



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Riikka Merioja

Vuokaavio RAU-suunnittelun työkaluna datakeskusjärjestelmissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

9.10.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Riikka Merioja Vuokaavio RAU-suunnittelun työkaluna datakeskusjärjestelmissä 32 sivua + 2 liitettä 9.10.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	Senior Consultant Timo Lindqvist lehtori Raisa Kallio
<p>Opinnäytetyö käsittelee ratkaisua RAU-suunnittelijoiden ja -ohjelmoijien sekä käyttäjien väliseen ongelmaan säätökaavioiden toimintaselostuksien tulkintavirheistä kaikkien osapuolen näkökannasta katsottuna. Työn tarkoituksena oli muuttaa RAU-suunnittelun tekstimuotoinen toiminnan kuvaus ja laitteistojen säätämisen prosessi helpommin tulkittaviksi olevaksi. Nykyinen käytäntö aiheuttaa paljon ongelmia tekstiä tulkittaessa ja järjestelmää ohjelmoitaessa. Myös RAU-alan kansainvälistyminen varsinkin datakeskuspuolella asettaa haasteita suunnittelijalle tuottaa virheettömiä ja yksiselitteisiä toimintasuunnitelmia sekä ohjelmoijalle koodata RAU-ohjelmat suunnittelijan tarkoittamalla tavalla.</p> <p>Työssä tutkittiin säätökaavioiden toiminnallisuuksia ja ohjelmoinnin helpottamista vuokaaviomallintamalla datakeskuksen jäähdytysjärjestelmä, jolloin voidaan heti alusta alkaen ohjelmoida järjestelmät toimimaan halutulla tavalla, säästetään aikaa, kustannuksia ja resursseja. Samaa mallia voidaan käyttää myös kansainvälisillä markkinoilla.</p> <p>Työn lopputuloksena on kaksi vuokaaviomallinnettua ohjelmatasoa: pää- ja aliohjelmatasot jäähdytysjärjestelmän toiminnoista. Tulevaisuudessa kehitystyötä mallinnuksen parissa tullaan jatkamaan pyrkimällä esim. etsimään sopiva rajapinta mallinnuksen ja ohjelmoinnissa käytettävän työkalun välille.</p>	
Avainsanat	datakeskus, vuokaavio, RAU-suunnittelu, toimintaselostus

Author Title Number of Pages Date	Riikka Merioja Flowchart as a tool in building automation planning in Data Center systems 32 pages + 2 appendices 9 October 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Timo Lindqvist, Senior Consultant, Granlund Oy Raisa Kallio, Senior Lecturer, Metropolia UAS
<p>The thesis study concerns a solution to the problem between building automation designers, programmers and users in the interpretation of the functional descriptions of functional diagrams, as seen from all sides. The purpose was to develop a simpler model to design, program and maintain the processes in question. Also, the internationalisation of the BA sector, especially in the data center world, poses challenges for the designer to produce flawless and unambiguous written functional descriptions, as well as for the programmers to encode BA programs as intended by the designer.</p> <p>The work explored the interpretation of functionalities and programming of functional diagrams by flowchart, by means of the data center's cooling system, allowing for an unequivocal interpretation and allowing for the systems to be programmed from the outset to operate as desired, saving time, costs and resources. The same model can also be used in international markets.</p> <p>The result of the work is two flowchart levels: main and sub-programming levels of the cooling system functions. In future, development work on modelling will be continued, searching e.g. for a suitable interface between modeling and programming tool.</p>	
Keywords	Data Center, flowchart, BA planning, functional description

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vuokaavio	2
3	Datakeskus	6
4	Datakeskuksen automaatiojärjestelmän hierarkia	7
5	Automaatiojärjestelmät	9
5.1	Automaatiosuunnitelma	11
5.2	DFC-säätökaavio	12
5.3	Toimintaselostus	14
5.4	Ohjelmaluettelo	14
6	Jäähdytysjärjestelmä ja RAU-suunnitelmien tulkintaongelmat	15
6.1	Jäähdytysjärjestelmän lyhyt kuvaus	15
6.2	RAU-suunnitelmien lukeminen ja purkaminen	16
7	Mallinnusprosessi	18
7.1	Työkalun valinta ja vuokaaviomallinnuksen aloitus	18
7.2	Ohjelmarakenne	20
7.3	Jäähdytysjärjestelmän pääohjelma ja aliohjelmat 1.1 ja 1.2 vuokaavioina	21
8	Yhteenveto	28
	Lähteet	31

Liitteet

Liite 1. Pääohjelma / Main Program

Liite 2. Aliohjelmat / Subprograms

Lyhenteet ja käsitteet

BMS	<i>Building Management System</i> , kiinteistönhallintajärjestelmä, käytetään usein myös muotoa BAS, <i>Building Automation System</i> .
CGM	<i>Cooling Generation Modul</i> , jäähdytysmoduuli.
CPU	<i>Central Processing Unit</i> , suoritin tai prosessori.
DCS	<i>Distributed Control System</i> , hajautettu säätöjärjestelmä.
DDC	<i>Direct Digital Control</i> , suora säätöjärjestelmä.
DFC	<i>Digital Field Control</i> , täysin hajautettu digitaalinen kenttäsäätöjärjestelmä.
HEX	<i>Free Cooling Heat Exchanger</i> , vapaajäähdytysirririin.
EMS	<i>Energy Management System</i> , energianhallintajärjestelmä.
FCS	<i>Field Control System</i> , täysin hajautettu järjestelmä.
GUI	Graphical User Interface, rajapinta käyttäjän ja koko järjestelmän välillä
Latenssi	Tietoliikennetekniikassa aika, joka datapaketilta menee lähettävältä laitteelta vastaanottavalle laitteelle ja takaisin lähettävälle laitteelle.
FV	<i>Motorized Valve</i> , moottoriventtiili.
P	<i>Pump</i> , pumppu.
PDE	<i>Pressure Difference Meter</i> , paine-eromittari.
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
QQ	Energiamittaus.

RAU	Rakennusautomaatio.
SC	<i>Frequency Drive</i> , taajuusmuuttaja.
Scada	<i>Supervisory control and data acquisition</i> , tietokoneohjelmistotyyppi, valvomo-ohjelmisto.
TA	<i>Buffer Tank</i> , varaajasäiliö.
TE	<i>Temperature Meter</i> , lämpötilamittari.
UPS	<i>Uninterruptible Power System</i> , keskeytymätön tehonsyöttö.
VAK	<i>BMS's Substation</i> , valvonta-alakeskus.
WCC	<i>Water Cooling Chiller</i> , vedenjäähdytyskone.

1 Johdanto

Datakeskusten automaatio suunnitelmien toimintaselostus on aiheuttanut nykyisessä muodossaan epäselviä tilanteita itse suunnittelijoille, urakoitsijoille ja loppukäyttäjille toteutusvaiheessa. Nykyinen tekstimuotoinen kuvaus voidaan yksinkertaisesti ymmärtää väärin ja yhä enemmän kansainvälistyvässä toimintaympäristössä selostuksien tulkinta vieraalla kielellä hankaloittaa ohjelmien rakenteiden oikean kulun hahmottamista.

Insinööri työni tarkoituksena on tarttua kyseiseen ongelmaan ja tutkia suunnitelmien toimintaselostuksien muuttamista vuokaaviomallinnuksen avulla yksikäsitteisiksi. Yksinkertainen kaavio voi kertoa paljon enemmän informaatiota ja vähentää tulkintavirheitä kuin nykyinen sanamuotoinen toimintaselostus.

Insinööri työ käsittelee datakeskusjärjestelmiä keskittyen kokoluokassaan suunniteltuihin yli yhden IT-megawatin keskuksiin. Koska jäähdytyksen merkitys on suuri datakeskuksissa palvelimien tuottaman lämmön vuoksi, työni esimerkkeinä toimivat erilaiset jäähdytykseen liittyvät järjestelmät ja niiden aliohjelmien kulku vuokaavioina.

Apua ongelmaan tarvitaan myös datakeskusjärjestelmien ja laitteistojen jatkuvan kehittymisen, koon kasvamisen ja monimutkaistumisen vuoksi, mikä johtaa myös siihen, että niiden hallittavuus on hankalampaa. Puutteelliset tai väärässä järjestyksessä toimivat järjestelmät, laitteistot sekä ohjelmat aiheuttavat ongelmia datakeskusten toimivuudessa ja tehokkuudessa johtaen myös tuottavuuden ja energiatehokkuuden laskuun.

Ongelmana alalla pidetään vakiintuneita toimintatapoja ja perinteitä. Ovatko eri toimijat valmiita ottamaan vastaan uudenlaisen mallin toimintaselostuksien kuvaamisesta? Ovatko kotimaiset alan asiantuntijat valmiita astumaan ulos omalta mukavuusalueeltaan ja uudistamaan käytäntöjä? Suomalaisten tähdätessä globaaleille markkinoille on myös aiheellista tarkastella kotimaisia toimintatapoja, jotka eroavat kansainvälisistä siinä, mihin osa-alueeseen datakeskuksissa automaatio suunnittelu luetaan kuuluvaksi. Nykyisin kotimaassa puhutaan LVIA-suunnittelusta, kun taas maailmalla automaatio suunnittelu on osa sähkösuunnittelua yhdessä vahva- ja heikkovirtajärjestelmien kanssa.

Työ tehtiin Granlund Oy:lle ja erityisesti Mission Critical Consultancy -ryhmän toimeksiannosta. Granlund Oy on perinteikäs suomalainen suunnitteluun ja innovointiin erikoistunut insinööritoimisto, joka tarjoaa myös konsultointipalveluja erityisesti sairaaloille ja datakeskuksille. Työntekijöitä yhtiössä on yli 900. Granlundilla on Suomessa 20 alueellista toimipistettä. Kansainväliset toimistot sijaitsevat Dubaissa, Shanghaissa, Sheffieldissä ja Malmössä.

Mission Critical -osasto on keskittynyt datakeskusten suunnittelu- ja konsultointipalveluihin. Osastolla on yli 50 työntekijää, jotka on jaettu seuraaviin osastoihin: HVAC, Electrical -1, Electrical -2, Consultancy sekä muihin tukeviin pienempiin yksiköihin, kuten rakennusautomaatio, paloturvallisuus ja ympäristö. MC on markkinajohtaja datakeskussuunnittelussa Suomessa ja käytössä on Pohjoismaiden suurin pelkästään datakeskuksiin keskittynyt toimittaja riippumaton asiantuntijaryhmä.

2 Vuokaavio

Yhdysvaltalaiset Frank ja Lilian Gilberth kehittivät tiettävästi ensimmäisen vuokaaviomallin esitellessään ASME:n (American Society of Mechanical Engineers) jäsenille ratkaisunsa työtehon parantamiseen vuonna 1921. Vuokaavio eli flow chart (tai process flow chart) levisi nopeasti eri toimialoille, kuten projektien johtamiseen tai insinöörisuunnitteluun. Tämä työväline oli myös hyvin suosittu kuvaamaan algoritmeja ennen nykyaikaisia ohjelmointikieliä, mutta sitä käytetään edelleen kuvaamaan tietokoneen algoritmien etenemistä. [1.]

Vuokaavio määritellään yleisesti graafisena esityksenä, joka kuvaa prosessia, systeemiä tai toimintaa. Virallinen määritelmä löytyy standardista SFS-ISO 5807:

Määrittelyn, erittelyn (/analyysin) tai ratkaisumenetelmän graafinen kuvaus, jossa käytetään symboleja esittämään toimintoja, tietoja, vuota, laitteita jne. [2, s. 2].

Ohjelmistosuunnittelussa algoritmi määritellään sarjana käskyjä, jotka on suunniteltu suorittamaan tehtäviä. Ohjelmoitaessa algoritmit luodaan usein funktioina, jotka toimivat pieninä aliohjelmina ja joita pääohjelma käyttää hyödyksi. [3.]

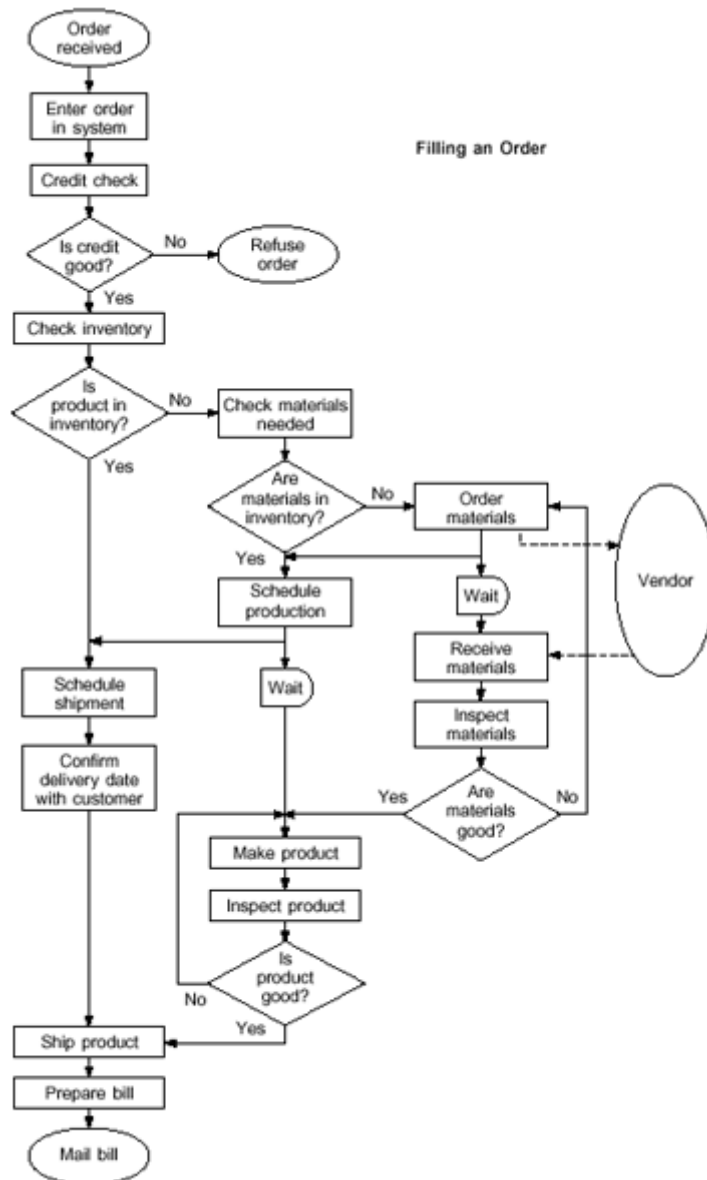
Vuokaavion avulla voidaan algoritmit muuttaa graafisiksi esityksiksi. Ongelmaksi muodostuvat kuitenkin esim. for-, while-, tai if-lauseet. Tällöin ne täytyy kuvata yksittäisinä toimintoina ehtorakennetta hyväksikäyttäen.

David A. Scanlan tutki vuonna 1981 monimutkaisten algoritmien tulkintaa. Algoritmeja annettiin jokaiselle koehenkilöille kolme ja ne vaikeutuivat asteittain. Tehtävänä oli selvittää algoritmi joko vuokaaviosta tai pseudokoodista.

Otos koostui 82 opiskelijasta, jotka valittiin satunnaisesti eri vuosikursseilta, joten tiedot ja taidot koehenkilöillä olivat eri tasoilla. Jokaisen valitun opintoihin kuului ohjelmointikursseja. Yhtenä tutkimuksen 15 hypoteesista haluttiin selvittää, ovatko algoritmit nopeammin ymmärrettävissä vuokaavion avulla kuin pseudokoodina.

Scanlan päätyi tutkimuksessa tulokseen, että algoritmit ymmärretään nopeammin vuokaavioina kuin pseudokoodina ja kaavio osoittautui sitä hyödyllisemmäksi, mitä monimutkaisempia algoritmit olivat. Lopputuloksista kävi myös ilmi, että opiskelijat tekivät vähemmän virheitä, luottivat enemmän omiin vastauksiinsa ja joutuivat tutkimaan vuokaaviota vähemmän kuin lukemaan pseudokoodia saadakseen oikean algoritmin selville. [4, s. 4, 15–22.]






Myös useampi muu tutkimus ja niistä kirjoitettu, vertaisarvioitu ja julkaistu artikkeli tukee käsitystä vuokaaviomallintamisen hyödyistä tulkittaessa kompleksisia rakenteita. Vaikka ohjelmistotekniikka on pitkälle kehittynyttä ja ohjelmointikielet nykyajan normeja, käytetään kaavioita silti apuna suunnittelussa, mallintamisessa, prosessien luomisessa ja algoritmien tulkitsemisessa. Vuokaavion etuna pidetään sitä, että sen käyttö ei rajoitu tiukasti pelkästään ohjelmointimaailmaan, vaan se on yleinen työkalu monilla eri toimialoilla. Kuvassa 1 esitetään tilauksen eteneminen organisaatiossa. [5; 6.]



