

Matias Koivukoski

Ilmanvaihtokoneiden automaation rakentaminen Ouman EH-105:llä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.11.2016

Tekijä(t) Otsikko	Matias Koivukoski Ilmanvaihtokoneiden automaation rakentaminen Ouman EH-105:llä
Sivumäärä Aika	47 sivua + 13 liitettä 28.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Palvelupäällikkö Tuomas Hietala Lehtori Kai Virta
<p>Tämä insinööriytyö käsittelee Espoon kaupungin Kilon koulun kolmen ilmastointikoneen vanhojen säätimien päivitystä Ouman EH-105 säätimiin. Projektin tilaaja oli Espoon kaupunki ja sen toteutti Lassila & Tikanoja Oyj, jolle myös tämä insinööriytyö on kirjoitettu.</p> <p>Tilaajan kannalta saneerauksen tavoitteena oli, parantaa ilmastointikoneiden energianhallintaa aikaohjelmien ja taajuusmuuttajakäyttöjen avulla, helpottaa laitteiden käytettävyyttä uusilla säätimillä, sekä helpottaa vianetsintää ongelmatilanteissa. Vanhat laitteistot aiheuttivat paljon hälytyksiä, eikä aina niiden syy selvinnyt.</p> <p>Toteuttajan tehtävä oli suunnitella, hinnoitella ja toteuttaa säätimien vaihto, sekä taajuusmuuttajien asennus. Tavoitteena oli luovuttaa uudet säätimet ja taajuusmuuttajat käyttökuntoon asennettuina, sekä suorittaa käytönopastus laitteiston käyttäjälle. Korjauksen tarve oli automaatiolähtöinen ja painotteinen, joten automaatio-osasto koordinoi projektia.</p> <p>Korjaus suoritettiin korvaamalla vanhat Landis & Gyr merkkiset ilmastointikoneen säätimet uusilla Ouman EH-105 säätimillä, lisäämällä puhaltimille taajuusmuuttajakäytöt, sekä uusimalla tarvittavat kenttälaitteet.</p> <p>Projektiin osallistui L&T:n automaatio-osaston lisäksi L&T:n sähkö- ja LV-osasto. Tavoitteet saavutettiin ja hinnoittelussa onnistuttiin siinä määrin, ettei ainakaan tappiota tehty.</p>	
Avainsanat	kiinteistöautomaatio, ouman, eh-105, ilmastointi, automaatio

Author(s) Title	Matias Koivukoski Air condition automation building with Ouman EH-105
Number of Pages Date	47 pages + 13 appendices 28 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation engineer
Specialisation option	
Instructor(s)	Service manager Tuomas Hietala Lecturer Kai virta
<p>This thesis deals with the city of Espoo Kilo school three old air conditioning controllers update to new Ouman EH-105 controllers. The project was commissioned by the City of Espoo and was conducted by Lassila & Tikanoja plc, which is the commissioner of this thesis study.</p> <p>The commissioner's aim of the renovation was to improve the air conditioning machines' energy management and week program handling. To help to facilitate the usability of devices with new controllers and AC-drives and to facilitate troubleshooting problems. The old equipment caused a lot of alarms, and the cause didn't always become clear.</p> <p>The executor's task was to design, price and execute the update of controllers, and installations of the AC-drives. The aim was to hand over new controllers and AC-drives in ready to use state, and perform user guidance to the operator. The need of repair was automation-driven and oriented, so the automation department coordinated the project.</p> <p>Repair was carried out by replacing the old Landis & Gyr brand of air conditioning machine controllers with new EH-105 controllers, add AC-drives for fans, as well as replace the necessary field equipment.</p> <p>L&T's automation department participated in the project, and in addition L&T's electrical and plumbing department. The objectives were achieved and the pricing succeeded to such an extent, that at least no losses were made.</p>	
Keywords	HVAC control, ouman, eh-105, air conditioning, automation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tarinan alku	1
2.1	Vikakeikka	1
2.2	Ensimmäinen tarjous	2
3	Laitteisto	3
3.1	Opetustilojen tuloilmakone TK1	3
3.1.1	Puhaltimet	5
3.1.2	Lämmöntalteenotto	7
3.1.3	Lämmityspatteri	8
3.1.4	Pellit	10
3.2	Liikuntasalin tuloilmakone TK2	11
3.3	Keittiön tuloilmakone TK3	13
4	Toinen tarjouskierros	13
5	Asennetut laitteet	14
5.1	Ouman EH-105	14
5.2	Anturit	16
5.3	Venttiilit ja toimilaitteet	17
5.4	Taajuusmuuttajat ja moottorit	20
6	Asennus	25
6.1	Säätimet	25
6.2	Taajuusmuuttajat ja moottorit	27
7	Konfiguraatiot ja toiminta	28
7.1	TK1	29
7.1.1	Tehon ohjaus	29
7.1.2	Peltiohjaus	30
7.1.3	LTO	30

7.1.4	Lämpötilan ohjaus	31
7.1.5	Tulot	32
7.2	TK2	33
7.2.1	Puhaltimien ohjaus	33
7.2.2	Lämpötilan ohjaus	34
7.2.3	Peltien ohjaus	36
7.2.4	Tulot	39
7.3	TK3	39
7.3.1	Puhaltimien ohjaukset	39
7.3.2	Lämpötilan ohjaus ja tuloilmapelti	40
7.3.3	Tulot	40
7.4	Toimintakoodi	41
7.5	Toimintaselostukset	41
8	Mahdolliset tulevaisuuden parannukset	42
8.1	Opetustilojen tuloilmakone TK1	42
8.1.1	Kanavapainesäätö ja ilmamäärämittaukset	42
8.1.2	LTO-kiekon huurtumissuoja	43
8.2	Keittiön tuloilmakone TK3	43
8.2.1	Lämpötilan ohjaus huonelämmön mukaan	43
8.2.2	Puhaltimien tehon ohjaus CO ² -pitoisuuden mukaan	43
8.3	Liikuntasalin tuloilmakone TK2	44
8.4	IV-tehon rajoitus ulkolämpötilan mukaan.	44
9	Loppusanat	44
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1. TK1-Säätökaavio	Liite 11. TK3-Layout
	Liite 2. TK1-Toimintaselostus	Liite 12. TK3-KytKentäkaavio
	Liite 3. TK1-Layout	Liite 13. TK3-Piirikaavio
	Liite 4. TK1-KytKentäkaavio	
	Liite 5. TK2-Säätökaavio	
	Liite 6. TK2-Toimintaselostus	
	Liite 7. TK2-Layout	
	Liite 8. TK2-KytKentäkaavio	
	Liite 9. TK3-Säätökaavio	
	Liite 10. TK3-Toimintaselostus	

Lyhenteet

EH-105	Ouman EH-105 ilmastoinnin säädin
TK-X	Tuloilmakone X
LTO	Lämmöntalteenotto
Y-viesti / Y	Säädettävälle kenttälaitteelle menevä 0...10 V jänniteviesti.
TE-X	Lämpötila-anturi NTC
TF	Tuloilmapuhallin
PF	Poistoilmapuhallin
TV-X	Säätöventtiili
Tamu	Taajuusmuuttaja
Espoo	Espoo Tilapalvelut -liikelaitos
IV-kone	Ilmanvaihtokone
NO	Normally open, lepotilassa auki oleva kosketin
NC	Normally closed, lepotilassa kiinni oleva kosketin
L&T	Lassila & Tikanoja Oyj

1 Johdanto

Arvoisa lukija! Tämä dokumentti on opinnäytetyö, joka käsittelee Lassila & Tikanojan tekemiä ilmanvaihtolaitteiden automaation korjaustoimenpiteitä Kilon koululle Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitoksen tilauksesta.

Projektin tavoitteina on korvata asiakkaan voittuneet ilmanvaihtokoneiden säätölaitteet käyttökuntoon laitettuna, parantaa koneiden käytettävyyttä ja energianhallintaa, sekä tietysti tuottaa voittoa laitteiston toimittavalle yritykselle.

Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitos lähetti Lassila & Tikanojan kiinteistöautomaatio-osastolle palvelupyynnön Kilon koululla olevista voittuneista ilmastointilaitteista. Vikaa tutkiessa selvisi, että paikallaan olevat vanhat säätölaitteet olivat tulleet tiensä päähän ja että ne olisi syytä korvata uusilla.

Tämä aihe valikoitui, koska se oli käytännössä päätöshetkellä ainoa tarpeeksi laaja yksittäinen projekti, että se kelpaisi opinnäytetyöksi. Varsinaisen opinnäytetyön tavoitteena on kirjoittaa tuosta projektista, kertoa laitteiston toiminnasta, sekä luoda piirustukset koneiden automaatiosta ja toiminnasta.

2 Tarinan alku

2.1 Vikakeikka

Lokakuussa 2015, L&T:n automaatio-osaston työjohto lähetti opinnäytetyön kirjoittajalle sähköpostin, jonka liitteenä oli työtilaus Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitokselta. Tilauksessa kerrottiin, että Kilon koulun opetustilojen (TK1) ja keittiön (TK3) IV-koneiden moottoriventtiilit ovat jumissa [1].

Ongelmaa mentiin tutkimaan paikan päälle. Huoltomies kertoi, että koneet aiheuttavat paljon hälytyksiä, joiden syytä ei tiedetä, sekä opettajat ja oppilaat olivat valittaneet, että opetustiloissa on kylmä.

Mittaamalla, testaamalla, sekä vianpaikannusmenetelmillä selvisi, että vanhat Landis & Gyr -säätimet eivät antaneet Y- viestiä moottoriventtiileille, säätimen ollessa automaattikäytöllä. Käsikäytöllä moottoriventtiilejä saatiin ajettua.

Näin ollen todettiin TK1:n, sekä TK3:n Landis & Gyr -säätimet viallisiksi ja että ongelma, jota lähdettiin korjaamaan, saataisiin poistumaan vaihtamalla tilalle uudet ilmastointilaitteiden säätimet. Koska säätimillä oli ikää arviolta 30 vuotta, ellei jopa enemmän, päädyttiin siihen että varmaan olisi syytä vaihtaa myös samassa konehuoneessa sijaitsevan TK2:n säädin.

Tämänkaltainen korjaustoimenpide yhdelle IV-koneelle maksaa n. 2000–4000 € ilman veroja. Eli jo yhden säätimen vaihto on kustannuksiltaan sen verran suuri operaatio, ettei sitä voitu keneltäkään lupaa kysymättä suorittaa. Nyt säätimiä oli kolme, joten asiakkaan kanssa täytyi käynnistää neuvottelut korjaustoimenpiteiden suorittamisesta.

2.2 Ensimmäinen tarjous

Hinnan antamiseen asiakkaalle on kaksi tapaa. Kustannusarvio suoritettavista korjauksista, jota yleensä käytetään pienten korjausten hinnoitteluun, tai sitten kiinteä hintainen tarjous. Kustannusarviossa ei tarkkaa hintaa kerrota.

Tämänkaltaisissa tapauksissa, kuten nytkin, asiat sovitaan paperilla ja työstä annetaan kiinteä hinta. Kyseinen menettelytapa on molempien osapuolien etu, koska on selvästi dokumentoitu, mitä tehdään ja mihin hintaan, jolloin väärinkäsitysten ja riitatilanteiden mahdollisuus vähenee huomattavasti, mutta ei tietenkään täysin poistu.

Aivan ensiksi tiedusteltiin asiakkaalta, onko ylipäättään kiinnostusta moista operaatiota kohtaan. Tarjouksen laskeminen vie sen verran aikaa, että täysin sokkona niitä ei kannata jaella. Espoon kaupunki vastasi myöntävästi tiedusteluun. Tarjoukseen laskettiin uudet säätimet, anturit, sekä uudet toimilaitteet säätöventtiileille.

Tarjouksen laskeminen ei matemaattiselta kannalta ole kovinkaan haastavaa. Lasketaan työhön tarvittavien laitteiden ja tarvikkeiden hankinta hinta yhteensä, lisätään siihen haluttu myyntikate, arvioidaan työhön kuluvat tuntimäärä ja kerrotaan se soveliaalla tunti-hinnalla:

$$\$\$ = \frac{x}{1 - \left(\frac{k}{100}\right)} + h \cdot y \quad (1)$$

\$\$ on tarjouksen hinta

x on laitteiden ja tarvikkeiden hankinta hinta

k on myyntikate prosentteina

h on arvioitu tuntimäärä

y on tuntihinta

Koulussa tätä ei paljoa opeteta, mikä on valitettavaa, sillä tämän kaltaisten asioiden hallitseminen on erittäin tärkeä taito työelämässä. Useimmiten kaavan tulos ei ole pyöreä summa, vaan esimerkiksi 7841,04 €, jolloin lopullinen hinta pyöristetään 7840 euroon. Kuten sanottua, matematiikka osuus tarjouslaskennasta on helppoa. Työn ja tarvikkeiden arvioiminen vaatii hieman enemmän taitoa. Ensiksi on tunnettava tarjouksen kohteena oleva laitteisto.

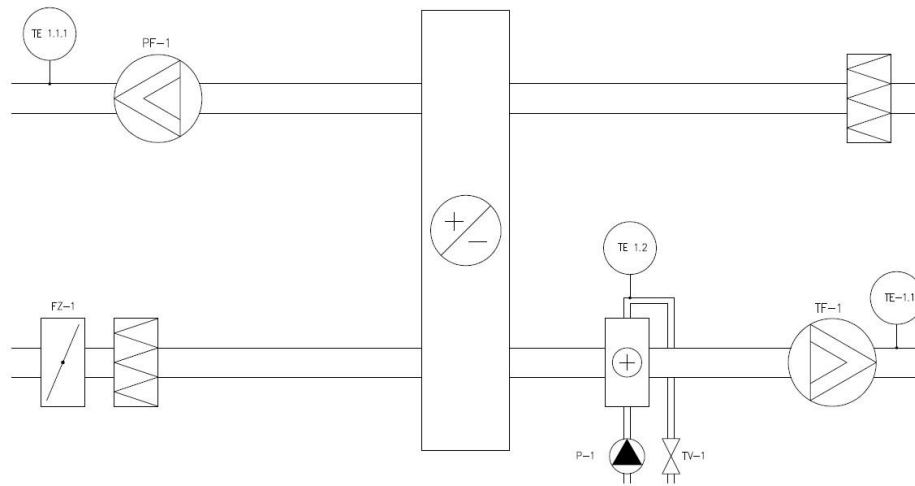
3 Laitteisto

3.1 Opetustilojen tuloilmakone TK1

TK1 on loistava esimerkki, perusrakenteensa vuoksi, nykypäiväisestä IV-koneesta, joten sen avulla on hyvä käsitellä ilmanvaihtolaitteiden toimintaa perustasolla.

TK1:ssä (kuva 2) tuloilmakojeisto ja poistoilmakojeisto on sijoitettu päällekkäin, tuloilmakojeisto poistoilmakojeiston alla. Tuloilmapuhallin puhalttaa ilman sisään kiinteistön tiloihin ja poistoilmapuhallin puhalttaa ilman ulos. Rakennuksen sisään menevää ilmaa lämmittää pyörivällä lämmönsiirtimellä toimiva LTO-laitteisto, sekä vesikiertoinen lämmityspatteri. Sisään tulevan ilman puhdistamiseksi ja laitteiston suojelemiseksi on koneessa tulo- ja poistoilman suodattimet. Lisäksi koneessa on tuloilmapellistö, joka sulkeutuu ja

estää ilman virtauksen koneen ollessa seis. Alla kuvassa 1 esitetty periaatekaavio TK1:stä.



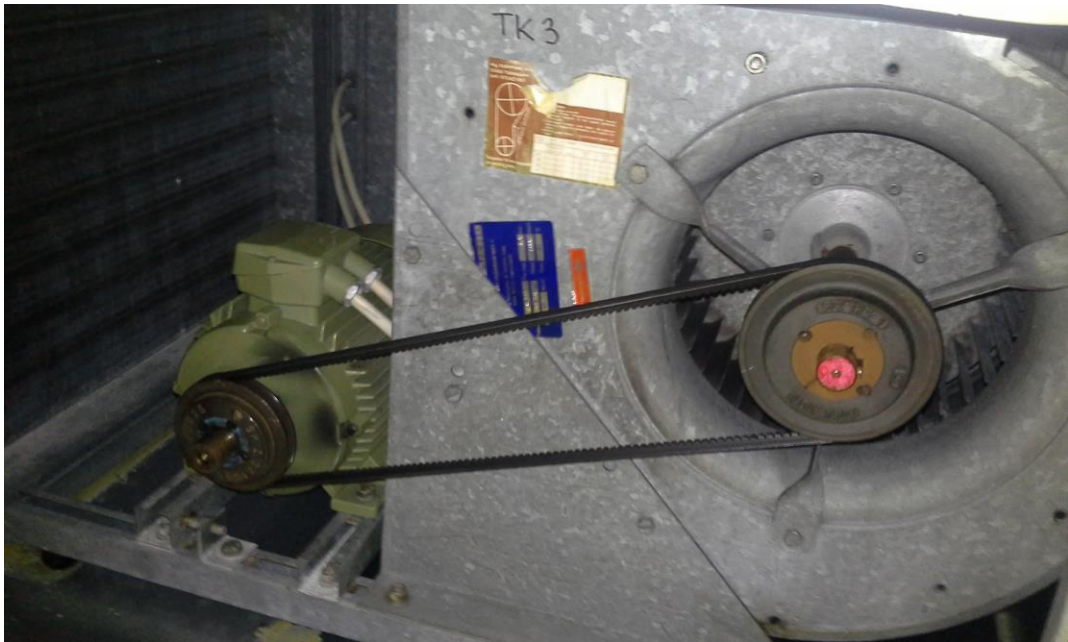
Kuva 1 Kaaviokuva TK1:stä



Kuva 2 Yleiskuva TK1:stä

3.1.1 Puhaltimet

TK1:ssä on kaksi puhallinta yksi tulo- ja yksi poistoilmapuhallin. Puhaltimet koostuvat moottoreista, hihnapyöristä, hihnoista ja itse puhaltimesta. Puhaltimet ovat siis hihnave-toisia (kuva 3), joka on jo nykyään vanhentunutta tekniikkaa. Nykyisin asennettavat pu-haltimet ovat pääosin suoravetoisia, jolloin niissä puhallin on kiinnitetty suoraan mootto-rin akseliin (kuva 4). Tällöin puhaltimen käyntiääni on hiljaisempi ja hyötysuhde korke-ampi. Moottoreina käytetään joko taajuusmuuttajakäyttöisiä kestromagneettimoottoreita, tai EC-moottoreita. TK1:ssä on perinteiset oikosulkumoottorit, joiden hyötysuhde on hie-man uudemman sukupolven moottoreita heikompi.



Kuva 3 TK3 hihnavetoinen radiaalipuhallin



Kuva 4 Suoravetoinen aksiaalipuhallin [2]

Tänä päivänä puhaltimien, kuten kaiken muunkin, energiatehokkuuteen kiinnitetään paljon huomiota. Yhtenä syynä on ihmisten lisääntynyt ympäristövalveutuneisuus, mutta tärkeimpänä syynä ovat taloudelliset intressit. IV-puhaltimet käyvät yleensä 24 tuntia vuorokaudessa, joten esimerkiksi TK1:n ($P = 10,7 \text{ kW}$ & $n = 1460 \text{ min}^{-1}$) tulopuhallin syö rahaa $0,12 \text{ €/kWh}$ hinnalla [3] laskettuna:

$$10,7 \text{ kW} \cdot 8760 \text{ h} \cdot 0,12 \text{ €/kWh} = 11\,247,84 \text{ €} \quad (2)$$

Puhallin on teholtaan kohtuullisen suuri, mutta ei mitenkään epätavanomainen, esimerkiksi keskikokoisessa liikekiinteistössä tämän kokoluokan puhaltimia voi olla useampia, joten summa on aika huikea. Kiinteistöä hallinnoiva taho varmasti mielellään tarkastelisi vuosiraportissaan pienempiä lukemia. Oletetaan, että rakennetaan puhaltimelle ilman hiilidioksidipitoisuuteen perustuva säätösystemi, jonka ansiosta puhallin pyörii keskimäärin 70 % nopeudella nimelliskierrosnopeudestaan, kuitenkin heikentämättä kiinteistön ilmanlaatua. Tällöin puhaltimen ottama keskimääräinen teho on:

$$P = \left(\frac{0,7 \cdot 1460 \text{ min}^{-1}}{1460 \text{ min}^{-1}} \right)^3 \cdot 10,7 \text{ kW} = 3,67 \text{ kW} \quad (3) \quad [4]$$

Täten sen vuosikustannukset ovat:

$$3,67 \text{ kW} \cdot 8760 \text{ h} \cdot 0,12 \text{ €/kWh} = 3\,858,01 \text{ €} \quad (4)$$

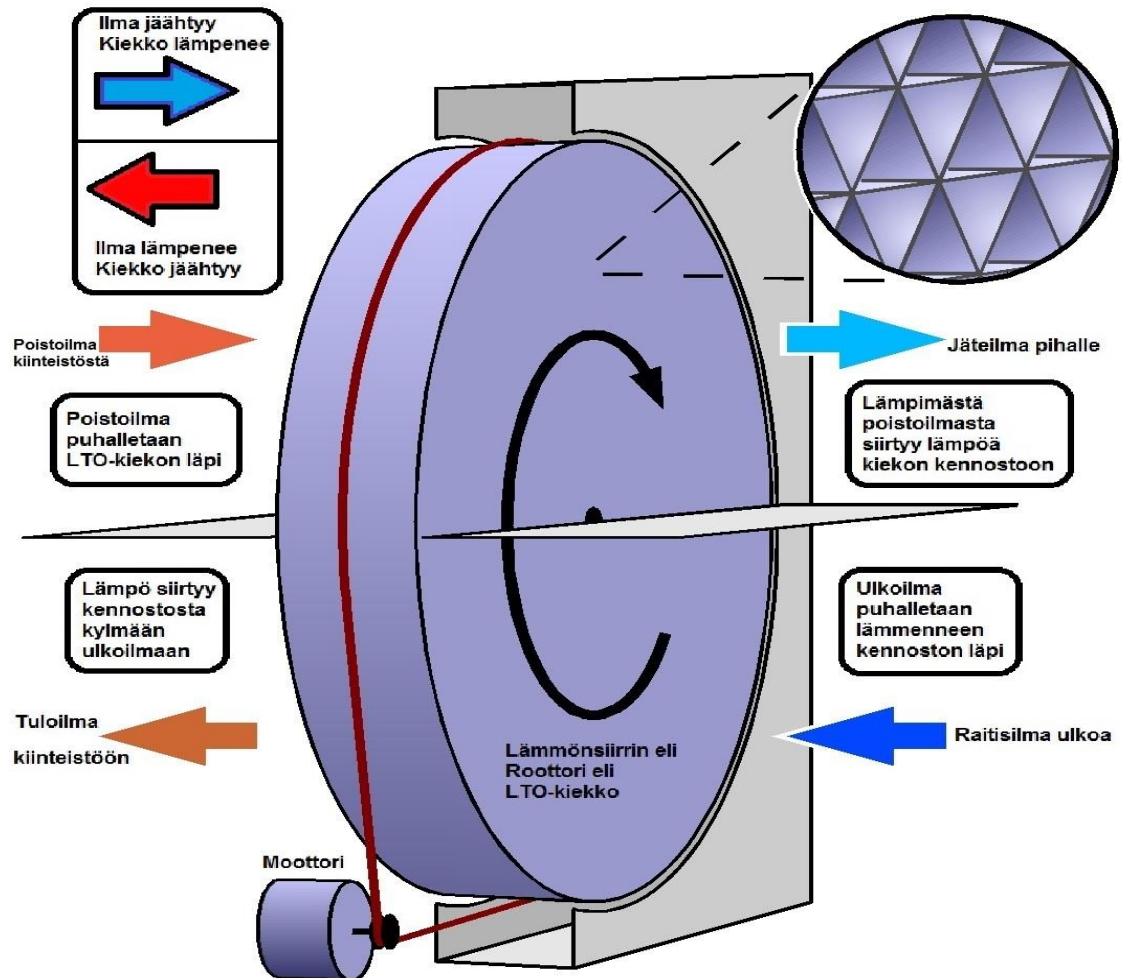
Jos alkuperäinen hinta oli huima, niin säätösystemillä saatu säästö on vielä sitäkin huiempi. Puhaltimen käytön vuosikustannukset putosivat lähes kolmasosaan. Tarkemmin sanottuna kulut vähenivät 65,7 %. Eikä 30 %:n pudotus kierrosnopeudessa ole säätötekniikassa edes vielä kovin kummoinen.

