

Opinnäytetyö (AMK)
Elektroniikkasuunnittelu
2018

Lauri Tuuna

RAKENNUSAUTOMAATION TYÖAIKAINEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikkasuunnittelu

2018 | 35 sivua

Lauri Tuuna

RAKENNUSAUTOMAATION TYÖAIKAINEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia täsmällistä perehdytysmateriaalia rakennusautomaatiojärjestelmistä, taloteknisistä prosesseista sekä projektinhallinnasta tuleville projektinhoitajille. Tätä varten laadittiin työaikainen suunnittelu ja toteutettiin erään kiinteistön peruskorjaukseen liittyen rakennusautomaatiokokonaisuus insinööritoimiston laatimien suunnitelmien pohjalta.

Rakennusautomaatiourakan vaiheet dokumentoitiin seikkaperäisesti perehdytysaineistoa varten. Talotekniikan vaatimuksia korostettiin erityisen paljon, jotta tulevat projektinhoitajat ymmärtävät toiminnallisuuksien tärkeyden rakennusten ja niissä olevien ihmisten hyvinvoinnin ja terveyden kannalta. Lisäksi urakkaan liittyviä erityishuomioita, nyt tai aiemmin havaittuja kirjattiin mahdollisimman tarkasti, jotta tulevat projektinhoitajat pystyisivät tunnistamaan hankkeen taloudellisen epäonnistumisen kannalta mahdollisia riskitekijöitä.

Työn tuloksena kiinteistöön saatiin toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä, jonka toteutuksessa on huomioitu myös urakan aikana tulleet muutokset ja lisäykset koskien käyttäjän ja huoltohenkilöstön tarpeita sekä energiatehokkuutta. Perehdytysaineistoa ei ole vielä käytetty opetusmateriaalina ja sen toimivuutta ei ole arvioitu käytännössä.

Opinnäytetyön pohjalta olisi mahdollista toteuttaa uuden projektinhoitajan perehdytyskansio, jonka avulla perehdytettävä henkilö pystyisi luomaan näkemyksen projektin välivaiheista, aikataulusta ja lopputuloksesta jo projektin alkuvaiheessa.

ASIASANAT:

Rakennusautomaatio, säätölaite, talotekniikka, urakointi, projektinhallinta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronic desing

2018 | 35 pages

Lauri Tuuna

DESIGNING AND EXECUTION OF A BUILDING AUTOMATION SYSTEM

The purpose of this thesis was to form work plans and to execute building automation system to a certain property based on engineer office plans.

Building automation contract consisted delivery and installation of sub-control stations and field devices, making of the graphic terminal and programming of the system involving field testing, operation trial and startup.

In addition to technical execution contract included project management considering subcontracting for example device purchasing and installation and to arrange the project schedule with other contractors and the customer.

As a result of this thesis the property gained functional building automation system in which was considered alterations and additions from end-user and maintenance crew as well as energy efficiency.

KEYWORDS:

Building automation, controller, building services engineering, contracting, project management

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN LAAJUUS, MÄÄRITYKSET JA VAATIMUKSET	7
2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta	8
2.2 Lämmitysjärjestelmät	8
2.3 Jäähdytysjärjestelmät	10
2.4 Ilmanvaihtojärjestelmät	10
2.5 Erillisohjaukset	15
3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TEKNIIKASTA	16
3.1 Pisteohjelma	16
3.2 Keskusyksikkö	16
3.3 Liitäntäkortit (moduulit)	17
3.4 Keskusyksikön tiedonsiirto	19
3.5 Apulaitteet	21
3.6 Kenttälaitteet	22
4 PROJEKTIN TOTEUTUKSEN VAIHEET	23
5 PROJEKTIN TOTEUTUS KÄYTÄNNÖSSÄ	28
6 YHTEENVETO	32
7 LOPUKSI	33
LÄHTEET	35

KAAVAT

Kaava 1. Osailmamäärän kanavapainelaskenta [1]	13
--	----

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
GSM	Groupe Special Mobile; 2. sukupolven matkapuhelinverkko
IP(xx)	Ingress Protection; sähkölaitteiden ja laitekoteloiden tiiveysluokitus
IP (tietotekniikka)	Internet Protocol; tiedonsiirtoverkkoihin kytkettyjen verkko- sovittimien yksilöimiseen käytetty protokolla ja osoitteisto
LVIA	Lämmitys, vesi, ilmanvaihto ja automaatio - yleisnimitys talo- tekniikassa
LVV	Lämmitys, vesi ja viemäri - yleisesti tietty urakkaosuus
NTC (termistori)	Negative Temperature Coefficient; negatiivisen lämpötilan kertoimella toteutettu vastus esim. lämpötilan mittaukseen
PC	Personal Computer; tietokonelaitteisto
r.h.	Relative humidity; suhteellinen kosteus
TCP	Transmission Control Protocol; tietoliikenneprotokolla Inter- nettiin kytkettyjen laitteiden välillä
VA	Voltiampeeri; muuntajissa yleisesti käytetty tehon yksikkö
Sanasto	
2-tieventtiili	Nestepiireissä käytetty laite, joka säätelee nestevirtaamaan suuruutta siihen asennetun toimilaitteen avulla esim. halutun lämpötilan saavuttamiseksi
3-tieventtiili (sekoittava)	Nestepiireissä käytetty laite, joka säätelee kahdesta putkesta tulevien nestevirtaamien suhdetta siihen asennetun toimilait- teen avulla esim. halutun lämpötilan saavuttamiseksi
Peltimoottori	Ilmankäsittelykoneissa ja ilmanvaihtokanavistoissa käytetty laite, joka säätelee ilmavirtauksen suuruutta siihen asenne- tun toimilaitteen avulla esim. halutun lämpötilan saavutta- miseksi
Sunttaus	Nestekiertoisten piirien sekoittaminen esim. 3-tieventtiilillä
Toimilaite	Venttiiliä tai peltimoottoria mekaanisesti liikuttava laite, jota voidaan kontrolloida ohjaussignaalin avulla

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia rakennusautomaatiourakan työaikainen suunnittelu ja toteuttaa rakennusurakkaan liittyvä toimiva, selkeä ja helppokäyttöinen rakennusautomaatiokokonaisuus. Toteutus pohjautuu insinööritoimiston laatimiin LVIA-suunnitelmiin, joihin sähkösuunnittelija oli osaltaan määrittänyt tarpeelliset liityntäpisteet. Toteutettu rakennusurakka on erään kiinteistökokonaisuuden saneeraaminen julkisen oppilaitoksen käyttöön. Urakan tilaaja asetti edustajakseen rakennuttajakonsultin, joka mm. valvoi töiden etenemisen aikataulua ja toteuttamista suunnitelmien mukaisesti sekä esitti tilaajalle muutostarpeiden johdosta lisä- ja muutostöiden hyödyt ja kustannukset hyväksyntää tai hylkäystä varten.

Aihe valikoitui toimeksiantajana toimivan yrityksen tarpeesta tuottaa uusille projektinhoitajille täsmällistä perehdytysmateriaalia rakennusautomaatiojärjestelmistä, taloteknisistä prosesseista sekä projektinhallinnasta. Aiemmin vastaavaa materiaalia ei ollut laadittuna vaan projektinhoitajia perehdytettiin lähinnä käytännön kokemuksella ilman, että perehdyttävällä henkilöllä oli muodostunut käsitystä hankkeen eri vaiheista tai kokonaiskuvaava tavoiteltavasta lopputuloksesta.

Työ etenee siten, että ensin käsitellään hankkeen perustaa ja vaatimuksia tilaajan sekä käyttäjän kannalta. Tämän jälkeen esitellään toteutettavan rakennusautomaatiojärjestelmän tekniset ominaisuudet koskien ohjelmistoja ja laitteita. Seuraavaksi käydään projektin eri vaiheet läpi aikajärjestyksessä ja kerrotaan niiden käytännön toteutuksesta ennen yhteenvetoa.

Yritys toimii tässä projektissa alistettuna sivu-urakoitsijana projektinjohtourakoitsijalle. Muita sivu-urakoitsijoita olivat mm. sähkö-, ilmanvaihto- ja LVV-urakoitsijat. Kyseisellä urakkamuodolla pääurakoitsija on vastuullinen tilaajalle mm. aikataulullisesti, jolloin kukin sivu-urakoitsija vastaa omasta työsuorituksestaan pääurakoitsijalle. Pääurakoitsijalla on oikeus vyöryttää mahdollisista myöhästymisistä aiheutuvat kustannukset vastuulliselle urakoitsijalle. Roolini rakennusautomaatiourakoitsijana on toimia projektinhoitajana pääsääntöisesti yksin ja hankkeelle nimetty projektipäällikkö toimii opinnäytetyön ohjaajana yrityksen puolesta.

2 TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN LAAJUUS, MÄÄRITYKSET JA VAATIMUKSET

Tässä luvussa käsitellään taloteknisten järjestelmien laajuus, vaatimukset sekä määritykset, jotta rakennusautomaation projektinhoitajalla on käsitys tilaajan ja suunnittelijan tekemistä päätöksistä käytettävyyden, energiatehokkuuden ja noudatettavien määräysten osalta.

Rakennusautomaatio on nyt ja tulevaisuudessa voimakkaasti kasvava ala, sillä sekä yksityinen, kunnallinen että valtiollinen sektori ovat panostamassa suuresti erityyppisten kiinteistöjen automatisointiin ja keskitettyyn valvontaan.

Automatisoinnin etuja ovat laitoksen keskitetty paikallisvalvonta ja etäkäyttö (Web- ja lähiverkkovalvomot), energiansäästöä tuottavat ratkaisut (lämmön talteenotto, aikaohjelmat, vallitsevien olosuhteiden mukaan tehtävät säädöt ja ohjaukset), hälytysten välittäminen eteenpäin (GSM-modeemi, robottipuhelin) sekä toimintojen ja mittausten historia-tietojen keruu. Oikein toteutettuna ja ylläpidettynä automatisoitu kiinteistö on toimintavarma, vaatii vähemmän huoltamista ja henkilöresursseja sekä pienentää käyttökustannuksia.

Peruslähtökohdat kiinteistön pitkän elinkaaren kannalta ovat sopiva sisäilman lämpö, oikea sisäilman suhteellinen kosteus käyttäjien ja rakenteiden kannalta, riittävä ilmavaihto ja oikeanlainen ilmanjako sekä ilmamäärien oikea suhde. Myös laitoksen helppokäyttöisyys tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa yhdistämällä tarvittavat toiminnot tapahtumaan automaattisesti ja oikea-aikaisesti. Nämä pyritään toteuttamaan mahdollisimman hyvällä energiatehokkuudella.

Kiinteistökokonaisuus koostuu kahdesta rakennuksesta, joista toisessa on neljä ja toisessa kolme kerrosta. Rakennuksien väliin rakennettiin yksitasoinen laajennusosa, joka yhdisti rakennukset toisiinsa. Huoneet ovat pääsääntöisesti melko pienikokoisia (alle 30 m²) ruokalaa, pääaulaa ja auditoriota lukuun ottamatta.

Rakennusautomaatiourakka käsitti 7 ilmankäsittelykonetta, lämmönjako- ja kaukokylmän jakokeskukset, 12 kiertoilmajähdytintä, erillisohjauksia (esim. sisä- ja ulkovalaistusta sekä erillispoistokoneita), erillishälytyksiä (esim. kompensointiparisto, paloilmotin ja turvavalokeskukset, vesivuotohälytykset), erillismittauksia (sähkö-, kaukokylmä, -lämpö ja vedenkulutus) sekä ilmanvaihtokanavien palopeltien ohjaukset ja tilatiedot.