Kuva 1. Esimerkki vuokaaviosta: tilauksen eteneminen [5].

Vuokaavio on mallina yksinkertainen; se koostuu vuoviivoista ja erilaisista graafisista symboleista, joiden sisälle mahtuu toiminnan tai prosessin määrittelevä teksti. Kaaviota luetaan ylhäältä alas ja vasemmalta oikealle ja sen tulisi olla niin pelkistetty, että tulkittavat kausaalisuhteet olisivat yksiselitteisiä ja kokonaisuus johdonmukainen sekä helppo hahmottaa. Vuokaaviot voidaan laatia myös hierarkkisesti, jos järjestelmän tai prosessin kompleksisuus sitä vaatii: liikkeelle lähdetään järjestelmän tai prosessin pääosasta ja jatketaan käsittelemällä yhtä tai useampaa osaa aina edelliseltä tasolta yksityiskohtaisemmin. [2; 7.]

Vuokaaviomallinnuksessa käytettävät graafiset symbolit on standardoitu ensimmäisen kerran jo 40-luvulla ja ne ovat pysyneet muuttumattomina kaikki vuosikymmenet. Eri-tyissymboleita käytetään sovellettaessa mallia erityiskäsittelyä vaativissa prosesseissa, kuten ohjelmaverkko- tai järjestelmäresurssikaavioissa, mutta mallinnuksen helppous ja tulkittavuus mahdollistavat myös yksinkertaisen menettelytavan järjestelmän tai prosessin suhteen. Kuva 2 esittää kaavioiden yleisimpiä symboleita. [8.]

Symbol	Bezeichnung	Beispiel
	Bearbeitung, Operation	Auftrag erfassen
	Entscheidungs- situation	Wird das Produkt Weiter spezifiziert?
	Informationsfluss	Auftrag
	Verweis	
	Start/Ende	

Kuva 2. Vuokaavioissa yleisimmin käytetyt symbolit [8].

Kaavioissa voidaan käsitellä suorien tapahtumaketjujen lisäksi myös ehtoja ja asettaa vaatimuksia toiminnan etenemiselle tai palaamiselle alkuun. Myös vikatilat tai hälytykset ohjelmistoissa sekä eteneminen niiden jälkeen saadaan mallinnettua selkeästi. Ongelmanratkaisuihin vuokaaviot ovat oivallinen väline, ja niitä on käytetty erilaisia järjestelmiä tutkittaessa juuri tässä tarkoituksessa. Kaavioissa edetäänkin askelmaisesti eteen- tai

taaksepäin tutkien, täytyvätkö ennalta asetetut ehdot ja pääseekö kaavion vuo etene-
mään seuraaviin toimintoihin tai vaiheisiin. [5; 9.]

3 Datakeskus

Datakeskus on yksinkertaisesti rakennus, joka tarjoaa tilaa, energiaa ja jäähdytystä verk-
koinfrastruktuurin fyysisille laitteistoille. Jokainen tavallinen ihminen käyttää datakeskus-
ten palveluja päivittäin liikkuessaan verkossa. Rakennuksiin keskittyvät liike-elämän tai
valtiollisten toimijoiden IT-operaattorit tai palvelimet, ja ne myös jakavat, varastoivat ja
prosessoivat dataa. [10, s. 4.]

Erityyppiset datakeskukset tarjoavat erilaisia verkkoarkkitehtuureja, mutta niitä yhdistää
kuitenkin tarve suurempaan tietoliikenteen nopeuteen, suorituskykyyn, tehokkuuteen ja
skaalautuvuuteen eli mahdollisuuteen laajentaa teknistä infrastruktuuria ilman häiriöitä
toiminnassa. [11.] Kuvassa 3 esimerkki datakeskuksesta.



Kuva 3. Esimerkki datakeskuksesta [12].

Datakeskusten kokoluokista puhuttaessa ilmoitetaan yleensä suunnitellusta jatkuvan te-
hon tarpeesta. Tyypillinen jatkuva tarve on kaksi kilowattia neliometriä kohden palvelin-
saleissa. Tehoa kuluu palvelinsalissa 45 % ja rakennuksen muuhun laitteistoon, kuten
jäähdytykseen, 55 % kokonaiskulutuksesta. [10, s.3.]

Datakeskusten jatkuva, nopea kehitys ja kokoluokkien suureneminen satoihin megawat-
teihin asti aiheuttavat haasteita alalla. Tämän myötä datakeskusten automaatiojärjestel-

mät ja niihin liittyvät laitteistot monimutkaistuvat ja kasvavat, joten myös niiden hallittavuus vaikeutuu huomattavasti. Datakeskusjärjestelmien suunnitteluun vaikuttavat myös yhä enemmän kansainvälistyvät datakeskusmarkkinat lisäten ongelmia automaatio-suunnitelmien ohjelmallisten kuvausten ja toimintaselostuksien kanssa; globaaleilla markkinoilla tarvitaan yhteiset mallit ja ”kieli”, joilla suunnitelmia tulkitaan alusta loppuun asti väärinymmärrysten välttämiseksi. Tarvitaan siis ratkaisu, joka sopii niin kotimaiseen kuin kansainväliseen toimintaympäristöön alalla.

Lisäksi datakeskusolosuhteita ylläpitävien järjestelmien suunnittelu on paljon monimutkaisempaa kuin tavallisten asuintalojen tai kauppakeskusten rakennusautomaatiosuunnittelu johtuen vaatimuksista, joita niille asetetaan. Toimintaselostukset ja ohjelmaluettelot sekä toimintojen kuvaukset ovat pitkiä, monesti vaikeaselkoisia ja helposti väärin tulkittavissa. Kehityksen jatkuessa datakeskuksissa kaikki suunnitteluun liittyvät osa-alueet muuttuvat suuremmiksi ja mutkikkaammiksi. Kaikkien osallisten pitää myös pystyä lukemaan automaatiosuunnitelmia: itse suunnittelijan, toteuttajan eli RAU-urakoitsijan asentajineen ja ohjelmoijineen sekä käyttöönottajan, jopa itse datakeskuksen tilaajan.

Insinööriyössäni kehitän ratkaisua edellä kuvailtuihin ongelmiin ja tutkin toimintaselostusten ja ohjelmaluetteloiden korvaamista vuokaavioilla datakeskusten RAU-suunnittelussa. Vuokaavioiden yksikäsitteisyys vastaa haasteisiin kielimuureja koskevissa kysymyksissä, suunnitelmien väärin ymmärtämisessä ja tukee monimutkaisten, suurten järjestelmien sekä laitteistojen suunnittelua ja toteuttamista hierarkkisen rakenteensa vuoksi.

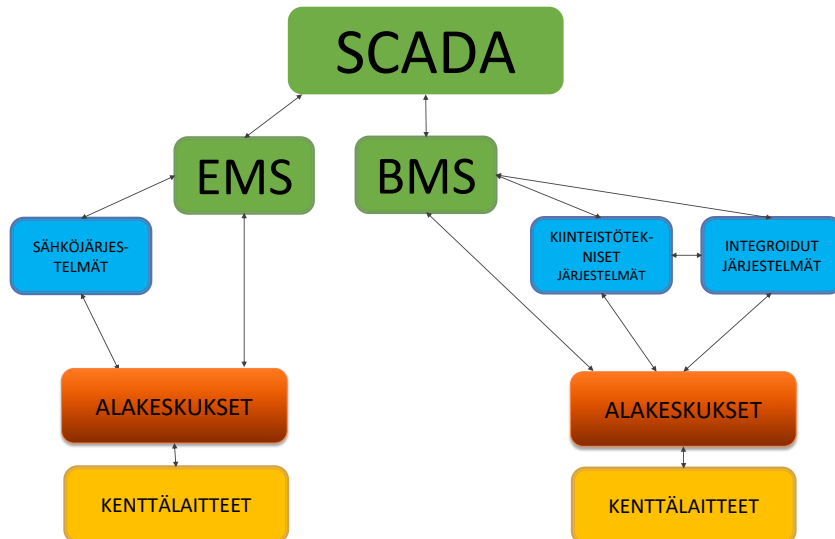
4 Datakeskuksen automaatiojärjestelmän hierarkia

Datakeskusjärjestelmien hierarkia käsittää kolme eri tasoa: hallinta-, automaatio- ja kenttätason. Hallintataso sisältää koko järjestelmän valvonnan ja ohjauksen, johon kuuluvat paikallis- ja keskusvalvomot, jotta järjestelmää voidaan valvotusti kontrolloida etänä. Automaatiotasolta löytyvät alakeskukset, joihin on sijoitettu I/O-moduulit. Alakeskukset toteuttavat ohjelmoituja prosessiohjauksia tauotta ja varsinaiset järjestelmän loogiset toiminnallisuudet tapahtuvat automaatiotasolla itsenäisesti. Kenttätasolla ovat kenttälaitteet, kuten anturit, toimilaitteet ja itsenäiset säätimet sekä puhaltimet ja moottorit.

Datakeskusjärjestelmässä hallintatason keskusvalvomon tehtäviä hoitaa yleisesti Scada-valvomo-ohjelmisto. Sen avulla valvotaan ja ohjataan prosesseja, kerätään datahistoriaa sekä saadaan tietoa hälytyksistä, jotta niihin pystytään reagoimaan. Scadaan on rakennettu lisäksi graafinen käyttöliittymä GUI (Graphical User Interface), joka toimii rajapintana käyttäjän ja koko järjestelmän välillä.

Datakeskusjärjestelmässä hallintatason Scada jaetaan kahteen päätoimintoon: EMS:ään (Energy Management System) ja BMS:ään (Building Management System), jotka molemmat toimivat omina kokonaisuuksinaan, mutta ovat integroituina samaan käyttöliittymään. EMS valvoo datakeskuksissa sähköisiä järjestelmiä, kuten mm. sähkön jakelua, keski- ja suurjännitejärjestelmiä ja UPS:ää (Uninterruptible Power System), jonka tehtävä on turvata tehonsyöttö lyhyissä sähkökatkoksissa. Varavoimakoneen eli generaattorin logiikasta luetaan tietoa energianhallintajärjestelmään. Myös energian kulun valvonta, seuranta ja laskenta kuuluvat EMS:lle.

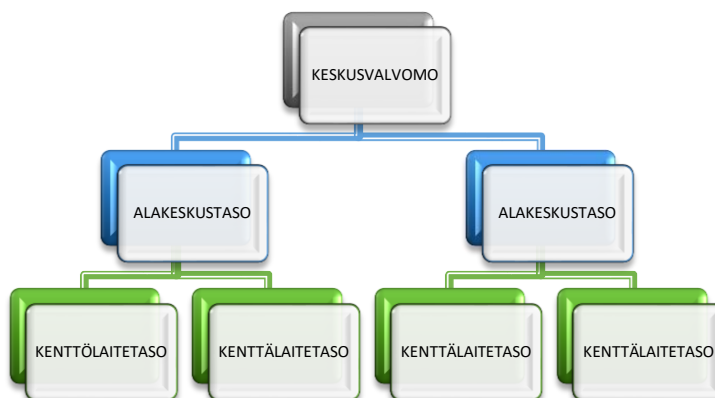
BMS:n vastuulla ovat mekaaniset kiinteistötekniset järjestelmät, kuten jäähdytys, ilmanvaihto ja olosuhdevalvonta. BMS ja kiinteistötekniset järjestelmät ovat edelleen vuorovaikutuksessa muiden integroitujen järjestelmien, kuten turvajärjestelmien tai kaasusammutuksen, kanssa. Sekä EMS:n että BMS:n perustoimintoihin kuuluvat monitorointi, kontrollointi, optimointi ja raportointi. [13.] Tämä on vain yksi toteutusmalli, muita malleja on olemassa useita ja erilaisia riippuen toteutuksista, esim. EMS voi myös lukea suoraan kentälaitteita ilman valvonta-alakeskuksia. Seuraavalla sivulla oleva kuva 4 esittää datakeskuksen automaatiojärjestelmien hierarkiaa edellä kuvatussa tapauksessa.



Kuva 4. Datakeskuksen automaatiojärjestelmän hierarkia, vuorovaikutukset sekä riippuvuudet.

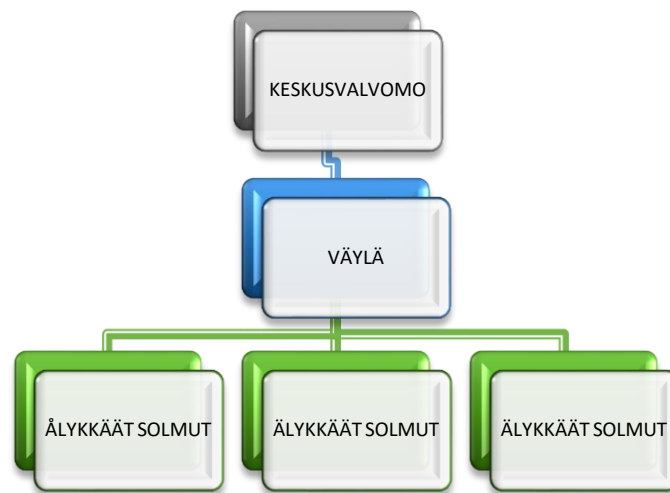
5 Automaatiojärjestelmät

Rakenteeltaan automaatiojärjestelmät voidaan jakaa kahteen eri perustapaukseen: keskitettyihin ja hajautettuihin järjestelmiin. Keskitetyn järjestelmän rakenne on hierarkkinen: ylempi taso on aina vastuussa alemmasta. Tällöin puhutaan DDC:stä (Direct Digital Control) eli suorasta säätöjärjestelmästä. Kuvassa 5 esitetään keskitetyn järjestelmän rakenne.



Kuva 5. Keskitetty järjestelmä.

Hajautetuissa järjestelmissä (rakenne kuvassa 6) logiikka sijaitsee alakeskuksissa ja valvomon tehtävä on ainoastaan koota kerätty data yhteen. Hajautettuja järjestelmiä on kaksi: DCS (Distributed Control System) ja täysin hajautettu FCS (Field Control System), jossa osaprosessit kommunikoivat keskenään ja hyödyntävät toistensa tietoja ollen samalla itsenäisiä ja älykkäitä. Datakeskuksen automaatiojärjestelmä on näiden kahden välimuoto. Alakeskuksien merkitys koko rakenteessa on siis suuri: ne huolehtivat säädoistä ja käsittelevät esim. kenttälaitteilta saatuja tietoja.



Kuva 6. Hajautettu järjestelmä.

Alimmalla tasolla ovat kenttälaitteet, kuten anturit ja erilaiset toimilaitteet. Kenttälaitteet jaetaan myös kahteen eri kategoriaan: tyhmiin ja älykkäisiin laitteisiin. Tyhmät laitteet liitetään alakeskuksiin, mutta älykkäät laitteet voivat mm. prosessoida itse mittaustuloksensa fysikaaliseen muotoon, esim. analoginen ampeeriviesti muuttuu lämpötilaksi. Nämä tiedot kulkevat kenttäväylien kautta pulssimaisena digitaalisena viestinä muihin laitteisiin ja alakeskuksiin. [14.]

Datakeskuksien automaatiojärjestelmillä on omat erityispiirteensä kenttälaitetasolla. Yksittäisen laitteen vikaantuminen ei saa aiheuttaa häiriötä prosessiin, joten ratkaisuna kriittisiä kenttälaitteita kahdennetaan. Jo suunnittelulähtökohdissa rakennetaan itsenäisiä moduuleita, joiden sisällä laitteen vikaantuminen voi tapahtua kokonaisprosessin häiriintymättä.

Yleisellä tasolla rajanveto RAU:n eli rakennusautomaation ja teollisuusautomaation välillä on vaikeaa. Myös datakeskusmaailmassa on olemassa elementtejä kummastakin automaatio-suuntauksesta. Teollisuusautomaatioon käytetään parempia ja kestävämpiä komponentteja, suoritetaan varmistustoimenpiteitä esim. kahdentamalla laitteistoja. Rakennusautomaatio käyttää PLC:n tilalla CPU:ta (Central Processing Unit) eli suorittinta, sekä käytetyt komponentit ovat huomattavasti edullisempia kuin teollisuusautomaatiopuolella. Datakeskuksissa tarvitaan kuitenkin paljon myös RAU-puolen osaamista vaadittavien olosuhteiden ylläpidossa. Täten onkin aiheellista kysyä, onko näiden kahden erottelu nykypäivänä oleellista vai voitaisiinko kumpikin osa-alue sisällyttää yhteen käsitteeseen: prosessiautomaatioon.