3.1.2 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenotolla tarkoitetaan prosessia, jossa poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa siirretään tuloilmaan erinäisin keinoin. Yleisiä menetelmiä ovat glykolipatteri, levylämmönsiirrin ja pyörivä lämmönsiirrin, jollainen on TK1:ssä ja josta kerron tarkemmin.

Pyörivä lämmönsiirrin, tuttavallisemmin LTO-kiekkö, on metallinen kennökiekkö, joka pyörii puoliksi tuloilma-, ja puoliksi poistoilmakammiossa, siirtäen lämpöä ja kosteutta poistoilmasta tuloilmaan. Kiekkö lämmitystehoa hallitaan säätämällä kiekkö pyörimisnopeutta. Mitä nopeammin kiekkö pyörii, sitä enemmän se lämmittää ja päinvastoin.

Eli otetaan ulos menevästä ilmasta lämpöenergia talteen ja siirretään se sisään menevään ilmaan. Kuva 5 selittää asian paremmin, kuin kirjoitettu teksti.



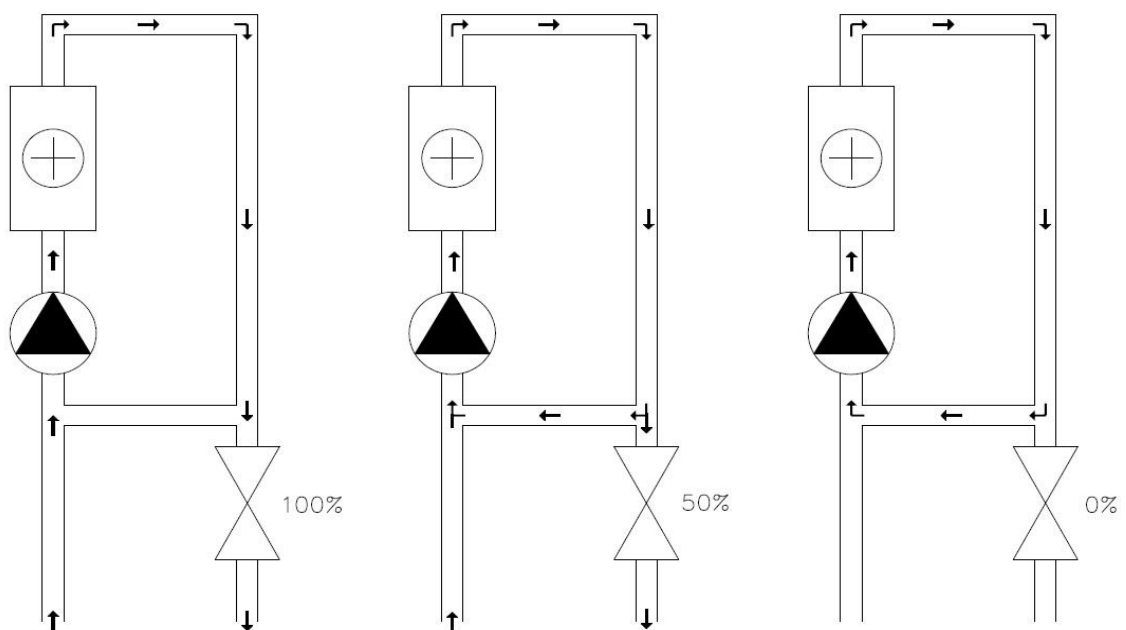
Kuva 5 Pyörivän lämmönsiirtimeen LTO:n toimintaperiaate [5]

3.1.3 Lämmityspatterit

Lämmityspatterit hoitaa tuloilman lämmityksen sen jälkeen, kun LTO:n suorituskyky ei enää siihen riitä. Lämmityspattereita on sähkökäyttöisiä, jotka toimivat lämmitysvastuksilla, sekä yleisemmin käytetty vesikiertoinen lämmityspatterit.

Vesikiertoinen lämmityspatteri on käytännössä siksakille taiteltu kupariputki asetettuna poikittain tuloilmakojeen kammioon. Putken ympärillä on metallinen kennosto, joka kasvattaa patterin pinta-alaa läpi kulkevaan ilmaan nähden, näin ollen parantaen patterin lämpöenergian luovutuskykyä. Putkessa kiertää lämmin vesi, jonka lämpötilaa hallitaan säätöventtiilin ja ns. hullunkierroon avulla.

Patterissa on kiertovesipumppu, itse patteri ja säätöventtiili, joka kuristaa patterin paluuveden virtausta. Kun säätöventtiili on täysin auki, kaikki vesi kiertää lämmitysverkoston tuloputkesta paluuputkeen. Säätöventtiilin ollessa 50 % kiinni puolet virtauksesta menee verkoston paluuputkeen ja puolet jää kiertämään patterin omassa piirissä. Näin siis lineaarisella säätöventtiilillä, joita suurin osa säätöventtileistä ei ole, mutta sopii parhaiten tapausta kuvaamaan. Jos taas säätöventtiili on täysin kiinni, tapahtuu kaikki virtaus patterin omassa piirissä, eli hullunkierrossa. Tällöin kiertävän veden lämpötila saavuttaa lopulta sen läpi virtaavan ilman lämpötilan. Alla havainnollistava kuva 6 hullunkierroon toiminnasta.

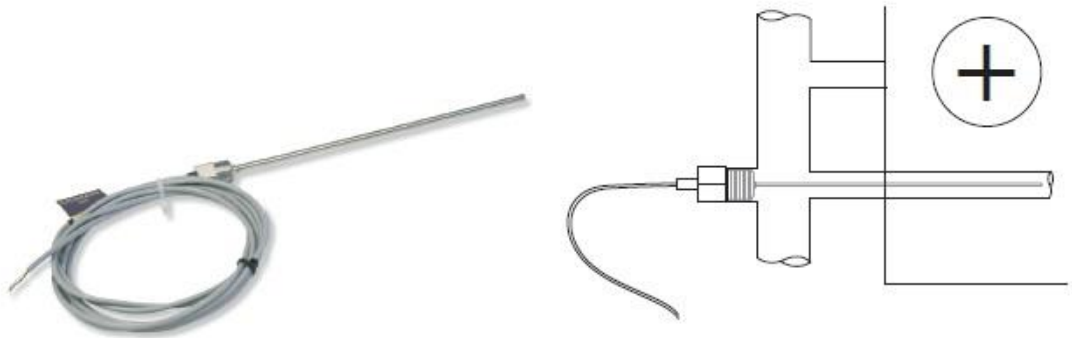


Kuva 6 Lämmityspatterin hullunkierro

Patterin lämpötilaa mitataan paluuveden puolelle sijoitetulla puikkoanturilla (kuva 7). Yleisimmät anturin tuntoelintyyppit ovat PT-1000, NTC-10 ja Ni-1000. Tässä projektissa käytettiin NTC-10 tyyppiä. Puikkoanturilla on keskeinen rooli IV-koneen toiminnassa, lämmityspatterin jäätymissuojan mittauksena. Patterissa kiertävä neste on vettä, joten

se voi Suomen pakkasilla jäättyä. Jäätyminen tukkii veden virtauksen ja pahimmillaan rikkoo patterin vaipan ja aiheuttaa vesivahingon.

Siispä kaikkiin IV-koneisiin, jotka on varustettu vesipatterilla, on rakennettu jäätymissuojatoiminto, joka lauetessaan pysäyttää IV-koneen puhaltimet, sulkee pellit ja avaa patterin venttiilin täysin auki. Jäätymissuojan laukeamislämpötila on säädettävissä. Yleisin laukeamislämpötila on 8 °C. Lisäksi jäätymissuojassa on ennakoitointoiminto, joka avaa patterin venttiiliä veden lämpötilan lähestyessä laukeamislämpötilaa, pyrkien nostamaan kiertävän veden lämpötilaa ja täten välttämään jäätymissuojan laukeamisen. Yleinen syy jäätymissuojan laukeamiselle on lämmityspatterin venttiilin, tai/ja toimilaitteen vioittumien, tai kaukolämpökatko.



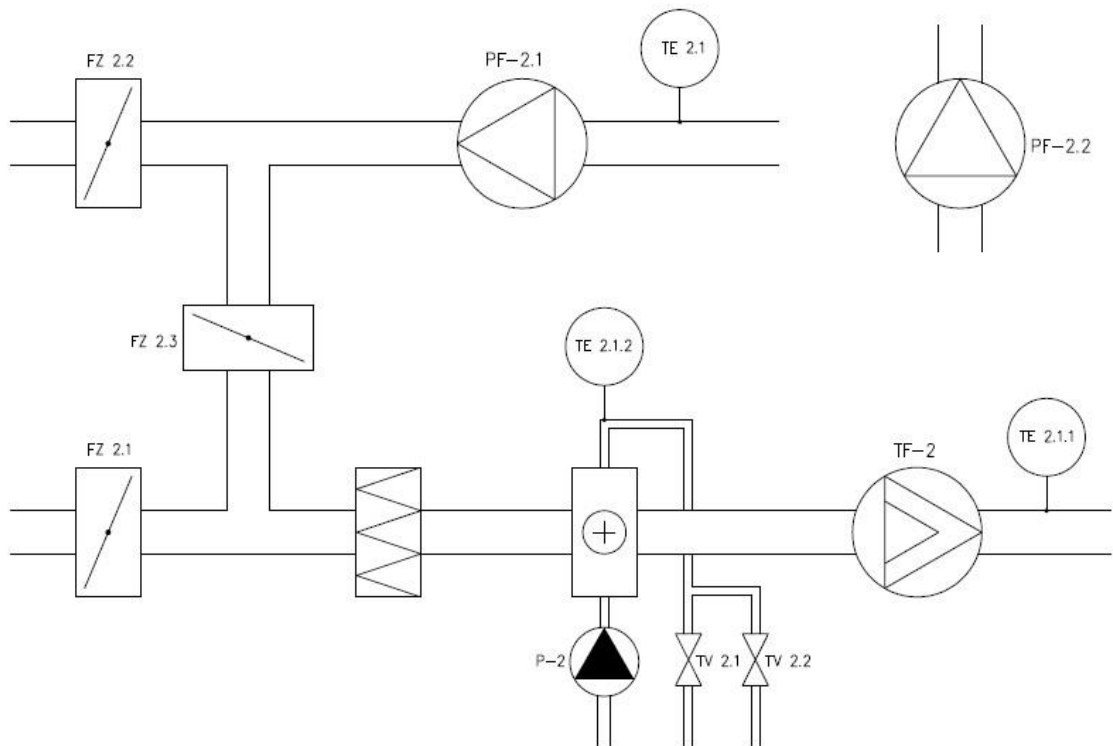
Kuva 7 Puikkoanturi ja sen asennus patteriin [6]

3.1.4 Pellit

Tyypillisesti IV-koneessa on tulo- ja poistoilmapellit, jotka kääntyessään sulkevat koneen läpi virtaavan ilman. TK1 on tältä osin harvinainen, koska siinä ei ole poistoilmapeltiä. Nykypäivänä peltejä käytetään myös huonekohtaiseen ilmamäärän säätöön, jota ei tässä sen enempää käsitellä, koska Kilon koulussa ei huonesäätöjä ole. Kolmas käyttö-tarkoitus on toimia kiertoilmapelteinä, jollainen on TK2:ssa, joten palataan siihen luvussa 3.2.

3.2 Liikuntasalin tuloilmakone TK2

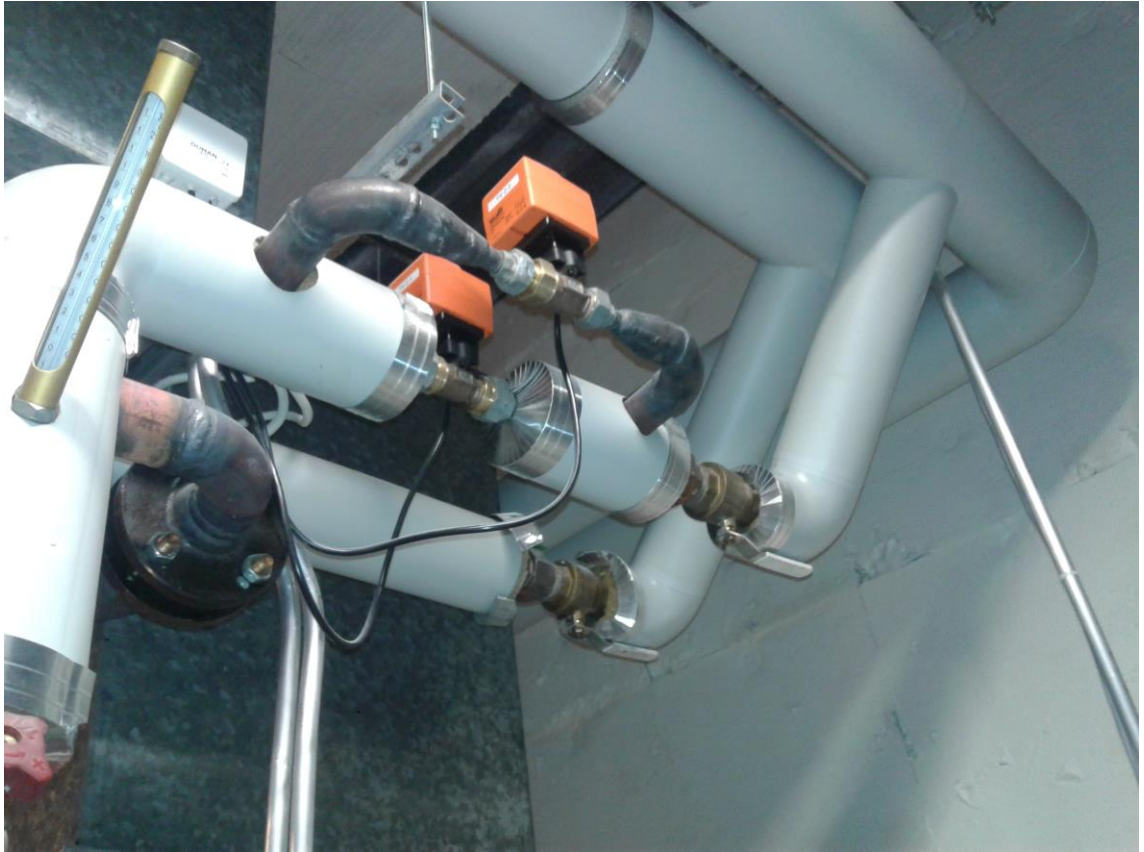
TK2 käsittää tuloilmapuhaltimen TF2, poistoilmapuhaltimen PF 2.1, sekä erillispoiston PF 2.2 pukuhuoneelle ja pesutiloille. Koneessa on vesikiertoinen lämmityspatteri, tuloilmasuodatin, tulo- ja poistoilmapeltti, sekä kiertoilmapeltti. Alla kaaviokuva (kuva 8) TK2:sta. Kuvassa 10 näkyy yleiskuva TK2:sta.



Kuva 8 TK2 kaavio

Suurimpina eroina TK1:een on kiertoilmapeltti ja kaksi lämmitysventtiiliä. Kiertoilmapellillä voidaan säätää koneen ottamaa raiteilman määrää. Kun FZ 2.1 ja FZ 2.2 avautuvat, sekä FZ 2.3 sulkeutuu, raitein ilman määrä suhteessa kiertoilmaan kasvaa ja vastaavasti toisin päin. Tässä tapauksessa raiteilman määrää vähennetään kovilla pakkasilla, kun koneen lämmityspatterin teho ei riitä lämmittämään sisään puhallettavaa ilmaa haluttuun lämpötilaan. Muita säätömahdollisuuksia ovat esimerkiksi suora säätö ulkoilman lämpötilan mukaan, sekä säätö palveltavien tilojen hiilidioksidipitoisuuden mukaan.

Lämmitysventtiilit TV 2.1 ja TV 2.2 (kuva 9) toimivat siten, että kun lämmityksen tarve kasvaa, avataan ensin venttiiliä TV 2.1 ja kun TV 2.1 on täysin auki, avataan venttiiliä TV 2.2.



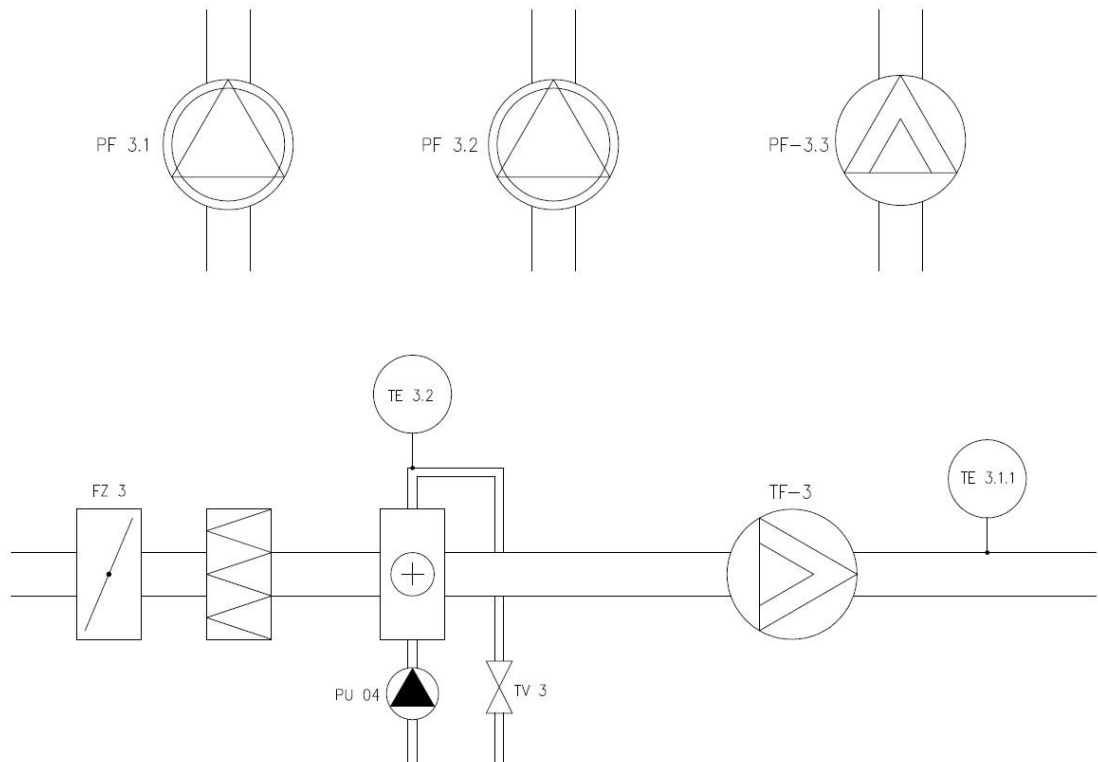
Kuva 9 TK2:n säätöventtiilit



Kuva 10 TK2 yleiskuva

3.3 Keittiön tuloilmakone TK3

Keittiötä palvelevasta puhaltimista ainoastaan tuloilmapuhallin TF 3 sijaitsee IV-konehuoneessa, muut puhaltimet ovat huippuimureita kiinteistön katolla. Tuloilmakojeistossa on tuloilmapelti, -suodatin, -puhallin, sekä vesikiertoinen lämmityspatteri. Kuva 11 on periaatekaavio TK3:sta



Kuva 11 TK3 kaavio

4 Toinen tarjouskierros

Tarjous säätimien uusinnasta pääsi käsittelyyn huhtikuun 2016 alussa, jolloin Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitos pyysi päivitetyn tarjouksen kaikkien kolmen koneiden säätimien päivityksestä EH-105:een. Ensimmäinen tarjous oli voimassa kaksi kuukautta, joten se oli umpeutunut tammikuussa 2016. Päivitettyyn tarjoukseen pyydettiin lisäksi optio

taajuusmuuttajien lisäämisestä puhaltimille, sekä EH-Netin rakentamisesta kiinteistöön.
[7]

Silloinen esimieheni näki, että työ kasvaa sen verran suureksi, että hän ottaa ohjat tarjouksen käsittelystä. Lopulta kävi niin, että päästiin kirjoittaman toukokuun 2016 alussa tarjous säätimien uusinnasta kolmelle IV-koneelle, jossa optiona oli taajuusmuuttajien lisäykset TF 1, PF 1, TF 2 ja TF 3 puhaltimille. EH-Net päätettiin jättää tekemättä, joten sitä ei tässä sen enempää käsitellä.

