

Opinnäytetyö (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio
2014

Miikka Haapala

ILMANVAIHDON OHJAUKSEN MODERNISOINTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

27.1.2014 | 45

Timo Vaskikari, Programme Manager, Turku University of Applied Sciences

Tatu Vaarna, Toimitusjohtaja, Luft-Tek Oy

Miikka Haapala

ILMANVAIHDON OHJAUKSEN MODERNISOINTI

Opinnäytetyön tavoitteena on uusia teollisuushallin ilmanvaihdon ohjauksesta vastaava säädin. Aiemmin tiloissa toiminut säädin on toiminut pelkästään lämpötilan säätimenä. Uudelta säätimeltä haettiin helppoa lämpötilan säätöä, lisätoimintoja ja energiatehokkuutta.

Työssä kuvataan ilmastonoinnin peruseriaatteita ja ohjelmoitavan logiikkaan liittämistä osaksi automaatoratkaisua. Työhön sisältyy myös selvitys logiikan ohjelmoinnin perusteista ja ohjelman kuvaus, jolla yrityksen ilmastointia ohjataan nykyään.

Työn tulokseksi saatiin lähtövaatimuksiin sopiva järjestelmä. Logiikka toimii itsenäisesti antureilta mittaamien lämpötilojen perusteella ja säätää työskentelytilan lämpötilaa. Logiikkaan liitetystä ohjauspaneelista selviää käyttäjälle tarpeellinen tieto, ja siitä pystyy ohjamaan poistopuhaltimia tarpeen mukaan.

ASIASANAT:

Ilmanvaihto, Siemens S7-1200, ohjelmoitava logiikka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Machine Automation

January 20014 | 45

Timo Vaskikari, Programme Manager, Turku University of Applied Sciences
Tatu Vaarna, Managing director, Luft-tek Oy

Miikka Haapala

MODERNISATION OF THE VENTILATION CONTROL UNIT

This thesis discusses the changing of the controlling unit in the air ventilation system at Luf-Tek Ltd. The existing controlling unit was used only for monitoring and adjusting the room temperature. The new unit should be more energy-efficient and control more than the room temperature.

The written part of the thesis includes the basic theory of air ventilation and how programmed logics are mounted in to a building automation structure. It presents how programmed logics function, and how the program for the Luft-Tek air ventilation control unit was built.

As a result of the thesis, functioning unit was implemented. The programmable logic works on its own and adjusts the temperature in the room. The user can adjust the setting point for the room temperature and set any air removal blowers placed on the roof. This is done through the Human interface, located in the break room, where all the employees can access it.

KEYWORDS:

Air ventilation, Siemens S7-1200, Programmed logics

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 TEHDASHALLIN ILMASTOINTI	8
2.1 Ilmanvaihdon tarpeellisuus	9
2.2 Ilmanvaihdon perusteet	8
2.3 Ilmanvaihdon laitteisto	9
2.3.1 Puhaltimet	9
2.3.2 Ilman lämmittäminen	9
2.3.3 Ilman viilentäminen	10
2.3.4 Ilman suodatus	11
2.3.5 Ilman ohjaus	11
2.3.6 Ilman poisto	12
2.3.7 Lämmitetyn ja viilennetyn ilman jakaminen	12
2.5 Tehdashallin ilmastointi	13
3 ILMASTOINNIN AUTOMATIikka	16
3.1 Rakennusautomaatio	16
3.2 Ohjelmoitava logiikka	17
3.3 HMI	19
3.4 Ilmanvaihdon automaattiosäädöt	19
4 ILMANVAIHDON UUSIMINEN	21
4.1 Projektin vaiheet	21
4.2 Vanha laitteisto	21
4.3 Tavoitteet	21
4.4 Tavoitteiden täyttäminen	22
4.5 Logiikka ja lisäkortit	23
4.6 Logiikan ohjelmointi	23
4.7 Ilmastoinnin toiminnan kuvaus	25
4.8 Ohjelman komponentit	26
4.9 Päivä- ja iltakäyttö	28
4.10 PID-säädin	29
4.11 HMI:n ohjelmointi	31

5 ASENUSTYÖ	33
5.1 Sähkökaapin komponenttien uusinta	33
5.2 Lämpötilan mittaaminen	33
5.3 Öljyn alaraja-anturi	34
5.4 Säätopeltien ohjausmoottori	35
5.5 Venttiilin ohjaus	36
5.6 Logiikan ja hmi:n asentaminen	36
6 OMAT HAVAINNOT	37
6.1 Omat päätelmät	37
6.2 Kehityskohteet	38
7 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1. Oumanin säätökaavio

KUVAT

Kuva 1. Tarvittavat ilman virtausarvot.	15
Kuva 2. Automaatiotasot.	17
Kuva 3. Logiikan toimintakuvaus.	20
Kuva 4. Säätopiiri.	22
Kuva 5. Ilmastointilaite ja sen komponentit.	28
Kuva 6. DTL-sana logiikassa.	29
Kuva 7. PNP-kytkentä.	35
Kuva 8. NPN-kytkentä.	36

TAULUKOT

Taulukko 1. Ilman tavoitelämpötilat tehdashallissa.	14
Taulukko 2. Toimilaitteiden tarvitsema I/O-määrä.	24

1 JOHDANTO

Luft-Tek Oy toimii Raisiossa osoitteessa Montiskalankatu 15. Yritys toimii täydenpalvelun periaatteella vastaten suunnittelusta valmistukseen ja aina asennukseen asti. Yrityksen tuotteita ovat muun muassa erilaiset teräsrakenteet, muotorautataivutukset, hissikuilut, lämmön talteenottotornit ja kanavat. (Luft-Tek Oy 2013.)

Tämä opinnäytetyö käsittelee konepajan ilmanvaihtoa ja sen automatisointia. Konepajassa oli työni alkaessa Kojan ilmanvaihtokone, jonka ohjauksesta vastasi Oumanin säädin EH105. Tarkoituksena oli modernisoida säädin ja tehdä siihen lisää toimintoja. Tärkeimpänä tavoitteena oli ohjata ilmanvaihtoa niin, että hallissa olisi miellyttävä työskennellä ja uusi järjestelmä olisi helppokäyttöisempi kuin vanha. Lisäksi järjestelmän tulisi olla myös energiatehokas.

Ilmanvaihtokone päätettiin sen toimivuuden vuoksi jättää ennalleen ja ainoastaan sitä säätelevä logiikka vaihdettiin Siemensin valmistamaan S7-1200-sarjan malliin. Logiikanohjaukseen valittiin Siemensin Simatic Panel, johon ohjelmoitiin käyttöliittymä. Käyttöliittymällä oli muutamia erikoistavoitteita, mutta pääasiallisista niistä oli helppokäyttöisyys ja toiminnan selkeys. Ennen projektin läpikäyntiä on hyvä tutustua hieman ilmanvaihtoon ja sen automatisointiin yleisellä tasolla.

2 ILMANVAIHTO

2.1 Ilmanvaihdon tarpeellisuus

Ihmisen oleskellessa sisätiloissa kiinnittyy hänen huomionsa nopeasti siihen, millainen ilmanala sisällä vallitsee. Tunteeko ihminen sisätiloissa vetoa, kylmyyttä, kuumuutta tai jotain outoa hajua. Kaikkeen tähän voidaan vaikuttaa ilmanvaihdolla. Perusasetuksena on, kun ihminen ei huomaa olevansa ilmastoidussa tilassa, on ilmanvaihto toteutettu hyvin.

Tehdashallissa syntyy jatkuvasti epäpuhtauksia, ja useiden ihmisten työskennellessä pienellä alueella on heidän viihtyvyytensä huomioitava. Työviihtyvyys on merkittävä tekijä työn onnistumisen kannalta ja työssä jaksamisen vuoksi. Perusasiat on oltava kunnossa, jotta ihminen voi keskittyä olennaiseen, eli suorittamaan omaa työtään. Hyvä työnantaja pyrkii takaamaan työntekijälle hyvän työtilan, jossa henkilön huomiota eivät vie epäolennaiset asiat.

2.2 Ilmanvaihdon perusteet

Talonrakennustekniikka hyödynsi noin 60-luvulle asti luonnollista ilmanvaihtoa. Luonnollinen ilman vaihtuma perustuu sisä- ja ulkoilman tiheyseroon, jota hyödynnetään niin, että raitis ilma saadaan virtaamaan tuloaukosta, joka on merkittävästi alempana kuin ilman ulosmenoaukko. Näin saadaan aikaan äänetön ja periaatteessa ”ilmainen” ilmanvaihto. Hankaluutena luonnollisessa ilmanvaihdossa on huono säädeltävyys ja lämmön talteenoton vaikeus. (Luomura 2013.)

Tekniikan kehittyessä ja energiatehokkuuden kasvaessa merkittäväksi tekijäksi kehitettiin koneellinen ilmanvaihto, jota nykyään käytetään melkein kaikessa uudisrakentamisessa. Koneellista ilmanvaihtoa voidaan toteuttaa kahdella tavalla: kiinteistöön voidaan asentaa pelkästään poistopuhaltimet ja antaa raittiin ilman virrata huoneistoon painovoimaisesti. Kiinteistöön voidaan myös asentaa

tulopuhallin vastaaman raittiin ilman tuomisesta huoneistoon. (Energiateollisuus 2013.)

Koneellisella ilmanvaihdolla pyritään siis pääsemään hyvään säädettävyyteen, energiatehokkuuteen ja lämpötilan tasaisuuteen. Näihin tavoitteisiin olisi päästävää huolimatta siitä, millainen ilmanala ulkona vallitsee. Pelkällä ilman kierrätyksellä koneellisesti näihin ei päästä. Sisään otettavaa ilmaa on joko lämmitettävä tai viilennettävä sekä usein myös puhdistettava. (Energiateollisuus 2013.)

2.2 Ilmanvaihdon laitteisto

Kuten on jo todettu, ilmaa on kierrätettävä koneellisesti, jotta sisällä vallitsevaa ilmanalaa voitaisiin hallita mahdollisimman tehokkaasti. Koneellisten ilmanvaihtotuotteiden valmistajia on useita, mutta komponentit ovat hyvin samanlaisia. Komponentteja on saatavilla ilman lämmitykseen, viilennykseen ja puhdistukseen.