5.1 Automaatiosuunnitelma

Rakennustieto Oy:n Talotekniikka RYL 2002, osa 2 määrittelee säätö- ja automaatiotoimintojen yleisissä vaatimuksissa suunnittelussa syntyvien asiakirjojen kohdalta seuraavasti:

Asiakirjoissa määrätään toiminnalliset kokonaisuudet, esimerkiksi kunkin automaatiojärjestelmän laiteosan (tai ohjelman) itsenäisyys, riippumattomuus muista laitejärjestelmistä sekä mahdolliset yhteydet, riippuvuudet muihin laitejärjestelmiin tai ohjelmiin, toimintojen tarvitsemat asetusravot, ajat jne. [15, s. 270].

Automaatiosuunnitelmien osalta nämä ohjeet koskevat säätö- ja ohjausjärjestelmien lisäksi hälytys- ja ilmoitusjärjestelmiä.

Automaatiosuunnittelussa dokumentointi jaetaan kahteen osaan: kaupalliseen ja tekniseen. Tässä työssä keskitytään teknisen puolen asiakirjoihin, joita ovat mm. piirustus- ja pisteluettelo, työselostus, järjestelmäkaavio sekä erityisesti ohjelmaluettelo että säätökaaviot ja niiden toimintaselostukset, joihin vuokaaviomallinnus on tarkoitus toteuttaa. [13.]

Automaatiosuunnittelun tavoitteena on tuottaa toteutussuunnittelutasoisia dokumentteja, joissa kerrotaan, mitä halutaan automatisoitavan, missä järjestyksessä, miten ja miksi. Joka ainoan toiminnan tulee olla selostettu tarkasti ottaen huomioon toiminnan laatu, mitä toiminta tekee ja mitä sen on tarkoitus ohjata.

Automaatiosuunnitelmien kohdalla on vuosien aikana tapahtunut kehittymistä; aiemmin suunnitelmat teki LVI-suunnittelija eikä itse automatiikkaa otettu huomioon muuten kuin toiminnan kuvauksen kannalta. Nykyisin automatiikan osuuden kasvun myötä tätä kuvausta on alettu syventää toiminnan selostamiseksi. LVI-suunnittelijat antavat lähtötiedot automaatiosuunnittelijoille, joiden pohjalta esim. IV-koneet automatisoidaan. Tarkoitus on antaa suunnitelmien toteuttajille lähtötaso eli toiminnan kuvaus prosessikaaviona. Alalla toivotaan kehitystä suuntaan, jossa automaatiosuunnittelua ei pidetä osana LVI-suunnittelua, vaan se on oma erikoisalansa. [16.]

Erityisesti datakeskusten kokojen kasvaessa ja järjestelmien kehittyessä sekä monimutkaistuessa muutosta tarvitaan suunnittelusta lähtien. Järjestelmien hallinta nykyisillä työvälineillä vaikeutuu jatkuvasti. Prosessien kuvaus perinteisillä alan tavoilla eli säätökaavioiden yhteyteen liitetyillä kirjoitetuilla toimintojen kuvauksilla ei tule enää riittämään selittämään, mitä halutaan tapahtuvan, miksi, miten ja missä järjestyksessä järjestelmien tulisi toimia. Jotta suunnitelmat pystyttäisiin toteuttamaan kriittisten konesalijärjestelmien kohdalla jatkossa kestävästi ja virheettömästi, tulee nykyisen toimintaympäristön reagoida tarpeeseen ja kehittyä sekä kehittää uusia työvälineitä datakeskusjärjestelmien automatisoimiseen ja hallintaan.

RAU-suunnittelussa pitkään vaikuttaneet toimijat ja tilaajat nojaavat vanhoihin malleihin, koska ne ovat olleet perinteisiä ja toimivia silloin, kun järjestelmät ovat olleet suhteellisen yksinkertaisia ja hallittavia. Kiire ja kasvu kuitenkin vaikuttavat siihen, ettei näillä vanhoilla kirjoitetuilla toimintasuunnitelmilla pystytä enää vastaamaan tarpeeseen ilman niiden kehittämistä eteenpäin.

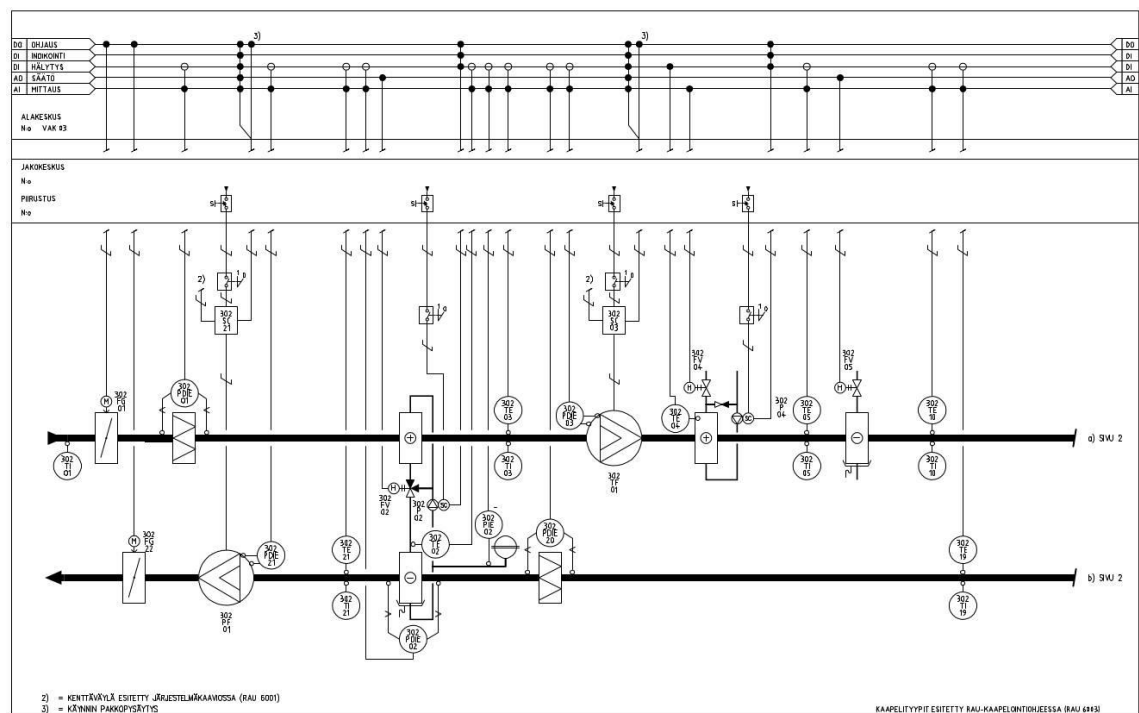
Jotta tarpeeseen pystyttäisiin vastaamaan ja pysymään alalla kilpailukykyisinä, olisi tärkeää muuttaa myös asenteita ja tunnistaa automaatiosuunnittelun asema omana erikoisalanaan muiden suunnittelualojen rinnalla.

5.2 DFC-säätökaavio

Säätökaavion ideana on näyttää, miten prosessi toimii automaation näkökulmasta. Se sisältää toiminnan kannalta olennaiset ja tärkeät laitteet eikä siihen yleisesti haluta sisällyttää liikaa informaatiosta, joka häittäisi tätä kuvausta.

Datakeskuspuolella säätökaaviot esitetään digitaalisen kenttäsiädön eli DFC:n (Digital Field Control) mallilla. Nämä säätökaaviot esittävät ns. nuottiviivastolla alakeskusten sisältämät joko ohjelmalliset tai fyysiset pisteet, joita ovat ohjaus (DO, digital output), indikaatio eli tilatieto (DI, digital input), hälytys (DI), säätö (AO, analog output) ja mittaus (AI, analog input). Pisteiden sijainti viivastolla saattaa vaihdella kaavion suunnittelijan mukaan; ne voidaan ryhmitellä joko tulojen ja lähtöjen perusteella tai kriteerinä voidaan pitää sitä, onko kyseessä analoginen vai digitaalinen piste.

Prosessit ja niihin liittyvät laitteet merkitään kaavioon standardoiduin piirrosmerkein (SFS-ISO 14617-5 ja SFS-ISO 14617-6). Laitteet myös identifioidaan eli annetaan laitepositiot helpottamaan tunnistusta mm. vikatilanteissa, tarkistuksissa ja ohjelmoinnissa. Myös apulaitteet, kuten väylä tai jäätymisen esto, ryhmäkeskus, lukitukset ja kytkimet, hankintarajat sekä mahdollisesti kaapelointi esitetään säätökaavioissa. Kuvassa 7 esitetään DFC-säätökaavion malli.



Kuva 7. DFC-säätökaavio [16].

Yleisesti säätökaavioissa tulee olla erillisillä arkeilla seuraavat osiot: itse prosessi, sen toimintaselostus, laiteluettelo, hälytysluettelo sekä halutessa myös pisteluettelo. Arkin koko määräytyy käyttökohteen ja kokonaisuuksien hallitsemisen mukaan. Isoimmista

laitoksissa, kuten voimalaitoksissa, yksi säätökaavio saattaa kattaa suuriakin kokonaisuuksia ja ne halutaan dokumentoida yhdelle arkille käytännöllisyyden takia. [13; 14; 16.]

5.3 Toimintaselostus

Toimintaselostus on osa säätökaaviota, ja sen tarkoituksena on kuvata itse säätökaaviossa esitetyt prosessit, laitteiden toiminta ja ohjaukset. Säätoiminnot, säätöjärjestys, mitkä mittaustulokset vaikuttavat mihinkin säätöön ja miten, laitteiden asetusarvot, lukitukset, hälytykset ja niiden muodostuminen sekä kuittaaminen, varotoiminnot ja esim. pumppujen sekä puhaltimien ohjaukset kerrotaan selostuksessa siten, että automaation toteuttaja pystyy mahdollisimman tarkasti tuottamaan ja ohjelmoimaan suunnitellun automatisoidun järjestelmän. Toimintaselostuksessa voidaan käyttää apuna myös erilaisia taulukoita tai kaavioita tarkentamaan haluttuja ohjauksia sekä niihin vaikuttavia säätöjä. [13.]

Yksi vuokaaviomallintamisen suurista eduista on se, että suunnittelija joutuu ajattelemaan ohjelmoijan tavalla asioita toimintaselostuksen kohdalla. Tästä taas on ohjelmoijalle huomattava etu ohjelmia suunnitellessa: suurin osa ohjelmoijista tekee joka tapauksessa taulukon tai muunlaisen apukuvan toimintaselostuksesta ennen ohjelmoinnin aloittamista. Vuokaaviomallintamisella saadaan siis vähennettyä yksi työvaihe pois ja taloudellista säästöä aikaiseksi eivätkä toimintaselostukset enää ole tulkinnanvaraisia. [16.]

5.4 Ohjelmaluettelo

Ohjelmaluettelo tarkentaa niitä ohjelmallisia toimintoja yksityiskohtaisemmin, joita ei esitetä työselostuksen yleisessä ohjelmankuvauksessa tai säätökaavion toimintaselostuksessa. Ohjelmaluettelossa kerrotaan säätökaavioon liittyviä yleisiä asioita, määritellään muuttujia ja prosesseja. Harvoin toteutettavat ohjelmat ja mm. erilaiset laskentakaavat sisältyvät ohjelmaluetteloon eli kaikki ohjelmat on kerrottu luettelossa, itse säätökaaviossa kerrotaan yleisesti mitä ohjelmia kaavio sisältää. Luettelo voidaan jättää pois, jos kaikki tarvittava tieto on esitetty aiemmin mainituissa osioissa. [13; 16.]

6 Jäähdytysjärjestelmä ja RAU-suunnitelmien tulkintaongelmat

Herkkiä datakeskusolosuhteita ylläpitävistä järjestelmistä jäähdytyksen merkitys korostuu palvelimien tuottaman suuren lämpökuorman vuoksi. Datakeskusten kapasiteettien ja pinta-alojen kasvaessa myös jäähdytysjärjestelmät kasvavat ja monimutkaistuvat, alalla halutaan ottaa huomioon myös energiatehokkuus ja lämmöntuoton hyötykäyttö esim. syöttämällä ylimääräinen lämpökuorma kunnallistekniikan lämpöverkostoihin. Tämän vuoksi työhön valittiin vuokaaviomallintamisen kohteeksi datakeskusjärjestelmistä jäähdytysjärjestelmä ja sen kolme osajärjestelmää. Työ rajattiin esimerkinomaiseksi mallin tulevaa kehitystä varten ja toisaalta liikesalaisuuksien vuoksi pääohjelmaan ja sen yhteen aliohjelmatasoon.

6.1 Jäähdytysjärjestelmän lyhyt kuvaus

Jäähdytysjärjestelmän tarkoitus datakeskuksissa on ylläpitää suotuisia olosuhteita palvelinsaleissa. Tutkittavana ollut järjestelmä koostuu kolmesta eri komponentista: nestelauhdutuspiiristä, jäähdytysmoduuleista ja jäähdytysverkostosta. Nestelauhdutuspiirissä on viisi nestejäähdytintä (DCR) ja niitä yhdistävä rengasverkosto. Jäähdytysmoduuleita (CGM) järjestelmässä on kolme, ja ne koostuvat vedenjäähdytyskoneista (WCC), vapaajäähdytys siirtimistä (HEX), varaajasäiliöstä (TA), pumpuista (P) ja niiden taajuusmuuttajista (SC), moottoriventtiileistä (FV), antureista (TE ja PDE), energiamittareista (QQ) ja moduulien toimintaa ohjaavasta alakeskuksesta (VAK). Jäähdytysverkostosta löytyvät jäähdytyksen pääpumput (P) sekä niiden taajuusmuuttajat (SC) ja paine-eroanturit (PDE). Koko järjestelmää ohjaa kiinteistönhallintajärjestelmä (BMS). Kaikkia toimintoja voidaan halutessa ohjata operaattorin toimesta valvomon graafiselta käyttöliittymältä. On siis käyttäjän päätettävissä ja estettävissä, miten ja mihin toimintatiloihin järjestelmä ohjautuu vai ohjataan koko järjestelmä alas.

Jäähdytysjärjestelmällä on neljä erilaista toimintatilaa, ja niiden välisiä siirtymiä ohjataan ulkolämpötilojen mukaan, paitsi järjestelmän ollessa pysähdyksissä. Toimintatila seis tarkoittaa, että nestelauhduttimien, jäähdytysmoduulien ja jäähdytyksen pääpumppujen käyntilupa on poistettu. Koko jäähdytysjärjestelmä toimintaturvallisuuden varmistamiseksi käynnistetään aina seisokista konejäähdytykselle ulkolämpötilasta huolimatta.

Konejäähdytyskäytöllä järjestelmä tuottaa verkostoon jäähdytettyä vettä ainoastaan vedenjäähdytyskoneilla. Tällöin kaikilla lauhduttimilla ja moduuleilla, jotka on ohjattu konejäähdytyskäytölle, sekä yhdellä pääpumpuista on käyntilupa päällä. Osittainen vapaajäähdytys tarkoittaa sitä, että jäähdytyskoneiden rinnalla käytetään vapaajäähdytyssiirtimiä, joiden jäähdytysteho tuotetaan nestelauhduttimilla. Moduulit on ohjattu osittaiselle vapaajäähdytyskäytölle. Vapaajäähdytyskäytöllä järjestelmää jäähdytetään pelkästään vapaajäähdytyssiirtimillä, jotka saavat jäähdytystehonsa nestelauhduttimilta. Moduulit on ohjattu vapaajäähdytyskäytölle, joka on ohjaustavoista energiatehokkain ja siksi suositeltavin.

Toimintatilojen ulkolämpötilaehdot määrittävät siirtymät eri toimintatilojen välillä. Yksinkertaistamalla voidaan sanoa, että mitä lämpöisempi on ulkolämpötila, sitä enemmän jäähdytystehoa palvelinsalissa tarvitaan. Vapaajäähdytystä käytetään järjestelmässä ulkolämpötilan ollessa alle +14,5 °C tietyn viiveen ajan, osittaiselle vapaajäähdytykselle siirrytään vapaajäähdytykseltä lämpötilan ollessa yli +15,5 °C ja konejäähdytykseltä lämpötilan ollessa alle +20,5 °C. Konejäähdytykselle siirrytään, kun ulkolämpötila on ennalta määritellyn ajan ollut yli +21,5 °C. Koko jäähdytysjärjestelmän alkuperäiset kaaviot ja toimintaselostukset ovat liitteinä 1–4.

6.2 RAU-suunnitelmien lukeminen ja purkaminen

Saatu ja työn pohjana käytetyn aineiston ongelmiksi osoittautuivat vanhoista suunnitelmista suoraan kopioidut lauseet, samoista järjestelmän osa-alueista puhuminen eri määrittelyillä, ristiriitaiset tiedot ja päällekkäisyydet säätökaavioiden toimintaselostuksissa tai ohjelmaluettelossa.