Säätimien vaihto sisälsi 3 kpl EH-105-säätimiä, uudet säätöventtiilit, toimilaitteet ja anturit, laitteiden asennuksen, konfiguroinnin ja käyttöönoton. Säätimien vaihdon sähkötyöt, tarkemmin sanottuna ryhmäkeskuksen kytkentämuutokset, sovittiin tehtävän erillisveloituksena tuntityönä, koska etukäteen on lähes mahdoton sanoa, paljonko ne vaativat aikaa. Joten, jos olisin laskenut ne tarjoukseen kiinteällä hinnalla, olisin joutunut laskemaan siihen tunteja paljon enemmän, mitä niihin todennäköisesti menee. Näin ollen asiakkaalle taloudellisesti parempi ratkaisu oli veloittaa sähkötyöt toteutuneen tuntimäärän mukaan.

Taajuusmuuttaja optio sisälsi 4 kpl Danfoss FC102-tyypin taajuusmuuttajia, niiden asennuksen ja parametroinnin, sekä kaksi uutta moottoria asennuksineen. Uudet moottorit tulivat puhaltimiin TF 2 ja TF 3, koska yleinen ohje on, että vanhoille oikosulkumoottoreille ei saa asentaa taajuusmuuttajaa, koska silloin moottorit ja pahimassa tapauksessa taajuusmuuttaja kärehtävät. Tarkkaa moottorien ikää ei tiedetty, mutta ne olivat Strömbergin valmistamia, joten ne tuomittiin tämän perusteella liian vanhoiksi.

Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitos hyväksyi tarjouksen säätimien vaihdosta ja taajuusmuuttajien lisäämisestä. Sovittiin, että työt suoritetaan kesällä 2016, jolloin oppilaat ovat lomalla ja kiinteistön käyttö on vähäistä.

5 Asennetut laitteet

5.1 Ouman EH-105

EH-105 (kuva 12) on ilmastoinnin säädin, joka tuli markkinoille loppuvuodesta 2002, ja niitä on myyty tähän mennessä noin 20 000 kpl [8]. Säädin on tavallaan IV-koneen aivot,

joka ohjaa mitä mikäkin laite milloinkin tekee. Se säätää puhallettavan ilman halutun lämpöiseksi, käynnistää ja sammuttaa koneen sille asetettujen aikaohjelmien mukaisesti, hälyttää jos laitteistoon tulee vikaa ja niin edelleen.

Ouman EH-105:llä ei ole varteen otettavaa kilpailijaa tällä hetkellä Suomen markkinoilla ole. Säädin todella helppo asentaa, konfiguroida ja käyttää. Silti se on todella monipuolinen ja sopii lähes jokaiseen ilmastointikoneeseen. Lisäksi se voidaan liittää Modbus-väylään ja lisävarusteena voi hankkia GSM-modeemin, jolla saadaan hälytykset lähetettyä tekstiviestinä, vaikka huoltomiehelle. Hinta on maltillinen ovh. 720 € alv. 0% [19].

Laite on niin monipuolinen, että se sopii lähes kaikkiin IV-koneisiin, mutta samalla helpokäyttöinen. Lähes jokainen talotekniikan parissa työskentelevä tuntee Oumanin säätimet. Säätimessä on INFO-painike, josta saa tarvittaessa apua. Tarkempaa tietoa saa liitteenä olevasta EH-105:n käyttöohjeesta (ks. Lähde 16).



Kuva 12 Ouman EH-105 ilmastoinnin säädin [9]

5.2 Anturit

Säätimen vaihto vaatii yleensä myös antureiden päivittämistä, sillä EH-105 tukee ainoastaan NTC-tyyppin lämpötila-antureita. Työn kohteena olevissa IV-koneissa tarvitaan ainoastaan lämpötilamittauksia, joten antureitakaan ei ole kuin kahdenlaisia, molemmat Oumanilta, TMD-kanava-antureita (kuva 13) ja TMI-jäätymissuoja-antureita.



°C	Ω
-50	672 600
-40	337 270
-30	177 210
-25	130 540
-20	97 140
-15	72 990
-10	55 350
-5	42 340
0	32 660
5	25 400
10	19 900
15	15 710
20	12 490
25	10 000
30	8 055
35	6 531
40	5 325
45	4 368
50	3 602
55	2 987
60	2 488
65	2 084
70	1 753
75	1 482
80	1 257
85	1 072
90	917,4
95	788,2
100	679,8
110	511,0
120	389,4
130	300,5
140	234,7

Kuva 13 TMD-kanava-anturi ja sen vastustaulukko [10]

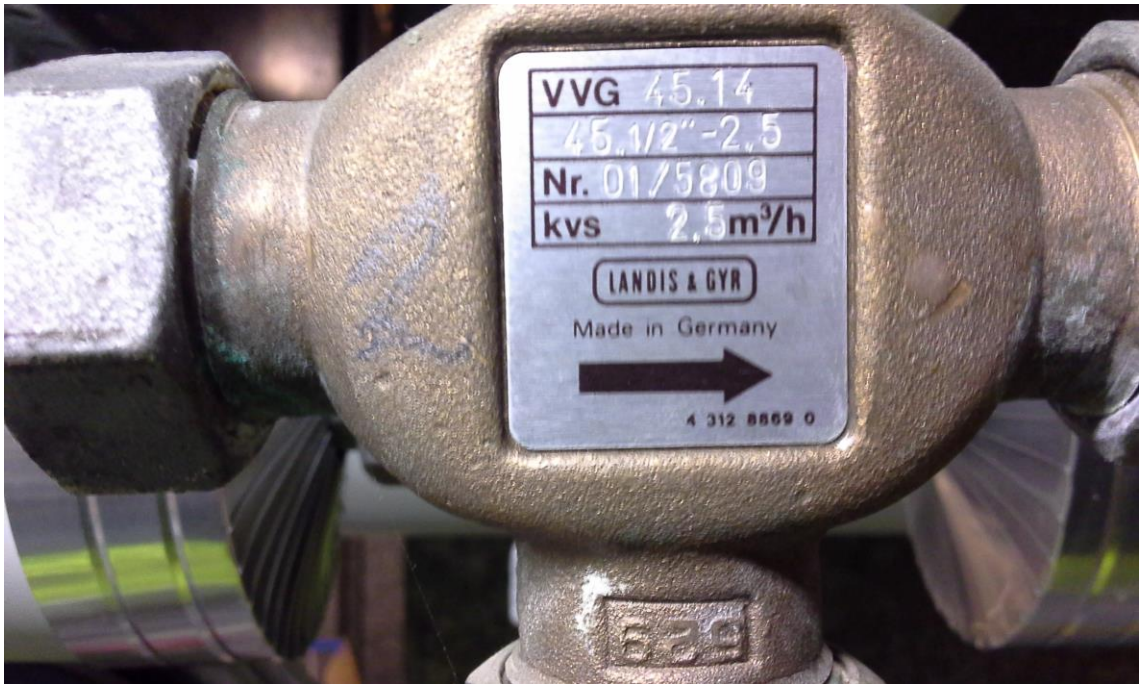
5.3 Venttiilit ja toimilaitteet

Venttiilit ja toimilaitteet hankittiin Belimolta. Venttiilien valinta ja mitoitus oli niinkin hankala operaatio, että vanhoista venttiileistä otettiin valokuvat, mistä kävi ilmi kaikki tarpeelliset arvot (kuva 14). Ne toimitettiin ne sähköpostilla Belimolle, josta sitten haettiin uudet tilalle. Kaikki uudet venttiilit eivät käyneet suoraan vanhojen paikalle, joten mukaan tuli myös sovitepalat.

Toimilaitteiden valinta oli niin ikään yhtä hankala operaatio. Vaikka EH-105 tukeekin monenlaista toimilaitetta, päätettiin käyttää nykyisin vakioksi muodostunutta 24 VAC:n käyttöjännitteellä ja 0...10 V:n jänniteviestillä toimivaa toimilaitetta. Sopivan toimilaitteen hankinta tapahtui ilmoittamalla Belimolle samassa sähköpostissa, että haluamme tilattuihin venttiileihin sopivat, aiemmin mainituilla määrittelyillä olevat, toimilaitteet.

Belimon toimilaitteissa (kuva 15) on kätevä käsikäyttömahdollisuus. Napsautetaan valintaruuvista toimilaitte käsiajolle ja väännetään kahvasta venttiili haluttuun asentoon. Kahva toimii myös asennon osoittimena, mikä on todella selkeä moniin kilpaileviin tuotteisiin verrattuna. Näistä syistä venttiilien ja toimilaitteiden toimittajaksi valittiin juuri Belimo.

Kuvassa 16 näkyy Belimon toimilaitteita paikalleen asennettuna.



Kuva 14 TK2 vanha TV2.1 venttiili. Tämän kuvan avulla valittiin uusi venttiili.



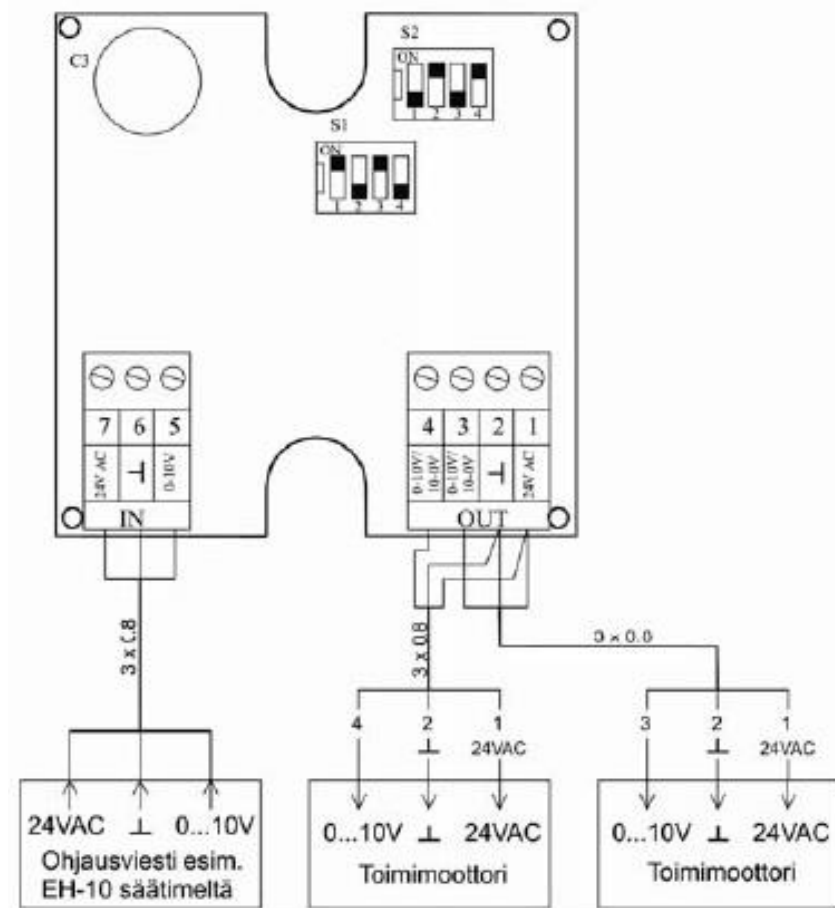
Kuva 15 Belimon HRYD24-SR-toimilaite. [11]



Kuva 16 TK2:n uudet venttiilit ja toimilaitteet. Sovittepala on messinkinen mutterin näköinen osa venttiilin vasemmassa päässä.

Jänniteviestin jakaja EHC

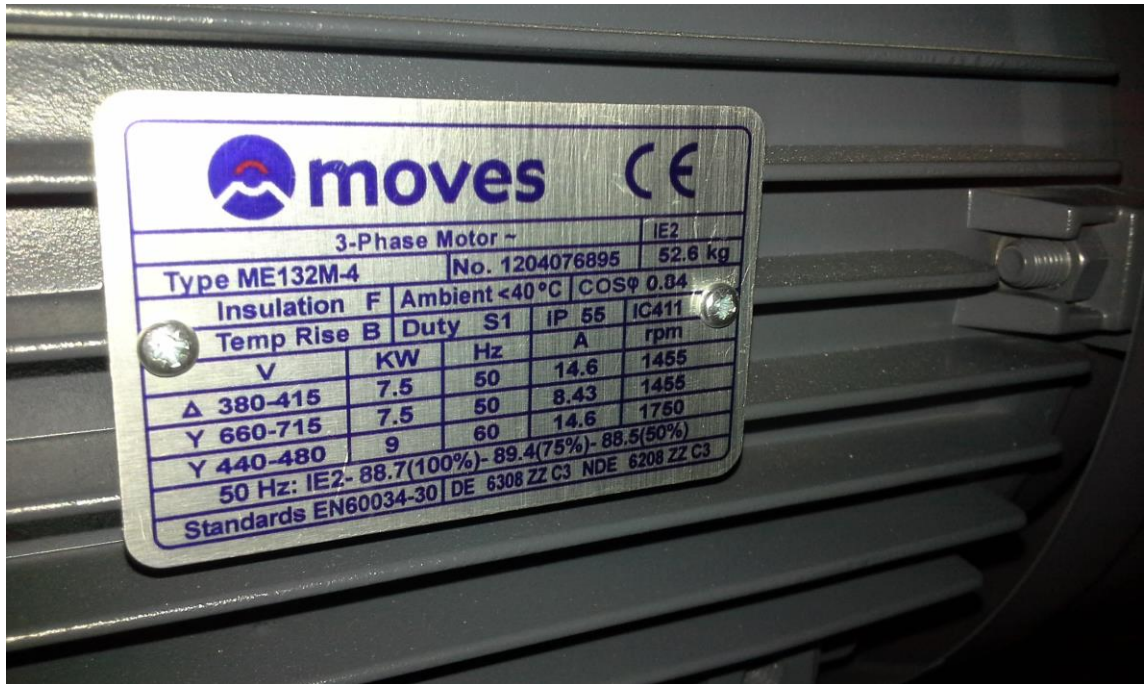
TK2:ssa oli siis kaksi venttiiliä, joiden piti toimia niin sanotusti peräkkäin. EH-105:ssä ei ole suoraan moista ominaisuutta, joten väliin tarvittiin EHC. EHC on AP9-jakorasiaan rakennettu pieni elektroninen laite, joka jakaa sisään tulevan y-viestin kahteen lähtökanaavaan halutulla tavalla. Alla kuva 17, josta ilmenee EHC:n kytkentäperiaate.



Kuva 17 EHC:n kytkentäkuva. [12]

5.4 Taajuusmuuttajat ja moottorit

Taajuusmuuttajien ja moottoreiden toimittajana oli STM-Finland. Näiden laitteiden hankinta onnistui yhtä kätevästi kuin mitä venttiileidenkin (kuva 18). TK1:n moottorit olivat vaihdettu jokin aika sitten, joten sen puhaltimien moottoreita ei tarvinnut uusia. Sen sijaan TK2:lle ja TK3:lle tarvittiin uudet moottorit (kuva 19).



Kuva 18 PF 1 arvokilpi, jonka avulla hankittiin puhaltimelle taajuusmuuttaja.



Kuva 19 TK2:n vanha moottori vielä paikallaan vasemmalla ja oikealla uusi moottori odottamassa asennusta.

Taajuusmuuttaja on siis laite, jolla voidaan säätää oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta portaattomasti ja tarkasti. Säätö tapahtuu, nimensä mukaisesti, taajuusmuuttajan lähtötaajutta muuttamalla. Mitä suurempi taajuus, sitä nopeammin moottori pyörii. Karkeasti yksinkertaistettuna taajuusmuuttaja hoitaa homman ensin muuttamalla syötetyn virran tasavirraksi, josta taas sitten halutun taajuiseksi vaihtovirraksi.

Siihen, miten haluttu lähtötaajuus määritellään, on useita eri tapoja. Suoralla y-viestillä, eli nopeusohjeella annetaan taajuusmuuttajalle 0...10 V:n jänniteviesti, jolle taajuusmuuttajan parametreissa määritellään minimi ja maksimitaajuus, eli 0 V:n viesti ei tarkoita välttämättä, että moottori ei pyörisi. Toinen tapa on määritellä taajuusmuuttajaan esiasetettuja taajuusohjeita, joista valitaan haluttu taajuusmuuttajan digitaalisilla inputeilla. Muita tapoja ovat muun muassa kenttäväyläohjaus tai nopeuden ohjaus potentiometrillä. Kuvissa 20 ja 21 on esimerkkisovelluksia taajuusmuuttajan käytöstä.

		Parameters	
		Function	Setting
		6-10 Terminal 53	0.07 V*
		Low Voltage	
		6-11 Terminal 53	10 V*
		High Voltage	
		6-14 Terminal 53	0 Hz
		Low Ref./Feedb. Value	
		6-15 Terminal 53	50 Hz
		High Ref./Feedb. Value	
		* = Default Value	
		Notes/comments: D IN 37 is an option.	

Table 6.1 Analog Speed Reference (Voltage)

Kuva 20 Esimerkkikytkentä taajuusmuuttajan nopeuden ohjauksesta jänniteviestillä. [13]

		Parameters	
		Function	Setting
		5-10 Terminal 18 Digital Input	[8] Start
		5-11 Terminal 19 Digital Input	[10] Reversing*
		5-12 Terminal 27 Digital Input	[0] No operation
		5-14 Terminal 32 Digital Input	[16] Preset ref bit 0
		5-15 Terminal 33 Digital Input	[17] Preset ref bit 1
		3-10 Preset Reference	
		Preset ref. 0	25%
		Preset ref. 1	50%
		Preset ref. 2	75%
		Preset ref. 3	100%
		* = Default Value	
		Notes/comments: D IN 37 is an option.	

Table 6.7 Start/Stop with Reversing and 4 Preset Speeds

Kuva 21 Esimerkki taajuusmuuttajan nopeuden ohjauksesta esiasetetuilla ohjearvoilla [13]

Tässä tapauksessa käytettiin kahta ensiksi mainittua tapaa. TK1:n puhaltimia ohjataan y-viestillä, TK2:lla on vain yksi vakionopeus ja TK3:lla on kaksi nopeutta, joita ohjataan digitaalisilla inputeilla. Taajuusmuuttajilta on myös saatavilla erilaisia ulostulotietoja, joista tässä projektissa hyödynnettiin moottorien käyntitietoja sekä hälytystietoja.

Taajuusmuuttajat olivat Danfossin FC102-sarjaa, joka on erityisesti kiinteistötekniikan tarpeisiin suunniteltu taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajat olivat seinälle asennettavia IP54-luokan laitteita. Taajuusmuuttajakäyttöjen lisäämisen vuoksi oli turvakytkimet vaihdettava EMC-suojatuiksi.

Mutta miksi juuri Danfoss, eikä vaikka suomalainen Vacon? Vuonna 2014 tapahtui yrittäjäkauppa, jossa Danfoss osti 90 % Vaconin osakekannasta [14] joten on sinänsä yhdenmukaista, kumman teksti taajuusmuuttajan kyljessä lukee. Suurin syy Danfossin valintaan on, koska se on ylivoimaisesti asentaja- ja käyttäjäystävällisin taajuusmuuttaja. Kytkenätilaa on runsaasti. Kaikki kaapelit ja liittimet löytyvät yhden luukun takaa. Näyttö on iso, ja näppäimistö sekä valikkorakenne ovat hyvin selkeät.

Toisin kuin kilpailijoilla, joilla joudutaan purkamaan puoli taajuusmuuttajaa päästäkseen käsiksi päävirtaliittimille ja kytkenätilat ovat tulitikkurasian kokoiset, mistä johtuen asennukseen kuluva aika on huomattavasti pitempi. Lisäksi jos halutaan tehdä jotain asetusmuutoksia, ei puhuttakaan, että tämä onnistuisi ilman ohjekirjaa. Nämä olivat riittävät perusteet päättää tähän ratkaisuun. Kuvassa 22 Danfossin taajuusmuuttaja asennettuna.



Kuva 22 TK1 tulopuhaltimen taajuusmuuttaja ja turvakytkin.

6 Asennus

6.1 Säätimet

Varsinainen asennustyö aloitettiin kesäkuussa 2016, ja se suoritettiin pääosin kone ker-
rallaan. Ensimmäisenä purettiin vanhat säätimet pois säätölaitekotelosta (kuva 23). Ko-
teloihin jätettiin ainoastaan riviliittimet ja nollakiskot (kuva 24).



Kuva 23 TK1:n vanhat säätölaitteet.



Kuva 24 Tyhjä säätölaitekotelo.



Kuva 25 Uusi Ouman EH-105-säädin asennettuna säätölaitekoteloon.

Tämän jälkeen asennettiin uusi EH-105-säädin tilalle ja johdotettiin se riviliittimille (kuva 25). Seuraavaksi korvattiin vanhat anturit uusilla. Kenttälaitteiden kaapeloinnissa pystyttiin hyödyntämään vanhoja kaapeleita, eikä uusia kaapeleita tarvinnut asentaa.

Liitteenä olevia kytkentäkuvia, tai piirikaavioita ei ollut vielä asennusvaiheessa olemassa, joten kytkennät täytyi tehdä EH-105:n käsikirjaan ja asentajan, ammattitaitoon luottaen.

Kun säädin ja anturit oli asennettu, päästiin tekemään ryhmäkeskusmuutoksia. Tämä tapahtui soittamalla sähkömiehet paikalle ja ohjeistamalla heille, miten ryhmäkeskuksen haluttiin toimivan.

