



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KIINTEISTÖN AUTOMAA- TIOSANEERAUS

TEKIJÄ/T: Jesse Miettinen

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma | |
| Työn tekijä(t) Jesse Miettinen | |
| Työn nimi Kiinteistön automaatio saneeraus | |
| Päiväys 31.12.2017 | Sivumäärä/Liitteet 33/3 |
| Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Iaininen, Lehtori Jari Ijäs | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Fidelix Oy | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä toteutettiin rakennusautomaatio saneeraus kokonaisuudessaan automaatio suunnitelmien pohjalta. Saneeraus toteutettiin vanhaan Kievarinkulman liiketilakiinteistöön jo olemassa olevien automaatio järjestelmien tilalle. Työssä perehdyttiin automaation eri osa-alueisiin, kuten lämmönjakoon ja ilmanvaihtoon, ja niiden merkitykseen kiinteistössä. Työssä pohdittiin myös saneerausta tämän tarpeen ja merkityksen kannalta.</p> <p>Saneeraus toteutettiin projektinomaisesti, johon kuului suunnittelu-, toteutus- ja käyttöönotto vaihe. Suunnittelu vaiheessa järjestelmä suunniteltiin suunnitelmien mukaiseksi. Toteutusvaiheessa järjestelmä ohjelmoitiin, asennettiin ja kytkettiin kenttälaitteet sekä keskukset. Käyttöönotto vaiheessa jokainen automaatiopiste ja ohjelmalliset toiminnallisuudet testattiin toimiviksi. Perusteellisen järjestelmän testauksen jälkeen järjestelmä otettiin käyttöön ja luovutettiin asiakkaalle. Luovutuksessa asiakkaalle toimitettiin luovutusdokumentit kuten virityspöytäkirjat, kytkentäkaaviot, järjestelmäkaavio ja keskusten layout-kuvat.</p> <p>Saneerauksen kannalta tuli miettiä, kuinka automaatio järjestelmä rakennetaan kustannustehokkaasti ja järkevästi vanhoja kaapelointeja hyväksikäyttäen. Työn tuloksena syntyi hajautettu automaatio järjestelmä, johon kuului valvonta-alakeskus, kaksi moduulikeskusta sekä kenttälaitteet. Kenttälaitteet mitoitettiin suunnittelijan ja olemassa olevien ohjeistusten mukaisesti.</p> | |
| Avainsanat automaatio saneeraus, automaatio järjestelmä, rakennusautomaatio | |
| Julkinen | |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering | | | |
| Author(s) Jesse Miettinen | | | |
| Title of Thesis Automation renovation of Property | | | |
| Date | 31 December 2017 | Pages/Appendices | 33/3 |
| Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Senior lecturer and Mr. Jari Ijäs, Senior lecturer | | | |
| Client Organisation /Partners Fidelix Oy | | | |
| <p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to make a complete renovation of an automation system based on automation plans. The subject of the renovation was an old business estate called Kievarinkulma and the new automation system was to replace the old systems. The thesis was about getting familiar with different fields of automation, such as heat distribution and ventilation, and their purpose in the estate. It also means considering the need and purpose of automation renovation.</p> <p>The renovation was completed as a project which included phases of designing, building and commissioning the system. In the designing phase, the automation system was designed according to the plans. In the implementation phase, the system was programmed, and field equipment, AS (automation station) and module enclosures were installed and wired. In the commissioning phase all functionalities was tested. After the system had been tested thoroughly, the system was commissioned and turned over to the client. For the turn over all necessary documents, such as adjustment records, wiring diagrams, system schemes and layouts of the AS and module enclosures was made.</p> <p>When renovating it was important to think how an automation system is built efficiently and cleverly using old components such as cables. The outcome of the thesis was a decentralized automation system which contains an AS, two module enclosures and field equipment. The field equipment was dimensioned according to the designer's instructions and existing equipment specific instructions.</p> | | | |
| Keywords automation renovation, automation system, building automation | | | |
| Public | | | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | RAKENNUSAUTOMAATIO JA AUTOMAATIOSANEERAUS | 6 |
| 2.1 | Rakennusautomaatio..... | 6 |
| 2.1.1 | Automaatiojärjestelmän rakenne | 6 |
| 2.1.2 | Automaation merkitys kiinteistössä..... | 7 |
| 2.1.3 | Ilmanvaihto, lämmönjako ja erillispisteet | 7 |
| 2.2 | Automaatiosaneeraus ja tarpeen toteaminen | 7 |
| 2.3 | Automaatiosaneerauksen työvaiheet | 7 |
| 3 | JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU-, TOTEUTUS-, JA KÄYTTÖÖNOTTOVAIHEET | 8 |
| 3.1 | Suunnitteluvaihe | 8 |
| 3.2 | Toteutusvaihe..... | 10 |
| 3.2.1 | Ohjelmointi ja grafiikka..... | 10 |
| 3.2.2 | Toimilaitteiden asennus, kytkentä ja kaapelointi..... | 10 |
| 3.3 | Järjestelmän käyttöönotto | 11 |
| 3.3.1 | Järjestelmän testaus | 11 |
| 3.3.2 | Toimintakokeet, dokumentointi ja kohteen luovutus..... | 11 |
| 4 | KOHTEEN AUTOMAATIOSANEERAUS | 12 |
| 4.1 | Suunnitteluvaihe | 12 |
| 4.1.1 | Valvonta-alakeskus ja moduulikotelot | 12 |
| 4.1.2 | Automaatiojärjestelmän suunnitelmat..... | 16 |
| 4.2 | Toteutusvaihe..... | 16 |
| 4.2.1 | Ohjelmointi ja grafiikka..... | 16 |
| 4.2.2 | Ala- ja moduulikeskusten asennus ja kytkentä | 18 |
| 4.2.3 | Kaapelointi..... | 21 |
| 4.2.4 | Toimilaitteiden asennus ja kytkentä..... | 21 |
| 4.2.5 | Ilmanvaihdon toimilaitteet | 21 |
| 4.2.6 | Lämmönjaon toimilaitteet | 26 |
| 4.3 | Järjestelmän käyttöönotto | 28 |
| 4.3.1 | Laitteisto- ja toiminnallinen testaus | 28 |
| 4.3.2 | Dokumentointi | 30 |
| 5 | YHTEENVETO..... | 32 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 33 |
| LIITE 1: TK1 PERIAATEKUVA, 2-NOPEUSKÄYTTÖ PIIRIKAAVIO..... | 34 |
| LIITE 2: TK1 PERIAATEKUVA, TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTTÖ PIIRIKAAVIO..... | 35 |
| LIITE 3: P4 PERIAATEKUVA, LÄMMITYSPUMPPU PIIRIKAAVIO | 36 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Fidelix Oy:n toimeksiannon perusteella Leppävirran Kievarinkulman liiketilakiinteistön automaattiosaneerauksesta. Työn tarkoituksena oli perehtyä automaattiosaneeraukseen, sen tarkoitusperiin ja merkitykseen kiinteistössä sekä toteuttaa saneeraus käytännössä. Lisäksi työn tarkoituksena on luoda käsitys automaattiosaneerauksesta ja tämän työvaiheista.

Työn yhtenä tavoitteena on tutustua saneerauksen työvaiheisiin. Työssä tutustutaan automaatiojärjestelmän suunnittelu-, toteutus- ja käyttöönottovaiheisiin ja esitellään toimintatapoja näiden toteuttamiseksi. Työssä perehdytään myös automaatiojärjestelmän rakenteeseen, toimilaitteisiin ja toteuttamisen toimintatapoihin. Saneeraus toteutettiin rakennusautomaatiosuunnitelmien pohjalta.

2 RAKENNUSAUTOMAATIO JA AUTOMAATTIOSANEERAUS

2.1 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan kiinteistön eri osa-alueiden ohjaamista automaattisesti. Automaatio voi ohjata esimerkiksi lämmönjakoa, ilmanvaihtoa, valaistusta ja kiinteistön muuta laitteistoa ilman ulkopuolisen manuaalista käyttöä ja jatkuvaa valvomista. Automaatiojärjestelmä ilmoittaa automaattisesti vika- ja virhetilanteista ja säättää esimerkiksi kiinteistön lämmityksen tarvetta olosuhteiden mukaan.

2.1.1 Automaatiojärjestelmän rakenne

Fyysisesti automaatiojärjestelmä muodostuu automaatiolaitteista, toimilaitteista, ohjaimista ja tiedonsiirtolaitteista (Lähde 1: Suomen automaatioseura ry, 2007).

Automaatiojärjestelmä koostuu kolmesta päätasosta: Hallinto-, automaatio- ja kenttätasosta. Hallintotasoon kuuluvat paikallisvalvomot ja kauko/etävalvomot, automaatiotasoon alakeskukset I/O-moduuleineen ja kenttätaso antureineen ja toimilaitteineen. (Lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 93)

Hallintotaso toimii järjestelmän käyttäjärajapintana. Valvomoiden, graafisten käyttöpääätteiden ja etäyhteyksien avulla käyttäjä saa tietoja hälytyksistä, voi seurata prosessia ja tehdä muutoksia esimerkiksi asetusarvoihin ja aikaohjelmiin. (Lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 93)

Automaatiotaso koostuu alakeskuksista, jotka taas koostuvat joko kiinteästä I/O-pistemäärän sisältävästä kokonaisuudesta tai I/O-moduuleista. Alakeskus ohjaa I/O-pisteiden välityksellä prosesseja alakeskukseen ohjelmoiduilla ohjelmilla. (Lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 94)

Kenttätasoon kuuluvat anturit ja toimilaitteet. Antureiden tehtävänä on välittää tietoa prosessien tilasta, kuten lämpötiloista ja toimilaitteiden avulla prosessia ajetaan haluttuihin tavoitteisiin. Kenttä-

tasolla voi olla myös hajautettua I/O:a, joka tarkoittaa kentällä sijaitsevia alakeskuksen kanssa kommunikoivia I/O-moduuleita. (lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 95)

2.1.2 Automaation merkitys kiinteistössä

Automaation avulla tavoitellaan kiinteistön helppoa ylläpitoa ja energiatehokkuutta. Rakennusautomaatio valvoo kiinteistön eri osa-alueita ja hälyttää silloin, kun jokin osa-alue poikkeaa tavoitteestaan. Automaation avulla voidaan myös paikallistaa kiinteistön vioittunut laite tai laitteet, mikä helpottaa varsinkin huollon toimenpiteitä. Rakennusautomaation prosesseilla voidaan optimoida energiatehokkuus ja järjestelmän kirjaaman tiedon avulla voidaan kiinteistön toimintaa kehittää entisestään. (Lähde 3 ST-käsikirja 17, 2015, s. 51)

2.1.3 Ilmanvaihto, lämmönjako ja erillispisteet

Kiinteistön tärkeimmät osa-alueet ovat ilmanvaihto ja lämmönjako. Ilmanvaihdolla pyritään kiinteistön parempaan sisäilmaan. Ilmanvaihto toimii myös kiinteistön lämmittäjänä tai viilentäjänä olosuhteista riippuen. Lämmönjako tuottaa kiinteistön lämpimän veden käyttövedeen, lämmityspattereihin ja esimerkiksi lattialämmitykseen. Lämmönjaon automaatiassa oleellisinta on lämmitysverkoston säätö ulkolämpötilan mukaan. Tällöin lämmitystarve määräytyy riippuen siitä, miten kuuma tai kylmä ulkona on. Käyttöveden lämpötila pyritään pitämään vakiona.

2.2 Automaatiosaneeraus ja tarpeen toteaminen

Automaatiosaneerauksella tarkoitetaan jo olemassaolevan automaatiojärjestelmän uusimista joko osittain tai kokonaan. Saneerauksen laajuuteen vaikuttavat tilaajan tarpeet ja olemassaolevan järjestelmän kunto. (lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 183-184)

Automaatiosaneerausta voidaan ruveta harkitsemaan silloin, kun vanha järjestelmä toimii joko puutteellisesti tai ei ollenkaan tai kun halutaan tavoitella parempaa energiatehokkuutta ja mukavampia olosuhteita. Kohteeseen kannattaa suorittaa tarvekartoitus ja miettiä, miten saneerauksen toteuttaa. Kartoituksessa tulee kiinnittää huomiota nykyisten toimilaitteiden kuntoon, kiinteistössä lähiaikoina tapahtuviin muihin remontteihin ja näiden vaikutusta automaatiosaneeraukseen sekä välittömiin sähkö- ja LVI-korjaustarpeisiin. Lisäksi tulisi miettiä, usitaanko järjestelmä osittain vai kokonaan. (lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 184). LVIA-suunnittelija sopii tilaajan kanssa mitä toimintoja ja lisäyksiä järjestelmään tarvitaan.