Käytössä olleet neljä dokumenttia olivat yhteydessä toisiinsa, mutta kausaalisuhteet hukkuivat niiden hajautuessa eri toimintaselostuksiin. Joitain tärkeitä ohjelmarakenteeseen liittyviä säätöjä tai ohjauksia ei myöskään ollut kirjattu käytettyihin toimintaselostuksiin, koska alalla on tapana toimia näin. Tästä esimerkkinä on jäähdytysmoduulien käynnistäminen: operaattori päättää, kuinka monta moduulia käynnistetään kerrallaan, ja käynnistää ne käsin.

Termistö ja tunnukset olivat selostuksissa sekaisin suoraan kopioinnin vuoksi: samoille lämpötilamittauksille annetaan tilasiirtymien kohdalla eri asetusarvoja ja aikoja sekä viiveitä. Toimintojen esitetään "väärässä järjestyksessä" ohjelmoijan kannalta, selkeän kohdan löytäminen vuokaaviomallintamisen aloitukselle tai erityisesti pääohjelman ohjelmarakenteen silmukoille oli vaikeaa löytää. Aliohjelmien kohdalla tämä tarkoitti lähinnä sitä, että kyseessä olevaa alijärjestelmän prosessia käynnistettäessä oli epäselvää, mitä on tarkoitettu tapahtuvan ensiksi.

Toimintaselostuksien purkaminen ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi aloitettiin hajottamalla ne pieniksi paloiksi, jotta eri osa-alueiden ja niihin liittyvien komponenttien yhteys toisiinsa selkenisi. Pelkästään järjestelmän toiminnallisuuksien ymmärtäminen ja tulkittavirheiden poissulkeminen vei monta työviikkoa.

Tuloksena tutustuttaessa materiaaliin oli useita tulkintavirheitä ja kysymyksiä herättäneitä epäselvyyksiä: täytyykö ohjelmoijan tuntea myös ohjelmoitavan järjestelmän prosessien ja laitteistojen toiminta ja tekniset yksityiskohdat, jotta voisi ohjelmoida halutun prosessin oikein? Tällöin ohjelmoijalla täytyisi olla myös laaja-alainen ja syvä asiantuntemus LVI- ja sähköpuolen toiminnoista ja prosessista, jos tiedonlähteenä ohjelmointia aloitettaessa ovat tekstimuotoiset toiminnankuvaukset tai -selostukset.

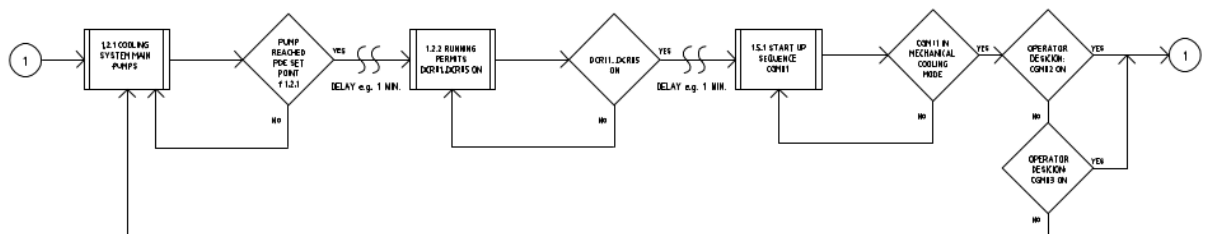
Alalla pitkään toimineelle ja kokeneelle ohjelmoijalle rakenteen selvittäminen kohtuullisessa ajassa on mahdollista, vaikkei tulkintavirheitä välttyttäisikään, mutta selostuksia tulkitsevat myös muut sidosryhmät, kuten operaattorit, huoltomiehet ja ulkopuoliset asiantuntijat.

7 Mallinnusprosessi

7.1 Työkalun valinta ja vuokaaviomallinnuksen aloitus

Tässä työssä mallintamisen työkaluksi valittiin AutoCAD-ohjelmisto, koska opinnäyte-työn tilaajalla ohjelmisto on käytössä ja eri IT-järjestelmien yhteensovittamiselta vältyttiin. Myös yleiset tietomallivaatimukset vuodelta 2012 määrittävät CAD-ohjelmistot alan standardeiksi [17]. Tällä työkalulla oli helppoa laatia erilaiset vuokaavioihin liittyvät symbolit, jotta ne olisivat standardien mukaisia.

Mallinnus aloitettiin rikkomalla toimintaselostukset pieniin palasiin, joista tehtiin vuokaaviot. Liittämällä näitä palasia toisiinsa ja löytämällä eri ohjelmapalasisa olleita päällekkäisyyksiä pystyttiin poistamaan suurin osa paloista turhina tai toimintaselostuksista väärin tulkittuina. Kuvassa 8 esimerkkinä on käynnistyssekvenssi, jossa on pyritty huomioimaan toimintaselostuksessa esitetty järjestys prosessissa.



Kuva 8. Vuokaaviomallinnettu osa ohjelmaa.

Esimerkki on työn aloitusvaiheesta, eikä ole tulkittavissa siten kuin toimintaselostus on sen määritelty, mutta antaa suuntaa mallinnuksen tarkoituksesta. Monesta eri toimintasuunnitelmasta kootusta lauseesta saadaan aikaiseksi yksiselitteinen rakenne.

Kuvissa 9 ja 10 esitetään toimintaselostuksen tekstiä liittyen kuvan yhdeksän prosessiin. Kyseiset tekstit ovat jäähdytysjärjestelmän yleiskuvauksesta, eikä niissä ole esitetty esim. venttiilien asentojen muutoksia siirryttäessä toimintatilasta toiseen. Toimintatilan siirtymään liittyvä lisätieto on annettu mm. nestelauhduttimien tai jäähdytysmoduulien kaavioissa ja toimintaselostuksissa. Kuvat 9 ja 10 toimivat myös esimerkkeinä siitä,

kuinka kopioiminen vanhoista selostuksista on siirtynyt virheitä uusiin: puhutaan jäähdytysmoduuleista (CGM), mutta käytetään jäähdytyskoneiden tunnuksia (WCC).

KONEJÄÄHDYTYS

Konejäähdytyskäytöllä jäähdytysjärjestelmä tuottaa jäähdytysverkostoon jäähdytettyä vettä vedenjäähdytyskoneilla. Konejäähdytyskäytöllä vedenjäähdytyskoneet lauhdutetaan nestelauhdutuspiiriin nestelauhduttimilla.

Jäähdytysjärjestelmän toimiessa konejäähdytyskäytöllä automaatiojärjestelmä ohjaa käyntilupia ja toimintatiloja seuraavasti:

- kaikilla nestelauhduttimilla (DCR01, DCR02, DCR03, DCR04 ja DCR05) on käyntilupa päällä
- annetaan nestelauhduttimilta (DCR01, DCR02, DCR03, DCR04 ja DCR05) palaavalle nesteelle ulkolämpötilan mukainen konejäähdytyskäytön asetusarvo
- kaikilla jäähdytysmoduuleilla (WCC01, WCC02 ja WCC03) on käyntilupa päällä
- kaikki jäähdytysmoduulit (WCC01, WCC02 ja WCC03) on ohjattu konejäähdytyskäytölle
- yhdellä jäähdytyksen pääpumpuista (P00.01, P00.02 tai P00.03) on käyntilupa päällä.

Kuva 9. Toimintatila konejäähdytys

KÄYNNISTÄMINEN SEISOKISTA

Jäähdytysjärjestelmä käynnistetään seisokista aina

konejäähdytyskäytölle. Jäähdytysjärjestelmän käynnistyessä konejäähdytyskäytölle automaatiojärjestelmä ohjaa käyntilupia ja toimintatiloja seuraavasti:

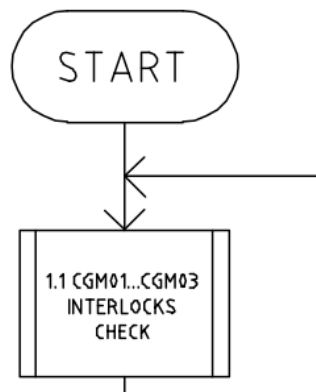
1. Yhdelle jäähdytyksen pääpumpuista (P00.01, P00.02 tai P00.03) ohjataan käyntilupa päälle (Ks. kulutuspiiriin pääpumppujen toimintakaavio RAU 64012).
2. Kun käyntiluvan saanut kulutuspiiriin pumppu on saavuttanut kulutuspiiriin yli mitatun paine-eron asetusarvon, ohjataan kaikkien nestejäähdyttimien (DCR01, DCR02, DCR03, DCR04 ja DCR05) käyntiluvat porrastetusti (esim. 2 min välein) päälle ja annetaan nestejäähdyttimiltä palaavan nesteen lämpötilalle ulkolämpötilan mukainen konejäähdytyskäytön asetusarvo (Ks. nestejäähdyttimien toimintakaavio RAU 64011).
3. Kun kaikkien nestejäähdyttimien käyntiluvat on ohjattu päälle, ohjataan yhden jäähdytysmoduulin käyntilupa päälle ja toimintatilaksi konejäähdytyskäyttö (Ks. vedenjäähdytyskoneiden toimintakaaviot RAU 6401, 6402 ja 6403).
4. Kun käyntiluvan saanut jäähdytysmoduuli on käynnistynyt konejäähdytyskäytölle, ohjataan seuraavan jäähdytysmoduulin käyntilupa päälle ja toimintatilaksi konejäähdytyskäyttö (Ks. vedenjäähdytyskoneiden toimintakaaviot RAU 6401, 6402 ja 6403).

Kuva 10. Käynnistäminen seisokista konejäähdytykselle

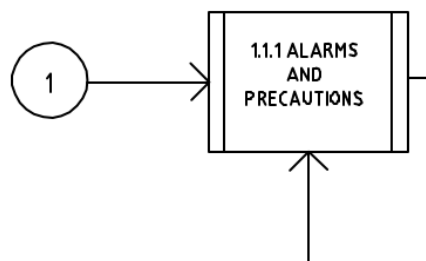
7.2 Ohjelmarakenne

Ohjelmarakenteessa pyrittiin pitämään loogiset ohjelmakerrokset päämääränä ja päädyttiin selkeimpään ratkaisuun: pää- ja aliohjelmatasoihin, jolloin kausaalisuhteet eri toimintojen tai tilasiirtymien välillä olisivat mahdollisimman selviä.

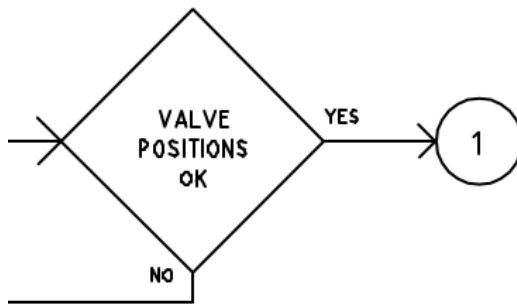
Rakenteen hierarkisuus mahdollistaa tasolta toiselle liikkumisen noudattamalla pääohjelman syklejä ja silmukoita. Ohjelmia kutsutaan viittaamalla niihin numeerisesti: pääohjelmassa 1 kutsutaan esim. aliohjelmaa 1.1 ja aliohjelmassa 1.1 kutsutaan sen aliohjelmaa 1.1.1. Kuvat 11 ja 12 havainnollistavat rakennetta ja kutsuja tasolta toiselle. Huomattavaa on myös se, että aliohjelmissa 1.1.1 ja 1.1 palataan aina takaisin ylemmälle tasolle, kuten kuva 13 esittää.



Kuva 11. Pääohjelmatason kutsu aliohjelmalle 1.1

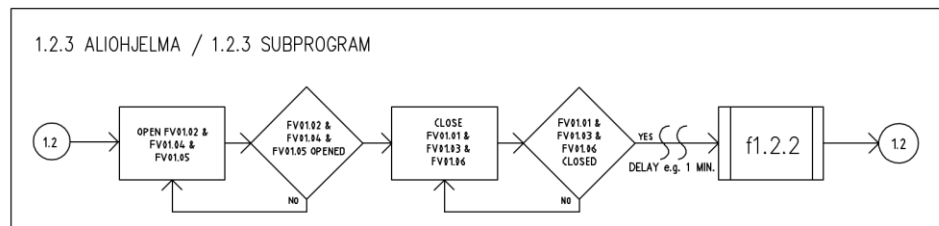


Kuva 12. Aliohjelmassa 1.1 kutsutaan aliohjelmaa 1.1.1.



Kuva 13. Palaaminen aliohjelmasta 1.1 pääohjelmatasolle.

Oleellista rakenteen kannalta on myös informaatio siitä, miltä sivulta dokumentissa aliohjelmat tai säätämiseen ja ohjaamiseen liittyvät funktiot löytyvät; näihin viitataan kunkin aliohjelman kohdalla tekstimuotoisesti. Esimerkkinä kuva 14, jossa aliohjelmassa 1.2.3 kutsutaan funktiota 1.2.2.



FUNCTIONS f1.2.1–f1.2.2 ARE PRESENTED ON PAGE 6

Kuva 14. Funktion 1.2.2 kutsuminen aliohjelmassa 1.2.3.

7.3 Jäähdytysjärjestelmän pääohjelma ja aliohjelmat 1.1 ja 1.2 vuokaavioina

Jäähdytysjärjestelmän pääohjelma koostuu kaikista järjestelmän säätökaavioiden toimintaselostuksista poimituista kohdista, jotka ovat olennaisia koskien operaattorin roolia, järjestelmän käynnistämistä, alasajoa ja tilasiirtymiä lukituksineen ja tarkastuksineen. Kuvassa 15 esitetään pääohjelma kokonaisuudessaan.

1. PÄÄOHJELMA / MAIN PROGRAM

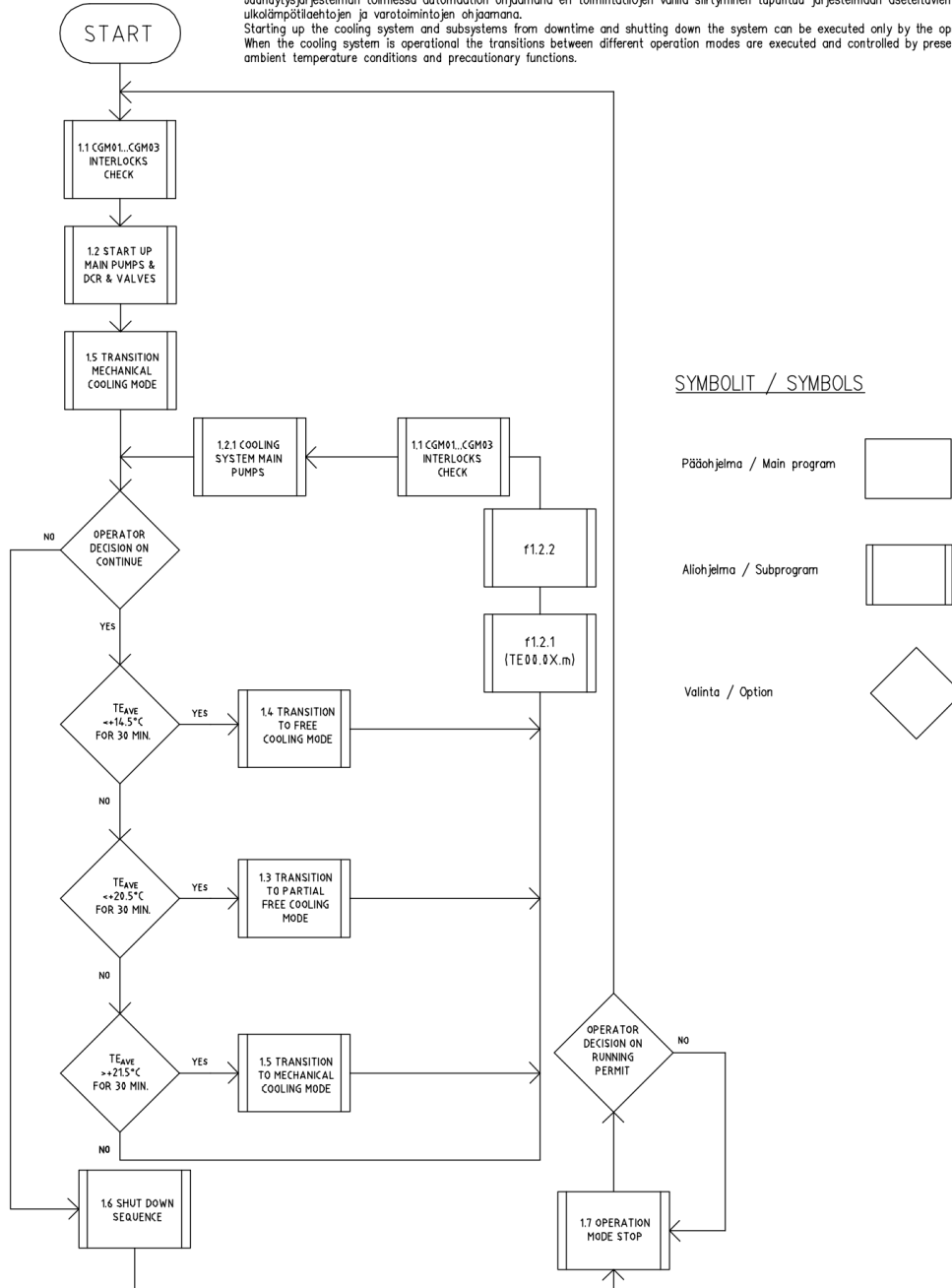
JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KÄYNNISTÄMINEN SEISOKISTA / THE COOLING SYSTEM'S START UP FROM DOWNTIME

Jäähdytysjärjestelmä käynnistetään seisokista aina konejäähdytyksytölle.
The cooling system is to be started up from downtime invariably to the mechanical cooling mode.