Ryhmäkeskuksesta oli saatava jännitteen syöttö ja lämmityspumpun käyntitieto säätimelle, säätimeltä menee käyntilupa ja käyntiohaukset ryhmäkeskukselle. Käyntilupa estää koneen käymisen hälytystilassa, siten ettei sitä nokkakytkimistäkään saa käyntiin. Käyntiohauksilla annetaan ryhmäkeskukselle käyntikäskyt, joko puolelle tai täydelle nopeudelle. TK1:llä käyntiohaukset menevät ainoastaan taajuusmuuttajille.

Samaan aikaan paikalle hankittiin putkimies vaihtamaan koneiden lämmityspattereiden venttiilit. Putkimiehelle osoitettiin venttiilit ja koneet mihin ne tuli vaihtaa. Venttiilien vaihto sujui ilman suurempia ongelmia. Venttiilien asennus mahdollisti uusien toimilaitteiden asentamisen. Jonka jälkeen säätimien vaihdon osuus oli hoidettu.

6.2 Taajuusmuuttajat ja moottorit

Taajuusmuuttajien ja moottoreiden asennus tapahtui käytännössä samanaikaisesti muun asennustyön kanssa. Selkeyden vuoksi käsitellään tämä osuus kuitenkin nyt erillisenä. Aivan ensiksi täytyi hoitaa moottoreiden mekaaninen asennus, jonka suoritti IV-asentaja.

Mekaaninen asennus sujui ilman suurempia ongelmia, sillä pystyimme hyödyntämään vanhoja hihnapyöriä, jotka sopivat suoraan uusien moottoreiden kanssa. Mekaanisessa asennuksessa on erittäin tärkeää saada moottorin hihapyörä samaan linjaan puhaltimen hihnapyörän kanssa. Tämä onnistui laserviivaimen avulla.

Taajuusmuuttajien asennuksessa haasteeksi tuli löytää sopivat paikat taajuusmuuttajille. IVKH:n seinät olivat kaikki villaeristettyjä, joten seinälle asennus ei tullut kysymykseen. Taajuusmuuttajat täytyi siis asentaa itse IV-koneisiin, jolloin oli valittavana ainoastaan huonoja vaihtoehtoja ja jouduttiin käyttämään pienimmän pahan strategiaa. Loppujen lopuksi taajuusmuuttajat saatiin asennettua suhteellisen järkeviin paikkoihin, joista niitä pääsi operoimaan ilman konttailua tai tikkaita.

Taajuusmuuttajien syöttökaapeleina pystyttiin hyödyntämään vanhoja moottoreiden syöttökaapeleita. Taajuusmuuttajalta moottoreille menevillä kaapeleina käytettiin häiriösuojattua maakaapelia MCCMK:ta. Turvakytkimet asennettiin taajuusmuuttajan ja moottorin väliin, joten niidenkin täytyi olla häiriösuojattuja, kuten myös vedonpoistoholkkien. Taajuusmuuttajien ja säätimien välisenä signaalikaapelina käytettiin Nomakkia.

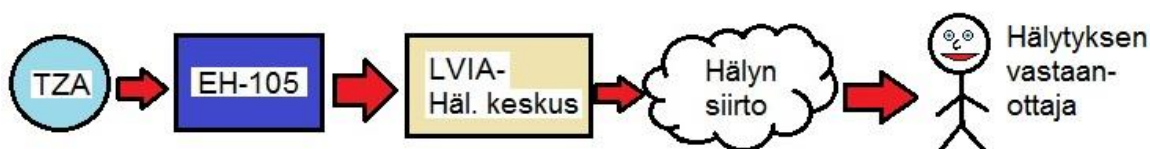
7 Konfiguraatit ja toiminta

Toimintaselostusten ja säätökaavioiden puuttumisen vuoksi koneiden toiminta suunniteltiin niin sanotusti lennosta asennustyön lopuksi. Tämän mahdollisti koneiden selkeä rakenne, sekä Espoon kaupungin asiantuntijoiden konsultaatio [15]. Lisäksi antureiden positiomerkinnot antoivat vinkkiä mittausten tärkeysjärjestyksestä.

Käytännössä toiminnallisuuden suunnittelua ja testausta suoritettiin koko ajan asennustyön yhteydessä. Nykyisin valitettavan usein näin ei tehdä. Dokumentoinnissa nämä asiat on erotettu.

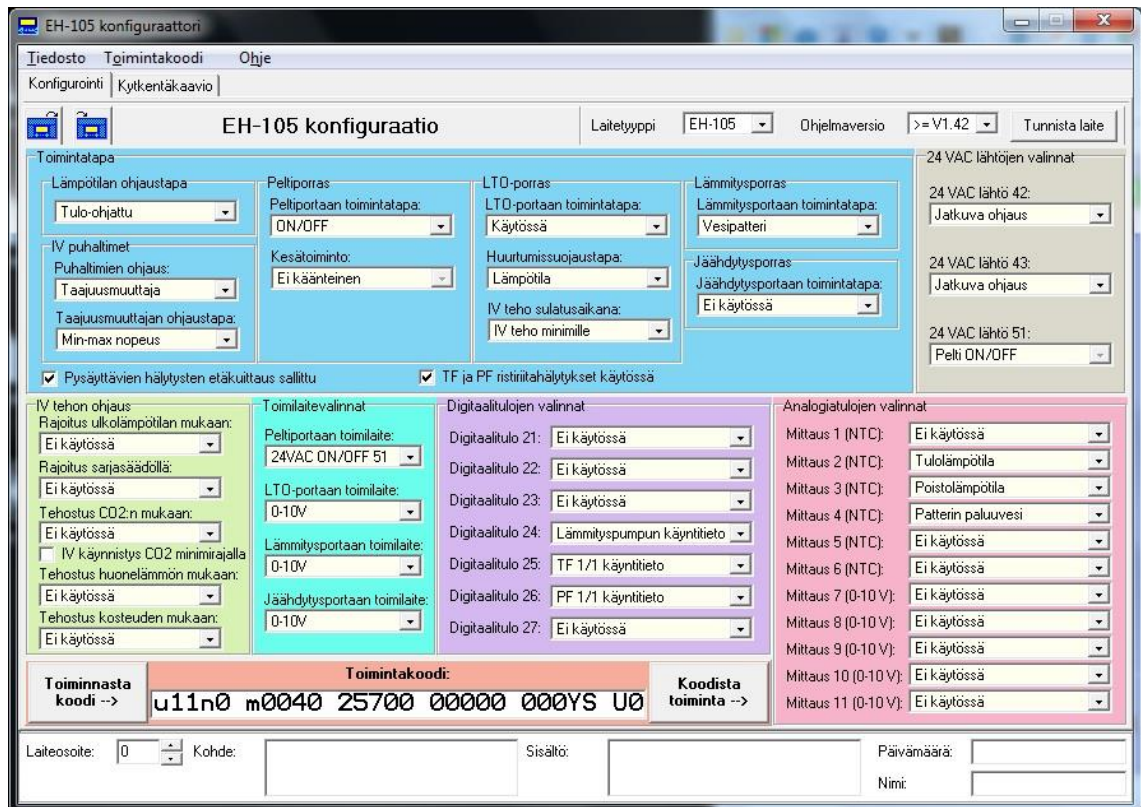
Käyn toiminnallisuuden läpi kone kerrallaan ja aloitan esittelemällä EH-105-konfiguraattorihjelmasta otetun kuvankaappauksen kyseisen koneen konfiguroinneista. Konfiguroinnit EH-105:llä on mahdollista suorittaa kahdella tapaa: säätimen näppäimistön ja näytön avulla tai PC:lle asennettavalla EH-105-konfigurointihjelmalla. Tässä projektissa käytettiin viimeksi mainittua tapaa.

Yhteistä jokaiselle säätimille on hälytysten jatkokäsittely. Kun koneeseen tulee A-prioriteetin hälytys, jollainen esimerkiksi jäätymissuoja on, EH-105:n kosketin 31,32 sulkeutuu ja antaa hälytystiedon kiinteistön LVIA-hälytyskeskukselle, joka puolestaan hoitaa hälytyksen välittämisen tarvittavalle taholle (kuva 26).



Kuva 26 A-prioriteetin hälytyksen kulku.

7.1 TK1



Kuva 27 TK1 konfiguraatiot

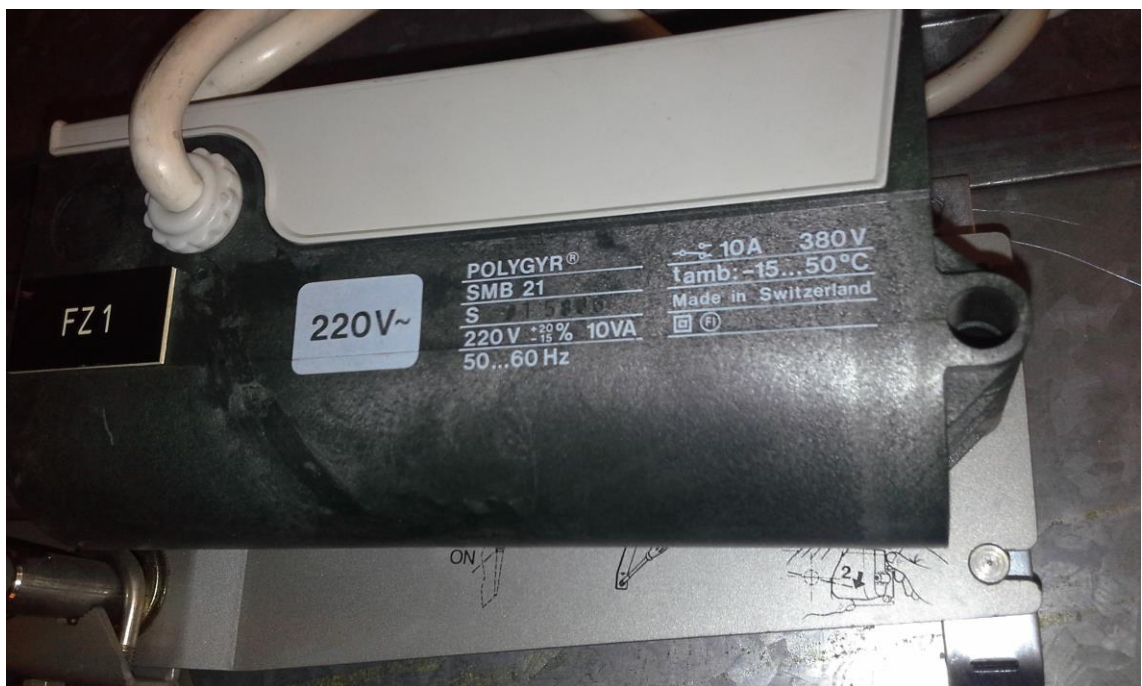
7.1.1 Tehon ohjaus

Puhaltimien ohjaus -kohdasta (kuva 27) selviää, että puhaltimet ovat taajuusmuuttaja ohjattuja ja niillä on minimi- ja maksiminopeudet, jotka määritetään säätimen asetuksissa, sekä taajuusmuuttajan parametreissa. Maksiminopeudeksi asetettiin 50 Hz ja miniminopeudeksi 25 Hz.

IV-tehon ohjaukset eivät ole käytössä, koska järjestelmässä ei ole ulkolämpötila-, huonelämpötila-, kosteus- tai hiilidioksidiantureita, joiden avulla puhaltimen tehoa voitaisiin säätää dynaamisesti. Puhaltimien tehoa ohjataan ainoastaan säätimen aikaohjelmalla joko minimi- tai maksiminopeudelle.

7.1.2 Peltiohjaus

Peltiportaan ohjaustapa ON/OFF tarkoittaa, että pellit ohjataan joko kiinni tai auki koneen käynnin mukaisesti. Kesätoiminto on irrelevantti, koska koneessa ei ole jäähdytysporasta. Kanavalla 52 ohjataan tulopeltiä. Kun kanavassa on 24 VAC:n jännite, pellit aukeavat ja päästävät ilmavirran läpi. Kun kanava katkaisee jännitteen syötön, pellin sulkeutuvat ja estävät ilmavirran kulkemisen. Tuloilman peltimoottori (kuva 28) oli käyttöjännitteeltään 230 VAC, joten peltimoottorin ohjaus jouduttiin toteuttamaan välireleen avulla. Eli kanavasta 52 syötetään 24 VAC:n jännite välireleen kelalle, jonka koskettimet kytkevät 230 VAC jännitteen peltimoottorille.



Kuva 28 TK1 tuloilman peltimoottori.

7.1.3 LTO

Pyörivällä lämmönsiirtimellä toimiva LTO on tässä koneessa otettu käyttöön. Kiekon pyörimisnopeutta ja täten LTO:n lämmitystehoa säädetään y-viestillä säätimen kanavasta 62. Käyttöjännitettä LTO-laitteistolle ei tarvinnut säätölaitekeskukselta viedä, koska ryhmäkeskukselta menee 230 VAC:n syöttö LTO:n ohjainyksikölle (kuva 29), joka pyörittää kiekon askelmoottoria.



Kuva 29 TK1 LTO:n ohjainyksikkö

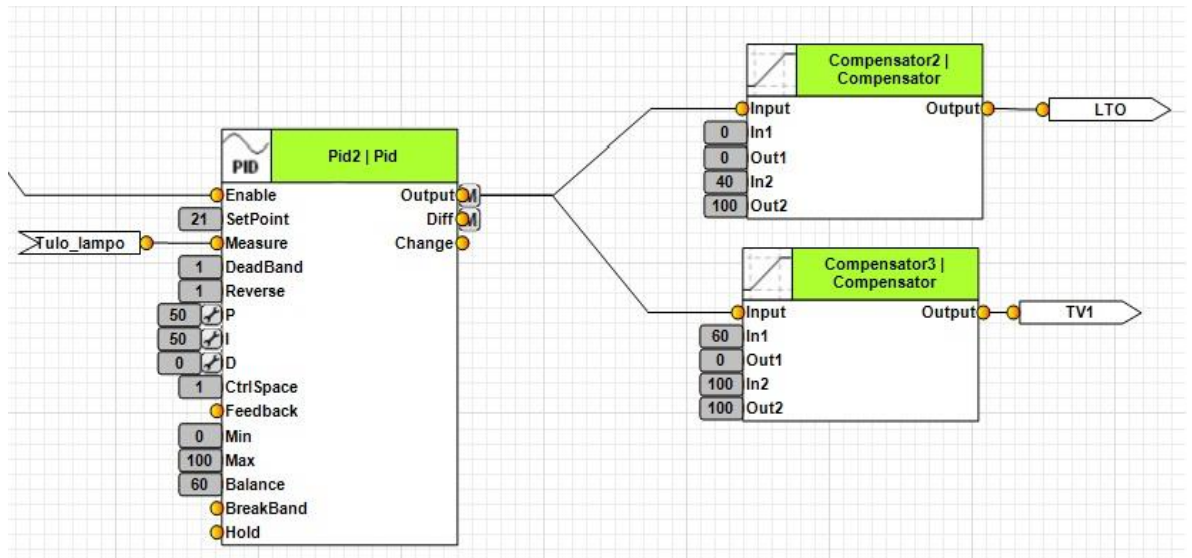
Huurtumissuojaus lämpötilan mukaan tarkoittaa, että säädin mittaa poistoilmalämpötilaa LTO:n jälkeen ja hidastaa LTO:n pyörimisnopeutta, jos lämpötila laskee alle asetetun huurtumissuoja-asetusarvon. Tällä pyritään estämään LTO-kiekon kennoston huurtuminen ja ilmavirran kulkureitin tukkeutuminen.

7.1.4 Lämpötilan ohjaus

Koneen lämpötilan ohjaus on ”Tulo-ohjattu”. Tämä tarkoittaa, että EH-105 säättää koneen sisään puhallettavan tuloilman lämpötilan käyttäjän asettaman asetuseron mukaiseksi. Ilma lämmitetään ensin LTO:lla. Kun LTO:n lämmitysteho ei enää riitä saavuttamaan tuloilman asetuservoa, aloitetaan käyttämään myös lämmityspatteria.

EH-105:ssä on 24 VAC:n jännitesyöttölähtöjä, joista kanava 42 on otettu käyttöön TV1:n toimilaitteen käyttöjännitteen syötöksi. Y-viesti toimilaitteelle lähtee säätimen kanavasta 63.

Kyseessä on siis sarjasäätöinen PID-säätö (kuva 30), jonka mittaussuurena toimii tuloilman lämpötila ja ohjauksina ensin LTO ja sitten lämmityspatteria eli TV1.



Kuva 30 Ouflex-sovelluksesta otettu havainnollistava kuvankaappaus lämpötilan säädön toiminnasta

Lämmitysporras on määritelty vesipatteriksi, jollainen TK1:ssä on. Toisena konfigurointivaihtoehtona on sähköpatteri. Täytyy kuitenkin muistaa, että jos valitsee konfiguraatorilta sähköpatterin, ei koneen vesipatteri muutu taialla sähköpatteriksi.

7.1.5 Tulot

Tuloja TK1:n säätimessä oli yhteensä kuusi kappaletta, kolme digitaalista ja kolme analogista. Analogiatulot ovat koneen lämpötilamittauksia, jotka ovat siis NTC-lämpövastuksia. Digitaalitulot ovat, joko sulkeutuvia tai avautuvia kosketintietoja.

Kanavaan 2 kytkettiin koneen tuloilman lämpötila-anturi, kanavaan 3 poistoilman lämpötila-anturi ja kanavaan 4 jäätymissuoja-anturi. Yleensä rakennusautomaatiojärjestelmissä jäätymissuojalle on oma erillinen termostaatti. EH-105:ssä tämä on sisäänrakennettu, joten erillistä jäätymissuojatermostaattia ei tarvittu.

Tuloilman lämpötilamittaus TE 1.1 toimii lämpötilan PID-säätimen mittauksena. Poistoilman lämpötilamittauksista TE 1.1.1 käytetään LTO:n huurtumissuojaukseen. Jäätymissuoja-anturi mittaa patterin paluuvien lämpötilaa ja tarvittaessa laukaisee koneen jäätymissuojan. Jäätymissuoja-anturin, tai sen mittauspiirin, vioittuminen myös laukaisee jäätymissuojatoiminnon.

Kanavaan 24 kytketty lämmityspumpun käyntitieto on NC-kosketin, joka avautuessaan aiheuttaa hälytyksen, joka on toiminnaltaan samanlainen jäätymissuojan kanssa. Kanaviin 25 ja 26 on kytketty taajuusmuuttajilta tulevat puhaltimien NO-käyntitiedot, jotka aiheuttavat ristiriitahälytyksen, mikäli puhaltimien ohjaus on päällä, mutta käyntitieto ei ole aktiivinen ja vastaavasti toisin päin, jos ohjaus ei ole päällä, mutta käyntitieto on aktiivinen. Ristiriitahälytys poikkeaa jäätymissuoja- ja lämmityspumppuhälytyksistä siten, että se katkaisee puhaltimen ohjauksen, mutta ei poista ryhmäkeskuksen käyntilupaa.

7.2 TK2

Kuva 31 TK2 Konfiguraatiot

7.2.1 Puhaltimien ohjaus

Kuvassa 31 on esitetty kuvankaappaus TK2:N konfiguraatioista. TK2:n poistopuhaltimet ovat yksinopeuskoneita, joten niitä ei voida ohjata kuin päälle tai pois. Poistopuhaltimet PF 2.1 ja PF 2.2 käyvät samanaikaisesti TF 2:n kanssa. TF 2-puhaltimeen asennettiin taajuusmuuttaja, mutta jos sen nopeutta muutettaisiin, menisi ilmapainot tasapainot sekaisin, sillä poistopuhaltimien pyörimisnopeutta ei voida nykyisillä laitteistoilla säätää.

Täten, jos TF 2:n pyörimisnopeus pudotettaisiin, vaikka puoleen, syntyisi liikuntasaliin niin kova alipaine, että salin ovia tuskin saisi auki lihasvoimin.

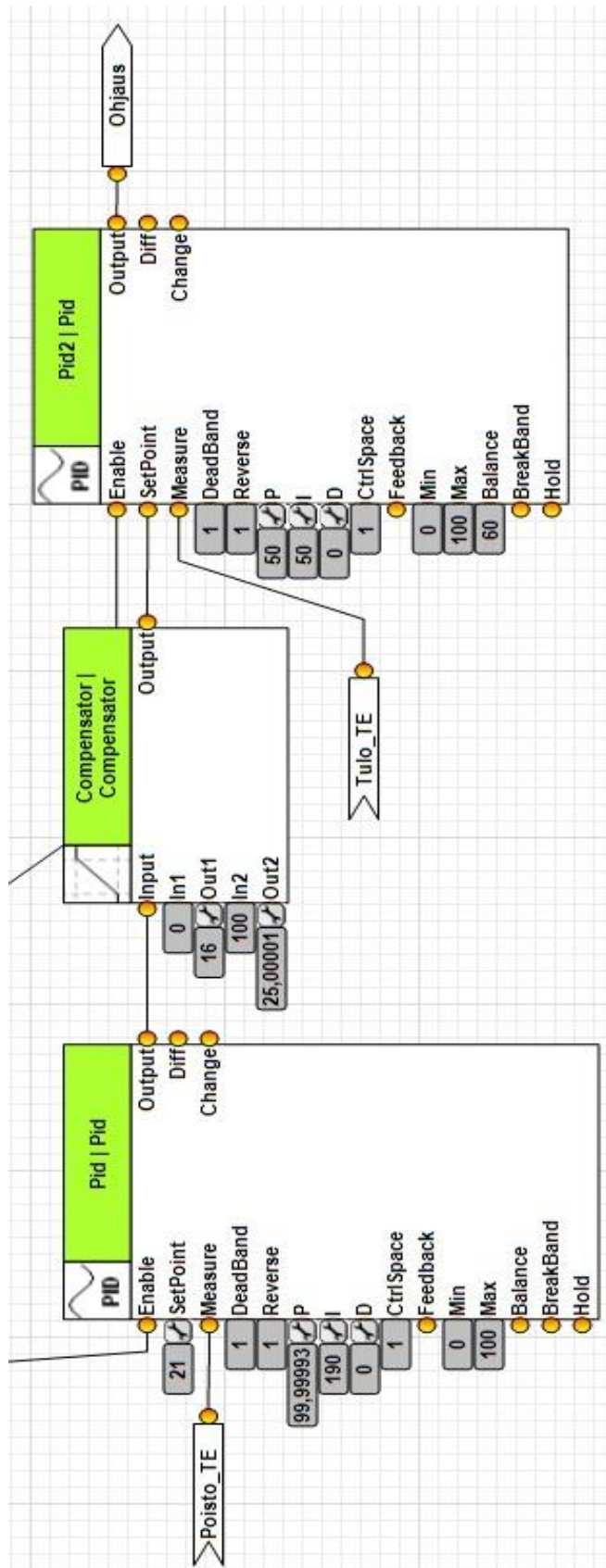
Poistopuhaltimien muuttaminen portaattomasti säädettäviksi, esimerkiksi vaihtamalla puhaltimet EC-puhaltimiin, olisi nostanut projektin kustannuksia huomattavasti. Projektin perimmäisenä tarkoituksena kuitenkin oli korjaustoimenpide, jolla saataisiin kiinteistön ilmanvaihto toimimaan, niin ettei lasten tarvitsisi palella eikä päivästäjien juosta keskellä yötä kuittailemassa hälytyksiä, joiden syitä ei tiedetty.