2.3.1 Puhaltimet

Ilman kuljettamiseksi koneellisesti käytetään sähkömoottorilla ohjattuja puhaltimia. Puhaltimien yleinen toiminta perustuu ilman liikuttamiseen puhaltimien siipien luoman alipaineen avulla. Siivet pyörivät pesässä, joka on tehty tarkasti siipien mitan mukaisesti, jotta säästytään turhalta painehäviöltä. Tavallisia puhaltimia ovat aksiaali- ja keskipakopuhaltimet. (Seppänen 1996.)

2.3.2 Ilman lämmittäminen

Ilman lämmittäminen hyödyntää termodynamiikan sääntöä, jossa kaksi erilämpöistä ainetta pyrkivät pääsemään tasapainotilaan. Mikäli ilman lämpötila on alhaisempi kuin lämmityspatterin, siirtyy lämpö patterista ilmaan. Lämmön siirtymässä laskee patterin lämpötila ja ilman lämpötila nousee. Sisällä oleva lämmin

ilma kuitenkin vaihtuu, joten pitääkseen haluttua lämpötilaa huoneessa yllä tulee patteria lämmittää jatkuvasti. (Inkinen & Tuohi. 2003, 353.)

Ilman lämpötilan muuttamiseksi on se saatettava kosketukseen lämpötilansa helpolla luovuttavan aineen kanssa. Tähän tarkoitukseen käytetään usein kuparia tai muuta kevyttä hyvää lämmönjohtavuutta omaavaa metalliputkea, jonka sisällä kuljetetaan nestettä, joka on erilämpöistä kuin sisään otettava ilma. (Seppänen 1996, 240.)

Lämmön siirtymistä tehostaakseen on usein käytetty putkien ympärillä metallisia ripoja, jotka lisäävät lämmön siirtymiseen tarvittavaa pinta-alaa. Veden lämmitämiseen voidaan käyttää useita tapoja. Yleisin näistä on kierrättää vettä öljylämmitteisessä kattilassa. Vesipatteri voidaan myös korvata sähkövastuksella. (Seppänen 1996, 240.)

Patteriin menevä vesi on lämpötilaltaan korkeintaan 60 °C. Patterin luovuttama lämpötehon muutos voidaan toteuttaa joko virtausnopeutta kasvattamalla tai kiertävän veden lämpötilaa muuttamalla. (Seppänen 1996, 220.)

2.3.3 Ilman viilennys

Tasaisen työskentelylämpötilan aikaansaamiseksi on sisään otettavaa ilmaa myös jäähdytettävä ulkolämpötilan noustessa yli 25 °C. Työterveyslaitos suosittelee työn fyysisyyden mukaan tavoitelämpötilat. Suomen kesässä monina päivinä sisälämpötila ylittää tavoitelämpötilan, joten viihtyvyyden kannalta jäähdytys on suositeltavaa.

Ilman jäähdytys toimii samalla periaatteella kuin lämmitysikin. Ulkoa otettava ilma saatetaan kosketuksiin viilennyspatterin kanssa, joka laskee sisälle johdettavan ilman lämpötilaa. Yleisimpänä patterin sisällä kiertävänä aineena käytetään fluorattua hiilivetyä. Usein kylmäainetta sanotaan *freoniksi*. Freoni paineis-

tetaan kompressorilla, josta se kulkeutuu höyrystimelle, jossa se sitoo itseensä lämpöä ja lauhtuessaan luovuttaa lämpöä. (Seppänen 1996, 313)

2.3.4 Ilman suodatus

Ilma, joka otetaan sisään, saattaa sisältää epäpuhtauksia, joten se on suodatettava. Tämä tapahtuu ohjaamalla tuloilma suodattimen läpi. Huokoisesta materiaalista valmistettu suodatin erottaa ilmasta pois epäpuhtaudet, jotka voisivat olla haitallisia terveydelle. Riippuen ilman puhtausvaatimuksista suodattimia löytyy monen tehoisia. Karkeasuodatin toimii siivilän tavoin, sillä isoimmat hiukkaset jäävät kiinni kuitujen väliin. Tällainen suodatustapa toimii vain isoimpiin hiukkasiin. Hienosuodattimessa käytetään hyväksi hiukkasten massan hitautta. Ilmavirta vaihtaa reittiään kevyesti kohdattuaan suodattimen, mutta mukana tullut hiukkanen pyrkii jatkamaan kulkuaan suoraan ja törmää suodattimen kanhaaseen jääden siihen kiinni. (Seppänen 1996, 268–269.)

Kun ilma virtaa läpi ja hiukkaset jäävät kiinni suodattimeen, kasvaa hiukkasten määrä jatkuvalla tahdilla. Kiinni jääneet hiukkaset kasvattavat suodattimen suodatuskykyä aiheuttaen kanavassa paineen nousua. Suodattimen läpäisykykyä tarkkaillaan paine-eromittarilla. Kun paine-ero mitattuna ennen ja jälkeen suodattimen ylittää raja-arvon, tulisi suodatin vaihtaa. (Seppänen 1996, 269–271.)

2.3.5 Ilmanohjaus

Ilmaa on ohjattava tarvittaessa joko uudestaan sisältä kiertoon tai muuten ilmaa on ohjailtava uudelle reitille. Tällöin joitain kanavia on suljettava ja toisia avattava, jotta ilmaa pystytään ohjamaan uutta reittiä. Kyseiseen tarkoitukseen on olemassa erillisellä moottorihjauksella varustetut sälepellit.

Peltimoottorit toimivat ilmanohjaukseen käytettävien sälepeltien toimintaeliminä. Ne voivat toimia kahdella peruseriaatteella, joko niin että niiden avautumisprosentti on säädettävissä jänniteviestillä tai ne ajetaan vain kiinni tai auki määrä-

tyllä käyttöjännitteellä. Moottori on jousipalautteinen, joten viestin katketessa sähkökatkoksen tai muun syyn takia pelti ohjautuu kiinni-asentoon. Toiminto on turvallisuusehto mahdollisen palon leviämisen kannalta.

2.3.6. Ilmanpoisto

Sisällä oleskelu ja työskentely synnyttävät epäpuhdasta ilmaa, joka on ohjattava ulos. Koneellisesti tehtynä tämä hoidetaan poistopuhaltimilla, jotka ovat usein keskipakopuhaltimia. Poistoon tarkoitettu ilma on kuitenkin usein huomattavasti lämpoisempää kuin ulkoilma. Mahdolliseen hukkaenergian hyödyntämiseksi poistuva ilma johdetaan usein lämmön talteen ottavien patterien kautta. Talteen otettu lämpöenergia hyödynnetään sisään otettavan ilman esilämmityksessä.

2.3.7 Lämmitetyn ja viilennetyn ilman jakaminen

Huoneistossa oleva ilman tulee vaihtua jatkuvasti, jotta ilma pysyisi asetetuissa säädöksissä. Jotta tuloilman ja erilämpöisen huoneilman pystyisi sekoittamaan mahdollisimman huomaamattomasti, vaaditaan rakennusvaiheessa huolellista suunnittelua ja kuhunkin tilaan sopivan periaatteen. Tällaisia ovat sekoittava, syrjäyttävä ja laminaarinen ilmanjako. (Seppänen 1996, 172.)

Sekoittavassa ilmanjaossa nimensä mukaisesti pyritään sekoittamaan tuleva ilma ja huoneessa oleva ilma. Tähän päästään puhaltamalla tarkasti sijoitetuista suuttimista erilämpöinen ilma huoneeseen niin, että ilmavirta hoitaa ilmojen sekoittumisen. Tilan mukaan tulosuuttimet sijoitetaan siten, että mahdolliset veto-paikat ja virtaus otetaan huomioon. (Seppänen 1996, 172.)

Syrjäyttävä ilmanjako tapahtuu ohjaamalla hieman huoneilmaa viileämpää ilmaa lattiantasossa sijaitsevista suuttimista. Tarkoituksena on johtaa ilma pienellä nopeudella huoneeseen. Näin tuloilma syrjäyttää vanhan ilman sekoittumatta siihen. Mikäli tuloilma on liian lämmintä, nousee se suoraan ylös ja syrjäytetyksi tarkoitettu kylmä ilma jää lattiatasoon. (Seppänen 1996, 176–177.)

Laminaarista ilmanvaihtoa käytetään lähinnä korkeaa hygieniää vaativissa tiloissa. Yleensä sitä käytetään lähinnä leikkaussaleissa ja muissa puhdastiloissa. Ilma johdetaan huoneeseen ja vanha ilma poistetaan niin, että huoneessa on laminaarinen virtaus. Näin saadaan huoneessa ilma vaihtumaan ja estetään mikrobien leviäminen likaisen ilman mukana. (Koja 2014.)

2.5 Tehdashallin ilmastointi

Ilmanvaihto tehdashallissa eroaa joiltain osin asumiskäyttöön tarkoitettujen tilojen ilmastoinnista. Tilassa syntyy työn mukana monia epäpuhtauksia, joita on poistettava, ja muutenkin olosuhteet ovat vaativammat kuin kotioiloissa. Tehdas-tilassa tärkein periaate on viedä jäteilma ulos ja tuoda tilalle raikasta ilmaa ulkoa. Työntekijöille on pyrittävä takaamaan puhdas ilma ja tasainen lämpötila, jossa työskennellä.

Näin ollen tavoitteet ilmastoinnille määräytyvät tiloissa tehtävän työn, tilan koon ja kunnan mukaan. Työn fyysisuus ratkaisee hallissa tavoiteltavan lämpötilan. Opinnäytetyön tilaajan hallissa työskennellään metallia, joten työ on fyysisesti vaativaa ja hallissa on paljon lämpöä luovuttavia laitteita. Taulukko 1 osoittaa lämpötilan asettuvan 13–25 °C:een, koska työ on keskiraskasta, usein seisten tehtyä fyysistä työtä. (Työterveyslaitos 2014.)

Taulukko 1. Ilman tavoitelämpötilat tehdashallissa (Työterveyslaitos 2014).

