yksi rakennusautomaation keskeisimmistä tehtävistä. Rakennusten kuluttama energia kattaa 40 prosenttia Euroopan energiankulutuksesta, mikä on enemmän kuin liikenteen tai teollisuuden osuus. Rakennusten suurelle energiankulutukselle ei yleensä ole yhtä selittävää tekijää vaan se on ilmastoinnin, lämmityksen, jäähdytyksen, laitteiden ja valojen energiankulutuksen summa. Hyvään energiatehokkuuteen pyrittäessä tulee panostaa näihin kaikkiin osa-alueisiin tasapuolisen vahvasti. On myös kiinnitettävä huomiota siihen, ettei rakennuksen kaksi eri säätöverkostoa mene päällekkäin päälle esimerkiksi niin, että lattialämmitys pyrkii lämmittämään huoneita samaan aikaan, kun ilmastointi yrittää viilentää tiloja. Kaikkien osa-alueiden yhtäaikainen energiatehokas toiminta ei olisi käytännössä mahdollista ilman toimivan automaatiojärjestelmän käyttöä. (Liedes 2014, 1.)

Rakennusautomaatiolla on kolme keskeistä roolia energiatehokkuuden parantamisessa. Ensimmäinen näistä on prosessien optimointi. Optimoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi sisävalojen käytön vähentämistä ohjaamalla niitä liiketunnistimien avulla tai ilmastoinnin turhan käytön vähentämistä säätämällä puhaltimien tehoa hiilidioksidimittausten perusteella. Laitteiden ja prosessien tuottamaa hukkalämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi ilmastoinnin tuloilman lämmittämiseen. Järjestelmän ohjelmistoon voidaan toteuttaa monimutkaisia säätö- ja ohjaustapoja, joilla turha lämmittäminen ja jäähdyttäminen voidaan estää ja energiankulutus minimoida. (Piikkilä 2012, 51.)

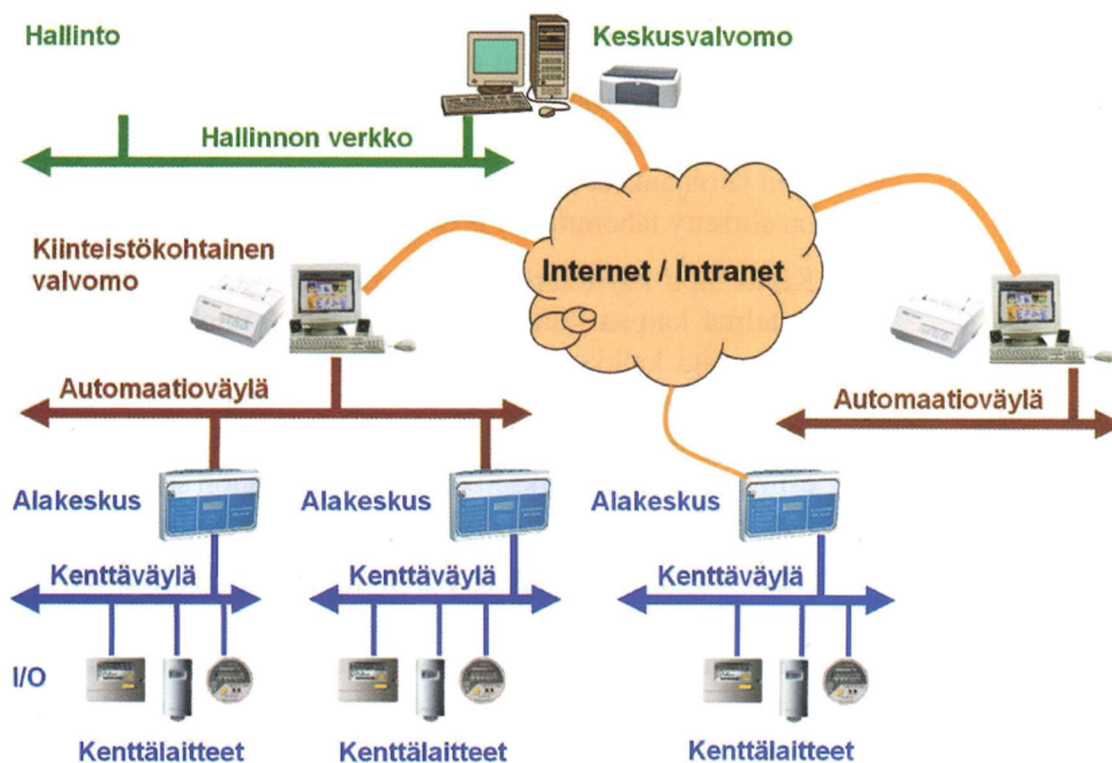
Optimoinnilla saavutetut hyödyt valuvat kuitenkin nopeasti hukkaan, jos järjestelmä ei vian takia toimi suunnitellulla tavalla. Vuotava venttiili, käsin päälle jäänyt laite tai rikkoutunut toimilaite voi nopeasti aiheuttaa piikin energiankulutuksessa. Viat voivat usein olla lähes huomaamattomia rakennuksen käyttäjille, ja esimerkiksi vuotava venttiili voi pahimmillaan paljastua vasta energiankulutuksen vuosiraporttien yhteydessä. Tästä syystä rakennusautomaation toinen tärkeä tehtävä on prosessien valvonta ja hälytysten listaaminen. Hälytyslistojen avulla järjestelmän valvojan on helppo havaita vikatilanteet ja reagoida niihin nopeasti. Järjestelmä hälyttää laitevioista, poikkeavista lämpötiloista, liian alhaisista hyötysuhteista ja muista rakennuksen käytön kannalta tärkeistä asioista. Hälytysten lisäksi järjestelmään tehdään myös selkolukuisia grafiikkasivuja kohteen eri osista, joista on helppo seurata ja ohjata koko automaatiojärjestelmän toimintaa. (Piikkilä 2012, 52.)

Automaation kolmas rooli energiatehokkuuden lisääjänä on raportointi ja informaation tuottaminen. Järjestelmä voidaan laittaa keräämään esimerkiksi energian- ja vedenkulutusmittareiden lukemia muistiin

pitkältä aikaväliltä. Kerätyistä tiedoista voidaan sitten muodostaa helposti monipuolisia raportteja, joilla voidaan arvioida rakennuksen energiatehokkuutta ja toimivuutta. Kiinteistöjen omistajat voivat olla hyvinkin kiinnostuneita eri järjestelmien energiankulutuksesta, ja automaatiojärjestelmän avulla esimerkiksi vuosiraporttien muodostaminen on helppoa. Järjestelmissä on myös yleensä trendinpiirtotoimintoja, joilla voidaan tarkastella vaikkapa lämmityspatterin säädön toimintaa tunnin ajanjaksolta ja sen perusteella optimoida säätöä, jos tarve vaatii. Kerättyjen mittausten historiatiedot ovat myös korvaamaton apu satunnaisesti esiintyvien häiriötilanteiden analysointiin. (Piikkilä 2012, 52.)

## 4 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Nykyiset rakennusautomaatiojärjestelmät tehdään yleensä kolmihierakisella toteutustavalla, joka koostuu kenttä-, automaatio- ja hallintotasosta (KUVIO 1). Ylimmäisenä hierarkiassa toimii hallintotaso, joka sisältää yleensä tietokoneen, josta koko järjestelmää voidaan seurata, ohjata ja säätää. Keskimmäisessä automaatiotasossa ovat kaikki kiinteistön alakeskukset, jotka sisältävät järjestelmän ohjelman ja älyn. Hierarkian alimmaisena on kenttätaso, joka pitää sisällään kaikki mittarit, moottorit ja toimilaitteet. Hallinto- ja automaatiotasoon välistä yhteyttä kutsutaan automaatioväyläksi ja automaatio- ja kenttätason välistä kaapelointia kutsutaan kenttäväyläksi. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 10.)



KUVIO 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne (mukaiillen Piikkilä & Sahlstén 2017, 10)

### 4.1 Hallintotaso

Hallintotaso toimii järjestelmän käyttäjärajapintana. Kiinteistössä on yleensä yksi PC-valvomo, joka on automaatioväylän kautta yhteydessä alakeskuksiin. Valvomo sisältää grafiikkakuvia kiinteistön eri prosesseista, joiden avulla on helppo seurata järjestelmän toimintaa ja josta käyttäjä voi tehdä halu-

amiaan muutoksia kohteen asetusarvoihin, kuten huonelämpötiloihin, aikaohjelmiin ja ilmastoinnin tehokkuuteen. Valvomoon tulee näkyviin myös kaikki kohteen hälytykset, jotta vikatilanteet huomattaisiin helposti ja niihin voidaan puuttua nopeasti. Jokaiselle hälytykselle annetaan oma hälytysluokkansa, jolla kuvataan hälytyksen vakavuutta. Pienen prioriteetin hälytykset listataan normaalisti, kun taas tärkeämmistä hälytyksistä voidaan vielä erikseen lähettää ilmoitusviesti suoraan kiinteistöhoitajalle tai hälytyspäivystäjälle. Valvontaohjelma sisältää usein myös erilaisia trendi- ja historiankeruusovelluksia, joita voidaan käyttää vikojen etsimiseen ja raporttien luomiseen.

Hallintatasoon kuuluu myös kohteen mahdollinen kaukovalvomo. Esimerkiksi kunnilla tai suurilla liikeyhdistyksillä voi olla vielä erikseen oma päävalvomonsa, josta pääsee etänä katsomaan ja ohjaamaan kaikkia siihen yhdistettyjä kohteita. Kohteen järjestelmää voidaan ohjata päävalvomosta samanlailla kuin paikallisesta valvomosta, ja yleensä sitä käytetään hälytyspäivystykseen tai vikatilanteiden etäkorjaamiseen. (Piikkilä 2012, 93.)

