Vesa Haverinen

Metropolia Ammattikorkeakoulun Vanhan maantien toimipisteen kiinteistöautomaation nykytila ja kehitystarpeet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.5.2013

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Vesa Haverinen Metropolia Ammattikorkeakoulun Vanhan maantien toimipisteen kiinteistöautomaation nykytila ja kehitystarpeet 50 sivua + 3 liitettä 6.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Lehtori Antti Liljaniemi Projektin johtaja Asko Kippo Projektipäällikkö Veikko Koivumaa

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää Metropolia Ammattikorkeakoulun Vanhan maatien toimipisteen kiinteistöautomaation toiminta ajatellen energiatehokkuutta ja viihtyvyyttä kiinteistössä. Tarkoituksena oli myös lisätä käyttäjien ymmärrystä energiankäytön ja energiatehokkuuden suhteen. Energiatehokkuuden kannalta tutkittiin kiinteistöautomaation ohjaaman ilmanvaihdon, ilmastoinnin, lämmityksen ja valaistuksen toimintaa. Viihtyvyyden kannalta tutkimus kohdistui lämpötilaolosuhteiden pysyvyyteen. Ymmärrystä kiinteistön energiankäytön ja energiatehokkuuden suhteen pyrittiin lisäämään mahdollistamalla energiankulutustietojen näkyminen käyttäjille.

Työssä perehdyttiin aluksi kiinteistöautomaatiojärjestelmän rakenteeseen ja ohjauksien toimintaan käyttäen kiinteistön huoltokirjaa, alakeskusten dokumentteja ja valvomo-ohjelmaa. Aineisto kiinteistöautomaation käyttämästä väylästä saatiin internetin asiaa käsitteleviltä sivustoilta. Aineistoon perehtymisen jälkeen verrattiin lämmityksen, ilmanvaihdon ja valaistuksen ohjauksia moderniin energiatehokkaaseen ohjaukseen. Käsitys modernista ohjauksesta saatiin perehtymällä automaatiovalmistajien tuotteisiin, lehtiartikkeleihin sekä vierailuista energiaa säästävissä rakennuksissa.

Työn tuloksena saatiin aikaan ehdotukset kiinteistöautomaation modernisointiin käyttäen erilaisia väylätekniikoita. Valinnan helpottamiseksi ehdotukset arvioitiin mm. työmäärän ja kustannuksien osalta sekä laskettiin ehdotuksille energian säästöön perustuvat takaisinmaksuajat.

Avainsanat	rakennusautomaatio, energiatehokkuus, Smart Campus

Author Title Number of Pages Date	Vesa Haverinen The Current State and Development Needs for Building Automation in the Vanha maantie Unit of Helsinki Metropolia University of Applied Sciences 50 pages + 3 appendices 6 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor	Antti Liljaniemi, Principal Lecturer Asko Kippo, Project Director Veikko Koivumaa, Project Manager

The purpose of this Thesis was to study the functioning of the building automation in the Helsinki Metropolia´s unit Vanha maantie with energy efficiency and comfort in mind. The aim was also to add users' understanding of energy use and energy efficiency. Energy efficiency was studied in terms of ventilation, air conditioning, heating, and lighting operations controlled by building automation. Regarding comfort, the research focused on the stability of temperature conditions. Understanding of the real energy use and energy efficiency was sought to be increased by making energy consumption data visible for users.

The study first examines the first building automation system, the structure and function of the control using the building's maintenance manual, documentaries segment controllers and the control program. The material for building automation bus was studied through the internet. After becoming familiar with the material heating, ventilation and lighting control were compared with modern energy-efficient control. The concept of modern automation control was obtained by studying the products of the manufacturers, magazine articles, as well as visits to the energy-saving buildings.

The result was a proposal for building automation modernization, using a variety of (bus) techniques. In order to facilitate the choice of the proposals for example workload and costs were evaluated, and proposals for energy savings were calculated based on payback time.

Keywords	building automation, energy efficiency, Smart Campus

Sisällys

1 Johdanto 1

1.1 Metropolia Ammattikorkeakoulu 2
1.2 Metropolia Vanhan maantien toimipiste 2

2 LonWorks-teknologia 3

2.1 LonWorks 3
2.1.1 Perusidea 3
2.1.2 LonTalk-protokolla 3
2.2 LonWorks-tuki 3
2.3 LonMark 4
2.4 LonMaker 6

3 Lon-Verkko 7

3.1 Standardi-verkkomuuttujat 7
3.2 Solmut 8
3.3 LonTalk-viestit 9

4 TAC VMX -valvonta- ja säätöjärjestelmä 10

4.1 TAC Finland Oy 10
4.2 TAC Vista 10
4.3 VMX 10
4.4 Ohjelmointi 11
4.4.1 Solmujen yksilöinti 11
4.4.2 Solmujen liitäntä verkkoon 11
4.4.3 Xif-tiedosto 11
4.5 Valvontataso 11
4.5.1 Report generator 12
4.5.2 TAC Vista 5 Signature 12
4.5.3 TAC Vista Server 12
4.5.4 TAC Vista OPC Server 12
4.5.5 TAC Vista 5 OPC Client 12
4.5.6 TAC Vista 5 Webstation 12
4.5.7 Xenta 911 13
4.5.8 Xenta 511 13
4.6 Automaatiotaso 13

4.6.1 Xenta 100 13
4.6.2 Xenta 280 ja 300 13
4.6.3 Xenta 401 14
4.6.4 Xenta 400-apuyksiköt 14
4.7 Kenttätaso 15

5 Metropolia Vanhan maantien toimipiste 16

5.1 Kiinteistö 16
5.2 Energian käyttö 16
5.2.1 Sähkö 16
5.2.2 Lämpö 16

6 Kiinteistöautomaatiojärjestelmän nykytilan kartoitus 17

6.1 Valvontataso 18
6.2 Automaatiotaso 20
6.2.1 Xenta 301 ja 302 20
6.2.2 Lisämoduulit 20
6.2.3 LPR-12 20
6.3 SW ja HW alakeskuksittain 20
6.3.1 VAK1 20
6.3.2 VAK2 21
6.3.3 VAK3 22
6.3.4 VAK4 26
6.3.5 VAK5 28
6.3.6 VAK11 30
6.3.7 VAK12 33
6.4 Verkko 35

7 Moderni kiinteistöautomaatio vs. nykytilanne 36

7.1 Moderni kiinteistöautomaatio 36
7.1.1 Lämmönjakelu 36
7.1.2 Lämmitys, valaistus ja ilmanvaihto 36
7.1.3 Valaistus käytävät ja aula 37
7.1.4 ATK-laitteet 37
7.2 Kiinteistöautomaation modernisointi 37
7.2.1 Valaistus 38
7.2.2 Lämmitys 38
7.2.3 Aulanäyttö 38

8 Pilottikohde-ehdotukset 39

8.1 A-osan käytävä- ja aulavalaistuksen modernisointi 39
8.1.1 Lon-väylä 39
8.1.2 Ethernet-väylä 39
8.1.3 Langatonjärjestelmä 40
8.1.4 Vertailu ja takaisinmaksu 41
8.2 A-osan muiden tilojen valaistus ja lämmitys 42
8.2.1 Lon 42
8.2.2 Ethernet 43
8.2.3 Langaton järjestelmä 43
8.2.4 Vertailu ja takaisinmaksuaika 44
8.2.5 Vakiopaineohjaus 45
8.3 Ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaus tilanvaraustiedoilla 46
8.4 Lämmityksenohjaus sääennustetiedoilla 46
8.5 B-osan käytävä- ja aulavalaistuksen ohjaus ulkovaloisuuden mukaan 47
8.6 Tietokoneiden sammutus 48

9 Yhteenveto 49

Lähteet 51

Liitteet
Liite 1. Energian kulutus
Liite 2. Modernisointikaaviot
Liite 3. Modernisointikortit

LYHENTEET

OSI	Open Systems Interconnection Reference Model
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
PIDA	TAC:n 8 muuttujan PID-säädin
SERVER	Palvelinohjelmiston sisältävä PC
OPC	Open connectivity via open standards
OPC-server	Ohjelma PLC:n ja ulkoisen järjestelmän tiedonsiirtoon
OPC-client	Ohjelma tiedonhakuun OPC-palvelimelta PC:lle
BAS	Building automation system
VAK	Valvomoalakeskus
TP/XF-1250	A bus twisted pair LonWorks channel 1250 kbps
TP/FT-10	The free topology twisted pair LonWorks channel 78 kbps

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty osana EU-rahoitteista Smart Campus -projektia. Projekti alkoi syksyllä 2012 ja kestää 2,5 vuotta. projektin kokonaisbudjetti on 4,6 miljoonaa euroa. Smart Campus – Building – User Learning Interaction for Energy Efficiency hankkeessa on 9 partneria neljästä maasta: Suomi, Italia, Portugali ja Ruotsi. Pilottikohteina tulevat olemaan paikallisten korkeakoulujen kampusalueet. Suomessa pilottikohteiksi on valittu Metropolia Ammattikorkeakoulun Vanhan maantien toimipiste Espoon Leppävaarassa ja Leiritien toimipiste Vantaan Myyrmäessä. Muita pilottikohteita ovat Milano (Polimi), Lissabon (IST) ja Luulaja (LTU-CDT). Suomesta hankkeeseen ovat osallistumassa Metropolian lisäksi Aalto-yliopisto sekä Enoro. Smart Campus -hankkeessa kehitetään kaikkia kampusalueen toimintoja ja palveluja, joilla parannetaan energiatehokkuutta, oppimisympäristöjä, palvelutarjontaa sekä logistisia toimintoja. Niiden avulla uudistetaan ja mahdollistetaan opiskelijoiden ja koko henkilökunnan hyvinvointi, jaksaminen ja viihtyminen sekä energiatehokkaan ajattelun edellyttämä kulutustottumusten käyttäytymismuutos. [1]

Opinnäytetyön tavoitteena on pyrkiä löytämään vastaukset kysymyksiin:

1) Minkälaista väylää kiinteistöautomaatio käyttää ja miten väylä toimii. Minkälainen kiinteistöautomaation rakenne on, mitä laitteita kiinteistöautomaatioon kuuluu ja miten niitä ohjataan?
2) Mitä puutteita kiinteistöautomaation toiminnassa on ajatellen energiatehokkuutta ja viihtyvyyttä kiinteistössä?
3) Missä kohteissa ja minkälaisin kustannuksin kiinteistöautomaation toimintaa voisi parantaa, sekä parannusten mahdollinen kannattavuus?

