



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sauli Niemelä

Rakennusautomaation projektinhoito

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

2.4.2019

Tekijä Otsikko	Sauli Niemelä Rakennusautomaation projektinhoito
Sivumäärä Aika	24 sivua + 1 liitettä 2.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	osastopäällikkö Harri Bamberg lehtori Jarmo Tapio
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli laatia ohje rakennusautomaatioprojektin hoidosta ja läpiviennistä alusta loppuun. Työssä käydään läpi rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne sekä rakennusautomaatioprojektin yleiset työvaiheet suunnittelusta luovutukseen projektinohitajan näkökulmasta. Työ on tarkoitettu ohjeistukseksi ja malliksi sekä nykyisille että uusille Fidelix Oy:n projektinohitajille.</p> <p>Työssä käydään yleisellä tasolla läpi kaikki työvaiheet, jotka toistuvat lähes jokaisessa projektissa sen laajuudesta riippumatta. Tavoitteena oli luoda raportti, jota voidaan käyttää ohjeena uusien projektinohitajien perehdyttämisessä Fidelix Oy:ssä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin yleinen ohjeistus rakennusautomaation projektinhoidosta.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, projektinhoito

Author Title	Sauli Niemelä Building Automation Project Management
Number of Pages Date	24 pages + 1 appendix 2 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Harri Bamberg, Department Manager Jarmo Tapio, Senior Lecturer
<p>The purpose of this bachelor's thesis was to draft a basic guide for building automation project management. The thesis examined the structure of a building automation system by collecting information about various technical solutions and major field equipment. In addition, the thesis examined the overall tasks of a project executive at the various stages of a project that are common to any project. The thesis was meant to be a guideline and an example for current and new project executives.</p> <p>The thesis can be used as a general introduction to the stages of almost every project, regardless of the extent of the project. The report can also be used as a guideline of orientation by new project executives in building automation project management.</p>	
Keywords	building automation, project management

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatiojärjestelmä	1
2.1	Kenttälaitteet	2
2.2	Valvonta-alakeskus	3
2.3	Modbus-väylä	5
2.4	Valvomo	5
3	Projektinhoito	7
3.1	Projektin aloitus	7
3.2	Työsuunnitelmien laadinta	8
3.2.1	Luettelot	8
3.2.2	VAK-layoutit	11
3.3	Graafinen käyttöliittymä ja pistetietokanta	12
3.4	Ohjelmointi	14
3.5	Aliurakoitsijan kilpailutus	14
3.6	Työmaavaihe	15
3.6.1	Itselleluovutus	15
3.6.2	Urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset	17
3.6.3	Rakennuttajan toimintakokeet	17
3.6.4	Koekäytöt, yhteiskoekäytöt ja kuormituskokeet	18
3.7	Maksuerät	19
3.8	Lisä- ja muutostyöt	20
3.9	Luovutus	20
3.9.1	Luovutusmateriaali	20
3.9.2	Käyttökoulutus ja käytönopastus	21
3.10	Projektin dokumentaatio	21
4	Yhteenveto	22
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1. Ilmanvaihtokoneen toimintaselostus

Lyhenteet

AI	Analog Input. Analoginen tulo
AO	Analog Output. Analoginen lähtö
DI	Digital Input. Digitaalinen tulo
DO	Digital Output. Digitaalinen lähtö
I/O-moduuli	Input/Output-pisteet sisältävä kytkentämoduuli
IP	Internet Protocol. TCP/IP-mallin internet-kerroksen protokolla
IV	Ilmanvaihto
LJK	Lämmönjakokeskus
LTO	Lämmöntalteenotto
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
RAU	Rakennusautomaatio
VAK	Valvonta-alakeskus

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on laatia ohje rakennusautomaatioprojektin hoidosta ja läpiviennistä alusta loppuun. Työssä käydään läpi rakennusautomaatiojärjestelmän rakennetta sekä rakennusautomaatioprojektin yleiset työvaiheet suunnittelusta luovutukseen projektinhoitajan näkökulmasta. Työ on tarkoitettu ohjeistukseksi ja malliksi sekä nykyisille että uusille rakennusautomaatioalan projektinhoitajille.

Ohje soveltuu hyvin niin tavanomaisten asuinkerrostalojen kuin vaativien kohteiden projektinhoitoon. Työssä on käytetty esimerkkiprojekteina mm. Kiinteistö Oy Uutta lastensairaalaa sekä As Oy Helsingin Nuottia. Ohjeessa käydään läpi projektinhoitajan yleiset työvaiheet suunnitelmien laadinnasta aina käytönopastukseen asti ja selostetaan yleisellä tasolla työvaiheiden keskeiset sisällöt menemättä kuitenkaan syvällisemmin työvaiheiden eri nyansseihin. Ohje antaa hyvä kokonaiskäsityksen koko rakennusautomaation projektinhoidosta.

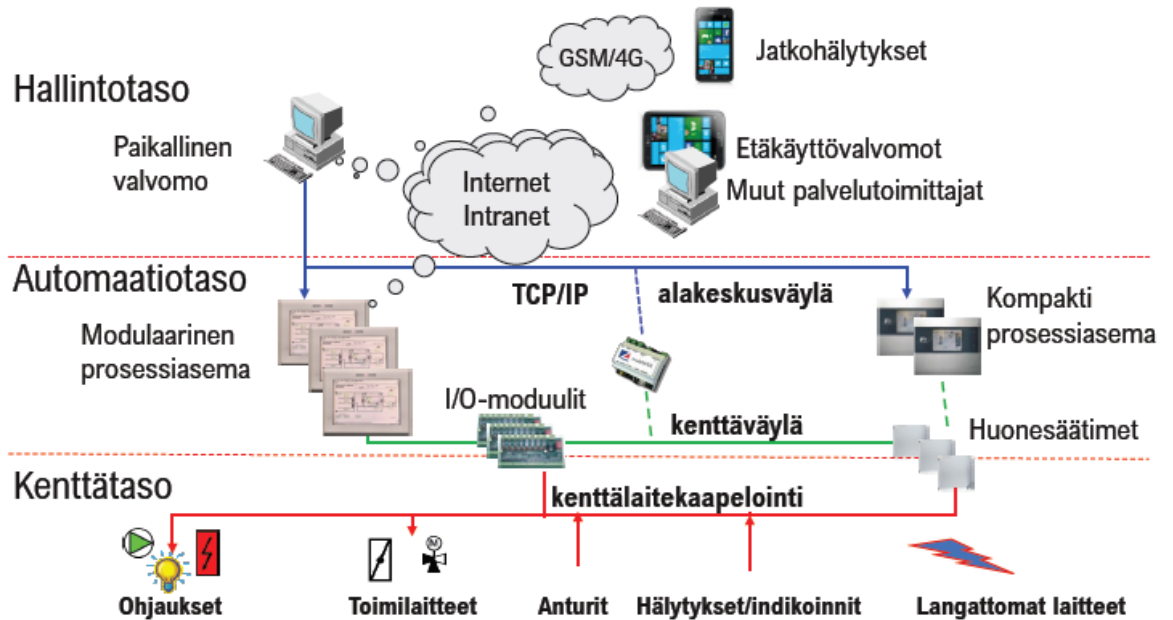
Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan yleisesti rakennusten lämmitys-, ilmanvaihto-, valaistus-, valvonta- ja hälytysjärjestelmien ohjaamista automaattisesti. Tarkoituksena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta, turvallisuutta sekä sisäilmaston laatua ja viihtyisyyttä. Työn tilaajana on rakennusautomaatiojärjestelmiä kehittävä ja urakoiva Fidelix Oy.

Fidelix Oy on vuonna 2002 perustettu rakennusautomaatio- ja turvajärjestelmiä kehittävä ja urakoiva yritys. Fidelix Oy:n liikevaihto vuonna 2017 oli noin 25 miljoonaa euroa. Yrityksellä on tällä hetkellä toimintaa Suomessa sekä tytäryhtiö Ruotsissa. Pääkonttori ja tuotantotilat sijaitsevat Vantaalla. Fidelix Oy:llä on Suomessa 10 aluekonttoria ja noin 40 jälleenmyyjää. Ruotsin lisäksi Fidelix Oy vie tuotteitaan myös Norjaan, Intiaan, Iso-Britanniaan, Baltiaan, Koreaan, Kiinaan, Lähi-itään sekä Venäjälle. [1]

2 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmä ohjaa, säätää ja valvoo rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä, kuten lämmitystä, ilmanvaihtoa, käyttövettä sekä valaistusta.

Rakennusautomaatiolla pyritään saamaan kiinteistöstä mahdollisimman energiatehokas ja käyttäjäystävällinen. Rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne voidaan jakaa hierarkkisesti kolmeen eri tasoon: kenttälaitteisiin, valvonta-alakeskuksiin ja valvomoon. Kuvassa 1 on esitetty rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne.



Kuva 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne [4, s. 60].

2.1 Kenttälaitteet

Kenttälaitteilla tarkoitetaan erilaisia antureita, kytkimiä sekä toimilaitteita. Kytkimet ja anturit lähettävät tietoa valvonta-alakeskuksiin, joista annetaan toimintakäskyjä toimilaitteille. Rakennusautomaatiojärjestelmässä tyypillisiä kenttälaitteita ovat esimerkiksi lämpötila-, kosteus- ja pitoisuusanturit, venttiilimoottorit, peltimoottorit sekä erilaiset kytkimet. Kenttälaitteet kuuluvat hierarkiassa alimpaan tasoon.

2.2 Valvonta-alakeskus

Valvonta-alakeskus (VAK) sijoittuu rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkiassa keskimmaiseen tasoon. Valvonta-alakeskuksessa on vähintään yksi CPU, joka toimii alakeskuksen tietokoneena. VAK:t ovat keskenään yhteydessä toisiin VAK:iin sekä järjestelmän valvomoon kiinteistön sisäverkon kautta.