Rakennusten lämmöntuottotapa on kaukolämmitys ja päämuotoinen lämmönjakotapa on radiaattoripatteriverkostot, jotka sijoitetaan ulkoseinustoille ikkunoiden tai ikkunapenkien alle, tuulikaappeihin sekä eteisauloihin. Jäähdytysenergia tuotetaan kaukokylmällä ja sitä jaetaan ilmankäsittelykoneilla sekä kiertoilmajäähdyttimillä. Ilmanjakotapa on sekoittava eli tuleva ilma sekoittuu huoneilmaan ja samalla osa huoneilmasta poistuu, jolloin ilmanlaatu saadaan pidettyä mahdollisimman homogeenisena. Ilmanvaihtokerroin eli miten monta kertaa tunnissa koko tilan ilma vaihtuu laskennallisesti, on rakentamismääräysten mukaisesti 0,5 eli ilma vaihtuu kerran joka 2. tunti. Ilmanvaihdolla ei ole tarkoitus ylläpitää lämpötasoa paitsi lämmityskauden ulkopuolella, jolloin vaikutusalueille tuotaisiin ilmanvaihdolla viileämpää ilmaa.

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän valvonta

Laitokseen asennettiin kiinteä valvomo-PC, joka liitettiin rakennuksen sisäiseen ATK-verkkoon. Kiinteästä valvomosta voidaan tehdä laajempia muutoksia ja korjauksia paikallisesti huoltoyhtiön toimesta. Valvomo-PC myös kerää historiatietoja rakennusautomaatiosta (esim. lämpötiloja, venttiilien asentoja ja ilmamääriä) mahdollista myöhempää tutkimista ja analysointia varten. Valvomo-PC:n etäyöpöytäkäyttöä ei alkuvaiheessa toteutettu. Etäkäytön avulla voidaan tarvittaessa ulkoisesta verkosta kirjautua valvomo-PC:lle ja hallinnoida rakennusautomaatiota mistä tahansa internetin kautta. Valvomoon asennettiin GSM-modeemi siirtämään rakennusautomaatiosta tietyn prioriteetin jatkohälytykset huoltoyhtiön hälytyskeskukseen, joka välittäisi tiedon laitosta huoltaville henkilöille.

2.2 Lämmitysjärjestelmät

Rakennusten kaukolämmön alajakokeskus uusittiin. Alun perin molempiin rakennuksiin piti tulla omat lämmönjakokeskukset, mutta ne yhdistettiin projektin alkuvaiheessa tilaongelmien vuoksi. Keskukset toteutettiin neljäkerroksisen rakennuksen vanhaan lämmönjakohuoneeseen, joka sijaitsee pohjakerroksessa.

Keskus toteutettiin kolmella lämmityspiirillä: lämpimän käyttöveden, radiaattoripattereiden ja ilmankäsittelykoneiden lämmityspattereiden erillisillä verkostoilla. Jokaiseen verkostoon tuli oma kaukolämpövaihdin, kiertovesi- tai lämpöjohtopumppu, meno- ja paluu-lämpötilamittaukset sekä kaukolämpöventtiilit. Radiaattori- ja ilmankäsittelykoneiden

lämmityspatteriverkostoihin tuli lisäksi vesipainehälyttimet, joista saadaan tieto verkoston yli- tai alipaineesta. Käyttövesiverkoston ei painehälytintä tarvita, sillä se ei ole suljettu verkosto, vaan kylmää vettä lisätään lämpimän veden kulutuksen mukaan.

Kolmikerroksisen rakennuksen radiaattoripatteriverkosto uusittiin kokonaisuudessaan, jolloin sen energiatehokkuus parani huomattavasti pienemmästä virtausvastuksesta ja alhaisemmasta mitoitustilasta johtuen. Alhaisemmalla mitoitustilalla saavutetaan pienemmät lämmönhäviöt verkoston epäsuotuisissa kohdissa, esim. maan alla kulkevilla putkiosuuksilla, suhteessa korkeampaan mitoitustilaan. Kolmikerroksisen rakennuksen radiaattoripatteriverkoston lämpötila säädettiin sunttaamalla päälämmitysverkostosta 3-tieventtiilillä suunnitellun mukaista menolämpötilaa. Myös suntatulle verkostolle asennettiin omat meno- ja paluulämpötilamittaukset ja lämpöjohtopumppu. Nelikerroksisen rakennuksen patteriverkosta ei uusittu, joten verkoston lämpötila-asetus piti mitoittaa ns. iäkkään kiinteistön lämpötilakäyrän ja lämpöjohtopumppu suuremman virtaamaan mukaan.

Kolmikerroksisen rakennuksen kellariin suunniteltiin ja asennettiin rakennusaikana lattialämmitys, sillä tila vaatii lämpöä maasta tulevan kosteuden poistamiseksi. Kertaalleen suntattuun verkostoon tehtiin sitä varten yksi alasuuntaus, sillä lattialämmitysverkosto ei vaadi niin korkeita lämpötiloja kuin radiaattoripatteriverkosto. Lattialämmityksen tuli toimia myös kesällä ja se toteutettiin sähkölämmityskattilalla, jotta kesäaikana ei turhaan lämmitettäisi molempien rakennusten radiaattoripatteriverkostoja.

Lämmitysverkostojen lämpötila-asetusarvo toteutettiin ulkolämpötilan kompensoinnilla eli lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa muutetaan asetellun käyrän mukaan ulkolämpötilan muuttuessa. Radiaattoripatteriverkoston käyrän minimiarvoksi asetettiin +20/+20 °C ja maksimiarvoksi -20/70 °C. Tällöin menoveden lämpötila olisi +20 °C:n ulkolämpötilassa +20 °C ja -20 °C:n ulkolämpötilassa +70 °C, jolloin käyrän raja-arvojen välillä asetussarvo muuttuisi lineaarisen käyrän mukaisesti. Suntatussa radiaattoripatteriverkostossa lämpötilat olivat +20/+20 °C ja -20/65 °C sekä ilmankäsittelykoneiden lämmityspatteriverkostossa +20/+20 °C ja -20/80 °C. Lämpimän käyttövesiverkoston lämpötilaksi asetettiin rakentamismääräysten mukainen asetussarvo +58 °C. Arvo pysyy aina samana, jotta käyttöveden kierrosta palaava vesi ei alittaisi +55 °C:n lämpötilaa. Tämä pienentää mikrobien, mm. legionellabakteerien ilmenemisriskiä.

2.3 Jäähdytysjärjestelmät

Rakennuksiin tuotiin uutena taloteknisenä osana jäähdytys ja sitä varten asennettiin kaukokylmän alajakokeskus. Jäähdytystä käytetään tilojen viilentämisen lisäksi myös sisäilman kosteuden hallintaan.

Molempiin rakennuksiin piti alun perin tulla omat kaukokylmän alajakokeskukset, kuten kaukolämmön osalta oli aiemmin toteutettu. Ne päätettiin kuitenkin yhdistää. Laitteet asennettiin neljäkerroksisen rakennuksen pohjakerrokseen, lämmönjakohuoneen viereiseen tilaan. Keskus toteutettiin yhdellä jäähdytyspiirillä, joka palveli sekä ilmaskäsitelykoneita että kiertoilmajäähdyttimiä. Keskukseen tuli kaukokylmävaihdin, kiertovesipumppu, meno- ja paluulämpötilamittaukset, vesipainehälytín sekä kaukokylmäventtiilit.

Jäähdytysverkoston lämpötila-asetusarvo toteutettiin ulkolämpötilan kompensoinnilla ja käyrän minimiarvoksi määritettiin +25 °C:n ulkolämpötilassa +7 °C:n asetus ja maksimiarvoksi +10/+12 °C. Koska kaikki jäähdytyslaitteita ohjaavat venttiilit liitettiin rakennusautomaatiojärjestelmään, voitiin jäähdytys aktivoida tarpeen mukaan eikä verkostossa pumpattu vettä tarpeettomasti. Tämä pienentää kiinteistön käyttökustannuksia.

2.4 Ilmanvaihtojärjestelmät

Nelikerroksiseen rakennukseen tuli 4 ilmaskäsitelykonetta, joista yksi palveli keittiötä, yksi luokkahuoneita, yksi käytäviä ja yleisiä tiloja sekä yksi ruokalaa. Toisessa rakennuksessa yksi ilmaskäsitelykone palveli luokkahuoneita, yksi käytäviä, yleisiä tiloja ja laajennusosaa sekä yksi auditoriota. Huonetiloille ei ollut ilmaskäsitelykoneen jälkeen mitään jälkikäsitelyjä (lämmitys/jäähdytys), joten kunkin ilmaskäsitelykoneen vaikutusalueelle tuotettiin saman lämpöistä ilmaa riippumatta vaikutusalueella vallitsevista olosuhteista. Poistoilman lämpötilaa mittaava anturi asennettiin ilmaskäsitelykoneen kokoojakammioon, joka keskiarvoisti lämpötilan sekoittamalla jokaiselta vaikutusalueelta tulevan huoneilman. Tällöin lämpötilamittauksen painoarvo oli tiloilla, joiden ilmanvaihdon määrä oli suurempi suhteessa muihin tiloihin.

Kaikkien ilmaskäsitelykoneiden lämmitykset ja jäähdytykset toteutettiin poistoilmakompensoinnilla. Tällöin poisto- eli huoneilman lämpötila määrää suoraan tuloilman lämpötilan lineaariselta käyrältä. Käyrän minimiarvoksi asetettiin +17 °C ja maksimiksi +21 °C. Tällöin poistoilman ollessa +17 °C tuloilman lämpötila on +21 °C ja päinvastoin. Arvot

leikkaavat käyrällä kohdassa +19 °C, joka on suunnitelmien mukaisesti optimaalisin tulo-
lämpötila-asetus halutun, +21 °C:n huonelämpötilan saavuttamiseksi.

Yksittäisen huoneen ilmanlaatua (yleensä CO₂-pitoisuus) ei pystytty seuraamaan, koska
mittaava anturi oli lämpötila-anturin kanssa kokoojakammiossa. Tällöin huonetiloissa,
joissa ilma on huonolaatuista johtuen poikkeavasta kuormituksesta esim. Henkilömää-
rässä, ei pystytä ilmanvaihtoa automaattisesti tehostamaan.

Kaikkiin rakennuksiin tuli useita paloalueita, joiden väliset rakenteet toteutettiin palon ja
palokaasujen leviämistä hidastaviksi. Talotekniikan osalta tämä vaati useita ilmanvaiht-
don palopeltejä, jotka laukeaisivat automaattisesti havaittuaan tavanomaista korkeam-
man lämpötilan (kyseinen malli: sulakkeen laukaisulämpötila 70 °C) ja antaisivat häly-
tyksen rakennusautomaatioon. Pellin toimilaite on jousikuormitteinen, jolloin sulakkeen
lauetessa tai käyttöjännitteen katketessa pelti sulkeutuu jousivoimalla. Tämän vuoksi toi-
milaite pitää rakentamismääräysten mukaan koekäyttää 48 h:n välein, jolloin toimimat-
tomuus havaitaan ensi tilassa ja ryhdytään korjaustoimenpiteisiin.

Molemmissa rakennuksissa luokkahuoneita palvelevan ilmankäsittelykoneen energian-
kulutusta optimoitiin määrittelemällä palopelleistä vyöhykkeet, jotka saataisiin aktivoitua
erillisistä lisäaikapainikkeista. Tällöin ilmanvaihto kohdentuisi vaikutusalueelle, jossa olisi
ihmisiä paikalla, eikä ilmaa vaihdettaisi tarpeettomasti tyhjillään olevilla alueilla.