## **4.2 Automaatiotaso**

Automaatiotaso koostuu alakeskuksista ja niiden sisältämistä I/O-moduuleista. Alakeskukset sisältävät rakennusautomaatiojärjestelmän älyn eli ohjelman, joka ohjaa I/O-moduuleiden avulla kiinteistön prosesseja, kuten IV-koneiden käyntiä ja lämmitysverkostojen säätöjä. Yleensä keskukset sijoitetaan lämmönjakohuoneisiin tai ilmastointikonehuoneisiin, jotta ne olisivat mahdollisimman lähellä ohjattavia laitteita. Keskukset kommunikoivat keskenään ja valvomon kanssa nykyisin yleensä TCP-IP protokollan avulla yhteisessä LAN-verkossa. Alakeskukset lukevat moduuleille tuotuja mittauksia ja lähettävät ne eteenpäin valvomolle ja tarvittaessa muillekin alakeskuksille. Esimerkiksi ulkolämpötila mitataan yleensä vain yhdelle alakeskukselle, joka sitten jakaa mittaustiedon kaikille muille keskuksille. (Harju 2006, 80 - 83.)

## **4.3 Kenttätaso**

Kenttätaso sisältää kaikki anturit, moottorit, toimilaitteet, puhaltimet ja pumput, joita alakeskus ohjaa tai lukee. Jokaiselta kenttälaitteelta tuodaan oma kaapelinsa alakeskukseen, joka sitten kytketään kiinni I/O-moduuleihin. Kaapelit välittävät mittaus-, ohjaus-, indikointi ja säätöviestejä kenttälaitteiden ja moduulien välillä. Kenttätasolta voi nykyisin myös löytää väyläprotokollalla ohjattuja kenttälaitteita. Tällaiset

laitteet ovat yleensä älykkäitä huonesäätimiä, taajuusmuuntajia tai pieniä paketti-IV-koneita. Laitteet sisältävät väyläkommunikointikortin, jolla laite saadaan yhdistettyä alakeskuksen kenttäväylään. Väylätekniikka mahdollistaa laitteiden monipuolisen säädön ja ohjauksen pienillä kaapelimäärillä, mutta toisaalta se usein monimutkaistaa järjestelmää entisestään ja vaikeuttaa varsinkin vikojen etsintää. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 33.)

## 5 AUTOMAATION SANEERAUS

Rakennusautomaatiosaneerauksella voidaan tarkoittaa joko vanhan automaatiojärjestelmän uusimista tai vaikkapa laajennuksen yhteydessä tulleiden uusien laitteiden lisäämistä vanhaan järjestelmään. Saneeraus tehdään yleensä silloin, kun vanha järjestelmä hajoaa, kiinteistön energiatehokkuutta halutaan parantaa tai jos asiakas haluaa päivittää kiinteistön nykyaikaisen tekniikan tasolle. Saneerauksen laajuuteen vaikuttaa merkittävästi vanhojen laitteiden ja kaapelien kunto sekä asiakkaan omat toiveet. Saneerausta mietittäessä on hyvä kiinnittää huomioita ainakin seuraaviin asioihin.

- Jos saneeraus koskee lisäyksiä, voidaanko ne liittää jo olemassa olevaan RAU-järjestelmään?
- Mikä on nykyisten toimilaitteiden, venttiilien, moottorien ja anturien kunto?
- Onko saneerattavan kiinteistön valvomoon liitetty muitakin kiinteistöjä ja voidaanko valvomoa päivittää?
- Kuinka paljon vanhan järjestelmän osista, kuten valvomosta, alakeskuksista ja kaapeleista, voidaan hyödyntää uudessa järjestelmässä?
- Onko vanhan järjestelmän laitteissa ilmennyt ongelmia, ja jos on, niin mitä?
- Ovatko vanhan järjestelmän luovutusasiakirjat paikkansapitäviä?
- Onko kiinteistössä sähkö- ja LVI-korjaustöitä, jotka täytyy saada kuntoon ennen kuin automaatio voi toimia kunnolla?

Kun saneerauksen tarvekartoitus on saatu valmiiksi, aletaan tekemään kustannusarviointia. Arviointiin vaikuttavat kaikki yllä mainitut kohdat sekä asiakkaan vaatimukset uuden järjestelmän osalta. Lisäksi saneerauksen yhteydessä voidaan ehdottaa pieniä lisäinvestointeja kiinteistön energiakulutuksen säästämiseksi, esimerkiksi hiilidioksidimittareiden käyttöä ilmaston säätämiseen. (Piikkilä 2012, 184.)

Seuraavaksi opinnäytetyössä keskitytään kuvaamaan automaatiosaneerauksen toteuttamista käytännössä kertomalla Pietarsaareissa sijaitsevan Oy Nautor Ab rakennusautomaation saneerauksesta. Nautor on vuonna 1966 perustettu veneveistämö, joka rakentaa Swan-merkkisiä ylellisiä purjevereneitä. Kiinteistöstä löytyy suuret tuotantotilat, konttoriosastoja ja sosiaalityötiloja. Kiinteistön ilmastointia ja lämmönjakelua ohjaava rakennusautomaatiojärjestelmä alkoi olla todella vanhaa ja sen toiminnassa alkoi ilmetä ongelmia. Vuoden 2018 kesän lopulla ukkonen onnistui rikkomaan Nautorilla kaksi alakeskusta, jotka ohjasivat yhden tuotantohallin rakennusautomaatiikkaa. Sen seurauksena hallilta katkesi kokonaan ilmastointi, lämmönjako ja valojen ohjaus sekä koko järjestelmän automaatioväylä vioittui.

Alakeskusten rikkoutumisen jälkeen Nautor pyysi apua Caverion Suomi Oy:lta. Caverion on Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa toimiva yritys, joka tarjoaa kiinteistötekniisiä ja teollisuuden palveluita. Näihin

palveluihin kuuluu muun muassa rakennusautomaation tekeminen, huoltaminen ja uusiminen kiinteistöihin (Caverion 2019). Paikan päällä todettiin, että toisen alakeskuksen vanha prosessori oli mennyt pysyvästi rikki, eikä vanhaa järjestelmää saatu enää palautettua toimintaan. Vioittuneet keskuksset poistettiin kokonaan väylältä, mutta väylävika ei poistunut tämänkään jälkeen täysin. Häiriön aiheuttama ongelma oli jossain jäljellä olevissa keskuksissa tai väylässä, mutta vian löytäminen olisi ollut todella työlästä. Koska vanhan järjestelmän laitekanta oli jo niin vanhaa, ettei varaosia löytynyt ja jäljellä oleva järjestelmäkin toimi vain osittain, Caverion päätyi tarjoamaan koko RAU-järjestelmän saneerauksen.

Saneeraukseen kuului kaikkien yhdeksän alakeskusten uusinta. Keskusten vanhat prosessorit ja I/O-moduulikortit purettiin pois ja ne korvattiin nykyaikaisella tekniikalla. Vanhoja kenttälaitteita ei uusittu, ellei se ollut järjestelmän toimivuuden kannalta välttämätöntä. Alakeskusten ja kenttälaitteiden välisiä kaapeleita hyödynnettiin uudessa järjestelmässä. Vanhat kaapelit merkattiin ja päät kytkettiin uudelleen uusiin I/O-pisteisiin. Uusi järjestelmä ohjelmoitiin toimimaan vanhan tavalla ja niin, että sitä voi käyttää samanlailla kuin aikaisempaa järjestelmää. Vanha automaatioväylä poistettiin kokonaan käytöstä ja sen sijaan alakeskukset ja valvomo liitettiin yhteiseen lähiverkkoon. Projektin suunnittelu, ohjelmointi, testaus ja käyttöönotto annettiin minun vastuulleni.

## 6 PROJEKTIN ALOITUS JA ETENEMINEN

Kun saneeraustarjous oli hyväksytty ja aikatauluista sovittu, ryhdyttiin suunnittelemaan projektin toteuttamista. Aluksi vanhasta järjestelmästä otettiin talteen kaikki mahdollinen tieto, mikä vain oli saatavilla. Talteen otettiin kuvat valvomon vanhoista grafiikkasivuista, entinen ohjelma, alakeskusten I/O-listat ja kopiot tarpeellisista sähkökuvista. Meidän epäonneksemme kohteesta ei löytynyt minkäänlaisia toimintaselosteita vanhalle järjestelmälle ja tiettyjen laitteiden toiminnan selvittäminen oli vaikeaa. Kaikki dokumentit olivat myös todella vanhoja, eikä niiden paikkansapitävyydellä ollut takeita. Järjestelmästä löytyi paljon enemmän epäselvyyksiä kuin mitä oltiin aluksi oletettu ja niiden selvittämiseen kului odotettua enemmän aikaa.

Suunnittelu ja ohjelmien teko aloitettiin lokakuussa. Tärkeintä oli saada pimeäksi menneen hallin automatiikka takaisin toimintaan mahdollisimman pian. Hallissa oli kaksi alakeskusta, joista ensimmäinen ohjasi kolmen IV-koneen toimintaa ja toinen vastasi hallin lämmönjakelun sekä sähköpisteiden ohjauksesta. Halli pysyi toiminnassa pitämällä valoja ja ilmastointia käsin päällä. Pakkasten tulo olisi kuitenkin estänyt ilmastoinnin käsikäytön, koska lämmityssäädöt eivät toimineet kunnolla ja koneet olisivat pahimmassa tapauksessa voineet jäätyä rikki.