TYÖN FYYSINEN RASKAUS	ILMAN LÄMPÖTILA T_i (°C)				
	I ERIKOIS- TILATASO	II HYVÄ TEOLLISUUS- TASO	III YLEINEN TEOLLISUUS- TASO	IV MINIMI TEOLLISUUS- TASO	V JÄÄTYMISEN JA KORROOSION ESTÄVÄ TASO
Kevyt istumatyö (alle 150W)	21 - 23	20 - 24	19 - 25	17 - 28	$T_i < T_s + 3$ °C
Muu istumatyö (150 - 300W)	20 - 22	19 - 24	18 - 25	16 - 28	$T_i < T_s + 3$ °C
Keskiraskas työ (300 - 450W)	18 - 20	17 - 22	15 - 23	13 - 25	$T_i < T_s + 3$ °C
Raskas työ (450 - 600W)	14 - 16	12 - 18	11 - 21	10 - 25	$T_i < T_s + 3$ °C

T_s kastepistelämpötila

Tilojen koko vaikuttaa siihen, millä nopeudella korvausilmaa on tuotava tilaan, jotta koko tila saataisiin katettua. Otetaan esimerkiksi työn tilaajan tuotantotilat, niiden koko on noin 500 m^2 . Kuva 2 osoittaa ilmanvirran arvon olevan $1,5 \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{s}}\right)/\text{m}^2$.

$$\text{Tulokseksi saadaan } \left(500 \text{ m}^2 * 1,5 \frac{\left(\frac{\text{dm}^3}{\text{s}}\right)}{\text{m}^2}\right) = 0,75 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Ilmastoinnin mitoittaminen perustuu siis täysin hallin kokoon ja tarvittuun ilmanvirtausarvoon. Ilmanvirtausarvo perustuu määräyksiin, jotka ovat löydettävissä Työterveyslaitoksen lausunnoista. Kuten taulukossakin mainitaan, on arvo vain ohjeellinen, sillä tilassa tehtävä työ ja lämpötilan tasot ratkaisevat täysin, kuinka paljon tilaan tarvitaan ulkoilmaa.

TAULUKKO 9. TYÖTILAT YMS. #1, #2 ja #3

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Tehdastyö:						
– Kevyt	10	1,5 #4			0,20 / 0,30	
– Keskiraskas	10	1,5 #4			0,25 / 0,50	
Laboratoriot (kemian)	8	1		38 / 43	0,20 / 0,40	#E, T
Autokorjaamo, katsastustilat		7	3 #5	43 / 48	0,25	

#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.

#2 Rakennukseen kuuluvissa toimistotiloissa sovelletaan toimistorakennuksen ohjeita.

#3 Poistoilmavirtaa ja vastaavasti ulkoilmavirtaa suurennetaan kohdepoistojen ja/tai epäpuhtauksien hallitsemisen edellyttämällä määrällä.

#4 Ilmanvaihtolaitos mitoitetaan vähintään ko. ilmavirralla. Laitosta voidaan käyttää pienemmällä ilmavirralla työtavoista yms. tehtävän selvityksen epäpuhtauspäästöjen ja lämpökuormien perusteella. Ilman nopeudet ovat esimerkkejä. Työn luonne ratkaisee lämpötilatason ja ilman nopeuden tapauskohtaisesti.

#5 Edellyttää paikallista pakokaasun poistoa, jonka suuruus on vähintään 100 dm³/s henkilöautoille ja 300 dm³/s kuorma-autoille. Mikäli käytetään pakokaasunpoistokiskoa, joihin ajoneuvot ovat liitettyinä koko ajan, voi ilmavirta olla 2 dm³/s. Poistoilmavirta mitoitetaan ottaen huomioon pakokaasunpoisto siten, ettei tila ole alipaineinen, ks. myös standardi SFS 3352.

#E Tapauskohtainen suunnittelu.

#T Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen käytön oltava mahdollista.

Kuva 1. Tarvittavat ilman virtausarvot (Työterveyslaitos 2014).

Tarvittava lämpöteho voidaan laskea, kun tilaan tarvittava ilmavirta on tiedossa. Hallille voidaan samalla laskea tarvittava lämmitysteho, kun ulkolämpötila on -10 °C ja haluttu tuloilman lämpötila olisi 30 °C. Ensimmäiseksi lasketaan ulkoilman tiheys:

$$\text{ulkoilman tiheys } \rho = \frac{M_i \cdot p_i}{R_u \cdot T} = 1,34 \text{ kg/m}^3, \text{ jossa}$$

M_i = ilman moolimassa 28,97 kg/kmol

R_u = yleinen kaasuvakio 8314,7 J/kmolK

T = absoluuttinen lämpötila

p_i = kaasunpaine 101 325 N/m².

Ilman massavirta

$$qm = 1,34 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,75 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1,05 \text{ kg/s}.$$

Tarvittava lämmitysteho

$$\dot{Q} = qm \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)$$

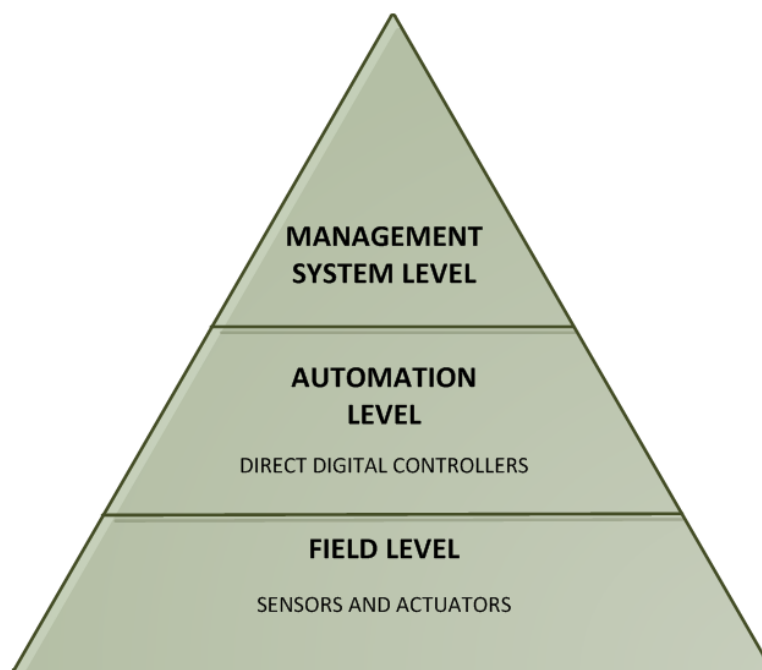
$$\dot{Q} = 1,05 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (30 - (-10))^\circ\text{C} = 40,02 \text{ kW}. \text{ (Seppänen 1996, 187–201.)}$$

Laskusta käy ilmi että lämmittäessä -10-asteisen ulkoilman 30-asteiseksi tuloilmaksi, kuluu tehoa 40 kW. Tämä teho on saatava ilmastointilaitteen lämpöyksiköltä. Apuna tässä käytetään ulkoilman esilämmitystä, joka vaikuttaa suoraan lämpötilojen eroon ja näin tarvittavaan tehoon. Myös osa lämpimästä sisäilmasta kierrätetään uudelleen käyttöön nostamaan lämmittimelle tulevan ilman lämpötilaa.

3 ILMANVAIHDON AUTOMATIikka

3.1 Rakennusautomaatio

Ilmanvaihdon automatiikka on osa suurempaa rakennusautomaatiokokonaisuutta, jolla pyritään hallitsemaan helposti ja tehokkaasti koko rakennusta koskevaa turvallisuutta, energiankulutusta ja huollettavuutta. Kuten muutkin automaatiotratkaisut, myös rakennusautomaatio rakentuu eri komponenteista.



Kuva 2. Automaatiotasot (Älykkäät rakennukset 2014).

Alimpana hierarkiassa ovat kenttälaitteet, joita ovat anturit ja toimilaitteet. Keskitasolla on logiikka, joka toimii kentältä tulevien viestien perusteella. Datan määrä logiikan ja kentän välillä on usein käyttäjälle näkymätöntä. Niiden välillä tapahtuu paljon viestiliikennettä, johon koko toiminta perustuu. Ylimpänä on käyttäjälle näkyvä hallintataso, joka on usein toteutettu PC-pohjaisella tietokoneella. Käyttäjä hallinnoi ja tekee tarpeen vaatiessa muutoksia säätöihin. Käyttäjä asettaa raja-arvot, joiden sisällä logiikka toimii ja ilmoittaa arvojen ylityksistä hälytystietoina.

Käyttäjä voi myös kerätä muistiin arvoja, joita kentältä mitataan, ja tehdä arvoista seurantataulukoita. Taulukoita tutkimalla voidaan havainnoida laitteiden kulumaa ja näin ennakoida huoltoja. Koneilta kerättyjen käyntitietojen mukaan huoltoja voidaan suorittaa tiettyjen tuntimäärien täytyessä.

Rakennusautomaatioon liitetään myös turvallisuus, sillä usein laitteet ovat sulautettu vielä kulkujärjestelmän kanssa. Huoneistoon sijoitetaan liiketunnistimet ja laseihin särkymisilmoittimet. Näin hallitaan sitä, keitä huoneistossa kulkee, ja estetään tiloihin pääsy asiattomilta.

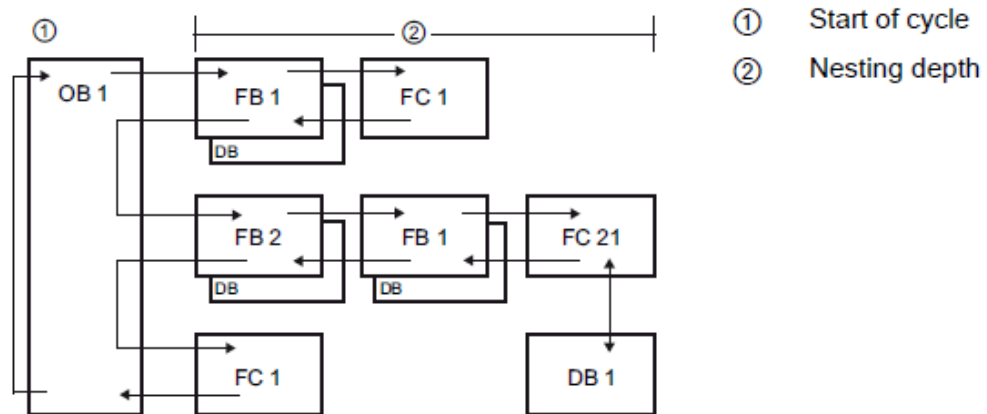
Rakennusautomaatiolta haetut energiasäästöt ja kiinteistön hallittavuus tulevat suurimmalta osin ilmanvaihdon ratkaisujen kautta. Tärkeimpänä elementtinä toimii ilmanvaihdon toimilaitteita ohjaava logiikka, joka välittää tietoa kentälle ja käyttäjälle.