Määrättyihin tiloihin (mm. harjoitus- ja ryhmätyöskentelytilat) asennettiin erilliset vyöhy-
kepellit, joilla saadaan vaikutusalueen normaalia ilmanvaihtoa tehostettua käyttäjän toi-
mesta, kun henkilömäärät vaihtelevat. Vyöhykepeltejä ohjataan läsnäolopainikkeilla,
jolla tehostetaan tilan ilmanvaihtoa halutun ajanjakson verran. Asetellun ajanjakson ku-
luttua ilmanvaihto palautuu normaaliksi, ellei painikkeesta ole määritetty uutta ajanjak-
soa.

Ilmankäsittelykoneille asetettiin kolme nopeutta (50 %, 70 % ja 100 % ilmamäärä). No-
peuksia voidaan säätää aikaohjelmalla (käytettävä miniminopeus), poistolämpötilan
noustessa tai sisäilman laadun huonontuessa (poistoilman CO₂-pitoisuus) nostamalla
portaittain ilmanvaihtoa suuremmalle nopeudelle ja poistolämpötilan laskiessa ja sisäil-
man parantuessa laskea aikaohjelman määräämälle miniminopeudelle.

Nopeuden muutokset tapahtuvat automaattisesti, mikä säästää sähkö-, lämmitys- ja
jäähdytysenergiaa samalla, kun sisäilma pysyy hyvänä tarpeenmukaisella ilmanvaiht-

dolla, esim. pienestä henkilömäärästä johtuen, eikä hyvälaatuista ilmaa vaihdeta turhaan. Lisäksi aikaohjelman ulkopuolella jokainen ilmaskäsitelykone voidaan erikseen käynnistää minimi-ilmavirralla lisäaikapainikkeesta halutuksi ajanjaksoksi esim. iltaisin ja viikonloppuisin.

Jotta rakennuksen painetasapaino säilyy oikeanlaisena ja -suuruisena, tulee se huomioida ilmaskäsitelykoneiden puhallinnopeuksien säätötavassa. Nykyään jatkuväsäätöiset puhallinohjaukset esim. taajuusmuuttajilla mahdollistavat nopeuden asettelun portaattomasti, jolloin painesuhteet saadaan pysymään määrättyissä arvoissa. Tasapainoisen säädön yleisin toteutustapa on ns. kanaviston staattinen pitopaine, jolloin sekä ilmaskäsitelyprosessissa että vaikutusalueella tapahtuvat muutokset vaikuttavat staattiseen paineeseen ja puhallinnopeutta säädetään vaikutusten kompensoimiseksi. Prosessissa ilman kulkuun vaikuttavat muutokset ovat mm. suodattimien puhtaus sekä lämmön talteenoton huurtuminen ja vaikutusalueen vyöhykepellit. Staattinen pitopaine mitataan yleensä ilmaskäsitelykoneen tulo- ja poistopuhaltimien kokoojakammioissa, jolloin jokaisessa kammioon liitettyssä haarakanavavassa muuttuvat olosuhteet vaikuttavat mittaustulokseen. Pitopainemittauksen asennustapaan ja -paikkaan tulee kiinnittää erityistä huomioita, sillä huojuva mittaustulos aiheuttaa värähtelyä säätöprosessiin, eikä tasapainoa saada vakaaksi. Rakennusten ylipaine tai liiallinen alipaine vaikuttavat sisäolosuhteisiin, energiatehokkuuteen sekä eritoten rakenteiden elinkaareen. Käytännössä aina tavoitellaan tasapainotilannetta, mutta koska sen saavuttaminen aiheuttaa ylipaineisuusriskin, säädetään rakennukset hieman alipaineisiksi (5...10 Pa). Ylipaine aiheuttaa ulospäin suuntautuvia ilmapuotoja, jotka siirtävät vuotokohdassa seinärakenteen kastepisteen kohti ulointa seinärakennetta aiheuttaen kosteuskuormitusta, joka voi eloperäisessä aineessa muodostaa mikrobikasvustoa. Tällöin mahdollinen painesuhteen kääntyminen alipaineiseksi aiheuttaa samasta vuotokohdasta mikrobieliöiden kulkeutumisen sisätiloihin. Liiallinen alipaineisuus lisäksi aiheuttaa vedon tunnetta vuotokohtien lähellä, kun rakenteet jäähtyvät. Käytännössä sekä ylipaineisuus että liiallinen alipaineisuus aiheuttavat myös energiatehokkuuden heikkenemisen, sillä osa ilmasta ei kulkeudu ilmanvaihdon lämmön talteenoton kautta.

Ilmanvaihdon säätötöiden valmistumisen jälkeen mitataan mitoitusilmamäärän (q_v) kammionpaine (P_1) ja sen perusteella määritetään halutun osailmamäärän kanavapaine (P_2) kaavalla:

$$P_2 = P_1 * q_v^2$$

Kaava 1. Osailmamäärän kanavapainelaskenta

Ilmankäsittelykoneisiin asennettiin rakentamismääräysten mukaisesti lämmöntalteenottolaitteistot. Lämmön talteenottolaitteet sijoitetaan ilmankäsittelykoneessa aina poistokoneessa viimeiseksi ennen sulkupeltiä ja tulokanavassa heti sulkupellin ja suodattimen jälkeen ennen lämmityspatteria. Pääsääntöisesti laitteistot toteutettiin lämmön talteenottokiekkoilla, joiden hyötysuhde on korkea ja jotka ovat kaksitoimisia. Haittapuolena kiekossa on vuotoilman siirtyminen poistoilmasta tuloilmaan, jolloin hajut ja muut epäpuhtaudet, joita partikkelisuodattimilla ei saada poistettua leviävät tuloilman kautta vaikutusalueelle. Yleisiä tiloja palvelevien ilmankäsittelykoneiden lämmön talteenotot toteutettiin ristivirtakennoilla, sillä ilmankäsittelykoneiden vaikutusalueella sijaitsee saniteettitiloja. Tällöin ei ole määräysten mukaan luvallista käyttää poistoilmaa tuloilmaan siirtäviä kiekkoja, mikäli kyseisen ilmankäsittelykoneen kokonaisilmamäärästä yli 1 % osuus on saniteettitilojen tai muiden vastaavien ns. likaisten tilojen poistoilmoja. Ristivirtakennon hyötysuhde on merkittävästi heikompi kuin talteenottokiekolla.

Lämmöntalteenottokiekko on tehty alumiinista, ja se on rakenteeltaan kennomainen. Kiekon paksuus määritetään ilmankäsittelykonekohtaisesti, jotta kiekon sieppauspinta-ala ja kiekon massa ovat oikean suuruiset suhteessa koneen käsittelemään ilmamäärään. Lisäksi kiekon optimaalinen pyörimisnopeus tulee säätää käyttöönottovaiheessa, jotta sähköenergian kulutus saadaan minimoitua. Jäähdytysaikoina lämmöntalteenottokiekolla saadaan pidettyä mahdollisesti viileämpi ilma sisällä, jolloin talteenoton toiminta on päinvastainen kuin talvella, ja se säästää näin jäähdytysenergiaa. Lämmöntalteenoton tehoa säädetään kiekon pyörimisnopeudella portaattomasti, jolloin hitaammin pyörivä kiekko palauttaa vähemmän energiaa ja päinvastoin.

Ristivirtakennossa tulo- ja poistoilma risteävät myötävirtaan lamellirakenteisessa patterissa, jossa joka toisessa lamellissa virtaa poistoilma ja joka toisessa tuloilma. Lamellit ovat alumiinia, jolloin lämpöenergia siirtyy johtumalla poistoilmasta tuloilmaan ilman, että ilmavirrat pääsevät sekoittumaan. Lamellit mitoitetaan ilmankäsittelykoneen ilmamäärien mukaan ja mitoituksessa tulee huomioida lamelliosuuksien riittävä painehäviö, jotta ilmanvirtaukseen syntyy riittävästi turbulentsuutta halutun hyötysuhteen saavuttamiseksi. Lämmöntalteenoton tehoa säädetään virtaus- ja ohituspellistön avulla, jolloin pienemmällä lämmitysenergian tarpeella ohituspellistö on auki virtauspellistön ollessa

kiinni ja päinvastoin. Sääto ei tapahdu portaattomasti sillä ilmamäärien kulkeutumista ei voi täysin säädellä pellistöjen avulla.

Ilmankäsittelykoneisiin tuli lisäksi lämmityspatterit, joilla tuloilman lämpötila nostetaan lämmityskaudella haluttuun asetusarvoon kaukolämmöstä otetun energian avulla. Yksittäisen ilmankäsittelykoneen lämmityspatterin teho otetaan käyttöön, kun lämmöntalteenoton koko kapasiteetti on ensin otettu käyttöön. Tällöin säätötapa on portaittain tapahtuva, jolloin saadaan ensisijaisesti edullisin energia hyödynnettyä ja siirrytään aina seuraavassa portaassa kalliimpaan energiamuotoon. Lämmityskauden ulkopuolella tuloilman lämpötila pudotettaisiin haluttuun asetusarvoon jäähdytyspatterin avulla, johon energiaa siirretään kaukokylmäverkostosta.

Koska kaksi alkuperäistä rakennusta olivat 1800-luvulta, vanhoihin rakenteisiin kohdistuvaa kosteuskuormaa haluttiin pienentää pitämällä huoneilman suhteellinen kosteus riittävän alhaisena, jotta vältetään puisten kantavien rakenteiden sekä sisäpintojen ennenaikaiselta rapistumiselta. Ilmankäsittelykoneet varustettiin tuloilman kuivatustoiminnoilla, jotka toteutettiin jäähdytys- ja jälkilämmityspattereilla. Tulo- eli ulkoilman suhteellisen kosteuden ylittyessä, jäähdytyspatterilla viilennetään ilman lämpötila alle kastepisteen, jolloin vesi tiivistyy patterin pintaan ja valuu viemäriin. Tämän jälkeen viileä ja kuiva ilma lämmitetään takaisin haluttuun tuloilman asetusarvoon. Tuloilman suhteellisen kosteuden maksimaaliseksi arvoksi asetettiin suunnitelmien mukainen 80 % r.h. Ilman kuivaus kuluttaa paljon energiaa myös välillisesti, sillä jälkilämmityspatteri aiheuttaa ilman virtausvastusta ja täten kasvattaa puhallinsähkön kulutusta. Kyseissä tapauksessa rakenteiden ja pintojen varjelu on taloudellisessa mielessä kannattavaa.

Ilmankäsittelykoneiden tuloilman kuivatustoimintoa varten ilmankäsittelykoneiden lämmityspatteriverkostoon tehtiin kesäkuukausiksi kuivatustoiminnan korotus. Koska kuivatustoiminto olisi käytössä pääsääntöisesti lämmityskauden ulkopuolella ja lämmityspatteriverkosto olisi tällöin viileä, pitää lämpötilaa verkostossa nostaa ennen kuin koneet aloittaisivat kuivatustoiminnon, jotta vaikutusalueelle tuotettavan ilman lämpötila ei laske liian alhaiseksi.

Alapohjien radontuuletus toteutettiin poistopuhaltimilla ja hissikuilujen sekä porraskäytävien tuuletus yksinopeuksisilla huippuimureilla. Teknisiin tiloihin ja tuulikaappeihin asennettiin mekaaniset termostaatit ohjaamaan huippuimureita ja oviverhokojeita. Näistä erillispuhaltimista rakennusautomaatioon liitettiin sähkökeskusten lämpöreleiden laukeamishälytykset.