Valvonta-alakeskus sisältää I/O-moduulit, jotka ovat yhteydessä CPU:hun väylän kautta. Väylätyyppejä on useita, mutta yleisesti käytetään Modbus-protokollaa. Kenttälaitteet kytketään I/O-moduuleissa oleviin kytkentäpisteisiin. Kytkentäpisteet voidaan jakaa tyypeiltään neljään erilaiseen pisteeseen: digitaalisiin sisääntuloihin eli DI-pisteisiin (digital input), digitaalisiin ulostuloihin eli DO-pisteisiin (digital output), analogisiin sisääntuloihin eli AI-pisteisiin (analog input) sekä analogisiin ulostuloihin eli AO-pisteisiin (analog output). [4, s. 94-95.]

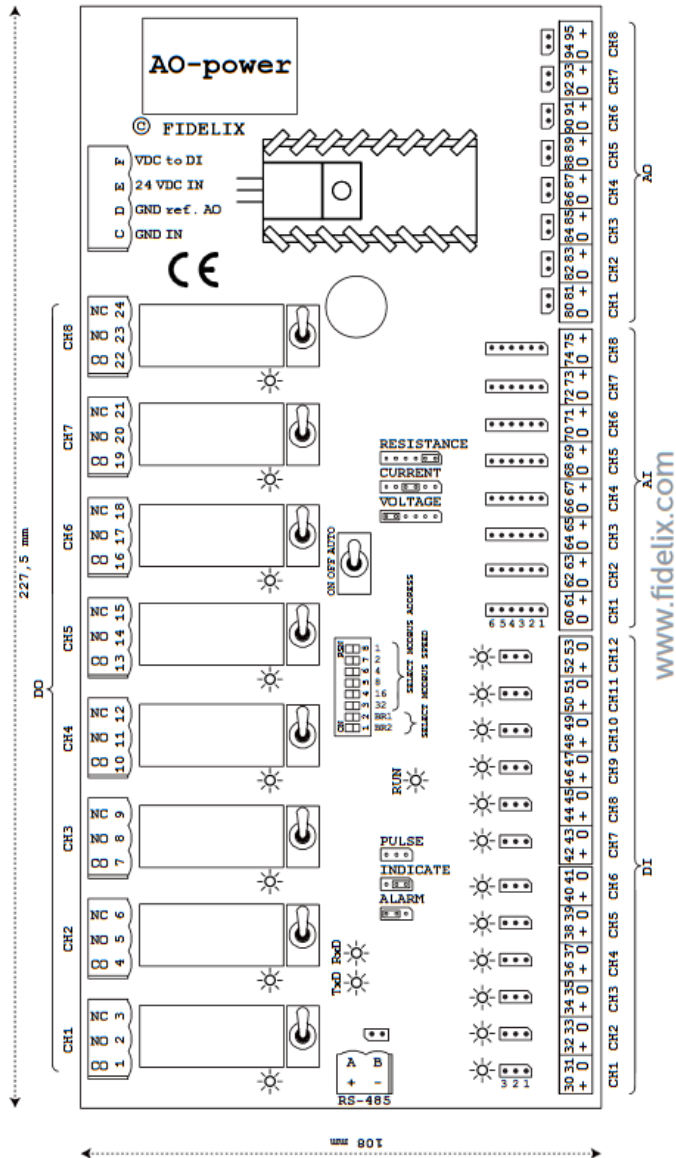
I/O-moduulin DI-pisteisiin liitetään esimerkiksi kosketintietoon perustuvat hälytykset ja tilatiedot. Tilatiedot tulevat kenttälaitteen koskettimilta, jotka voivat olla joko avautuvia tai sulkeutuvia.

DO-pisteisiin kytketään yleensä päälle/pois -tyyppiset toiminnot. Tällaisia toimintoja ovat erilaiset ohjaukset, kuten valojen tai pumppujen päälleohjaukset. Ohjaukset tapahtuvat yleensä releellä, jonka kautta voidaan ohjata joko 24 VDC- tai 230 VAC -jännitteitä.

Erilaiset mittausanturit liitetään I/O-moduulin analogisiin tulo- eli AI-pisteisiin. Lämpötilantureissa mittausviestit ovat yleensä NTC- tai PTC-tyyppisiä vastusviestejä. Muut mittausanturit, kuten pitoisuus- tai paine-eroanturit käyttävät yleensä jännite- tai virtaviestiä.

Analogisilla lähdoilla, eli AO-pisteillä ohjataan erilaisia toimilaitteita, kuten venttiili- ja peltimoottoreita. Valvonta-alakeskuksen CPU laskee AO-pisteelle tietyn säätöarvon, joka muunnetaan analogiseksi jänniteviestiksi.

Kuvassa 2 on esitetty Fidelix Oy:n valmistama I/O-moduuli COMBI-36, jossa on yhteensä 36 kytkentäpistettä: 12 DI-pistettä, 8 DO-pistettä, 8 AI-pistettä ja 8 AO-pistettä. [4, s. 104–107.]



Kuva 2. Fidelix Oy:n I/O-moduuli COMBI-36 [1].

Antureilta ja mittalaitteilta kerätään tietoa valvonta-alakeskuksiin, joissa ne muutetaan fyysikaalisiksi suureiksi. Antureilta saatujen tietojen perusteella VAK säättää ja ohjaa tarvittaessa toimilaitteita. Toimilaitteet ohjaavat ja säättävät esim. rakennuksen ilmanvaihtoa ja lämmitystä.

2.3 Modbus-väylä

Modbus on Modiconin kehittämä avoin ja ilmainen sarjaliikenneprotokolla, jota käytetään hyvin yleisesti rakennusautomaatiojärjestelmissä eri laitteiden välisessä kommunikaatiossa, esimerkiksi taajuusmuuttajien ja VAK:n välisessä tiedonsiirrossa. Fidelix Oy:ssä alakeskuksen ja Modbus-laitteiden välisessä kommunikoinnissa käytetään Fidelix Oy:n omaa Multilink-mediamuunninta, jolla voidaan yhdistää Ethernet-, M-Bus-, Modbus- ja RS232-protokollia käyttäviä laitteita keskenään. [3]

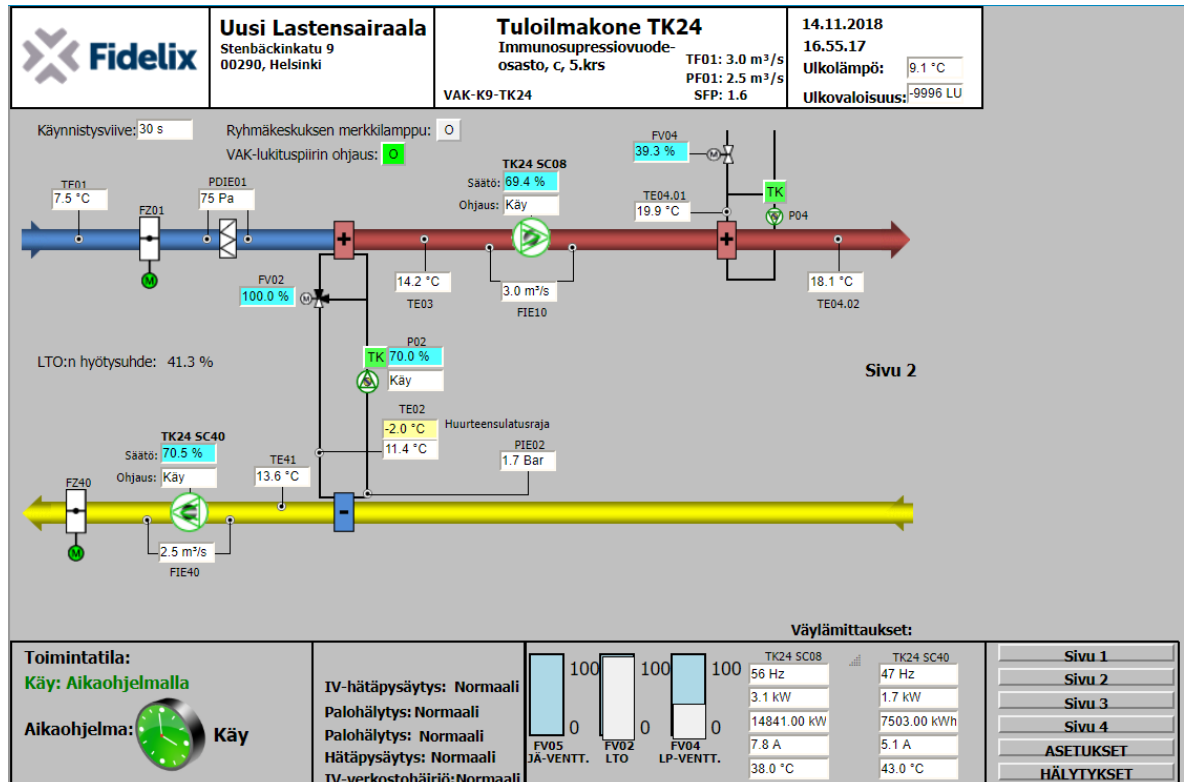


Kuva 3. Fidelix Oy:n kehittämä Multilink-mediamuunnin [1].

2.4 Valvomo

Käyttäjän ja rakennusautomaatiojärjestelmän välistä rajapintaa kutsutaan valvomoksi. Valvomossa esitetään koko rakennuksen automaatiojärjestelmä yleensä graafisesti ja sieltä käsin käyttäjä voi säätää ja ohjata rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä. Valvomosta voidaan tulostaa rakennusautomaatiojärjestelmän tuottamia mittaustietoja, joiden

perusteella voidaan analysoida esim. rakennuksen energiatehokkuutta ja optimoida sitä tarpeen mukaan. Kuvassa 4 on esitetty ruutukaappaus Kiinteistö Oy Uuden lastensairaalan valvomosta ilmanvaihtokoneen graafisesta käyttöliittymästä.