Tässä työssä käydään läpi kiinteistöautomaation käyttämän Lon-väylän rakenne, protokolla, tiedonsiirto ja muuttujat. TAC:n järjestelmä käydään läpi valvonta, automaatio ja kenttätasoilla. Metropolian Vanhan maantien toimipisteen kiinteistöautomaatioon perehdytään valvomotasolla sekä alakeskuksittain automaatio ja kenttätasoilla. Työn loppuosassa vertaillaan nykyistä ja modernia kiinteistöautomaatiota, esitetään vaihtoehtoja kiinteistöautomaation modernisointiin ja lopuksi vertaillaan esitettyjä vaihtoehtoja keskenään.

1.1 Metropolia Ammattikorkeakoulu

Metropolia Ammattikorkeakoulu on pääkaupunkiseudulla toimiva ammattikorkeakoulu, joka aloitti toimintansa 1. elokuuta 2008, kun Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia ja EVTEK-ammattikorkeakoulu yhdistyivät uudeksi ammattikorkeakouluksi. Koulun opiskelijamäärä vuonna 2011 ammattikorkeakoulututkintoon johtavassa koulutuksessa oli noin 16 000 opiskelijaa. Metropoliassa opetetaan tekniikan ja liikenteen alan, sosiaali-, terveys- ja liikunnan-alan, yhteiskuntatieteiden, liiketalouden ja hallinnon alan sekä kulttuurin alan opintoja. Kaikilla neljällä alalla tarjotaan opetusta myös englanniksi, jolloin nimenä on Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. Vuonna 2012 Metropolia toimii noin 20 eri toimipisteessä ympäri pääkaupunkiseutua. Metropoliassa työskentelee noin 1200 henkilöä, joista opetushenkilöstöä 700. [2]

1.2 Metropolia Vanhan maantien toimipiste

Kuva 1. Pääsisäänkäynti

Metropolian Vanhan maantien toimipisteessä järjestetään opetusta seuraavissa koulutusohjelmissa: maanmittaustekniikka, rakennusalan työnjohto, LVI- ja sähkötekniikka, talotekniikka, mediatekniikka, tietotekniikka sekä tuotantotalous.

2 LonWorks-teknologia

2.1 LonWorks

LonWorks-teknologian on kehittänyt yhdysvaltalainen Echelon Corporation, joka on vuonna 1989 perustettu juuri tätä tarkoitusta varten. Kehitystyön tarkoitus on ollut luoda yleiskäyttöinen ja joustava kenttäväyläteknologia, mutta kehityksen aikana käyttö on painottunut erityisesti rakennusautomaation alueelle. Echelon omistaa oikeudet LonWorks-Neuron-piiriin. Neuron-piirin valmistuksen hoitavat lisenssillä suuret komponenttivalmistajat, kuten Cybres ja Toshiba. LonWorks automaatio ratkaisuun kuuluu mm. kommunikaatioprotokolla, mikroprosessori, lähetin-vastaanottimet ja tietokanta. LonWorksin tuki peer to peer tekniikalle mahdollistaa solmujen kommunikoinnin keskenään ilman erillistä ohjausyksikköä. [3, s.16]

2.1.1 Perusidea

LonWorks-teknologian perusidea on useiden toisistaan riippumattomien laitteiden ohjauksen ja käytön saattaminen laitevalmistajista riippumattomalle väylälle.

2.1.2 LonTalk-protokolla

LonWorks-järjestelmä perustuu LonTalk- protokollaan, joka määrittelee kaikki OSI-mallin seitsemän kerrosta. ISO ja IEC ovat myöntäneet LonTalk-protokollalle standardin ISO/IEC 14908-1, ja on protokolla vapaasti sovitettavissa mille tahansa prosessorille. Protokollan tiedonsiirto voi toimia monella nopeudella, joten siirtotie on vapaasti valittavissa. LonTalk ei tue tiedon salausta, koska monet verkon laitteet voivat tarvita lähetettyä tietoa. Salauksen sijaan käytetään lähettäjän tunnistusta, että voidaan varmistua datan alkuperästä. Protokolla mahdollistaa kommunikoinnin myös IP-verkon kautta. LonTalk-protokolla on julkinen, mutta ei avoin ISO:n tarkoittamassa mielessä. Protokolla on sisäänrakennettuna Neuron-piirissä, eikä muilla valmistajilla tai asentajilla ole mahdollisuutta modifioida protokollakerrosten sisältöä. Modifioinnin estolla varmistetaan eri valmistajien tuotteiden täydellinen yhteen sopivuus.

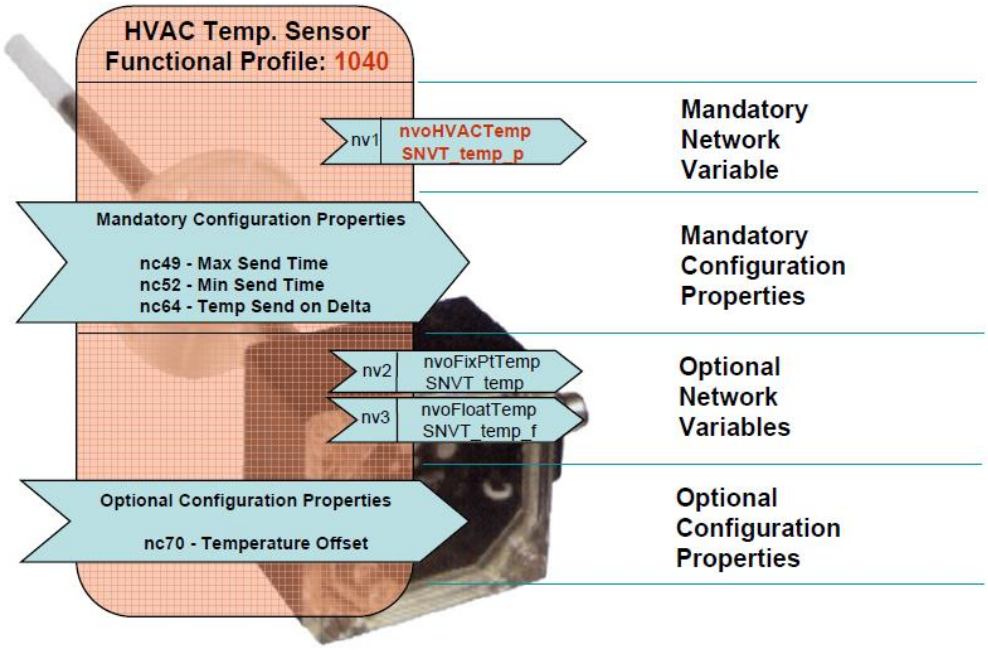
2.2 LonWorks-tuki

LonWorks-tuotteet voivat kommunikoida keskenään, kun ne on liitetty toisiinsa samaa fyysistä tiedonsiirtomediaa käyttäen ja ne käyttävät samoja standardiverkkomuuttujia. Tämä on mahdollistettu erottamalla LonTalk-protokollaa käsittelevä osa ja fyysistä mediaa käsittelevä osa järjestelmästä fyysisesti eri komponentteihin. Protokollan toiminnasta huolehtii Neuron Chip -mikroprosessori. Fyysisen median käsittelystä huolehtii transceiver-yksikkö.

2.3 LonMark

LonMark-merkillä varustettu LonWorks-tuote käyttää tiettyjä verkkomuuttujia eli sillä on LonMark-profiili. LonMark Interoperability Association myöntää LonWorks-laitteille sertifikaatteja. Hyväksyntäprosessin jälkeen järjestö voi myöntää tuotteelle LonMark-hyväksynnän. LonMark-merkki kertoo, että tuote on suunniteltu yhteiskäyttöiseksi järjestön määrittämien ohjeiden mukaan. LonMark-järjestö ylläpitää toiminnallisia profiileja (functional profiles) erilaisille laitteille. Nämä profiilit määrittävät kullekin laitetyypille käytettävät NV:t ja muun toiminnallisuuden sovelluskerroksella. Toimintojen standardisointi mahdollistaa eri valmistajien LonWorks-laitteiden toimimisen samassa järjestelmässä. Eri laitteiden toiminnalliset profiilit ovat ladattavissa LonMark-järjestön www-sivuilta.

Toiminnallinen profiili 1040



Kuva 2. HVAC temp temp. sensor Funktional profile [12, s.40]

Toiminnallinen profiili 1040 kuvaa HVAC-lämpötila-anturisolmun. Profiilissa on määritelty solmun pakolliset ja valinnaiset verkkomuuttujat sekä ominaisuudet.

SNVT

Standard Network Variable Type (Standardi verkkomuuttuja), eli yksikäsitteinen esitystapa ohjaussuureelle, joka voi olla, joko tulo- tai lähtömuuttuja. SNVT voi olla lähes mikä tahansa fysikaalinen suure tai esimerkiksi kytkimen tila. Mahdollisia yksiköitä muuttujan arvolle ovat esim. watti, tosi/epätosi, kilogramma, desibeli, celsiusaste, ASCII-merkki tai prosentti.