Lisäksi nelikerroksiseen rakennukseen tuli seminaarisaleihin 12 kiertoilmajäähdytintä. Niillä viilennetään vaikutusalueen ilmaa, kun tilaan tulee suurempi määrä ihmisiä tai muuta lämpökuormaa (esim. tietokoneita). Tämä on taloudellisempaa, kun energian kulutus kohdistuu vaikutusalueelle, jossa jäähdytykselle on tarvetta, eikä tyhjiin tai valmiiksi viilleisiin tiloihin.

2.5 Erillisohjaukset

Rakennusten sisävaloja ohjattiin liiketunnistimilla, jotka pitävät tietyn tilan valaistuksen päällä määritellyn ajan. Liiketunnistimet oli kytketty suoraan valoja ohjaaviin sähkökeskuksiin, joten niiden avulla ei pystyttäisi ohjaamaan muita talotekniikan osia (esim. ilmanvaihtoa). Rakennusautomaatioon lisättiin molemmista rakennuksista keskusten pakko-syöttöjä, joilla sisävaloja saataisiin ohjattua päälle liiketunnistimista riippumatta. Tämä olisi käyttäjien kannalta käytännöllisempää, kun valot palaisivat päiväsaikaan jatkuvasti eivätkä syttyisi ja sammuisi lyhyen ajan sisällä. Myös pienempi sytytyskertojen määrä pidentäisi lamppujen vaihtoväliä.

Ulkovalaistuksien energiakulutus optimoitiin asentamalla ulkovaloisuusanturi ja asettelemalla aikaohjelmat kullekin valaistukselle. Näin valoja ei poltettaisi turhaan valoisaan aikaan eikä silloin, kun niille ei ole tarvetta.

3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TEKNIKASTA

Tässä luvussa käsitellään rakennusautomaatiojärjestelmien teknisiä ominaisuuksia koskien ohjelmistoja ja laitteita, jotta rakennusautomaation projektinohitajalla on käsitys käytettävien ohjelmistojen ja laitteiden ominaisuuksista sekä rajoituksista.

Alakeskuksessa sijaitsee keskusyksikkö, liityntäkortit eli moduulit sekä tarvittavat apulaitteet (mm. jännitemuuntaja). Keskus valmistetaan yleensä pulverimaalattua metallista ja toteutetaan minimissään IP54 -tiivetyydyksellä, jotta pöly ja roiskevesi eivät pääse kulkeutumaan keskuksen sisälle. Käytön aikana tämä ei yleensä muodostu ongelmaksi, mutta rakennusaikana keskus voi joutua tiiveyttä vaativan kuormituksen kohteeksi. [2]

3.1 Pisteohjelma

Kaikki järjestelmään toteuttavat liitännät vaativat pisteen. Pisteitä on olemassa kahta erityyppiä: kovia eli fyysisiä pisteitä ja ohjelmallisia eli fiktiivisiä pisteitä. Fyysinen piste tarkoittaa fyysistä liitännää kentälle, esim. mitta-anturi tai toimilaitte. Fiktiivinen piste on pelkästään tietokoneohjelmoitava piste, jolla esim. verrataan mittauksia tai asetellaan aikaohjelmia. Fyysiset pisteet sisältävät digitaalisia ohjauksia (seis-käy), digitaalisia indikoiteja (käy-seis/tosi-epätosi), analogisia indikoiteja (vastus, erityyppiset viestit), analogisia ohjauksia (0 – 100 % säätöarvoja) sekä impulssituloja (kulutusmittarit). Fiktiivisiä pistetyyppejä on fyysisiä pisteitä enemmän ja käytetyimpiä niistä ovat aikaohjelmat, mittauksen raja-arvohälytykset, digitaalisten ohjausten ja indikointien ristiriitaisuudet, käyttöpisteet, anturitaulukot sekä ohjelmalliset säätimet. Fiktiivisten pisteiden lukumäärää ei ole pistekohtaisesti rajoitettu, fyysisiä ja fiktiivisiä pisteitä voi alakeskukseen tehdä yhteensä enintään 1 200.

3.2 Keskusyksikkö

Keskusyksikköön on tallennettu kaikki alakeskuksen liityntäpisteet ja ohjelmat. Keskusyksikkö kerää tietoa ja lähettää sitä kentälle erityyppisten liitännäkorttien eli moduulien kautta. Alakeskukseen liitettävien moduulien enimmäismäärä on 128 ja yhden tyyppisiä

moduuleita voi olla enintään 32. Lisäksi alakeskuskotelon fyysiset mitat rajoittavat moduulien määrää, mutta niitä voidaan tarvittaessa hajauttaa moduulikoteloihin etämoduuleiksi tai esim. ryhmäkeskuksiin.

3.3 Liitäntäkortit (moduulit)

Moduuleja on neljää eri tyyppiä: digitaalinen ohjaus, digitaalinen indikointi, analoginen indikointi ja analoginen ohjaus. Lisäksi on käytössä hajamoduuli, jossa on jokaista neljää edellä mainittua tyyppiä.

Digitaaliset ohjaukset DO (digital output) toteutetaan avautuvilla tai sulkeutuvilla releohjauksilla, digitaaliset indikoinnit DI (digital input) avautuvilla ja sulkeutuvilla virtapiireillä tai impulssiviesteillä, analogiset indikoinnit AI (analog input) NTC-vastuksilla, 0 – 10 VDC:n jänniteviesteillä tai 0 – 20 mA:n virtaviesteillä ja analogiset ohjaukset AO (analog output) 0 – 10 VDC:n jänniteviesteillä.

Digitaalisessa ohjausmoduulissa on 8 vaihtorelettä (avautuva ja sulkeutuva kosketin), joilla ohjataan esim. puhallinta, valaistusta tai ovilukkoja. Yhden releen läpi voidaan syöttää enimmillään 230 VAC:n jännite ja 10 A:n virta. Releen johtimet kestäisivät suuremman kuorman mutta releen kärjet pystyvät varmuudella irtoamaan vielä alle 10 A:n virralla eivätkä hitsaudu valokaaren johdosta kiinni. Jokaisen releen vieressä on käyttökytkin, jolla voidaan määrittää rele auki, kiinni tai keskusyksikön ohjaukselle. Keskusyksiköstä voidaan tarvittaessa tarkistaa kunkin käyttökytkimen tila. Jos puhallin on kaksinopeuksinen (eli se voidaan ohjata hitaalle tai nopealle), pitää tämä ottaa huomioon pisteohjelmoinnissa. Tällöin varataan kaksi vierekkäistä relettä toimimaan eriaikaisesti, jotta sähkösyötön eri vaiheet eivät pääse kytkeytymään samanaikaisesti moottorin käämille. Myös sähkökeskuksessa on tehty lukitukset, jotka estävät kahden vaiheen samanaikaisen kytkeytymisen moottorin käämille.

Digitaalisessa indikointimoduulissa on 16 indikointipistettä, jotka voidaan erikseen ohjelmoida toimimaan avautuvina tai sulkeutuvina virtapiireinä tai vaihtoehtoisesti impulssituloina. Indikointipisteillä kerätään kärkitietoa esim. puhaltimilta, releiltä tai painikkeilta. Kun virtapiiri sulkeutuu tai avautuu, ohjelmoinnista riippuen piste antaa tilatiedon tai hälytyksen keskusyksikölle. Yleensä sulkeutuvaa kosketinta käytetään tilatietojen keruuseen, kun taas avautuvaa kosketinta käytetään varolaitteissa. Indikointipistettä voidaan käyttää myös impulssimittaukseen kaukolämpö-, sähköenergian ja vedenkulutuksen

seurantaan. Nykyään sähkö- ja vesilaitokset toimittavat etäluettavia mittareita ja kulutusmittauksia liitetään rakennusautomaatioon silloin, kun halutaan seurata tarkkaan tietyn prosessin energiankulutusta ja optimoida säästötoimet. Vesimittarin kulutusseurannan avulla voidaan lisäksi valvoa mahdollisia vuotoja asettamalla ohjelma seuraamaan edellisen tunnin, päivän ja viikon tai yöaikaisia kulutuksia ja hälyttämään poikkeamista.

Esimerkkinä ilmastoinnin hätäpysäytyspainike on aina avautuvassa koskettimessa, Jos johdin vikaantuu tahattomalla toimenpiteellä, virtapiiri aukeaa ja varolaite aktivoi pakko-kytkennät. Jos painike on sulkeutuvassa koskettimessa ja johdin vioittuu, tieto hätäpysäytyspainikkeelta ei ehkä koskaan tule alakeskukselle. Ilmastoinnin hätäpysäytyksen toiminta voidaan toteuttaa myös ryhmäkeskuksen ohjauksella. Tällöin alakeskuksessa rele katkaisee ryhmäkeskuksessa olevien kontaktorien ohjausjännitteen. Tämä on varmempi toimenpide hätäpysäytykselle, sillä ilmanvaihtolaitteet voivat olla myös kytkettyinä käsin päälle, jolloin automatiikka ei pysty niitä sammuttamaan.

Analogisessa indikointimoduulissa on 8 mittauspistettä, joilla voidaan kerätä mittaustietoa laitoksen eri antureista. Mittaustapa määritetään moduulissa olevalla oikosulkupaloilla pistekohtaisesti joko NTC-vastusmittaukseksi, 0 – 10 V jänniteviestiksi tai 0 – 20 mA virtaviestiksi. Yleisimmin lämpötilat mitataan NTC-vastuksilla niiden edullisuuden ja toimintavarmuuden vuoksi. Mittauspiste käyttää 12 V tasajännitettä napojen välillä (ilman kuormaa) ja anturin vastusarvon muuttuessa läpi kulkeva virta muuttuu, jonka moduuli muuttaa digitaaliseksi tiedoksi ja lähettää keskusyksikölle. Johtimista muodostuvaa vastusta ei tarvitse huomioida, sillä NTC-vastus on huonelämpötilassa mallista riippuen n.1,8 tai 10 k Ω luokkaa, eikä huomattavasti alle ohmin vastuksen tuottava johdin juurikaan mittaustulosta vääristä. Erityyppiset lähettimet, kuten ilmanpaine-ero-, vedenpaine-, valoisuus- ja pitoisuuslähettimet, antavat tyypistä riippuen 0 – 10 V jänniteviestin tai 0 – 20 mA virtaviestin. Moduuli muuttaa mittaustuloksen digitaaliseksi ja keskusyksikkö skaalaa lähettimien mittaukset asetellun anturitaulukon mukaisesti, jotta saadaan keskusyksikölle ja käyttäjälle oikea mittaustulos.

Lähettimet tarvitsevat aina käyttöjännitteen ja alakeskuksessa on käytössä 24 V vaihtosähkö kenttälaitteille. Käyttösjähkölittimet löytyvät analogisista indikointimoduuleista suoraan mittauspisteen vierestä, joten johtimia ei tarvitse erikseen vetää riviliittimille keskuksen alareunaan. Käyttöjännite otetaan käyttöön moduulissa olevilla oikosulkupaloilla. Virtaviestilähettimet vaativat usein tasajännitettä, joka on erikseen tuotava tasajännitelähteiltä.

Analogisessa ohjausmoduulissa on 8 ohjauspistettä, joilla voidaan antaa 0 – 10 VDC jänniteviesti esim. venttiili- ja ilmapeltimoottorille tai puhaltimelle. Jänniteviesti määritetään yleensä säätimen perusteella 0 – 100 %. Tällöin esim. 30 % säätöviesti vastaa 3 V ohjausviestiä. Kaikki ohjausviestillä toimivat toimilaitteet tarvitsevat käyttöjännitteeksi 24 V vaihtosähköä joka saadaan ohjauspisteen vieressä olevista liittimistä. Käyttöjännite otetaan käyttöön moduulissa olevilla oikosulkupaloilla.