7.2.2 Lämpötilan ohjaus

TK2:n lämpötila on poisto-ohjattu, jotta liikuntasalin lämpötila saataisiin pysymään mahdollisimman tasaisena. Sali voi olla täynnä juoksevia lapsia, tai se voi olla täysin tyhjiin, joten salin lämmöntuotto on hyvinkin vaihtelevaa.

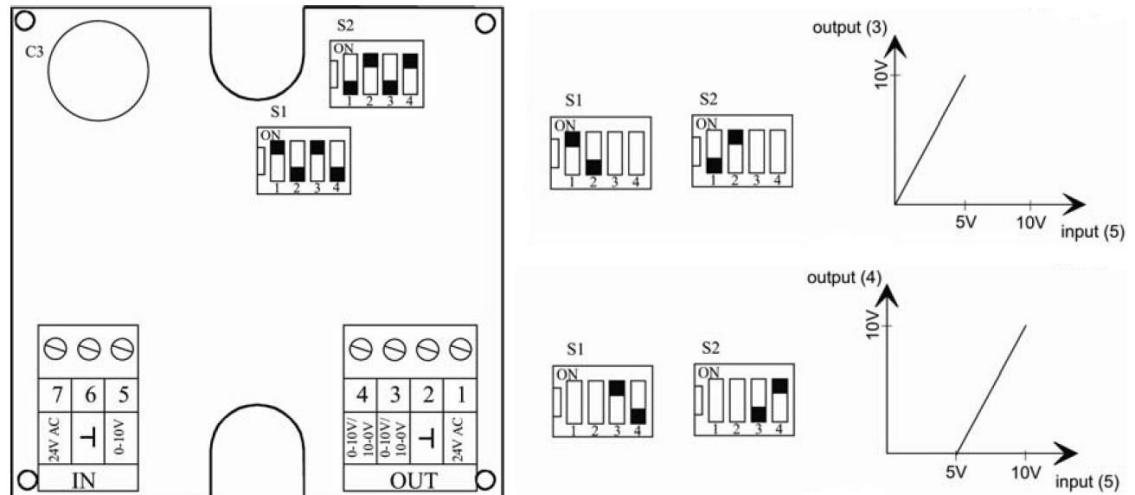
Poisto-ohjattu lämpötilanohjaus tarkoittaa, että koneen poistoilman lämpötila pyritään pitämään käyttäjän asettamassa asetusravossa säätämällä tuloilman lämpötilaa. Jos salissa on liian kuuma, puhalletaan sisään viileää ilmaa ja vastaavasti, jos salissa on liian kylmä, puhalletaan sisään lämmintä ilmaa. Tuloilman minimi- ja maksimiarvot määritetään EH-105:n asetuksissa.

TK2:n lämpötilan ohjauksessa on kaksi peräkkäistä PID-säädintä, eli kyseessä on kaskadisäätö (kuva 32). Ensimmäisellä PID-säätimellä ja skaalauksella määritetään tuloilman asetusravo. Jälkimmäinen PID-säädin puolestaan ohjaa tuloilman lämmityksen tehoa.



Kuva 32 Kaskadisäätöä havainnollistava kuvankaappaus Ouflex-sovelluksesta. Tässä tapauksessa tuloilman minimiarvoksi on asetettu 16 °C ja maksimiarvoksi 25 °C.

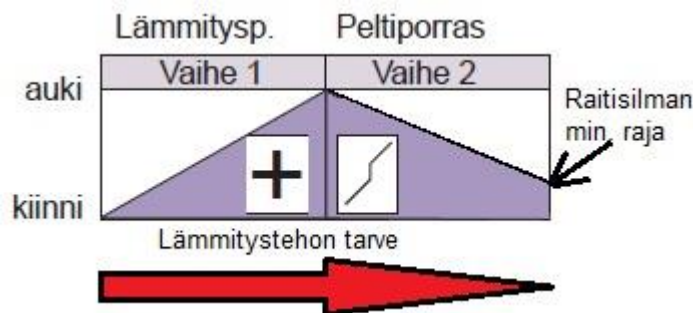
Lämmityspatterissa on kaksi säätöventtiiliä, TV 2.1 ja TV 2.2. Näistä TV 2.1 on patterin ensisijainen lämmittäjä ja virtaukseltaan pienempi. Säätimeltä tuleva y-viesti on jaettu EHC:n avulla siten, että 0-5 V:n osuus viestistä ohjaa säätöventtiiliä TV 2.1 ja 5-10 V:n osuus säätöventtiiliä TV 2.2 (kuva 33).



Kuva 33 EHC:n asetukset TK2:n lämmitysventtiileille. 3 => TV 2.1 ; 4 => TV 2.2 [12]

7.2.3 Peltien ohjaus

Peltiporras on konfiguroitu sarjasäätöiseksi lämmitysportaan kanssa. Toiminta on vastaavanlainen, TK1 LTO:n ja lämmityspatterin kanssa, ainoastaan käänteisenä. Tuloilma lämmitetään ensisijaisesti patterin avulla. Mikäli patterin teho ei riitä lämmitykseen, astuu peltiporras kehiin rajoittamaan raitisilman määrää (kuva 34).



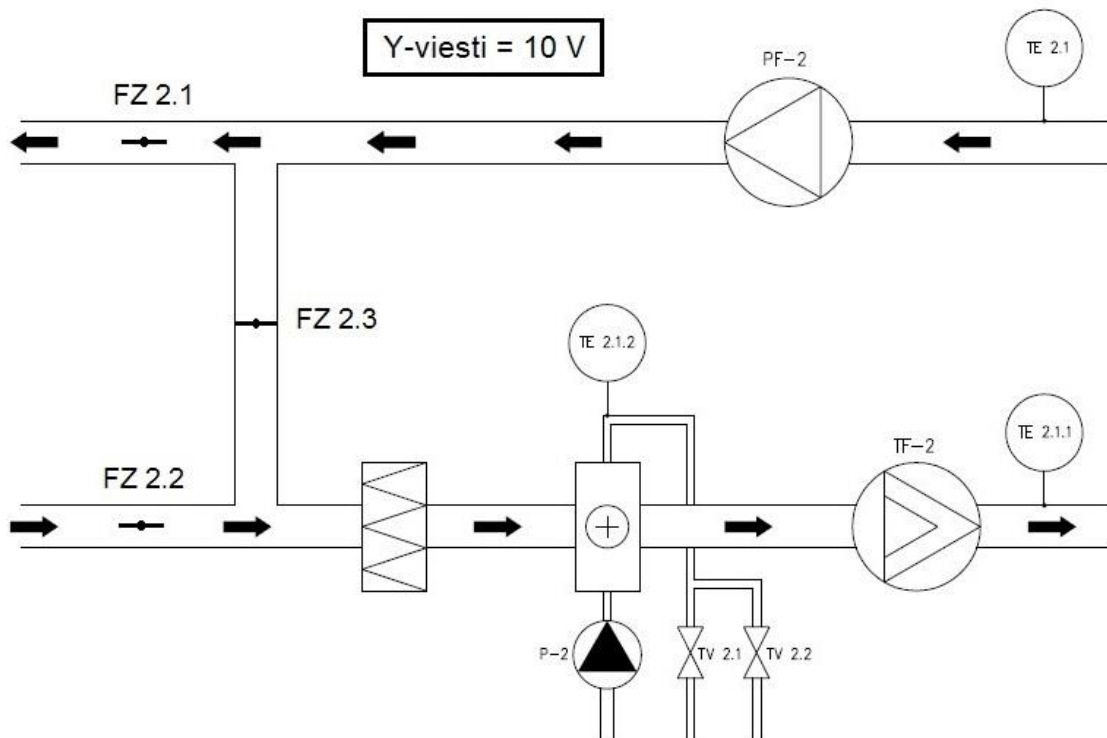
Kuva 34 Sarjasäädön toiminta. [16, s.27]

Eli osa poistoilmasta kierrätetään takaisin tuloilmaan. Raitisilman minimimäärää voidaan säätää EH-105:n asetuksista esimerkiksi 30 %, kuten tässä sovelluksessa. Tämä tarkoittaa, että ulkoa tulevan ilman virtausta ei suljeta kokonaan, vaan tuloilmapellin on oltava vähintään 30 % auki.

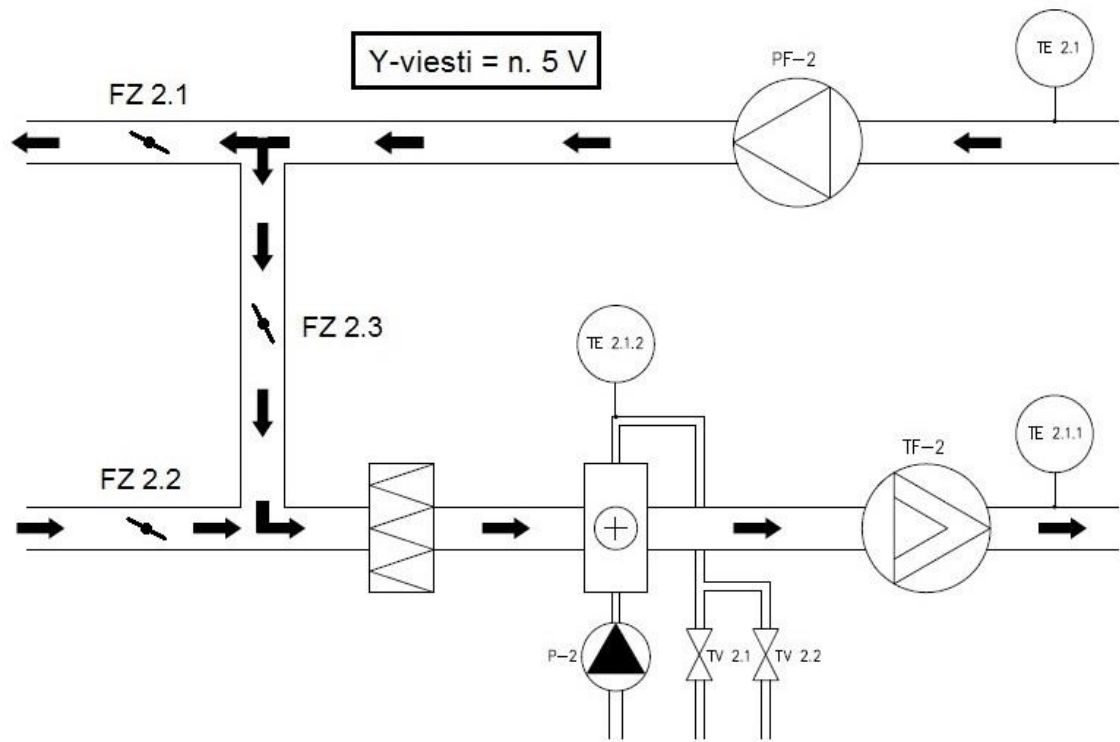
Kaikille peltimoottoreille viedään sama y-viesti, joka kasvaessaan avaa peltejä FV 2.1 ja FV 2.2, sekä sulkee peltiä FV 2.3. Pellin FV 2.3 päinvastainen toimisuunta on toteutettu mekaanisella kytkennällä.

Siis viestin ollessa 10 V pellit FV 2.1 ja FV 2.2 ovat täysin auki ja pelti FV 2.3 täysin kiinni, jolloin kiertoilmaa ei ole ollenkaan, vaan kaikki poistoilma puhalletaan ulos. Vastaavasti jos viesti olisi 0 V, mitä ei käytännössä tapahdu muuten kuin koneen ollessa seis, olisi pellit FV 2.1 ja FV 2.2 täysin kiinni ja FV 2.3 täysin auki, jolloin kaikki ilma kiertäisi poistokanavasta tulokanavaa ja kone olisi kiertoilmakone, ei ilmanvaihtokone.

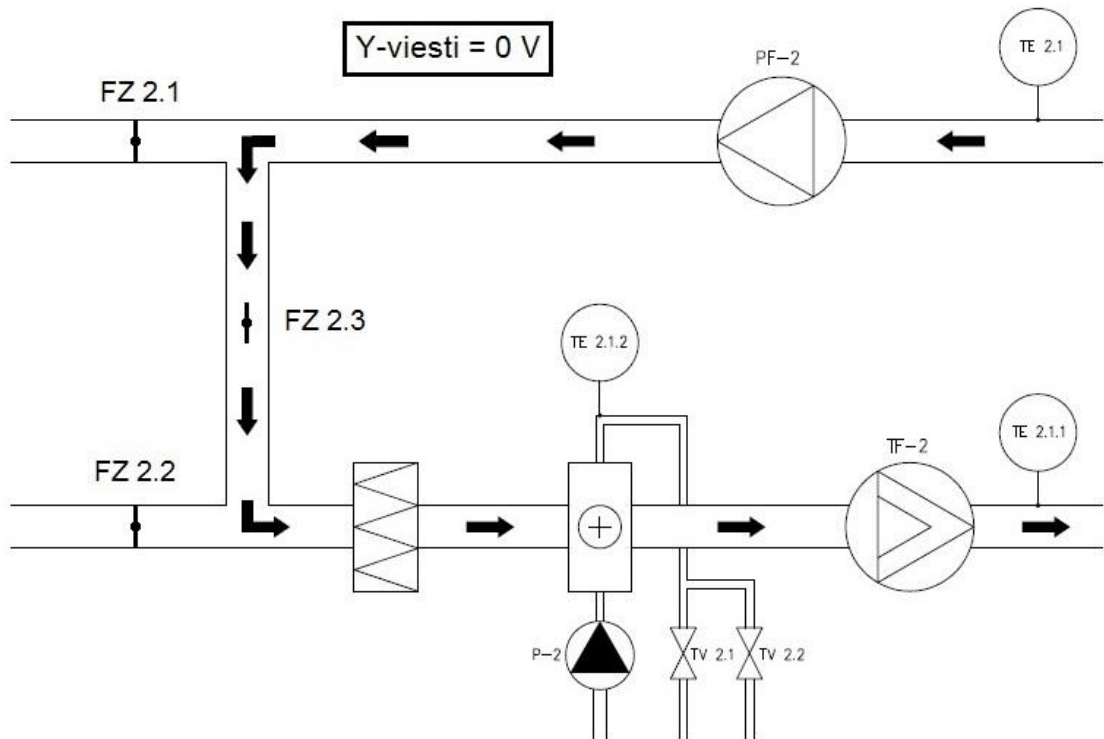
Kuvissa 35, 36 ja 37 selitetty sama asia graafisesti.



Kuva 35 Kiertoilmajärjestelmän toiminta graafisesti selitettynä kuva 1/3.



Kuva 36 Kiertoilmapellistön toiminta graafisesti selitettynä kuva 2/3.



Kuva 37 Kiertoilmapellistön toiminta graafisesti selitettynä kuva 3/3.

7.2.4 Tulot

TK2:ssa on kolme mittaustuloa, tuloilman lämpötila TE 2.1.1, poistoilman lämpötila TE 2.1 ja patterin paluuvien lämpötila TE 2.2, joka toimii jäätymissuojan mittauksena. Digitaalituloja on kaksi kappaletta. Kanava 22 on määritelty ”yhteishälytys sulkeutuva 3”-toiminnoksi, johon on kytketty TF 2 -taajuusmuuttajan hälytystieto, jonka hälytystekstiksi vaihdettiin EH-105:n käyttöpaneelilla ”Taajuusmuuttaja hälytys”. Kanavaan 24 kytkettiin lämmityspatterin käyntitieto, joka avautuessaan aiheuttaa koneen pysäyttävän hälytyksen.

7.3 TK3

The screenshot shows the 'EH-105 konfiguraatio' software interface. The window title is 'EH-105 konfiguraatio'. The interface is divided into several sections:

- EH-105 konfiguraatio**: Main title and device information (Laitetyyppi: EH-105, Ohjelmaversio: >= V1.42, Tunnista laite).
- Toimintatapa**: Configuration for different operating modes (Lämpötilan ohjaustapa, IV puhaltimet, Peltiporras, LTD-porras, Lämmitysporras, Jäähdytysporras).
- 24 VAC lähtöjen valinnat**: Selection of 24VAC outputs (24 VAC lähtö 42, 43, 51).
- IV tehon ohjaus**: Fan speed control options (Rajoitus ulkolämpötilan mukaan, Rajoitus sarjasäädöllä, Tehostus CO2:n mukaan, IV käynnistys CO2 minimirajalla, Tehostus huonelämmön mukaan, Tehostus kosteuden mukaan).
- Toimilaitevalinnat**: Selection of actuators for different components (Peltiporras, LTD-porras, Lämmitysporras, Jäähdytysporras).
- Digitaalitulojen valinnat**: Selection of digital inputs (Digitaalitulo 21-27).
- Analogiatulojen valinnat**: Selection of analog inputs (Mittaus 1-11).
- Toiminnasta koodi -->**: Operation code field showing '014H1 m0040 20700 00000 0y0Y0 00'.
- Koodista toiminta -->**: Action code field.
- Laiteosoite:** 0
- Kohde:**
- Sisältö:**
- Päivämäärä:**
- Nimi:**

Kuva 38 TK3 konfiguraatiot

7.3.1 Puhaltimien ohjaukset

TK3:n puhaltimen ohjaus tapahtuu säätimelle asetetulla aikaohjelmalla, joka ohjaa puhaltimet joko puoli- tai täysnopeudelle. Tulopuhaltimen TF-3 nopeuden ohjaus toteutet-

tiin taajuusmuuttajan digitaalituloilla 18 ja 19. Digitaalitulo 18 on start-toiminto, joka aktivoituessaan käynnistää puhaltimen 50 Hz:n nopeudelle. Tulo 19 on jog-toiminto, jonka nopeudeksi määriteltiin parametreissa 25 Hz.

Puhallinta ajetaan siis esiasetetuilla ohjearvoilla, vaikkakaan ei ihan oikeaoppisesti. Taajuusmuuttajan parametreissa on erikseen parametrit esiasetetuille ohjearvoille, joita voi olla useampia. Koska ajettavia nopeuksia ei ole kuin kaksi, niin käytin hyväksi taajuusmuuttajan jog-toimintoa, näin ollen säästäen muutaman napin painalluksen taajuusmuuttajaa parametreissa. Toiminta on kuitenkin täysin sama, kuin ”oikeaoppisesti” toteutettuna.

Puhaltimien käynnin ohjaus toteutettiin säätölaitetekoteloon sijoitettujen välireleiden K1 ja K2 avulla, sillä TF 3:n taajuusmuuttajan käyntiohjaus on jännitteeltään 24 VDC, kun taas PF 3.1 ja PF 3.2 vaativat 230 VAC ohjausjännitteen. PF 3.3 on varsinaisen projektin jälkeen lisätty uusi EC-huippumuri, jolle on lisätty omat välireleet K3 ja K4.

Täyden nopeuden ohjaus tapahtuu releillä K1 ja K3. Puolen nopeuden ohjaus puolestaan hoidetaan releillä K2 ja K4. Releiden K1 ja K3 kelat ovat kytketty rinnan ja ne saavat ohjauksen EH-105:n koskettimelta 71,72. Releiden K2 ja K4 kelojen kytkentä on hoidettu vastaavasti ja ne saavat ohjauksensa EH-105:n koskettimelta 73,74.

7.3.2 Lämpötilan ohjaus ja tuloilmapelti

TK3:n tulolämpötilaa lämmittää ainoastaan koneen lämmityspatteri, jonka tehoa säädetään tuloilma-anturin TE 3.1 ja TV 3:n avulla, jotka yhdessä muodostavat PID-säätimen. Tuloilman asetusarvon määrittelee käyttäjä EH-105:llä.

Koneessa on ainoastaan tuloilmapelti, joka on kytketty säätimen kanavaan 51 ja toimii ON/OFF-periaatteella. Kun kone käy, pelti on auki ja vastaavasti toisin päin.

7.3.3 Tulot

Mittaustuloja TK3:lla on ainoastaan kaksi kappaletta. Kanavaan 2 on kytketty tuloilman lämpötilamittaus ja kanavaan 4 jäätymissuoja-anturi. Myöskin digitaalituloja on vain kaksi

kappaletta. Kuten muissakin koneissa kanavaan 24 on kytketty lämmityspumpun käyntitieto. Kanavaan 22 on kytketty yleishälytys sulkeutuva 3, joka on TK2:n tapaan taajuusmuuttajan hälytystieto ja se on EH-105:n käyttöpaneelilla kirjattu taajuusmuuttaja hälytykseksi. Kuvassa 38 on esitetty TK3:n konfiguraatiot.

7.4 Toimintakoodi

Toimintakoodi on jälleen yksi EH-105:n säätimien hyödyllinen ominaisuus. Siihen sisältyy säätimen kaikki olennaiset asetukset, eli teoriassa on mahdollista kertoa pelkän toimintakoodin perusteella, millainen IV-kone on kyseessä ja mitkä ovat sen asetukset.