Lämpötila-anturin pakollinen standardi verkkomuuttuja nv1, lämpötilamuuttuja on määritelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Standardi verkkomuuttuja 105

SNVT Index	Measurement	Type Category	Type Size
105	Temperature	Signed Long	2 bytes
Valid Type Range	**Type Resolution**	**Units**	**Invalid Value**
-273.17 .. 327.66	0.01	Degrees Celsius	32,767 (0x7FFF)
Raw Range	**Scale Factors**	**File Name**	**Default Value**
-27,317 .. 32,767 (0x954B .. 0x7FFE)	1, -2, 0 $S = a*10^{b}*(R+c)$	N/A	N/A

Valinnaiset verkkomuuttujat ovat nv2 standardi verkkomuuttuja no. 39, lämpötilamuuttuja pienemmällä resoluutiolla kuin nv1 sekä nv3 standardi verkkomuuttuja no. 63, lämpötilaeromuuttuja jota käytetään lämpötilojen vertailuun.

SCPT

Standard Configuration Parameter Type (standardi konfigurointi parametri), eli standardi-perusasetus jolla asetetaan esim. verkkomuuttujan arvon keskipiste tai hystereesi alue.

Lämpötila-anturin pakolliset konfigurointi-parametrit, nc49 ja nc52, muuttujan päivitys aika sekä nc 64, lämpötilan muutos ennen kuin muuttuja päivitetään on määritelty taulukoissa 2, 3 ja 4.

Taulukko 2. Standardi-perusasetus 49

SCPT Index	Measurement	Type Category	Type Size
49	SNVT_time_sec	Unsigned Long	2 bytes
Valid Type Range	**Type Resolution**	**Units**	**Invalid Value**
0 .. 6,553.4	0.1	Seconds	65,535 (0xFFFF)
Raw Range	**Scale Factors**	**File Name**	**Default Value**
0 .. 65,534 (0 .. 0xFFFE)	1, -1, 0 $S = a*10^{b}*(R+c)$	N/A	Manufacturer-defined

Taulukko 3. Standardi-perusasetus 52

SCPT Index	Measurement	Type Category	Type Size
52	SNVT_time_sec	Unsigned Long	2 bytes
Valid Type Range	**Type Resolution**	**Units**	**Invalid Value**
0 .. 6,553.4	0.1	Seconds	65,535 (0xFFFF)
Raw Range	**Scale Factors**	**File Name**	**Default Value**
0 .. 65,534 (0 .. 0xFFFE)	1, -1, 0 $S = a*10^{b}*(R+c)$	N/A	0

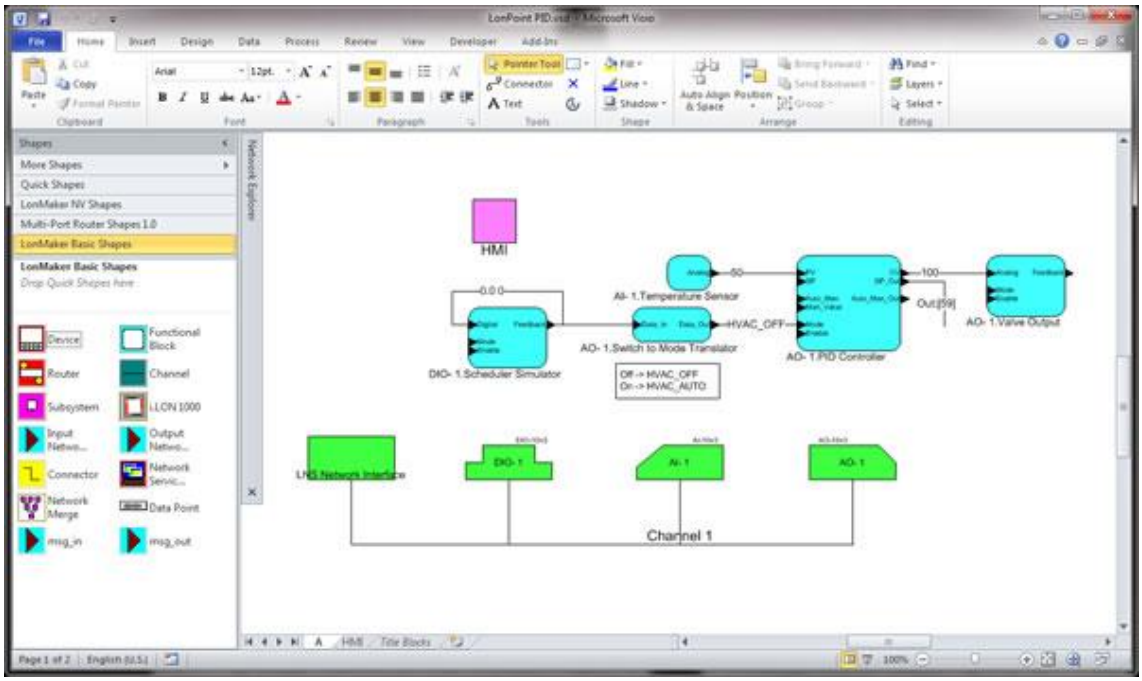
Taulukko 4. Standardi-perusasetus 64

SCPT Index	Measurement	Type Category	Type Size
64	SNVT_temp_p	Signed Long	2 bytes
Valid Type Range	**Type Resolution**	**Units**	**Invalid Value**
-273.17°C .. 327.66°C	0.01°C	Degrees Celsius	327.67 (32,767 decimal; 0x7FFF)
Raw Range	**Scale Factors**	**File Name**	**Default Value**
-27,317 .. 32,766 (0x954B .. 0x7FFE)	1, -2, 0 $S = a*10^{b}*(R+c)$	N/A	Manufacturer-defined

Valinnaista konfigurointi-parametriä nc70 käytetään perusasetukseen nv3-muuttujalle.

2.4 LonMaker

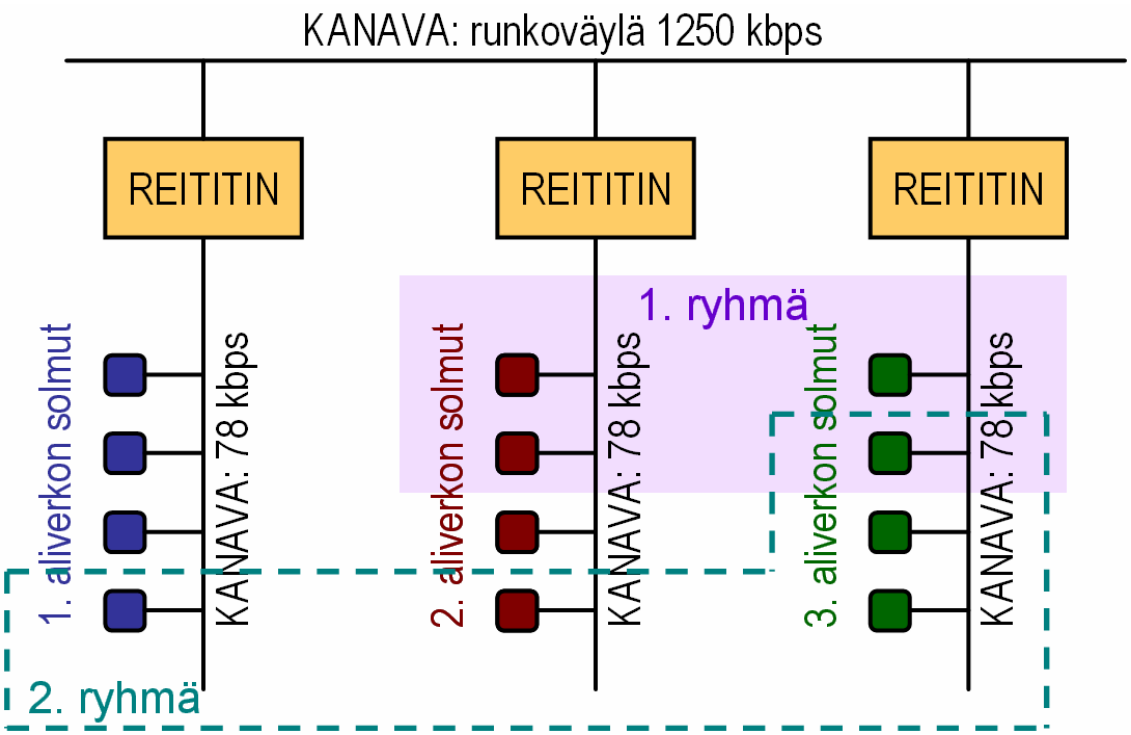
Solmujen sisäisten parametrien asetus ja solmujen liittäminen Lon-verkkoon tapahtuu esimerkiksi LonMaker for windows -työkalulla. LonMaker on amerikkalaisen Echelon Corporationin kehittämä LNS-pohjainen ohjelma (LNS = LonWorks Network Services). Ohjelman käyttöliittymänä on Microsoft Office Visiota, joka on Office-pakettiin kuuluva 2D-objekti-piirustusohjelma.



Kuva 3. LonMaker [13]

3 Lon-Verkko

Varsinaisen Lon-verkon rakentamisessa käytetään samantyyppisiä osia kuin muissakin lähiverkoissa. Verkkoon on saatavissa toistimia, siltoja, reitittimiä ja erilaisia rajapintoja. Verkon fyysinen rakenne voi olla vapaa, väylä, rengas, tähti tai näiden yhdistelmä. Yhteen Lon-järjestelmään voidaan liittää jopa tuhansia laitteita, jotka pystyvät itsenäisesti vaihtamaan tietoja samaan verkkoon liitettyjen laitteiden kanssa. Lon-verkko voidaan jakaa eri kanaviin reitittimillä, jotka välittävät halutut sanomat kanavasta toiseen ja estävät tarpeettoman tietoliikenteen. Yleisin tiedonsiirtotapa Lon-verkossa on käyttää parikaapelia jota pitkin voidaan syöttää myös kenttälaitteiden tarvitsema syöttövirta. Muita LonWorks-standardissa määriteltyjä tiedon siirtotapoja ovat radiotaajuinen tiedonsiirto ja sähköverkko. Parikaapelilla toteutetun Lon-verkkoon kuuluu runkojohto, joka välittää sanomia kanavien välillä tiedonsiirtonopeudella 1250 kb/s, kanavat jotka liittyvät runkojohtoon reitittimien välityksellä, sekä solmut, jotka liittyvät kanaviin. Solmuista kanaviin sanomat välittyvät siirtonopeudella 78 kb/s.