Neljän hallin ja yhdeksän eri alakeskuksen saneerauksesta on vaikea antaa selkeää kokonaisvaltaista kuvausta. Alakeskukset sisälsivät kaikki pääsääntöisesti IV-koneiden tai lämmönjakeluun liittyvää automaatiota, mutta yksikään keskus ei ollut samanlainen, ja olisi turhan sekavaa yrittää kertoa jokaisen kaapin saneerauksesta erikseen. Tästä syystä opinnäytetyö keskittyy pelkästään D-hallin kahden alakeskuksen saneeraukseen. Nämä keskukset sisälsivät hyvän yhdistelmän IV-koneita, lämmönjakelua ja erillisiä sähköpisteitä. Uskon, että näiden kahden keskuksen saneerauksen kuvaaminen antaa hyvän käsityksen rakennusautomaation saneerauksesta ja tämän projektin kokonaisuudesta. Projektin jatkosta muiden alakeskusten osalta kerrotaan lyhyemmin työn loppupuolella.


### 6.1 Suunnittelu

Suunnittelu lähti liikkeelle uusien pistelistojen teolla. Pistelistat ovat dokumentteja, joista selviää, mitä hälytys-, indikointi-, säätö-, ohjaus- ja mittauspisteitä on tuotu alakeskuksen I/O-moduuleille. Pisteet voivat olla seuraavan tyyppisiä:



- AI (Analog input) -tyypin pisteet on tarkoitettu mittaus-signaaleja varten. Mittaukset ovat yleensä NTC- tai PTC-tyyppisiä vastusarvoja lämpötiloja mitatessa ja muulloin 0-10VDC jänniteviestejä.
- DI (Digital input) -pisteet ovat käyntitietoja ja hälytyksiä varten. Piste on binäärinen tulopiste, jolla luetaan kenttälaitteen avautuvaa tai sulkeutuvaa kosketintietoa.
- AO (Analog output) tyyppin pisteitä käytetään kenttälaitteiden säätöön. Piste syöttää kenttälaitteelle ohjelman määräämää 0-10- tai 2-10VDC-jänniteviestiä, joka ohjaa esimerkiksi säätöventtiilin avautumista tai puhaltimen pyörimisnopeutta.
- DO:t (Digital output) ovat ohjauksia varten tarkoitettuja pisteitä. Ohjaukset tapahtuvat DO-moduulin 24-230V-releillä, joilla voi suoraan ohjata koneita päälle ja pois.

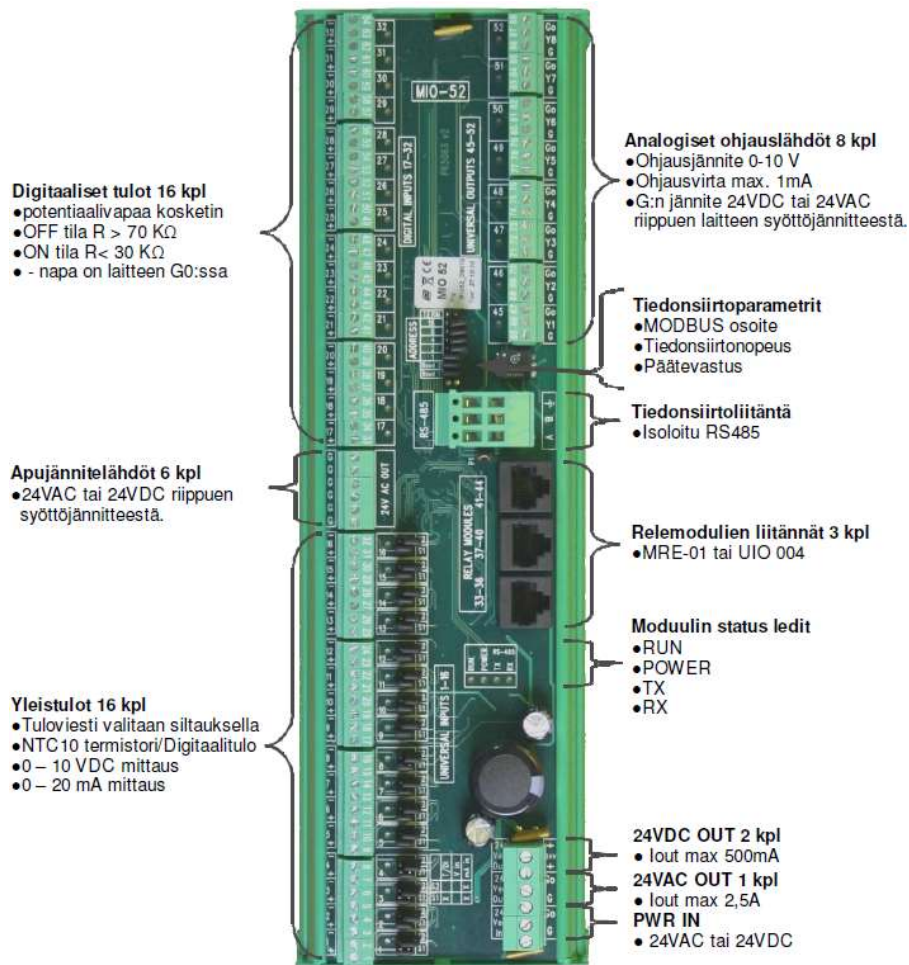
Uusi pistelista muodostettiin vanhasta ohjelmasta saadun listan ja vanhojen grafiikkasivujen pohjalta. Käytännössä vanhasta listasta katsottiin pisteen tyyppi, tunnus ja kuvaus ja sen jälkeen piste lisättiin uuteen listaan tarvittaessa uudella tunnuksella ja paremmalla kuvauksella (KUVA 1). Esimerkiksi vanhasta listasta nähtiin, että keskukselle tuodaan tuloilmasuodattimen paine-eromittaus. Mittaus on 0-10VDC-analoginen mittausviesti, joten sille varattiin yksi AI-iitin moduulilta. Samalla pisteelle annetaan järkevä tunnus, josta käy ilmi, miltä kenttälaitteelta piste tuodaan ja mitä se lukee. Tässä tapauksessa piste nimettiin TK01 PDIE01 -nimellä, mistä selviää, että piste mittaa paine-eroa TK01-ilmanvaihtokoneelta. Pistelistaan kirjoitetaan myös selventävä kuvaus jokaisesta pisteestä sekä mahdollisesti anturi-tyyppi ja mitta-alue.

Vanha lista				Uusi lista							
\VAK1_ID.io Projekti: project Segmentti: NAUTOR Alakeskus: VAK1_1 Tiedosto: C:\UNI_DATA\project\NAUTOR\VAK1_ID.PLN PVM, aika: 1/1/1988, 0:54											
				ALAKESKUS		VAK1.1					
				LAITE		ECY-S1000E-48 + MIO52					
				ALUE							
				KOHDE		Nautor Pietsaari					
				PROJ NRO		131130072.A.AU					
				PVM		6.9.2018					
				TEKIJÄ		Janne Palosaari					
				PISTE		TYYPPI		LAITE			
						TUNNUS		TEKSTISELITE			
						IO		SKAALA			
				MIO1							
1	2Q250	1 {TK1}	TAZ_Jäätymissuoja	PTM1_2Q250	1	AI/DI	TK01	TE45	Lämmityspatterin paluuvesi lämpötila	0-10V	0-100
1	2Q250	2 {TK1}	P1_Lämmityspumppu		2	AI/DI	TK01	PDIE01	Tuloilmasuodatin paine-ero	0-10V	0-500
2	2Q250	1 {TK1}	P1_Pumpunindik_ohit	PTM1_2Q250	3	AI/DI	TK01	PDIE30	Poistoilmasuodatin paine-ero	0-10V	0-500
2	2Q250	2 {TK1}	US1_Ulkosäleikkö		4	AI/DI					
3	2Q250	1 {TK2}	TAZ_Jäätymissuoja	PTM1_2Q250	5	AI/DI					
3	2Q250	2 {TK2}	P2_Lämmityspumppu		6	AI/DI					
4	2Q250	1 {TK2}	P2_Pumpunindik_ohit	PTM1_2Q250	7	AI/DI					
4	2Q250	2 {TK2}	Ulkosäleikkö_2		8	AI/DI					
5	2Q250	1 {TK3}	TAZ_Jäätymissuoja	PTM1_2Q250	9	AI/DI					
5	2Q250	2 {TK3}	P3_Lämmityspumppu		10	AI/DI	TK01	TE10	Tuloilma lämpötila	NTC10K	0-100
6	2Q250	1 {TK1}	FZ1_1_Tulopelti	PTM1_2Q250	11	AI/DI	TK01	TE30	Poistoilma lämpötila	NTC10K	0-100
6	2Q250	2 {TK1}	FZ1_2_Poistopelti		12	AI/DI	TK01	TE02	Tuloilma lämpötila LTO:n jälkeen	NTC10K	0-100
7	2Q250	1 {TK2}	FZ2_1_Tulopelti	PTM1_2Q250	13	AI/DI	TK01	TE31	Poistoilma lämpötila LTO:n jälkeen	NTC10K	0-100
7	2Q250	2 {TK2}	FZ2_4_Poistopelti		14	AI/DI					
8	2Q250	1 {TK2}	FZ2_2_Tulopelti	PTM1_2Q250	15	AI/DI					
8	2Q250	2 {TK2}	FZ2_3_Poistopelti		16	AI/DI					
9	2Q250	1 {TK1}	TK1_PK1_Ohjaus	PTM1_2Q250	17	DI	TK01	TZA04	Jäätymissaara	DI	
9	2Q250	2 {TK2}	TK2_PK2_Ohjaus		18	DI	TK01	TK1	Tuloilmapuhallin tilatieto	DI	
					19	DI	TK01	SC01	Tuloilmapuhallin t:m häiriö	DI	
					20	DI	TK01	PK1	Poistoilmapuhallin tilatieto	DI	
					21	DI	TK01	SC02	Poistoilmapuhallin t:m häiriö	DI	
					22	DI	TK01	SC50	LTO-kiekkö hälytys	DI	
					23	DI	TK01	P1	Lämmityspumppu tilatieto	DI	
					24	DI	TK01	US01	Ulkosäleikkö tilatieto	DI	
					25	DI	TK01	SC50	LTO-kiekkö tilatieto	DI	
					26	DI	TK01	FG10	Tuloilmapelti tilatieto	DI	
					27	DI	TK01	FG30	Poistoilmapelti tilatieto	DI	