Kuva 4. Ruutukaappaus Uuden lastensairaalan valvomossa esitetystä ilmanvaihtokoneesta.

Kuvan 4 valvomokuvasta voidaan nähdä mm. ilmanvaihtokoneen toimintatila, eri toimilaitteiden säätöviestit ja lämpötila- ja paineantureiden mittausviestit. Kuvassa on myös ohjelmallisia arvoja, jotka on laskettu fyysisten mittausviestien avulla, esimerkiksi lämmöntalteenoton (LTO) lämpötilahyötysuhde on laskettu raitisilman, LTO:n jälkeisen ja ennen LTO:ta olevan lämpötilan perusteella. Myös ilmanvaihtokoneen energiantehokkuutta voidaan seurata valvomon kautta.

3 Projektinhoito

3.1 Projektin aloitus

Projektinhoidolla tarkoitetaan rakennusautomaatiourakan läpiviemistä alusta loppuun. Projektinhoitaminen edellyttää ennen kaikkea yhteistyötä tilaajan/rakennuttajan, suunnittelijoiden, muiden urakoitsijoiden sekä mahdollisten laitetoimittajien kanssa. Rakennusautomaatiourakan alussa pidetään yleensä aloituskokous, johon osallistuvat RAU-urakoitsija, LVIA-suunnittelija ja -valvoja, tilaajan edustaja sekä pääurakoitsija. Kokouksessa käydään läpi RAU-suunnitelmat ja niissä esille tulleet mahdolliset ristiriidat sekä muut RAU-urakkaan liittyvät asiat.

Aloituskokouksen lisäksi on suositeltavaa pitää säännöllisin väliajoin urakoitsijakokouksia, joissa käydään läpi sen hetkistä aikataulutilannetta, mahdollisia suunnitelmaristiriitoja ja muita eri urakoitsijoiden esille nostamia asioita. Kokousten tarkoituksena on pitää kaikki hankkeen urakoitsijat ajan tasalla projektin kulusta.

Projektin alussa on erittäin tärkeää perehtyä taloudellisiin ja teknisiin asiakirjoihin, kuten urakkasopimukseen, työselostuksiin, suunnitelmiin ja aikatauluun, jotta saadaan kokonaiskäsitys urakan laajuudesta ja urakkarajoista. Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen YSE 1998 mukainen asiakirjojen pätevyysjärjestys on hyvä tarkistaa, jotta ristiriitailanteissa tiedetään, minkä asiakirjan mukaan urakassa edetään. Tärkein asiakirja projektinhoitajalle on työselostus, sillä se menee pätevyysjärjestyksessä muiden suunnitelmien edelle, ja siitä selviää kaikki rakennusautomaatiojärjestelmältä edellytetyt vaatimukset. Projektin alussa kannattaa selvittää myös kaikkien RAU-urakkaan oleellisesti liittyvien osapuolien yhteystiedot sekä pääurakoitsijan laatima aikataulu, jotta RAU-urakka voidaan yhteensovittaa muiden työvaiheiden ja urakoitsijoiden kanssa. Projektia varten on yleensä perustettu projektipankki, johon on tallennettu kaikki projektissa tarvittavat ajantasaiset suunnitelmat ja asiakirjat. [5]

Jotta RAU-työt voidaan yhteensovittaa muiden urakoitsijoiden työvaiheiden kanssa, projektinhoitajan on syytä laatia myös oma RAU-aikataulu, josta selviää eri työvaiheiden aloitus- ja lopetusajankohdat. Suuremmissa hankkeissa on yleensä myös aikataulukokous, jossa käydään läpi eri urakoitsijoiden näkemys aikatauluista. Näiden näkemysten

perusteella laaditaan rakennushankkeen yleisaikataulu. Edellisestä johtuen RAU-urakoitsijan kannattaa olla aktiivinen aikataulua laadittaessa, jotta hankeen loppupuolella rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöönotolle ja mahdollisten puutteiden korjaamiseen jää riittävästi aikaa.

3.2 Työsuunnitelmien laadinta

3.2.1 Luettelot

RAU-urakoitsijan tehtäviin kuuluu venttiili-, kaapeli-, laite-, kytkentä- ja kilpiluetteloiden laatiminen. Venttiililuetteloon kirjataan kaikki RAU-urakkaan kuuluvat säätöventtiilit, joihin kuuluu yleensä ainakin kaukolämmön lämmönjakokeskuksen- ja IV-koneiden säätöventtiilit. Näiden lisäksi, urakkarajoista riippuen, venttiililuettelo voi sisältää myös muiden järjestelmien säätöventtiilejä. Venttiililuettelo toimitetaan tilaajalle ja suunnittelijalle hyväksyttäväksi, jonka jälkeen venttiilit voidaan tilata ja toimittaa putkiurakoitsijalle.

Venttiilejä valittaessa on otettava huomioon venttiilin tyyppi, virtaama, verkostopaine, kv-arvo, DN-koko, sekä käyttötapa. Venttiilin kv-arvo voidaan laskea yhtälöllä 1.

$$Kv=0,01q\sqrt{\Delta p} \quad (1)$$

q on nesteen virtaama (l/h)


Δp on painehäviö (kPa)

Kuvassa 5 on esitetty ilmanvaihdon lämmitysverkoston säätöventtiilit.

Fidelix		VENTTIILILUETTELO																		
Martinkylänte 41, 01720 Vantaa Puh. +358-9-250 1288, Fax. +358-9-250 1299 Email: etunimi.sukunimi@fidelix.fi www.fidelix.fi		KOHDTE: TyöNo: Kohde: Kannelmäen neljä kohdetta Osoite: PostiNo: 00420 Helsinki					TEKIJÄ: Tekijä: Pvm: REV: Tiedot kuvista: Tähän voi kirjoittaa tietoja mistä kuvista venttiilit on valittu													
RIV	Laitetunnus	LÄHTÖTIEDOT:		SUUNNITTELU:			VALINNAT:	VENTTIILI:			TOIMILAITTE:		VALMISTAJA:	ENERGIAL:		VER:	Paine-			
No	Asennus- paikka	2/3- tie	TYYPPI:	l/s	kPa	Kv	KÄYTTÖ	TYYPPI	DN	Kv	kPa	TYYPPI	Ajo- aika [s]	Isku [mm]	Venttiili / Toimilaitte	l/s	kPa	Kv	A/B/C	ero%
1						0,00					0,00									####
2	L-301FV04	Lämm. Patteri	2	Sisäkierre	1,5	25	11,09	B-SP	R2025-10-S2	25	10	30,74	LRC24A-SR	35	Belimo					23 %
3						0,00					0,00									####
4	L-301FV05	Jäähd. Patteri	2	Sisäkierre	4,1	25	29,59	B-SP	R2040-25-S3	40	25	35,03	HRY24-SR	35	Belimo					40 %
5						0,00					0,00									####
6	L-301FV11	Lämm. Patteri	2	Sisäkierre	0,5	25	3,60	B-SP	R2015-4-S1	15	4	20,25	LRC24A-SR	35	Belimo					-19 %
7						0,00					0,00									####
8	L-301FV12	Jäikjäh. Patteri	2	Sisäkierre	1,8	25	13,18	B-SP	R2025-16-S2	25	16	16,95	LRC24A-SR	35	Belimo					-32 %
9						0,00					0,00									####
10	L-302FV04	Lämm. Patteri	2	Sisäkierre	0,2	25	1,22	B-SP	R2015-1P6-S1	15	1,6	14,63	LRC24A-SR	35	Belimo					-41 %
11						0,00					0,00									####
12	L-302FV05	Jäähd. Patteri	2	Sisäkierre	1,5	25	10,87	B-SP	R2025-10-S2	25	10	29,55	LRC24A-SR	35	Belimo					18 %
13						0,00					0,00									####
14	L-302FV07	Lämm. Patteri	2	Sisäkierre	0,6	25	4,03	B-SP	R2015-4-S1	15	4	25,40	LRC24A-SR	35	Belimo					2 %
15						0,00					0,00									####
16	L-305FV04	Lämm. Patteri	2	Sisäkierre	0,2	25	1,15	B-SP	R2015-1-S1	15	1	33,18	LRC24A-SR	35	Belimo					33 %
17						0,00					0,00									####
18	L-305FV05	Jäähd. Patteri	2	Sisäkierre	1	25	7,20	B-SP	R2015-6P3-S1	15	6,3	32,65	LRC24A-SR	35	Belimo					31 %
19						0,00					0,00									####
20	L-315FV04	Lämm. Patteri	2	Sisäkierre	0,1	25	0,65	B-SP	R2015-P63-S1	15	0,63	26,45	LRC24A-SR	35	Belimo					6 %
21						0,00					0,00									####
22	L-420FVx	Puhallinkonvektori	2	Sisäkierre	0,1	8	0,89	B-SP	R2015-1-S1	15	1	6,35	LRC24A-SR	35	Belimo					-21 %
23						0,00					0,00									####
24	L-175FVx	Kiertolämmitin	2	Sisäkierre	0	5	0,32	B-SP	R2015-P4-S1	15	0,4	3,24	LRC24A-SR	35	Belimo					-35 %
25						0,00					0,00									####
26						0,00					0,00									####
27						0,00					0,00									####
28						0,00					0,00									####
29						0,00					0,00									####
30						0,00					0,00									####
31						0,00					0,00									####
32						0,00					0,00									####
33						0,00					0,00									####
34						0,00					0,00									####
35						0,00					0,00									####
36						0,00					0,00									####


Kuva 5. IV-lämmitysverkoston venttiililuettelo.