Saneerauskohteeseen tutustuminen etukäteen on tarpeellista automaatiojärjestelmän suunnittelun kannalta.

2.3 Automaatiosaneerauksen työvaiheet

Automaatiosaneeraus projektina ei juurikaan poikkea rakennusautomaation osalta uudisrakentamisesta. Saneeraus toteutetaan yleensä jo olemassaolevaan rakennukseen tai tämän osaan ja laitteis-

toa uusitaan ja lisätään siinä missä on tarve. Automaatiosaneeraus kuitenkin sisältää samat työvaiheet kuin uudisrakentamisessakin.

3 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU-, TOTEUTUS-, JA KÄYTTÖÖNOTTOVAIHEET

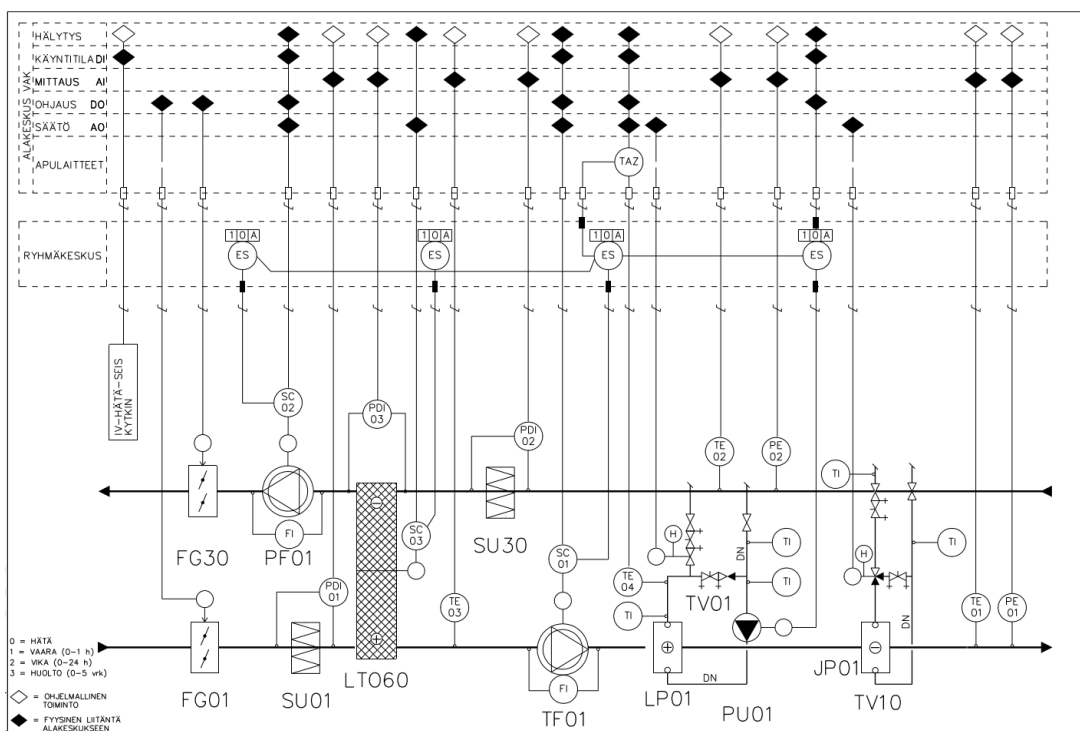
Automaatiojärjestelmään kuuluvat suunnittelu-, toteutus-, ja käyttöönottovaiheet. Automaatiosuunnitelmista selviää toimilaitteiden lukumäärä, mitä ominaisuuksia toimilaitteilta vaaditaan ja kuinka prosesseja säädetään ja ohjataan. Toteutusvaiheessa saneeraus toteutetaan käytännössä asennuksineen ja kytkentöineen. Käyttöönottovaiheessa järjestelmä testataan ja järjestelmä todetaan suunnitelmien mukaiseksi, jolloin se voidaan luovuttaa asiakkaalle.

3.1 Suunnitteluvaihe

Automaatiosuunnitelmien perusteella tiedetään mittaus-, indikointi-, hälytys-, ohjaus- ja säätöpisteiden määrä. Pisteiden avulla voidaan mitoittaa valvonta-alakeskusten koko. Alakeskukset tulee mitoittaa siten, että suunnitelmissa esiintyvät pisteet voidaan toteuttaa. Suunnitelmien avulla mitoitetaan myös toimilaitteet, kuten venttiilit, peltimoottorit ja taajuusmuuttajat. Esimerkiksi taajuusmuuttajat mitoitetaan ilmanvaihtokoneiden puhaltimien nimellisarvojen mukaan.

Suunnittelulla kartoitetaan automaation tarpeet; mitä automatisoidaan, miten automaatio toteutetaan ja mitä automaatiolla tavoitellaan. Automaatiosuunnitelmat laatii usein esimerkiksi LVIA-suunnittelija. Saneerauksen laajuus riippuu siitä, miten paljon kiinteistöä uudistetaan ja mitä jo olemassaolevia järjestelmiä halutaan säilyttää. Esimerkiksi kyseisen kiinteistön ilmanvaihtokoneet säilytettiin puhaltimiseen, jotka muutettiin taajuusmuuttajakäyttöisiksi, mutta osa toimilaitteista vaihdettiin. Lämmönjako uusittiin kokonaan lukuun ottamatta lattialämmitysverkostoa, johon uusittiin vain anturi ja venttiilimoottori.

LVIA-Suunnittelija laatii säätökaaviot, laiteluettelot, toimintaselostukset ja työselityksen. Säätökaavioista selviää toimilaitteiden sijainnit sekä näiden mittaus-, hälytys-, ohjaus-, säätö- ja indikointipisteet. Pisteet ovat joko fyysisiä (kytkettävä järjestelmään) tai ohjelmallisia (järjestelmään ohjelmoitu). Säätökaavioiden ja toimintaselostuksen perusteella järjestelmä myös ohjelmoidaan. Työselitys ilmoittaa tarkemmat järjestelmän vaatimukset.



Kuva 1: Otos säätökaaviosta (Ismo Heinonen 2015-11-20)

Mittauspisteet ilmaisevat mitattavan suureen halutusta järjestelmän osasta. Näitä suureita ovat esimerkiksi lämpötila, ilmavirta, kosteus ja paine. Järjestelmän mittauspisteiden perusteella järjestelmää ohjataan säätölaitteilla.

Säätöpisteiden avulla säädetään toimilaitetta, kuten venttiiliä tai taajuusmuuttajaa, jotta haluttu lopputulos saavutetaan. Lämmönjaossa tämä tarkoittaa esimerkiksi tavoitelämpötilan tai ilmanvaihdossa riittävän ilmamäärän saavuttamista.

Ohjauspisteet ovat yleensä tietyn toimilaitteen käynnin ohjaamista. Ohjauspisteillä ohjataan toimilaitte päälle tai pois päältä riippuen halutusta lopputuloksesta. Esimerkiksi vanhan järjestelmän puhaltimien täysi- ja puolinopeuden ohjaukset olivat toteutettu ohjausreileillä.

Käyntitilapisteet ilmoittavat ilmoittavat prosessin laitteen tilan. Tilatietojen avulla voidaan ohjelmoida esimerkiksi ohjelmallisia ristiriitahälytyksiä.

Hälytyspisteet ilmaisevat ne säätökaavion pisteet, mistä hälytystieto halutaan. Hälytystiedot ovat oleellisia tärkeimmistä järjestelmän osista, jotka voivat toimimattomuudellaan aiheuttaa vahinkoa.

Säätökaavion pisteet ilmenevät joko fyysisinä tai ohjelmallisina pisteinä. Fyysiset pisteet ovat järjestelmän toimilaitteita, joihin konkreettisesti ohjataan käskyjä tai joista saadaan tietoa. Ohjelmalliset pisteet luodaan ohjelmallisesti automaatiojärjestelmään, kuten esimerkiksi ristiriitahälytykset. Ristiriitahälytys hälyttää silloin, kun esimerkiksi ohjaus toimii ristiriidassa indikoinnin kanssa. Ohjelmallinen hälytys voi olla myös jonkin mittauspisteen hälytys, jossa mitattava suure poikkeaa halutusta asetusarvosta.

Toimintaselostus avaa selkokielellä säätökaavion sisällön. Toimintaselostuksessa käy ilmi, kuinka kyseisen automaation prosessin tulee toimia.

3.2 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheella tarkoitetaan automaatiojärjestelmän ohjelmistojen ja laitteiden toimittamista ja asentamista yhdeksi kokonaisuudeksi (Lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012).

3.2.1 Ohjelmointi ja grafiikka

Automaatiojärjestelmän ohjelmointi voidaan toteuttaa aikataulun puitteissa joko ennen varsinaista urakan aloitusta tai tämän aikana, kuitenkin ennen testausvaiheita, jolloin järjestelmän testaus helpottuu. Järjestelmän ohjelmointi koostuu toiminnallisuuksien ohjelmoinnista sekä grafiikan luomisesta. Lopputuloksen tulee olla toimiva, helppokäyttöinen, selkeä ja mahdollisimman havainnollistava kokonaisuus.

Kaikki järjestelmän ohjelmistot ja käyttöliittymät testataan jo ennen toteutusvaihetta ja tämä usein voidaan tehdäkin jo toimittajan tiloissa (lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012).

3.2.2 Toimilaitteiden asennus, kytkentä ja kaapelointi

Saneerattavat järjestelmän osat saneerataan suunnitelmien mukaisesti ja standardeja noudattaen. Asennukset toteutetaan olemassaolevien säännösten mukaisesti. Koska kyseessä on saneeraus, on suositeltavaa käyttää hyväksi jo olemassaolevia asennuksia, kuten kaapelointia ja johtoreittejä, hyväksi. Tällöin voidaan säästää kustannuksissa. Laitteiden tulee olla helposti huollettavissa ja tarvittaessa vaihdettavissa. (lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 206)

Tässä vaiheessa suoritetaan myös automaatiojärjestelmän ohjelmointi. VAK ohjelmoidaan automaatio-suunnitelmien mukaisesti siten, että kaikki prosessit ja toiminnot vastaavat suunniteltuja. Lopputuloksena syntyy suunnitelmien mukainen käyttöympäristöön asennettu, ohjattaviin laitteisiin liitetty ja kenttälaitteet sisältävä automaatiojärjestelmä (lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012).

Halutun lopputuloksen saavuttamiseksi toimilaitteet tulee mitoittaa ja valita oikein. Esimerkiksi venttiilimoottoreissa ja peltimoottoreissa tulee huomioida moottorien ajoaika, taajuusmuuttajissa moottorien teho ja antureissa mitta-alueet. Lisäksi toimilaitteiden asennus esimerkiksi ulkotiloihin tulee huomioida.

Kaapelointiin tulee suunnitella toimilaitteille soveltuvat kaapelit. Suunnittelussa on huomioitava vaatimukset, kuten käytettävät johdinmäärät, paksuus, matkan pituus ja häiriösuojaus.

3.3 Järjestelmän käyttöönotto

Toteuttamisvaihetta seuraa käyttöönotto. Käyttöönottovaiheessa todetaan toimilaitteiden ja pisteiden toimivuus, mittauspisteiden oikeellisuus, järjestelmän kommunikointi ja prosessien säätövyvyys. Käyttöönottoon kuuluvat toimintakokeet, joilla varmistetaan, että järjestelmä noudattaa suunnitelmia.