3.2 Ohjelmoitava logiikka

Sähköisten komponenttien lisääntyessä ilmanvaihdossa tarvitaan niiden ohjaimiseen jonkinlainen keskusyksikkö. Ennen prosessorien yleistymistä tämä hoidettiin relekytkennöillä, mutta prosessorien huima kehitys on kuitenkin tuonut ne jokapäiväiseksi osaksi ihmisten elämää. Teollisuudessa prosessorien käyttöä on hyödynnetty ohjelmoitavissa logiikoissa niin, että niillä pystytään jo hallitsemaan isojakin kokonaisuuksia.

Logiikoiden ohjelmointiin käytetään kunkin logiikkavalmistajan omaa ohjelmistoa. Ohjelmiston toiminta perustuu valmiisiin käskyihin, joilla luetaan tai kirjoitetaan osoitteisiin tietoa. Ohjelmisto tallennetaan erilliseen muistipaikkaan, logiikan CPU:lle. CPU:ssa oleva prosessori suorittaa muistiin tallennettua ohjelmistoa pyyhkäisytekniikalla. Pyyhkäisytekniikka tarkoittaa, että ohjelma suoritetaan sykleinä. Ensin prosessori tarkistaa tulojen tilan, ja sen jälkeen prosessori suo-

rittää tuloilta saamansa tietoa hyväksi käyttäen ohjelmoitua ohjelmaa ja ohjaa lähtöportteja.



Kuva 3. Logiikan toimintakuvaus (Siemens 2014, 148).

Kuva 3 esittää Siemensin ohjelmarakennetta, joka on ohjelmoitavien logiikoiden perusta. Ohjelmarakenteessa on esitetty erilaisia ohjelmalohkoja. OB 1 on pääohjelmalohko, jonka prosessori suorittaa sykleissä usean kerran sekunnissa. Pääohjelmasta voidaan siirtyä suorittamaan aliohjelmaa, joka on kirjoitettu FB-lohkoihin. Näillä lohkoilla on omat muistipaikat, joihin voidaan tallentaa muuttujia myöhempää käyttöä varten. FC-lohkot ovat toimintalohkoja, joihin voidaan sijoittaa esimerkiksi usein käytettäviä laskutoimituksia. FC-lohkoilla ei ole erillistä muistia, vaan ne tallentavat tietojaan OB-lohkon tavoin yleisiin muistipaikkoihin. (Siemens 2014, 148.)

Yleisesti ohjelmassa voidaan käyttää lukemattomia erilaisia muuttujia. Tällaisia ovat digitaaliset muuttujat, jotka käyttävät BOOL-tyyppiä, joka voi saada arvokseen 1 tai 0. Analogiset muuttujat käyttävät INT-tyyppiä, joka voi saada 16-bittisen arvon. Kummallekin muuttujalle löytyy omat muistipaikkansa, johon ne voidaan tallentaa ja ottaa uudelleen käyttöön toisaalla ohjelmassa. (Siemens 2014, 94.)

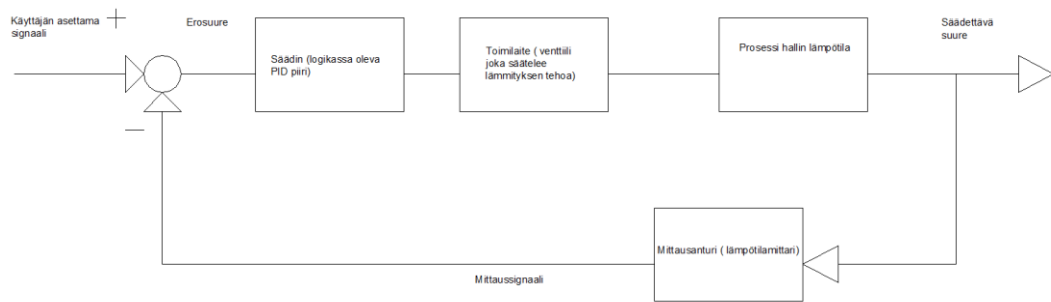
3.3 HMI

Logiikan hankkima tieto ja raja-arvot on saatava esitettyä käyttäjälle. Käyttäjälle luodaan oma hallintaohjelma, johon ohjelmoidaan erilaisia prosessin tilaa kuvaavia muuttujia. Ilmastoinnissa tämänlaista tietoa ovat lämpötilat ja käyntiajat. Huomioon on myös otettava, että anturit sekä toimilaitteet saattavat vikaantua. Kyseisten tilanteiden varalta on hyvä, että käyttäjälle välitetään viesti virhetilanteista.

HMI (*human machine interface*) tarkoittaa käyttäjälle näkyvää käyttöliittymä rajapintaa. Käyttöliittymien rajapinnan rakentaminen voidaan tehdä hyvinkin monenlaisilla ohjelmistoilla ja ohjelmointikielillä. Helpoimpia ovat visuaaliset ohjelmointiohjelmat. Niiden käyttö perustuu valmiiden komponenttien käyttöön, näin ollen käyttäjän ei tarvitse osata ohjelmointikieltä. Valmiisiin näyttöpohjiin luodaan erilaisia komponentteja riippuen siitä, ovatko ne pelkästään tiedon esittämiseen vai tiedon välittämiseen logiikalle. Rajapintojen luomiseen on myös haastavampia ohjelmia, jotka pohjautuvat täysin käskykieliseen ohjelmointiin.

3.4 Ilmanvaihdon automaattiosäädöt

Prosessi perustuu ilmanvaihdossa niin sanottuun suljettuun säätöön, jossa toimilaitetta ohjataan käyttäjän ja anturien määrittämien ohjausviestien mukaisesti. Logiikkaan ohjelmoidaan ehdot, joiden mukaisesti laitteet ohjautuvat riippuen siitä, minkälainen ohjausviesti anturilta tai käyttäjältä tulee. Liitteessä 1 on Oumanin säätökaavio, josta selviää tärkeimmät opinnäytetyöntilaaajan tiloihin tarvittavat säädöt.



Kuva 4. Säättöpiiri.

Ilmastoinnissa säätö toimii suljettuna säätönä, jonka perusrunkona toimii hallin lämpötilan ja ulkolämpötilan suhde. Mitä viileämpi ilma ulkona on, sitä suurempi lämmitysteho vaaditaan pitämään yllä tavoiteilman lämpötilaa. Muut toiminnot seuraavat lämpötilan hallintaa. Se, millä tulonopeudella ilmaa tarvitaan halliin, määräytyy täysin siitä, mikä määrä ilmaa poistuu hallista. Normaalissa ilmanvaihdossa pyritään siihen, että huoneistossa on pieni alipaine, joka aikaansaadaan säätämällä tulopuhaltimen nopeutta taajuusmuuttajan avulla.

Tuloilmapuhaltimen ollessa päällä pitää myös raitisilmakanavassa sijaitsevan sälepellin olla auki, jotta huoneeseen saadaan raitista korvausilmaa. Ohjelmaan tulee myös sisällyttää varotoimia, kuten patterin jäätyminenesto ja tuloilman maksimilämpötila, palovaaran ehkäisemiksi.

4 ILMANVAIHDONOHJAUKSEN UUSIMINEN

4.1 Projektin vaiheet

Automaatioprojektin onnistumisessa on ennalta tiedettyjä kohtia, joista tulee huolehtia aloituksessa. Projekti aloitettiin selvittämällä vanhan laitteiston toimintaa ja uudelta järjestelmältä vaadittuja lisäominaisuuksia. Kun tavoitteet olivat kartoitettu, oli lähdettävä selvittämään, millä komponenteilla tavoitteisiin päästäisiin. Laitehankintojen jälkeen tuli selvittää tarvittava työmäärä muutoksiin ja toteuttaa muutostyö.

4.2 Vanha laitteisto

Ennen muutosta ilmastoinnin säätimenä toimi Oumanin-EH105. Se toimi yleissäätimenä, kun kyseessä oli pelkkä ilmanvaihtokoneen ohjaus. Vanhaan säätimeen olisi ollut mahdollista saada näyttöpaneeli ohjaukseen, mutta sen ylläpito olisi maksanut vuosittain. Vanhassa järjestelmässä työntekijät asettivat poistopuhaltimet päälle tarvittaessa, erillisistä katkaisijoista. Nämä katkaisijat olivat kuitenkin lukitun oven takana, joten järjestelyn todettiin olevan käytännössä toimimaton. Säädin toimi siis lähinnä hallin tuloilman lämmityksen ohjaajana.

Uudet vaatimukset ilmastoinnin lisäsäästöistä ja lisävaatimuksista johtivat Oumanin-säätimen vaihtamiseen. Vaihtoa Siemensin logiikkaan puolsi se, että Siemensin CPU oli jo hankittu ja sen ohjelmoinnista oli ennestään kokemusta.

4.3 Tavoitteet

Uudelta järjestelmältä toivottiin laajempaa käyttöä ja sen haluttiin säatelevän niin tuloilman lämpötilaa kuin lämpimän ilman kierrätystäkin. Tarkoituksena oli myös toteuttaa erillinen ohjauspaneeli. Paneelista käyttäjän on helppo asettaa poistopuhaltimet päälle, kun hallissa tehdään palokaasuja aiheuttavaa työtä. Nykyisessä öljysäiliössä ei myöskään ollut minkäänlaista anturia varoittamassa

öljyn alarajasta. Uuteen järjestelmään haluttiin öljyn alaraja-anturi ja käyttö-paneeliin haluttiin merkkivalo, joka syttyisi, kun öljy olisi saavuttanut alarajansa.