Urakkarajaliitteestä riippuen kaapeliluettelot lähetetään joko sähköurakoitsijalle, jolloin sähköurakoitsija suorittaa RAU-järjestelmän kaapeloinnin tai RAU-urakoitsija suorittaa kaapeloinnin itse. Kaapeliluettelo sisältää kaikki rakennusautomaatiojärjestelmän kaapelit. Luetteloon kirjataan jokaisen kaapelin tyyppi ja miltä laitteelta tai ryhmäkeskukselta mihin VAK:een se vedetään. Kuvassa 6 on esitetty As Oy Helsingin Nuotin yhden alakeskukseen kaapeliluettelo.

 Martinkyläntie 41 01720 Vantaa		Kilteistö As Oy Helsingin Nuotti	Dokumenttialaji Kaapeliluettelo	Ala-asema T2-VAK1	Julkaisupvm 17.11.2017	Tekija	
rev	Asiakirja	Alakeskus(mistä)	Laitte(mihin)	Kaapelityyppi	Revisiopvm 24.11.2017	Revisio Rev. A	Sivuja 0
	VAK1-200FV011	T2-VAK1	VAK1 200FV011	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-200FV012	T2-VAK1	VAK1 200FV012	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-110FV01	T2-VAK1	VAK1 110FV01	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-120FV01	T2-VAK1	VAK1 120FV01	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-200TE31	T2-VAK1	VAK1 200TE31	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-110TE41	T2-VAK1	VAK1 110TE41	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-110TE42	T2-VAK1	VAK1 110TE42	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-120TE41	T2-VAK1	VAK1 120TE41	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-120TE42	T2-VAK1	VAK1 120TE42	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-200TE32	T2-VAK1	VAK1 200TE32	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-110PED1	T2-VAK1	VAK1 110PED1	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-120PED1	T2-VAK1	VAK1 120PED1	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-100TE41	T2-VAK1	VAK1 100TE41	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-100TE42	T2-VAK1	VAK1 100TE42	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-100TE00	T2-VAK1	VAK1 100TE00	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-110PUD1	T2-VAK1	VAK1 110PUD1	Nomak 4x2x0.5+0.5			
	VAK1-200PUD1	T2-VAK1	VAK1 200PUD1	Nomak 2x2x0.5+0.5			
	VAK1-120PUD1	T2-VAK1	VAK1 120PUD1	Nomak 4x2x0.5+0.5			

Kuva 6. As Oy Helsingin Nuotin T2-VAK1:n kaapeliluettelo.

RAU-suunnitelmissa on yleensä annettu tietyt määräykset tai esimerkkilaitteet RAU-järjestelmään valittaville laitteille. Näiden perusteella RAU-urakoitsija laatii laiteluettelon, joka hyväksytetään tilaajalla ja suunnittelijalla. Laitteiden valinnassa on tärkeää, että ne ovat yhteensopivia myös muiden laiteoimittajien laitteiden kanssa. Jos RAU-järjestelmään tulee esimerkiksi Modbus-väylän kautta ohjattavia laitteita, kannattaa laiteoimittajalta pyytää hyvissä ajoin rekisterilistaus, minkä perusteella ohjelmoidaan väyläliityntä laitteen ja Fidelix Oy:n järjestelmän välille. Kuvassa 7 on esitetty As Oy Helsingin Nuotin kaukolämpöpaketin laiteluettelo.

 Martinkyläntie 41 01720 Vantaa		Kilteistö As Oy Helsingin Nuotti	Dokumenttialaji Laiteluettelo	Ala-asema T2-VAK1 Laiteluettelo malli	Julkaisupvm 17.11.2017	Tekija	
rev	Asiakirja	Valmistaja	Tyyppi	Tekniset tiedot	Revisiopvm	Revisio Rev. A	Sivuja 0
	VAK1 110PED1	Produal	VPL-16-N	Vesiverkoston näytöllinen paineohitin, vesiglykoli			
	VAK1 110TE41	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi			
	VAK1 110TE42	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi			
	VAK1 120PED1	Produal	VPL-16-N	Vesiverkoston näytöllinen paineohitin, vesiglykoli			
	VAK1 120TE41	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi			
	VAK1 120TE42	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi			
	VAK1 200TE31	Produal	TENA-NTC10	Vesiverkoston käyttöveden lämpötila-anturi			
	VAK1 200TE32	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi			

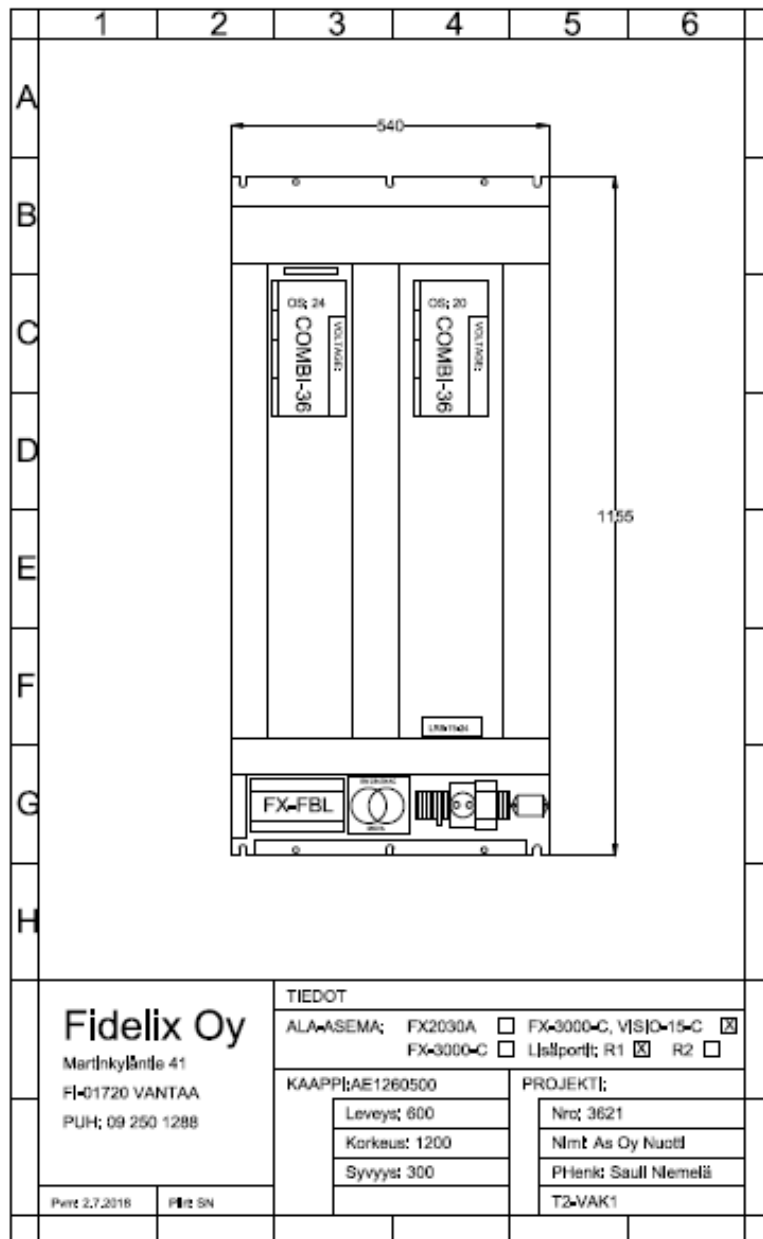
Kuva 7. Kaukolämpöpaketin laiteluettelo.

Hyväksymisen jälkeen laitteet voidaan tilata ja toimittaa työmaalle. Kun tiedetään RAU-järjestelmään valitut laitteet, voidaan laatia kytkentäluettelot, joista selviää, mihin fyysisiin pisteisiin eri laitteiden kaapelit kytketään VAK:ssa. RAU-urakoitsijan kuuluu hankkia

kaikkiin toimittamiinsa kenttälaitteisiin ja alakeskuksiin laitekilvet, joista selviää laitteen tai keskuksen tyyppi ja positiotunnus.

3.2.2 VAK-layoutit

Kun VAK-kohtaiset I/O-pisteet ja niiden massat ovat selvillä, voidaan piirtää VAK-layoutit, joista selviää I/O-moduulien määrä ja tyyppi sekä niiden sijoittelu alakeskuskaappin sisällä. Layoutien piirtämisessä kannattaa huomioida mahdolliset suunnitelmamuutokset, joiden takia alakeskuskaappiin on hyvä jättää tilaa yhdelle tai useammalle lisämoduulille, jotta mahdolliset pistelisäykset mahtuvat samaan alakeskukseen. VAK-layoutit kannattaa toimittaa hyvissä ajoin tuotantoon, jotta alakeskukset ehtivät ajoissa työmaalle. Kuvassa 8 on esimerkki yhden valvonta-alakeskuksen pohjakuvasta, jonka perusteella Fidelix Oy:n tuotanto valmistaa alakeskuksen.



Kuva 8. Layout-kuva valvonta-alakeskuksesta. Kuvan COMBI-36:t ovat Fidelix Oy:n valmistamia I/O-moduuleita.

3.3 Graafinen käyttöliittymä ja pistetietokanta

Fidelix Oy:n rakennusautomaatiojärjestelmässä alakeskukset on yleensä varustettu kosketusnäytöllä, josta pystyy tarkastelemaan ja käyttämään kyseisen VAK:n graafista käyttöliittymää. Kaikista eri RAU-järjestelmistä tehdään käyttöliittymägraafikat, jotka

toteutetaan RAU-suunnitelmien pohjalta, jolloin niistä pyritään tekemään mahdollisimman havainnolliset ja selkeät. Järjestelmäkuvien lisäksi voidaan tehdä graafisia asetusivuja, joiden kautta käyttäjä pystyy määrittelemään esim. järjestelmien hälytys-, lämpötila-, pitoisuus- ja valoisuusrajoja tai aikaohjelmia. Kaikki RAU-järjestelmän eri ala-aseissa olevat käyttöliittymägrafiikat linkitetään valvomoon, josta niitä pystytään keskitetysti tarkastelemaan ja ohjaamaan.