3.3.1 Järjestelmän testaus

Laitteistotestaus on laitteiden ja ohjelmiston alustavaa tarkastusta, jolloin automatisoitu järjestelmä on todettu mekaanisesti ja sähköisesti ohjeiden mukaiseksi. (Lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012). Tällöin testataan mittausten, säätöviestien ja ohjausten toimivuudet automaatiojärjestelmän, verkon ja kenttälaitteiden välillä. Mitattavat suureet täytyvät vastata todellisuutta ja vertailun helpottamiseksi voidaan käyttää analogisia mittareita. Testauksessa suoritetaan myös anturikalibrointi anturitulukoilla, joiden luominen tapahtuu anturin- tai lähettimen valmistajan teknisten tietojen perusteella. Testauksen aikana myös venttiilimoottoreiden toimintasuunta ja puhaltimien pyörimissuunta on syytä tarkistaa.

Tyyppiipiiritestauksessa testataan tulot ja näitä vastaavat lähdöt. Piiritestauksessa käydään silmämääräisesti kaikki piirit läpi näytöltä ja todetaan prosessikaavion pitävän paikkansa. Testauksessa testataan myös lukitukset, suojaukset ja hälytykset. (Lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012).

Toiminnallisella testauksella varmistetaan kiinteistöön asennettujen järjestelmien, ohjelmistojen ja laitteiden toimivuus kokonaisuutena. Tällöin toimittaja varmistaa automaatiojärjestelmän toimivuuden kokonaisuuden toiminnallisen kuvauksen mukaisesti. (Lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012).

3.3.2 Toimintakokeet, dokumentointi ja kohteen luovutus

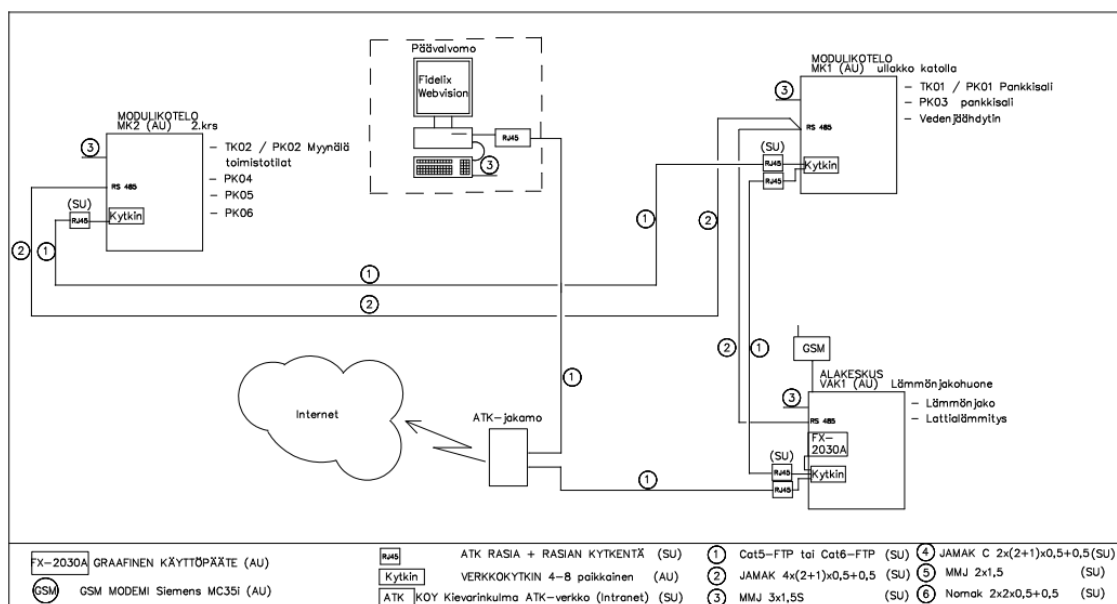
Toimintakokeilla osoitetaan, että järjestelmä ja laitteet toimivat suunnitellusti. Toimintakokeet suoritetaan yleensä suunnittelijan valvomana ja hyväksytyjen toimintakokeiden tuloksena järjestelmä on todettu suunnitelmia vastaavaksi ja se voidaan luovuttaa asiakkaalle. (Lähde 2: Suomen automaatioseura ry, 2012). Järjestelmä dokumentoidaan vastaamaan järjestelmän rakennetta, kytkentöjä ja käyttöohjeita. Tämän jälkeen voidaan asiakkaalle tai tätä edustavalle huoltoyksikölle pitää laitteiston käytönopastus. Käytönopastuksen tarkoituksena on opastaa huoltoyksikköä automaatiojärjestelmän käyttöön ja prosessien toimintaan.

4 KOHTEEN AUTOMAATIOSANEERAUS

Kohteen automaatiiosaneerauksen vaiheet noudattivat edellä mainittuja suunnittelu-, toteutus- ja käyttöönottovaiheita.

4.1 Suunnitteluvaihe

Kohteen tärkeimmät oleellimmat tilat olivat kaksi ilmanvaihtokonehuonetta ja yksi lämmönjako-huone. Järjestelmä suunniteltiin hajautetuksi järjestelmäksi. Varsinainen valvonta-alakeskus (VAK1) sijaitsee lämmönjakohuoneessa ja järjestelmää laajennettiin kahdella moduulikeskuksella (MK1, MK2), jotka sijaitsevat IV-konehuoneissa. Moduulikotelot ja valvonta-alakeskus keskustelevat keskenään modbus-väylällä.



Kuva 2: Otos järjestelmäkaaviosta

Koska kyseessä oli saneerauskohte ja tilat sijaitsivat eri puolilla rakennusta, helpottivat moduulikeskusten lisääminen kaapelointia ja pienensivät näin ollen kustannuksia.

Järjestelmä suunniteltiin käytettäväksi paikallisesti käyttöpaneelilta ja mahdollistettiin etäkäyttöä suojatun verkon yli.

4.1.1 Valvonta-alakeskus ja moduulikotelot

Valvonta-alakeskuksen ja moduulikoteloiden koko määräytyy pääsääntöisesti automaatiopisteiden perusteella. Mitä enemmän pisteitä kohteessa on, sitä useampi moduuli keskuksiin tulee. Keskusten mitoittamisessa tulee myös huomioida myös muut vaadittavat komponentit, kuten muuntajat, pääkytkimet, riviliittimet ja sulakkeet. Järjestelmän keskusyksikkö ja käyttöpaneeli sijaitsevat alakeskuksen ovela.

Automaatiopisteiden lukumäärä laskettiin säätökaavioista (KUVA 2). Säätökaavioiden fyysisten pisteiden avulla tiedettiin pisteiden kokonaislukumäärä, joiden avulla keskusset mitoitettiin. Riippuen kentällä sijaitsevasta laitteesta, otettiin käyttöön joko yksi tai useampi automaatiopiste. Esimerkiksi lämpötilamittaus vaati vain yhden AI-pisteen, kun taajuusmuuttajaa varten tarvittiin kaksi DI-pistettä (indikointi, hälytys), yksi DO-piste (ohjaus) ja yksi AI-piste (säätö).

VAK1 palvelee pääasiassa lämmönjakohuoneen toimilaitteita. Toimilaitteet laskettiin LVIA-suunnitelmien perusteella, jolloin alakeskukseen tuli liitettäväksi

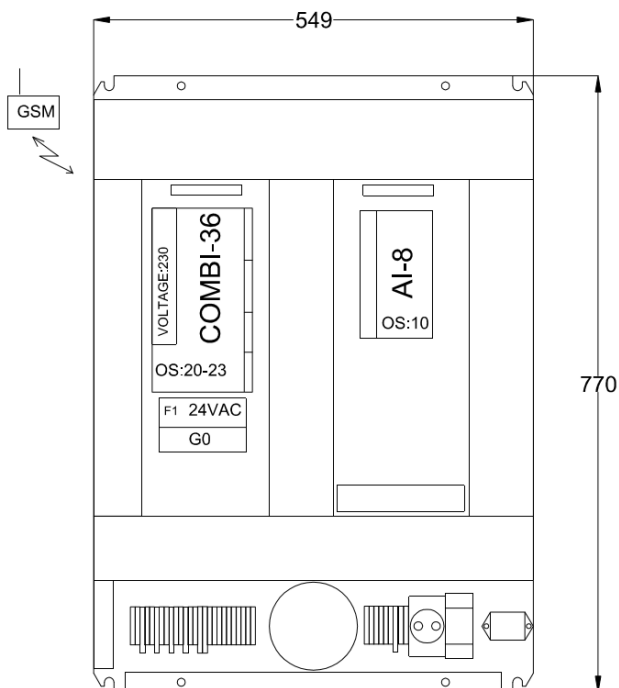
- 6 lämpötilalähetintä
- 2 painelähetintä
- 5 venttiilimoottoria
- 3 pumppua
- 1 ulkovaloisuuslähetin
- 1 energiamittari
- 1 vesimittari

Säätökaavioiden perusteella laskettiin kuinka monta kutakin (DI, DO, AI, AO) pistettä suunnitelmissa esiintyy. Pisteiden lukumäärän perusteella voitiin valita sopivat moduulit ja niiden lukumäärä.

Säätökaavioiden perusteella VAK1 liitettävien pisteiden lukumäärät olivat seuraavat

- 4 DI-pistettä
- 2 DO-pistettä
- 12 AI-pistettä
- 5 AO-pistettä

Laskelmien perusteella valittiin Fidelixin Combi-36 ja AI-8 moduulit, jotka täyttävät vaatimukset pisteiden määrien suhteen. Combi-36 moduuli koostuu 12 DI-, 8 DO-, 8 AI- ja 8 AO-pisteestä. AI-8 moduulissa analogiasisääntuloja on nimensä mukaisesti kahdeksan. Lisäksi alakeskukseen suunniteltiin 24 VAC muuntaja ja sulakkeet toimilaitteille, 24 VDC teholähde moduleille, riviliittimet ja pääkytkin sähkönsyötölle sekä keskusyksikkö näyttöineen. Teholähde sijoitettiin keskuksen koon vuoksi AI-moduulin alapuolelle, mutta tätä ei koettu lämpenemisen kannalta ongelmalliseksi moduulin etäisyyden ja suhteellisen vähäisen teholähteen lämpenemisen vuoksi.



Kuva 3: VAK1 layout-kuva

MK1 palvelee pääosin ensimmäisen IV-konehuoneen toimilaitteita ja vastaa TK01/PK01 ilmanvaihtokoneen toiminnasta. Suunnitelmien mukaan modulikeskukseen tuli liitettäväksi:

- 4 lämpötila-anturia
- 6 peltimoottoria
- 5 painelähetintä
- 3 taajuusmuuttajaa
- 2 säätöventtiiliä
- 1 jäähdytyskone
- 1 lisäaikakytkin
- 3 erillispistettä

Moduulikoteloon vaadittavien pisteiden määrät olivat tällöin

- 12 DI-pistettä
- 8 DO-pistettä
- 9 AI-pistettä
- 11 AO-pistettä

MK1 koostui tällöin kahdesta Combi-36 moduulista, 24 VAC muuntajasta ja 24 VDC teholahteesta, riviliittimistä, pääkytkimestä sekä sulakkeista. Moduulikoteloon tuli myös suunnitella ilmanvaihtokoneen jäätymissuoja. Koska moduulikotelo on yhteydessä alakeskukseen Modbus-väylän kautta, ei erillistä keskusyksikköä tarvittu.