TOIMINTATILOJEN SIIRTYMÄT / TRANSITIONS BETWEEN THE OPERATION MODES

Jäähdytysjärjestelmän ja sen osajärjestelmien käynnistäminen seisokista ja pysäyttäminen tapahtuvat vain käyttäjän toimesta.
Jäähdytysjärjestelmän toiminnassa automaation ohjaamana eri toimintatilojen väliin siirtyminen tapahtuu järjestelmään asetettavien ulkoämpötilaehdotusten ja varotoimintojen ohjaamana.

Starting up the cooling system and subsystems from downtime and shutting down the system can be executed only by the operator.
When the cooling system is operational the transitions between different operation modes are executed and controlled by preset ambient temperature conditions and precautionary functions.



Kuva 15. Jäähdytysjärjestelmän pääohjelma.

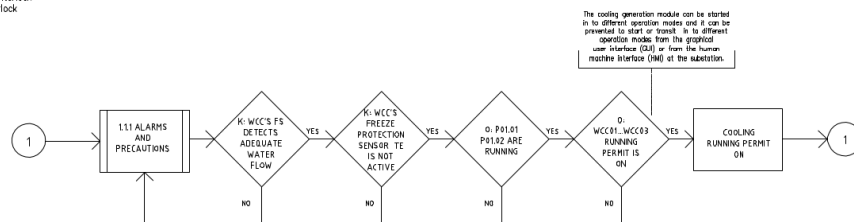
Sekä pääohjelmaan että aliohjelmatasoon on liitetty lyhyet tekstimuotoiset kuvaukset tarkoituksena tutustuttaa lukija yleisesti järjestelmään ja antaa lisätietoa esim. ohjelmista tai mittauksista. Tarkoituksena on ollut kuitenkin välttää tilanteita, joissa sama tieto esiintyy näissä kuvauksissa ja ohjelmarakenteissa, ellei se ole ehdottoman tärkeää. Pääohjelma ja aliohjelmat 1.1 ja 1.2 kuvauksineen ovat kokonaisuudessaan liitteinä 1 ja 2.

Käynnistäminen ja järjestelmän pysäyttäminen tapahtuvat aina käyttäjän päätöksestä ja toimesta, ja järjestelmää käynnistettäessä seisokista ohjataan se aina ensin konejäähdytyskäytölle. Tätä ennen on kuitenkin tarkistettava jäähdytysmoduulien lukitukset, jolloin viitataan aliohjelmaan 1.1, ja käynnistettävä järjestelmän pääpumput sekä neste-lauhduttimet ja tarkistettava, ovatko venttiilit oikeassa asennossa konejäähdytyskäyttöä varten (aliohjelma 1.2). Vasta näiden operaatioiden ja tarkistusten jälkeen voidaan järjestelmä käynnistää operaattorin toimesta konejäähdytyskäytölle.

Kuvassa 16 esitetään aliohjelma 1.1. Aliohjelmassa tarkastetaan ensin, onko jokin jäähdytysmoduulin hälytys aktiivisena ja varotoiminnot kunnossa (aliohjelma 1.1.1), veden virtaus riittävä jäähdytyskoneessa (WCC1) ja ettei jäätymissuojan lämpötila-anturi hälytä. Yhtä moduulia käynnistettäessä sen pumppujen (P01.01 ja P01.02) ja itse jäähdytyskoneen käyntilupien tulee olla päällä, ennen kuin moduuli itse saa käyntiluvan. Jos jokin ehdoista ei täyty, vaikka edellinen olisikin täytynyt, palataan tarkastamaan aliohjelman 1.1.1 hälytykset ja varotoiminnot. Tätä silmukkaa jatketaan niin kauan, kunnes kaikki ehdot täyttyvät ja moduuli saa käyntiluvan ja voidaan palata takaisin pääohjelmaan.

1.1 ALIOHJELMA: JÄÄHDYTYSMODUULIEN (CGM01...CGM03) LUKITUKSET / 1.1 SUBPROGRAM: INTERLOCKS OF THE COOLING GENERATION MODULES (CGM01...CGM03)

INTERLOCKS
R = Distribution board interlock
K = Switchboard interlock
D = Program interlock



Other interlocks:

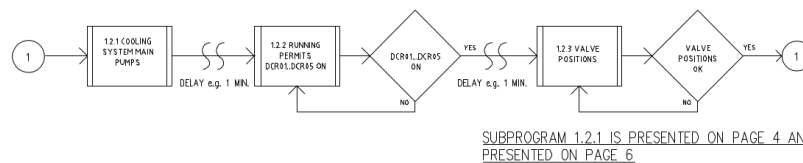
R When the glycol circulation's freeze protection thermostat (TZ458) is active the pumps P01.01 & P01.02 in supply circulation and in glycol circulation will shut down.

D When the glycol circulation's pump (P01.02) is on halt the automation system controls the motorized valve FV01.07 to close and the motorized valve FV01.08 to open (bypassing the dry coolers DCR01, DCR02, DCR03, DCR04 and DCR05).

Kuva 16. Aliohjelma 1.1.

Kuvassa 17 esitetään aliohjelma 1.2, jossa käynnistetään jäähdytysjärjestelmän pääpumput, annetaan nestelauhduttimille, joita kutsutaan myös nestejäähdyttimiksi, käyntiluvat ja käännetään venttiilit oikeaan asentoon konejäähdytystä varten. Kaksi viimeistä vaihetta tulee myös tarkastaa ehdon kautta, jotta voidaan palata pääohjelmatasolle. Kuten aliohjelmassa 1.1, ehdosta ei pääse etenemään, jos venttiileissä tai lauhduttimien käyntiluvissa on vikatiloja, mikä estäisi järjestelmän käynnistymisen konejäähdytyskäytölle.

1.2 ALIOHJELMA: PÄÄPUMPPUJEN JA NESTEJÄÄHDYTTIMIEN KÄYNNISTÄMINEN JA VENTTIILIEN ASENTUJEN TARKASTUS/
1.2 SUBPROGRAM: START UP OF THE MAIN PUMPS & DRYCOOLERS AND VALVE POSITION CHECK UP



Kuva 17. Aliohjelma 1.2.

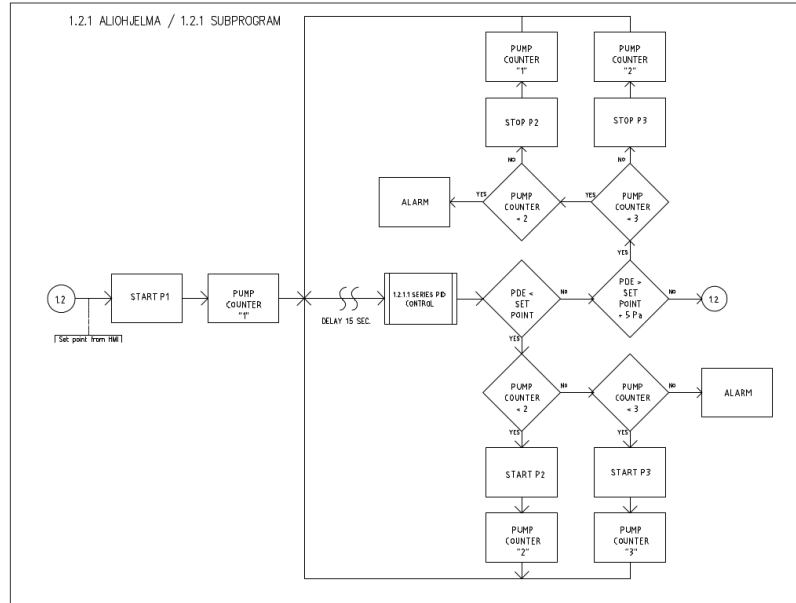
Aliohjelmassa 1.2 viitataan aliohjelmiin 1.2.1, 1.2.2 ja 1.2.3. Kuvassa 18 esitetään järjestelmän pääpumppujen monipumpputoiminta. Kyseessä on itsenäinen sarjasäätö (aliohjelma 1.2.1.1): taajuusmuuttajat säätelevät pumppujen pyörimisnopeuksia, joita ohjataan taajuusmuuttajiin liitettyjen paine-erojen avulla.

Normaalitilanteessa vain yksi kolmesta pumpusta käy ja pumppuja säästetään käyttämällä niitä kolmen sykleissä tietyn ajan. Mikäli ennalta-asetettu paine-eron asetusarvo jää saavuttamatta, tarvitaan lisäpumppu käynnissä olevan rinnalle, jotta asetusarvoon päästäisiin. Tämä on toteutettu kaaviossa käyttämällä laskinta apuna.

Ensimmäisessä ehdossa määritellään, onko paine-ero asetusarvon alapuolella. Vastauksen ollessa kyllä seuraavassa ehdossa kysytään, onko pumppuja käynnissä vähemmän kuin kaksi eli yksi. Kyllä-vastaus johtaa toisen pumpun käynnistämiseen, ja laskimessa pumppuja on kaksi. Toisen ehdon ollessa ei, kysytään, onko pumppuja käynnissä kaksi ja käynnistetään pumppu kolme, jos ehto pitää paikkansa ja laskuri näyttää kolmea. Jos molemmat ehdot ovat ei, tulostuu hälytys.

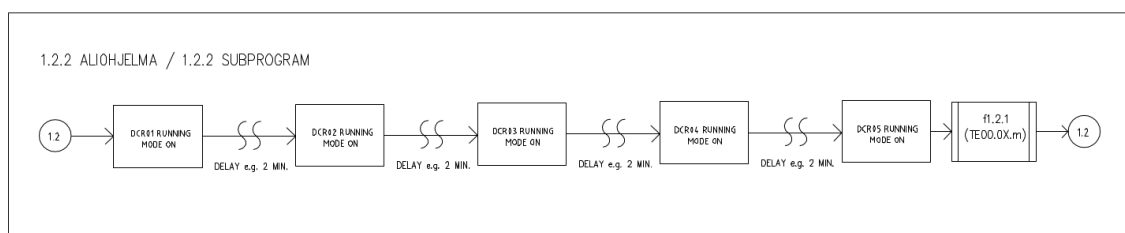
Samoin toimitaan myös paine-eron ollessa yli asetusarvon, mutta käänteisessä järjestyksessä. Silmukalla luotu kierto kaaviossa mahdollistaa sen, että paine-eron asetusarvo saavutetaan ja voidaan palata aliohjelmaan 1.2.

Pääpumpujen käynti- ja lepoaika / Main pumps' running cycle
 Normaaliolinnassa pumput käyvät kolmen sekvenssissä: päällä 168 tuntia ja lepoaerossa 336 tuntia, vaihto 168 tunnin välein.
 In normal situation the pumps run in a cycle of three: on for 168 hours and off for 336 hours, change every 168 hours.
Käynti- ja lepoaerossa olevan pääpumpun vikavirtaus / When a running main pump fails
 Käynti- ja lepoaerossa oleva pumpu ja taajuusmuuttaja voi olla mikä tahansa jäähdytysverkon pumpuista tai taajuusmuuttajista. Seuraavaksi käynti- ja lepoaerossa oleva pumpu korvaa vikantunneen pumpun.
 The running pump and frequency drive can be any of the pumps or frequency drives in the cooling network. The next pump in the running cycle replaces the pump with failure.



Kuva 18. Aliohjelma 1.2.1.

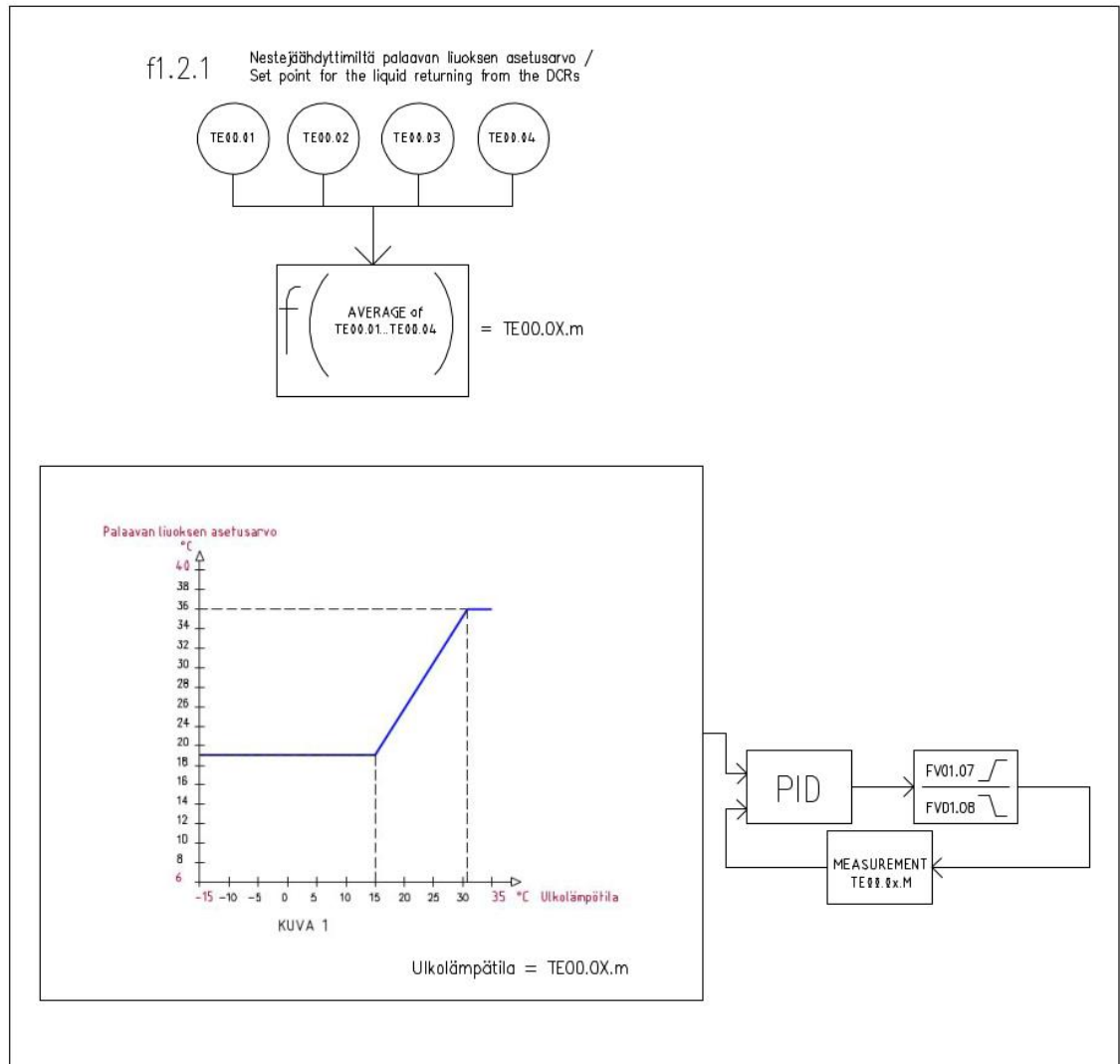
Aliohjelmassa 1.2.2 (kuva 19) käynnistetään järjestelmän nestelauhduttimen ennalta-asetettujen viiveiden välein päälle ja tarkastetaan niiltä palaavan liuoksen asetusarvo funktiossa 1.2.2 (kuva 20).