Hajamoduulissa on digitaalisia ohjauspisteitä neljä, digitaalisia indikointipisteitä kahdeksan, analogisia indikointipisteitä kahdeksan ja analogisia ohjauspisteitä neljä kappaletta. Pisteiden ominaisuudet ovat samanlaiset kuin tavanomaisissa moduuleissa. Lisäksi hajamoduulin analogiohjauspisteissä on ohjaustapana myös pulssilähtö. Toiminta on aikasuhteellista eli toimilaitte saa lähdön kautta syöttöjännitteen määrätyn ajan riippuen pisteen asetusarvosta. Toimilaitte on turvotusperiaatteella toteutettu eli sähkön kulkiessa vastus lämmittää vaha, joka turpoaa ja avaa esim. venttiiliä. Sähkön ollessa poikki vaha jäähtyy ja toiminta on päinvastainen.

3.4 Keskusyksikön tiedonsiirto

Keskusyksikössä on vakiona muutamia käytetyimpiä tiedonsiirtoprotokollia ja niitä varten tarvittavia portteja valmiiksi asennettuina. Siinä on valmiina yksi ethernet-portti (RJ-45 -liitin) TCP-pohjaista tiedonsiirtotapaa varten, yksi kiinteä RS-485 -sarjaliikenneportti sekä kolme sisäänrakennettua porttia, joita voidaan laajennuskorttien avulla käyttää tiedonsiirtoportteina RS-232 tai RS-422 -sarjaliikenneprotokollille, riippuen kommunikoitavasta laitteesta.

Keskusyksikön ja moduulien välinen tiedonsiirto tapahtuu RS-485-sarjaprotokollan välityksellä. Tarkemmin sanottuna käytetty tiedonsiirtotapa on 1970-luvulla kehitetty Modbus RTU -protokolla ja siitä on muodostunut ”de facto”-standardi. Tiedonsiirtotapa on differentiaalinen ja balansoitu. Tämä tarkoittaa, että signaali kulkee kahdessa johtimessa, joista toisessa signaali on luonnollisessa tilassa ja toisessa signaali on 180° käännettynä. Ulkopuoliset häiriöt aiheuttavat molempien johtimien signaaleissa samansuuntaisen jännitteenmuutoksen. Vastaanotettaessa käännetty signaali peilataan negatiiviseksi ja lasketaan yhteen luonnollisen signaalin kanssa. Näin alkuperäinen signaali saadaan kaksinkertaisena ilman häiriöitä. Käytettävien kaapeleiden johtimet ovat parierrettyjä, eivätkö näin aiheuta häiriötä ulospäin. Modbus RTU -protokollan etuja ovat

avoin lähdekoodi, lisenssittömyys ja helppokäyttöisyys. Haittana siinä on jatkuva tiedonsiirto eli isäntälaitteen tarvitsee jatkuvasti kysellä muutoksista, jolloin laajoissa järjestelmissä tapahtuu paljon tiedonsiirtoa. [3] [4] [5]

RS-232 -protokollalla voidaan keskusyksikköön liittää sarjaporttilaite, esim. soitto-, mikro- tai GSM-modeemi. Laitteilla voidaan rakentaa valvomoyhteys, mikäli käytössä on lankapuhelinyhteys tai oma parikierretty tiedonsiirtokaapeli ja samassa verkossa on vanhan mallisia alakeskuksia. Tarvittaessa ns. stand-alone (ei valvomoa) -tyyppisistä keskusyksiköistä saadaan hälytykset välitettyä GSM-modeemilla tekstiviestinä.

RS-422 -protokollan avulla keskusyksiköitä voidaan liittää aliväylään, mikäli käytössä ei ole TCP/IP-verkkoa keskusyksiköiden liittämiseksi toisiinsa. Tällöin yksi keskusyksikkö on master- ja muut slave-tyyppisiä, jolloin vain master-keskusyksikkö kommunikoi valvomon kanssa ja on kauttakulkuna slave-keskusyksiköiden tiedonsiirrolle. Master-keskusyksikössä voi olla myös RS-232 -protokollalla toteutettu valvomoyhteys, mikäli TCP/IP-verkko ei ole saatavilla.

Myös RS-485 -protokollan laajennuskortteja voidaan käyttää, mikäli halutaan eriyttää jokin Modbus-väylä varsinaisesta RS-485 -väylästä (0-kanava) ja se suojata asianmukaisilla ylijännitesuojilla mahdollisten vahinkojen välttämiseksi. Eriyttämistä käytetään, kun järjestelmään liitetään esim. huonesäätimiä tai 3. osapuolen väylälaitteita ja halutaan varmistaa 0-kanavan toiminta mahdollisissa vikatilanteissa.

Uusimmissa alakeskusohjelmissa on ominaisuutena Modbus TCP -protokolla, jonka avulla voidaan Ethernet-portin kautta kommunikoida kyseisen protokollan laitteiden kanssa sekä laajentaa liityntämoduulien käyttöä RTU/TCP-muuntimien avulla. Tällöin voidaan TCP-verkossa toteuttaa hajautettuja ohjauksia ilman, että tarvitsee lisätä väyläkaapelointia jälkeempään tai tietää toteutusvaiheessa täsmälliset paikat väylien varauksille.

Alakeskuksia voidaan liittää valvomoon lähes loputtomasti, suurimpana rajoituksena on ihmisen kyky valvoa tätä kokonaisuutta. Usean alakeskuksen liittäminen hidastaa tiedon siirtymistä valvomoon, sillä valvomo kysyy yhden alakeskuksen pistetiedot numerojärjestyksessä. Kierrosaika voi pahimmillaan vanhanaikaisilla sarjaliikennemodeemeilla nousta muutamiin kymmeneen sekunteihin, jolloin voi määrättyissä säätöprosesseissa syntyä ongelmia, kun toiselta alakeskukselta kysyttävä piste viipyy tarpeettoman kauan.

3.5 Apulaitteet

Rakennusautomaatiojärjestelmissä käytetään erinäisiä apulaitteita varmistamaan taloteknisten laitteiden turvallinen toiminta tapauksissa, joissa on mahdollista syntyä vaaraa henkilöille tai materiaalille. Näitä ovat esim. tulipalo- ja jäätymisvaarat.

Ilmankäsittelykoneiden lämmityspatterin jäätyksen suojaamiseksi järjestelmään liitetään jäätyssuojatermostaatti. Laitteella estetään lämmitysverkoston toimintahäiriöstä tai käsikäytölle kytketyistä puhaltimista aiheutuvat lämmityspatterien jäätymisvahingot. Termostaatti on erotettu muusta valvontajärjestelmästä ja se toimii täysin itsenäisesti. Termostaatti mittaa patterin paluuveden lämpötilaa PTC-vastuksella ja lähettää lämpötilan edelleen 0 – 10 V:n jänniteviestinä mittausmoduulille, joten termostaatti toimii lähettimeksi ja tarvitsee 24 VAC käyttöjännitteen. Keskusyksikön ohjelmallisen säätimen antama arvo tulee analogiaohjausmoduulilta 0 – 10 V:n jänniteviestinä termostaatille, josta se on läpikytketty lämmityspatterin venttiilin toimilaitteelle. Tarvittaessa termostaatti säätelee toimilaitteen ohjausjännitettä suuremmaksi, jos paluuveden lämpötila jäähtyy asetellun rajan alle. Yleensä ennakoiti säädetään alkamaan, kun paluuvesi alittaa +12 °C, ja hälytys tapahtuu, kun lämpötila alittaa +8 °C. Hälytyksen tapahtuessa termostaatissa oleva hälytysrele sulkeutuu, johon kytketty digitaalisen indikointimoduulin hälytyspiste aktivoituu. Tämä määrittää ohjelmassa suojalukituksen ja pakkokytkee ilmankäsittelykoneen ohjauksen seis.

Lisäksi termostaatissa on avautuva kosketin, johon kytketään ilmankäsittelykoneen tulo- puhaltimen ryhmäkeskuksen ohjausjännite. Mikäli kone on ryhmäkeskuksen kytkimistä käännetty käsikäyttöasentoon, ei automaatio pysty avaamaan kontaktoria ja lämpöpatteri on vaarassa jäätymään. Kosketin avaa virtapiirin ja sähkönsyöttö puhaltimelle lakkaa. Myös tilanteessa, jossa termostaatin sähkönsyöttö katkeaa, kosketin jää auki, eikä tulo- puhallin voi käynnistyä. Nykyään jatkuvasäateisissä puhaltimissa käytetään taajuusmuuttajia, jotka normaalisti muuttavat sähköverkon taajuutta portaattomasti 0 – 50 Hz. Tällöin termostaatin avautuva kosketin voidaan liittää taajuusmuuttajan ryhmäkeskuksen kontaktorin ohjausjännitteen sijasta useimmissa taajuusmuuttajamalleissa laitteen ulkoiseen turvalukitukseen heikkovirtapuolelle. Heikkovirtapuolella toteutettu jäätyssuojalukitus laukaisee taajuusmuuttajassa hätäpysäytystoiminnon, joka pysäyttää puhaltimen normaalia sammutusta nopeammin. Tämä on taajuusmuuttajavalmistajien suosittu tapa, sillä täydessä vauhdissa tapahtuva syöttöjännitteen katko voi vioittaa taajuusmuut-

tajaa. Lisäksi puhallin ei pysähdy, vaan se jää vapaasti pyörimään toisin kuin normaalisissa tai hätäpysäytyksessä. Pyörivä puhallin siirtää edelleen ilmaa jolloin jäätymisriski korostuu, mikäli sulkupellit eivät ole tiiviitä estäen kylmän ulkoilman kulkeutumisen lämmityspatterille.

Silti taajuusmuuttajan korjaaminen tai uusiminen on edullisempaa kuin vastaavat toimenpiteet lämmityspatterille, sillä jäänyt ja uudelleen sulanut patteri voi aiheuttaa välillisesti myös vesivahingon rakenteille.

Palovaaran lukitus voidaan toteuttaa samalla periaatteella kuin jäätymissuojatermostaatti sillä poikkeuksella, että termostaatti asennetaan tulopuhaltimen jälkeiseen kokoojakammioon. Tämä on käytännössä varotoimenpide tulopuhaltimen tuleen syttymisen estämiselle esim. jumiutuneen laakerin tai kiilautuneen vetohihnan vuoksi. Koska laakerit ovat nykypäivänä tuotannon kehittyttyä erittäin varmatoimisia ja hihnavetoiset puhaltimet on korvattu suoravetoisilla, ei palovaaratermostaattia yleensä toteuteta kuin ohjelmallisesti kanavalämpötilamittauksesta. Nykyään palovaaran laukeamisen yleisin syy on lämmityspatterin ylikämpeneminen tai aukeamatta jäänyt raitisilmapelti, jolloin kanavalämpötila nousee melko nopeasti ja varotoimenpiteellä lähinnä estetään puhallinmoottoriin tarpeettomasti kohdistuva lämpökuorma.

3.6 Kenttälaitteet

Tietyt anturit, yleensä vesitilaan asennettavat, varustetaan anturitaskulla. Lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa vaihtelut ovat hitaampia, eikä taskun tuoma lyhyt viive lämmön siirtymisessä anturiin juurikaan vaikuta säädön toimintaan. Taskun on tarkoitus suojata anturielementtiä suurilta paineen-, virtaaman- ja lämpötilan vaihteluilta. Taskulla myös helpotetaan vaihtotoimenpidettä, sillä kun anturi tarvitsee jossain vaiheessa uusia, ei verkostoa tarvitse tyhjentää, vaan anturi voidaan helposti poistaa ja korvata uudella. Tämä on tärkeää suljetuissa verkostoissa, joissa kaasujen määrä halutaan pitää mahdollisimman vähäisenä putkistojen elinkaaren kannalta.