## KUVA 1. Vanha ja uusi pistelista

Suurin osa pisteistä nimettiin uudelleen lukuun ottamatta niitä, jotka oltiin merkattu jo sähkökuviin tietyllä nimellä. Tämä tehtiin siksi, ettei olisi syntynyt tilannetta, jossa laitteella olisi eri nimi ohjelmassa ja sähkökuvissa. Jos esimerkiksi ohjelma antaa ilmoituksen ”Lämmityspumppu PU05 Hälytys” mutta sähkökuvissa ja sähkökeskuksessa pumppu on merkattu ”P1” tunnuksella, siitä aiheutuu helposti turhaa päävaivaa kiinteistönhoitajalle, joka yrittää löytää kyseistä pumppua. Tunnukset kannattaa myös pitää tarpeeksi lyhyinä, jotta niitä voidaan helposti käyttää ohjelmassa ja grafiikassa.

Hyvin tehtyjen pistelistojen perusteella voitiin tilata tarvittavat materiaalit saneerausta varten. Koska vanhoja keskuksia, kaapeleita ja kenttälaitteita hyödynnettiin uudessa järjestelmässä, tarvitsi alakeskukseen hankkia vain uudet prosessorit, I/O-moduulit ja relekortit. Kenttälaitteista uusittiin vain lämpötilanturit, koska vanhat anturit käyttivät väärää vastustyyppiä. Näistä tärkeimmät eli prosessorit ja moduulit valikoidaan yleensä jo tarjousvaiheessa vastaamaan järjestelmän tarpeita. Tässä saneerauksessa päädyttiin käyttämään MIO-52 I/O-moduuleita (KUVA 2), joista löytyy 16 AI-liitintä, 16 DI-liitintä, 8 AO-liitintä ja kolme relemoduuli liitää DO-pisteitä varten, joita voi olla maksimissaan 12 kappaletta per MIO. Yhteen alakeskukseen meni aina noin 2 - 4 MIO:ta.



KUVA 2. MIO-52 moduuli (MIO-52 esite, 2014)

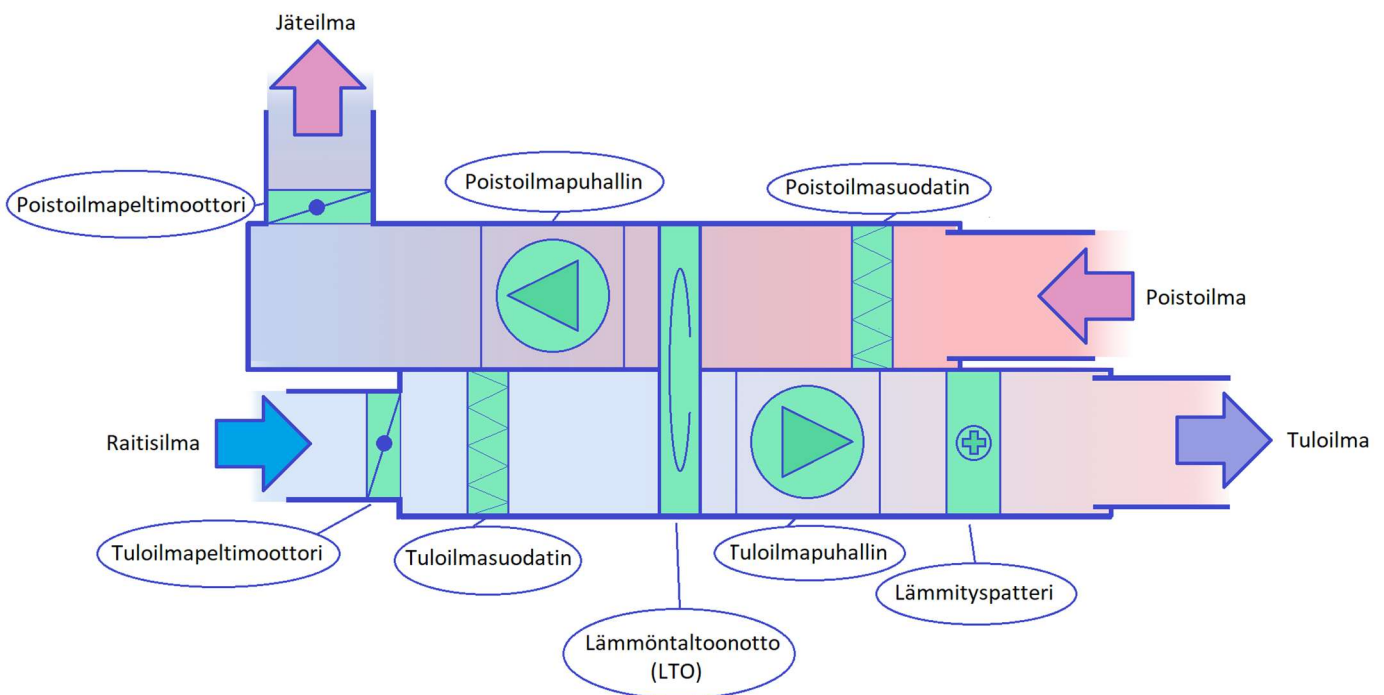
## 6.2 Ohjelmointi

Pistelistöjen ja materiaalien tilausten jälkeen aloitettiin ohjelmointi. Rakennusautomaatiojärjestelmän tehokkuus riippuu pitkälti prosessorin sisältämän ohjelman laadusta ja monipuolisuudesta. Häätisesti ja väärin tehty ohjelma voi aiheuttaa turhaa energiankulutusta, vikatilanteita, kenttälaitteiden turhaa rasi- tusta ja harmaita hiuksia kiinteistöhoitajalle. Tämän takia on tärkeää, että ohjelman tekemiseen ja tes- taamiseen käytetään tarpeeksi paljon aikaa. Ohjelmointiin käytettiin EC-GFXprogram-työkalua ja Ca- verionin omia ohjelmakirjastoja. Ohjelmien tekemisen suurin haaste oli vanhan järjestelmän toiminta- selostusten puute. IV-koneiden ja lämmönjakojärjestelmien toiminnan pystyi suurimmaksi osaksi itse päättämään, koska ne toteutetaan yleisesti aina samalla periaatteella, mutta tiettyjen grafiikkakuvista huomattujen erikoistapausten toiminnan selvittämiseen kului paljon aikaa.

Koska vanhoja toimintaselosteita ei ollut, ohjelmointi voitiin tehdä melko vapain käsin. Ainoa vaatimus oli, että laitteita tulee voida käyttää samanlailla kuin ennenkin. Caverionin ohjelmakirjastosta löytyi hyvin valmiita ohjelmalohkoja, joiden avulla hallin alakeskusten ohjelmointi oli nopeaa. Alakeskukset sisälsivät kolmen IV-koneen ja lämmönjakoverkoston ohjelman sekä jonkin verran erillissähköpisteitä. Seuraavissa alaluvuissa kuvataan yksityiskohtaisemmin näiden kolmen eri osa-alueen ohjelman tekoa ja niiden sisältöä.

### 6.2.1 Ilmanvaihtokoneet

IV-koneet ovat yleensä iso tekijä rakennusautomaatiojärjestelmässä. Tässäkin saneerauksessa suurin osa I/O-pisteistä liittyi nimenomaan IV-koneiden vaatimiin toimintoihin, ja niiden osuus ohjelmoinnista oli myös suuri. IV-koneet ovat rakennuksen ilmanvaihdosta vastaavia koneita. Laitteet tuovat ulkoa raitisilmaa kiinteistön tiloihin, asettavat tulevan ilman lämpötilan sopivaksi ja poistavat käytetyn jäteilman kiinteistöstä. Koneiden perimmäinen idea on hyvin yksinkertainen, mutta jatkuva tarve parantaa energiatehokkuutta on tehnyt koneiden toiminnasta kohtalaisen monimutkaisen. Tuloilman lämmittäminen on optimoitu mahdollisimman tehokkaaksi erilaisten lämmöntalteenottolaitteistojen ja lämmityspatterin älykkään säädön avulla. Koneen tulee automaattisesti säätää puhaltimien tehoja ilmanvaihdon tarpeen mukaisesti. Ohjelman tulee sisältää lukuisia lukituksia ja hälytyksiä viallisen toiminnan ehkäisemiseksi ja laiterikkojen välttämiseksi.