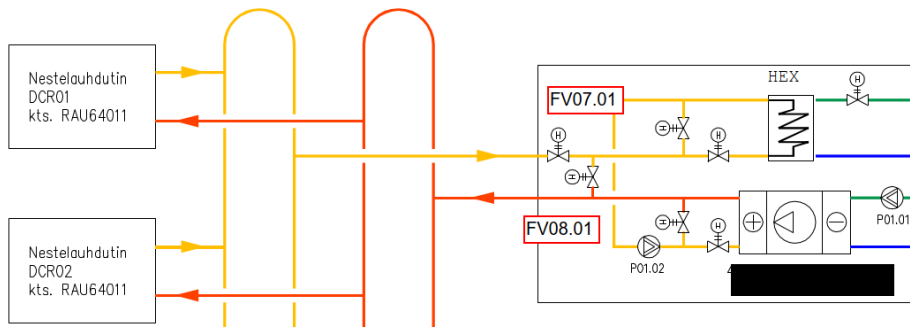
Kuva 19. Aliohjelma 1.2.2.

Funktiossa lasketaan neljän ulkolämpötilamittauksen keskiarvo, joka syötetään PID-säätimeen. PID säätää suhteellisesti moottoriventtiilejä FV01.07 ja FV01.08, jotta palaavan

liuoksen lämpötila pysyisi asetusarvossaan. Lämpötilaa mitataan (TE00.0xM) ja sen arvo syötetään takaisinkytkennällä säätimeen. Kuvassa 21 esitetään venttiilien paikat verkostossa.

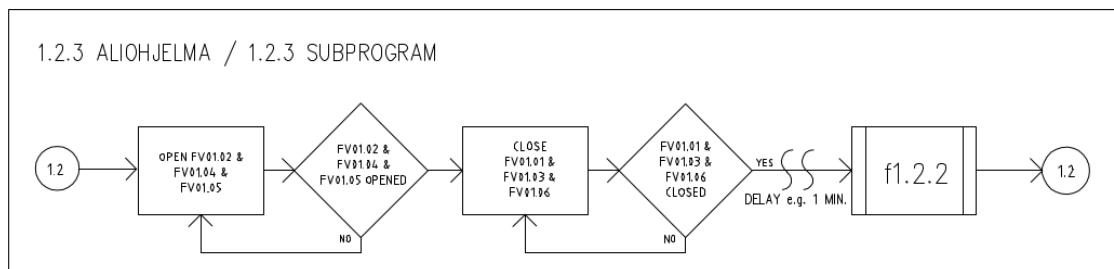


Kuva 20. Funktio 1.2.1.

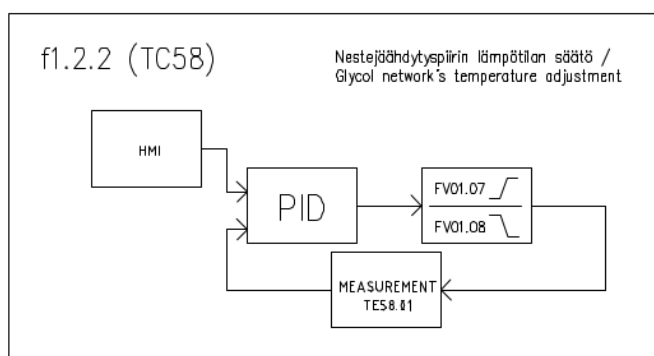


Kuva 21. Palaavan liuoksen lämpötilaa säätevien venttiilien paikat verkostossa.

Aliohjelmassa 1.2.3 (kuva 22) tarkastetaan venttiilien asennot koko jäähdytysmoduulissa konejäähdytyskäyttöä varten sekä säädetään nestejäähdytyspiirin lämpötila funktiossa f1.2.2, joka on kiinteistönhallintajärjestelmän säätöohjelma TC58 (kuva 23). Kuten aiemmin käytetään PID-säädintä ja annetaan sille asetusarvo valvomosta: säädin säätää samoja venttiileitä kuin edellisessä esimerkissä, mittaa piirin lämpötilaa ja syöttää sen takaisin säätimeen.



Kuva 22. Aliohjelma 1.2.3.



Kuva 23. Funktio 1.2.2.

Aliohjelmista siirrytään aliohjelmaan 1.2 ja todetaan, että voidaan palata takaisin pääohjelmaan, kun vaaditut ehdot ovat täyttyneet ja siirrytään vuon mukana eteenpäin pääohjelmatasolla.

Järjestelmän käynnistyttyä konejäähdytyskäytölle pääohjelmatasolla halutaan varmistaa operaattorin päätös siitä, halutaanko järjestelmä sammuttaa. Sammutettaessa järjestelmää siirrytään aliohjelmaan 1.6 (sammutussekvenssi) uloimmassa silmukassa ja siitä aliohjelmaan 1.7 (toimintatila seis). Jälleen on operaattorin päätettävissä, käynnistetäänkö järjestelmä uudestaan: jos vastaus on kyllä, siirrytään takaisin aliohjelmaan 1.1, muuten jäädään kiertämään silmukkaa ja odottamaan päätöstä käynnistämisestä.

Operaattorin päättäessä jatkaa käynnistysvaiheen jälkeen järjestelmän toimintaa siirrytään tilasiirtymien lämpötilaehtoihin sisemmässä silmukassa. Jokaisen lämpötilaehdon kohdalla on otettu huomioon hystereesi ja ennalta asetettu aika, jotta jäähdytysjärjestelmä ei joutuisi tilanteeseen, jossa sen pitäisi siirtyä toimintatilasta toiseen jatkuvasti.

Kunkin lämpötilaehdon kohdalla tarkastetaan tilanne ja toimitaan sen mukaan siirryttäessä silmukassa joko eteenpäin tai toiseen käyntitilaan. Sisemmässä silmukassa myös tarkistetaan lämpötilojen säätöjä, lukituksia ja pääpumppujen toimintaa.

8 Yhteenveto

Datakeskusjärjestelmät ja erityisesti jäähdytysjärjestelmät ovat avainasemassa, kun luodaan suotuisia olosuhteita palvelinsaleihin, joissa jäähdytyksen tarve on suuri palvelimien tuottaman lämpökuorman vuoksi. Nämä järjestelmät ovat useimmiten myös monimutkaisia, ja niihin liittyy laitteistojen redundanttisuutta johtuen datakeskusten kriittisestä asemasta. Yhden laitteen tai järjestelmän vikaantumiseen pyritään siis varautumaan vähintään kahdentamalla niitä.

Datakeskusjärjestelmät kehittyvät ja kasvavat nopeasti pilvipalveluiden yhä yleisemmän käytön mukana ja teollisuuden sekä liike-elämän toimijoiden tai yhteiskunnallisten tahojen siirtyessä vanhoista tiedonhallintamenetelmistä uusiin puhumattakaan tavallisten

kansalaisten lisääntyvästä internetin käytöstä. Kehityksen ja kasvun johdosta järjestelmät myös monimutkaistuvat, ja niiden RAU-suunnittelun kehittämiseen tarvitaan uusia työkaluja.

Insinööriyön tarkoituksena oli selventää ja yksinkertaistaa säätökaavioiden toimintakuvausmonitulkinnallisista kirjoitetuista kuvauksista selkeisiin vuokaavioihin erityisesti RAU-suunnittelun apuvälineenä datakeskusmaailmassa johtuen alan vakiintuneista toimintatavoista. Työllä pyrittiin parantamaan suunnittelijoiden, ohjelmoijien ja loppukäyttäjien välistä yhteistyötä kehittämällä uusi ja helposti tulkittava malli kuvamaan prosesseja. Yksikin virhe tai väärinkäsitys esimerkiksi suunnitelluista toiminnoista voi johtaa mittaviin resurssien tuhlaamiseen, ja siihen ei yhdelläkään toimijalla alati kasvavalla ja yhä enemmän kansainvälistyvällä ja kilpaillulla alalla ole varaa.

Vuokaavio valittiin kehitetyn mallin pohjaksi siksi, ettei sen tulkitsemisesta voi syntyä vääriä johtopäätöksiä tai erehdyksiä. Vuokaavion suurena etuna on yksiselitteisyys: vuota edetään koko ajan systemaattisesti eteenpäin nuolten suuntaan, noudatetaan käskyjä ja ehtojen kohdalla tehdään kyllä- tai ei-päätöksiä jatkon kannalta, tutkitaan täyttyvätkö ehdot vai eivät.

Vuokaavion käyttöä mallintamisessa voidaan myös pitää kilpailuvalttina sen säästäessä aikaa ja rahaa sekä tilaajilta että alan toimijoilta, eikä se aseta kielimuureja globaaleilla markkinoilla.

Työ toteutettiin tutkimalla jo toimivan datakeskuksen jäähdytysjärjestelmää ja tutustumalla olemassa oleviin säätökaavioihin ja niiden toimintaselostuksiin. Alkuvaiheessa kokonaisen järjestelmän ymmärtäminen ja erilaisten prosessien sisäistäminen oli vaikeaa johtuen toimintaselostuksien monitulkintaisuudesta ja prosessien selostuksien jakautumisesta neljään eri dokumenttiin.

Toimintaselostukset rikottiin pieniksi kappaleiksi ja mallinnettiin vuokaavion avulla lyhyiksi ohjelmapätkiksi. Palapelin rakentaminen ja kokoaminen kahteen eri ohjelmatasoon, pää- ja aliohjelmiin, aloitettiin alhaalta ylöspäin hierarkkisessa ohjelmarakenteessa. Monitulkintaisista ja pitkistä toimintaselostuksista muodostui hyvin yksiselitteisiä ja yksinkertaisia ohjelmarakenteita, jotka ovat sidoksissa toisiinsa vuon etenemisen ja silmukoiden avulla.

Hierarkkisen rakenteen johdosta ohjelmatasolta toiselle siirtyminen ja takaisin palaaminen varmistettiin numeerisin viittauksin joko pääohjelmaan tai aliohjelmiin, joten itse rakenteeseen sisälle ei lukija voi eksyä. Lopputuloksena saatiin aikaiseksi toimiva kokonaisuus neljästä toimintaselostuksesta, joiden lukemiseen ja tulkitsemiseen tekstimuodossaan tarvitaan paljon asiantuntemusta ja aikaa niiden sisäistämiseksi. Tältä osin työn tavoitteet saavutettiin.

Jos insinööriyön aihetta ei olisi lähdetty tutkimaan ja kehittämään uutta tapaa mallintaa säätökaavioiden ja järjestelmien toimintaselostuksia, resursseja kuluttavat ongelmat jatkuisivat tulkittaessa ja ohjelmoitaessa kiinteistön hallintaan liittyviä järjestelmiä. Myös loppukäyttäjän työ datakeskuksessa joko huoltomiehen tai operaattorin roolissa helpottuu, kun tieto järjestelmistä ja niiden prosesseista on helposti saatavilla koottuna yhteen ohjelmakaavioon. Mallintamistapaa hyödynnetään tällä hetkellä pienimuotoisesti työn tilaajan toimesta koskien datakeskuksia ja niiden järjestelmiä.

Vuokaavioita RAU-suunnittelun työkaluna ei ole käytetty aikaisemmin ainakaan tässä mittakaavassa. Lähdemateriaalia vuokaavioista löytyy runsaasti, mutta liittyen eri toimialoihin, kuten liiketoimintaan, IT-alalla algoritmien ratkaisemiseen tai vaikkapa tilauksien hoitamiseen. Opinnäytetyön aihe sekä sen tutkiminen ja kehittäminen ovatkin olleet suuri mielenkiinnon kohde ja sitä tullaan jatkamaan tulevaisuudessa. Jatkokehittämisen kannalta onkin tärkeää saada RAU-suunnittelijat ja tilaajat vakuuttuneiksi mallin toimivuudesta, yksinkertaisuudesta ja tehokkuudesta.


Työ rajattiin koskemaan yhtä jäähdytysjärjestelmää ja sen mallintamista, koska aiheen laajuus työkaluina käytettävien ohjelmistojen ja niiden jatkokehittäminen ovat edellytys sen tulevaisuudelle alalla. Mallin kehittämistarpeet liittyvät suurimmalta osin sopivampien työkalujen löytämiseen. Tarkoituksena on etsiä ja kehittää mahdollisimman toimiva rajapinta vuokaavion ja ohjelmoinnin välille, jotta sitä pystyttäisiin hyödyntämään vielä tehokkaammin niin RAU- kuin prosessisuunnittelun sekä suunnittelusta syntyneiden dokumenttien ja siten esitettyjen prosessien ohjelmoinnin puolella.

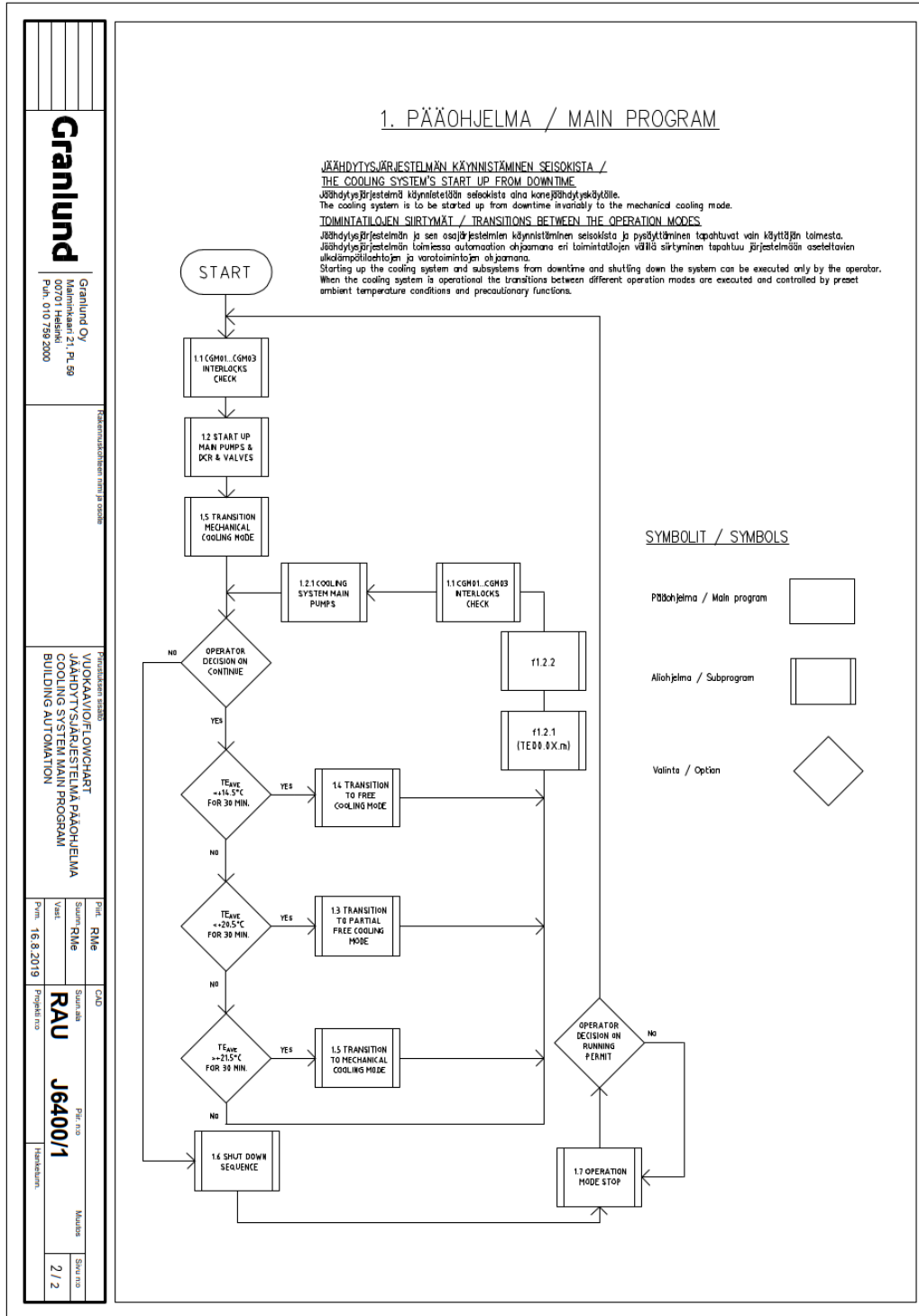
Lähteet

- 1 Flowchart. 2019 Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Flowchart>>. 2.7.2019. Luettu 4.7.2019.
- 2 SFS-ISO 5807. Tietojenkäsittely. Dokumentointi. Symbolit. 1989. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS
- 3 Christensson, Per. 2013. "Algorithm Definition." TechTerms. Verkkoaineisto. <<https://techterms.com/definition/algorithm>>. 2.8.2013. Luettu 23.5.2019.
- 4 Rintsch, Marc. 2004. Flussdiagramme vs. Pseudocode: Ausarbeitung zum Vortrag im Seminar "Empirische Forschungsmethoden in der Softwaretechnik". Verkkoaineisto. <http://www.mi.fu-berlin.de/wiki/pub/SE/Empirie-SeminarWS2003/flussdiagramme_vs_pseudocode.pdf>. 7.4.2007. Luettu 29.5.2019
- 5 American Society for Quality. What is a Process Flowchart? 2019. Verkkoaineisto. <<https://asq.org/Quality-resources/flowchar>>. 2019. Luettu 4.6.2019.
- 6 Letschert, Thomas. 2006. Einführung in die Programmierung mit C++ Teil 1. FH Giessen-Friedberg. Verkkoaineisto. <https://homepages.thm.de/~hg51/Veranstaltungen/Programmierung1/progl_EL.pdf>. 11.12.2006. Luettu 25.5.2019.
- 7 Ecma International. 1966. Standard ECMA-4: Flow Charts, 2nd Edition. Geneve: European Computer Manufacturers Association.
- 8 Flussdiagramm. 2019. Verkkoaineisto. Management Methoden. <<http://managementmethoden.info/TBSchlankheitWerkzeuge/TBFlussdiagramm>>. Luettu 14.5.2019.
- 9 Flowchart Definition. 2019. IEEE Software and Systems Engineering Vocabulary. Verkkoaineisto. <<https://pascal.computer.org>>. Luettu 3.6.2019.
- 10 Geng, Hwaiyu. 2015. Data Center Handbook. Hoboken: John Wiley & Sons.
- 11 Johnsson, Bernadette. 2017. How Data Centers Work. Verkkoaineisto. <<https://computer.howstuffworks.com/data-centers.htm>>. 27.10.2013. Luettu 4.7.2019.