Lämpimän käyttöveden anturi on kiinteä eikä siinä käytetä taskua. Syynä on taskun aiheuttama viive lämmön siirtymisessä anturiin, jolloin säädin ei saa sillä hetkellä vallitsevaa tietoa lämpötilasta ja säädin huojuu jatkuvasti. Lisäksi käyttövesiverkosto ei ole suljettu verkosto, joten verkoston osittainen tai kokonaan tyhjennys ei vaikuta putkiston elinkaareen.

4 PROJEKTIN TOTEUTUKSEN VAIHEET

Tässä luvussa käsitellään projektin toteutuksen vaiheet aikajärjestyksessä, jotta projektihoitajalle syntyy käsitys projektin etenemismallista ja muiden urakoitsijoiden töihin liittyvistä tarpeista (ns. rytmittävät työt).

Projektin aluksi suoritetaan toimilaitteella varustettavien venttiilien valinta ja hyväksyttäminen suunnittelijalla. Automaatiourakoitsija toimittaa kyseiset venttiilit, jotta ne ja toimitteet ovat keskenään yhteensopivia ja, että toimilaitte soveltuu ominaisuuksiltaan käytettäväksi suunniteltuun säätöpiiriin. Suunnittelija laskee kiinteistön lämmöntarpeen mukaan venttiilien suurimmat virtaukset, painehäviöt ja laippojen halkaisijat. Jos venttiilin koko kasvaa liian suureksi, tulee se huomioida mitoittamalla kaksi rinnakkaista venttiiliä, joista suurempi on vähintään neljä kertaa pienemmän venttiilin kokoinen. Tällä tavalla prosessiin saadaan riittävän hieno säätövara ja säätimen virittäminen on helpompaa eivätkä lämpötilat pääse huojumaan. Syy projektin alussa tapahtuvaan venttiilitilaukseen on kaukolämmön alajakokeskuksen tarve olla toimitettuna työmaalle ajoissa asentamista varten. Keskustoimittajalla on usein vaatimus, että keskuksen toimitusaika alkaa vasta kun venttiilit ja muut tarvikkeet ovat saapuneet valmistajalle.

Ensimmäinen varsinainen järjestelmään liittyvä toimenpide on pisteohjelmoinnin teko. Pisteohjelmoinnissa määritetään alakeskukseen liitettävien pisteiden nimet, tyypit, käyttötarkoitukset sekä vaikutusalueet. Pisteet käyvät ilmi suunnittelijan laatimista säätökaavioista, joissa on esitetty kunkin prosessin periaate, ryhmäkeskusliitännät sekä tarvittavat kenttälaitteet. Käytetty ohjelma on räätälöity pelkästään yrityksen käyttötarpeisiin ja sitä päivitetään uusien keskusyksiköiden, moduulien sekä väylään liitettävien, 3. osapuolen valmistamien laitteiden tietokannan lisääntyessä. Pisteohjelmointi luo automaation kytkentäkuvat, kaapelinvetoluettelot, valvomon pistetietokannan ja laskee moduulien sekä kenttälaitteiden määrät. Lisäksi pisteohjelmalla tehdään ilmankäsittelykoneiden lämmityspattereiden jäätymissuojien kytkentäkuvat alakeskuksen sisäistä johdotusta varten. Pistelistausten mukaiset kaapelinvetoluettelot toimitetaan sähköurakoitsijalle, joka pystyy luettelon mukaisesti johdottamaan ja merkkamaan alakeskuksien ja kenttälaitteiden väliset kaapelit. Automaatiourakoitsija asentaa ja merkkaa kenttälaitteet ennen sähköurakoitsijan kaapelointeja, jotta johdotus tulee oikeaan paikkaan.

Kolmanneksi suoritetaan alakeskuskoteloiden suunnittelu ja tilaus. Pisteohjelmointi laskee, kuinka monta moduulia tarvitaan liittämään kenttälaitteet, indikoinnit ja ohjaukset

yhteen alakeskukseen. Kapasiteettia pyritään jättämään mahdollisia urakan aikaisia lisätöitä ja myöhemmin tehtäviä laajennuksia varten varautumalla suuremmalla kotelolla kuin on urakkaa varten tarve. Kotelot kootaan tarvittavista komponenteista sopimusvalmistajan tuotantolaitoksessa projektikohtaisten suunnitelmien ja speksien mukaisesti ja niiden toimivuus testataan ennen toimitusta työmaalle. Alakeskuksen toimitusaika voi vaihdella 2-6 viikkoa riippuen tuotantotilanteesta, joten ajoissa lähetetty tilaus yleensä saapuu toivottuun toimitusaikaan mennessä, kun on varauduttu 6 viikon toimitukseen.

Neljäs toimenpide on laskea kenttälaitemassat eli määrittää kenttälaitteiden tilaustarve. Tämä suoritetaan pisteohjelmoinnin avulla. Ohjelman oletuspisteet määrittelevät liitäntäpisteen tyyppin (esim. mittaus) ja laitetunnuksen mukaan, minkälainen kenttälaitte on kyseessä. Pientä hienosäätöä aina tarvitaan, sillä joitain toimilaitteita on saatavana hieman erityyppisinä ja käyttötarkoitukseen sopiva laite valitaan hinnaltaan edullisimman mukaan. Kenttälaitteet pyritään valitsemaan yrityksen omista tuotteista, jolloin yhteensopivuus olisi taattu ja ongelma- sekä vikatilanteissa saataisiin parasta teknistä tukea. Kaikkia kenttälaitteita ei ole mahdollista saada omasta tuoteperheestä. Silloin käytetään sopimusvalmistajia, joiden kenttälaitteiden yhteensopivuus on varmistettu pitkäaikaisella käytännön kokemuksella.

Viidenneksi luodaan valvomotietokanta. Tietokanta tuodaan PC-tietokoneelle, jolloin saadaan graafinen käyttöliittymä helpottamaan laitoksen käyttäjää valvomaan ja ohjaamaan eri rakennusautomaation osia ja suorittamaan käyttäjästä riippuen rajoitettua järjestelmien säätöä. Käyttörajoituksia asetetaan ehkäisemään tahattomia toimenpiteitä, jotka saattaisivat aiheuttaa laitteiden vahingoittumisen. Rajoituksen ovat myös harvemmin tapahtuvia tahallisia toimenpiteitä varten, jotka saattavat vaarantaa laitoksessa olevien ihmisten turvallisuuden tai aiheuttaa välittömiä materiaalitappioita sekä välillisesti mm. tuotantotappioita. Valvomoon liitetään kaikki pisteohjelmoinnilla määritetyt pisteet, sekä fyysiset että fiktiiviset. Valvomokuvat tehdään säätölaitekaavioiden perusteella mahdollisimman selkeiksi, jotta prosessien hallinta on helppoa ja yksinkertaista.

Kuudenneksi ohjelmoidaan keskusyksikön toiminnallisuudet eli miten prosessia ohjataan ja säädetään halutulla tavalla. Ohjelmisto on yrityksen tuotekehityksen tekemä ja räätälöity erityisesti rakennusautomaation toteutukseen. Käytetty ohjelmointikieli on tekstipohjainen, C-kielen tyyppinen koodi, jossa loogiset komennot kirjoitetaan suomeksi.

Ohjelmalistausvalikossa ohjelmat ovat siinä järjestyksessä, kuin tietokannan tekijä on ne luonut. Tämän vuoksi ensin kannattaa luoda esim. yhden ilmankäsittelykoneen ohjelmarunko, jossa on kaikki suunnitelman mukaiseen toimintaan tarvittavat osat. Ohjelmalistauksen järjestyksellä ei sinänsä ole merkitystä mutta järjestelmällisyys helpottaa varsinkin toisen henkilön myöhempää työskentelyä.

Yhden ohjelman sisälle pyritään sijoittamaan koneikoissa saman tyyppiset toiminnot; mm. ohjaukset, säädöt ja hälytykset olisivat kukin omissa ohjelmissaan. Ohjelmoinnissa yksittäisen ohjelman runko on selkeyden takia hyvä toteuttaa siten, että ohjelman alussa määritetään muuttujat sisääntuloista, keskiosassa tehdään varsinaiset ohjelmoinnit ja lopussa sijoitetaan ohjelmoidut muuttujat ulostuloihin. Ohjelma voidaan laittaa tulostamaan totuusarvo tai luku sille varattuun muistipaikkaan, jolloin toinen ohjelma tai säädin pystyy kutsumaan kyseistä muuttujaa. Tärkeää on hajauttaa ohjelmia mahdollisimman paljon, jotta niistä ei tule liian pitkiä. Yli 50 rivin ohjelmia pyritään välttämään, sillä niiden toimivuuden testaaminen on hidasta, koska yhdelle näytölle ei mahdu enempää ohjelmarivejä ja alkuosan sisääntuloista osa voi jäädä näkemättä.

Ohjelmoinnissa kannattaa hyödyntää yhden muuttujan tekniikkaa, jolloin ohjelma tavallaan soljuu läpi ja lopputuloksena on paikkansapitävä arvo tai muuttuja. Otetaan esimerkkinä ilmankäsittelykoneen käyntiluvan määrittävä ohjelma. Varsinaisessa ohjelmointikohdassa muuttujien esittelyjen jälkeen ovat koneen normaalit toiminnot, kuten aikaohjelman tai lisäaikapainikkeen mukainen käynnistyminen. Normaalien toimintojen jälkeen ovat vikatilanteista aiheutuvat toiminnot, kuten jäätymisvaaran tai ilmanvaihdon häätäpysäytyksen mukaiset sammutukset. Tällöin tutkitaan kaikki koneen käyntiin vaikuttavat toiminnot ja lopuksi muuttujan paikalla on arvo, joka kertoo suoraan, onko koneella käyntilupa vai ei. Käyntiluvan mukaista toiminnallisuutta kutsutaan käyttöpisteeksi, jonka arvon ollessa suurempi kuin yksi kone saa käynnistyskäskyn, kun taas arvo nolla tai pienempi sammuttaa koneen.

Varsinaisten toimistotöiden jälkeen vuorossa ovat työmaalla tehtävät asennukset, merkaukset, kytkennät, testaukset, toimintakokeet, viritykset ja yhteiskoekäyttö. Tälle projektin osalle yleensä varataan suurin aika, mutta kaikki toimistolla käytetty valmisteleva työ, mm. huolellinen pisteohjelmoinnin laatiminen ja niiden mukaiset kenttälaitetilaukset, lyhentävät sitä.

Automaatiourakoitsija asentaa eri järjestelmien kenttälaitteet ja merkitsee ne yksilöllisillä tunnuksilla, jotka löytyvät prosessikohtaisista säätökaavioista. Ilmanvaihtokonehuoneen

ja muun teknisen tila ulkopuolelle sijoitettavat kenttälaitteet yleensä merkataan sähköurakoitsijan tasokuvaan paikantamisen helpottamiseksi. Sähköurakoitsija tekee kenttälaitteiden vaatimat kaapelivedot sekä asentaa niitä varten tarvittavat kannakkeet, kaapelihyllyt ja -tikkaat sekä suojaputkitukset. Merkintää vastaavat positiot löytyvät pistehojelmoinnin tuottamasta kaapelinvetoluettelosta, josta sähköurakoitsija voi tarkistaa kenttälaitteen ja ala-aseman välille määritetyn kaapelityypin. Kaapelivetojen valmistuttua johtimet kytketään pisteluettelossa määrättyillä johdinpareilla määritettyihin liittimiin kenttälaitteissa ja ala-asemassa.