Toimintakoodi on siis säätimen eräänlainen back-up, joka hyvän asennustavan mukaan kirjoitetaan asennuksen lopuksi jonnekin näkyville, kuten tässä projektissa säätölaitekoteloiden ovien sisäpinnoille. Toimintakoodi osoittautuu hyödylliseksi, kun säädin hajoaa ja tilalle vaihdetaan uusi. Kaikkia asetuksia ei tarvitse yksitellen käydä muokkaamassa, vaan toimintakoodi kirjoitetaan EH-105:n asetusten palautusvalikosta löytyvään toimintakoodiasetukseen. Tämän toimenpiteen jälkeen vaihdetussa säätimessä on vanhan säätimen asetukset, eikä muita asetustoimenpiteitä tarvitse suorittaa [16, s.47].

Jokaisella kolikolla on kuitenkin kääntöpuolensa. Hyvin usein toimintakoodia ei ole kirjattu minnekään. Toinen Akilleen kantapää on se, että kun säätimen asetuksia muutetaan, uutta toimintakoodia ei kirjoiteta ylös. Tämä tarkoittaa, että kun uusi säädin vaihdetaan hajonneen tilalle, ei ylös kirjattu toimintakoodi olekaan enää validi.

Tämä ongelma tosin koskettaa kaikkia huoltotoimenpiteitä, eikä pelkästään EH-105 säätimiä. Tehtyjä muutoksia harvoin kirjataan mihinkään. Tämä puolestaan tuottaa päänvavaa järjestelmien korjaushenkilöille. Syyt dokumentoinnin puutteellisuuteen ovat moninaiset.

7.5 Toimintaselostukset

Työssä on liitteenä koneiden säätökaaviot ja toimintaselostukset, jotka on laadittu Oumanin suunnittelijamateriaalien pohjalta. [17]

8 Mahdolliset tulevaisuuden parannukset

Kilon koulun ilmastointilaitteisiin on nyt siis asennettu uudet automaatiolaitteet. Silti parannettavaa vielä olisi, että laitteista saataisiin paras mahdollinen hyöty irti. Esimerkiksi taajuusmuuttajakäyttöjä ei hyödynnetä täysimääräisesti, koska koneet käyvät edelleen vain kahdella tai yhdellä nopeudella. Siksi kerronkin seuraavaksi mahdollisia järjestelmän mahdollisia parannuksia konekohtaisesti.

8.1 Opetustilojen tuloilmakone TK1

TK1:n kaikissa puhaltimissa on nyt mahdollisuus pyörimisnopeuden portaattomaan säätöön, joten koneen parannukset pystyttäisiin suorittamaan suhteellisen pienillä laitehankinnoilla.

8.1.1 Kanavapainesäätö ja ilmamäärämittaukset

Kanavapainesäädöllä tarkoitetaan säätöä, jossa IV-koneen puhaltimien pyörimisnopeutta säädetään PID-säädöllä, niin että kanavissa on joko minimi- tai maksimipaine, joita ohjattaisiin säätimen aikaohjelmalla. Kanavapainesäätöä varten täytyisi hankkia painelähttimet tulo- ja poistoilmakanaville, jotka kytkettäisiin EH-105-säätimelle, jonka asetuksista voitaisiin määrittää asetusarvot minimi- ja maksimipaineille. [16, s.32]

Minimi- ja maksimipaineiden määrittämiseksi täytyisi suorittaa ilmamäärämittaukset, joiden perusteella selvitetään, millä kanavapaineella saavutetaan riittävä tiloihin virtaava ilmamäärä. Näillä toimenpiteillä voitaisiin parantaa opetustilojen sisäilman laatua, sekä mahdollisesti vähentää koneen energian kulutusta, mikäli riittävä ilmamäärä saavutetaan puhaltimien nimellisyörimisnopeutta pienemmällä pyörimisnopeudella.

Kuten jo aiemmin esitettiin, saavutettavat taloudelliset säästöt voivat olla huomattavia. Esimerkiksi, jos keskimääräinen pyörimisnopeus saataisiin pudotettua puoleen nimellisnopeudesta, putoaisivat vuosikustannukset jo lähes kymmenesosaan. Todellisuudessa tämä toimenpide on taloudelliselta kannalta uhkapeliä. Mikäli osoittautuu, että vaadittava ilmamäärä saavutetaan vasta ylittämällä puhaltimen nimelliskierrosnopeus, energiankulutus ja sitä kautta taloudelliset kustannukset nousevat huomattavasti.

8.1.2 LTO-kiekon huurtumissuoja

Nykyinen poistoilman lämpötilaan perustuva LTO-kiekon huurtumissuoja ei ole paras mahdollinen, sillä toiminto saattaa lähteä tarpeettomasti päälle, vaikka kiekko ei huurtuisi. Parempi vaihtoehto olisi paine-eromittaus LTO:n yli, jonka avulla voidaan havaita, mikäli LTO-kiekko todella tukkii sen läpi kulkemaa ilmavirtaa. Muutos vaatisi paine-erolähettimen hankinnan ja sen liittämisen EH-105:een, sekä asetusten muutokset säätimelle. [16, s.35]

8.2 Keittiön tuloilmakone TK3

8.2.1 Lämpötilan ohjaus huonelämmön mukaan

Keittiössä lämpötilaolosuhteet vaihtelevat huomattavasti, joten tasainen tuloilman lämpötila ei välttämättä ole optimaalinen sisään puhalluslämpötilan ohjaustapa. Keittiössä on paljon koneita, jotka tuottavat lämpöä vaihtelevasti käytön mukaan, joten tasaisen huonelämpötilan takaamiseksi olisi keittiöön ja ruokailutiloihin hyvä asentaa huonelämpötila-antureita. Tällöin tuloilman lämpötilaa voitaisiin vaihdella tarpeen mukaan. Nykyisin on saatavilla langattomia [18] huonelämpötila-antureita, joten vaikealta kaapeloinnilta alakerran keittiöstä vintillä sijaitsevaan IV-konehuoneeseen vältyttäisiin.

8.2.2 Puhaltimien tehon ohjaus CO²-pitoisuuden mukaan

Keittiötä palvelee nyt yksi tuloilmapuhallin ja kolme poistoilmapuhallinta. Tuloilmapuhallinta ja yhtä poistoilmapuhallinta on mahdollista säätää portaattomasti. Tämä muutos vaatisi kahden muun poistopuhaltimen vaihtamista portaattomasti säädettäviksi.

Keittiön ja ruokasalin ihmismäärä vaihtelee merkittävästi, joten myös tilojen hiilidioksidin tuotto ja näin ollen vaadittavan raittiin ilman määrä vaihtelee huomattavasti. Tiloihin asennettaisiin hiilidioksidiantureita, joiden avulla voitaisiin puhaltimien pyörimisnopeutta [16 s.31] säätää ja pienentää puhaltimien energian kulutusta.

8.3 Liikuntasalin tuloilmakone TK2

Liikuntasalissa tilanne tilojen käytön suhteen on, keittiön ja ruokasalin tapaan, hyvin vaihtelevaa. Välillä siellä ei ole ketään ja toisinaan sali on tupaten täynnä. Siksi myös liikuntasaliin olisi hyvä asentaa hiilidioksidiantureita, joiden avulla voitaisiin säätää puhaltimien pyörimisnopeutta, sekä raitisilmapeltien avulla kiertoilman määrää [16, s.29 & 33]. Näin liikuntasalin ilmanvaihdon energiatehokkuutta saataisiin parannettua merkittävästi.

8.4 IV-tehon rajoitus ulkolämpötilan mukaan.

Kovilla pakkasilla sisään puhallettavan ilman lämmittäminen syö todella paljon energiaa. Syynä ei ole pelkästään ulkoilman lämpötila, vaan kylmän ilman kosteus on myös hyvin alhainen, jolloin sen lämmönvastaanotto kyky on heikko. Tästä syystä olisi hyvä ottaa kaikissa koneissa käyttöön tehon rajoitus ulkolämpötilan mukaan [16, s.31]. Toimenpide vaatisi joko ulkolämpötila-antureiden asentamisen kaikille koneille tai yhden ulkolämpötila-anturin asentamisen ja väyläkaapeloinnin rakentamisen säätimien välille.

9 Loppusanat

Opinnäytetyön aloituspalaverissa selvisi, että kannattaa keskittyä kiinteistötekniikan nykypäivän kuumaan perunaan, energiatehokkuuteen. Tietysti pakko oli kertoa myös ilmanvaihtotekniikan perusteista.

Itse olen tyytyväinen lopputulokseen. Sain mielestäni ytimekkäästi käsiteltyä, miten ilmanvaihtolaitteet toimivat, mitä konkreettisia toimenpiteitä suoritettiin ja mitä vaikutuksia niillä on kiinteistön ilmanvaihdon kannalta. Lisäksi sain vielä mukaan lisättyä muutamia mahdollisia töitä tulevaisuudelle. Aika paljon jäi harmittamaan, etten käsitellyt laitteiden testausta ollenkaan.

Kerrotaan testauksesta lyhyesti sen verran, että siinä testattiin jäätymissuoja ja lämmityspumppuhälytysten toiminta ja katsottiin, että toimilaitteet toimivat oikein päin, sekä seurattiin, että koneet saavuttivat asetusarvonsa.

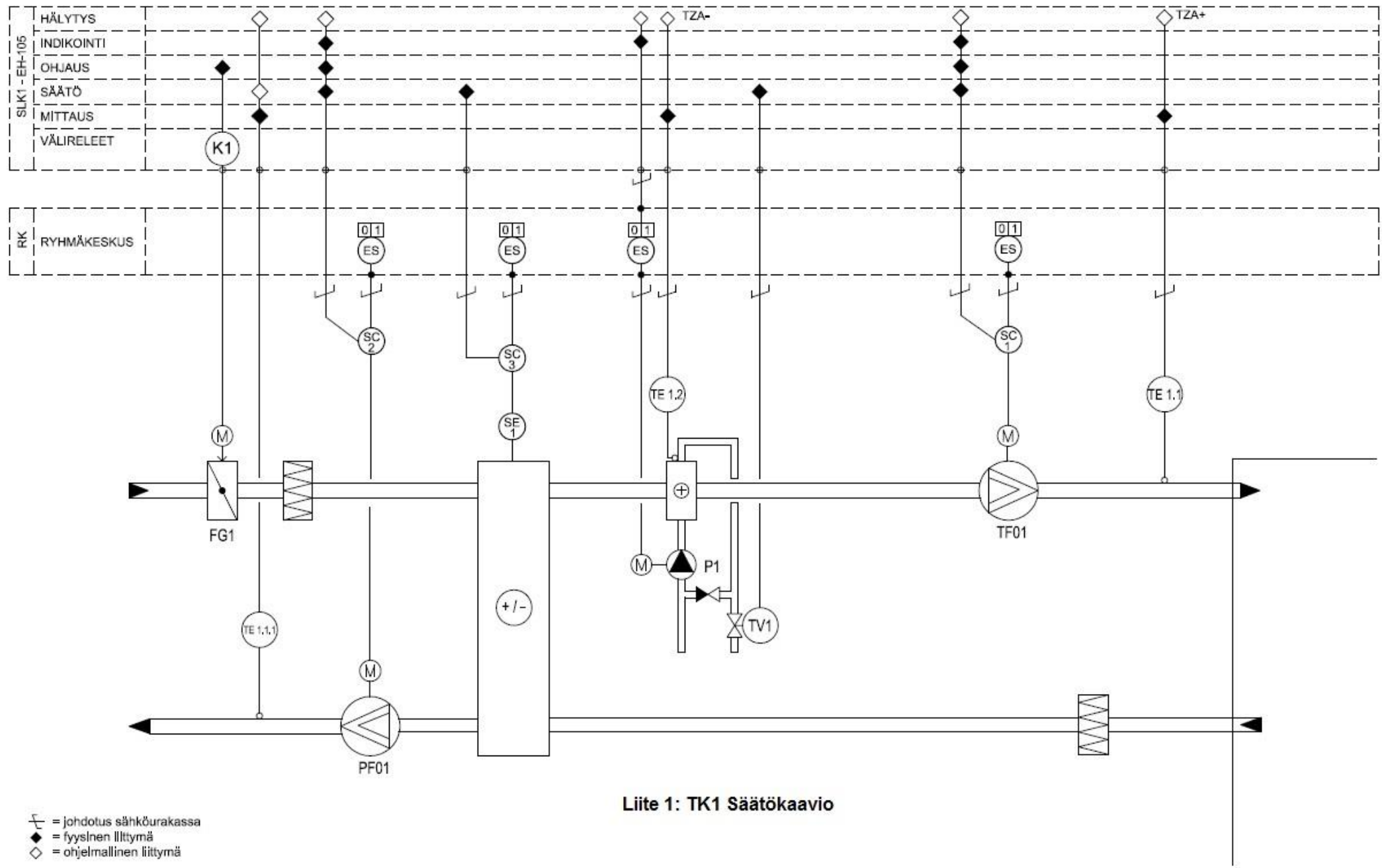
Kiitokset kaikille projektiin osallistuneille! Espoon kaupungille, joka antoi luvan tämän opinnäytetyön tekemiselle. Lassila & Tikanojalle, joka mahdollisti sen toteuttamisen. Ouman Oy:lle, jolta sain kullnarvoisia tietoja. Sekä viimeisimpänä muttei vähäisimpänä suuri kiitos perheelleni Jennalle ja Vilholle, jotka jaksoivat tukea minua tänä kiireisenä aikana ja kestivät minun pitkiä päiviä!

Lähteet

1. Raki, Jouni. 20.10.2016. Työnjohtaja. Lassila & Tikanoja Oyj. Sähköposti
2. Fläkt Woods Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=8b5ee99d-50ca-40a4-ab7b-9d9ec51afc7c>> Luettu 5.11.2016.
3. Vattenfall Oy. 2016. Verkkosivut.
<<http://www.vattenfall.fi/fi/sahkolaitteiden-energiankulutus.htm>>
Luettu 12.11.2016
4. Virta, Kai. 2016. Lehtori. Metropolia Oy. Opintotuokio. Metropolia Myyrmäen yksikkö. 8.11.2016
5. Wikipedia organisaatio. 2016. Verkkodokumentti.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotary_heat_exchanger.png>
Luettu 5.11.2016.
6. Ouman Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://ouman.fi/documentbank/TMI__data_brochure__fi.pdf?x33591>
Luettu 12.11.2016
7. Stigell, Jani. 2016. Automaatioinsinööri. Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitos. Sähköposti.
8. Lönnroth, Ralf. 2016. Asiantuntijamyymä. Ouman Oy. Sähköposti.
9. Ouman Oy. 2016. Verkkosivut.
<<http://ouman.fi/en/services/building-automation/unit-regulators/>>
Luettu 12.11.2016
10. Ouman Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://ouman.fi/documentbank/TMD__data_brochure__fi.pdf?x33591>
Luettu 5.11.2016.

11. Planora Oy. 2016. Verkkosivut.
<<http://planora.fi/product/500-n-nopeus-35-s-liikepituus-65-mm-tehontarve-25-va-230-vac/>> Luettu 12.11.2016
12. Ouman Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://ouman.fi/documentbank/EHC__installation_instructions__fi.pdf?x33591>
Luettu 5.11.2016.
13. Danfoss Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://files.danfoss.com/documents/PE/doc_MG11A602.pdf>
Luettu 12.11.2016
14. Helsingin sanomat 2016. Verkkosivut.
<<http://www.hs.fi/talous/a1410485982503>>
Luettu 5.11.2016.
15. Kammi-rahntasto, Markku. IV-asiantuntija. Espoon kaupunki tilapalvelut liikelaitos. Puhelinkeskustelu.
16. Ouman EH-105 Käsikirja.
17. Ouman Oy. 2016. Verkkosivut.
<<http://ouman.fi/palvelut/rakennusautomaatio/suunnittelijamateriaali/>>
Luettu 12.11.2016
18. Ouman Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://ouman.fi/documentbank/WL-TEMP__data_brochure__fi.pdf?x33591>
Luettu 5.11.2016.
19. Ouman Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://ouman.fi/wp-content/uploads/2016/06/Ouman%20hinasto_2016_20160614.pdf?x33591> Luettu 12.11.2016

MUUTOKSEN TILAA PVM
 MUUTOKSEN KUVAUS
 MUUTOKSEN NIMI



Liite 1: TK1 Sääntökaavio

- △ = johdotus sähköurakassa
- ◆ = fyysinen liittymä
- ◇ = ohjelmallinen liittymä

Metropolia AMK
 Opinnäytetyöt
 Tekijä: Matias Kolvukoski
 Ohjaaja: Tuomas Hietala L&T
 Valvoja: Kal Vlrta

KOHDE
 KILON KOULU
 ASPELININTIE 3
 02630 ESPOO

SISÄLTÖ
 SÄÄTÖKAAVIO
 TK1
 OPETUSTILAT

SUUNN	MKo	PVM	15.11.16	LEHTÄ	2	LEHTI	1	
PIIRT	MKo	PVM	15.11.16	TYÖNRD		PIIRNRD		MUUTOS
TARK		PVM						

TOIMINTASELOSTUS

1. Toiminta käyntialkana

IV-kojeen käyntiä ohjataan säätimen omalla kellolla (viikko- ja vuosikello).
Tuloilman lämpötilan mittauksen TE 1,1 perusteella muutetaan tuloilman lämpötilaa TE 1,1 siten, että saavutetaan haluttu tuloilman asetusarvo. TE 1,1 toimii samalla tuloilman min/max -rajotusanturina. Säätimen haluama tuloilman lämpötila saavutetaan ohjaamalla LTO:n pyörimisnopeutta sekä, lämmitysventtiiliä TV1.
Sulkupelti FZ1 on auki koneen käydessä.
Sähkökatkon yhteydessä peltimoottorit FZ1 sulkeutuu jousivoimalla kinni.
Säädin ohjaa puhalltimen pyörimisnopeutta taajuusmuuttajien avulla, min tai max nopeudelle säätimen alkaohjelman mukaan.

2. Toiminta seisonta-alkana

Pelti FZ1 on kinni. Säädin ohjaa lämpötila-anturin TE 1.2 mukaan venttiiliä TV1 niin, että paluuveden lämpötila pysyy asetusarvossaan.

3. Varo- ja hälytystoiminnot

Jäätymissuoja (toimii 2-valheisesti)

- Venttiiliä avataan suhteellisesti, kun TE 1,2 lämpötila laskee alle jäätymisvaaran asetusarvo + jäätymisen ennakoinnin asetusarvon.
- Estää IV-kojeen käynnin ja hälyttää, kun TE4 lämpötila laskee alle jäätymissuojan asetusarvon.

Hälytystilanteen jälkeen uudelleenvirtitys tapahtuu kuitaamalla säätimestä, kun paluuvesi on + 10°C yll asetusarvon.

Palovaaratilinta:

Mikäli tuloilman lämpötila anturin TE1 kohdalla ylittää säätimelle asetetun palovaararajan, IV-koje pysähtyy ja pelti FZ1 sulkeutuu sekä tapahtuu hälytys.
Hälytystilanteen jälkeen uudelleenvirtitys tapahtuu kuitaamalla säätimestä.

IV-koje hälyttää kun pumpun käyntitieto katoaa, tulee ristritahälytys puhalltimen käynnistä.
Lisäksi säätimessä on asetettavissa oleva käyntilajan mukainen huoltovälihälytys.

4. Lisätoiminnot

LTO:n huurtumisenesto: Säädin mittaa LTO:n jälkimmäisestä polstoilmakanavasta lämpötilaa. Säädin pienentää LTO:n tehoa, niin ettei LTO:n jälkisen polstoilman lämpötila laske alle huoltotilassa asetetun "Huurt.Suoja" asetusarvon, tällä estetään LTO-laittelston huurtuminen.

6. Lukitukset RK

TF-01 ei käy, jos pumppu P1 ei käy.