- 12 Christensen, Sune. 2009. Data Center Flash Presentations. Verkkojulkaisu. <<https://www.datacentermap.com/blog/data-center-presentations-193.html>>. Luettu 28.6.2019.
- 13 ST-Käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2018. Tietotekniset järjestelmät. 6., uudistettu painos. Espoo: Sähkötieto Ry.
- 14 Kautto, Jani. 2012. Rakennuksen automaatio- ja energiainformaatiojärjestelmät ja tarpeenmukainen käyttö. Diplomityö, Aalto-yliopisto.
- 15 Talotekniikka RYL 2002, osa 2. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry, Sähkötieto ry. Rakennustieto Oy. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- 16 Vilmunen, Jyrki. 2019. Projektipäällikkö, RAU, Granlund Oy, Helsinki. Haastattelu 1.7.2019
- 17 IFC Industry Foundation Classes, ISO 167

Pääohjelma / Main Program

<p>JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KUVAUS</p> <p>Jäähdytysjärjestelmä koostuu nestejäähdytyspiiristä, tuottopiiristä sekä jakeluverkostosta ja kulutuspiiristä.</p> <p>Jäähdytysmoduuleita (CGM) on kolme. Yksi jäähdytysmoduuli koostuu vedenjäähdytyskoneesta (WCC), vapaajäähdytysirtimestä (HEX), varaajasäiliöstä (TA), lauhdutus- ja latauspiirin pumpuista (P), pumppujen taajuusmuuttajista (SC), moottoriventtiileistä (FV), putkistoon asennettavista antureista (TE, PDE) ja energiamittareista (QQ).</p> <p>Moduulien ylläpö lauhdutetaan viidellä nestejäähdyttimellä (DCR). Nestejäähdytyspiiri on yhteinen kaikille nestejäähdyttimille (DCR).</p> <p>Jäähdytysverkosto koostuu putkistosta, kolmesta pääpumpusta (P), pumppujen taajuusmuuttajista (SC) ja putkistoon asennettavista paine-eroantureista (PDE).</p> <p>Jäähdytysjärjestelmän toimintaa ohjaa kiinteistönhallintajärjestelmä (BMS).</p> <p>YLEISTÄ</p> <p>Kaikki vuokaavioissa esitetyt aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa joko valvomografiikalta (GUI) tai alakeskuspääteeltä (HMI).</p> <p>Jäähdytysjärjestelmän ja sen osajärjestelmien käynnistäminen, pysäyttäminen ja siirtäminen eri toimintatiloihin voidaan tehdä valvomografiikalta käyttäjän toimesta. Lisäksi käyttäjä voi valvomografiikalta estää jäähdytysjärjestelmää tai sen osajärjestelmiä käynnistymästä tai siirtymästä eri toimintatiloihin kiinteistönhallintajärjestelmän ohjaamana.</p> <p>Tilasiirtymien sisäisten askelmien välissä tulee olla ennalta aseteltava viive (esim. minuutin tarkkuudella).</p>		<p>DESCRIPTION OF THE COOLING SYSTEM</p> <p>The cooling system consists of the glycol circulation, cooling generation circulation, buffer tank supply circulation and of the consumption circulation.</p> <p>There are three cooling generation modules (CGM). One module consists of the water cooling chiller (WCC), free cooling heat exchanger (HEX), buffer tank (TA), glycol circulation's and buffer tank supply circulation's pumps (P), pumps' frequency drives (SC), motorized valves (FV), sensors (TE, PDE) in the piping and energy meters (QQ).</p> <p>The excess heat of the modules is condensed by five dry coolers (DCR). The glycol circulation is co-operative to all three dry coolers (DCR).</p> <p>The cooling circulation consists of three main pumps (P), pumps' frequency converters (SC) and pressure sensors in the piping (PDE).</p> <p>The operation of the cooling system is controlled by building management system (BMS).</p> <p>GENERAL INFORMATION</p> <p>All the values and delays that are shown in the flowcharts can be changed by the operator from the graphical user interface (GUI) or from the human machine interface (HMI) at the substation.</p> <p>The start up, shut down and transitions between different operation modes can be changed by the operator from the graphical user interface (GUI). Furthermore the operator can prevent the cooling system or it's sub-systems to start up or transit between different operation modes controlled by the building management system (BMS) from the graphical user interface (GUI).</p> <p>There must be a preset delay between the transitions to different operation modes (e.g. in accuracy of one minute).</p>			
	<p>Granolund Oy Malminkaan 21, PL 59 00701 Helsinki Puh. 010 759 2000</p>	<p>Näkömuotoituksen nimi ja osoite</p>	<p>Projektin sisältö</p> <p>VUOKAAVIO/FLOWCHART JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ PÄÄOHJELMA COOLING SYSTEM MAIN PROGRAM BUILDING AUTOMATION</p>	<p>Piir. RMe CAD</p> <p>Suunn. RMe Suunn.ohj.</p> <p>Vaest. RAU J6400/1</p> <p>Pvm. 16.8.2019</p>	<p>Piir. n:o</p> <p>Maasto</p> <p>1/2</p> <p>Projekti n:o</p> <p>Hanketunnus</p>



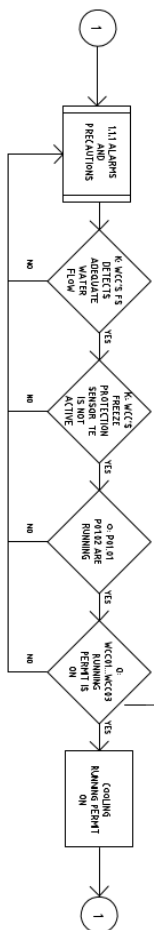
Aliohjelmat / Subprograms

<p>OHJELMAT Seuraavien ohjelmien yksityiskohtainen toiminta on selostettu ohjelmaluettelossa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hälytysohjelmat Tapahumaohjelmat Raportointiohjelmat <p>TOIMINTAKUVAUS Jäähdytysmoduuli (CGM0X) tuottaa ja syöttää jäähdytysverkostoon jäädytettyä vettä (+20°C). Nestejäähdyttimet (DCR) tuottavat nestejäähdytysverkostoon asetusarvon mukaista jäädytettyä liuosta. Jäähdytysjärjestelmän pääpumput (P00.01, P00.02 ja P00.03) syöttävät jäähdytysverkostoon jäädytettyä vettä.</p> <p>YLEISTÄ Kaikki vuokavaiossa esitetyt aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa joko valvomografialta (GUI) tai alakeskuspäätteeltä(HMI). Tilasirtymien sisäisten askelmien välissä tulee olla aseteltava viive (esim. minuutin tarkkuudella).</p> <p>JÄÄHDYTYSMODUULIT CGM Jäähdytysmoduulin pumppuja (P0X.01, P0X.02) käynnistettäessä pumput ohjataan ensin maksimiteholla, minkä jälkeen ne laskevat kierrosnopeutta hakien säätöohjelman asetusarvon mukaisen kierrosnopeuden. Pumppujen taajuusmuuttajat (SC) ja energiamittarit (QQ) liitetään kenttäväylijäli osaksi automaatiojärjestelmää.</p> <p>VEDENJÄÄHDYTYSKONEET WCC Vedenjäähdytyskone on (WCC0X) on varustettu vedenjäähdytyskoneen toimintaan tarvittavilla antureilla sekä ohjaus- ja säätölaitteilla. Vedenjäähdytyskoneen (WCC0X) sisäinen automatiikka ohjaa ja säätää itsenäisesti vedenjäähdytyskoneen kompressorin käyntiä ja tehoa kiinteistönhallintajärjestelmän (BMS) käyntiluvan ollessa voimassa.</p> <p>NESTEJÄÄHDYTTIMET DCR Nestejäähdyttimet (DCR) on varustettu niiden itsenäiseen toimintaan</p>	<p>tarvittavilla antureilla ja ohjaus- sekä säätölaitteilla. Nestejäähdyttimien (DCR) sisäinen automatiikka ohjaa itsenäisesti laitteiden käyntiä ja tehoa kiinteistönhallintajärjestelmän (BMS) käyntiluvan ollessa voimassa.</p> <p>Kiinteistönhallintajärjestelmä (BMS) laskee ulkoilman suhteellisen kosteuden mittauksista (ME00.01 ja ME00.02) ulkoilman suhteellisen kosteuden keskiarvon (%RH).</p> <p>Kiinteistönhallintajärjestelmä (BMS) laskee ulkoilman laskennallista lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvoista ulkoilman absoluuttisen kosteuden (g/kg).</p> <p>Kaikki mitatut ja lasketut arvot esitetään valvomografialta (GUI).</p> <p>PÄÄPUMPUT P00.01-00.03 Pumppuja (P00.01...P00.03) käynnistettäessä pumput ohjataan aina maksimiteholla, jonka jälkeen ne laskevat kierrosnopeutta hakien asetusarvon mukaisen kierrosnopeuden.</p> <p>Kiinteistönhallintajärjestelmän (BMS) käyntilupa jäähdytyksen pääpumpuille (P00.01...P00.03) on normaalitilanteessa aina voimassa. Käyntilupa voidaan pumppukohtaisesti poistaa automaatiojärjestelmästä manuaalisesti.</p>																					
<p>PROGRAMS Detailed descriptions of the following programs are reported in the program list.</p> <ul style="list-style-type: none"> Alarm programs Event programs Reporting programs <p>OPERATION DESCRIPTION The cooling generation module (CGM0X) produces and supplies chilled water to the consumption circulation (+20°C). The dry coolers (DCR) produce cooled liquid determined by the set point to the glycol network. The Cooling system's main pumps (P00.01, P00.02 and PP00.03) supply chilled water to the cooling network.</p> <p>GENERAL INFORMATION All the values and delays that are shown in the flowcharts can be changed by the operator from the graphical user interface (GUI) or from the human machine interface (HMI) at the substation. There must be a preset delay between the transitions to different operation modes (e.g. in accuracy of one minute).</p> <p>THE COOLING GENERATION MODULES CGM When starting up the cooling generation module's (CGM0X) pumps (P0X.01, P0X.02) they are controlled first to the maximum power then reducing rotation speed level to the demand of the set point. The frequency drives (SC) and energy meters (QQ) of the pumps are connected with the field bus to be part of the building management system (BMS).</p> <p>THE WATER COOLING CHILLERS WCC Water cooling chiller (WCC0X) is equipped with sensors, controls and adjustment devices. The built-in automatic features of the water cooling chiller (WCC0X) controls and adjusts independently water cooling chiller's (WCC0X) compressor's running and power when the building automation system's (BMS) running permit is on.</p> <p>THE DRY COOLERS DCR The dry coolers (DCR) are equipped with sensors and actuators to help them</p>	<p>operate independently. The dry cooler's (DCR) inner automatic feature controls and adjusts independently mechanical operation and power when the building automation system's (BMS) running permit is on. The automation system (BMS) calculates the ambient humidity average from the ambient humidity meters (ME00.01 and ME00.02). The automation system calculates the absolute ambient humidity from the ambient temperature average and from the ambient humidity average (g/kg). All the calculated values are shown on the graphical user interface (GUI).</p> <p>THE MAIN PUMPS P00.01-P00.03 When starting up the main pumps (P00.01...P00.03) they are controlled first to the maximum power then reducing rotation speed level to the demand of the set point. The building automation system's (BMS) running permit for the main pumps (P00.01...P00.03) is valid in normal situations. The running permit of each pump (P00.01...P00.03) separately can be eliminated manually from the building automation system (BMS).</p>																					
<p>Granlund Granlund Oy Malminkatu 21, PL 59 00701 Helsinki Puh. 010 759 2000</p>	<p>Prosessin nimi VUOKAANVIOFLOWCHART ALIOHJELMAT SUBPROGRAMS BUILDING AUTOMATION</p>	<table border="1"> <tr> <td>Proj. RMe</td> <td>CAD</td> <td>Proj. n:o</td> <td>Muok.</td> <td>Siv.n:o</td> </tr> <tr> <td>Quasi RMe</td> <td>RAU</td> <td>J6400/2</td> <td></td> <td>1/6</td> </tr> <tr> <td>Vast.</td> <td>Propäkö n:o</td> <td>Hankeluku</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pvm. 16.8.2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Proj. RMe	CAD	Proj. n:o	Muok.	Siv.n:o	Quasi RMe	RAU	J6400/2		1/6	Vast.	Propäkö n:o	Hankeluku			Pvm. 16.8.2019				
Proj. RMe	CAD	Proj. n:o	Muok.	Siv.n:o																		
Quasi RMe	RAU	J6400/2		1/6																		
Vast.	Propäkö n:o	Hankeluku																				
Pvm. 16.8.2019																						