Kun kytkentätyöt saadaan pääosin valmiiksi, aloitetaan testaus. Jokainen ala-asemaan liitetty piste testataan ensin erikseen, jotta kytkentöjen oikeellisuus ja kenttälaitteiden toimivuus voidaan varmistaa. Pistetestauksen jälkeen järjestelmän ohjelmoinnit voidaan testata lohkoittain ja vasta tämän jälkeen suoritetaan varsinaiset käyntinajot. Testaus on osa laadunvarmistusta, jota seurataan projektin edetessä. Automaatiourakoitsija testaa laitoksen omatoimisesti ja kun urakoitsija on mielestään saavuttanut halutun toimivuuden tason, suoritetaan toimintakokeet suunnittelijan ja valvojan toimesta. Tällöin yksittäisiä pisteitä ei testata erikseen, vaan ainoastaan kokonaisuuksien toimivuus. Tämä koskee pääsääntöisesti ilmankäsittelykoneiden sekä kaukolämmön- ja kaukokylmän alajakokosten toimivuuksien testaamista. Urakan aikataulusta riippuen toimintakokeissa voidaan testata ainoastaan varolaitteet, jotta esim. ilmanvaihtokone voidaan turvallisesti käynnistää ilmanvaihdon säätötöiden suorittamiseksi. Varsinaiset toiminnallisuudet voidaan testata yhteiskoekäytön yhteydessä, jolloin automaatiourakoitsijalla on ollut riittävästi aikaa järjestelmän huolelliseen läpikäyntiin.

Kun toimintakokeet on hyväksytysti suoritettu, aloitetaan laitoksen säätö ja viritys. Ilmanvaihtourakoitsija suorittaa ilmamääräsäädöt ja vesijärjestelmissä säädöt tekee putkiurakoitsija. Muissa mahdollisissa järjestelmissä säädön suorittaa järjestelmän toimittaja.

Ilmamäärät säädetään pääsääntöisesti tilakohtaisesti kertosääteisillä pelleillä ja joissain erikoiskäyttötiloissa jatkuvasääteisillä ilmamääräpelleillä. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi työtilat, joissa on työpistekohtaisia kohdepoistoja, tai tilat, joissa henkilömäärät vaihtelevat päivän aikana. Ilmamäärien säädön jälkeen ilmanvaihtourakoitsija ilmoittaa automaatiourakoitsijalle ilmanvaihtokoneen säätötavasta riippuen meno- ja poistoilman kanavapaineet tai litramäärät sekä koneiden tarkastetut ilmamääräkertoimet. Kyseiset arvot tulee merkitä myös ilmanvaihtokoneisiin kyltillä tai muulla pysyvällä merkinnällä. Putkiurakoitsija mittaa ja säätää lämmönvaihtimien ja pattereiden virtaamat. Automaatiourakoit-

sija tarvitsee mittauspöytäkirjoja vesivirtaamista, mikäli järjestelmässä on jatkuvasäätäinen pumppu, jolla halutaan pitää yllä tietty virtaama tai paine. Automaatiourakoitsija virittää kaukolämpövaihtimien ja sunttauksien venttiilit ja toimittaa virityspöytäkirjat putkiurakoitsijalle sekä paikalliselle energiayhtiölle. Ilma- ja vesimääräsäätöjen suorittamisen jälkeen automaatiourakoitsija asettaa säätöarvot järjestelmään ja virittää ilmamäärien ja lämpötila-asetusten säätimet siten, etteivät puhaltimet ja ilmamäärät tai patterien venttiilit ja lämpötilat merkittävästi huuju normaalin toiminnan aikana. Mikäli järjestelmä käynnistetään talvella tai kesällä, tulee automaatiourakoitsijan huolehtia 1. takuuhuollossa sen vuodenajan mukaisten säätöarvojen viritys, jota ei olla tehty järjestelmän käyttöönotossa.

Yhteiskoekäytössä testataan kaikki talotekniset järjestelmät, jotta ne toimivat tietyissä tilanteissa yhtenäisesti. Käytännössä ei enää tarkastella yksittäisiä hetkiä vaan järjestelmää käytetään esim. 2 viikon ajan normaalisti, jonka jälkeen tutkitaan historiaseurannan dataa. Tällöin havaitaan mm. yöaikaisten toimintojen epäjatkuvuudet sekä hujuvat säätöpiirit. Erikoisemmissä sovelluksissa koestetaan esim. poistumisteiden ylipaineistus tulipalotilanteessa tai valo-ohjausten pakkokytkenät rikosilmoituslaitteiston hälytyksen sattuessa. Kyseiset toteutukset ovat vielä kohtuu harvinaisia, sillä automaatio suunnittelijat eivät täysin osaa hyödyntää kaikkia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia, joita rakennusautomaatio tarjoaa.

5 PROJEKTIN TOTEUTUS KÄYTÄNNÖSSÄ

Tässä luvussa käsitellään projektin erityisiä toteutusvaiheita, jotta niissä havaittuja seikkoja voidaan jatkossa hyödyntää tai vastavuoroisesti välttää, mikäli se ei ole toteutuksen kannalta järkevä tapa.

Valvomon ja alakeskusten välistä kommunikointia varten toteutettiin oma ATK-kaapeliyhteys (CAT6) irrallaan muusta kiinteistön tiedonsiirtoverkosta. Kaapeliyhteyttä varten asennettiin lämmönjakohuoneen alakeskuksen yhteyteen verkkoreititin, jolla saatiin yhden kaapeliyhteyden pituutta lyhennettyä. Reitittimen ja kolmikerroksisen talon ilmanvaihtokonehuoneen välinen kaapeli ylitti sopivan pituuden, mikä aiheutti melko pitkiä tiedonsiirtokatkoja. Sähkösuunnittelija ei ollut mitannut kyseisen kaapelivedon pituutta, ja ongelma havaittiin vasta käytön aikana. Tämän perusteella on kannattavinta liittää automaatiolaitteet kiinteistön omaan tiedonsiirtoverkkoon, jolloin kaapeloinnit ovat tarkasti määritettyjä. Lisäksi reitittimien hallinnointi on palveluntuottajalla, joka huolehtii esim. laiterikon yhteydessä sen korjaamisesta tai korvaamisesta.

Alakeskukseen liitettävät pisteet kävivät ilmi LVIA-suunnittelijan laatimista säätökaavioista. Säätökaavioiden perusteella määritettiin kunkin järjestelmän (esim. ilmanvaihtokone ja kaukolämmön alajakokeskus) vaatimat fyysiset ja fiktiiviset pisteet. Lisäksi säätökaavioissa oli toimintaselostukset ja laiteluettelot, joista ilmeni lisää fiktiivisiä pisteitä apumuuttujiksi ohjelmoinnissa.

Sääkaavioiden perusteella laadituista automaation kytkentäkuvista käy ilmi, minkä tyyppisiä kaapeleita kuhunkin kenttälaitteeseen tarvittiin. Kytkentäkuvat toimitettiin sähköura-koitsijalle kaapeleiden vetoa varten. Kenttälaitteiden paikat merkataan, jotta kaapelit olisivat halutuissa paikoissa. Kaapelivedon helpottamiseksi automaatiourakoitsijan kannattaa asentaa kenttälaitteet samaan aikaan kuin ne merkataan, jolloin sähköurakoitsija tietää tehdä suojaputkitukset mahdollisimman lähelle lopullista asennuspaikkaa, jolloin vedoista tulee siistejä. Kaapelien tuomiseen ala-asemien koteloihin tulee kiinnittää huomioita. Kaapelin tullessa läpiviennistä mahdollisimman läheltä kytkentäkohtaa vältetään kotelon sisällä risteäviltä kaapeleilta. Kaapeleiden läpivientien urakkarajat tulee tarkastaa urakka-asiakirjoista, sillä ne voivat olla joko sähkö- tai automaatiourakoitsijalle kuuluvia. Satojen kaapeleiden läpivienti, merkkaus ja kuorinta on aikaa vievää työtä ja jos se sisältyy sähköurakoitsijan töihin, tulee tästä muistuttaa riittävän ajoissa riittävän monta kertaa sekä käydä esimerkkisuoritus tarkasti läpi.

Pisteohjelmointi tehtiin alun perin siten, että laitokseen olisi tullut viisi alakeskusta. Kahden eri rakennuksen ilmanvaihtokoneet ja palopellit olisivat olleet kukin omissa keskuksissaan ja päärakennuksen kaukolämmön ja -kylmän jakokeskukset omassaan. Koska ilmkäsittelykoneet sijaitsevat rakennuksen yläosassa ja kaukolämmön ja kylmän jakokeskukset rakennuksen alaosassa, alakeskusten järkevällä sijoittamisella säästetään kenttälaitekaapeloinneissa. Ohjelmointityön määrittelyvaiheessa todettiin, että ilmanvaihtokoneiden ja palopeltien ohjelmalliset liitokset vaatisivat useita alakeskuksen välisiä muuttujia ja toiminnot ovat turvallisuuden kannalta melko kriittisiä. Tässä kohtaa päätettiin yhdistää ilmanvaihtokoneiden ja palopeltien alakeskukset siten, että liityntämoduulit sijaitsivat fyysisesti eri koteloissa mutta moduulit liitettiin yhteen keskusyksikköön. Tällöin mahdollinen alakeskusten välinen tiedonsiirtokatkos ei vaikuta ilmanvaihtokoneiden sekä palopeltien keskinäiseen toimintaan.

Palopellin toimilaitteen sähkönkulutus määritettiin tuotteen datalehden perusteella ja kunkin rakennuksen palopeltien kokonaissähkötehon tarve todettiin laskennallisesti. Normaalisti alakeskusta varten mitoitettu rengassydänmuuntaja ei riittänyt, joten palopeltien sähkönkulutusta varten asennettiin 2 kpl á 450 VA pakkamuuntajia. Koska palopellit vaativat myös auki pitoa varten sähköenergiaa, ei muuntajille juuri tulisi tyhjäkäyntiä, jolloin ne ovat epäedullisimmillaan. Muuntajan jälkeen asennettiin kullekin 8 palopellin ryhmälle (yhden DO-moduulin releiden mukainen määrä) oma lasiputkisulake, jolloin mahdollinen ylivirta ei aiheuttaisi kaikkien palopeltien tahatonta kiinnimenoa.

Vesiverkostoja varten löytyi hyvin LVIA-suunnittelijan speksejä vastaavat venttiilit, jotka hyväksyttiin suunnittelijalla ennen tilaamista. Lämmityspattereiden venttiilit, jäätymissuoja-anturit ja joidenkin erillisverkostojen lämpötila-anturien taskut toimitettiin LVIA-urakoitsijalle suoraan työmaalle. Kaukolämmön ja -kylmän alajakokeskusten venttiilit, käyttövesianturit ja anturitaskut toimitettiin keskuksen valmistajalle, joka toimitti kootun paketin työmaalle valmiilla kaukolämpö- ja verkostoyhteillä. Putkiurakoitsijalta pyydettiin keskusvalmistajan tiedot ja ohjeistus laitteiden toimituksesta oikeilla tiedoilla. Tämä nopeutti asian käsittelyä keskusvalmistajalla sekä toimitusta työmaalle.