KOJELUETTELO				
TUNNUS	LAITE	TYYPPI (pääm, OUMAN)	TEKNISET TIEDOT	HUOM
SLK1	SÄÄTÖKESKUS	EH-105		
P1	LJ-PUMPPU			
TE 1,1	LÄMPÖTILA-ANTURI	TMD NTC-10	-30...100 °C	
TE 1.1.1	LÄMPÖTILA-ANTURI	TMD NTC-10	-30...100 °C	
TE 1.2	LÄMPÖTILA-ANTURI	TMI NTC-10	+30...100°C	
TV1	SÄÄTÖVENTTIILI	BELIMO R414D	2-TIE, kvs 6,3	TOIMILAJE; HRYD24-SR 24VAC / 0...10V
FZ1	PELTIMOOTTORI	POLYGYR SMB 21	230VAC JOUSIPALAUTUKSELLA	OHJAUS VÄLIRELEEN K1 AVULLA

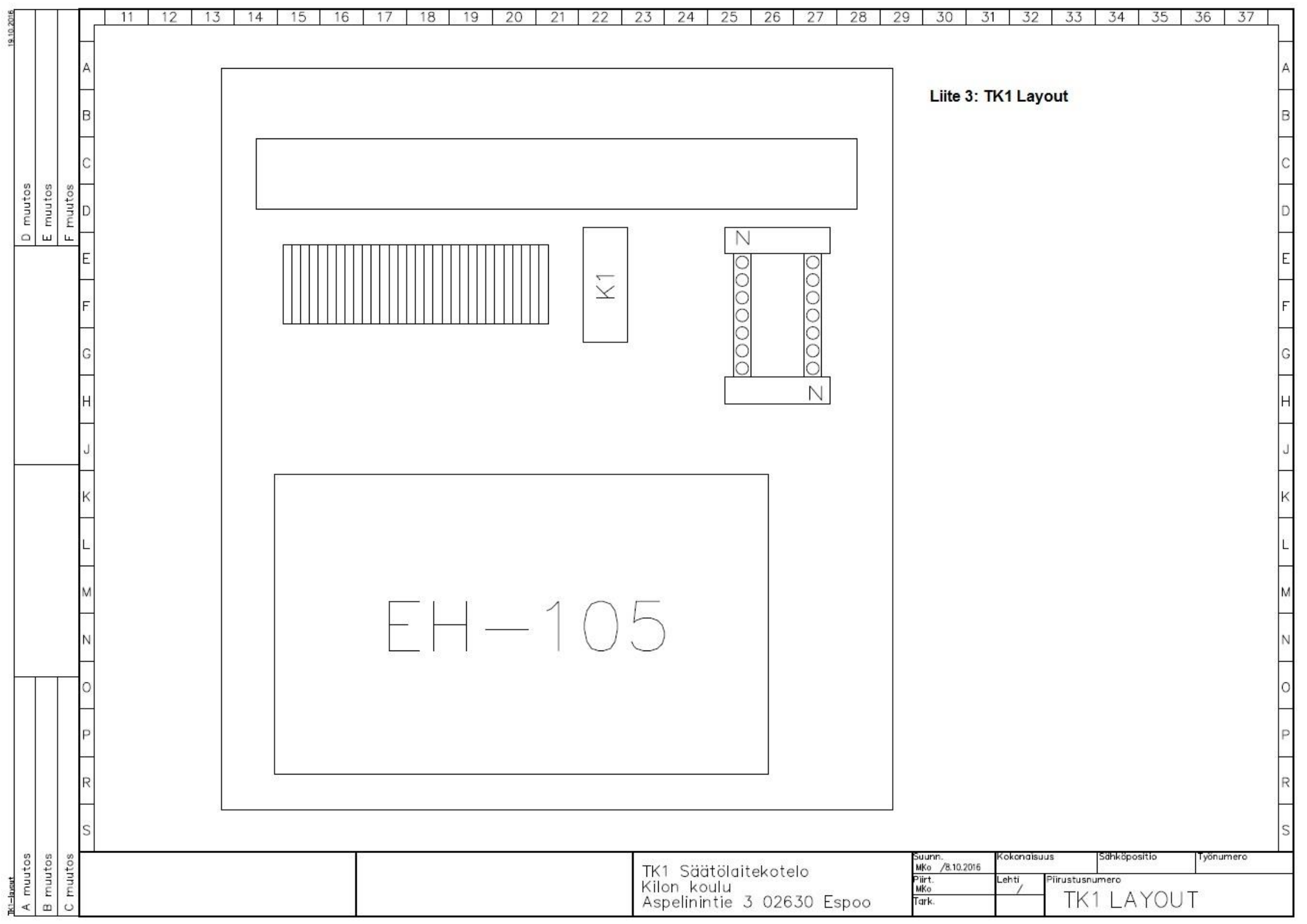
Liite 2: TK1 Toimintaselostus

Metropolia AMK
Opinmäytelyö
Tekijä: Milla Kolvikoski
Ohjaaja: Tuomas Hetala L&T
Valvoja: Kal Virts

KOHDE
KILON KOULU
ASPELININTIE 3
02630 ESPOO

SISÄLTÖ
SÄÄTÖKAAVIO
TK1
OPETUSTILAT

SUUNN.	PVM	LEHTÄ	LEHTI	
MKo	15.11.16	2	2	
PIRT	PVM	TYÖ NRO	PIIR NRO	MUUTOS
MKo	15.11.16			
TARK	PVM			



Liite 3: TK1 Layout

EH-105

K1

Z

Suunn. Mko /8.10.2016	Kokonaisuus	Sähköspositio	Työnumero
Piirt. Mko	Lehti /	Piirustusnumero	TK1 LAYOUT
Tark.			

TK1 Säätläitekotelo
Kilon koulu
Aspelinintie 3 02630 Espoo

D muutos
E muutos
F muutos

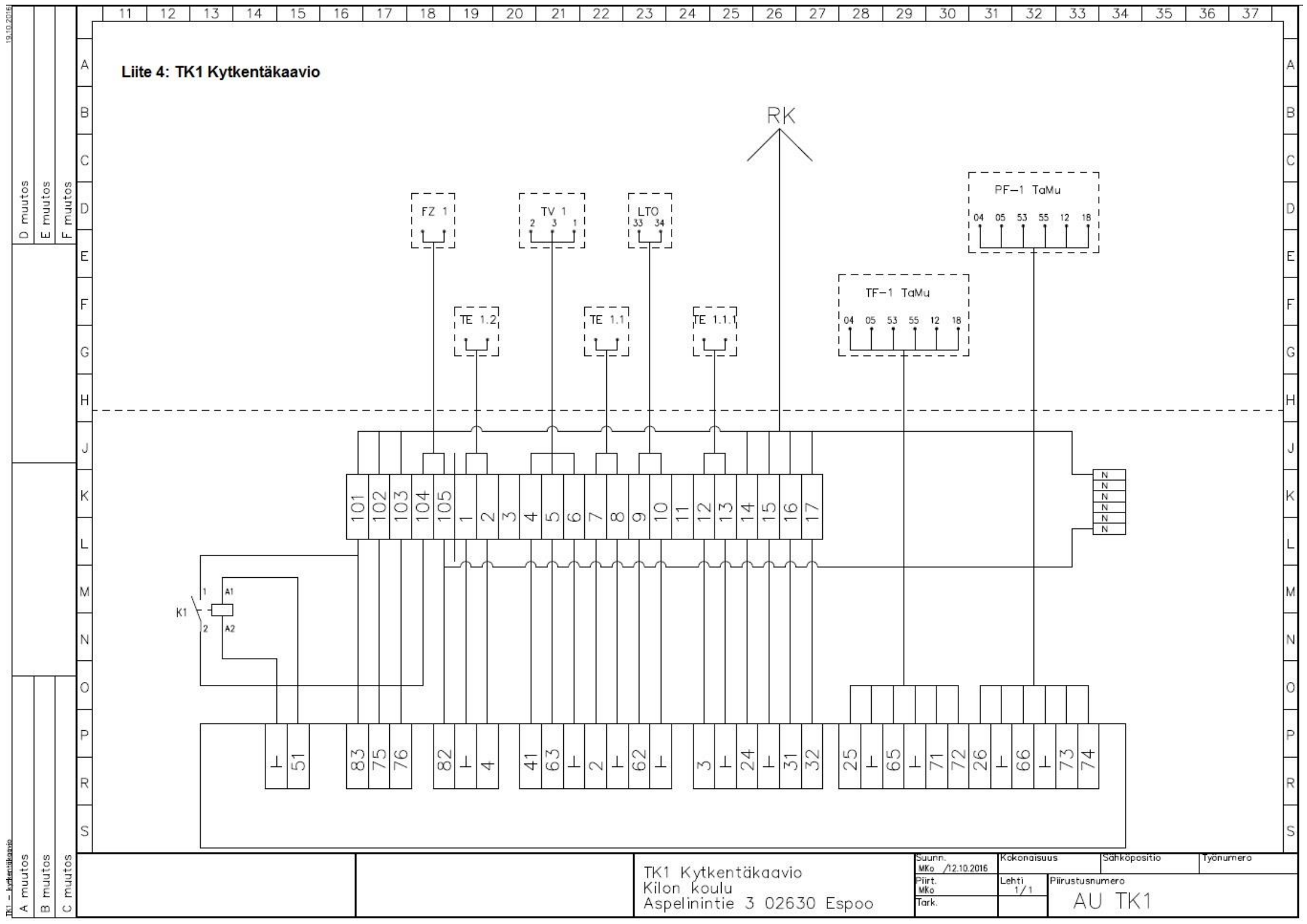
A muutos
B muutos
C muutos

A muutos
B muutos
C muutos

A muutos
B muutos
C muutos

TK1-luonnit

19.10.2016



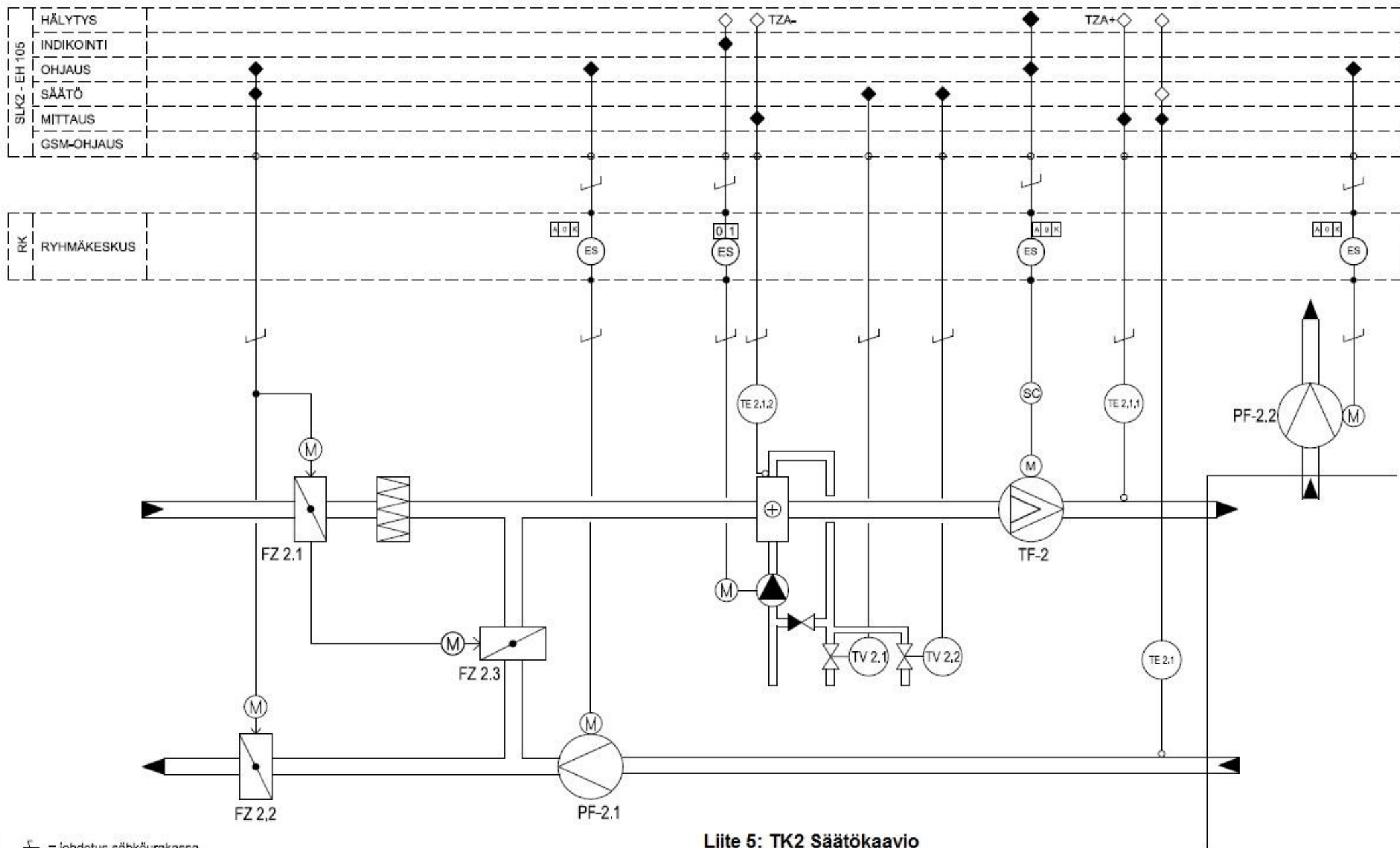
TK1 - kytentäkaavio

A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

TK1 Kytentäkaavio
Kilon koulu
Aspelinintie 3 02630 Espoo

Suunn. Mko /12.10.2016	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. Mko	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.	AU TK1		



Liite 5: TK2 Sääntökaavio

- ⚡ = johdotus sähköurakassa
- ◆ = fyysinen liittymä
- ◇ = ohjelmallinen liittymä

Metropolilla AMK
 Opinnäytetyö
 Automaatiotekniikka
 Tekijä: Matias Kolvukoski
 Ohjaaja: Tuomas Hietala L&T
 Valvoja: Kai Virta

KOHDE
 KILON KOULU
 ASPELININTIE 3
 02630 ESPOO

SISÄLTÖ
 SÄÄNTÖKAAVIO
 TK2
 LIJKUNTASALI

SUUNN MKo	PVM 12.6.16	LEHTÄ 2	LEHTI 1	
PIIRT MKo	PVM 12.6.16	TYÖ NRO	PIIR NRO	MUUTOS
TARK	PVM			

TOIMINTASELOSTUS

1. Toiminta käyntilalkana

IV-kojeen käyntilä ohjataan säätimen omalla kellolla (viikko-,virk-/vuosikello). Poistolman lämpötilan mittauksen TE 2.1 perusteella muutetaan tulolman lämpötilaa TE 2.1,1 siten, että saavutetaan haluttu poistolman asetusarvo. TE 2.1.1 toimii samalla tulolman min-/max -rajotusanturina. Säätimen haluama tulolman lämpötila saavutetaan ohjaamalla lämmitysventtiilejä TV 2.1 ja TV 2.2 sekä raiksilmapeltejä FZ 2.1 ja FZ 2.2 ja kiertolmapeltä FZ 2.3. Sähkökatkon yhteydessä pellimoottorit ajavat jousivoimalla pellit kiertolma-asentoon.

2. Toiminta selsona-alkana

Pellit FG1, FG2 ja FG3 ovat kiertolma-asennossa. Säädin ohjaa lämpötila-anturin TE 2.1,2 mukaan venttiilejä TV 2.1 ja TV 2.2 niin, että paluuveden lämpötila pysyy asetusarvossaan.

3. Varo- ja hälytystoiminnot

Jäätymissuoja (toimii 2-vaiheisesti)

1. Venttiilejä TV 2.1 ja TV 2.2 avataan suhteellisesti, kun TE 2.1,2 lämpötila laskee alle jäätymissuoran asetusarvo + jäätyksen ennakoinnin asetusarvon.

2. Estää IV-kojeen käynnin ja hälyttää, kun TE 2.1,2 lämpötila laskee alle jäätymissuoran asetusarvon.

Hälytystilanteen jälkeen uudelleenvirtitys tapahtuu kuittaamalla säätimestä, kun paluuvesi on + 10°C yll asetusarvon.

Palovaaratoinninta:

Mikäli tulolman lämpötila anturin TE 2.1 kohdalla ylittää säätimelle asetetun palovaararajan, IV-koje pysähtyy ja pelit FZ 2.1 sulkeutuu sekä tapahtuu hälytys.

Hälytystilanteen jälkeen uudelleenvirtitys tapahtuu kuittaamalla säätimestä.

IV-koje hälytyttää kun pumpun P-2 käyntitieto katoaa tai tulee hälytys TF-2 taajuusmuuttajalta. Lisäksi säätimessä on aseteltavissa oleva käyntilajan mukainen huoltovälihälytys.

4. Lisätoiminnot

Erillispoistot on lukittu kytkennällisesti säätimen ryhmäkeskus käyntilupaun.

6. Lukitukset RK

TF-2 ei käy, jos pumppu P-2 ei käy, PF-2.1 käy rinnan TF-2 kanssa.

KOJELUETTELO				
TUNNUS	LAITE	TYYPPI (osim, OUMAN)	TEKNISET TIEDOT	HUOM
SLK2	SÄÄTÖKESKUS	EH-105		
P1	LJ-PUMPPU			
TE 2.1	LÄMPÖTILA-ANTURI	TMD NTC-10	+30...100 °C	
TE 2.1.1	LÄMPÖTILA-ANTURI	TMD NTC-10	-20...100 °C	
TE 2.1.2	LÄMPÖTILA-ANTURI	TMI NTC-10	+30...100°C	
TV 2.1	SÄÄTÖVENTTIILI	BELIMO R412D	3-TIE, kvz 2,5 l/s, kPa	MOOTTORIN TYYPI HRYD24-SR 24VAC / 0...10V
FZ 2.1/FZ 2.2	PELTIMOOTTORI	BELIMO SF24A-SR		24VAC,2...10V ohjaus JOUSIPALAUTUKSELLA
FZ 2.3	PELTIMOOTTORI	POLYGYR SMB 61		24VAC,2...10V ohjaus JOUSIPALAUTUKSELLA

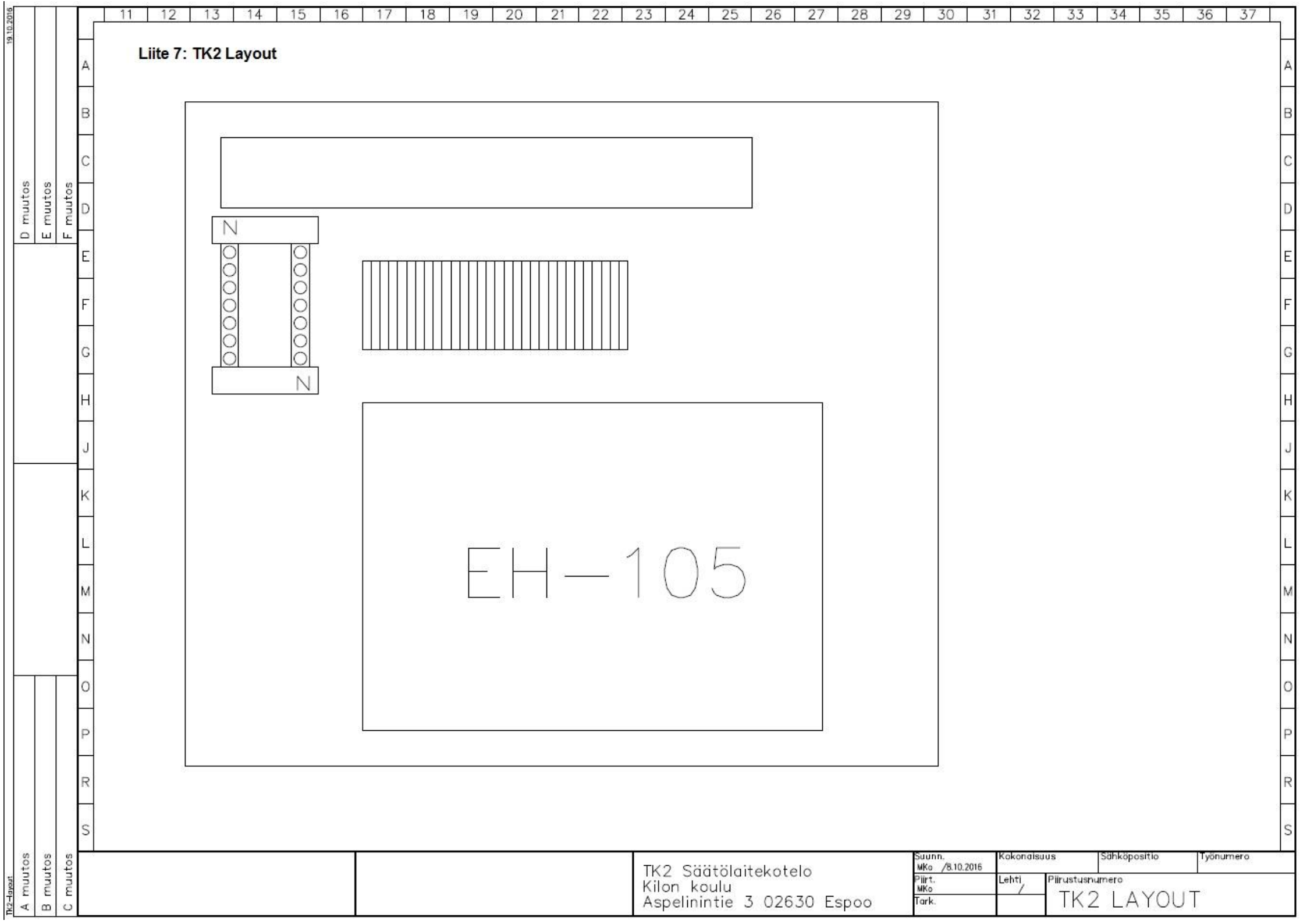
Liite 6: TK2 Toimintaselostus

Metropolia AMK
Opinnäytetyö
Automaatoteknikka
Tekijä: Matias Kolvukoski
Ohjaaja: Tuomas Hietala L&T
Valvoja: Kai Virta

KOHDE
KILON KOULU
ASPELININTIE 3
02630 ESPOO

SISÄLTÖ
SÄÄTÖKAAVIO
TK2
LIJKUNTASALI

SUUNN MKo	PVM 12.6.16	LEHTÄ 3	LEHTI 2	
PIIRT MKo	PVM 12.6.16	TYÖNRO	PIIRNRO	MUUTOS
TARK	PVM			



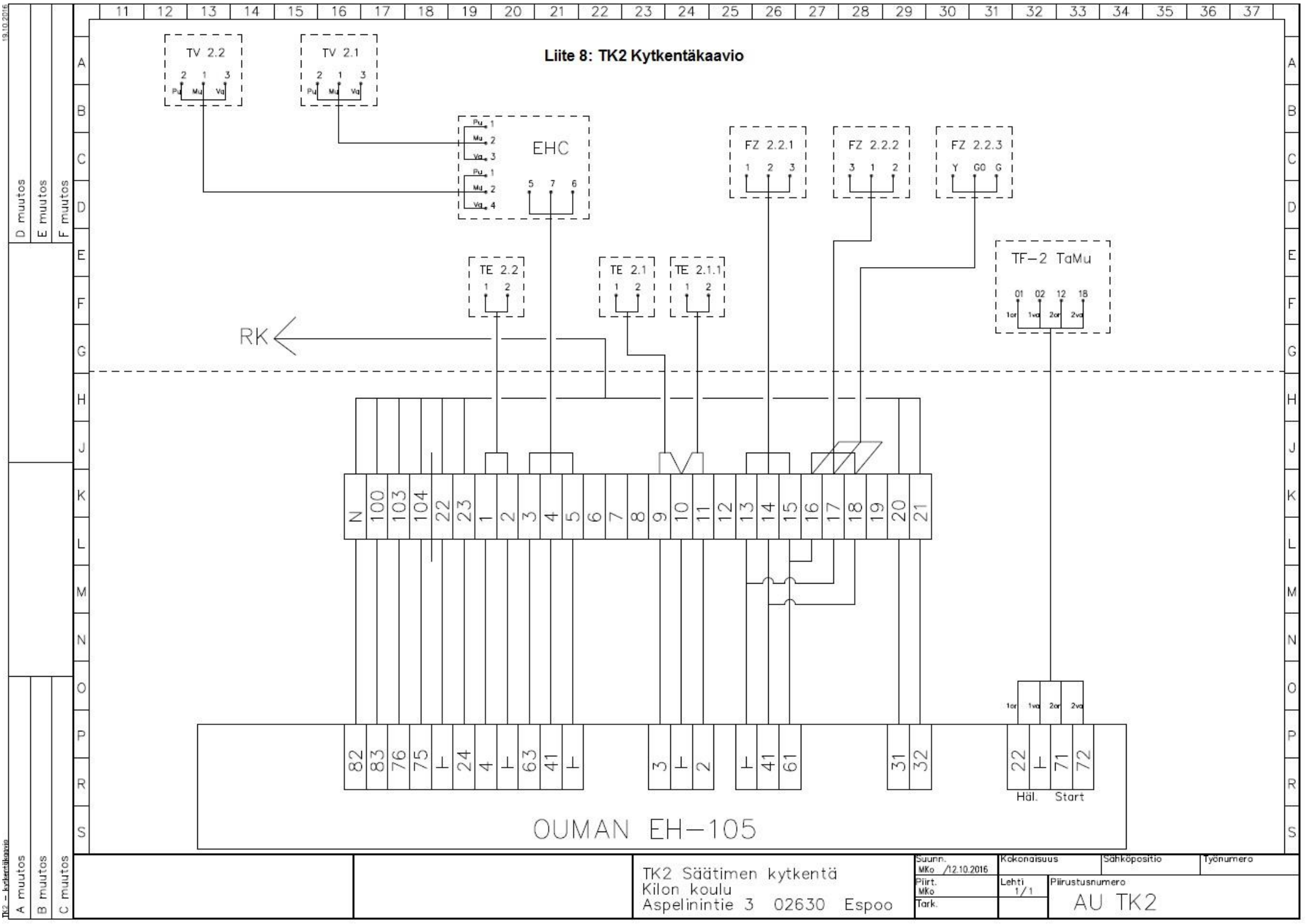
Liite 7: TK2 Layout

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

TK2 Sääntölaitekotelo
Kilon koulu
Aspelinintie 3 02630 Espoo

Suunn. MKo /8.10.2016	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnnumero
Piirt. MKo	Lehti /	Piirustusnumero	
Tark.		TK2 LAYOUT	