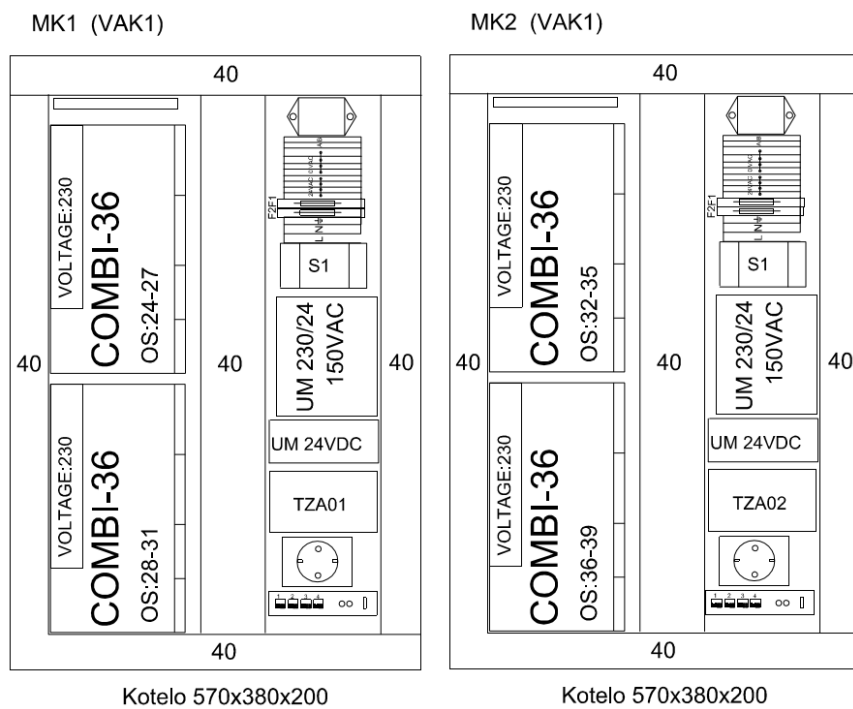
MK2 palvelee toisen IV-konehuoneen toimilaitteita ja vastaa TK02/PK02 ilmanvaihtokoneen toiminnasta. Moduulikeskukseen tuli liitettäväksi:

- 4 lämpötila-anturia
- 2 peltimoottoria
- 5 painelähetintä
- 3 taajuusmuuttajaa
- 2 moottoriventtiiliä
- 1 jäähdytyskone
- 1 lisäaikakytkin
- 6 erillispistettä

MK2:een vaadittiin tällöin seuraavat pisteet:

- 13 DI-pistettä
- 8 DO-pistettä
- 9 AI-pistettä
- 7 AO-pistettä

Pisteiden yhteneväisyyden MK1:n kanssa moduulikoteloista suunniteltiin samanlaiset.



Kuva 4: MK1 ja MK2

4.1.2 Automaatiojärjestelmän suunnitelmat

Automaatiojärjestelmän suunnitelma tuli hyväksyttävä urakan suunnittelijalla ja valvojalla sen toteuttamiseksi. Suunnitelmasta laadittiin järjestelmäkaavio, keskuksista kytkentäkaaviot sekä laite- ja veto- ja venttiililuettelot.

Järjestelmäkaavio kuvaa järjestelmää kokonaisuutena. Kaaviosta selviää esimerkiksi etäyhteyksimahdollisuus, järjestelmän rakenne (VAK, MK1 ja MK2) ja näiden liitettävyydet.

Keskuksien ja moduulikoteloitten kytkentäkuvien avulla keskuksia kytketään. Kytkentäkuvista selviää, mihin mikäänkin piste moduleihin kytketään.

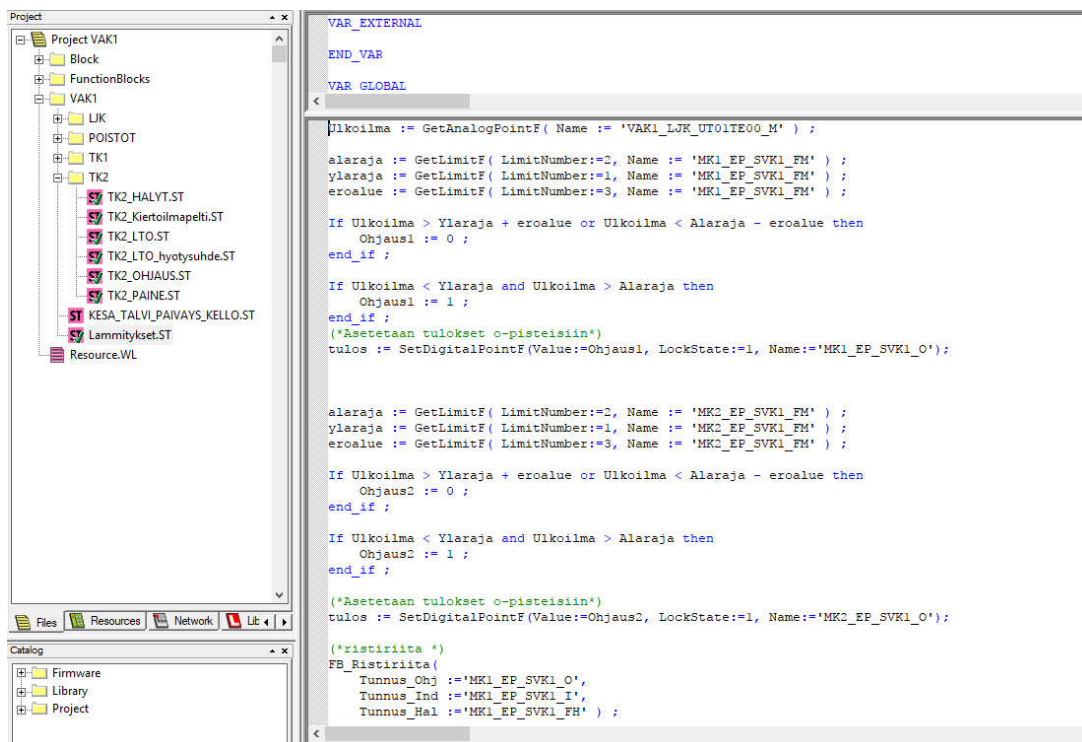
Laite- ja vetoluetteloista selviää toimilaitteiden mallit ja valmistajat sekä näille kaapeloitavien kaapelien kaapelityypit. Venttiililuettelo kertoo venttiilien ja venttiilimoottoreiden mallit.

4.2 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa suunnitelma toteutettiin. Toteutus aloitettiin automaatiojärjestelmän ohjelmoinnilla ja tämän alustavalla testaamisella. Tämän jälkeen toimilaitteet asennettiin, kaapeloitiin ja kytkettiin. Asennuksissa tuli huomioida olosuhteet; esimerkiksi suureiden mittauspaikat tuli valita niin, että mittaukset eivät olosuhteiden vuoksi häiriintyneet. Tällaisia mittauksia olivat mm. lämpötilamittaukset. Kaapeloinnissa ja asennuksissa tuli noudattaa yleisiä stantardeja. Lisäksi toimilaitteiden ja antureiden asentamisessa oli noudatettava laitevalmistajien asennus- ja kytkentäohjeita.

4.2.1 Ohjelmointi ja grafiikka

Alakeskus ohjelmoitiin openPCS- ohjelmistolla. Ohjelmointi tapahtui IEC 61131-3 standardin strukturoitu teksti (Structured Text, ST)- ohjelmointikielellä, joka perustuu Ada, Pascal ja C- ohjelmointikieliin (Lähde 5: PLCopen. IEC 61131-3: A standard programming resource). Ohjelmoinnissa käytettiin myös IEC 61131-3 standardin toimilohkoja (Function Block, FB), jotka sisälsivät jonkin toimintoon liittyvän ohjelman ja johon viitattiin koodissa.



Kuva 5: Alakeskuksen ohjelmointi

Ohjelmoinnissa luetaan pistetunnusten arvot ja arvojen perusteella kirjoitetaan toiminto. Toimintojen koodit sijaitsevat omissa tiedostoissaan (kuvassa oikealla). Ohjelmoinnin selkeyttämiseksi kannattaa tiedostorakenteen olla selkeä ja osa-alueet jaettu omiin kokonaisuuksiinsa (kuvassa vasemmalla). Tämä helpottaa esimerkiksi mahdollisten ohjelmointivirheiden paikantamisessa.

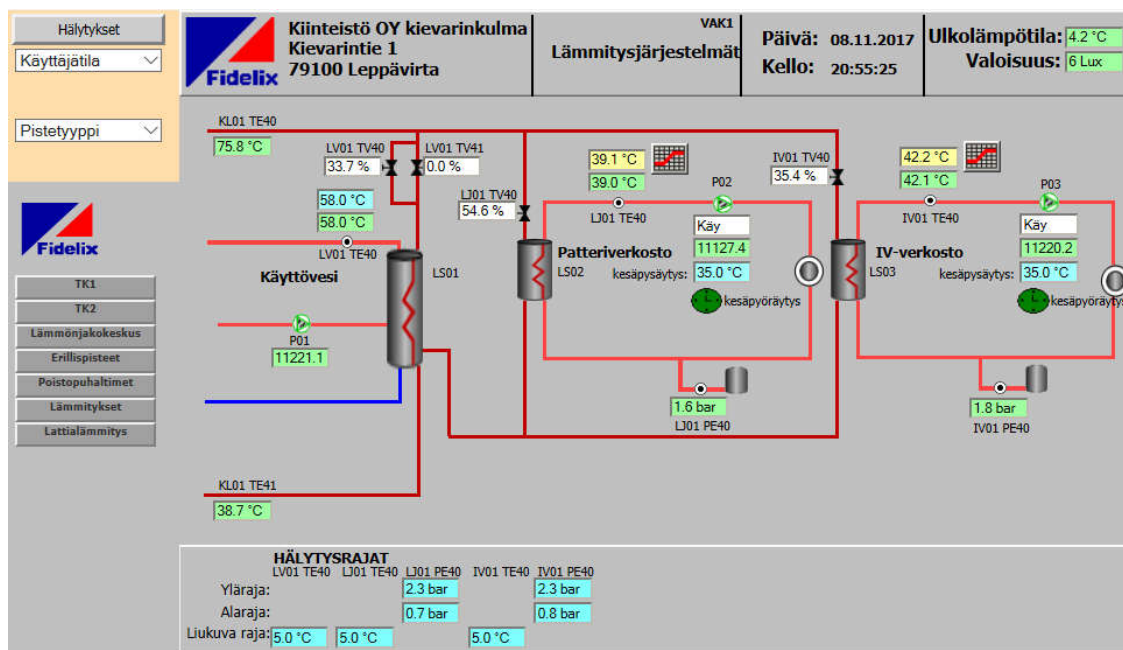
Kohteessa ohjelmointi toteutettiin ennen varsinaista saneerausta. Ohjelmoinnin yhteydessä simuloitiin toiminnallisuudet ja tilanteet mahdollisimman hyvin, jotta järjestelmä toimisi käyttöönotossa. Mahdolliset puutteet voitiin tällöin myös korjata.

Lämmönjaossa tärkeimpänä voidaan pitää verkostojen tarkkaa säätöä. Säätö tapahtuu PI-säädöllä, jolloin suhdealuetta ja integrointiainoa muuttamalla säätö voidaan tehdä tarkasti. Suhdealuetta pienentämällä ja integrointiainoa lyhentämällä säädön reagointinopeutta saadaan kasvatettua. Tällöin myös värähtelyherkkyys kasvaa, mutta suhdealuetta kasvattamalla värähtelyherkkyys pienenee. (lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 58-59). Säätö pyritään saamaan mahdollisimman huojumattomaksi, mikä tarkoittaa, että säätö pysyy mahdollisimman tarkasti halutussa asetusarvossa.

Ilmanvaihdossa on tärkeää säädön lisäksi lukitukset. Jäätymissuojan tulee toimia oikein; tämä tarkoittaa ilmanvaihtokoneen sammuttamista patteriverkoston paluueden saavuttaessa liian matalan lämpötilan. Tällöin ilmanvaihtokoneen puhaltimet pysäytetään, raitis- ja poistoilmapellit suljetaan ja lämmitysventtiili avataan täysin auki. Tämä estää lämmityspatterin jäätyksen. Lisäksi IV-hätäseis painikkeen painamisen tulee pysäyttää kaikki ilmanvaihtokoneet.

Lisäksi ohjelmoinnin aikana luodaan muunnostaulukot antureille ja lähettimille, aikaohjelmat esimerkiksi erillispoisteille ja hälytysrajat- ja viiveet hälytyksille.

Alakeskuksen grafiikka on HTML- pohjainen, Fidelixin FdxHTMLEdit:lla luotu käyttöliittymä. Grafiikan luominen tapahtuu symboleilla, tekstillä, painikkeilla ja laatikoilla, johon esimerkiksi mittausarvot sijoitetaan.



Kuva 6. Grafiikkakuva

Käyttöliittymän tulee olla mahdollisimman helppokäyttöinen ja selkeä. Grafiikkaan luodaan hakemisto (kuvassa vasemmalla), jota kautta käyttäjä pääsee selaamaan eri osa-alueiden välillä. Hakemiston avulla päästään laajempaan näkymään, johon on luotu ohjattava järjestelmä (kuvassa oikealla).