Kuva 4. Lon-verkon hierarkia [14, s.16]

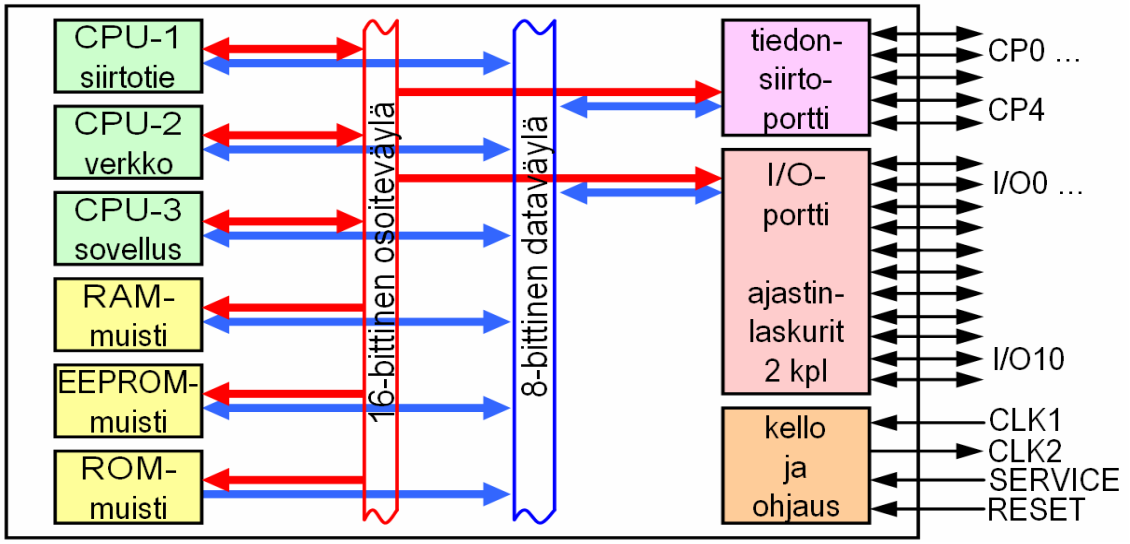
3.1 Standardi-verkkomuuttujat

LonTalk-tiedonsiirtoon on määritelty ns. standardeja verkkomuuttujia (SNVT= Standard Net Variable Type), joiden avulla solmut lähettävät tietoja saman Lon-verkon toisille solmuille. Standardi-verkkomuuttujat ilmaisevat erilaisia tietoja ja suureita tai jatkuvan

tason mittaus viestiä. LonMark-tiedonsiirto-objekti on käsite, joka sisältää määritellyn joukon laitteen loogiseen tehtäväkokonaisuuteen liittyviä standardi verkkomuuttujia ja konfigurointi-parametreja. LonMark-perusobjekteja voidaan käyttää mallipohjina kehitettäessä tiettyyn sovellukseen tarkoitettuja tiedonsiirto-objekteja. [4, s. 26]

3.2 Solmut

Solmu on Lon-väylään liitetty älykäs laite, joka osaa kommunikoida väylän muiden laitteiden kanssa ja hoitaa itsenäisesti sille kuuluvat tehtävät. Solmu jakaantuu kahteen peruslohkoon, jotka ovat kenttälaite ja elektroniikkaosa. Elektroniikkaosan tärkein komponentti on Neuron-piiri, jonka toimintaa tahdittaa kide. Solmu lähettää sanomia Lon-väylään ja vastaanottaa niitä LonWorks-väyläsovittimen kautta. Kenttälaitteet kytkeytyvät Neuron-piiriin I/O-liityntöjen välityksellä. Kuvassa 2 Neuron-piirin lohkokaavio: CPU-1 lähettää ja vastaanottaa viestejä sekä tarkastaa niiden virheettömyyden. CPU-2 hoitaa tiedonsiirtoprotokollan edellyttämiä toimintoja: osoittaminen, lähettäjän tunnistus ja uudelleen lähetys. CPU-3 hoitaa sovellusohjelman ajamisen. EEPROM-muistissa ovat sovellusohjelma ja osoitetaulukot. ROM-muisti sisältää mm. käyttöjärjestelmän. RAM-muistia käytetään lyhytaikaiseen tiedon tallennukseen. I/O-lohko voidaan ohjelman avulla määrätä toimimaan eri tavoilla, tulona tai lähtönä, välittämään rinnakkais- tai sarjatietoa, välittämään pulssijonoa tai toimimaan pulssilaskurina. Jokaiseen Neuron-piiriin on valmistusvaiheessa tallennettu valmistusvaiheessa 48-bittinen yksilöllinen Neuron-tunnusluku, jota ei voi muuttaa.



Kuva 5. Neuron-piirin lohkokaavio [14, s. 11]

3.3 LonTalk-viestit

Solmu voi lähettää yhteislähetyksen kaikille pääverkon solmuille, ryhmälähetyksen aliveron solmuille tai solmulähetyksen vain yhdelle solmulle. Solmulähetyksen tietoja ovat, vastaanottavan solmun osoite, lähettävän solmun osoite, viestityyppi, standardiverkkomuuttujan numero ja lähtömuuttujan lukuarvo. Solmujen välisessä tietoliikenteessä käytetään kertaviestiä ja toistettua viesti, jotka eivät vaadi kuittausta vastaanottajalta tai vasteviestiä ja kuitattua viestiä, jotka vaativat vasteen tai kuittauksen vastaanottajalta. Aidontamisessa vastaanottaja toimii sanoman mukaisesti vain, kun lähettävä solmu osaa purkaa vastaanottajan sille lähettämän tarkistuskoodin. [5]

4 TAC VMX -valvonta- ja säätöjärjestelmä

4.1 TAC Finland Oy

TAC Finland Oy on vuonna 1977 perustettu TAC-konsernin tytäryhtiö. TAC Finland Oy:n toimialana on talotekniikan automatisointi. TAC-konsernilla on oma taloautomaatiolaitteiden valmistus. Schneider Electric on omistanut TAC:n vuodesta 2003 lähtien, eikä TAC Finland Oy:tä ei ole ollut olemassa enää muutamaan vuoteen. TAC on Schneider Electricin käyttämä tuotenimi. TAC työllistää yli 8 000 ihmistä maailmanlaajuisesti . Toimipisteitä ja yhteistyökumppaneita yhtiöllä on 80 maassa. Schneider Electric-Konserni työllistää 120 000 ihmistä 102 maassa.

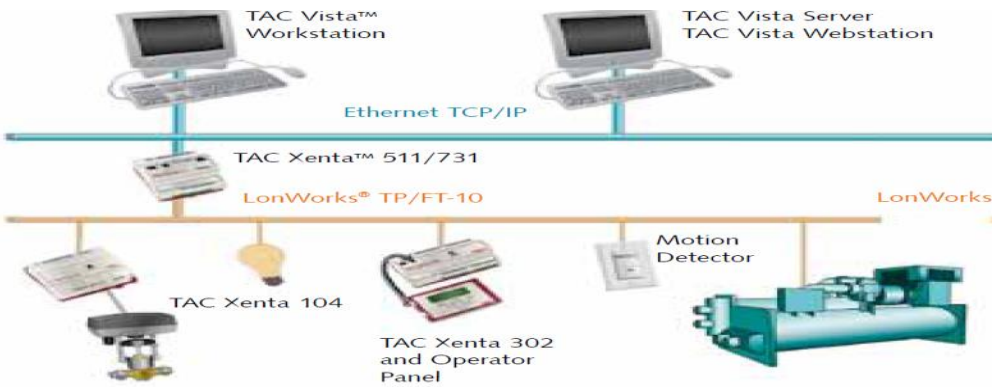
4.2 TAC Vista

TAC Vista perustuu avoimeen järjestelmäarkkitehtuuriin. TAC Vista toimii tietokoneissa, joissa on Microsoft Windows -käyttöjärjestelmä sekä tavanomainen TCP/IP- protokollaa hyödyntävä Ethernet- tai valokaapelilähiverkkoyhteys verkkokortteineen. Kenttäväylän tiedonsiirrossa käytetään LonWorks-tekniikkaan, jota käyttää maailmanlaajuisesti yli 3 000 valmistajaa.

4.3 VMX

TAC käyttää VMX valvonta- ja säätöjärjestelmää. Nimilyhenne VMX tulee sanoista Vista (valvomo-ohjelmisto) Menta (sovellusohjelmointiin tarkoitettu ohjelma) ja Xenta (kiinteästi tai vapaasti ohjelmoitavat säätimet).