Alakeskuksien naamakuvat eli layoutit suunniteltiin sitä varten tehdyllä ohjelmalla. Layoutista käy ilmi keskuksen koko, moduulien ja jäätymissuojatermostaattien sijainnit, johtokourujen koot, sähkönsyötön riviliittimien järjestys ja tarvittavat lisätarvikkeet kuten tukijalat, hälytysmerkkivalo ja laajennuskortit. Naamakuva ja tarvike tilaus lähetettiin keskuksen kokoonpanijalle, joka asennustöiden lisäksi kaapeloi sähkösyötöt ja väyläkaape-

lit keskusyksikölle ja moduuleille. Lisäksi keskuksen sisäiset I/O-kaapeloinnit mm. jäätymissuojien johdotukset moduuleille suoritettiin kokoonpanossa jäätymissuojien kytkentäkuvien perusteella, sekä tehtiin työohjeet palopeltien sulakeryhmien asennuksista ja sisäisistä kaapeloinneista. Asennuspaikat tulee käydä urakkaosapuolten kanssa läpi ja tehdä mahdollisuuksien mukaan kunkin tilan sijoittelukaavio, mikäli epäillään tilojen riittävyyttä. Ajoittain asennuspaikan fyysiset rajoitukset pienentävät varautumismahdollisuuksia. Urakan aikana esitettiin kerroksiin tulevien kenttälaitteiden liittämistä varten pienempiä alakeskuksia kerroksiin. Tämä olisi vaatinut sähköurakoitsijalta hyvitystä urakassa sovituista kaapelivedoista, ja tätä hän ei hyväksynyt. Tästä syystä kaapelivetoa tuli kiinteistöön satoja metrejä enemmän kuin olisi ollut todellinen tarve.

Pisteohjelma luetteloit tarvittavat kenttälaitemassat, jotka käytiin vielä läpi laskemalla ne käsin säätökaavioista. Pieniä eroja löytyi, sillä esim. ilmanvaihtourakoitsija toimitti ilmanvaihtokoneiden ilmaportalähettimet ja neljään sulkupeltiin tarvittiin jokaiseen kaksi toimilaitetta pellin suuresta pinta-alasta johtuen. Lisäksi muutamia vesiantureita ja niiden tasukuja jouduttiin vaihtamaan pidemmiksi, jotta ne mittavat virtaavan nesteen lämpötilaa tarkemmin.

Ilmankäsittelykoneet piirrettiin kaikki erillisiin kuviin siten, että ne ovat riittävän helppolukuisia ja selkeitä. Lisäksi vaikutusalueen vyöhykkeet tehtiin omiin kuviin, jotta niitä pystytään hallitsemaan kokonaisuuksina. Lämmön- ja kaukokylmänjakokeskukset piirrettiin omiin kuviin ja lämmitysjärjestelmässä käytetään eri värejä havainnollistamaan eri lämmityspiirit. Palopellit piirrettiin rakennus- ja kerroskohtaisesti omiin kuviin, joissa ne vielä jaoteltiin ilmakäsittelykonekohtaisesti. Palopellit taulukoidaan numerojärjestyksessä, jolloin mahdollisen vian etsintä helpottuu. Erillispisteet, kuten erillisohjaukset ja -hälytykset, piirrettiin rakennuskohtaisesti samalle sivulle, sillä ne veivät vain vähän tilaa ja oikeanlaisella ryhmittelyllä lisätään käyttömukavuutta. Lisäksi jokaisen prosessin säätö- ja aseteluparametrit piirrettiin erillisiin kuviin. Niiden avulla ylläpitäjä pystyy tarvittaessa muokkaamaan laitoksen toimintaa.

Automaatiourakan asennustyöt myytiin ulkopuoliselle aliurakoitsijalle, joka asensi keskuksen, yrityksen toimittamat kenttälaitteet ja anturit sekä suoritti kytkennät ja avusti kenttälaitteiden testauksessa. Aliurakoitsijalla työn teettäminen on käytännössä aina kannattavaa, sillä hän pystyy itsenäisesti sopimaan muiden urakoitsijoiden kanssa työvaiheista ja aputoista. Aliurakoitsijan työ- ja tarjouskanta tulee tarkasti tiedostaa, jotta hänelle ei kerry liikaa töitä. Se voisi mahdollisesti vaikuttaa omien projektien aikataului-

hin. Aliurakoitsijan valinta on käytännössä ainut osa-alue, johon projektihoitaja ei voi täysin itse vaikuttaa, vaan hän ottaa tietynlaisen riskin tehdessään valintaa riippumatta siitä, oliko aliurakoitsijasta vähän tai paljon kokemusta.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin kattavasti rakennusautomaatioon liittyviä teknisiä sekä urakan projektihallintaan liittyviä seikkoja, jotta uusilla projektihoitajilla olisi kattava näkemys projektin tavoitteista ja lopputulemasta. Projektihoitajalla ei välttämättä ole tarvetta olla aiempaa kokemusta aiheesta tai projektinhallinnasta, mutta työstä saatavilla lähtötiedoilla hän osaa muodostaa projektin kokonaiskuvan jo ennen ensimmäistä työvaihetta.

Ammattitaito ja kokemus karttuvat ajan saatossa, ja toimintatavat muovaantuvat tekijänsä näköisiksi. Ydinajatus projektin eteenpäin viemisessä pysyy tekijällä hyvinkin samana koko sen työuran, jona aikana hän tekee kyseisen tyyppistä projektityötä. Työn sisällöllä luodaan pohjaa juuri ydinajatukselle.

Talotekniikan toimivuus on tärkeä osa rakennusten ja eritoten niiden käyttäjien terveyttä, sillä suomalaiset viettävät vähintään puolet elinajastaan erilaisissa rakennuksissa. Tämän vuoksi on tärkeää, että jokainen rakentamiseen sekä rakentamisen jälkeiseen käyttöön osallistuva toimija ymmärtää yksityiskohtien tärkeyden kokonaisuuden kannalta, jotta rakennetulla ympäristöllä ei aiheuteta riskiä terveydelle.

Suurimmat terveysriskeihin vaikuttavat tekijät syntyvät jo suunnittelupöydällä joko tilaajan vaatimuksesta saada kustannuksiin säästöä tai suunnittelijan kokemattomuudesta, osaamattomuudesta tai ymmärtämättömyydestä laatia rakennusautomaatiosuunnitelmia. Perinteisiin toteutuksiin (esim. ilmankäsittelykone) löytyy eri laitevalmistajilta valmiit suunnitelmapohjat, joihin on aseteltu minimimäärä komponentteja laitteiston toimintaan saattamiseksi, mutta tämä on liian pieni määrä luotettavan valvonnan ja seurannan tekemiseksi. Mallikirjastojen käyttö ohjaa suunnittelua yksinkertaisempaan suuntaan, jolloin monipuolisempia järjestelmiä ei edes haluta rakentaa.

7 LOPUKSI

Rakennusurakka valmistui kokonaisuudessaan aikataulun mukaisesti ja luovutettiin tilaajalle melko vähäisin puuttein. Toki puutteet tuli saattaa kuntoon määräaikaan mennessä, jotta urakan 1. vuoden takuutarkastuksessa voidaan todeta mahdolliset toteutus- ja suunnittelupuutteet, jotka huoltohenkilöstö havaitsee vain käytön aikana.

Rakennusautomaatiourakan työaikaisessa suunnittelussa ja toteutuksessa ei ollut alkuperäisten suunnitelmien tai eri suunnittelualojen ristiriitaisuuksia, jotka olisivat aiheuttaneet merkittävää muutostarvetta koko toteutukseen. Koska tuleva vuokralainen ja hänen tarpeensa olivat tiedossa, hankesuunnitelma ja rakennusten käyttötarkoitus oli selkeä toteutussuunnittelun alusta alkaen. Tämän vuoksi ei jouduttu tekemään työaikaisia kompromisseja toteutuksissa ja laitevalinnoissa. Lisäksi aikataulu oli määritetty realistiseksi koko hankkeen kannalta, ja laadullisia kriteerejä voitiin valvonnalla seurata ja havaita mahdolliset puutteet sekä suunnittelussa että toteutuksessa.

Kiinteistöön valitun huoltoyhtiön intressit eivät näkemykseni mukaan täysin kohdanneet tilaajan asettamia määräyksiä käytön ja energiatehokkuuden osalta, sillä kohteeseen nimetty vastuullinen huoltohenkilö ilmoitti, ettei aio syvällisesti paneutua järjestelmän toimivuuteen. Syynä tähän oli se, että kiinteistössä oli henkilön niin paljon muita näkyvämpiä huoltokohtia, ettei hänen panoksensa käytännössä tule mitenkään näkymään suhteessa siihen, miten esim. pihan siisteys ja talviaikainen kunnossapito vaikuttavat käyttäjän tyytyväisyyteen ja hänen työsuoritteiden ajankäyttöön. Tosin henkilö otti yhteyttä n. 3 kuukauden kuluttua normaalin vuokralaistoiminnan alkamisesta, sillä kohteen isännöitsijä oli huomauttanut erittäin korkeista energiakulutuksista suhteessa muihin vastaaviin kiinteistöihin. Asiaa selvitettäessä havaittiin, että ilmanvaihtokoneet oli tilaajan pyynnöstä asetettu käymään vuorokauden ympäri mitoitusilmamäärällä, jotta rakennusaikaiset epäpuhtaudet ja materiaaleista irtoavat yhdisteet saataisiin poistettua. Asiasta oli ohjeistettu huoltohenkilöä mutta kyseinen ohjeistus, kuten käytännössä kaikki muutkin ohjeet, olivat jo unohtuneet. Järjestelmän läpikäynti paljasti useita huoltohenkilön tekemiä muutoksia, jotka osaltaan aiheuttivat ylimääräistä energiankulutusta (mm. huonetilojen yhtäaikaista jäähdystystä ja lämmitystä).

Rakennusautomaatiourakassa merkittävimäksi huomioiksi tulevaa varten jäi nelikerroksisen rakennuksen ilmanvaihtokonehuoneen keskusyksikön pistetietokannan suuruus. Alakeskuksen 1 200 pisteen kapasiteetista käytettiin yli 90 %, joka on erittäin suuri

määrä suhteessa normaaliin toteutukseen. Toki tehdyllä toteutustavalla saatiin keskusyksiköiden välisten muuttujien määrä minimoitua ja helpotettiin merkittävästi ohjelmointityötä. Laajennusvaran pienuus ei todennäköisesti aiheuta fyysisten muutosten osalta rajoituksia, sillä esim. ilmanvaihtokoneiden lukumäärää ei voida tilojen puolesta enää lisätä. Tulevaisuuden tarpeet todennäköisesti koostuvat ohjelmallisista energiatehokkuuden ja kysynnänjouston muutoksista, mutta kyseiset ohjelmoinnit voidaan toteuttaa jossain muussa keskusyksikössä ja siirtää muuttujana kyseiseen keskusyksikköön.

LÄHTEET

[1] Heinonen Jarkko ”Ilmastointitekniikka: Osa 1, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät”. Talotekniikka-Julkaisut Oy (Luettu 10.5.2018)

[2] Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry:n julkaisu. Saatavilla: https://www.stek.fi/Perustietoa_sahkosta/Sahkojarjestelmat/fi_FI/IP_luokitus/ (Luettu 21.3.2018)

[3] Modbus Organization -julkaisu ” Modbus FAQ: About The Modbus Organization”. Saatavilla: <http://www.modbus.org/faq.php> (Luettu 23.3.2018)

[4] Kettunen, Mika ” Tuuliturbiinivaihteessa käytettävien kenttäväylien kartoitus ja käytössä olevan väylän topologian arviointi”. 2011. Saatavilla http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31383/Kettunen_Mika.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Luettu 23.3.2018)

[5] Wikipedia julkaisu ” Modbus”. Saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Modbus> (Luettu 2.4.2010)