Grafiikkaan tulee tuoda positiot tekstein selkeästi mittausten yhteyteen. Mittaukset, asetusarvot ja säätöpisteet on luotu eri värisille pohjille kuvan selkeyttämiseksi. Käyttöliittymä luodaan useimmiten suunnitelmien piirustuksia vastaaviksi ohjelmoinnin yhteydessä.

4.2.2 Ala- ja moduulikeskusten asennus ja kytkentä

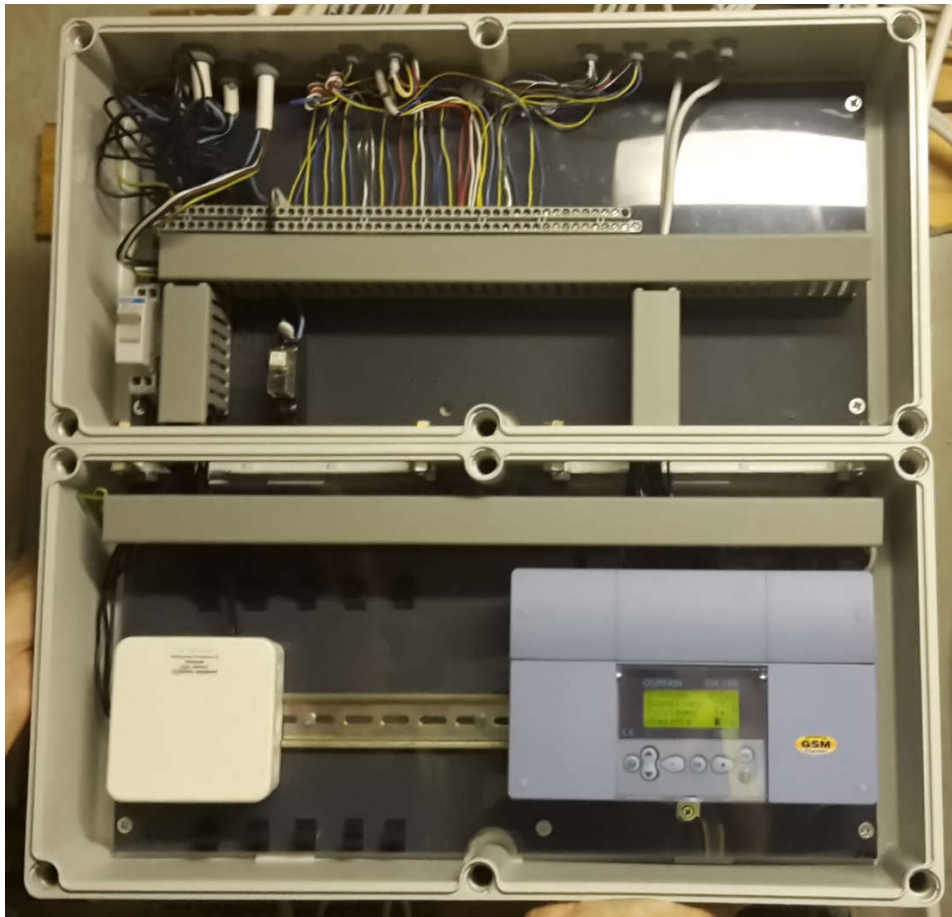
Moduulikeskukset kommunikoivat alakeskuksen kanssa Modbus-väylällä. Koska väylän sijoittamisella moduulikeskuksiin nähden ei ollut väliä, voitiin pitkien kaapelointimatkojen välttämiseksi kaapeloida väylä alakeskukselta moduulikotelo 2:lle ja siitä moduulikotelo 1:lle. Keskukset tulivat tuotannosta valmiiksi kytkettyinä ja varusteltuina.

Alakeskus asennettiin Lämmönjakohuoneeseen vapaalle seinustalle, kuitenkin lähelle lämmönjakomoa kaapelointimatkojen lyhentämiseksi ja siten, että päätteellä on helppo operoida ja keskusta huoltaa tarvittaessa.



Kuva 7: VAK1 asennettuna ja kytkettynä (Jesse Miettinen 2016-9-8)

Moduulikotelot asennettiin vanhojen ohjauskeskusten tilalle iv-konehuoneisiin. Vanhat keskukset purettiin, mutta kaapeloinnit jätettiin hyödynnettäviksi. Koska konehuoneen seinät oli eristetty äänenvaimennuslevyillä, tuli moduulikotelon kohdalta seinä vahvistaa. Saneerauksessa vanhojen kaapeleiden merkkauksien merkitys korostui; vaikka kaapeleita oli verrattain vähän, säästi oikeat ja selkeät merkkaukset aikaa kaapelien selvityksessä. Kaapelin merkitään kyseisen toimilaitteen tai keskuksen positio.



Kuva 8. Vanha säätölaitekeskus (Jesse Miettinen 2016-6-29)



Kuva 9. Uusi moduulikotelo (Jesse Miettinen 2016-6-29)

Kaapeloinnit tuotiin keskuksiin kaapeleille tarkoitettujen läpivientien kautta ja kuorittiin kouruun niin, että merkkaukselle jäi tilaa.

4.2.3 Kaapelointi

Asennuksissa pyrittiin käyttämään vanhoja kaapelointeja hyväksi siellä missä se oli mahdollista. Kaapeleiden johdin- tai johdinparien määrä riippui siitä, mitä toimilaitteelta haluttiin ja tarvitseeko toimilaitte erillistä käyttöjännitettä. Vanha kaapelointi oli hyvässä kunnossa ja paikoin ongelmaksi koitui ainoastaan johtimien lukumäärän riittämättömyys.

Suurin osa toimilaitteiden kaapeloinnista suunniteltiin KLMA:lla. KLMA on häiriösuojattua instrumentointikaapelia jota on saatavana mm. 2- ja 4-johtimisena. Esimerkiksi anturit, lähettimet, venttiilit ja peltimoottorit voitiin kaapeloida KLMA:lla.

Taajuusmuuttajiin automaatiokaapelointi tuli suunnitella häiriösuojatulla moniparisella instrumentointikaapelilla. Kaapeloinnin suunnittelussa otettiin huomioon taajuusmuuttajiin suunnitellut pisteet; Indikoinnit, hälytykset, ohjaukset ja säädöt. Tällöin päädyttiin 4-pariseen instrumentointikaapeliin.

Ala- ja moduulikeskusten syötöt suunniteltiin asennuskaapelilla. Koska useimmat ohjauspisteet sijaitsivat ryhmäkeskuksissa, voitiin erillispisteiden ohjaukset toteuttaa monijohtimisella ohjauskaapelilla, kuten MMO:lla. Erillispisteiden indikointipisteet suunniteltiin instrumentointikaapeloinnilla, NOMAK:lla, koska tätä on saatavilla moniparisena, jolloin samasta ryhmäkeskuksesta tarvittavat tilatiedot voitiin toteuttaa yhdellä kaapelilla.

4.2.4 Toimilaitteiden asennus ja kytkentä

Lämpötila-antureita asennettiin kanaviin, tiloihin sekä putkiin. Kanavaan asennettava lämpötila-anturin puikko asennettiin ilmanvaihtokanavaan porattuun reikään ja tiloihin asennettavat anturit seinään. Vesiputkiin asennettavat anturit asennettiin taskuihin. Ulkolämpötila-anturi sijoitettiin vanhan rikkoutuneen paikalle, kiinteistön pohjoisseinälle, jonne aurinko pääsee paistamaan mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan. Auringon tuottama lämpö vääristää tällöin todellista ulkolämpötilan mittauservoa. Mittaukset olisi voitu toteuttaa myös väylään liitettävillä kenttälaitteilla, mutta se olisi vaatinut väyläsovittimia ja lisännyt kustannuksia.

4.2.5 Ilmanvaihdon toimilaitteet

Kohteen ilmanvaihdon oleellisimpia toimilaitteita ovat paine-, lämpötila-, kosteus- ja hiilidioksidilähettimet ja anturit, peltimoottorit sekä taajuusmuuttajat. Saneerauksessa ei kuitenkaan kosteus- ja hiilidioksidilähettämiä ollut.



Kuva 10: Ilmanvaihtokone saneerausvaiheessa (Jesse Miettinen 2016-9-8)

Lähettimejä ja antureita on saatavilla sekä näytöllisinä että näytöttöminä, näytöllisen etuna ollessa paikallisuennan mahdollisuus. Lisäksi Lähettimejä on saatavilla eri mittausalueilla ja niitä valmistetaan käytettäväksi eri kohteisiin, kuten ilmanvaihtokanaviin, putkiin tai tiloihin.

Saneerattaviin ilmanvaihtokoneisiin lisättiin lämpötila-antureita, mutta vanhoja ei korvattu uusilla. Lämpötilojen mittauksessa voidaan käyttää joko anturia tai lähetintä. Käytetyimpiä antureita ovat mm. pt100-, pt1000-, ntc10k ja Ni1000-anturit. Lämpötilan mittaus perustuu mittauselementin resistanssin mittaukseen; lämpötilan muuttuessa vastusarvo muuttuu. (Lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 115). Lämpötila-anturit kytkettiin suoraan I/O-moduuleihin. Lämpötilalähetin lähettää arvon joko jännite- tai virtaviestillä ja usein lämpötilalähetintä nähdään yhdistelmälähetimissä, joista saadaan lämpötilan lisäksi esimerkiksi hiilidioksidi- tai kosteuspitoisuudet.

Ennen saneerausta ilmanvaihtokoneissa mitattiin tulo- ja poistoilmakanavan lämpötilaa sekä lämmityspatterin paluuv veden lämpötilaa. Ilmanvaihtokoneisiin lisättiin lämpötilanmittaus lämmöntalteenoton jälkeen, jonka perusteella voidaan laskea LTO:n hyötysuhde. Lisäksi alueelle, johon ilmanvaihtokone TK01 vaikuttaa, lisättiin tilan lämpötilanmittaus.

Vanhoilla painemittareilla mitattiin tulo- ja poistoilmasuodattimien paine-eroja. Koneiden mekaaniset painemittaukset vaihdettiin näytöllisiin painelähettimiin. Lisäksi järjestelmään lisättiin tulo- ja poistokanavien painemittaukset. Uusien painelähettimien etuna on reaaliaikainen painemittaus järjestelmään, jonka avulla kanavapainesäätö toteutetaan. Painemittareiden mittausalueeksi valittiin 2500 pascalia, mikä on riittävä kyseiseen ilmanvaihtoon liittyvien paineiden mittaukseen.

Peltimoottoreita on saatavilla 24 VAC/VDC ja 230 VAC jännitteille. Vanhat 230 VAC moottorit vaihdettiin 24 VAC säädettäviin peltimoottoreihin, mikä mahdollistaa peltien säätämisen 0-10 VDC jännitealueella. Peltimoottorien tehtävänä on avata ja sulkea pellit koneen käyntitilasta riippuen. Moottorit mitoitetaan peltien koon perusteella ja moottorit valitaan vääntömomentin perusteella (Nm).