4.4 Tavoitteiden täyttäminen

Ohjelman toiminnan kannalta jokaisen toimilaitteen on liityttävä logiikkaan, joten ne tarvitsevat kukin oman liitännäpaikan. Toimintojen kartoitus johti logiikan I/O-määrän selviämiseen.

Taulukko 2. Toimilaitteiden tarvitsema I/O-määrä.

Toimilaitteet	Digitaalinen tulo	Digitaalinen lähtö	Analoginen tulo	Analoginen lähtö
Kiertovesipumppu		x		
Tulopuhallin 1/2 nopeus		x		
Tulopuhallin 2/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 1 1/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 1 2/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 2 1/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 2 2/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 3 1/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 3 2/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 4 1/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 4 2/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 5 1/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 5 2/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 6 1/2 nopeus		x		
Poistopuhallin 6 2/2 nopeus		x		
Öljyn alaraja anturi	x			
Tuloilman sulkupelti				x
Kiertoilman sulkupelti				x
Lämmitys venttiili				x
Ulkolämpötilan anturi			x	
Sisälämpötila anturi			x	
Paluuveden lämpötila			x	
Savuilmaisin	x			
Yhteensä	2	15	3	3

Logiikkaan päätettiin hankkia lisäkortteja, sillä pelkässä CPU:ssa olleet tulot ja lähdöt eivät riittäneet kattamaan koko I/O-määrää.

4.5 Logiikka ja lisäkortit

Työhön käytettäväksi logiikaksi valittiin Siemens-S7-1200-sarjan logiikka, jossa itsessään on kaksi tavua digitaalisia tuloja ja lähtöjä, sekä yksi analoginen sisään-tulo. Työhön tarvittiin digitaalisia lähtöjä 15 kappaletta, joten Siemensiltä tilattiin digitaalinen lisäkortti, jossa oli kahdeksan lähtöä.

Lämpötila-anturien liittämiseksi logiikkaan hankittiin analoginen RTD-kortti. RTD-kortti valittiin sen helppokäyttöisyyden ja liitettävyyden takia. Lämpötilamittareita pystyy hankkimaan itsenäisesti toimivina, tai niin että ne on varustettu pelkästään vastuselementillä. Mittarin ollessa itsenäisesti toimiva se lähettää suoraan logiikalle virta-arvoja, joita voidaan helposti muuttaa lämpötilaksi. Luonnollisesti itsenäisesti toimiva mittari on kalliimpi. RTD-korttiin pystyy suoraan sen plus- ja miinusliitäntöihin kytkemään pelkän lämpötila mittaukseen sopivan vastuksen. Kortti mittaa jännitettä yli vastuksen. Mitatun arvon lukeminen ohjelmassa selvitetään logiikan ohjelman kuvauskohdassa.

Järjestelmässä olevien peltimoottoreiden ohjaamiseksi hankittiin logiikkaan analogisia lähtöjä omaava lisäkortti, josta saadaan ulos jänniteviesti 0–10 voltia. Kortti oli tarpeellinen, koska peltimoottorit ja venttiili toimivat jänniteviestillä.

4.6 Logiikan ohjelmointi

Siemens-S7-1200-sarjan logiikan ohjelmointiin käytetään uutta Siemensin suunnittelemaa Tia portal -ohjelmistoa. Tia portalissa on yhdistetty aiemmin eri ohjelmina olleet logiikan ohjelmointityökalu Step-7 ja käyttöliittymien rakentamiseen tarkoitettu PRO-tool.

Ohjelmointia voidaan suorittaa kuten aikaisemmissakin ohjelmissa kolmella eri kielellä. LAD-kielessä (*Ladder Diagram*) on vasemmalta oikealle kulkeva signaali, joka muistuttaa paljon sähkökuvien kaltaista loogista virrankulkuajattelutapaa. LAD-kielessä käytetään kirjastosta löytyviä elementtejä, jotka kuvaavat

aina jotain toimintaa. STL-kieli (*Structured Text*) on täysin tekstipohjainen, jossa kaikki tapahtuu kirjoittamalla ennalta tiedettyjä käskyjä. FBD-kieli (*Function Block Diagram*) on toimintakaavio-ohjelmointia, jossa käytetään LAD-kielen tapaan graafisia komponentteja. (Siemens 2014, 154.)

Logiikan ohjelmointi aloitetaan valitsemalla uusi projekti ja nimeämällä se halutulla tavalla. Avautuvasta valikosta valitaan käytössä olevat komponentit. Ohjelman on oltava päivitettyinä viimeisimpään versioon, jos komponentit ovat ai- van uusia, sillä uusia kortteja ja malleja korteista julkaistaan jatkuvasti. Jotta viimeisimmät kortit löytyisivät valittavien komponenttien listasta, tulee ohjelma päivittää aina uusimpaan versioon. Valittavien komponenttien on täsmättävä täysin käytössä oleviin, muuten ohjelma ilmoittaa vertailuvirheestä, kun ohjel- maa ladataan PC:ltä PLC:lle.

Komponenttien valinnan jälkeen päästään kirjoittamaan itse ohjelmaa. Aluksi on hyvä luoda I/O-listaan perustuvat TAG-lista. TAG-listaan luodaan muuttujat, joita luetaan, ja niiden mukaan ohjataan ohjelmaa eteenpäin. Tässä tapaukses- sa tehty I/O-listan mukaan ohjelmaan on kirjattu kaikki digitaaliset tulot ja lähdöt. Esimerkkinä kiertovesipumppu on asetettu digitaaliseen lähtöön Q0.0 ja tulopu- haltimen lähtöön Q0.1. Analogiatuloihin on kirjattu tarvittavat lämpötila-anturit ja analogialähtöihin lämmitysventtiili ja peltimoottorit.

Se, mihin lähtöön kukin toimilaitte kuuluu, määräytyy täysin kyseisen toimilait- teen toiminnan mukaisesti. Puhaltimien lähtöjä ohjattiin digitaalisilla lähdöillä. Kontaktorit, jotka kytkevät moottorille käyttöjännitteen tarvitsevat vain niin sano- tun kärkitiedon, eli viestin päälle tai pois päältä. Ohjelmassa tämänlaista lähtöä ohjataan Bool-tyyppisellä muuttujalla, joka voi saada vain kaksi arvoa, 1 tai 0.

Peltimoottorit toimivat moduloivalla jännitemoottorilla ja niiden asento määrä- tään jänniteviestillä 0–10 voltia. Ne saavat käyttöjännitteensä erikseen, tässä tapauksessa 24 voltia. Peltimoottorien ohjaukseen käytetään analogista lähtö- porttia, josta saadaan tapauskohtaisesti syötettyä joko virta- tai jänniteviestiä.

Ohjelmassa tällaista lähtöä ohjataan INT-muuttujalla, joka on 16-bittinen, joten se voi saada arvot (-26478)-24678. (Siemens 2014, 95.)

4.7. Ilmastoinnin toiminnan kuvaus

Tulopuhallin käynnistyy ja aiheuttaa kanavaan alipainetta, jolloin ilmantuloaukosta alkaa virrata ilmaa kohti puhallinta. Ennen puhallinta oleva suodatin erottelee ilmasta pienhiukkaset pois. Omana yksikkönä toimiva öljypoltin lämmittää vettä säädettyyn lämpötilaan. Kiertovesipumppu kierrättää lämmitettyä vettä lämpöpatterin ja kattilan välillä.

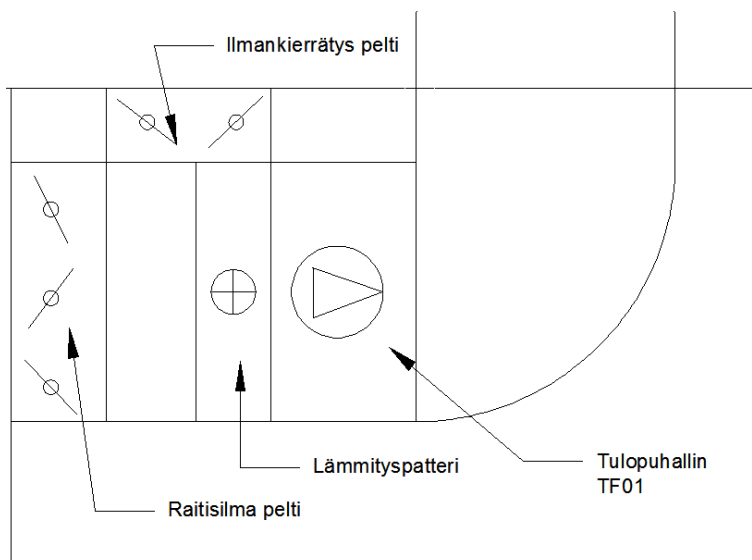
Tulopuhallin pyörii hihnavetoisesti kahdella eri nopeudella siirtäen suodatetun ja lämmitetyn ilman eteenpäin hallin katossa sijaitsevaan pääkanavaan. Pääkanavassa ilma ohjautuu kahdeksaan ympäri huonetta sijaitsevaan pienoisnopeuslaitteeseen.

Teollisuushallin ollessa kyseessä ja ovien ollessa säännöllisesti auki, ei jatkuvaa ilmanpoistoa tarvita. Halutessaan työntekijät säätävät jonkin katossa olevista kuudesta poistopuhaltimesta päälle. Ohjauspaneeli sijaitsee taukotilan seinässä, johon kaikilla on helppo pääsy. Tilaan on myös tarkoitus asentaa savun tunnistamiseen perustuva poistopuhaltimien ohjaus. Sopivan anturin puuttuessa ohjaus jätettiin työstä pois.

Ohjelmaan on myös lisätty toiminto käyttää järjestelmässä olevaa sisäilmankierätys mahdollisuutta. Takaisin kiertävän ilmanmäärän vaikuttaa kuinka paljon kierrätyskanavassa olva sälepelti on auki. Sälepeltiä ohjataan peltimoottorin avulla, syöttämällä haluttu asematieto jänniteviestinä moottorille.