Kun käyttöliittymägrafiikat on tehty, luodaan niiden pohjalta pistetietokanta, joka sisältää kaikki järjestelmän pisteet eli hälytys-, mittaus-, ohjaus-, indikointi- ja säätöpisteet, aikaohjelmat sekä muunnostaulukot. Jotta järjestelmä toimii oikein, on grafiikalla esitettyjen sekä pistetietokannassa olevien pisteiden tunnuksot oltava samoja. Pisteiden asetukset määritellään samalla RAU-suunnitelmien mukaisesti. Kuvassa 9 on ruutukaappaus ilmanvaihtokoneen asetussivusta, jossa on esitetty eri mittausten ylä- ja alarajahälytysten raja-arvot.

Keski-Pasilan keskus KOY Trippeliparkki Pasilantie 1 00520 Helsinki		Sijainti: P04D1-935 IV kone.-P Alakeskus: RK/MLK-P313TK TF01: 6.5 m³/s PF01: 6.5 m³/s				P313 Ilmanvaihtokone Vaikutusalue: P4, Pysäköinti Länsi		Pvm: 21.02.2019 Kello: 17:18:58 Ulkolämpötila: -3.5 °C		Fidelix
Tuloilma:		Asetus:	Mittaus:	Luokuma:	Alaraja:	Yläaraja:	Muut: TAKAISIN			
Tuloilman lämpötila TE10:		18.3 °C	24.1 °C	3.0 °C H	13.0 °C H	35.0 °C H	Palovaarähälytys: 45.0 °C H			
Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen TE03:			25.0 °C		10.0 °C H	35.0 °C H				
Lämmityspatterin paluulämpötila TE04.1:		20.0 °C	29.2 °C		0.0 °C H	70.0 °C H				
Raftisilman lämpötila TE01:			5.7 °C		35.0 °C H	35.0 °C H				
Tuloilmasuodattimen paine-ero PDIE01:			0 Pa		5 Pa H	54 Pa H	Likaantumisarvo: 222 Pa			
Tuloilmapuhaltimen ilmamäärä PDIE08:		0.0 m³/s	0.0 m³/s	0.2 m³/s H	2.0 m³/s H	0.0 m³/s H				
LTO:n hyötysuhde:			0 %		50 % H					
Lämmitysenttäläin(FV04) vuotohälytys:		Mikäli venttiili FV04 on kiinni (0%), IV-kone käy ja tuloilman lämpötila on 3.0 °C suurempi lämmityspatterin jälkeen kuin ennen, generoitu hälytys Mikäli venttiili FV04 on kiinni (0%), IV-kone seis ja lämmityspatterin paluueden lämpötila on yli 5.0 °C korkeampi kuin seisonta-ajan paluuesiasetus, generoitu hälytys								
Poistoilma:		Asetus:	Mittaus:	Luokuma:	Alaraja:	Yläaraja:	Muut:			
Poistoilman lämpötila TE19:			18.5 °C		10.0 °C H	30.0 °C H	Palovaarähälytys: 45.0 °C H			
Jättilman lämpötila TE21:			21.5 °C		15.0 °C H	25.0 °C H				
LTO-piirin lämpötila TE02:		1.0 °C	25.2 °C		5.0 °C H	35.0 °C H				
Poistoilmasuodattimen paine-ero PDIE19:			0 Pa		5 Pa H	22 Pa H	Likaantumisarvo: 89 Pa			
Poistoilmapuhaltimen ilmamäärä PDIE21:		0.0 m³/s	0.0 m³/s	0.2 m³/s H	2.0 m³/s H	0.0 m³/s H				
Paine-ero LTO:n ylitse PDIE02:			0 Pa		5 Pa H	200 Pa H				

Kuva 9. Ilmanvaihtokoneen asetussivu.

Kuten kuvasta 9 nähdään, on asetussivusta pyritty tekemään mahdollisimman selkeä ja havainnollinen.

3.4 Ohjelmointi

Fidelix Oy:ssä käytetään ala-asemien ohjelmointiin IEC-61131-3-standardiin perustuvaa structured text -ohjelmointikieltä. Ohjelma koostuu muuttujista (Variable), pistetietokannasta luetuista arvoista, ohjelmafunktioista (Functionblock) sekä tuloksien kirjoittamisesta pistetietokantaan. Ohjelma tehdään RAU-suunnitelmista löytyvän toimintaselostuksen pohjalta, jossa kerrotaan, miten järjestelmän kuuluu toimia missäkin tilanteessa. Esimerkki erään ilmanvaihtokoneen toimintaselostuksesta on esitetty liitteessä 1. Suurin osa ohjelmoinnista toteutetaan käyttämällä if-lauseita, jonka toiminto suoritetaan, kun sen ehto täyttyy.

Fidelix Oy:llä on paljon valmiita ohjelmia yleisimmille laitteille. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneille on käytössä valmiita ohjelmia, joita muokkaamalla omaan projektiin sopivaksi, saadaan ohjelmat tehtyä nopeasti.

Kaikki ohjelmat voidaan testata ensin toimistolla omalla ala-aseamalla, ennen kuin ne ladataan varsinaiseen ala-asemaan työmaalla. Testauksessa varmistetaan, että ohjelmat toimivat suunnitellusti ja toimintaselostusten mukaisesti. Tämä helpottaa myöhemmässä vaiheessa käyttöönottoa ja vähentää puutteiden ja vikojen määrää projektin loppupuolella järjestettävissä toimintakokeissa.

3.5 Aliurakoitsijan kilpailutus

Ennen kuin projektin työmaavaihe voi alkaa, projektiin pitää hankkia asentajat hoitamaan varsinaiset asennus- ja kytkentätyöt. Resurssitilanteesta riippuen käytetään joko Fidelix Oy:n omia asentajia tai projektiin kilpailutetaan aliurakoitsija. Yleensä kilpailutuksessa tarjouspyynnöt lähetetään vähintään kolmelle eri urakoitsijalle. Tarjouspyyntöön pitää sisältyä ainakin kohteen säätökaaviot ja projektin työmaa-aikataulu. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä aiemmin tarjouspyynnöt lähetetään, sen paremmin urakoitsijalla on aikaa laskea oikea urakkahinta ja näin ollen välttää kiiretyöltä, joka on aina kalliimpaa. Kun urakoitsijoilta saadaan tarjoukset, tehdään valinta niiden perusteella ja valitaan niistä sopivin, jos Fidelix Oy:n omilla asentajilla ei ole sillä hetkellä resursseja hoitaa

asennustöitä. Jos päädytään käyttämään aliurakoitsijaa, valitulle urakoitsijalle lähetetään tilausvahvistus. [3]

3.6 Työmaavaihe

Kun työmaavaihe alkaa, RAU-urakoitsija toimittaa ja asentaa ensimmäiseksi valvonta-alakeskukset työmaalle. Kun alakeskusten asennus on suoritettu, voidaan aloittaa kaapelointi kenttälaitteilta alakeskuksille. Kaapeloinnin hoitaa joko sähkö- tai RAU-urakoitsija, riippuen urakkarajoista. Tämän jälkeen kenttälaitteet voidaan asentaa ja kytkeä. Kaikki 230 V:n asennukset hoitaa pääsääntöisesti sähköurakoitsija. Tällaisia asennuksia ovat esimerkiksi lämmönjakokeskuksen pumppujen ohjaukset sekä kaikki ryhmäkeskuksiin menevät ohjaukset.

Projektinhoitajan kannattaa olla työmaavaiheessa aktiivisesti yhteydessä asentajiin ja heidän omaan työnjohtoonsa, jotta hän pysyy mukana siinä, missä vaiheessa työt etenevät ja tarvitseeko mahdollisesti resursseja lisätä, jotta pysytään aikataulussa.

Kun valvonta-alakeskukset on asennettu ja otettu käyttöön, voidaan ala-asemaan ladata grafiikat, pistetietokanta ja IEC-ohjelmat.

3.6.1 Itselleluovutus

Kun kenttälaitteet on asennettu ja kytketty sekä valvonta-alakeskukset on otettu käyttöön, RAU-urakoitsija aloittaa omat pistetestauksensa eli itselleluovutuksen. Samalla suoritetaan laitteiden ja alakeskusten asennustaparkastukset. YSE 1998:n mukaan urakoitsijan on itse ennen vastaanottotarkastusta varmistuttava siitä, että työ on valmis ja täyttää sopimuksen mukaiset vaatimukset. Urakoitsijan on huolehdittava siitä, että kaikki sopimuksen mukaiset tarkastukset on tehty ennen vastaanottoa. Itselleluovutuksen tarkoitus on varmistaa, että kaikki rakennusautomaatiojärjestelmään kuuluvat laitteet on asennettu oikein sekä kaikki järjestelmään liitetyt pisteet ja ohjelmat toimivat oikein. Ensin testataan kaikkien fyysisten pisteiden toimivuus; tämän jälkeen voidaan testata ohjelmalliset toiminnallisuudet, jotta varmistutaan, että järjestelmät toimivat toimintaselostusten mukaisesti. Ohjelmalliset lukitukset, kuten IV-hätäpysäytys, palohälytys,

jäätymisvaara sekä palovaara, ovat tärkeimmät testattavat asiat. Tärkeimpiä säätöjä ovat käyttöveden säätö, lämmitysverkostojen säädöt sekä ilmastoinnin perussäädöt ja rajoitukset. Itselleluovutus todistetaan tarkastuslistalla, josta käy selville urakoitsijan omavalvonta. Listan avulla voidaan käydä toiminnot läpi osajärjestelmittäin. [4, s. 210.]