TAC- järjestelmän laitteet ryhmitellään toimintatasoihin. Tasoja on kolme valvonta, automaatio ja kenttätaso. Viestit valvonta- ja automaatiotason välillä kulkevat PCLTA- sovittimen (PC LonTalk Adapter), LON-runkojohdon, reitittimien ja LON-kenttäväylien kautta. [5]



Kuva 6. TAC VMX-järjestelmä [7]

4.4 Ohjelmointi

Ohjelma alakeskusmoduuleihin tehdään TAC Menta-ohjelmalla. TAC Menta on automaatio-ohjelmointiin tarkoitettu ohjelma, jossa ohjelma kootaan graafisesti loogisista ehdoista, toiminnoista sekä sisään- ja ulostuloista. Ohjelmointi tapahtuu FBD-muodossa. Luotaessa sisääntulo ohjelmaan on mahdollista käyttää fyysistä pistettä, johon kyseinen tulo on kytketty. Sisääntulotieto voidaan myös hakea toiselta alakeskus moduulilta käyttäen TAC-verkkomuuttujia. Ulostulot ovat aina fyysisiä pisteitä. Moduulien toiminnallisuus luodaan käyttäen erilaisia toimilohkoja. Toimilohkotyyppejä ovat vakioasetusarvo-, vertailu-, laskutoimitus- ja loogiset-toimilohkot, hälytys-, kaava-, sekvenseri-, aikaohjelma ja viivetoimilohkot sekä hystereesi-, käyttöajan laskenta- ja PIDA-säädintoimilohkot [5].

4.4.1 Solmujen yksilöinti

Liitettäessä solmua verkkoon Neuron-ID saadaan painamalla laitteen huoltokytkintä. Kytkintä painettaessa verkonhallintatyökalun täytyy olla online-tilassa. Useimmissa laitteissa Neuron-ID -tunnus löytyy myös laitteesta, jolloin tunnus voidaan liittää ohjelmaan myös offline-tilassa. Laitteiden eli solmujen tunnistaminen verkossa tapahtuu loogisen osoitteen perusteella. Jokaisella solmulla on looginenosoite, joka muodostuu pääverkko-, aliverkko- ja solmuosoitteesta.

4.4.2 Solmujen liitäntä verkkoon

Solmujen liitäntä verkkoon tapahtuu LonMaker for Windows -verkonhallintatyökalun avulla. Liittäminen vaatii väyläsovittimen PC:n käyttöliittymän ja LonWorks-verkon väliin. Liittämisen jälkeen solmut siirretään Tac system plug-in -ohjelman avulla LonWorks-tietokannasta TAC-Networkiin eli TAC Vistan tietokantaan. [6, s. 24]

4.4.3 Xif-tiedosto

Jokainen liitettävä laite tarvitsee oman xif-tiedostonsa, joka sisältää laitteen toiminnan kannalta tärkeän verkkomuuttujaluettelon ja kaiken tiedon käytettävästä laitteesta. Xif-tiedosto tuodaan verkonhallintatyökaluna käytettävään ohjelmaan laitetta lisättäessä. TAC Mentalla ohjelmoitu ohjelma sisältää automaattisesti ohjelman xif-tiedoston. [6, s. 25]

4.5 Valvontataso

Valvontatasolla on yksi tai useampia valvomoita, jotka sisältävät TAC Vista-ohjelmistolla varustetun PC-tietokoneen ja tulostimen. TAC Vista-valvomon perustoi-

mintoja ovat grafiikkakuvien avulla tapahtuva kenttälaitteiden valvonta ja ohjaus, hälytysten käsittely, aikaohjaukset, käyttövaltuuksien tarkistus ja varmuuskopiointi. Valvomoon on lisäksi saatavissa trendinäkymiä, raporttityökaluja, energiankäytön hallinta työkaluja sekä OPC client- ja server -ohjelmistomoduuleita.

4.5.1 Report generator

Ohjelmistomoduuli luo huolto-, hälytys-, tila- ja trendiseurantaraportteja sekä käyttäjän määrittelemiä erityisraportteja, diagrammeja ja yhteenvetoja. Raportointiin käytetään Microsoft Excel-pohjaista standardiohjelmistoa. Raportointi tukee Excelin kaikkia esitystapoja. Raportteja voidaan tulostaa tarvittaessa, tai asetetun aikataulun mukaan.

4.5.2 TAC Vista 5 Signature

Signature-energiankäytönhallinta-ohjelmisto sopii erityisesti suuria tietomääriä sisältävien aineistojen analysointiin. Tiedonsiirto on mahdollista dynaamisesti tai manuaalisesti. Ohjelmisto mahdollistaa budjetin hallinnan energiaprofiilien ja energiankäyttöraporttienluonnin sekä astepäivien laskennan.

4.5.3 TAC Vista Server

TAC Vista Server luo yhteyden TAC Xenta-säätimiin. TAC-järjestelmien etävalvonta- ja/tai kauko-ohjausyhteys luodaan tietokoneen LonTalk-adapterin tai kiinteän yhteyden välityksellä. Toisistaan etäällä sijaitsevat järjestelmät voidaan yhdistää modeemin avulla.

4.5.4 TAC Vista OPC Server

OPC Server-ohjelmistomoduulilla luodaan avoin yhteys TAC Vista-palvelimeen OPC-standardiliittymän kautta. OPC-server tarjoaa tietoa LonWorks-verkon solmuista ja verkkomuuttujista.

4.5.5 TAC Vista 5 OPC Client

OPC-client-ohjelmistomoduuli mahdollistaa yhteyden useisiin kolmannen osapuolen ohjaimiin OPC-palvelimen välityksellä. Tarjolla on satoja OPC-palvelimia muiden valmistajien laitteiden ja järjestelmien liittämiseksi osaksi TAC Vista-järjestelmää.

4.5.6 TAC Vista 5 Webstation

Webstation-ohjelmistomoduuli tarjoaa pääsyn TAC Vista 5 -järjestelmiin tavallisen verkkoselaimen kautta inter- tai intranetin välityksellä. Moduuli mahdollistaa toiminnot, hälytysten näyttö ja kuittaus, arvojen luenta ja asetus, grafiikoiden näyttö trendiseuran-

nat, tapahtumaloki, raportointi ja kaaviot. TAC Vista Webstation sisältää TAC Vista-webstationserverin, joka kommunikoi TAC Vista-severin kanssa Microsoft Internet information-serverin välityksellä.

Valvontataso liittyy Lon-väylään Xenta-911 PCLTA-sillan kautta tai Xenta 511 verkkopalvelimen avulla.

4.5.7 Xenta 911

Xenta 911-sovitin toimii IP:n välityksellä LonTalk-adapterina TAC Vista- ja LonWorks-verkkojen välissä.

4.5.8 Xenta 511

Xenta-511 on verkkopohjainen valvontajärjestelmä LonWorks- ja Modbus-verkkoihin. Xenta-511 verkkopalvelimen avulla käyttäjä voi tavallisen verkkoselaimen avulla tarkastella ja hallita LonWorks-verkon laitteita internetin tai paikallisen intranetin kautta.

4.6 Automaatiotaso

Automaatiotasolla sijaitsevat itsenäisesti toimimaan kykenevät TAC Xenta-säätimet, liityntä moduuli sekä siirrettävä huoltopääte. Xenta-säätimiä on laaja valikoima eri käyttötarkoituksiin.

4.6.1 Xenta 100

Xenta-100-sarjan-vyöhykesäätimet ovat kiinteästi ohjelmoituja. TAC Xenta-vyöhykesäätimiä käytetään jälkilämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien valvontaan ja optimointiin. TAC Xenta-vyöhykesäätimet on suunniteltu erityisesti vyöhykesovelluksia varten ja mukana toimitetaan laitteen lisäksi tarvittava ohjelmisto. Säätimet ovat helposti sovitettavissa monenlaisiin käyttötarpeisiin. Parametrit on mahdollista asettaa paikan päällä käyttöpaneelin avulla tai keskitetysti TAC Vista-keskusjärjestelmän kautta. Asetusarvoja voidaan tarvittaessa muuttaa huoneanturien säätimistä. Älykkäitä laitteita voidaan ohjata myös suoraan.

4.6.2 Xenta 280 ja 300

Xenta-280 ja -300-sarjan säätimet ohjelmoidaan graafisella TAC Menta -ohjelmointityökalulla. Säätimien perusohjelmistoon kuuluu seuraavia rutiineja: tulojen lukeminen, lähtöjen ohjaus, hälytysten käsittely, aikakanavat, standardiverkkomuuttujien valikoima sekä täydelliset LVI-toiminnot kuten säätösilmukat ja käyrät. Säätimiä voidaan käyttää itsenäisinä yksikköinä laajemmissa Lon-tietoverkoissa. Vaihtoehtoisesti

säätimiä voidaan käyttää yksittäisinä säätiminä joiden ohjaamiseen sekä näyttönä voidaan käyttää TAC-Xenta käyttöpaneelia. Xenta-280 ja -300-säätimet ovat toiminnoiltaan samanlaisia erot ovat sisään- ja ulos tulojen määrässä Xenta-280 -säädin sisältää 12-–16 fyysistä sisään- ja ulostuloa, Xenta-300 -säätimessä on 20 fyysistä sisään- ja ulostuloa, säätimen liitäntöjä voidaan laajentaa aina 40 sisäänmenoon/ulostuloon asti laajennusmoduuleilla.

4.6.3 Xenta 401

Xenta-401-sarjan säätimet eivät sisällä omia kiinteitä sisäänmenoja ja ulostuloja. Säätimen liitäntöjä voidaan laajentaa aina 100:aan sisäänmenoon/ulostuloon asti apuyksiköiden avulla. Säätimessä on suuri muisti joten se soveltuu erinomaisesti korkeamman tason funktioihin esimerkiksi keskitettyyn aikaohjauksen hallintaan. [2]

4.6.4 Xenta 400-apuyksiköt

Xenta-411- ja -412

Xenta-411- ja -412-apuyksiköitä käytetään digitaalisten kontaktisignaalien valvontaan ja laskemiseen.

Xenta-421- ja -422

TAC-Xenta-421A ja -422A-moduuleissa on universaali sisäänmeno/digitaaliulostulo. Niitä voidaan käyttää tavallisina Xenta-I/O-moduuleina tai LonMark-laitteina. Molemmat moduulit sisältävät neljä universaali sisäänmenoa ja viisi digitaaliulostuloa. Universaalisisäänmenot ovat vapaasti käytettävissä digitaali-, termistori-, virta- tai jännitesisäänmenoina.