## KUVIO 2. Yksinkertainen IV-kone

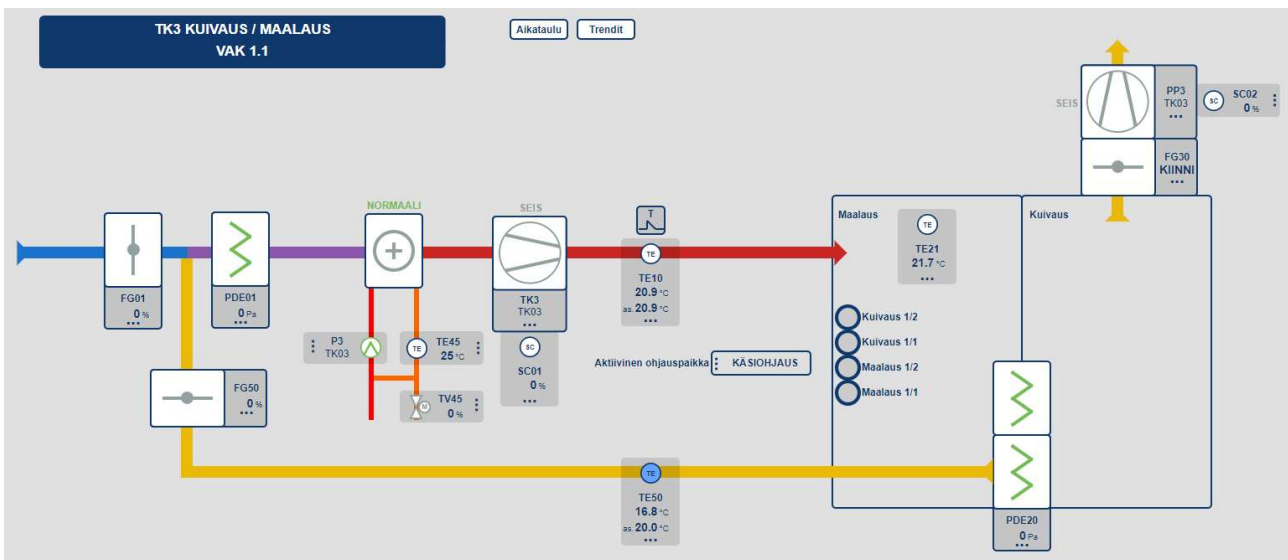
Yllä olevassa kuvassa (KUVIO 2) näkyy yksinkertaisen IV-koneen tärkeimmät osat. Laitteiden lisäksi koneeseen asennetaan erilaisia antureita, joiden mittauksia käytetään ohjelmassa koneen ohjaamiseen. IV-koneesta löytyy aina lämpötila-antureita tulo- ja poistoilmanlämpötilan mittaamiseen koneen eri osien jälkeen sekä paine-ero mittareita vähintäänkin suodattimien yli olevan paineen mittaamiseen. Koneista voi myös löytyä kosteus- ja kanavapaineantureita, mutta D-hallin IV-koneet eivät sisältäneet niitä. Anturien määrä vaikuttaa myös ohjelman monipuolisuuteen, ja esimerkiksi Nautorin kohdalla tiettyjä ohjelmallisia ominaisuuksia piti karsia pois, koska koneista ei löytynyt niiden vaatimia antureita eikä saneeraus sopimukseen kuulunut uusien anturien lisäämistä.

D-hallin kaksi ensimmäistä IV-konetta olivat toiminnaltaan melko yksinkertaisia, eikä niiden ohjelmoinnissa juuri ollut vaikeuksia puuttuvista toimintaselosteista huolimatta. Suurimpia eroja koneiden välillä oli eri lailla toteutetut LTO-kojeistot. Muuten molemmissa koneissa pystyttiin käyttämään samanlaisia ohjaus- ja lukitusohjelmia. Koneiden käyntiä ohjaa pääsääntöisesti aikaohjelma, josta käyttäjä voi valita, mitä toimintoa kone käyttää haluttuina kellonaikoina. Koneet voidaan asettaa esimerkiksi öisin seis-tilaan, aamut ja illat osateholle ja päivisin täydelle teholle. Käyttäjä voi halutessaan ohittaa aikaohjelman ja laittaa koneen käsi-ohjaukselle ohjelmallisen käsikytkimen avulla. Koneiden käydessä tulo- ja poistopellit ovat aina auki. LTO-koneisto ja lämmityspatteri säätävät tuloilman lämpötilan haluttuun asetusarvoon niin, että poistoilmasta talteen otettua lämpöä hyödynnetään mahdollisimman paljon tuloilman lämmityksessä. Puhaltimet pyörivät aikaohjelman määräämän nopeuden mukaan. Esimerkiksi osateholla puhaltimet pyörivät 40 prosenttia maksiminopeudestaan ja täydellä teholla 90 prosenttia. Käyttäjä voi vapaasti muokata osatehon ja täystehon käyttämiä nopeuksia valvomosta. Koneiden ollessa seis tulo- ja poistopellit menevät jousipalautteisesti kiinni, puhaltimet ja LTO-laitteisto pysähtyvät ja lämmityspatterin säädin pitää patterin paluuveden lämpötilan seisonta-ajan asetusarvossa. Koneet eivät saa käydä tai niiden tulee pysähtyä, jos jokin seuraavista ehdoista toteutuu:

- Kiinteistön IV-hätäseis-kytkin on lauennut.
- Lämmityspatterin pumppu on pysähtynyt.
- Koneen tuloilmanlämpötila saavuttaa palovaaran tai alilämmön hälytysrajan.
- Lämmityspatterin paluuveden lämpötila on liian matala tai patterin jäätymisvaaratermostaatti on lauennut.

Mittauspisteisiin on lisätty ohjelmalliset hälytykset, esimerkiksi suodattimen paine-eron ylärajahälytykset ja lämpötilojen ala- ja ylärajahälytykset. Puhaltimien sekä LTO-kojeiston häiriöistä tulee myös hälytykset ohjelmaan.

Kolmannen IV-koneen (KUVA 3) ohjelmointi oli kuitenkin vaativampaa, koska se poikkesi paljon muista koneista. Kone vastasi hallin maalaus- ja kuivauspuolen ilmastoinnista, ja sen toimintaan vaikuttivat pääsääntöisesti hallin seinältä löytyvät viisi eri painokytkintä. Vanhojen pistekuvauksien ja grafiikkakuvien perusteella voitiin päätellä, että painikkeilla säädettiin tulo- ja poistoilmapuhaltimen nopeutta eri kuivaus- tai maalaustilanteissa. Erikoista tilanteessa oli se, että maalaustilaa ei ollut käytetty pitkään aikaan eikä kukaan osannut enää kertoa, miten IV-kone oli aikaisemmin toiminut.



KUVA 3. Nautor D-halli TK3 IV-kone

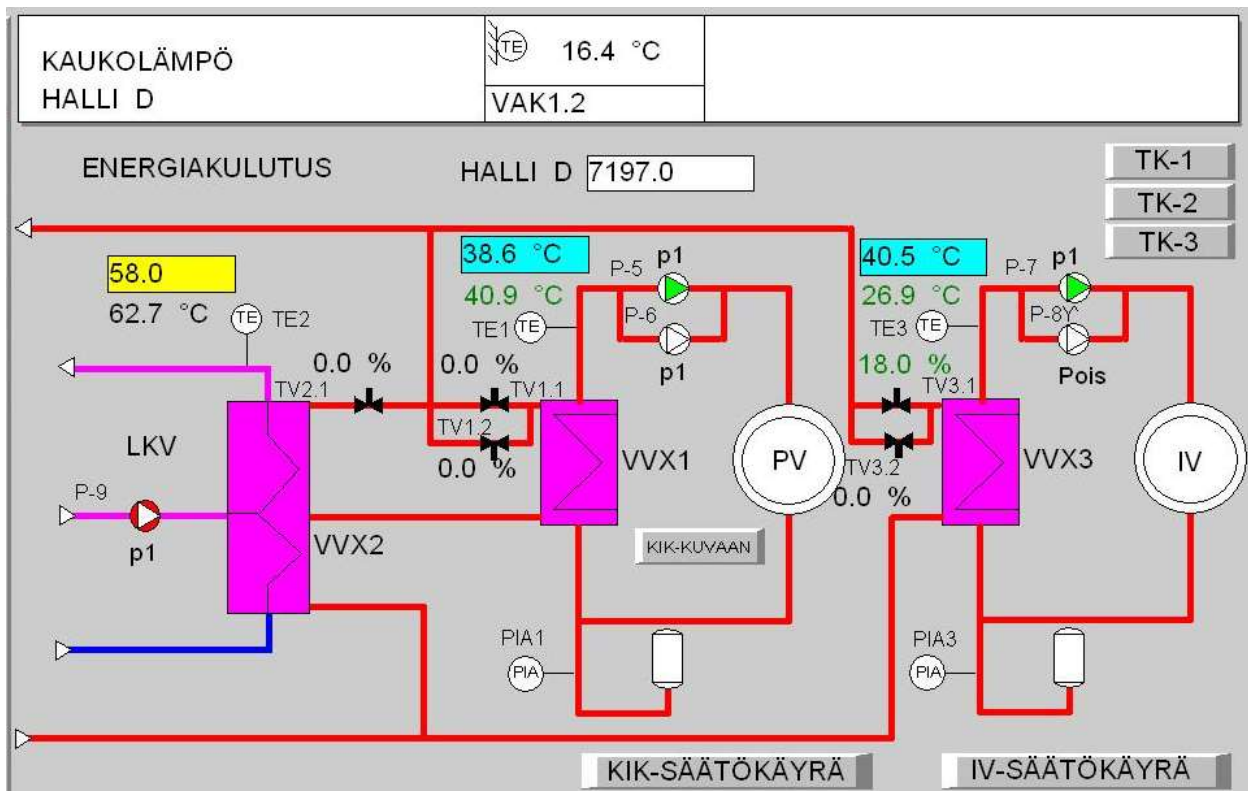
Koneen alkuperäistä toimintaa ei saatu koskaan selville, joten ohjelma tehtiin pitkälti olettamuksen pohjalta. Ohjelmaan tehtiin samat lukitukset ja hälytykset kuin kahteen aikaisempaankin koneeseen, mutta koneen käyntiohjelmaa muutettiin. Aikaohjelma antaa pelkästään käyntiluvan koneelle, mutta se ei käynnistä itse konetta. Kone käynnistyy vasta sitten, kun jokin painokytkimistä on painettuna. Jokainen painike asettaa tulo- ja poistopuhaltimen halutulle teholle, esimerkiksi ”Kuivaus 1/2”-painike asettaa molemmat puhaltimet 40 prosentin nopeudelle. Painikkeiden asettamaa nopeutta voi vapaasti muokata grafiikasta. Kone pyörii valitulla nopeudella niin kauan, kunnes aikaohjelma menee seis-tilaan, toista painiketta painetaan tai koneen seis-painiketta painetaan.