Liittyy asiakas	VAK	Kojen Tunnus	Laitteen Tunnus	Sijainti	Laitte	Asennus	Kätkentä		Merkkaus	Toimisuus	Perustoimi	Kuitaus FAT pvm	Kuitaus työmaa pvm
							VAK	Laitte					
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	FG01	Raftsilma pelimoottori		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	FG03	Kiertolmapelti		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	FG22	Jäteilma, Pelimoottori		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	FV04	Lämmityspatteri, Säätöventili		ok	ok	ok	ok	ok	ok		13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	FV05	Jäähdytyspatteri, Säätöventili		ok	ok	ok	ok	ok	ok		13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	PDIE01	Raftsilma suodatin, paine-erolähetin		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	PDIE02	LTO-Patteri, Paineilähetin		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	PDIE08	Tulopuhallin, Ilmämääräilähetin		OK	OK	OK		OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	PDIE19	Poistoilma suodatin, Paine-erolähetin		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	PDIE21	Poistopuhallin, Ilmämääräilähetin		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	GE19	Häilökäsianturi		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	SC02	LTO-Filtri, Kiekkomoottori									
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	SC04	Lämmityspatteri, Kiertovesipumppu									
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	SC08	Tulopuhallin		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	SC21	Poistopuhallin		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	TE03	Tulotilma LTO:n jälkeen, lämpötila-anturi		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN
KT-6301	RKIMLK-K301	K301	TE04.1	Lämmityspatteri, Lämpötila-anturi		OK	OK	OK	OK	OK	OK	30.4.2018 Vsg	13.3.2019 SN

Kuva 10. RAU-urakoitsijan pistetestaustodistus yhden ilmanvaihtokoneen osalta.

Kuvassa 10 on esitetty RAU-urakoitsijan itselleluovutukseen kuuluvasta pistetestaustodistuksesta yhden ilmanvaihtokoneen pistetestaustodistus, josta selviää jokaisen testattavan pisteen toiminta ja testausajankohta.

asiak				Ohjelmointi		Pistetestaustodistus			Valmius %	Urakoitsijoiden toimintatarkastus pvm	Tekninentarkastus / Tilajaajan toimintakoe pvm	Yhteiskoeajankohta		VALMIS
				Mää	Testat	positio mää	FAT	Testattu Kohd				Osallist	Osallist	
KT-6301	MALL	K301TK/FPK ilmanvaihtokone	K1, Prisma myymälä, rahastusalue, info	0	0	22	16	19	44%					
KT-6302	MALL	K302TK/FPK ilmanvaihtokone	K1, Prisma myymälä, rahastusalue, info	0	0	22	17	19	42%					
KT-6303	MALL	K303TK/FPK ilmanvaihtokone	KSM myymälä, K1	0	0	27	18	6	11%					
KT-6304	MALL	K304TK/FPK ilmanvaihtokone	KSM myymälä, K1	0	0	28	18	6	11%					
KT-6307	MALL	K307TK/FPK ilmanvaihtokone	Kauppakäytävät, P2-K3 13-15 / A-G	26	26	22	13	11	75%					
KT-6308	MALL	K308TK/FPK ilmanvaihtokone	Kauppakäytävät, K1-K3 15-19 / A-G	29	29	23	12	4	59%					
KT-6309	MALL	K309TK/FPK ilmanvaihtokone	Liiketilä, K1 A-G / 1-9	0	0	27	19	6	12%					
KT-6310	MALL	K310TK/FPK ilmanvaihtokone	Ravintola, K2-K3	26	26	23	12	4	59%					
KT-6311	MALL	K311TK/FPK ilmanvaihtokone	Prisma myymälä, K2	0	0	22	15	20	45%					
KT-6312	MALL	K312TK/FPK ilmanvaihtokone	Kauppakäytävät, K2 2-15 / G-Q	0	0	20	14	19	45%					
KT-6313	MALL	K313TK/FPK ilmanvaihtokone	Kauppakäytävät, K1-K3 2-7 / A-G	26	25	20	14	19	98%					
KT-6314	MALL	K314TK/FPK ilmanvaihtokone	Myymälä, K2-K3 1-6 / A-G	0	0	21	16	5	13%					
KT-6315	MALL	K315TK/FPK ilmanvaihtokone	Myymälä, K2-K3 keskialue	29	29	26	15	20	88%					
KT-6316	MALL	K316TK/FPK ilmanvaihtokone	Myymälä, K1-K3 1-14 / I-Q	25	25	21	15	18	94%					
KT-6317	MALL	K317TK/FPK ilmanvaihtokone	Ravintolat, K2-K4	24	24	22	15	20	96%					
KT-6318	MALL	K318TK/FPK ilmanvaihtokone	Myymälä, K1-K3 6-14 / A-G	25	25	21	15	19	96%					
KT-6320	MALL	K320TK/FPK ilmanvaihtokone	Myymälä, K2-K3 keskialue	0	0	22	14	5	11%					

Kuva 11. RAU-urakoitsijan itselleluovutusdokumentti osajärjestelmäkohtaisesti.

Kuvassa 11 on esitetty itselleluovutusdokumentti osajärjestelmittäin. Dokumentista selviää jokaisen osajärjestelmän valmiustilanne.

3.6.2 Urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset

Urakoitsijoiden on ennen osatarkastus- ja vastaanottotilaisuuksia itse varmistettava, että työ on valmis ja täyttää sopimuksen mukaiset vaatimukset. Tätä varten urakoitsijat tarkastavat myös yhdessä suoritusvelvollisuuteensa kuuluvat työt ja toiminnot. Urakoitsijat laativat yhteisesti alustavan toimintatarkastussuunnitelman pääurakoitsijan johdolla. Samalla laaditaan myös alustava rakennuttajan toimintakoesuunnitelma. Pääurakoitsija koordinoi kokonaisuutena toimintatarkastuksia. RAU-urakoitsija testaa esimerkiksi sähköurakoitsijan kanssa valaistuksen ja sulatuksen ohjauksen, koska nämä liittyvät sekä automaatiojärjestelmään että ryhmäkeskusohjauksiin. Kaikkien näiden testausten tarkoitus on vähentää puutteiden määrää varsinaisissa rakennuttajan toimintakokeissa. Toimintatarkastusten jälkeen urakoitsijat korjaavat mahdollisesti esiin tulleet viat, haitat ja puutteet ennen rakennuttajalle tehtävää toimintakokeiden suorituspyyntöä. [4, s. 212.]

3.6.3 Rakennuttajan toimintakokeet

Kun RAU-urakoitsijan oma itselleluovutus ja urakoitsijoiden yhteiset toimintatarkastukset on suoritettu ja niissä havaitut puutteet on korjattu, voidaan pitää varsinaiset toimintakokeet, jotka suorittaa yleensä LVIA-valvoja tai RAU-suunnittelija yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Urakoitsijat ehdottavat yhteisesti ajankohtaa, kun kaikkien urakoiden osalta on valmius toimintakokeiden aloittamiseen. Toimintakokeissa testataan samoja asioita kuin RAU-urakoitsijan omissa sekä urakoitsijoiden välisissä testauksissa. Toimintakokeiden tarkoituksena on osoittaa tilaajalle, että järjestelmä toimii halutulla tavalla. Urakoitsijoiden toimintatarkastusten laatu ja kattavuus määräävät rakennuttajan toimintakokeiden laajuuden ja tarkkuuden. Mikäli toimintatarkastukset ovat olleet kattavat, puutteiltaan vähäisiä ja hyvin dokumentoituja, voidaan toimintakokeet suorittaa pääasiassa pistokokeilla.

Jos edelleen toimintakokeissa havaitaan puutteita, sovitaan uusi jälkitarkastusajankohta, johon mennessä havaitut puutteet tulee olla korjattuna. Kaikkien tarkastusten tavoitteena kuitenkin on, että rakennuttajan toimintakokeisiin mennessä järjestelmä toimii toimintaselostuksien mukaisesti ja on puutteeton. Kun toimintakokeet on suoritettu hyväksytysti,

säädetään talotekniikan ohjaamat ilma- ja vesivirrat. Säättöjen jälkeen voidaan virittää automaatiikka. [4, s. 213.]

3.6.4 Koekäytöt, yhteiskoekäytöt ja kuormituskokeet

Kun toimintakokeet on suoritettu ja urakoitsijat ovat suorittaneet laitteidensa lopulliset säädöt ja viritukset kaikille kiinteistön taloteknisille järjestelmille, suoritetaan koekäytöt. Koekäytössä on kyse yksittäisen järjestelmän koekäytöstä. Yhteiskoekäytöissä tutkitaan kaikkien taloteknisten järjestelmien ja niihin liittyvien rakennusautomaatio-, ohjaus- ja hälytysjärjestelmien toiminta mahdollisimman paljon tulevaa käyttöä vastaavissa olosuhteissa. Koekäytöissä ja yhteiskoekäytöissä eri järjestelmien toimintaa tarkastellaan rakennusautomaatiojärjestelmän keräämien trendikäyrien ja mittausten avulla. Tällä varmistetaan, että säätöpiirit toimivat halutusti eikä säädöissä tapahdu suurta huojuntaa olosuhteiden muuttuessa. Tarkastuksessa huomioidaan myös hälytyshistoriat, joista selviää mahdolliset toistuvat hälytykset. Hälytysten syy selvitetään ja niille tehdään tarvittavat toimenpiteet. Joillekin järjestelmille tehdään toimintakokeiden ja viritysten jälkeen kuormituskokeet. Näitä voivat olla esimerkiksi varavoimakoneet, keskitetyt jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Yhteiskoekäyttöohjelma ja aikataulu laaditaan rakennuttajan johdolla yhteistyössä urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden kanssa. Ohjelmassa määritellään eri osapuolten velvoitteet ja koekäytettävät järjestelmät ja tekniikat. [4, s. 213.]