Xenta 451 ja 452

TAC Xenta-451A ja -452A moduuleissa on universaali sisäänmeno/analogiulostulo. Niitä voidaan käyttää tavallisina Xenta-I/O-moduuleina tai LonMark-laitteina. Molemmat moduulit sisältävät kahdeksan universaali-sisäänmenoa ja kaksi analogiulostuloa. Universaali sisäänmenot ovat vapaasti käytettävissä digitaali-, termistori-, virta- tai jännitesisäänmenoina.

Xenta 491 ja 492

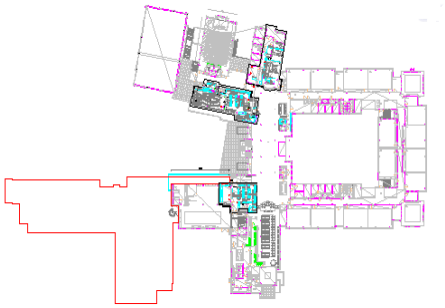
Xenta-491- ja -492 moduuleita käytetään analogisten toimisignaalien antamiseen. [7]

4.7 Kenttätaso

Kenttätasolla sijaitsevat digitaaliset ja analogiset anturit, kytkimet ja toimilaitteet liittyvät Xenta-moduuleihin. Kenttätasolla sijaitsevat anturit ja toimilaitteet voivat liittyä Lon-väylään myös suoraan.

TAC-yhteensopivia antureita on saatavilla huone, kanava ja ulkolämpötilan sekä kosteuden mittaukseen. Antureita löytyy myös paine-eron, savun sekä valoisuuden mittaukseen sisältä ja ulkoa. [8]

5 Metropolia Vanhan maantien toimipiste



Kuva 7. Pohjakuva 1. kerros [15]

5.1 Kiinteistö

Metropolia Vanhan maantien toimipiste koostuu kahdesta rakennuksesta, yksikön A-osa on rakennettu vuonna 1988, pinta-ala 12130 m^2. Koulua on laajennettu vuonna 2002 B-osalla, pinta-ala 5400 m^2. Pinta-alaa yhteensä koululla on 17530 m^2 ja tilavuutta 75000 m^3. Luokkahuoneita koulurakennuksessa on yhteensä n. 50 jakautuen tietokone-, laboratorio-, auditorio- ja normaaliluokkiin. Lisäksi koulussa on useita neuvotteluhuoneita, ruokala ja liikuntahalli. Opiskelijoita koulussa on keskimäärin 2600 ja henkilökuntaa 185.

5.2 Energian käyttö

5.2.1 Sähkö

Pääosa sähköenergiasta koulussa käytetään valaistukseen, LVI-laitteisiin ja PC-laitteisiin. Sähköenergiaa kouluun tulee A- ja B-osien sähköliittymien kautta, joissa molemmissa omat mittarinsa. Sähkön myynnistä vuonna 2012 vastasi Turun Energia. Sähköä kului vuonna 2012 A-osassa ja B-osassa yhteensä 2 006 114 kWh eli 114 kWh/ brm^2 (liite1)

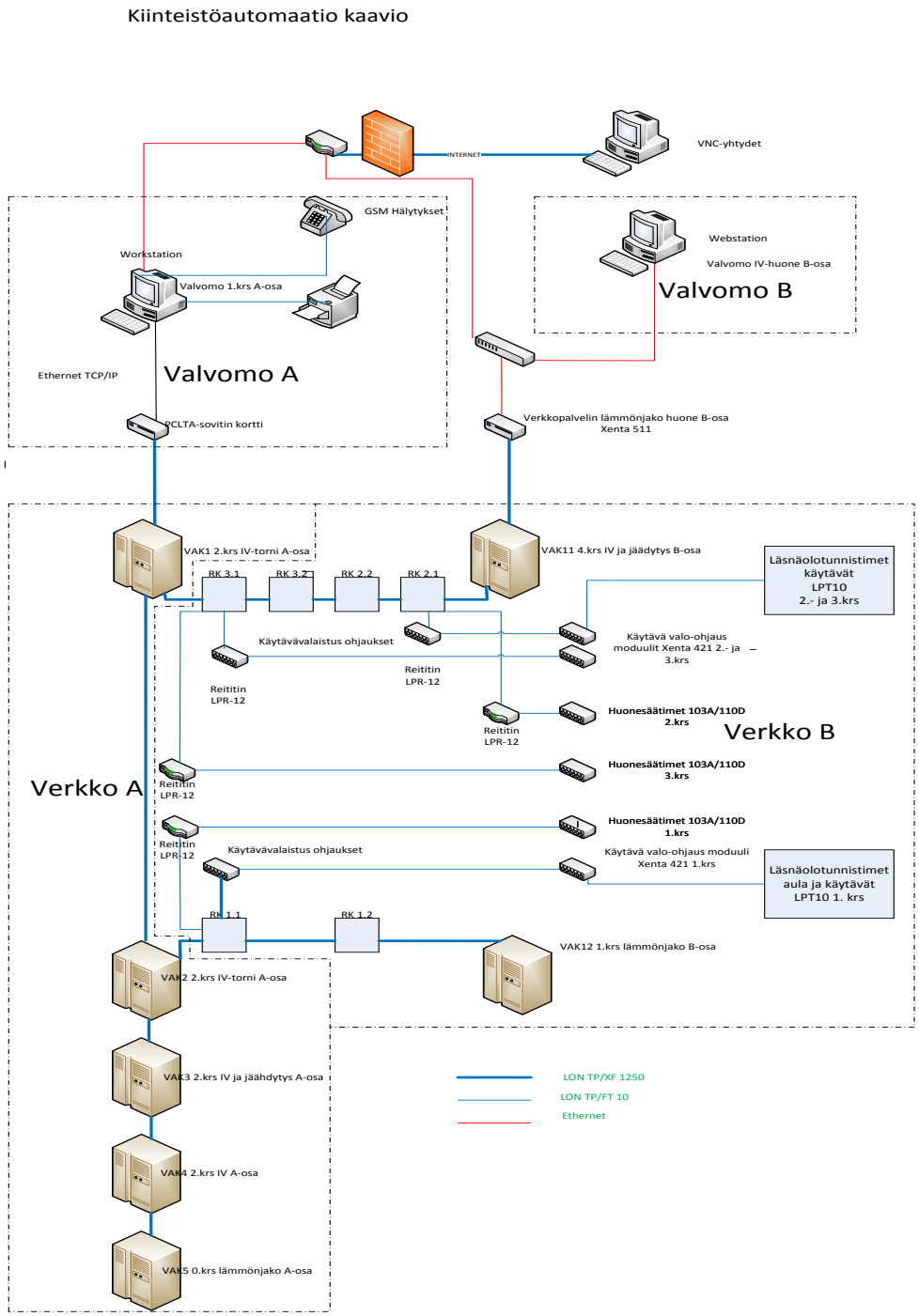
5.2.2 Lämpö

Kaukolämpö koulussa jaetaan keskuslämmitykseen lämmönvaihtimien kautta. Keskuslämmitys jakaa lämmön lattia- ja patteriverkostojen kautta sekä osittain ilmanvaihdon kautta. Kaukolämmön toimittajana kiinteistössä on Fortum Power and Heat Oy. Vuonna 2012 lämpöenergiaa kului 2 210 MWh eli 126 kWh/brm^2 . (liite1) [9]

Rakennuksen kokonaisenergian kulutus vuonna 2012 oli 2 40kWh/ brm^2. Energiatodistuksen mukaan rakennus menee E-luokkaan.

6 Kiinteistöautomaatiojärjestelmän nykytilan kartoitus

Koulukiinteistön rakennusautomaatio A-osassa on TAC Finlandin toimittama vuonna 1988, B-osan rakennusautomaation laajennus on tehty vuonna 2002. Rakennusautomaatio ohjaa rakennuksen lämmönjakelua, ilmanvaihtoa, osaa valaistuksesta sekä palo- ja rikosilmoitusten jatkohälytyksiä. Rakennusautomaatio järjestelmään kuuluu A-osan viisi ala-asemaa ja valvomo sekä B-osan kaksi ala-asemaa ja valvomo.