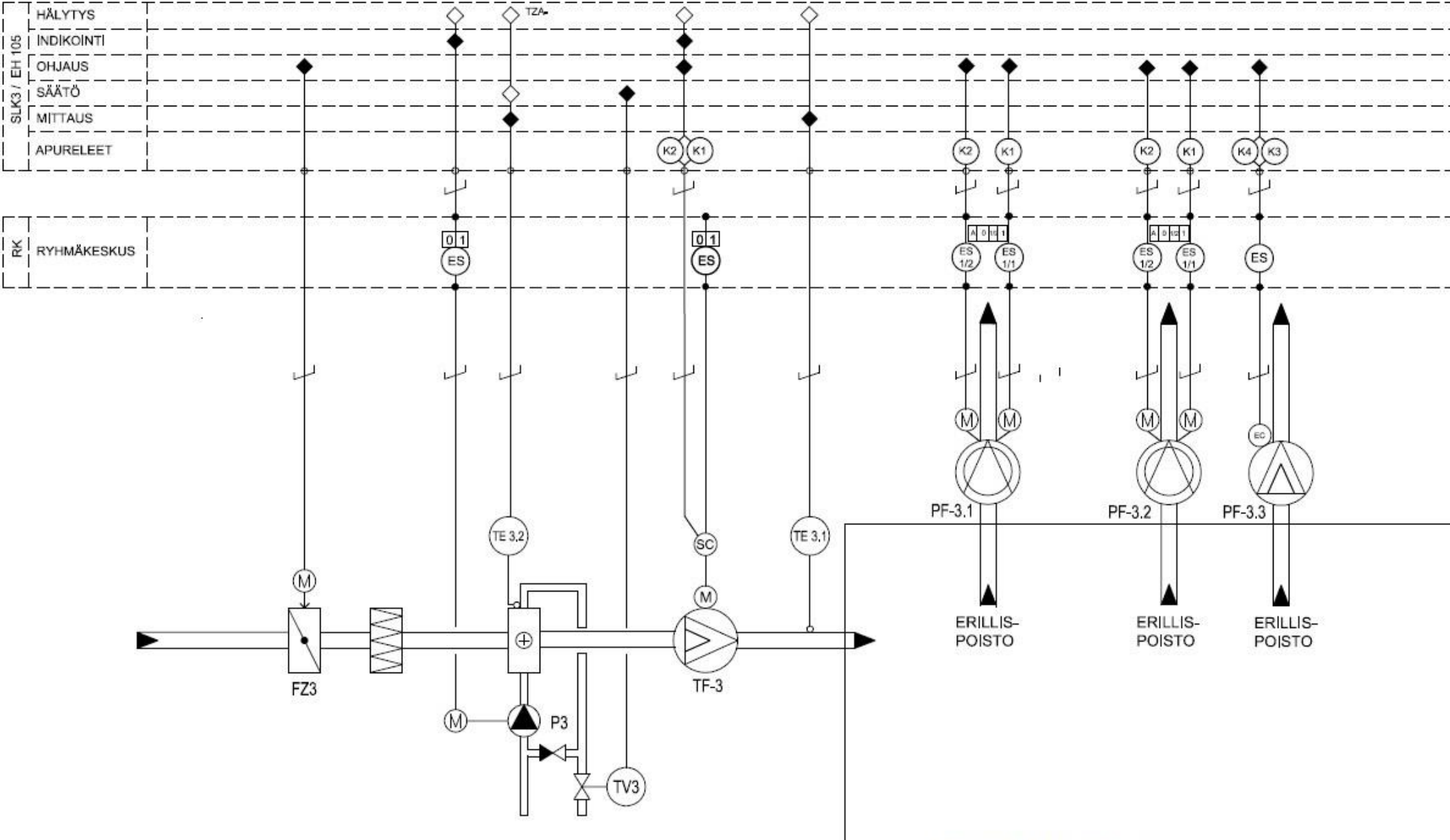


D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

TK2 Säätimen kytkentä
Kilon koulu
Aspelinintie 3 02630 Espoo

Suunn. Mko /12.10.2016	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. Mko	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.		AU TK2	



⚡ = johdotus
 ◆ = fyysinen liittymä
 ◇ = ohjelmallinen liittymä

Liite 9: TK3 Sääntökaavio

Metropolilla AMK
 Opinnäytetyö
 Automaatointitekniikka
 Tekijä: Mattias Kolvukoski
 Ohjaaja: Tuomas Hietala L&T
 Valvoja: Kai Virta

KOHDE
 Kilon koulu
 Aspellintie 3
 02630 Espoo

SISÄLTÖ
 SÄÄTÖKAAVIO
 TK3
 KEITTIÖ & RUOKASALI

SUUNN	PVM	LEHTIÄ	LEHTI	
MKo	12,6,16	3	1	
PIIRT	PVM	TYÖ NRO	PIIR NRO	MUUTOS
MKo	12,6,16	42091		
TARK	PVM			

TOIMINTASELOSTUS

1. Toiminta käyntialkana

IV-kojeen käyntiä ohjataan säätimen omalla kellolla (viikko-, vrk-/vuosikello). Käyttäjän asettaman tulolman asetusarvon perusteella säädin ohjaa venttiiliä TV3 siten, että tulolman asetusarvo saavutetaan mittauskohdassa TE 3.1

Sulkupelti FZ3 on auki koneen käydessä. Sähkökatkon yhteydessä pelti sulkeutuu jousivolmalla kiinni.

2. Toiminta seisonta-alkana

Pelti FZ3 on kiinni. Säädin ohjaa lämpötila-anturin TE 3.2 mukaan venttiiliä TV1 niin, että paluuv veden lämpötila pysyy asetusarvossaan.

3. Varo- ja hälytystoiminnot

Jäätymissuoja (toimii 2-vaiheisesti)

1. Venttiiliä TV3 avataan suhteellisesti, kun TE 3.2 lämpötila laskee alle jäätymissuojan asetusarvo + jäätymissuojan ennakoitun asetusarvon.

2. Estää IV-kojeen käynnin ja hälyttää, kun TE 3.2 lämpötila laskee alle jäätymissuojan asetusarvon.

Hälytystilanteen jälkeen uudelleenvirtitys tapahtuu kultaamalla säätimestä, kun paluuvesi on + 10°C yli asetusarvon.

Palovaaratoinninta:

Mikäli tulolman lämpötila anturin TE 3.1 ylittää säätimelle asetetun palovaararajan, IV-koje pysähtyy ja pelti FG1 sulkeutuu sekä tapahtuu hälytys. Hälytystilanteen jälkeen uudelleenvirtitys tapahtuu kultaamalla säätimestä.

IV-kojeen hälyttää kun pumpun käyntitieto katoaa tai tulee hälytys TF-3 taajuusmuuttajalta.

Säätimessä on asetettavissa oleva käyntilajan mukainen huoltovälihälytys.

4. Lisätoiminnot

Erillispolstot on lukittu kytkennällisesti tulolmakoneen käyntiin.

5. Lukitukset RK

TF-3 ei käy, jos pumpu P3 ei käy.

KOJELUETTELO				
TUNNUS	LAITE	TYYPPI	TEKNISET TIEDOT	HUOM
SLK3	SÄÄTÖKESKUS	EH-105		
P1	LIV-PUMPPU			
TE 3.1	LÄMPÖTILA-ANTURI	OUMAN TMD NTC-10	-30...100 °C	
TV3	SÄÄTÖVENTTIILI	BELIMO R413D	2-TIE : kvs 4 ; DN20 L = 75 mm	TOIMILAITE: BELIMO HRYD24-SR 24VAC / 0...10 V
TE 3.2	LÄMPÖTILA-ANTURI	OUMAN TMI NTC-10	-30...100°C	
FZ3	PELTI(MOOTTORI)	POLYGYR SMB 72	24VAC	JOUSIPALAUTTEINEN

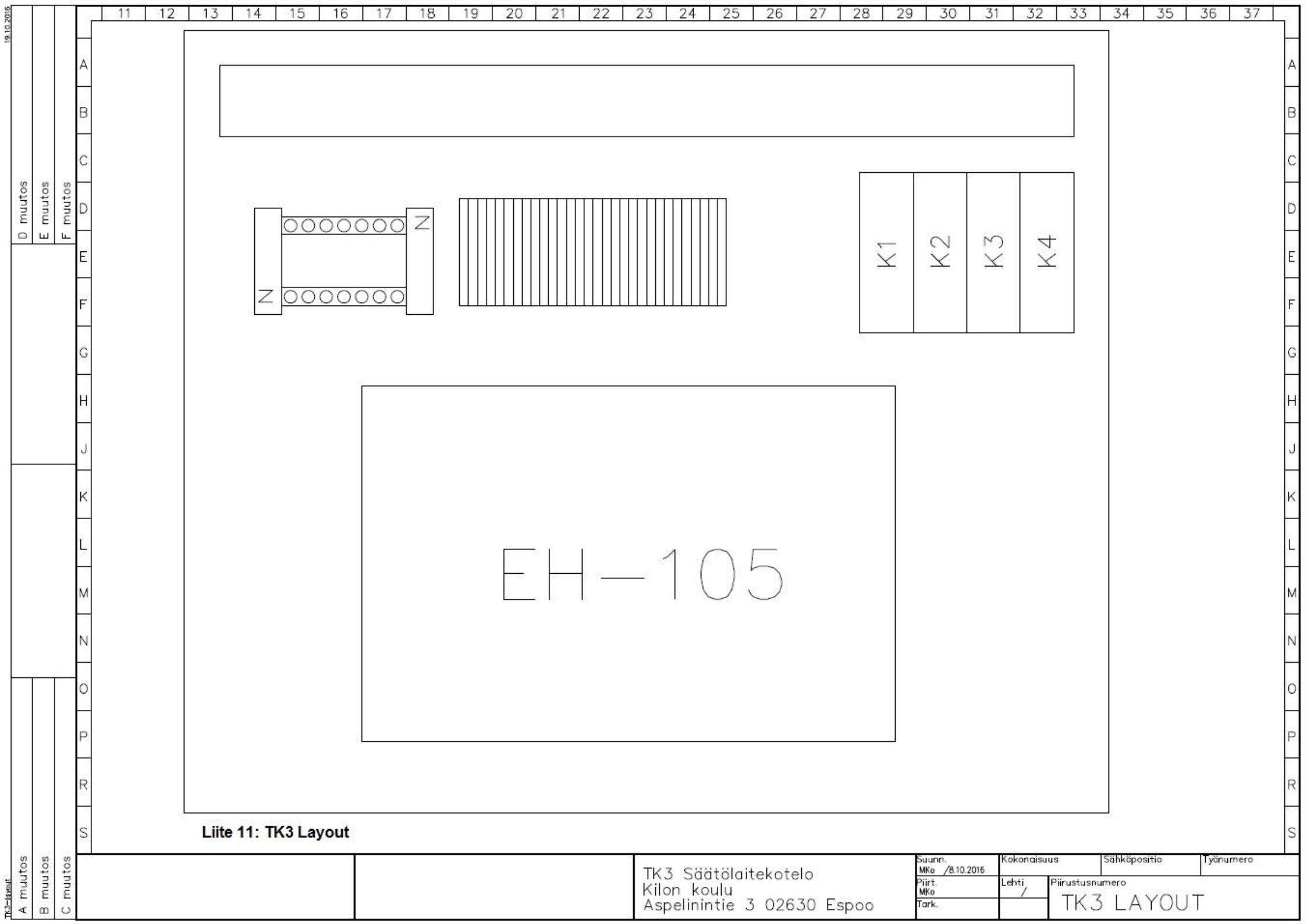
Liite 10: TK3 Toimintaselostus

Metropolia AMK
Opinnäytetyö
Automaatio- ja tekniikka
Tekijä: Matias Kolvukoski
Ohjaaja: Tuomas Hietala L&T
Valvoja: Kai Virta

KOHDE
Kilon koulu
Aspelinintie 3
02630 Espoo

SISÄLTÖ
SÄÄTÖKAAVIO
TK3
KEITTIÖ & RUOKASALI

SUUNN	PVM	LEHTIÄ	LEHTI	
MKo	12.6.16	3	2	
PIIRI	PVM	TYÖ NRO	PIIRI NRO	MUUTOS
MKo	12.6.16	42091		
TARK	PVM			



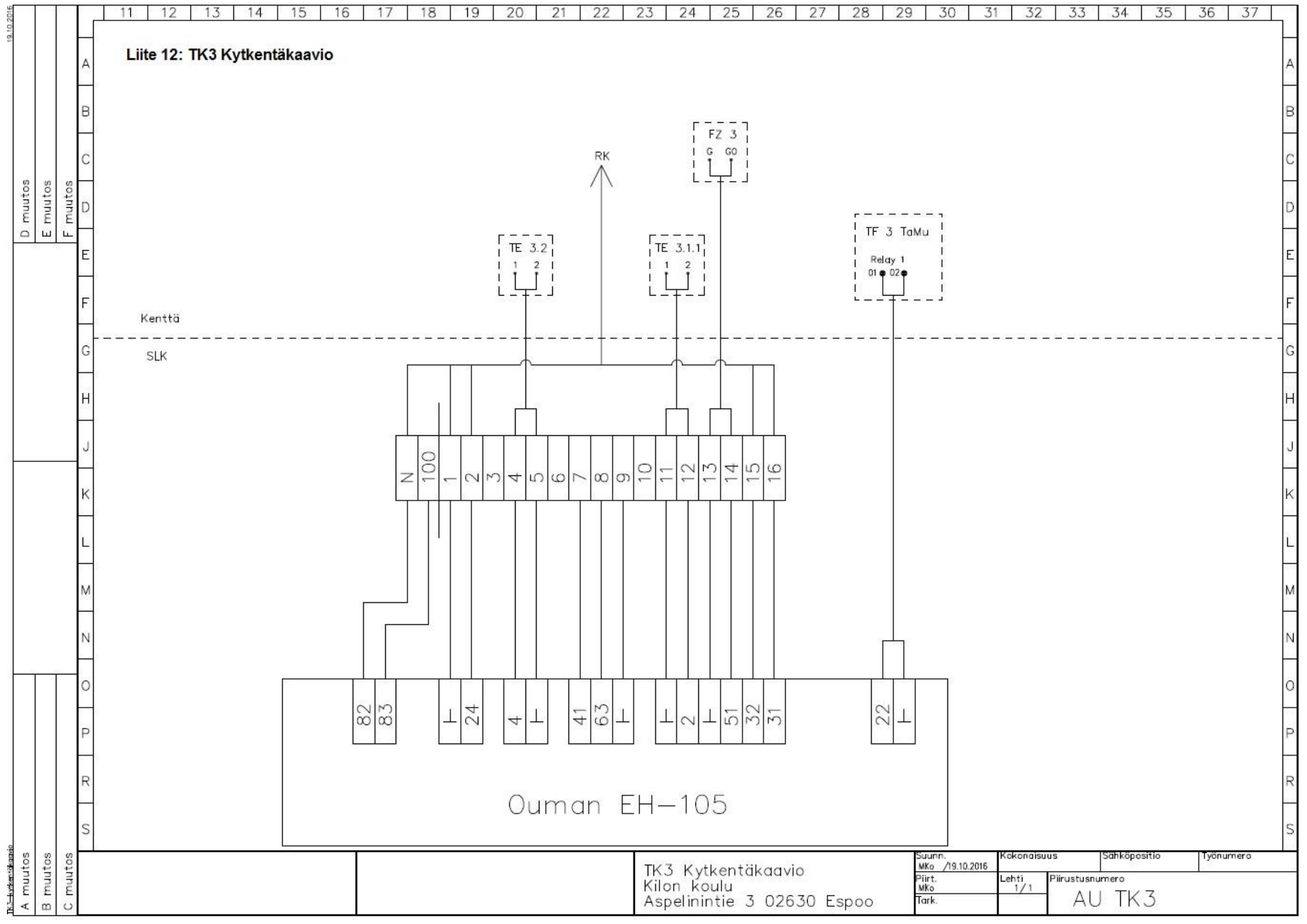
Liite 11: TK3 Layout

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

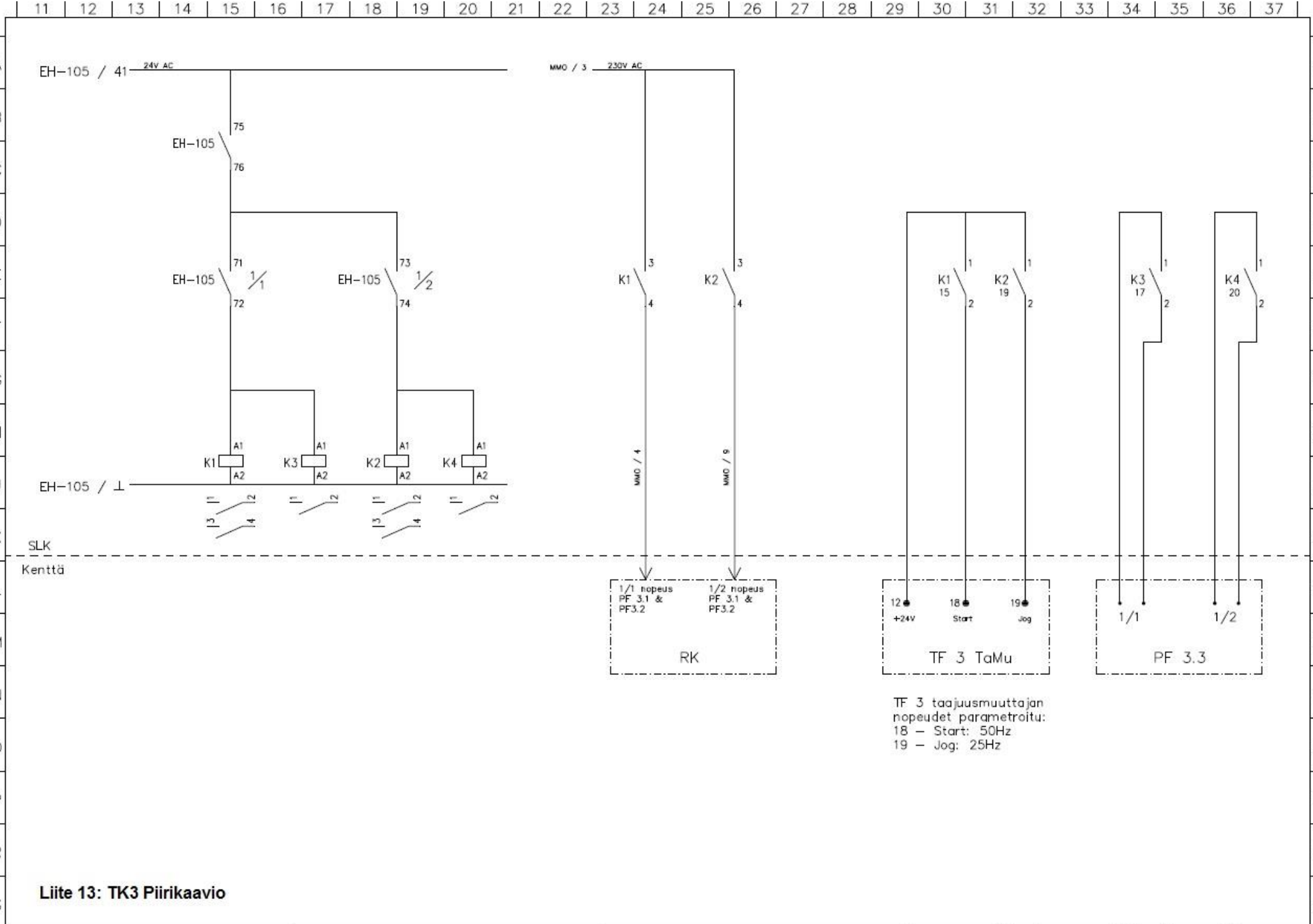
TK3 Sääntölaitekotelo
Kilon koulu
Aspelinintie 3 02630 Espoo

Suunn. Mko / 8.10.2016	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. Mko	Lehti /	Piirustusnumero	
Tark.		TK3 LAYOUT	



D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Liite 13: TK3 Piirikaavio

TK3 Puhaltimien ohjaukset
Kilon koulu
Aspelinintie 3 02630 Espoo

Suunn. Mko /19.10.2016	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. Mko	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.	AU- TK3 Puh. ohj.		