Nämä kolme IV-konetta vaativat yhteensä 93 I/O-pistettä ja kolme MIO-52-moduulia. Suuresta piste-  
määrästä huolimatta ohjelmointi sujui hyvin. Ohjelmaa tehdessä pystyttiin hyödyntämään paljon Ca-  
verionin omia ohjelmakirjastoja ja apua sai helposti kokeneemmilta ohjelmoitsijoilta ja asiantuntijoilta.  
Samalla opin myös paljon lisää IV-koneiden toiminnasta ja ohjelmien sisältämistä ominaisuuksista,  
jotka eivät ole ulkoisesti helposti nähtävissä.

## 6.2.2 Lämmönjakojärjestelmä

D-hallin toinen alakeskus oli tarkoitettu pääsääntöisesti ohjaamaan hallin lämmönjakeluverkostoja. Hal-  
lin lämmönjakohuoneesta löytyy neljä kaukolämmönvaihdinta neljälle eri putkiverkostolle. Nämä ver-  
kostot ovat ilmavaihdon lämmitysverkosto, kiertoilmakojeiden lämmitysverkosto, lämminkäyttövesi-  
verkosto ja lämmityspatterien verkosto. Verkotot kierrättävät kaukolämmön avulla lämmitettyä vettä  
hallin laitteille, ja automatiikka huolehtii kiertävän veden lämpötilan säädöstä ja pumppujen ohjauksesta.  
Verkostojen lämpötila määräytyy ulkolämpötilan mukaan. Ohjelman säätökäyrä alentaa verkostolle me-  
nevän veden lämpötilaa ulkolämpötilan noustessa ja nostattaa sitä ulkolämpötilan laskiessa. Käyttöve-  
den lämpötila on ainoa arvo, jonka automatiikka pyrkii pitämään aina 58-asteisena vuodenajasta riippu-  
matta. Verkoton lämpötila- ja painemittauksille lisätään ohjelmalliset ala- ja ylärajahälytykset, jotta  
vikatilanteet huomataan nopeasti.



#### KUVA 4. Kuvakaappaus vanhasta lämmönjaon grafiikkasivusta

Vanhasta lämmönjakojärjestelmästä (KUVA 4) ei myöskään löytynyt minkäänlaisia toimintaselosteita, mutta onneksi sen toiminta oli tarpeeksi selkeästi nähtävissä vanhan valvomon kuvista. Ohjelma säätelee menoveden lämpötilaa ohjaamalla lämmönvaihtimen säätöventtiilejä. Säättökäyrä antaa menoveden lämpötilalle tietyn asetusarvon, ja ohjelma pyrkii pitämään lämpötilan asetuksessaan ajamalla vaihtimen venttiilejä. Pumput ovat aina päällä lukuun ottamatta verkostojen varapumppuja, joita käytetään vain silloin, kun verkoston pääpumppu menee epäkuuntoon. IV-verkostosta ja KIK-verkostosta otetaan painehälytykset, jotka hälyttävät, kun verkoston paine nousee tai laskee hälytysrajaan asti.

Lämmönjaon ohjelmoinnin haasteina oli verkostojen menoveden lämpötilan säätäminen. Lämpötila-anturi ja säätöventtiilit aiheuttavat paljon viivettä säätöön, joten oikeiden säätöparametrien löytäminen oli kohtalaisen vaativaa. Muuten lämmönjako oli IV-koneiden ohjelmoimiseen verrattuna paljon yksinkertaisempaa ja I/O-pisteistäkin oli vain noin 30.

### 6.2.3 Sähkö- ja erillispisteet

Toinen alakeskus sisälsi lämmönjaon lisäksi myös hallin automatiikan ohjaamat sähköpisteet ja muutamat erillislaitteet, kuten kompressorin ja vedenjäähdyttimen. Sähköpisteisiin kuului muun muassa hallin kiertoilmakojeet, sisä- ja ulkovalot, lämmityskaapelit ja tietyt pistorasiat. Automatiikka ohjaa näiden laitteiden käyntiä katkomalla niiden 230V-syöttöjännitettä alakeskuksen ohjaamalla relekortteilla. Ohjelmaan tehtiin halutut ehdot, joiden mukaan rele vetää tai ei.

Hallissa on kuusi kiertoilmakojeita, jotka lämmittävät niiden lähialueita. Jokaisen koneen lähettyvillä on oma huonelämpötila-anturinsa, joiden mittauksien perusteella ohjelma ohjaa kiertoilmakojeita päälle ja pois. Huonelämpötiloille asetetaan halutut asetusarvot, jossa lämpötila pyritään pitämään. Jos haluttu lämpötila alitetaan, kiertoilmakoje menee päälle ja alkaa lämmittämään aluetta. Kone pysähtyy sitten, kun lämpötila on noussut muutaman asteen yli halutun asetuksen. Ulkovaloja ohjaavat aikaohjelma ja valoisuusanturi. Valot ohjautuvat päälle, kun aikaohjelma sallii sen ja valoisuusanturin antama valoisuusmittaus on alle asetetun rajan. Ohjelmasta voidaan valita eri vaihtoehtoja valojen ohjaamiseen. Valintoja ovat esimerkiksi pelkän aikaohjelman tai valoisuusanturin käyttö. Sisävaloja ohjaa pelkästään



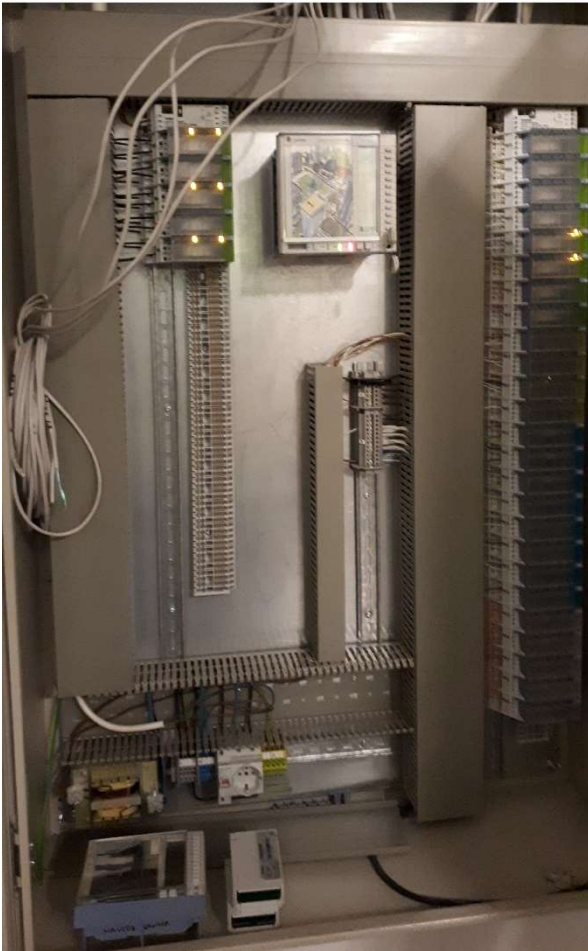
aikaohjelma. Lämmityskaapelien ohjaus on päällä vain silloin kun ulkolämpötila ja kalenteriohjelma sallii sen. Ohjelmaan asetetaan tietyt ulkolämpötilarajat ja päivämäärät, jolloin kaapelit saavat lämmitä.

Sähkö- ja erillispisteiden ohjelmointi oli loppujen lopuksi kaikista yksinkertaisinta. Suurimmalle osalle tarvitsi vain määrittää ehdot, milloin laite saa olla päällä ja milloin ei. Sähköpisteet ja muutamat erillislaitteet vaativat yhteensä noin 40 I/O-pistettä. Yhteensä koko alakeskukseen tarvittiin kolme MIO-52-moduulia ja noin 70 I/O-pistettä.