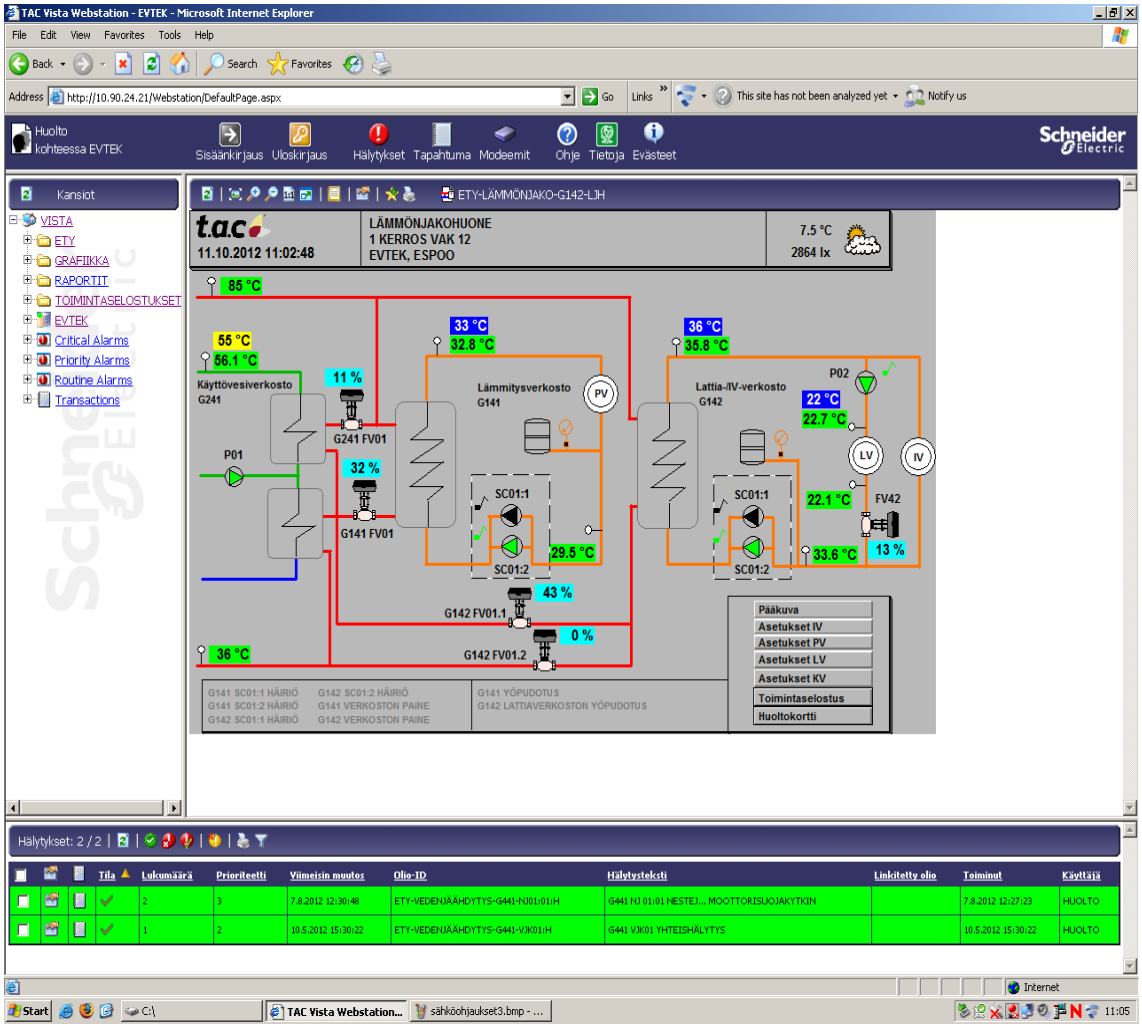
Kuva 8. Kiinteistöautomaatio

6.1 Valvontataso

Kiinteistöautomaation päävalvomo A-osassa liittyy Lon-verkkoon Xenta-911-verkkokortin kautta. A-osan valvomosta tehdään kaikki kiinteistöautomaation ohjaukseen tarvittavat asetukset ja säädöt. B-osan valvomo on Webstation-tyyppiä ja liittyy järjestelmään Ethernet-verkon kautta Xenta-511 verkkopalvelimen välityksellä. Valvomoiden graafisen Vista-ohjelman avulla voidaan valvoa ja analysoida rakennuksen päivittäistä toimintaa.

4.4.6 TAC Vista 5 Webstation

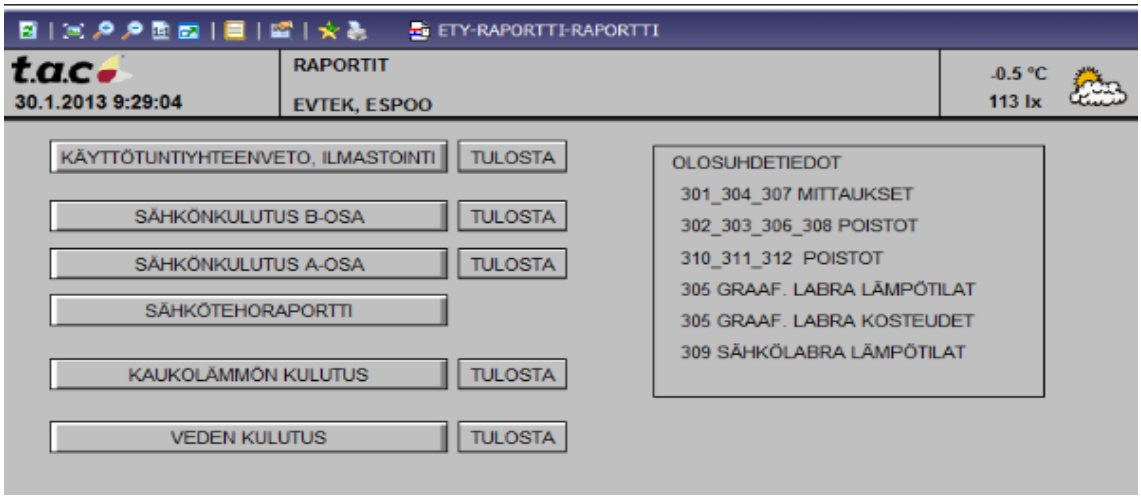
Webstation mahdollistaa käyttäjien pääsyn TAC Vista-järjestelmään rakennuksen lähiverkon tai Internetin kautta. Kiinteistöhuolto ja automaatio-järjestelmän toimittaja voivat seurata järjestelmän toimintaa etänä. Myös opiskelijoilla on Metropolian sisäverkossa mahdollisuus käyttöoikeuksien puitteissa seurata järjestelmän toimintaa sekä tarkkailla olosuhteita trenditietojen ja mittausten avulla.



Kuva 9. TAC Vista Webstation [17]

4.4.1 Report generator

Raportointityökalulla voidaan luoda raportit rakennuksen energian ja veden kulutuksesta. Raportit antavat tiedot kilowattitunteina, litroina ja euroina, vertailua voi tehdä tavoitekulutukseen tai edellisen vuoden kulutukseen. Raportointi-työkalu ei projektin alkaessa toiminut, mutta automaatiotoimittajan tuella ja muutamien ohjelma-asennusten ja päivitysten jälkeen raportteja oli jälleen saatavilla.



Kuva 10. raportit [16]

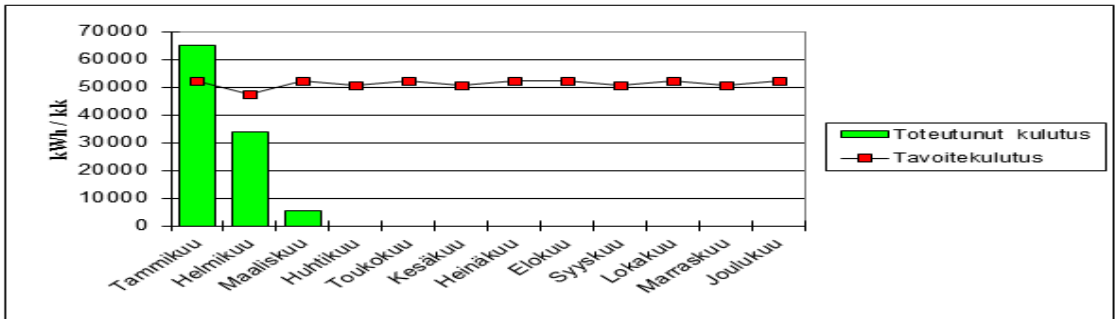
EVTEK ESPOO

Raportti ID:	ETY-SÄHKÖ-H901-sähkö	Päiväys:	5.3.2013
Kuvaus:	SÄHKÖENERGIA, UUSI PUOLI	Aika:	12:33:31

Lämmitysmuoto:	Kaukolämpö
Kiinteistötyyppi:	Koulu
Rakennustilavuus:	22500 m3
Asukaslukumäärä:	1
Rakennusvuosi:	1990

Päivä	Tariffi I:	0,03	€ / kWh
Yö	Tariffi II:	0,03	€ / kWh
	Perusmaksu:	0	€ / kk
	Tavoitekulutus:	27,4	kWh/Rm3

Vuosi 2013	Sähkönmittaukset		Kokonaiskulutus			Ominais-		Kustan-
	Tariffi 1	Tariffi 2	Yhteensä	Tavoite	Poikkema	kulutus		nukset
Kuukausi	kWh	kWh	kWh	kWh	%	kWh/Rm3		€
Tammikuu	48601	16210	64811	52360	24 %	2,88		2 161 €
Helmikuu	27377	6359	33737	47293	-29 %	1,50		1 125 €
Maaliskuu	4251	1116	5367	52360	-90 %	0,24		179 €
Huhtikuu	0	0	0	50671	-100 %	0,00		- €
Toukokuu	0	0	0	52360	-100 %	0,00		- €
Kesäkuu	0	0	0	50671	-100 %	0,00		- €
Heinäkuu	0	0	0	52360	-100 %	0,00		- €
Elokuu	0	0	0	52360	-100 %	0,00		- €
Syyskuu	0	0	0	50671	-100 %	0,00		- €
Lokakuu	0	0	0	52360	-100 %	0,00		- €
Marraskuu	0	0	0	50671	-100 %	0,00		- €
Joulukuu	0	0	0	52360	-100 %	0,00		- €
Yhteensä	80229	23686	103915	616500	-83 %	4,62		3 465 €



Kuva 11. Sähkönkulutusraportti A-osa [16]

6.2 Automaatiotaso

6.2.1 Xenta 301 ja 302

TAC-Xenta-301 ja -302 säätimiin on ohjelmoitu rakennuksen ilmanvaihtokoneiden sekä keskuslämmityksen lämmönjakelun toiminnallisuus. Säätimet hoitavat myös tarvittavat PID-säädöt, säätökäyrien mukaisen toiminnan ja aikaohjelmat.

6.2.2 Lisämoduulit

Lisämoduuleina 301- ja 302-säätimille käytetään 411-digitaalitulo, 421-digitaalilähtö, 451-universaalitulo/lähtö ja 491-analogilähtömoduuleita.