Raittiin ilman kiertäessä lämmitetyn patterin lävitse laskee patterissa kulkevan vedenlämpötila suorassa suhteessa siihen, kuinka viileätä läpipuhallettava ilma on. Näin ollen kierrättämällä jo lämmintä sisäilmaa uudestaan kylmän ilman rinnalla saadaan lämmitettävän ilman lämpötilaa nostettua, mikä vaikuttaa suo-

raan lämmityskuluihin. Mitä nopeammin lämminvesi lauhtuu lämpöpatterissa, sitä enemmän öljyä käytetään, että saadaan pidettyä haluttua lämpötilaa patterissa.



Kuva 5. Ilmastointilaite ja sen komponentit.

4.8 Ohjelman komponentit

RTD-kortille saapuva jänniteviesti tulee tulkita asteiksi. Ohjelma tulkitsee analogiatuloja INT-muuttujina, jotka ovat 16-bittisiä. INT-arvo tulee muuttua, jotta se olisi ohjelmassa käyttökelpoinen, se on skaalattava yleisesti tunnetumpaan muotoon. Koska muuttujalla kuvataan lämpötilaa, halutaan arvo muuttua °C:ksi. Tämä tapahtuu yksinkertaisesti, kun kyseessä on RTD-kortti. Tällöin arvo on vain jaettava kymmenellä ja INT-arvo muuntuu °C:ksi. Ohjelmassa arvo oli vielä muutettava Real-arvoon, sillä PID-säädin käyttää Real-muuttujia.

Päivämäärä luetaan logiikalta myös sanana, jossa eri sanan osat tarkoittavat kukin määrättyä asiaa. Päivän lukemiseksi käytetään logiikassa sijaitsevaa Read-system-clock-blokkia, joka antaa arvon DTL#1970-01-01-00:00:00. DTL tarkoittaa 16-bittistä sanaa. Ohjelman antama sana on vielä tulkittava niin, että vuosi on 1970, kuukausi on tammikuu, päivä on ensimmäinen, viikonpäivä on sunnuntai, kello on 00:00 ja millisekunnit ovat 00. (Siemens 2014, 97.)

1	Static						
2	time_local_read	DTL	DTL#1970-01-014		<input checked="" type="checkbox"/>		
3	YEAR	UInt	1970		<input checked="" type="checkbox"/>		
4	MONTH	USInt	1		<input checked="" type="checkbox"/>		
5	DAY	USInt	1		<input checked="" type="checkbox"/>		
6	WEEKDAY	USInt	5		<input checked="" type="checkbox"/>		
7	HOUR	USInt	0		<input checked="" type="checkbox"/>		
8	MINUTE	USInt	0		<input checked="" type="checkbox"/>		
9	SECOND	USInt	0		<input checked="" type="checkbox"/>		
10	NANOSECOND	UDInt	0		<input checked="" type="checkbox"/>		
11	time_system_read	DTL	DTL#1970-01-014		<input checked="" type="checkbox"/>		
12	time_system_write	DTL	DTL#1970-01-014		<input checked="" type="checkbox"/>		

Kuva 6. DTL-sana logiikassa.

Yllä olevaa DTL-sanan käyttöarvo nousee, kun sen pilkkoo osiin. Se tapahtuu funktiolla Move, jolla saadaan sanasta eroteltua osia. Ohjelmassa on eroteltu viikonpäivät sekä kellonaika omiin muistipaikkoihin.

Näiden arvojen avulla ohjelma ohjelmoitiin toimimaan haluttuna aikana. Työaika on säännöllisesti joka arkipäivä kello 7–15, joten ilmastointi toimii automaattisesti tuona aikana. Ohjelman automaattitila kytkeytyy päälle kello 6 arkipäivisin. Iltapäivällä, kun työt hallista ovat loppuneet, kytkeytyy toimilaitte iltasentoon. Iltasennossa tavoitelämpötila on 10 C° ja kiertoilmapelti on täysin auki.

4.9. Päivä- ja iltakäyttö

Ohjelman toimiessa kellon mukaan oli tarpeen rakentaa kaksi eri ohjelmalohkoa, joita suoritettaisiin tiettyyn kellon aikaan perustuen. Ohjelmalohkoksi valittiin FB-lohkot, jotka nimettiin Päivä- ja Iltakäyttö-nimisiksi. Niiden kutsuminen pääohjelmasta tapahtuu käyttämällä in-range-komponenttia. In-range-komennolle annetaan tietyt raja-arvot. Syötetyn muuttujan ollessa raja-arvojen sisällä muuttuu komponenttiin määrätty lähtöportti aktiiviseksi. Päiväkäytön rajattiin toimimaan kello 06.00–17.00 maanantaista perjantaihin. Iltakäytön toimim-

taehdot taas olivat samoina viikonpäivinä kello 17.00–6.00. Viikonloppuisin ohjelma menee iltakäyttö-tilaan ja hallissa pyritään pitämään tasainen lämpötila.

Päiväkäytölle on varattu FB-lohko, joka voidaan viedä pääohjelmaan toimintalohkoksi. Ohjelma itsessään sisälsi alkulämmityksen. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelma käynnistyy aamulla kello 06.00, ja kun ulkolämpötila on alle 0 °C käynnistyy lämmitystila. Lämmitystila ajaa patterin lämmitysveden lämpötilaa säätelevän venttiilin täysin auki ja ohjaa tulopuhaltimen Täysi nopeus-asentoon. Näin ohjelma lämmittää hallin yölämpötilasta takaisin työskentelylämpötilaan.

Mikäli ulkolämpötila on yli 0 °C:tta, ohjautuu tulopuhallin puolelle nopeudelle ja lämmityksestä vastaa PID-säädin. Säätimelle on asetettu käyttöpaneelista tavoitelämpötila. Ulkolämpötila vaikuttaa ohjelmassa muutenkin, sillä se ohjaa ilman takaisinkierätys-prosenttia. Kun ulkoilma on alle 0 °C, avautuu takaisinkierätyspelti niin, että se on 25 % auki.

Iltakäytössä PID-säädin hoitaa lämpötilan säätelyn. Sille on asetettu alhaisempi 10 °C tavoitelämpötila. Iltaisin ohjelmankierrossa pysäytetään kaikki poistopuhaltimet, jotta ne eivät jäisi päälle yöksi. Iltaohjelman käynnistymisen ajankohdasta voidaan muuttaa, mikäli halutaan tehdä pidennettyjä työvuoroja ja käyttää poistopuhaltimia, jotka muuten sammutettaisiin iltaohjelman käynnistyessä. Iltaisin käytetään myös enemmän ilman takaisinkierätystä, sillä kiertoilmapelti ohjautuu täysin auki.

Pääohjelmaan on lisätty jäätymisenestovarmennus. Jokaisella ohjelmakierrolla tarkkaillaan paluuvedenlämpötilaa, ja mikäli se laskee alle 5 °C, tulopuhaltimet sammuvat ja tuloilman pelti sulkeutuu. Näin estetään, ettei patterissa oleva vesi pääse jäätymään ja aiheuta patterille rikkoontumisvaaraa. Myös tuloilman lämpötilaa mitataan, ja mikäli sen lämpötila ylittää 60 °C:ta, sammuu tulopuhallin ja lämmitystä säätelevä venttiili ohjataan kiinni asemaan.

4.10 PID-säädin

Hallin lämpötilaan vaikuttavat useat tekijät, kuten millainen ilma ulkona vallitsee, tehdäänkö hallissa paljon hukkalämpöä aiheuttavia töitä, mitkä koneet ovat käynnissä ja ovatko ovet auki. Näin ollen lämpötila saattaa vaihdella useita asteita lyhyenkin ajan sisällä. Lämpötilan hallitseminen pelkän päälle- tai pois-kytkennän avulla ei näin ollen toimi. Tarvitaan säädin, jonka arvoja muuttamalla päästään suhteellisen tasaiseen työskentelylämpötilaan. Säätimen valinnassa päädyttiin PID-säätimeen sen monipuolisten säätöjen vuoksi.

PID-säätimen sisään on sisällytetty kolme muuttujaa. Ensiksi on P-arvo, joka on vahvistusarvo. Asettaessa vahvistusarvoa tulee huomioida, että suuri arvo tekee säädöstä herkän ja pieni taas epäherkän. Asetusarvon ja oloarvon erotus kerrotaan suoraan vahvistus arvolla ja näin saadaan lähtöarvo. (Jansson 2000, 82.)

$Lähtöarvo = K_c * (SP - PV) + Lepoarvo$, jossa

K_c = Vahvistusarvo

SP = Asetusarvo

PV = Oloarvo (Jansson 2000, 82).

Integrointiaika, eli I-arvo, lisää laskuun mukaan oloarvon muutoksen ajallisen pituuden. Se tekee säädöstä ”harkitsevamman”, eli jos muutos on hetkellinen ja integraaliaika ei ylitä, pysyy lähtöarvo samana. Näin säätö toimii integrointiajan määräämässä herkkyydessä. Mitä lyhyempi integrointiaika on, sitä herkemmin säädin reagoi oloarvon muutokseen. (Jansson 2000, 83.)

Derivointi lisää muutoksen nopeuden mukaan laskutoimitukseen. Pelkästään D-arvon säätöä ei voi käyttää, sillä se ei tarkkaile muutoksen suuruutta, vaan ai-noastaan sen nopeutta. Derivointi toimii muutoksen ennakoinnissa. Usein D-

arvo pyrkii tasoittamaan integroinnin aiheuttamia epästabilisointeja. (Jansson 2000, 84.)

Kyseisessä säätimessä asetusarvo tulee käyttäjän asettamana paneelista. Oloarvo mitataan hallissa vallitsevasta lämpötilasta. Nämä muuttujat syötetään logiikkaan rakennettuun PID-säätimeen, joka lähtöviestinä säätelee lämmitysventtiiliä. Lämmitysventtiili vaikuttaa vedenlämpötilaan lämpöpatterissa, jonka läpi ulkoilma puhalletaan ja johdetaan sisätiloihin.

Koko hallin lämpötilan säätäminen perustuu kahteen lämpötilamuuttujaan: logiikan paneelista säädettyyn haluttuun lämpötila-arvoon ja hallista mitattuun lämpötila-arvoon.