Ilmanvaihdoissa ilmaa siirretään puhaltimilla. Kohteen vanhat puhaltimet toimivat kaksinoopeusperiaatteella eikä puhaltimien portaaton säätö ollut mahdollista. Kohteen Ilmanvaihtokoneessa puhaltimia on kaksi; tulo- ja poistoilmapuhallin. Tarkan säädön toteuttamiseksi jokaiselle puhaltimelle mitoitettiin taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajaa valittaessa tulee huomioida puhallinmoottorin kilpiarvoista nimellisteho (PN), nimellisvirta (IN), nimellisjännite (UN) ja nimellistaajuus (Hz). Moottorien kilpiarvot ja taajuusmuuttajavalinnat olivat seuraavat:

| Puhallinmoottoreiden kilpiarvot | | | | | | |
|---------------------------------|-------|--------|--------|-----------|-------|-------|
| | U (V) | f (Hz) | P (kW) | n (r/min) | I (A) | cos φ |
| TK01 TF01 | 380 | 50 | 5,5 | 1445 | 11,5 | 0,87 |
| TK01 PF01 | 380 | 50 | 4 | 1445 | 9 | 0,85 |
| TK02 TF01 | 380 | 50 | 3 | 1435 | 6,8 | 0,86 |
| TK02 PF01 | 380 | 50 | 3 | 1435 | 6,8 | 0,86 |

Taulukko 11: Puhallinmoottoreiden kilpiarvot

Moottoreiden kilpiarvojen perusteella valittiin Danfossin VLT HVAC Drive FC 102 taajuusmuuttajasarjasta

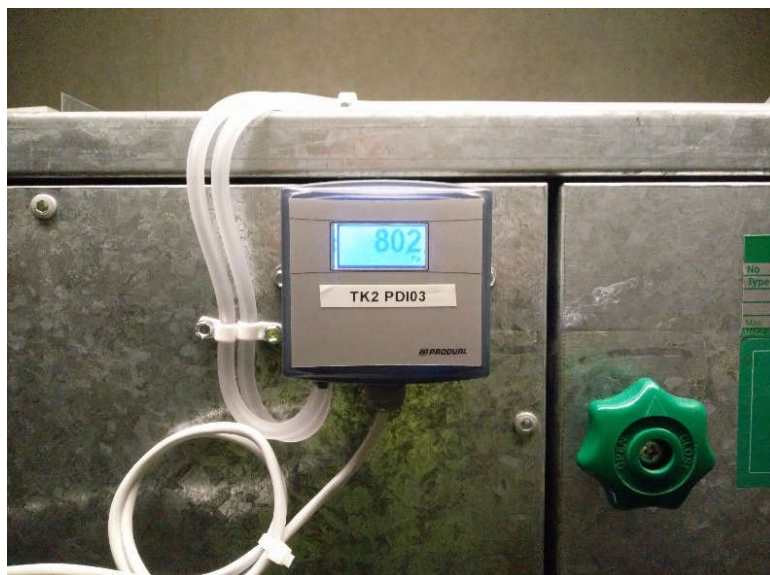
- 5,5 kW taajuusmuuttajat TK01 tulo- ja poistopuhaltimille
- 4 kW taajuusmuuttajat TK02 tulo- ja poistopuhaltimille

| Enclosure | IP20 (IP21*)/Chassis (Type 1) IP55, IP66 /Type 4X | A2 | | | | | A3 | | |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | A4 + A5 | | | | | A5 | | |
| | | P1K1 | P1K5 | P2K2 | P3K0 | P4K0 | P5K5 | P7K5 | |
| Typical shaft output | [kW] | 1.1 | 1.5 | 2.2 | 3 | 4 | 5.5 | 7.5 | |
| Typical shaft output at 460 V | [HP] | 1.5 | 2.0 | 2.9 | 4.0 | 5.0 | 7.5 | 10 | |
| Output current | | | | | | | | | |
| Continuous (3 x 380 – 440 V) | [A] | 3 | 4.1 | 5.6 | 7.2 | 10 | 13 | 16 | |
| Intermittent (3 x 380 – 440 V) | [A] | 3.3 | 4.5 | 6.2 | 7.9 | 11 | 14.3 | 17.6 | |
| Continuous (3 x 441 – 480 V) | [A] | 2.7 | 3.4 | 4.8 | 6.3 | 8.2 | 11 | 14.5 | |
| Intermittent (3 x 441 – 480 V) | [A] | 3.0 | 3.7 | 5.3 | 6.9 | 9.0 | 12.1 | 15.4 | |
| Output power | | | | | | | | | |
| Continuous (400 V AC) | [kVA] | 2.1 | 2.8 | 3.9 | 5.0 | 6.9 | 9.0 | 11.0 | |
| Continuous (460 V AC) | [kVA] | 2.4 | 2.7 | 3.8 | 5.0 | 6.5 | 8.8 | 11.6 | |
| Rated input current | | | | | | | | | |
| Continuous (3 x 380 – 440 V) | [A] | 2.7 | 3.7 | 5.0 | 6.5 | 9.0 | 11.7 | 14.4 | |
| Intermittent (3 x 380 – 440 V) | [A] | 3.0 | 4.1 | 5.5 | 7.2 | 9.9 | 12.9 | 15.8 | |
| Continuous (3 x 441 – 480 V) | [A] | 2.7 | 3.1 | 4.3 | 5.7 | 7.4 | 9.9 | 13.0 | |
| Intermittent (3 x 441 – 480 V) | [A] | 3.0 | 3.4 | 4.7 | 6.3 | 8.1 | 10.9 | 14.3 | |
| Estimated power loss at rated max. load | [W] | 58 | 62 | 88 | 116 | 124 | 187 | 255 | |
| Efficiency | | 0.96 | | 0.97 | | | | | |
| Max. cable size (Mains, motor, brake) | [mm ²] [AWG] | 4 (12) | | | | | | | |
| Max. pre-fuses | [A] | 10 | | 20 | | 32 | | | |
| Weight | | | | | | | | | |
| IP20 | [kg] | 4.8 | | 4.9 | | | 6.6 | | |
| IP55, IP66 | [kg] | 9.7 (A4)/13.5 (A2 + A5) | | | | | 14.2 | | |

Kuva 12: Danfoss FC 102 taajuusmuuttajia (Danfoss)

Koska taajuusmuuttajat sijaitsevat normaaliolosuhteissa, ei taajuusmuuttajia tarvittu ylitymää.

Painelähetimet vaativat lähettimien lisäksi paineyhteet. Paineyhde kiinnitettiin kanavaan ja letkutettiin toimilaitteelle. Letkuttamisessa oli kiinnitettävä huomiota siihen, mitataanko yli- vai alipainetta. Koska painelähetin on todellisuudessa paine-erolähetin, on letkutuksessa huomioitava mihin yhde liitetään lähettimen päässä, tai mittaustulos on virheellinen (negatiivinen). Paineen mittauspisteet on asennettava siten, että pyörteitä ei esiinny (suoralle kanavan osalle) jotta saadaan tarkka mittaustulos. Tuloilmakanavassa paine puhaltimen jälkeen on positiivinen (ylipaine) ja poistoilmakanavassa ennen puhallinta negatiivinen (alipaine). Lähettimet vaativat käyttöjännitteen. Kytettäessä tarvittiin siis kolme johdinta; syöttö (24VAC), nolla (G0) ja jänniteviesti (Y).



Kuva 13: Painelähetin asennettuna ja letkutettuna (Jesse Miettinen 2016-9-8)

Peltimoottorit asennettiin vanhojen tilalle peltejä ohjaaville akseleille. Asennuksessa tuli huomioida pellin oikea asento moottorin asentoon nähden, jolloin moottori vääntää peltiä oikeaan suuntaan. Väärin asennettuna moottori ei avaa tai sulje peltiä kokonaan tai vääntää pellin mekanismia vasten. Koska moottori on jousipalautteinen, virrattomana moottori on kiinni- tilassa. Moottoriin kytkettiin syöttöjännite, nolla sekä säätöviesti. Säätöviestillä ohjataan pellin asentoa.



Kuva 14: Peltimoottorit asennettuina (Jesse Miettinen 2016-9-8)

Kohteen molemmissa ilmanvaihtokoneissa on pyörivä lämmöntalteenottolaitteisto. Laitteiston tarkoituksena on siirtää tulo- ja poistoilmasta lämpöenergiaa (Lähde 3: ST-käsikirja 17, 2015, s. 74).

Toisin sanoen, LTO-kiekko lämpenee lämpimän poistoilman vaikutuksesta ja pyöriessään tuloilmakanavan halki luovuttaa lämpöenergiaa tuloilmalle. Kiekon pyörimisnopeutta ohjataan jänniteviestillä ja mitä suurempi pyörimisnopeus on, sitä tehokkaammin lämmöntalteenotto toimii.

Taajuusmuuttajat asennettiin konehuoneisiin paikkoihin, missä ne olivat helposti käytettävissä. Taajuusmuuttajiin kytkettiin kolmivaiheinen syöttöjännite, moottorin syöttö ja ohjauskaapeli. Kyseisistä taajuusmuuttajista sai hälytys- ja käyntitiedon sekä niitä ohjattiin käyntiluvan avulla (DO) että jänniteviestillä (AO). Kytkemisen jälkeen tuli taajuusmuuttajat parametroida. Parametroinnissa taajuusmuuttajiin ohjelmoitiin puhallinmoottoreiden teho-, virta-, jännite-, taajuus-, sekä pyörimisnopeuden arvot. Lisäksi taajuusmuuttajiin ohjelmoitiin halutut toiminnallisuudet, kuten ohjaus ja säätö sekä re-
lelähtöjen tilat.

Molemmat ilmanvaihtokoneet (TK01, TK02) muutettiin taajuusmuuttajakäyttöisiksi. Koska moottorit olivat kaksinopeusmoottoreita, taajuusmuuttajilta lähtevä syöttö tuli kytkeä moottoreiden tehokkaimmille käämityksille (U2, V2, W2). Näin moottoreista saatiin käyttöön suurempi tehoalue. (LIITE 1, LIITE2)

Ilmanvaihtokoneiden vahvavirtapuolen tärkeimmät lukitukset ovat jäätymissuojan ja lämmitysverkoston pumpun lukitukset. Kun jäätymissuoja laukeaa tai lämmitysverkoston pumppu pysähtyy ei ilmanvaihtokone enää saa käydä. (LIITE 2, LIITE 3).

Kuten aiemmin mainittu, ilmanvaihtokoneiden jäätymissuoja toteutettiin erillisellä toimilaitteella, Produalin JVS 24:lla. ”JVS 24 on varolaitte, joka valvoo ja tarvittaessa säätelee ilmanvaihtokoneen vesipatterin paluuvien lämpötilaa, ja pyrkii siten estämään vesipatterin jäätyksen. Syöttöjännitteen katkos pysäyttää IV-koneen ja aiheuttaa hälytyksen.” (Lähde 4: Produal, JVS 24). Varolaitteeseen kytketään lämmitysventtiili, paluuvien lämpötila-anturi ja ilmanvaihtokoneen lukitus. Automaatiojärjestelmän ja jäätymissuojan väliin kytketään lämmitysventtiiliin säätöviesti, paluuvien lämpötilan mittausta jänniteviestinä sekä jäätymissuojan hälytys. Lisäksi varolaitte tarvitsee käyttöjännitteen (24 VAC/VDC).

4.2.6 Lämmönjaon toimilaitteet

Lämmönjaossa oleellisia toimilaitteita ovat lämpötila-anturit, painelähttimet, pumput, ja venttiilimoottorit. Toimilaitteet sijaitsevat lämmönjakokeskuksessa. Lämmönjakokeskus on jaettu verkostoihin, joissa lämmönsäätö tapahtuu. Saneerattavassa kohteessa uusittiin koko lämmönjakokeskus lattialämmitystä lukuun ottamatta, johon tuli uusittavaksi vain venttiilimoottori.



Kuva 15: Lämmönjakokeskus (Jesse Miettinen 2016-9-8)

Asennustapaa lukuun ottamatta lämpötila-anturit ja painelähttimet vastaavat samoja mitä ilmanvaihdon toimilaitteissa on esitetty. Lämpötila-anturit voidaan joko asentaa anturitaskuun tai putken pintaan, mutta koska lämmönjako uusittiin, käytettiin kohteessa anturitaskuihin asennettavia antu-

reita. Lämpötila-antureilla mitataan verkostojen meno- ja paluuveden lämpötiloja ja veden lämpötilan säätö tapahtuu menoveden perusteella.

Painelähetin mittaa verkoston painetta ja se sijaitsee yleensä paisuntasäiliöiden yhteydessä. Painelähettimen avulla voidaan seurata verkostojen paineita ja niiden avulla voidaan esimerkiksi päätellä, onko verkostoissa vuotoja.

Venttiilimoottoreilla säädetään veden virtaamaa verkostossa. Venttiilimoottorin valikoinnissa on tärkeää prosessin nopeus, mikä vaikuttaa venttiilimoottorin valintaan. Käyttöveden venttiilimoottorin on oltava nopea (15s) ja patteri- sekä lattialämmityksen hitaampi (35-180s), koska prosessi on hitaampi.



Kuva 16. Venttiilimoottori asennettuna ja kytkettynä (Jesse Miettinen 2016-8-11)



Kuva 17. Lämpötila-anturi asennettuna taskuun (Jesse Miettinen 2016-8-11)

Koska lämpötila-anturit olivat käytännössä NTC10 vastuksia, tarvitsi kytkennät vain kaksi johdinta.