Toimintakokeiden ja yhteiskoekäytön jälkeen suoritetaan vastaanottotarkastus, jossa tilaaja toteaa järjestelmän olevan suunnitelmien mukainen. Kun tilaaja hyväksyy järjestelmän, projekti luovutetaan asiakkaalle ja takuu-aika alkaa. [4, s. 211.]

Kuvassa 12 on esitetty kaaviomalli RAU-järjestelmän vastaanottoa valmistelevista työvaiheista.



Kuva 12. Vastaanottoa valmistelevat toimenpiteet ja vastaanotto [4, s. 211].

3.7 Maksuerät

RAU-urakka jaetaan yleensä osakokonaisuuksiin, joiden perusteella muodostetaan maksuerätaulukko, jonka suuruus on yhteensä urakasta sovittu kokonaishinta. Taulukko koostuu maksueristä, joissa määritellään erälaskun summat. Maksuerä on laskutuskelppoinen, kun sitä vastaava työsuoritus on kokonaisuudessaan valmis ja tilaaja on hyväksynyt sen.

3.8 Lisä- ja muutostyöt

Lisä- ja muutostöillä tarkoitetaan RAU-urakkaan alun perin kuulumattomia töitä. Jo ennen töiden aloitusta saatetaan huomata säätökaavioista lisä- tai muutostyöaiheita, joita voidaan ehdottaa tilaajalle. Myös urakan aikana RAU-suunnitelmiin saattaa tulla muutoksia, jotka aiheuttavat RAU-urakoitsijalle lisätyötä ja niistä voidaan tehdä tilaajalle lisätyötarjous. Lisätyötarjous lasketaan yksikköhintaluettelon mukaisesti. Jos tilaaja hyväksyy tarjouksen, voidaan lisätyö laskuttaa työn valmistuttua.

3.9 Luovutus

Kun toimintakokeet on suoritettu ja projekti on valmis, luovutetaan projekti tilaajalle. Luovutushetkestä alkaa urakkasopimuksessa sovitun mittainen takuu-aika, jonka aikana RAU-urakoitsija korjaa myöhemmin mahdollisesti ilmenevät laite- ja ohjelmaviat. Luovutuksen yhteydessä sovitaan seuranta-aika, jonka puitteissa kiinteistön käyttäjä kirjaa järjestelmästä havaitut puutteet. RAU-urakoitsija käy sovittuna ajankohtana korjaamassa käyttäjän havaitsemat puutteet. Luovutushetkellä sovitaan myös takuuajan huollon ajankohta, jolloin RAU-urakoitsija käy tarkastamassa ja tarpeen vaatiessa huoltamassa järjestelmän kohteessa. [4, s. 214-215.]

3.9.1 Luovutusmateriaali

Keskeisiä loppudokumentteja ovat urakoitsijan omatarkastuksen tuloksena syntyvät itselleluovutusdokumentit, kuten laaduntarkastuksen asiapaperit (esim. projektin laitteiden tarkastuslistat, venttiililuettelot hyväksymismerkintöineen, säätölaitekaappien ja alakeskusten valmistustarkastukset, eri asennus- ja asennustapatarkastukset, mallihuonetarkastukset, piste- ja kytkentäluettelot, prosessin toimintakaaviot selostuksineen, luetteloineen ja merkintöineen sekä toimintojen ja ohjelmien tarkastuslistat. Luovutusdokumentteihin tulee lisäksi sisällyttää RAU-urakoitsijan toimittamien laitteiden tekniset tiedot, käyttöohjeet sekä toimintaohjeet vikatilanteissa. Luovutuskansiosta tehdään urakkasopimuksen mukaisesti useampi sarja, joista yksi toimitetaan asiakkaalle, toinen valvomoon ja kolmas jää urakoitsijalle. [4, s. 216.]

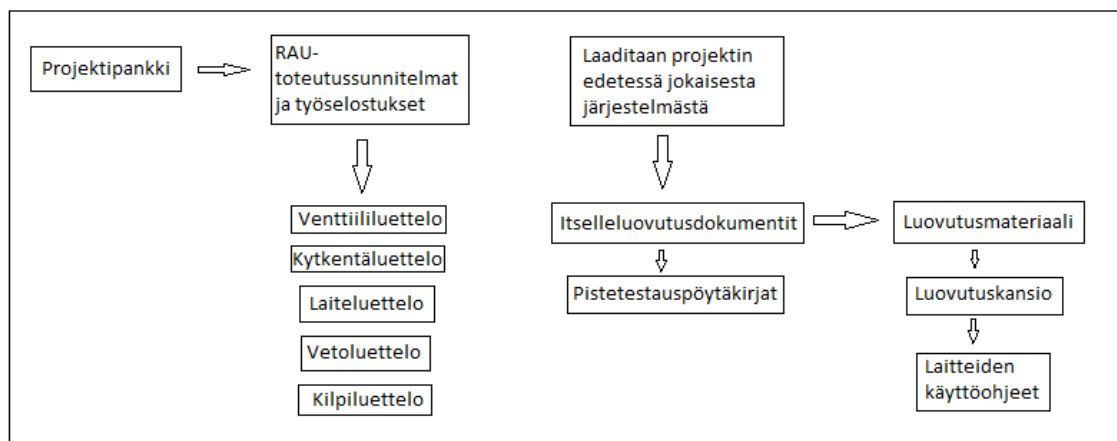
3.9.2 Käyttökoulutus ja käytönopastus

RAU-urakoitsija antaa rakennuttajan nimeämille käyttäjille sovitun määrän käyttökoulutusta. Käyttökoulutuksen tavoitteena on varmistaa, että käyttäjät hallitsevat järjestelmän käytön ja osaavat käyttää järjestelmää oikein. Käyttökoulutus järjestetään tekniselle käyttäjälle ja kiinteistöhoitohenkilökunnalle koulutussuunnitelmassa määriteltynä ajankohtana. Käytönopastus järjestetään kiinteistön lopulliselle käyttäjälle sopimusasiakirjoissa määritellyssä laajuudessa. Käytönopastuksessa käydään läpi RAU-järjestelmään liitetyt laitteet, niiden toiminnot sekä toimintaohjeet vika- ja hälytystilanteessa. [4, s. 214.]

3.10 Projektin dokumentaatio

Projektin aikana laaditaan paljon erilaisia dokumentteja. RAU-urakoitsijan laatimat venttiili-, kytkentä-, laite-, veto- ja kilpiluettelot laaditaan RAU-suunnitelmien pohjalta, jotka löytyvät yleensä projektia varten luodusta projektipankista. Projektin aikana laadittavat dokumentit, kuten itselleluovutusprotokollat ovat erittäin tärkeitä projektin luovutuksen kannalta, koska ne edesauttavat rakennuttajan toimintakokeiden sujuvuutta. Mitä paremmin itselleluovutusdokumentaatio on tehty, sitä sujuvammin RAU-urakoitsija suoriutuu myös toimintakokeista.

Luovutusmateriaali koostuu myös osittain RAU-urakoitsijan itselleluovutusdokumenteista, joten siinäkin osa-alueessa itselleluovutusprotokollan huolellinen täyttäminen on tärkeää, jotta luovutusmateriaali vastaa sopimuksessa sovittua sisältöä. Myös kaikkien RAU-urakoitsijan toimittamien laitteiden käyttöohjeet tulee sisällyttää luovutusmateriaaliin. Kuvassa 13 on esitetty kaavio RAU-urakoitsijan dokumenteista ja siitä, mistä tiedot kuhunkin dokumenttiin saadaan.



Kuva 13. Kaavio RAU-projektiin liittyvistä dokumenteista.

4 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä laadittiin yleinen ohjeistus rakennusautomaation projektin hoidosta. Työssä käytiin läpi rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne sekä rakennusautomaatioprojektin yleiset työvaiheet suunnittelusta luovutukseen projektin hoitajan näkökulmasta. Työ on tarkoitettu ohjeistukseksi ja malliksi sekä nykyisille että uusille Fidelix Oy:n projektin hoitajille.

Työssä käytettiin materiaalia ja esimerkkejä useasta eri projektista, jossa olen ollut mukana, kuten Kiinteistö Oy Uudesta lastensairaala, sekä As Oy Helsingin Nuotista. Kuten työstä selviää, ohjeistus sopii hyvin eri kokoluokan projekteihin, koska pääsääntöisesti jokainen rakennusautomaatioprojekti noudattaa työvaiheiden osalta samaa kaavaa, työvaiheiden mittakaava vain on eri.

Vaikka työssä esitetyt työvaiheet toistuvat lähes kaikissa projekteissa, on jokainen projekti silti yksilöllinen, joten ohjetta ei voi pitää työvaiheiden osalta yksityiskohtaisena kuvauksena. Työn tavoitteena oli antaa yleinen kuva rakennusautomaatioprojektien läpiviennistä, ja se onnistui mielestäni hyvin.

Työssä käytiin läpi projektin aloitus, luetteloiden laadinta, aliurakoitsijan kilpailutus, työmaavaihe sekä loppudokumentointien laadinta. Työ sopii niin aloittaville uusille

projektinhoitajille ohjeeksi kuin jo hieman kokemusta omaavillekin kertauksena projektin eri vaiheista.

Aloitin insinöörityöni tekemisen jo työssä esiintyvien projektien aikana, joten ohjetta oli helppo kirjoittaa, kun eri työvaiheet olivat ajankohtaisia.

Lähteet

- 1 Fidelix Oy:n yrityssivut. <<https://www.fidelix.fi/fidelix/>>. Luettu 19.9.2018.
- 2 Linberg, Kimmo. 2010. Rakennusautomaatiojärjestelmän kuvaus ja malliselitys. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Parviainen, Henri, 2017. Rakennusautomaatioprojektin hoito. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Härkönen Pentti, Mikkola Juhana, Piikkilä Veijo, Sahala Antti, Sahlsten Toivo, Sandström Börje, Sirviö Arto, Spangar Tapani, Sulku Jukka. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 5 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. YSE 98. RT 16-10660. Helsinki: Rakennustieto. Luettu 8.3.2019.