PID-säädin on Tia Portalista valmiina löytyvä komponentti, johon määritellään vain oikeat muuttujat ja tarvittavat kerroin-arvot. Ohjelmassa PID-säädin on sijoitettu OB 31 -lohkoon. Se on ohjelmalohko, joka suoritetaan jokaisella ohjelmakierrolla.

4.11 HMI:n ohjelmointi

Siemens Simatic panel ohjelmoitiin käyttämällä samaa Tia Portal -ohjelmistoa kuin logiikan ohjelmoinnissa. Aiemmin Siemensin paneelit ohjelmoitiin WinCC-ohjelmalla. Se toimii visuaalisten rakenteiden avulla, ja näin ollen se on helpommin lähestyttävä kuin pelkkään tekstikoodiin perustuva ohjelmointiväline. Tia Portalissa oleva HMI-ohjelmointityökalu muistuttaa todella paljon aiempaa WinCC:tä. Näiden suurimpana erona on logiikan ja näyttöpaneelin helpompi yhteen liitettävyys.

Ohjelmassa valitaan alkuun käytettävän näytön tyyppi ja koko. Käytettäessä Siemensin valmistamia näyttöjä saadaan ohjelmointipohjaksi oikeaa vastaava ulkonäkö. Visuaalinen ohjelmointi tarkoittaa, että näytön pohjakuvaa esittävälle alustalle viedään valmiita komponentteja haluttuihin kohtiin. Komponentteja tu-

lee ohjelman mukana runsaasti, josta niitä voi valita käyttötarpeen mukaan. Kaikki komponentit löytyvät mustavalkoisina ja 256-värisinä. Komponenttien halutun toiminnon saavuttamiseksi luodaan ensin tyhjä elementti, joita löytyy erilaisilla toimintavaihtoehdoilla. Valmiita elementtejä ovat kosketin, digitaalinen I/O-kenttä, valitsin, pylväs sekä graafinen I/O-kenttä.

Valmiisiin elementteihin liitetään joko teksti tai kuva osoittamaan kytkimen toimintaa. Esimerkiksi valitaan kytkin peruselementiksi ja asetetaan sille tehtävä määrittää bitin reuna positiiviseksi osoitteessa M1.0. Elementille asetetaan kiinni-olotilan kuvaksi kytkinnappi, jossa valo on mustanvärinen, ja aukiolon merkiksi vihreä valo. Ruudulla kytkin näytti normaalissa tilassa mustalta kytkinnapilta, mutta kun kytkimen aktivoi, valo muuttui vihreäksi ja osoitteessa M1.0 bittireuna vaihtui positiiviseksi.

Näyttöön ohjelmoidaan kolme ruutua. Ensimmäinen on Puhaltimien ohjaus - ruutu, joka on oletusnäkyvä ja päivittäisessä käytössä. Ruudussa on hallin pohjakuva, jossa näkyy kaikki poistopuhaltimet niiden oikeilla paikoilla. Käyttäjä pystyy kytkemään minkä tahansa kuudesta poistopuhaltimesta päälle. Tähän ruutuun tulee myös varoitusteksti, kun lämmitysöljy on alarajassaan. Muita ruutuja ovat infosivu ja asetusruutu. Infosivulle on luotu viisi I/O-kuvaketta, joista kolme esittää mitattuja lämpötiloja. Yksi osoittaa ilmastointilaitteen olevan toiminnassa ja viimeinen lämmitysöljyn olevan alarajassaan. Asetusruudusta käyttäjä pääsee määrittämään PID-säätimelle asetusarvon hallin tavoitelämpötilaksi ja lisäksi vaihtamaan aikaa, mikäli HMI:ssä oleva kello on väärässä ajassa.

5 ASENNUSTYÖ

5.1 Sähkökaapin komponenttien uusinta

Vanha säädin ohjasi sähkökaapissa olevia kontaktoreita suoraan 230 voltin jännitteellä. Siemens S7-1200 toimii kuitenkin 24 voltin jännitteellä, ja sen relelähdeistä saadaan 24 voltin ohjausjännite. Näin ollen sähkökaapissa olevat 230 voltin ohjauksella olevat kontaktorit vaihdettiin 24 voltin ohjauksella oleviin. Kontaktori sulkeutuu, kun ohjausjännite 24 voltia johdetaan sen liittimeen A1. Kontaktorin toimiessa sen pääpiiri sulkeutuu ja kolmivaihevirta saadaan ohjattua vetäneen kontaktorin kärkien kautta moottorille.

Ohjauskaappiin jätettiin myös vanhassa järjestelmässä ollut käsiohjauksen mahdollisuus. Käytännön sähkökytkentä toteutettiin niin, että kontaktori saa jatkuvan 24 voltin plus-jännitteen liittimeen A1, mutta kytkimillä ja logiikalla annetaan virtapiirin sulkeutumiseen tarvittava miinus-jännite liittimeen A2.

5.2 Lämpötilan mittaaminen

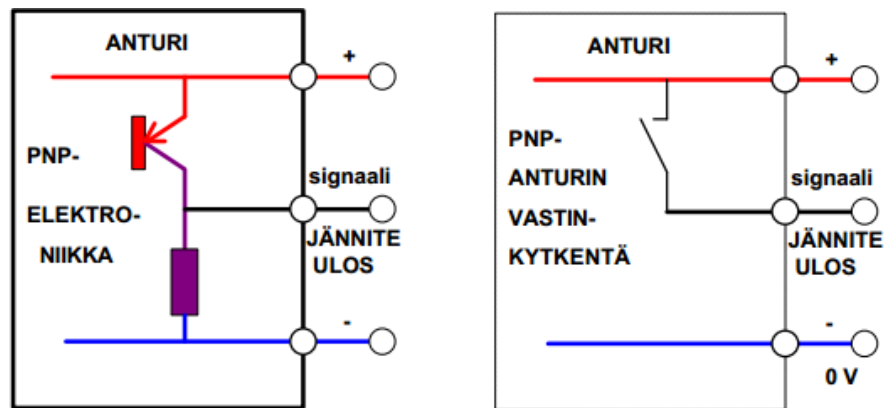
Lämpötilan mittaamiseen vanhassa järjestelmässä oli käytetty NTC-vastuksia, joissa käyttöjännite oli suurempi kuin Siemensin RTD-kortti pystyi tuottamaan. Anturiksi uuteen järjestelmään valikoitui PT100. PT100-anturi on valmistettu platinasta, ja sen toiminta perustuu platinan resistanssin kasvamiseen lämpötilan noustessa. PT100:n nimellisvastus 0 °C:ssa on 100 ohmia. (Produal Oy 2014.)

Mittareiksi hankittiin yksi ulos soveltuva koteloituanturi. Anturi asennettiin ulos noin kahden metrin korkeuteen paikkaan, jossa rakennuksista poistuva hukkalämpö ei häiritse mittaustulosta. Muihin mittauksiin hankittiin suojattuja vastuksia, joissa oli vain kytkentäjohtimet näkyvillä. Näistä antureista sisälle halliin asennettiin yksi, seuraava tuloilmakanavaan ja kolmas paluu vesikanavaan.

5.3 Öljyn alaraja-anturi

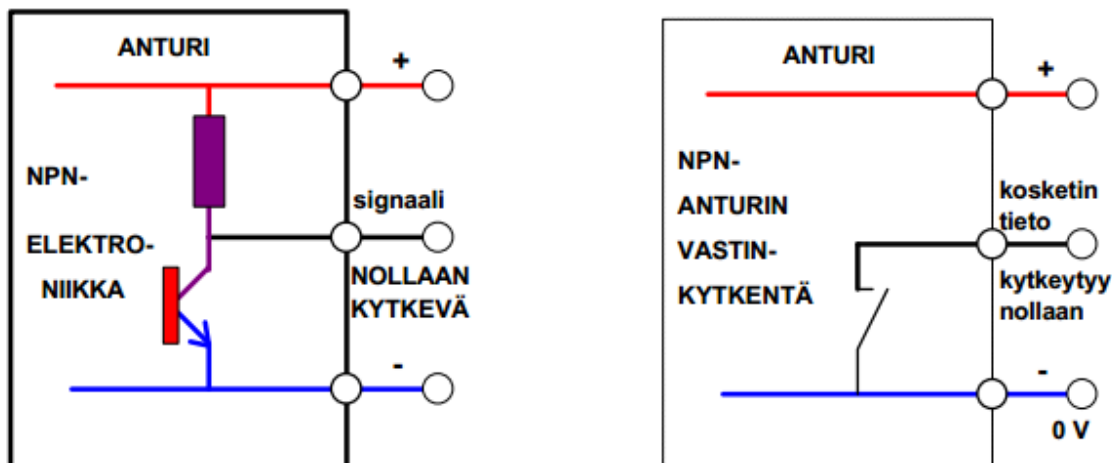
Öljysäiliöön oli tarvetta asentaa alaraja-anturi, sillä nykyisessä järjestelmässä ei ollut minkäänlaista varoitusta öljyn loppumisesta. Anturin valintaan vaikuttivat mitattava aine ja se, minkälaisessa säiliössä neste varastoidaan. Säiliöön ei haluttu tehdä asennusreikiä anturille, eikä nesteen korkeutta ollut tarvetta mitata jatkuvasti.

Anturiksi valikoitu kapasitiivinen anturi, jossa tunnistaminen tapahtuu anturin luoman sähkökentän muutoksen tunnistamisella. Kun anturin sähkökentässä ei ole enää öljyä, havaitsee elektroniikka muutoksen ja antaa kytkentätavasta riippuen joko positiivisen tai negatiivisen takaisinkytkennän. Anturi toimii läpi muovisäiliön, sillä sen herkkyyttä pystytään säätämään jopa 25 millimetriin asti. Kapasitiivinen anturi valikoitui, koska tunnistettava aine oli öljyä, joten magneettikentän luova induktiivinen anturi ei olisi toiminut. (Koivuviitta 2014, 4.)



Kuva 7. PNP-kytkentä (Koivuviitta 2014, 3).

Kuvassa 7 esitetään anturikytkentä, jossa signaali otetaan positiivisena takaisinkytkentänä, joten anturin elektroniikan tunnistessa muutosta sähkökentässä antaa anturi ulos positiivisen signaalin.