4.3 Järjestelmän käyttöönotto

Käyttöönoton aikana toimilaitteet testattiin perusteellisesti. Toimilaitteiden tuli noudattaa järjestelmän ohjausta ja lukea anturien ja lähettimien mittausarvot oikein. Tämä on edellytys järjestelmän toimivuudelle. Järjestelmän ohjelmallinen testaus suoritettiin jo ohjelmoinnin yhteydessä. Tällöin simuloitiin eri tilanteita muuttamalla arvoja manuaalisesti. Testauksen jälkeen järjestelmän toiminnallisuus varmistetaan. Tällöin automaation tulee ohjata järjestelmää oikein kaikissa tilanteissa ja järjestelmä tulee olla asianmukaisesti asennettu. Tämä suoritetaan yleensä suunnittelijan valvonnassa. Käyttöönotossa järjestelmä myös viritetään toimivaksi kokonaisuudeksi.

4.3.1 Laitteisto- ja toiminnallinen testaus

Testauksen aikana jokainen toimilaitte testattiin toimivaksi ja varmistettiin sen oikea sijoitus järjestelmässä. Testauksessa käytiin lävitse kaikki järjestelmän pisteet ja tulokset dokumentoitiin. Dokumenttiin merkittiin jo testatut pisteet, jolloin tiedettiin, mitkä pisteet olivat testattu tai vielä testattavana.

| Tyyppi AI | | Versio V2.20 | | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------|----|--|--------------|-------------------------------|
| Tunnus | Teksti | Liittimet | | | | |
| VAK1_LJK_LV01PE40_M | Lämmitysverkoston paine | 1,2 | ok | | 141 | Pisteitä vakissa |
| VAK1_LJK_IV01PE40_M | Ilmastointiverkoston paine | 3,4 | ok | | 55 | Testattu |
| | | 5,6 | | | 0 | Varapistettä |
| | | 7,8 | | | | |
| | | 9,1 | | | | |
| | | 11,12 | | | 55 | testattu tai varalla yhteensä |
| | | 13,14 | | | 86 | testaamatta |
| | | 15,16 | | | | |
| Tyyppi DI-COMBI | | Versio V2.62 | | | 39,01 | % vakista testattu |
| Tunnus | Teksti | Liittimet | | | | |
| VAK1_LJK_LV01PU01_I | Käyttövesipumppu | 30,31 | ok | | | |
| VAK1_LJK_LV01PU01_I | Lämmitysverkoston pumppu | 32,33 | ok | | | |
| VAK1_LJK_IV01PU01_I | Ilmastointiverkoston pumppu | 34,35 | ok | | | |
| VAK1_LJK_P1_1_1_H | Lattialämmityspumppu | 36,37 | ok | | | |
| VAK1_LJK_KL01QQ01_K | Kaukolämpö energia | 38,39 | | | | |
| VAK1_LJK_KL01KV01_K | Kylmävesi | 40,41 | | | | |
| MK1_TK1_PU01_I | Lämmityspumppu | 42,43 | ok | | | |
| MK2_TK2_PU01_I | Lämmityspumppu | 44,45 | ok | | | |
| | | 46,47 | | | | |
| | | 48,49 | | | | |
| | | 50,51 | | | | |
| | | 52,53 | | | | |
| Tyyppi DO-COMBI | | Versio V2.62 | | | | |
| Tunnus | Teksti | Liittimet | | | | |
| VAK1_LJK_LV01PU01_O | Patteriverkostonpumppu | 1,2 | ok | | | |

Kuva 18. Testauslista Excelissä

Testaus suoritettiin esimerkiksi automaatiojärjestelmän- ja analogisien mittareiden mittausarvoja vertailemalla. Tällaisia mittareita olivat lämmönjaon putkissa sijaitsevat lämpömittarit, ilmanvaihtokanavien lämpömittarit ja verkostojen viisarimalliset painemittarit.

Anturit ja lähettimet voitiin testata vaikuttamalla mittausarvoihin. Koska lämpötila-anturit olivat vastuksellisia, voitiin vastuksien liittimet oikosulkemalla todistaa antureiden oikea sijoitus. Tämän jälkeen varmistettiin mittausarvojen paikkansapitävyys mahdollisilla analogisilla mittareilla.

Kanaviin sijoitettaviin painelähettämiin lisättiin keinotekoisesti painetta, jolloin näytöllisten lähettimien mittausarvoja ja automaatiojärjestelmän mittausarvoja vertailemalla todettiin mittausten ja oikeiden sijaintien paikkansapitävyys.

Peltimoottoreiden testauksessa moottoreita ohjattiin automaatiojärjestelmästä käsin ja todettiin moottoreiden toimivuus näitä tarkkailemalla. Moottorien testauksen yhteydessä varmistettiin, että pellit avautuvat ja sulkeutuvat oikein.

Puhaltimien testauksessa varmistettiin kommunikaatio taajuusmuuttajien ja automaatiojärjestelmän välillä. Järjestelmän tuli ohjata taajuusmuuttajia käyntilupien ja säätöviestien avulla ja taajuusmuuttajien lähettää käyntitiedot ja mahdolliset hälytykset. Myös puhaltimien pyörimissuunta tuli varmistaa. Pyörimissuunnat ja nopeudensäädöt testattiin taajuusmuuttajia sekä puhaltimia seuraamalla.

Putkiin sijoitettavien näytöttömien painelähettimien testauksessa irroitettiin joko lähettimien syöttöjännitteen tai jänniteviestin johtimet. Mittausarvoja seuraamalla varmistettiin lähettimien oikea sijainti ja vertailemalla analogisiin mittareihin arvojen oikeellisuus.

Venttiilimoottorien testaamisessa tuli huomioida venttiilien oikea toimuunta. Testaaminen tapahtui antamalla järjestelmästä venttiilimoottoreille käsky, mihin asentoon moottorit ajavat, ja toimivuus todettiin moottoriventtiileitä seuraamalla.

Pumppujen testauksessa automaatiojärjestelmästä ohjattiin pumput päälle ja pois, samalla seuraten pumppujen käyntitietoa.

Erillispisteiden testaukset toteutettiin edellämainituilla tavoilla. Pisteet, jotka on toteutettu käsikäyttömillä, tuli testata kaikissa mahdollisissa tilanteissa. Automaatiojärjestelmä ei näissä tapauksissa voi ohjata pisteitä, jotka on jätetty käsi- tai nolla-asentoihin. Tällaisia pisteitä kohteessa olivat sadevesikourujen sulatukset.

Automaatiojärjestelmän osa-alueet toimivat yhteistyössä keskenään, jolloin niiden tuli toimia saumattomasti. Testauksen aikana järjestelmän eri toiminnallisuudet testattiin ja tarkistettiin, että ne toimivat suunnitelmien mukaisesti.

Kun toiminnallinen testaus oli suoritettu ja järjestelmä todettu kokonaisuudessaan toimivaksi, voitiin järjestää toimintakokeet, käytönopastus huoltoyksikölle ja luovuttaa järjestelmä asiakkaalle.

4.3.2 Dokumentointi

Koska alakeskus ja moduulikeskukset kytkettiin kytkentäkuvien perusteella, oli ne suositeltavaa täsmätä jo kytkentävaiheessa. Tällöin pysyttiin perillä siitä, mitä ja miten on keskuksiin kytketty. Kytkentäkuviin merkattiin kaapelin merkintä, johtimet ja kaapelityyppi. Oikein merkattujen kytkentäkuvien merkitys korostuu silloin, kun järjestelmään tehdään muutoksia. Tällöin tiedetään täsmälleen, mikä kaapeli on kytketty ja mihin pisteeseen.

| Combi36 /AO8 moduuli | | | Osoite 23 | | | | | | Kiilo | Asenn | Kyk | Test | ok |
|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------|----------|-------------------|-----------|----------------------------|-------|-------|-----|------|----|
| Piste | Tunnus | Teksti | Liitin | Johdin | Tunnus | Tyyppi | Liitin | Kenttälaite | | | | | |
| 1 | VAK1_LJK_LV01TV40_A | Käyttövesiventtiili 1 | 80 | si | LV01TV40 | KLMA 4x0,5+0,5 | G0 | LJK LV01TV40 TRC24A-SR | | | | | |
| | | | 81 | va | | | G (24VAC) | | | | | | |
| | | | F1 | ke | | | Y (0-10V) | | | | | | |
| 2 | VAK1_LJK_LV01TV41_A | Käyttövesiventtiili 2 | 82 | si | LV01TV41 | KLMA 4x0,5+0,5 | G0 | LJK LV01TV41 TRC24A-SR | | | | | |
| | | | 83 | va | | | G (24VAC) | | | | | | |
| | | | F1 | ke | | | Y (0-10V) | | | | | | |
| 3 | VAK1_LJK_LJ01TV40_A | Lämmitysverkoston venttiili | 84 | si | LJ01TV40 | KLMA 4x0,5+0,5 | G0 | LJK LJ01TV40 LRC24A-SR | | | | | |
| | | | 85 | va | | | G (24VAC) | | | | | | |
| | | | F1 | ke | | | Y (0-10V) | | | | | | |
| 4 | VAK1_LJK_IV01TV40_A | Ilmastointiverkoston venttiili | 86 | si | IV01TV40 | KLMA 4x0,5+0,5 | G0 | LJK IV01TV40 LRC24A-SR | | | | | |
| | | | 87 | va | | | G (24VAC) | | | | | | |
| | | | F1 | ke | | | Y (0-10V) | | | | | | |
| 5 | VAK1_LJK_TV1_1_1_A | Lattialämmitysventtiili | 88 | si | TV1 1 1 | KLMA 4x0,5+0,5 | G0 | LJK TV1_1_1 NV24A-MP-RE | | | | | |
| | | | 89 | va | | | G (24VAC) | | | | | | |
| | | | F1 | ke | | | Y (0-10V) | | | | | | |
| 6 | | | 90 | | | | | | | | | | |
| | | | 91 | | | | | | | | | | |
| | | | F | | | | | | | | | | |
| 7 | | | 92 | | | | | | | | | | |
| | | | 93 | | | | | | | | | | |
| | | | F | | | | | | | | | | |
| 8 | | | 94 | | | | | | | | | | |
| | | | 95 | | | | | | | | | | |
| | | | F | | | | | | | | | | |

| | |
|------------------|-------------------|
| Kohde | KOY kievarinkulma |
| Ala-asema | VAK1 |
| Tekijä | Jesse Miettinen |
| Päiväys | Luovutuskuvat |

Kuva 19: Kytkentäkaavio

Oikein täytettyjen kaavioiden merkitys kasvaa mahdollisessa uudelleensaneerauksessa; tällöin kaapelit ja toimilaitteiden kytkentä tiedetään tarkalleen.

Saneerauksen automaatiojärjestelmän suunnittelun ja toteutuksen aikana laadittu materiaali dokumentoitiin luovutusta varten. Dokumentointi käsitti valvonta-alakeskuksen ja moduulikoteloiden layout-kuvat, kytkentäkaaviot, järjestelmäkaaviot sekä venttiili- ja laiteluettelot. Lisäksi luovutusmateriaaliin lisättiin toimilaitteiden tekniset tiedot ja käyttöohjeet.

Luovutusmateriaaliin koottiin kaikki automaatiojärjestelmään liittyvät dokumentit. Dokumentit käsittivät yhteystiedot, prosessikaaviot, virituspöytäkirjat, kytkentäkuvat keskuksista, laiteluettelot sekä automaatiojärjestelmän käyttöohjeet.

Prosessikaavioihin koottiin järjestelmäkaavion lisäksi säätökaaviot. Säätökaavioiden tuli olla mahdollisten muutosten jälkeiset ajan tasalla olevat kaaviot.

Virituspöytäkirjoihin dokumentoitiin lämmönjaon viritysparametrit käyttövesi-, lämmitys-, ilmanvaihto-, ja lattialämmityksen verkostoista. Parametrit ovat integrointi- ja derivointiaikojen sekä suhdealueen arvoja, joilla säätö saatiin tarkaksi. Virituspöytäkirjaan merkattiin myös ulkolämpötila sekä meno- ja paluuviesien lämpötilat kaukolämmön ja verkostojen osalta. Pöytäkirjaan luettiin käytetyt venttiiliityypit, venttiilimoottorit ja lämpötila-anturit sekä muodostettiin suunnitelmien mukaiset lämpötiläkäyrät ulkolämpötilan suhteen.