<p>OHJELMAT Seuraavien ohjelmien yksityiskohtainen toiminta on selostettu ohjelmaluettelossa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hälytysohjelmat Tapahumaohjelmat Raportointiohjelmat <p>TOIMINTAKUVAUS Jäähdytysmoduuli (CGM0X) tuottaa ja syöttää jäähdytysverkostoon jäädytettyä vettä (+20°C). Nestejäähdyttimet (DCR) tuottavat nestejäähdytysverkostoon asetusarvon mukaista jäädytettyä liuosta. Jäähdytysjärjestelmän pääpumput (P00.01, P00.02 ja P00.03) syöttävät jäähdytysverkostoon jäädytettyä vettä.</p> <p>YLEISTÄ Kaikki vuokavaiossa esitetyt aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa joko valvomografialta (GUI) tai alakeskuspäätteeltä(HMI). Tilasirtymien sisäisten askelmien välissä tulee olla aseteltava viive (esim. minuutin tarkkuudella).</p> <p>JÄÄHDYTYSMODUULIT CGM Jäähdytysmoduulin pumppuja (P0X.01, P0X.02) käynnistettäessä pumput ohjataan ensin maksimiteholla, minkä jälkeen ne laskevat kierrosnopeutta hakien säätöohjelman asetusarvon mukaisen kierrosnopeuden. Pumppujen taajuusmuuttajat (SC) ja energiamittarit (QQ) liitetään kenttäväylijäli osaksi automaatiojärjestelmää.</p> <p>VEDENJÄÄHDYTYSKONEET WCC Vedenjäähdytyskone on (WCC0X) on varustettu vedenjäähdytyskoneen toimintaan tarvittavilla antureilla sekä ohjaus- ja säätölaitteilla. Vedenjäähdytyskoneen (WCC0X) sisäinen automatiikka ohjaa ja säätää itsenäisesti vedenjäähdytyskoneen kompressorin käyntiä ja tehoa kiinteistönhallintajärjestelmän (BMS) käyntiluvan ollessa voimassa.</p> <p>NESTEJÄÄHDYTTIMET DCR Nestejäähdyttimet (DCR) on varustettu niiden itsenäiseen toimintaan</p>	<p>tarvittavilla antureilla ja ohjaus- sekä säätölaitteilla. Nestejäähdyttimien (DCR) sisäinen automatiikka ohjaa itsenäisesti laitteiden käyntiä ja tehoa kiinteistönhallintajärjestelmän (BMS) käyntiluvan ollessa voimassa.</p> <p>Kiinteistönhallintajärjestelmä (BMS) laskee ulkoilman suhteellisen kosteuden mittauksista (ME00.01 ja ME00.02) ulkoilman suhteellisen kosteuden keskiarvon (%RH).</p> <p>Kiinteistönhallintajärjestelmä (BMS) laskee ulkoilman laskennallista lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvoista ulkoilman absoluuttisen kosteuden (g/kg).</p> <p>Kaikki mitatut ja lasketut arvot esitetään valvomografialta (GUI).</p> <p>PÄÄPUMPUT P00.01-00.03 Pumppuja (P00.01...P00.03) käynnistettäessä pumput ohjataan aina maksimiteholla, jonka jälkeen ne laskevat kierrosnopeutta hakien asetusarvon mukaisen kierrosnopeuden.</p> <p>Kiinteistönhallintajärjestelmän (BMS) käyntilupa jäähdytyksen pääpumpuille (P00.01...P00.03) on normaalitilanteessa aina voimassa. Käyntilupa voidaan pumppukohtaisesti poistaa automaatiojärjestelmästä manuaalisesti.</p>																					
<p>PROGRAMS Detailed descriptions of the following programs are reported in the program list.</p> <ul style="list-style-type: none"> Alarm programs Event programs Reporting programs <p>OPERATION DESCRIPTION The cooling generation module (CGM0X) produces and supplies chilled water to the consumption circulation (+20°C). The dry coolers (DCR) produce cooled liquid determined by the set point to the glycol network. The Cooling system's main pumps (P00.01, P00.02 and PP00.03) supply chilled water to the cooling network.</p> <p>GENERAL INFORMATION All the values and delays that are shown in the flowcharts can be changed by the operator from the graphical user interface (GUI) or from the human machine interface (HMI) at the substation. There must be a preset delay between the transitions to different operation modes (e.g. in accuracy of one minute).</p> <p>THE COOLING GENERATION MODULES CGM When starting up the cooling generation module's (CGM0X) pumps (P0X.01, P0X.02) they are controlled first to the maximum power then reducing rotation speed level to the demand of the set point. The frequency drives (SC) and energy meters (QQ) of the pumps are connected with the field bus to be part of the building management system (BMS).</p> <p>THE WATER COOLING CHILLERS WCC Water cooling chiller (WCC0X) is equipped with sensors, controls and adjustment devices. The built-in automatic features of the water cooling chiller (WCC0X) controls and adjusts independently water cooling chiller's (WCC0X) compressor's running and power when the building automation system's (BMS) running permit is on.</p> <p>THE DRY COOLERS DCR The dry coolers (DCR) are equipped with sensors and actuators to help them</p>	<p>operate independently. The dry cooler's (DCR) inner automatic feature controls and adjusts independently mechanical operation and power when the building automation system's (BMS) running permit is on. The automation system (BMS) calculates the ambient humidity average from the ambient humidity meters (ME00.01 and ME00.02). The automation system calculates the absolute ambient humidity from the ambient temperature average and from the ambient humidity average (g/kg). All the calculated values are shown on the graphical user interface (GUI).</p> <p>THE MAIN PUMPS P00.01-P00.03 When starting up the main pumps (P00.01...P00.03) they are controlled first to the maximum power then reducing rotation speed level to the demand of the set point. The building automation system's (BMS) running permit for the main pumps (P00.01...P00.03) is valid in normal situations. The running permit of each pump (P00.01...P00.03) separately can be eliminated manually from the building automation system (BMS).</p>																					
<p>Granlund Granlund Oy Malminkatu 21, PL 59 00701 Helsinki Puh. 010 759 2000</p>	<p>Prosessin nimi VUOKAANVIOFLOWCHART ALIOHJELMAT SUBPROGRAMS BUILDING AUTOMATION</p>	<table border="1"> <tr> <td>Proj. RMe</td> <td>CAD</td> <td>Proj. n:o</td> <td>Muok.</td> <td>Siv.n:o</td> </tr> <tr> <td>Quasi RMe</td> <td>RAU</td> <td>J6400/2</td> <td></td> <td>2/6</td> </tr> <tr> <td>Vast.</td> <td>Propäkö n:o</td> <td>Hankeluku</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pvm. 16.8.2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Proj. RMe	CAD	Proj. n:o	Muok.	Siv.n:o	Quasi RMe	RAU	J6400/2		2/6	Vast.	Propäkö n:o	Hankeluku			Pvm. 16.8.2019				
Proj. RMe	CAD	Proj. n:o	Muok.	Siv.n:o																		
Quasi RMe	RAU	J6400/2		2/6																		
Vast.	Propäkö n:o	Hankeluku																				
Pvm. 16.8.2019																						

1.1 AIIOHJELMA: JÄÄHDYTYSMODUULIEN (CGM01...CGM03) LUKITUKSET / 1.1 SUBPROGRAM: INTERLOCKS OF THE COOLING GENERATION MODULES (CGM01...CGM03)

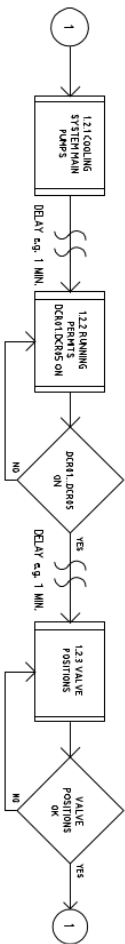
INTRLOCKS
 R = Distribution board interlock
 K = Switchboard interlock
 D = Program Interlock



The cooling generation module can be started in to prevent operation mode only if there is no interlock active. In this case, the operation mode from the global interlocks is not active. The global interlocks (G1) of the substation.

Other Interlocks
 P = Protection
 0 = When the global circulation's pump (P0102) is on halt the automation system controls the interlocked valve P0107 to close and the protection valve P0108 to open (pressing the dry coders D0501, D0502, D0503, D0504 and D0505).

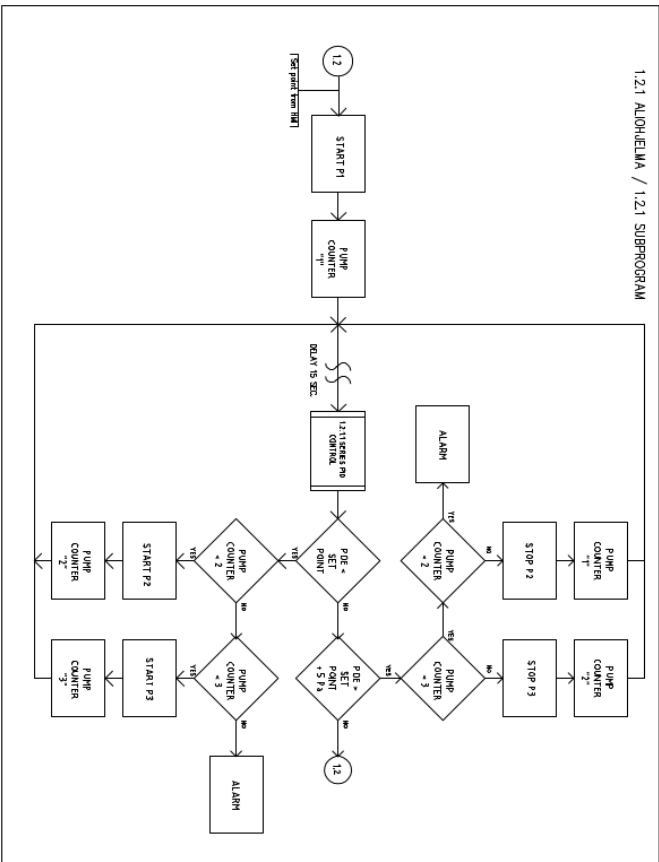
1.2 AIIOHJELMA: PÄÄRUMPULIEN JA NESTEJÄÄHDYTYMIEN KÄYNNISTÄMINEN JA VENTTIILIEN ASENTIÖN TARKASTUS/
 1.2 SUBPROGRAM: START UP OF THE MAIN PUMPS & DRYCOOLERS AND VALVE POSITION CHECK UP



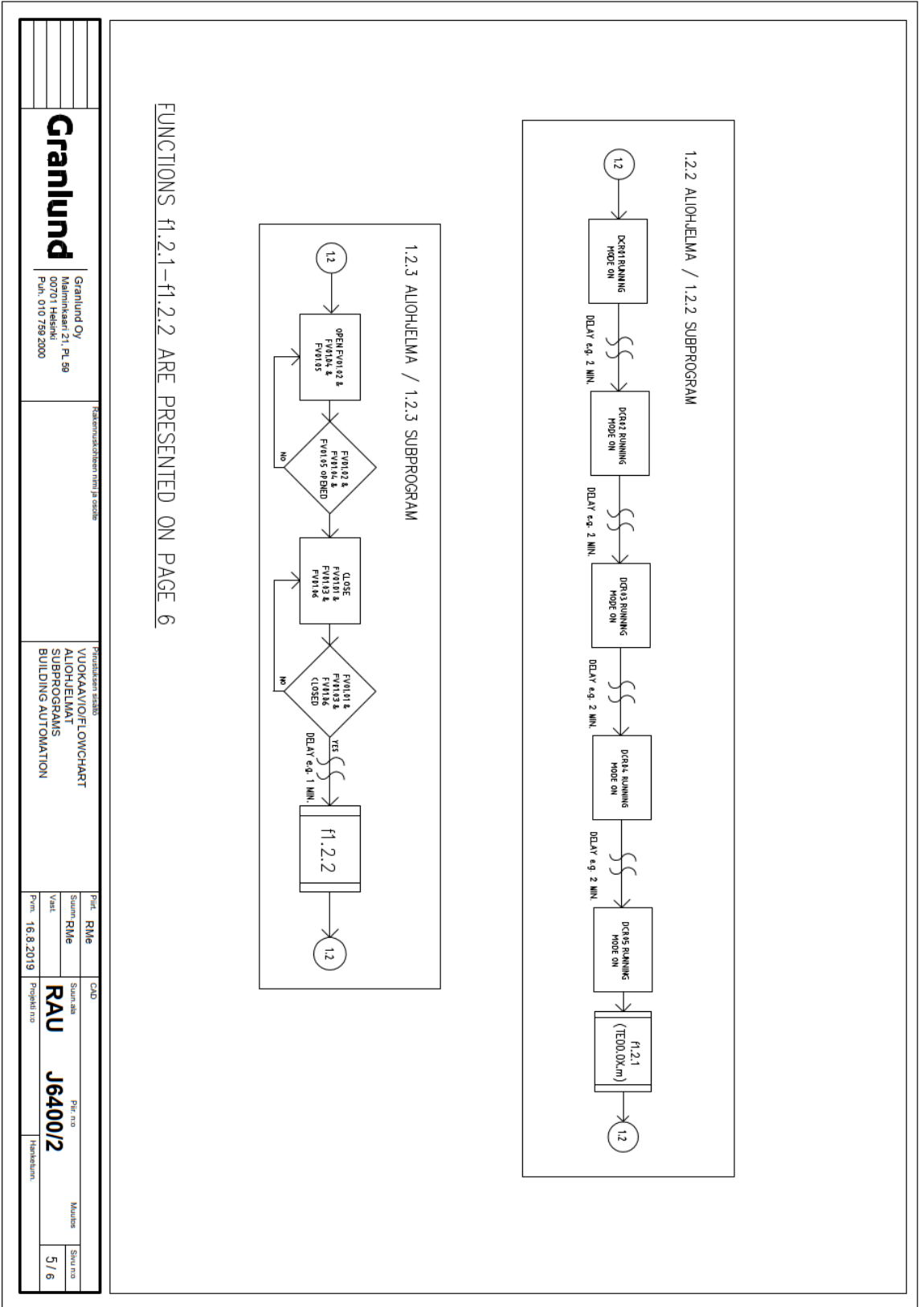
SUBPROGRAM 1.2.1 IS PRESENTED ON PAGE 4 AND SUBPROGRAMS 1.2.2-1.2.3 ARE PRESENTED ON PAGE 6

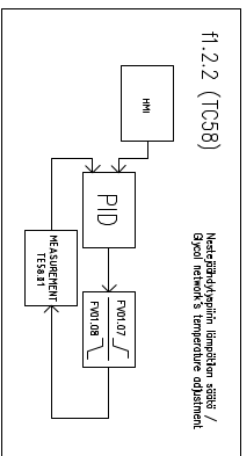
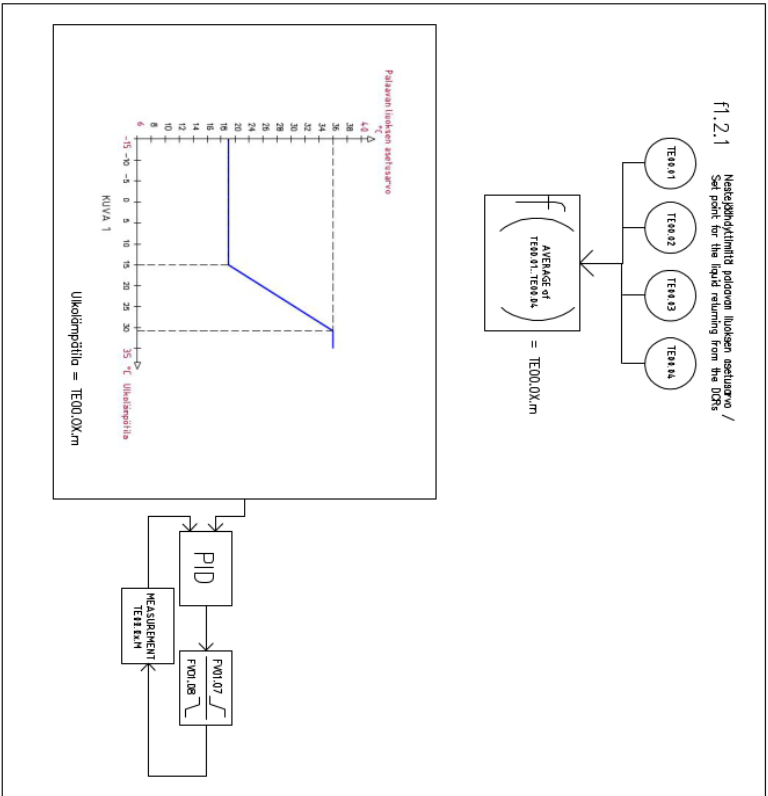
		Granlund Oy Malminkatu 21, PL 50 00701 Helsinki Puh. 010 799 2000		Käynnistystieteen tieteellinen keskus		Puhdutuskeskus		Vuokkavirta/LOWCHART AIIOHJELMAT SUBPROGRAMS BUILDING AUTOMATION		Part. R/M/E Summer R/M/E Vuok. RAU Puh. 16.8.2019		CAD Summer Part. no J6400/2 Materials		Sheet no 3 / 6	
--	--	--	--	---------------------------------------	--	----------------	--	---	--	--	--	---	--	-------------------	--

Edellisen vaiheen jälkeen / After pump's running cycle.
 Normaalisti ensi pumpu käyvi kerran sekunnissa: jotta 108 tunti ja keuhonosa 336 tunti, while 108 tunti while.
 In normal situation the pumps run in a cycle of times: on the 108 hours and 336 hours, change every 108 hours.
 Jos jostain syystä pumpun käynnistyminen ei tapahdu, niin seuraava pumpu käynnistyy automaattisesti.
 If for some reason the pump's starting does not happen, then the next pump will start automatically.
 Käynnistyminen alkaa pumpun ja laajennustilap neidä mikä tällöin jättäytyy sekoitettua pumppuista. Seuraavaksi
 Käynnistyminen alkaa pumpun kerran käynnistettävien pumppu.
 The running pump and frequency drive can be any of the pumps or frequency drives in the coding network. The next pump in the
 running cycle replaces the pump with failure.



		Granolund Oy Malminkaari 21, PL 69 00701 Helsinki Puh. 010 759 2000		Käynnistysohjelman nimi ja versio		Projektin nimi		Puh. RME Suunn. RME Valit.		CID Suunn. RAU Projektin		Puh. rno J6400/2 Huhtikuu		Moduuli 4 / 6	
VUOKAALIO/FLOWCHART ALUOHJELMAT SUBPROGRAMS BUILDING AUTOMATION				Päiväys: 16.8.2019											





Granlund Oy Malminkaan 21, PL 59 00701 Helsinki Puh. 010 759 2000		Käsittelemättömiä tietoja ja sovelluksia Käsittelemättömiä tietoja ja sovelluksia		Pääasiallinen asiakas VUOKAALIVOLUUMI ALIJOHDELMÄT SUBPROGRAMS BUILDING AUTOMATION		Puh. RMle Suunn. RMle Vast. RMle Pvm. 16.8.2019		CAD Suunn. RMle Vast. RMle Pvm. 16.8.2019		Puh. RMle Suunn. RMle Vast. RMle Pvm. 16.8.2019		Puh. RMle Suunn. RMle Vast. RMle Pvm. 16.8.2019		Puh. RMle Suunn. RMle Vast. RMle Pvm. 16.8.2019	
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--