Kuva 8. NPN-kytkentä (Koivuviitta 2014, 3).

Kuvassa 8 on negatiivinen takaisinkytkentä, jossa anturi toimii kytkimen lailla asettaen lähdön kytkeytymään anturille tulevaan nollaan. Anturi kytkettiin positiivisella takaisinkytkennällä, jotta olisi helpompi huomata anturin toiminta, sillä signaali ohjautuu päälle aina, kun öljyä on anturin kohdalla. Anturi asennettiin kiinni muovisäiliön reunaan ja sen toiminta testattiin ennen työn luovutusta.

5.4 Säätepelien ohjausmoottorit

Vanhat säätepelimoottorit toimivat 24 voltin vaihtovirtaohjauksella. Niiden yhteentoimivuuden varmistaminen 24 voltin tasavirralla ohjaavan Siemensin logiikan kanssa olisi ollut liian työlästä. Työn tilaajalta löytyi valmiina 24 voltin tasavirran ohjauksella oleva moottori, joka asennettiin tuloilman ohjaukseen. Kyseisessä moottorissa ei ollut lainkaan moduloivaa avautumista, vaan moottori ohjautui vain kiinni ja auki, kunhan sille ohjattiin tarpeeksi virtaa. Sen ohjaukseen asennettiin rele, jota ohjataan logiikalla. Kun rele toimii, sen kärkien kautta ohjataan 24 voltia suoraan moottorille ja sälepelti saadaan avautumaan.

Kiertoilmakanavassa olevaan sälepellin ohjaukseen tilattiin Belimolta 24 voltin tasavirtamoottorilla varustettu malli. Moottoria ohjataan 0–10 voltin jännitteellä omaan kanavaansa. Jännitettä muuttamalla säädetään pellin avautumisprosenttia.

5.5 Venttiilin ohjaus

Lämmitysventtiili ohjaukseen vaihdettiin myös 24 voltin tasavirtamalli, joka toimii samalla peruseriaatteella kuin peltimoottorikin, 0–10 voltin ohjausjännitteellä.

5.6 Logiikan ja HMI:n asentaminen

Ohjauskaappiin, johon kontaktorit vaihdettiin, asennettiin myös uusi logiikka. Logiikkaan kytkettiin käyttöjännite 230 volttia. Lisäkortit yhdistettiin CPU:hun korteissa olevilla valmiilla väyläliittimillä. Lisäkortit tarvitsivat vielä erillisen 24 voltin tasavirtasyötön, ja se otettiin erilliseltä muuntajalta. Kortteihin kytkettiin piirretyn kaavion mukaan toimilaitteet kiinni niille varattuihin tulo- tai lähtökanaaviin.

Logiikka ja HMI yhdistettiin yrityksen aliverkkoon viemällä CAT6-kaapeli jakokeskukselle. Kummallekin oli määritetty oma aliverkon IP-osoite. IP-osoitteen kolme viimeistä numeroa identifioi laitteet omaan osoitteeseensa. PLC:n ja HMI:n osoitteet määräytyivät aliverkossa olleiden muiden laitteiden mukaan seuraavaan vapaaseen paikkaan. Kumpikin laite käyttää yrityksen aliverkkoa yhteydenpitoon, joten kumpaankin saa yhdistettyä TIA portal ohjelmistolla varustetun PC:n. HMI tarvitsi vielä oman käyttöjännitteen, joka tuotiin 24 voltin tasavirtainvertteriltä.

6 OMAT HAVAINNOT

6.1 Omat päätelmät

Säätimen ja HMI:n keskusteleminen oli hankalin osuus, sillä aikaisempaa kokemusta käyttöliittymän luomisesta ei ollut. Muutaman päivän yrityksen ja erehdyksen kautta löysin sopivat muuttujat, jotka HMI esitti ymmärrettävässä muodossa.

Ongelmaksi muodostui lämpötilan asettaminen HMI:ltä, ja lisäksi logiikan ja HMI:n yhdistäminen. Vaihdoin muutaman muuttujan Real-arvosta INT-arvoon ja sain ohjauspaneelista asetettua tavoitelämpötilan, jota PID-säädin ymmärsi. HMI-muuttujalistasta tuli valita, että käyttäjä sai muuttaa arvoa, koska se oli oletuksena vain esitettävässä muodossa. Lisäksi ohjelma vaihtoi tietyissä muistiosoitteissa ollutta tietoa itsellään muuksi, kuin aiemmin oli asetettu. Tämän ongelman ohitin käyttämällä temporary-muuttujia, jotka toimivat ikään kuin välimuisteina siirrettäessä tietoa samassa ohjelmalohkossa.

6.2 Kehityskohteet

Nykyisessä järjestelmässä ei ole minkäänlaista poistoilman lämmön talteenottoa. Sellaisen kehittäminen tulevaisuudessa voisi tuoda säästöjä hallin lämmityskuluihin. Hallissa tehtävän hitsaustyön takia olisi seuraava mahdollinen kehityskohde paikalliset poistohuuvut. Ne saattaisivat olla tehokkaampia kuin nykyiset pelkästään katossa sijaitsevat poistot.

Nykyiseen järjestelmään on vielä tulossa ilman esilämmitys. Siinä hyödynnettäisiin erillisessä tilassa olevan kompressorin hukkalämpöä. Se tuo kylmällä ilmalla todella tehokkaita säästöjä. Aiemmin lasketun vaadittavan lämmitystehon mukaisesti tulevan ilman lämpötila vaikuttaa suoraan verrannollisesti ilmanlämmitykseen vaadittuun tehoon.

7 YHTEENVETO

Konepajan ilmanvaihtoprojekti on saatettu päätökseen. Oppinäytetyön tavoitteena oli saavuttaa parempi säädettävyys ja halliin tasainen ilmanlämpötila. Työssä osuuteni oli hoitaa logiikan ja HMI:n ohjelmointi. Työhön tarvittavat komponentit hankin työntilaaajan kanssa yhteistyössä. Kontaktorien vaihdon hoiti sähköalan ammattilainen Ok-Controllista. Muut komponenttien asennukset ja logiikan johdotuksen suoritin itse.

Mielestäni projekti onnistui hyvin. Tilaaja sai logiikan, joka on nykyaikainen, laajennettava ja helppokäyttöinen. Lisäksi näyttöpaneelin josta käyttäjien on helppo asettaa poistopuhaltimet päälle ja pois. Nykyisellä kokoonpanolla ilmastoinnin toiminnan tarkkailu on helppoa. Ennen säädin toimi täysin itsenäisesti pannuhuoneessa ja saattoi sammua joko öljyn loppumisen tai muun häiriö takia, eikä tilannetta huomattu ajoissa. Nyt on öljyn loppumisesta varoitusvalo. Lisäksi uudelta säätimeltä haettu energiatehokkuus toteutui. Sisäilman kierrätystä pystytään uudessa järjestelmässä lisäämään, kanavassa sijaitsevan säätöpellin ja säätyvän moottorin avulla. Uusi säädin myös mahdollisti tulevan projektin, jossa tuleva ulkoilma esilämmitetään kompressorista saatavalla hukkalämmöllä.

Työ on ollut suurin opiskeluaikana tapahtunut oppimisprojekti. Se oli kaikkien töissä ja hieman koulunpenkillä opittujen asioiden yhteen nitova summa. Mahdollisuus tehdä fyysinen muutostyö ja käyttää uusimpia laitteistoja hyväksi on antanut valtavan edun työpaikan saamiselle ja oppimiselle. Siemensin ollessa yksi suurimmista logiikkavalmistajista on todella hyvä todeta tietävänsä perusasiat, miten logiikka toimii ja miten sitä ohjelmoidaan.

Työn varrella on maksettu oppirahojakin, koska kokemusta itselläni ei ole ollut liikaa. Pahin takapakki työssä oli lämmityspatterin jäätyminen kovalla pakkasella, mikä johti kahden viikon viivästymiseen ja lisäkuluihin. Kiitoksen saan esittää mahdollisuudesta, ajasta ja osaamisen kartuttamisesta Luft-Tekin toimitusjohtajalle sekä Asitekin Aleksii Kukkaselle ja Rauno Mäkelälle.

LÄHTEET

- Energiateollisuus 2013. Koneellinen ilmanvaihto. Viitattu 9.12.2013
<http://energia.fi/koti-ja-lammitus/kodin-sahkolaitteet/koneellinen-ilmanvaihto>.
- Jansson, E. 2000. Sääto ja mittaustekniikka 2000. Iisalmi: IS-Vet.
- Koivuviitta, K. 2014. Anturikytkentä Informaatiota. Eduserver. Viitattu 4.1.2014
http://personal.inet.fi/yritys/kkov.eduserver/yhteinen/s7_200_infoa2.pdf.
- Koja 2014. Laminaarinen virtaus. Viitattu 20.1.2014
<http://www.kojair.com/fi/tuotteet/sairaalatuotteet/leikkaussali-ilmastointi>.
- Luft-Tek Oy. 2013. Luft-Tek oy. Viitattu 9.12.2013 <http://luft-tek.fi/mp/>.
- Luomura 2013. Luonnollinen ilmanvaihto. Viitattu 15.12.2013
http://www.luomura.com/teemasivuja/new_page-150125/.
- Inkininen, P. & Tuohi, J. 2003. Momentti 1. Keuruu: Otava.
- Produal Oy 2014. Lämpötilan mittaus. Viitattu 26.1.2014
<http://www.produal.fi/FI/Tuotteet/Lämpötilan%20mittaus>.
- Siemens 2014. Siemensin logiikan toiminta manuaali. S71200 System manual.
- Seppänen, O. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Suomen LVI:yhdistysten liitto.
- Työterveyslaitos 2014. Teollisuustilojen ilman laadun ja lämpöolojen hallinta. Viitattu 25.1.2014
http://www.tsr.fi/c/document_library/get_file?folderId=13109&name=DLFE-2018.pdf.
- Älykkäät rakennukset 2014. Rakennus automaation systeemin hierarkia. Viitattu 26.1.2014
<http://www.intechopen.com/books/energy-management-systems/energy-management-for-intelligent-buildings>.