Laiteluetteloihin koottiin lista saneerauksissa käytetyistä toimilaitteista sekä näiden käyttöohjeista. Listan ja käyttöohjeiden avulla käyttäjä tuntee laitteiston.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kattava kokonaisuus automaatisaneerauksesta, sen merkityksestä ja tarpeesta kiinteistölle ja perehtyä Kievarinkulman liikekiinteistön automaatisaneeraukseen vaihe vaiheelta. Työn aikana pohdittiin myös hyvin toteutetun saneerauksen merkitystä käyttöönoton jälkeen. Suurin havainto työn aikana tehtiin dokumentoinnin merkityksestä kiinteistön mahdollisten seuraavien automaatioon liittyvien muutosten kannalta. Lisäksi saneerauksen tarve kohteeseen oli huomattava. Kiinteistön viallisten toimilaitteiden uusiminen, vanhentuneiden säätöjärjestelmien päivittäminen uusiin ja uuden automaatiojärjestelmän mittausten trendien seuraaminen tulee todennäköisesti parantamaan energiatehokkuutta ja tarjoamaan helpompaa käyttäjäkokemusta ja joustavampia säätömahdollisuuksia.

Opinnäytetyössä perehdyttiin automaatisaneerauksen työvaiheisiin; Suunnittelu-, toteutus- ja käyttöönottovaiheisiin. Suunnitteluvaiheessa automaatiojärjestelmä suunniteltiin kiinteistölle sopivaksi ottaen huomioon kiinteistössä sijaitsevat suuret kokonaisuudet lämmönjako ja kaksi ilmanvaihtokonetta. Tällöin päädyttiin hajautettuun automaatiojärjestelmään, missä valvonta-alakeskuksen lisäksi lisättiin moduulikeskukset kokonaisuuksien rinnalle helpottamaan kaapelointia ja säästämään näin olleen kustannuksissa. Toteutusvaiheessa tutustuttiin toimilaitteisiin, näiden kytkentään ja toimintaperiaatteisiin. Toteuttamisvaiheessa automaatiojärjestelmä rakennettiin käytännössä kenttälaitevalmistajien ja yleisten ohjeiden mukaisesti. Testausvaiheessa automaatiojärjestelmä testattiin perusteellisesti sekä fyysisten pisteiden että ohjelmallisten prosessien osalta. Tällöin jokainen toiminnallisuus tuli vastata suunniteltua. Käyttöönottovaiheessa suoritetaan toimintakokeet ja hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen järjestelmä luovutetaan asiakkaalle. Tällöin laaditaan myös lopulliset luovutusdokumentit.

Automaatisaneeraus oli monipuolisuutensa vuoksi hyvin mielenkiintoinen aihe. Kahden suurimman osa-alueen, ilmanvaihdon ja lämmönjaon, lisäksi saneerauksen tuomat haasteet, kuten vanhan järjestelmän uusiminen uuteen oli hyvin opettavaista. Työn tuloksena on saatu loogisesti rakentuva näkemys automaatisaneerauksen kulusta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Lähde 1: Suomen automaatioseura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. [viitattu 2017-04-05]. Saatavissa:

http://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf

lähde 2: Suomen automaatioseura ry. 2012. Laatu automaatiassa – parhaat käytännöt. [viitattu 2017-04-04]. Saatavissa:

<http://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1367/laatuautomaatiassa.pdf>

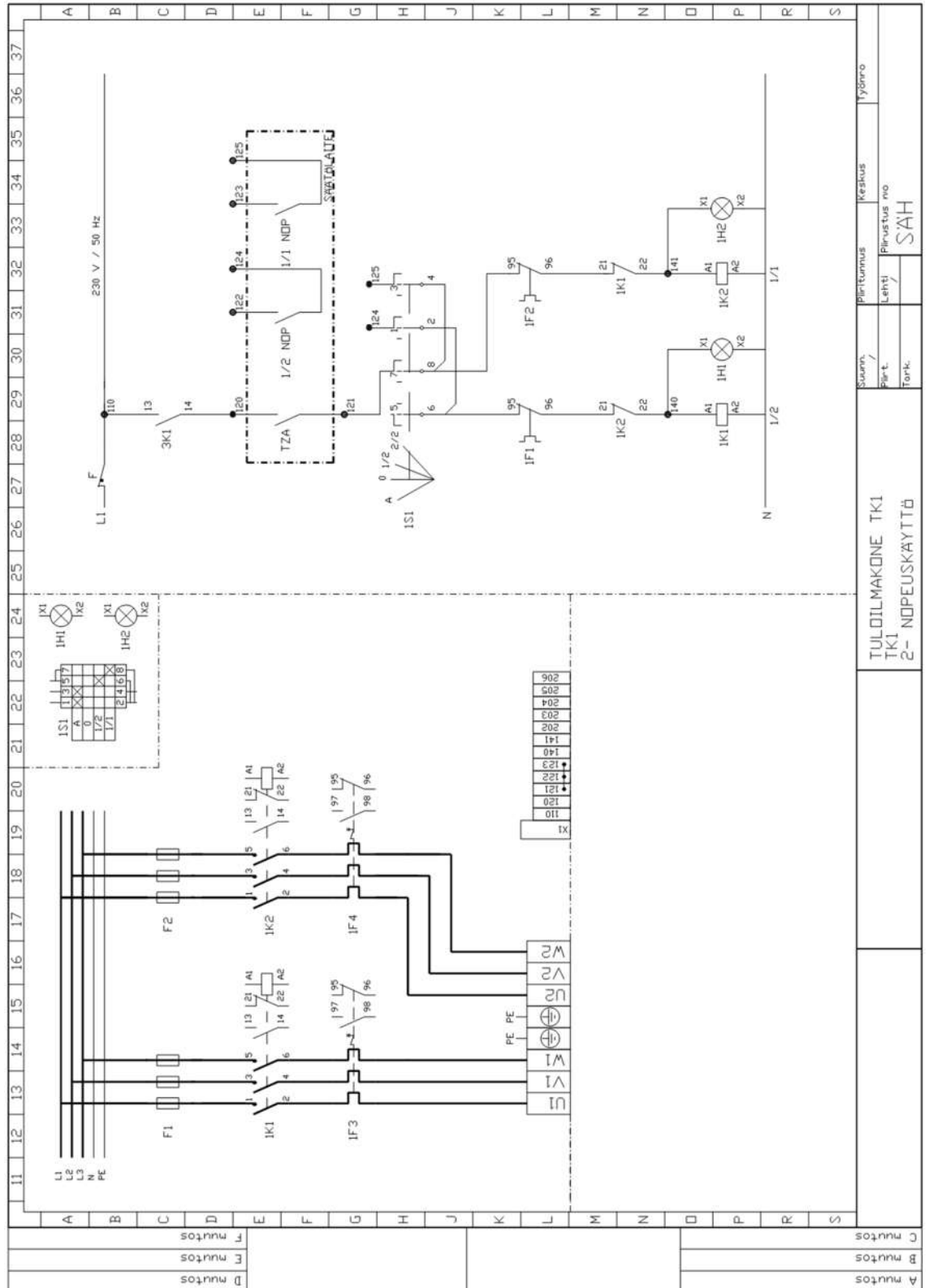
lähde 3: ST-käsikirja 17. 2015. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähkötieto Ry. [viitattu 2017-04-05]

lähde 4: Produal. JVS 24 [viitattu 2017-03-20] Saatavissa:

http://www.produal.com/fi/shop/web_thermostats/sku-1110120

Lähde 5: PLCopen. IEC 61131-3: A standard programming resource. [viitattu 2017-11-01] Saatavissa: http://www.plcopen.org/pages/pc2_training/downloads/downloads/new_intro_iec.doc

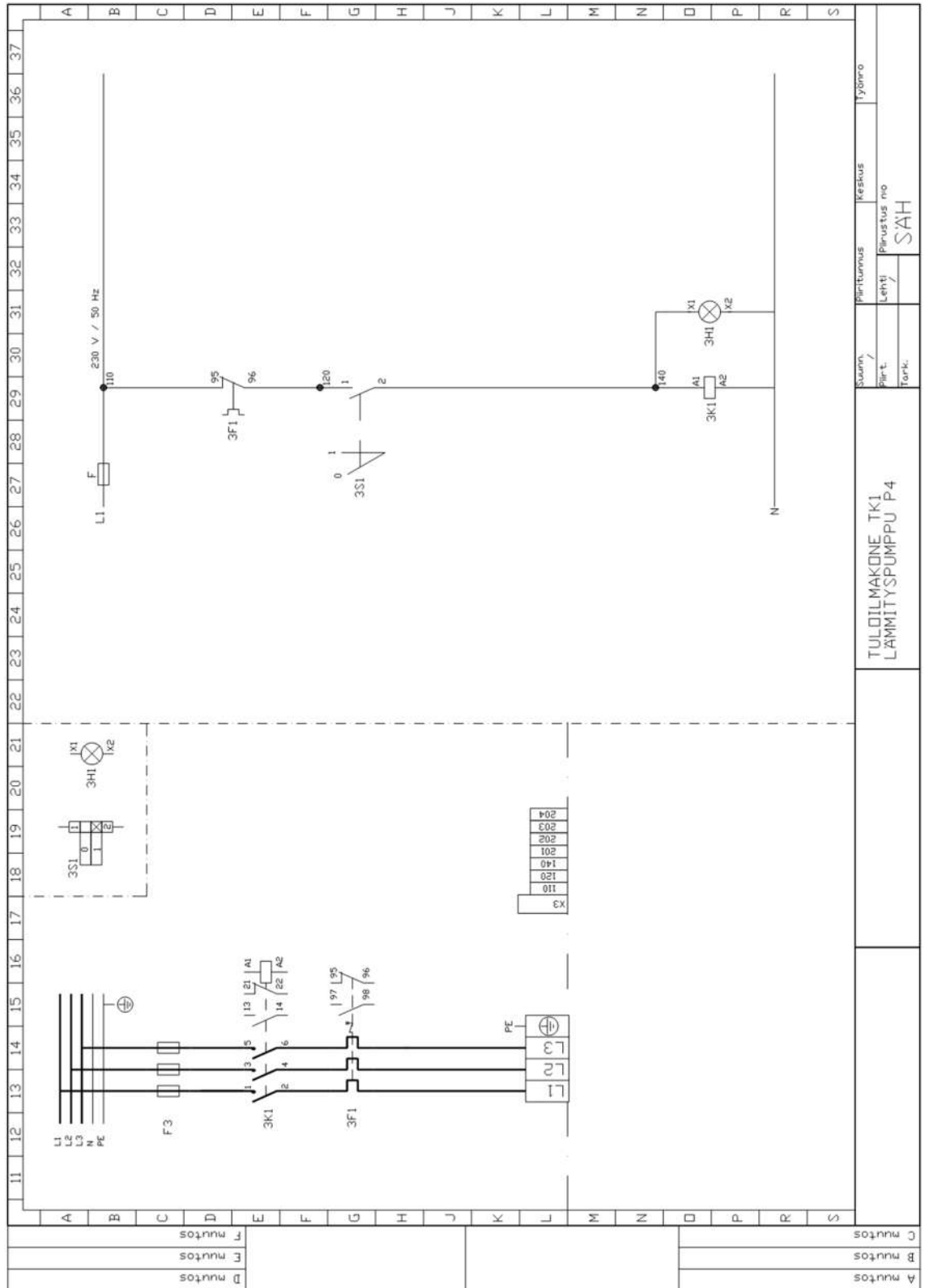
LIITE 1: TK1 PERIAATEKUVA, 2-NOPEUSKÄYTTÖ PIIRIKAAVIO



TULOILMAKONE TK1
TK1
2- NOPEUSKÄYTTÖ

| | | |
|-----------|--------|-------------|
| Siun. | piirt. | Tark. |
| | | |
| piirtunus | Lehti | Fluustus no |
| | | |
| Keskus | SAH | |
| työnumero | | |

LIITE 3: P4 PERIAATEKUVA, LÄMMITYSPUMPPU PIIRIKAAVIO



TULOILMAKONE TK1
LÄMMITYSPUMPPU P4

| | | | |
|------------------|--------------------|------------------------|-------|
| Suunn. Piirt. | Mittunnus Lehti | Keskus Painustus no | Työno |
| Tarkk. | | SAH | |