<p>TUNN LUKUM MUUTOS</p>	<p>28</p>	<p>Liberty B-ropun vakiopreleili ja paine-onnit</p>
<p>NIM Päiväys</p>	<p></p>	<p>M Jena 29.01.2019</p>
<p>TOMINTASELOSTUS</p> <p>1. OHJAUKSET</p> <p>Säätimen ohjausohjelma ohjaa kojeen käyntiä määritellyllä teholla (kanavapaineella).</p> <p>2. KÄYTTÖ</p> <p>Käynnistettäessä kone ensin avautuvat tulo- ja poistoilmapelit FG01 ja FG21. Asetetun viivien jälkeen käynnistyy poistoilma- puhallin PF01 ja LTO-kuutio (FG02.1 ja FG02.2) ohjautuu täydelle LTO-käytölle asetelluksi ajaksi. Asetellun ajan jälkeen käynnistyy tuloilmapuhallin TF01 ja säädin alkaa ohjata koneen käyntiä.</p> <p>3. LUKITUKSET</p> <p>Kone ei voi käydä, mikäli jäätymissuojatoiminto tai palovaara on lauennut tai iv-hätäseistoiminto on aktiivinen.</p> <p>Poistoilmapuhaltimen PF01 käynti on lukittu ohjelmallisesti tuloilmapuhaltimen TF01 käyntiin.</p> <p>Ulkopuolinen palohälytystieto pysäyttää koneen.</p> <p>4. ILMAMÄÄRÄN SÄÄTÖ</p> <p>Tulo- ja poistoilman kanavapaineet PDIE10 ja PDIE19 pidetään asetusarvossaan. Säätö ohjaa puhaltimien TF01 ja PF01 kierroslukua.</p> <p>5. LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ</p> <p>Pääsäättöohjelma pitää tuloilman lämpötilan TE10 asetusarvossaan ohjaamalla sarjassa seuraavia tehoportaita (kuva 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-lämmöntalteenoton LTO02 ohituspistettä FZ02.1-02.3 2-lämmityspatterin venttiiliä FV04 <p>TE10 asetusarvoa muutetaan poistoilmakompensoidusti (kuva 2).</p> <p>TE42-säätöohjelma estää lämmityspatterin paluuveden lämpötilan TE42 laskemasta alle asetusarvon (+12°C) ohjaamalla pääsäättimen kanssa rinnan lämmityspatterin venttiiliä FV04.</p>		
<p>KUVA 1: TOMILAITTEIDEN ASENNOT</p>	<p>KUVA 2: TULOILMAN LÄMPÖTILAN TE10 ASARVO</p>	<p>ASETUSARVOT TARKENNUVAT KÄYTTÖNOTON YHTEYDESSÄ! Ilmavirtaohjain (IU) ilmoittaa lopulliset ilmavirta- ja automaattikourakoitsijalle (AU).</p> <p>KYTKENTÄ- JA SÄÄTÖKAAVIO TULOILMAKONE T2-301TK ASUNNOT</p>
<p>RAMBOLL HUIPPIKATU 8, 02200 ESPOO P +358 20 755 411 www.ramboll.fi</p>	<p>OSAN T-SUVANEN T-SUVANEN Pvm. 07.04.2017 KÄYTTÖKORTTI</p>	<p>KANTELEKORTTELI T6 VANHAISTENTIE 1 00420 HELSINKI</p>
<p>LVI 28396T2 6301 28 TYÖPIIRUSTUS 23.05.2017</p>		

<p>6 LTO:N SULATUS (HUURTEENESTO)</p> <p>Paine-eron PE02 ylittävissä rojo-örvon vastovirtasiirrin sulatetaan. Ohituspelti FG02.3 avataan (oletus: 20 %) ja LTO-pelti FG02.2 suljetaan täysin (vastovirtasiirrintä vasten). LTO-pelti FG02.1 jää täysin auki (vastovirta- siirtimeen päin). Säädetyt ajan kuluttua LTO-peltien tilat vaihtuvat: LTO-pelti FG02.1 auki ja FG02.2 kiinni. LTO-pellit vaihtavat tilaa, kunnes paine-ero PDE02 on laskenut määritellyn arvoon sulatuksen päätyttyä.</p> <p>7. TOIMINTA KOJEEN SEISTESSÄ</p> <p>Puhaltimet TF01 ja PF01 ovat seis, tuloilmapelti FG01 ja poistoilmapelti FG21 ovat kiinni. LTO-pellistä on talteenotto- osennossa jollain käynnistystilanteessa lämmöntalteenotto alkaa toimia heti. TE42-säätöohjelma pitää lämmityspatterin paluuvuuden TE42 lämpötilan seisonta-ajan asetusarvossaan (+20°C) ohjaamalla venttiiliä FV04.</p> <p>8. VAROITIMINNOT</p> <p>Puhaltimet TF01 ja PF01 pysähtyvät ja saadaan häilytys jos: o Lämmityspatterin kiertovesipumppu PU04 pysähtyy /LOOG o Jäätymissuojajatermostaatti TZA42 laukeaa (+8°C)/FYYS o Jäätymissuojajassa ennakkointi (+11°C) ja käsinkäyttöä (kts. piir.nro....T6300) /LOOG o Rakennuksen IV-palopysäytyspainike laukaistaan (kts. piir.nro....T6300) /LOOG o Lämmönjoon IV-verkostohäiriö aktivoituu (kts. piir.nro....T6100) /LOOG o Palovaara (=TE10 tai TE19 yli (+45°C)) aktivoituu /LOOG o Palovaara kuitataan valvomosta o Kanavapainevahti PDIE10 tai PDIE19 häilyttää; kanavapaine ei saavuta asetusarvoa (2 minuuttia). Pelti ei auki. /LOOG o Kojeikko palautuu normaalikäyntiin kun häilytystilanne poistuu.</p> <p>9. HÄLYTYKSET</p> <p>o Jäätymissuoja TZA42 o Lämmityspumpun PU04 ristiriita, jos pumppu ei käy o Tuloilmapuhaltimen TF01 ja poistoilmapuhaltimen PF01 laitehäiriö o Tuloilman lämpötilan TE10 asetusarvoon sidottu liukuvo ylä- ja alaraja (+/-3°C)</p>	<p>o Tulokanavapaineen PDIE10 ja poistokanavapaineen PDIE19 asetusarvoon sidottu liukuvo ylä- ja alaraja (+/-30Pa) o Tuloilmamäärän FIE08 ja poistoilmamäärän FIE21 asetusarvoon sidottu liukuvo ylä- ja alaraja (+/-10%) o Tuloilmasuodattimen PDIE01 ja poistoilmasuodattimen PDIE20 ilmamääräkorompensoitu likaantumishäilytys, kun ko. paine-eroliian suuri (120Pa...220Pa) o Ilmamääräkorompensoitu likaantumisen paine-ero LTO:n yli PDIE02 yläaraja LTO-kennoston huurtumisesta tai likaantumisesta (200...600Pa) o Patterin paluuvuuden TE42 alaraja (+6°C) o Poistoilman lämpötilan TE19 alaraja (+45°C) o Palovaara, mikäli TE10 tai TE19 yli (+45°C) o Lämmitysenttisiin FV04 vuotohäilytys koneen käytössä, mikäli FV04 kiinni ja TE10 yli (2°C) lämpimämpi kuin TE02 o Kanavapainevahti PDIE10 tai PDIE19 o Kaikista mittauksista laitevika o Yli (5 minuutin) LTO huurteensulatus</p> <p>10. YÖAIKAINEN TEHOSTUS</p> <p>Kesäajan sisälämpötilan hallinnassa käytetään yöaikaista tehostusta. Yöaikaisen tehostuksen ohjaus toteutetaan poistoilman- ja ulkolämpötilan TE01 perusteella ja yöaikainen tehostus saa käytötiluvan VAK:n kalenterihajauksen perusteella.</p> <p>11. ENERGIAVAHTI</p> <p>o LTO:n energia, teho ja hyötysuhde näkyvät käsikäyttöpaneelissa. LTO-hyötysuhde lasketaan ulkolämpötilan TE00, LTO:n jälkeisen lämpötilan TE02 ja poistoilman lämpötilan TE21 perusteella. o Puhaltimien käyttämä energia ja teho sekä SFP-luku näkyvät käsikäyttöpaneelissa. o Ilmamäärämittaus on tiheyskorjattu. o Lämmityspatterin tuoma energia ja teho lasketaan ja näytetään käsikäyttöpaneelissa. o Venttiilin FV04 läpivirtausvuodosta saadaan häilytys.</p> <p>12. KANAVAPAIKAINEN SÄÄTÖ (VAK: sso)</p> <p>Säätöohjelma pitää kanavan paineen PDIE10.1, PDIE19.1...PDIE19.3 as.arvossaan (x Pa) ohjaamalla säätöpeittejä FG10.1, FG19.1...FG19.3.</p>	<p>28</p> <p>Liikity-B-ropun vakiopöytäkirja ja paine-ohjuri</p> <p>29.01.2019</p> <p>NIM</p> <p>PÄIVÄYS</p>	<p>TUNN</p> <p>LUKUM</p> <p>MUUTOS</p>
<p>RAMBOLL</p> <p>RAJALINNA 03300 Espoo</p> <p>pu: +358 20 155 411</p> <p>www.ramboll.fi</p>	<p>PROJEKTI</p> <p>TSUVANEN TSUVANEN</p> <p>KANTELEKORTTELI T6</p> <p>VANHAISTENTIE 1</p> <p>00420 HELSINKI</p>	<p>TYÖNUMERO</p> <p>28396T2</p> <p>6301</p> <p>28</p>	<p>TYÖPIIRUSTUS 23.03.2017</p>