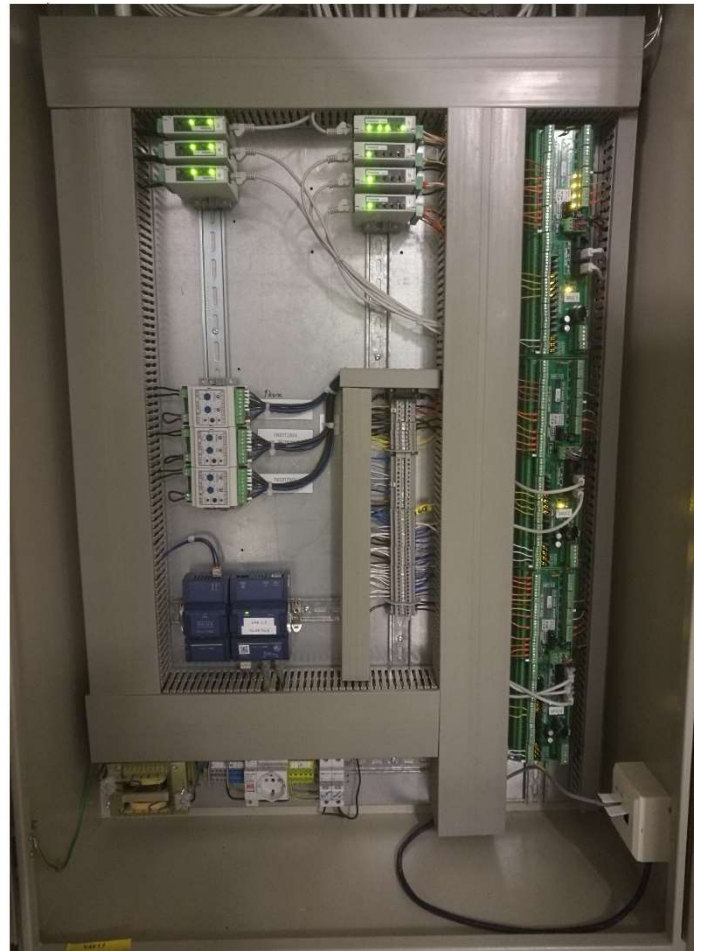
### **6.3 Asennus ja kytkentä**

Kun ohjelmat alkoivat olla valmiina, aloitettiin alakeskusten varsinainen saneeraus. Jokaisen automaatiokaapelin pää merkattiin ennen kuin se otettiin irti vanhasta moduulista, jotta tiedettiin, mikä piste oli kyseessä. Sen jälkeen alakeskuksesta purettiin pois vanhat prosessorit, moduulit, turhat riviliittimet ja kiskot. Jäljelle jäi pelkästään vanha muuntaja, pistorasia ja riviliittimet. Seuraavaksi alettiin asentamaan uusia prosessoreita, moduuleita ja relekortteja (KUVA 5). Tämän jälkeen aloitettiin työläin vaihe, eli vanhojen johdonpäiden uudelleen kytkentä. Hyvistä merkkauksista huolimatta kytkemiseen meni useampi päivä, jotta johdot saatiin kytkettyä siististi ja oikein Samalla käytiin vaihtamassa kaikki hallin lämpötila-anturit uusiin.

Vanha



Uusi



KUVA 5. Vanha ja uusi alakeskus

Asennusten aikana huomattiin, että joissain tapauksissa vanhat pistelistat eivät vastanneet alakeskuksen sisältöä. Joistain moduuleista puuttui kokonaan pistelistan mukainen kaapeli ja jotkin kaapelit olivat eri moduuliliittimissä kuin mitä listassa sanottiin. Yhden alakeskuksen kytkentöihin meni noin 2 - 4 päivää riippuen kaapin koosta ja vanhojen pistelisteiden paikkansapitävyydestä.

#### 6.4 Testaus ja käyttöönotto

Kun ensimmäisen alakeskuksen asennukset olivat valmiita, voitiin aloittaa pisteiden testaukset. Alakeskukseen kytkettiin sähköt päälle niin, että ohjelma saatiin eloon, ja voitiin nähdä, että moduulit lukevat mittauksia oikein. IV-koneen laitteilta, kuten puhaltimilta, pumpuilta ja LTO:lta oltiin kuitenkin vielä katkaistu sähköt keskukselta varmuuden vuoksi testien ajaksi. Tilatiedot ja hälytykset saatiin helposti testattua oikosulkemalla releenpäätt kentälaitteen päästä ja toteamalla, että ohjelma rekisteröi oikean

tiedon. Kenttälaitteiden ohjaukset ja säätöviestit voitiin myös helposti testata pakko-ohjaamalla ohjelmasta haluttuja pisteitä ja tarkastamalla paikan päällä, että piste ohjaa tai säätää oikeaa kenttälaitetta. Mittauspisteiden toiminta pystyttiin tarkistamaan vertaamalla ohjelman antamaa lukemaa perinteisten viisarimittarien lukemiin, joita on yleensä automaatioanturien lisäksi kiinni koneissa.

Kun kaikki pisteet oltiin todettu toimiviksi ja ohjelma oli lukenut ne oikein, alettiin käynnistämään koneita ensimmäistä kertaa täyteen toimintaan. IV-koneet ajettiin aluksi hallitusti käyntiin tarkistaen samalla ohjelmasta, että peltimoottorien avautumisella ja puhaltimien käynnistymisen välillä on tarpeeksi viivettä ja että puhaltimien taajuusmuuntajien käynnistysrampit ovat sopivia. Koneen ollessa päällä alettiin testaamaan sen ohjelmallisia toimintoja, kuten tuloilman lämpötilan säätöä ja lukitusohjelmia. Säädöt testattiin antamalla lämpötiloille eri asetusarvoja ja tarkistamalla, että ohjelma säätää LTO-kojeistoa ja lämmityspatterin venttiiliä hallitusti asetusarvon saavuttamiseksi. Lukitusohjelmat testattiin myös yksitellen hallitusti aiheuttamalla IV-koneelle eri vikatilanteita esimerkiksi sammuttamalla lämmityspumppu. Samalla testattiin myös sähkökatkoksen vaikutus ohjelman toimintaan. Testauksissa huomattiin muutamia virheitä ohjelmissa, mutta muuten käyttöönotto sujui omasta mielestäni hyvin. Eniten korjattavaa löytyi grafiikkasivuilta, joissa oli nimeämisvirheitä ja väärin linkitettyjä pisteitä.

Toisen alakeskuksen asennukset valmistuivat sopivasti ensimmäisen kaapin testauksen päätyttyä, joten käyttöönottoa voitiin jatkaa hallin lämmönjaolle ja erillispisteille. Testaukset suoritettiin samaan tapaan kuin aiemminkin varmistamalla, että moduulit ohjaavat, säätävät ja lukevat oikeita pisteitä, ja tarkistamalla, että ohjelman säädöt ovat oikein. Iso osa venttiileistä ja laitteista oli jätetty käsiohjaukselle vanhan järjestelmän rikkoutumisen jälkeen ja ne palautettiin takaisin automaattiohjaukselle testauksien yhteydessä. Sähkö- ja erillispisteiden testauksissa huomattiin, että vanhoissa listoissa oli myös laitteita, jotka eivät olleet enää käytössä. Esimerkiksi hallin puruimuria etsittiin kauan aikaa, kunnes ilmoitettiin, että se löytyy purettuna pihalta.

D-hallin käyttöönotossa ja testaamisessa meni loppujen lopuksi noin viikko. Saneeraus onnistui omasta mielestäni hyvin näiden kahden alakeskusten osalta, ja koneet saatiin palautettua takaisin käyttöön ennen pakkasten tuloa. Hallista löytyi kuitenkin muutamia rikkiäisiä kenttälaitteita ja ilmanvaihdon lämmönjakeluverkosto vaikutti toimivan heikosti, vaikka automatiikka toimi oikein. Syyksi epäiltiin verkostojen likaisuutta, ja putkissa vaikutti olevan myös ilmaa. Asiasta ilmoitettiin asiakkaalle ja mahdollisista korjaustoista sovittiin jälkikäteen.

## 7 PROJEKTIN JATKO MUIDEN HALLIEN OSALTA

D-hallin käyttöönoton jälkeen ruvettiin suunnittelemaan A-hallin viiden alakeskuksen saneerausta. A-hallin rakennusautomaatiikka oli D-halliin verrattuna vaikeampi saneerata, koska halli oli jatkuvasti käytössä ja se sisälsi enemmän saneerattavaa. Käytännössä meidän piti valmistella kaapit mahdollisimman hyvin ennen asennusten aloittamista ja vaihtaa vanha järjestelmä uuteen mahdollisimman nopeasti. A-hallin alakeskukset ohjasivat pääsääntöisesti tuotantotilojen ja konttorin ilmanvaihtoa ja lämmönjakelua. Lisäksi alakeskuksista löytyi paljon sähköpisteiden kuten auton lämmitystolppien, valojen ja kiertoilmakojeiden ohjauksia. Alakeskuksia alettiin saneeraamaan samalla tavalla, kuten edellisissä luvuissa on kuvattu. Ensin tehtiin pistelistat, joiden avulla voitiin aloittaa ohjelmoiminen. Kun ohjelmat olivat valmiina, aloitettiin asennukset ja niiden jälkeen suoritettiin testaukset ja käyttöönotto.

Ohjelmointi ja asennukset sujuivat muuten hyvin, mutta asiaa vaikeutti kova kiire. Alakeskusten ottaminen pois linjoilta vaikutti merkittävästi kiinteistön lämmityksen ja ilmastoinnin toimintaan ja yleensä yhden keskuksen uusimisessa meni noin viikko. Sen aikana osa hallin lämmityksestä ja ilmastoinnista oli käytännössä pois päältä tai jollain tavalla käsikäytöllä. Saneerauksen aiheuttamat haitat eivät vaikuttaneet itse tuotantoon, mutta lähinnä työntekijöiden mukavuuteen. Yleensä, kun alakeskukselta otettiin sähköt pois asennuksia varten, kiinteistöhoitajille alkoi satamaan soittoja ympäri A-hallia erinäisistä vioista, kuten kylmyydestä tai huonosta ilmasta. Tilannetta olisi ollut helpompi hallita kesällä, mutta pakkasen esti esimerkiksi IV-koneiden käsikäytön, koska pahimmassa tapauksessa niiden patterit olisivat jäätyneet rikki. Turhia vikasoittoja pyrittiin vähentämään kertomalla asiakkaalle, mitä alakeskuksia uusittiin milloinkin ja mihin niiden alas ajaminen vaikuttaa. Siitä huolimatta saneerauksen aikana sattui muutamia erehdyksiä ja väärinkäsityksiä, jotka olisi voitu välttää vielä paremmalla yhteydenpidolla asiakkaaseen. Yksi iso häiriötekijä työssä oli yhteisen kielen puuttuminen meidän ja kiinteistöhoitajien välillä. Urakan yhteyshenkilö puhui sujuvasti suomea ja ruotsia, mutta kiinteistöhoitajat puhuivat pitkälti pelkästään ruotsia. Tiettyjen asioiden selvittäminen oli vaikeaa, kun asioiden selittäminen tai ymmärtäminen oli molemmille osapuolille hankalaa.

A-hallin alakeskuksissa oli yhteensä noin 560 I/O-pistettä, ja niiden saneeraukseen meni noin kuusi viikkoa. Työ oli D-halliin verrattuna paljon stressaavampaa, koska kaikki piti hoitaa paljon nopeammin ja samalla pitää huolta, ettei hallin normaali toiminta häiriintynyt kovin pahasti. Haasteista huolimatta A-halli saatiin saneerattua aikatauluun mennessä. Tämän jälkeen jäljellä olivat vain B- ja C-hallit, joissa

molemmissa oli vain yksi alakeskus. Alakeskukset olivat muihin verrattuna pienempiä ja niiden saneeraukseen kului vain muutamia päiviä. Molemmat keskuksat ohjasivat yhden IV-koneen toimintaa ja jonkin verran lämmönjakelua ja erillissähköpisteitä, kuten valoja. Hallit olivat muutenkin melko vähällä käytöllä, joten saneeraaminen oli kaikin puolin helppoa niiden osalta.

Kaikkien alakeskusten asennus ja käyttöönotto valmistui ennen vuoden 2018 loppua, mutta koko projektin valmistumista viivästytti alakeskusten ja valvomon välisen lähiverkon tekeminen. Verkon teko oli asiakkaan vastuulla, ja sen edistyminen oli hidasta erinäisistä syistä. Tästä seurasi paljon ongelmia niin meille kuin tilaajallekin. Nautorin kiinteistöhoitajilla ei ollut minkäänlaista tapaa päästä ohjaamaan alakeskuksia, koska heillä ei ollut yhteyksiä niihin. Tämän takia meidän piti yleensä säätää ohjelmien asetusarvoa ja aikaohjelmia samalla, kun olimme paikan päällä tekemässä saneerausta. Heille ei myöskään tullut minkäänlaisia hälytyksiä automatiikasta, joten kiinteistön ylläpito oli vaikeaa, vaikka uusi järjestelmä pyöri jo taustalla. Automatiikka ei myöskään voinut toimia täydellisesti ilman alakeskuksen välistä tiedonsiirtoa. Esimerkiksi monet eri ohjelmalohkot vaativat toimiakseen ulkolämpötilan, mutta mittauksia ei saatu kerrottua ensimmäiseltä alakeskukselta eteenpäin. Myös tiettyjä puhaltimia ja huoneiden lämmitystä ei saatu toimimaan oikein ennen kuin yhteydet saatiin toimimaan.

Kun lähiverkko saatiin muutaman kuukauden jälkeen vihdoinkin valmiiksi, voitiin siirtyä tekemään urakan viimeisiä vaiheita. Ohjelmat voitiin nyt viimeistellä, kun alakeskusten välinen kommunikointi toimi. Grafiikkaan voitiin lisätä yhteenvetosivuja, joista pystyi näkemään esimerkiksi kaikkien alakeskusten hälytykset yhdeltä sivulta. Lähiverkkoon yhdistettiin yksi tietokone, joka toimii kiinteistöhoitajien valvomona. He pääsevät sillä suoraan kiinni alakeskusten grafiikkaan ja pystyvät sitä kautta näkemään ja ohjamaan kaikkea samaa ja vähän enemmänkin kuin vanhassa järjestelmässä. Lisäksi Caverionilla on mahdollisuus olla etänä kiinni automatiikassa käyttämällä VPN-yhteyttä. VPN-yhteyden avulla voidaan muodostaa turvallinen yhteys julkisen verkon kautta Nautorin automatiikkaan ilman pelkoa, että ulkopuoliset löytäisivät tien sisälle Nautorin lähiverkkoon. Samaa VPN-yhteyttä käytetään myös hälytysten lähettämisessä järjestelmän ulkopuolelle. Vanha järjestelmä lähetti tiettyjä korkean prioriteetin hälytyksiä tekstiviesteinä GSM-modeemien kautta kiinteistöhoitajille. Nämä korvattiin sähköpostihälytyksillä, jotka ovat tekstiviesteihin verrattuna joustavampia, ja niihin voitiin lisätä tarkemmat kuvaukset hälytyksistä.

## 8 YHTEENVETO

Saneerauksen toteuttaminen oli odotettua haastavampaa. Projekti onnistui hyvin asennusten osalta, mutta suunnitteluun ja ohjelmien viimeistelyyn meni ennakoitua enemmän aikaa puuttuvien toimintaselostusten vuoksi. Toinen asia, mikä vaikeutti uuden järjestelmän käyttöönottoa, oli vanhojen kenttälaitteiden ja verkostojen huono kunto. Lämmönjakeluverkostot olivat likaisia, kenttälaitteita oli rikki ja esimerkiksi vedenjäähdyttimiä ei ollut huollettu vuosiin, minkä takia ne pysyivät jatkuvasti häiriöllä. Rikkinäisten laitteiden korjaaminen ei kuulunut sopimukseen, joten niistä sovittiin jälkikäteen asiakkaan kanssa. Projekti venyi ajateltua pidemmäksi ja vaati enemmän työtä kuin mitä oltiin ajateltu, mutta vaikeuksista huolimatta saneeraus oli onnistunut.

Asiakas oli tyytyväinen lopputulokseen. Uuden järjestelmän käyttöä piti hetken opetella, mutta muuten se toimii asiakkaan mielestä hyvin. Saneeraus aiheutti varsinkin yrityksen kiinteistöhoitajille ylimääräistä päävaivaa, koska he eivät voineet itse ohjata järjestelmää moneen kuukauteen puuttuvien lähiverkkoyhteyksien takia, mutta hekin olivat lopulta tyytyväisiä lopputulokseen. Uutta järjestelmää on selkeämpi käyttää, ja se antaa kiinteistöhoitajille enemmän työkaluja kiinteistön valvontaan, ohjaamiseen ja vikojen etsintään verrattuna vanhaan järjestelmään. Kiinteistöhoitajien kanssaan sovittiin, että jos järjestelmässä ilmenee ongelmia, apua saa meiltä etäyhteyksien avulla. Grafiikkaan ja ohjelmaan tehtiin pieniä muutoksia ja lisäyksiä kiinteistöhoitajien palautteen perusteella.

Haasteista huolimatta projektia oli mielenkiintoista tehdä. Nautorin saneeraus oli suurin rakennusautomaatio projekti, jonka olin tähän asti tehnyt, ja samalla hyvin opettavainen. Työ oli erittäin monipuolista ja kehitti osaamistani rakennusautomaation jokaisella osa-alueella sekä auttoi minua näkemään, mitä työskentelyssäni voisi vielä parantaa. Parantamista on ainakin kommunikoinnissa asiakkaan kanssa ja alkutietojen selvityksessä. Työssä olisi voitu välttää paljon päävaivaa, jos heti aluksi olisi kysytty tarkemmin kiinteistöhoitajilta vanhojen laitteiden kunnosta ja mitä tiedossa olevia ongelmia kiinteistöstä löytyy. Myös ohjelmia tehtäessä olisi ollut parempi vain kysyä suoraan asiakkaalta, miten he haluavat tiettyjen laitteiden toimivan vanhoista dokumenteista saatujen oletuksien sijaa. Työ tuntui aluksi turhan haastavalta ja työmäärä pelottavan suurelta, mutta loppujen lopuksi työ antoi runsaasti eväitä tulevaisuuden haasteita varten ja lisää uskoa omiin kykyihin.

## LÄHTEET

Caverion Suomi Oy. 2019. Caverion lyhyesti. Saatavissa: <https://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-lyhyesti>. Viitattu 23.4.2019.

Caverion Suomi Oy. 2014. MIO-52 Modbus IO-kortti. Esite.

Harju, P. 2006. Talotekniikan automaatio – oppilaan kirja: automatiikka, mittaus, säätö. 2.painos. Hamina: Penan tieto-opus.

Liedes, R. 2014. St-ohjeisto 20, Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen. Opas standardin SFS-EN 15232 käyttöön. Espoo: Sähköinfo Oy.

Piikkilä, V. 2012. ST-käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3., uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Piikkilä, V., Sahlstén, T. 2017. ST-käsikirja 21. Kiinteistöjen Tiedonsiirtoväylät. 1. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.