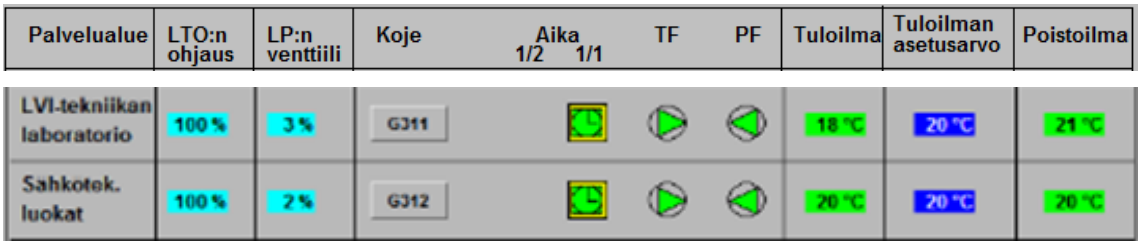
6.2.3 LPR-12

LPR-12-reitittimellä yhdistetään Lon-verkon runkoväylä TP/XF-1250, vapaan topologian TP/FT-10 kanavaan. [10]

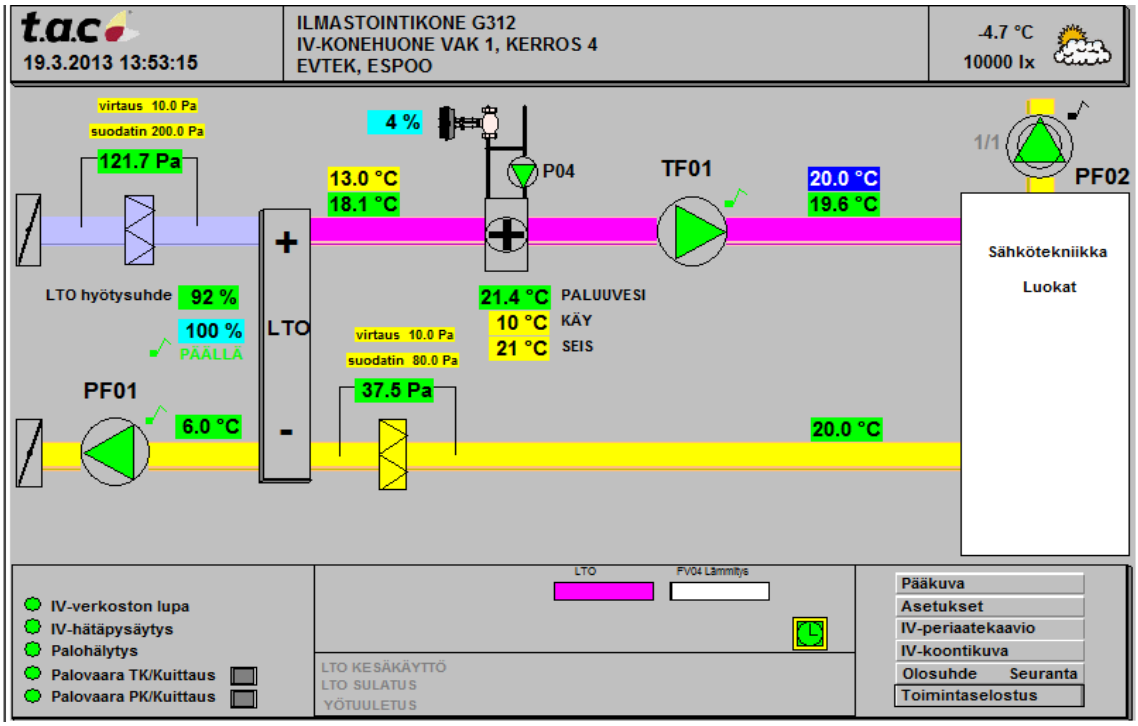
6.3 SW ja HW alakeskuksittain

6.3.1 VAK1

Ilmanvaihtokoneita 11 ja12 ohjataan aikaohjelman mukaan, joka ohjaa koneita asetusten mukaisesti, käynnistys yleisesti arkisin klo 7, sammutus klo 21 (kuva 12). Tulo- ja poistopuhaltimet käyvät rinnan, puhaltimien ollessa käynnissä raitis - ja jäteilmapellit ovat auki. Tuloilman lämpötila pidetään asetusarvossaan ohjaamalla lämmityspatterin venttiiliä. Pyörivän lämmön talteenoton ohjauksella optimoidaan lämmön siirtyminen poistoilmasta tuloilmaan. Painemittauksella suodattimien yli tarkkaillaan suodattimien kuntoa (kuva 13).



Kuva 12. Ilmanvaihtokoneet G311 ja 312 [17]



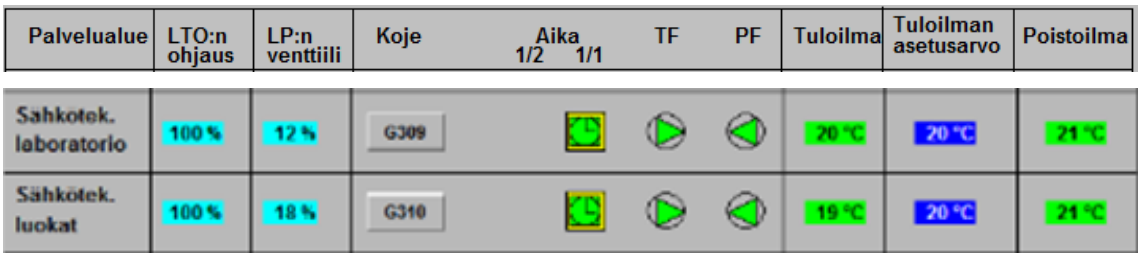
Kuva 13. Ilmanvaihtokone G312:n toimintakaavio [17]

Taulukko 5. VAK1-moduulit

VAK1	101M0	302	Xenta
VAK1	101M1	411	Xenta
VAK1	102MO	301	Xenta
VAK1	103MO	301	Xenta
VAK1	103M1	411	Xenta

6.3.2 VAK2

Ilmanvaihtokoneiden 9 ja 10 ohjaus tapahtuu samoin kuin koneiden 11 ja 12.



Kuva 14. Ilmanvaihtokoneet G309 ja G310 [17]

Kattokaivo- ja räystäslämmityksiä ohjataan asetusten ja lämpötilamittaustietojen mukaan (kuva 15).

Palvelualue	Tunnus	Aika	Raja-arvot		Ohjaus	AK	RK
			Ala	Ylä			
Räystäs lämmitys 1	H961 SAL01		2 °C	-4 °C	POIS	101M0	VAK01
Räystäs lämmitys 2	H961 SAL02		2 °C	-4 °C	POIS	201M0	VAK02
Kattokaivo 1	H961 SVK01		2 °C	-6 °C	POIS	101M0	VAK01
Kattokaivo 2	H961 SVK02		2 °C	-6 °C	POIS	201M0	VAK02
Kattokaivo 3	H961 SVK03		2 °C	-6 °C	POIS	301M0	VAK03
Kattokaivo 4	H961 SVK04		2 °C	-6 °C	POIS	401M0	VAK04

Kuva 15. kattokaivo- ja räystäslämmitys asetukset [17]

Taulukko 6. VAK2-moduulit

VAK2	201M0	302	xenta
VAK2	202M1	411	xenta
VAK2	202MO	301	xenta
VAK2	203MO	301	xenta
VAK2	203M1	411	xenta

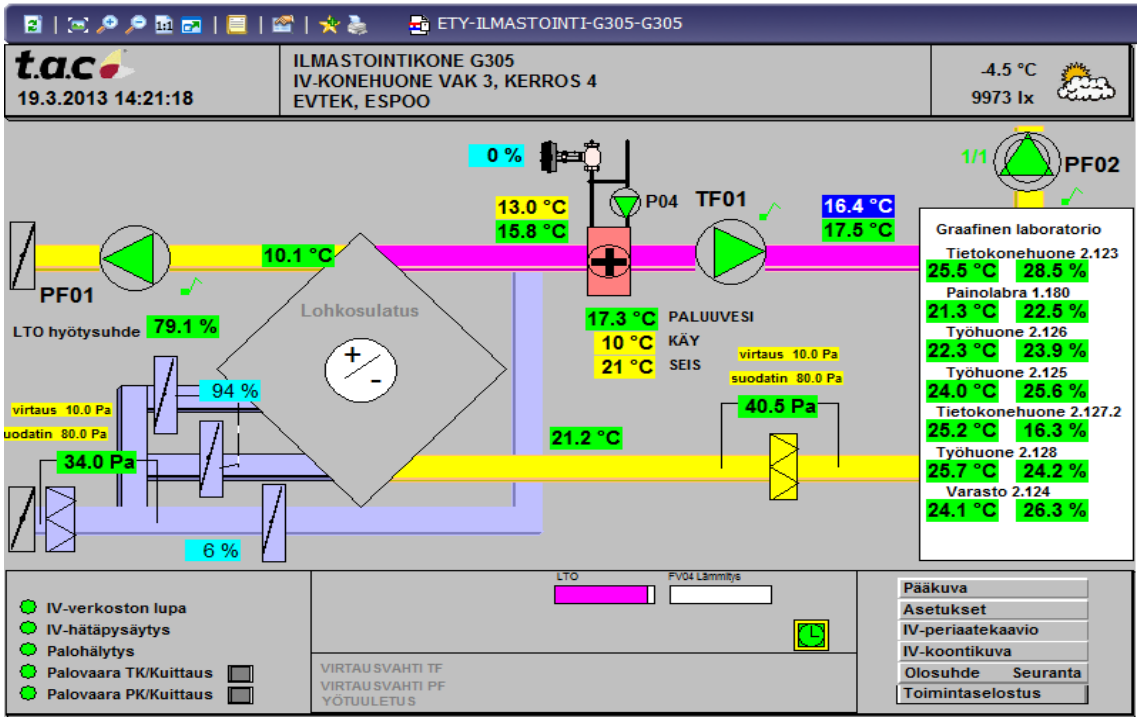
6.3.3 VAK3

Ilmanvaihtokoneiden 6 ja 7 ohjaus tapahtuu samoin kuin koneiden 11 ja 12 (kuva 16).

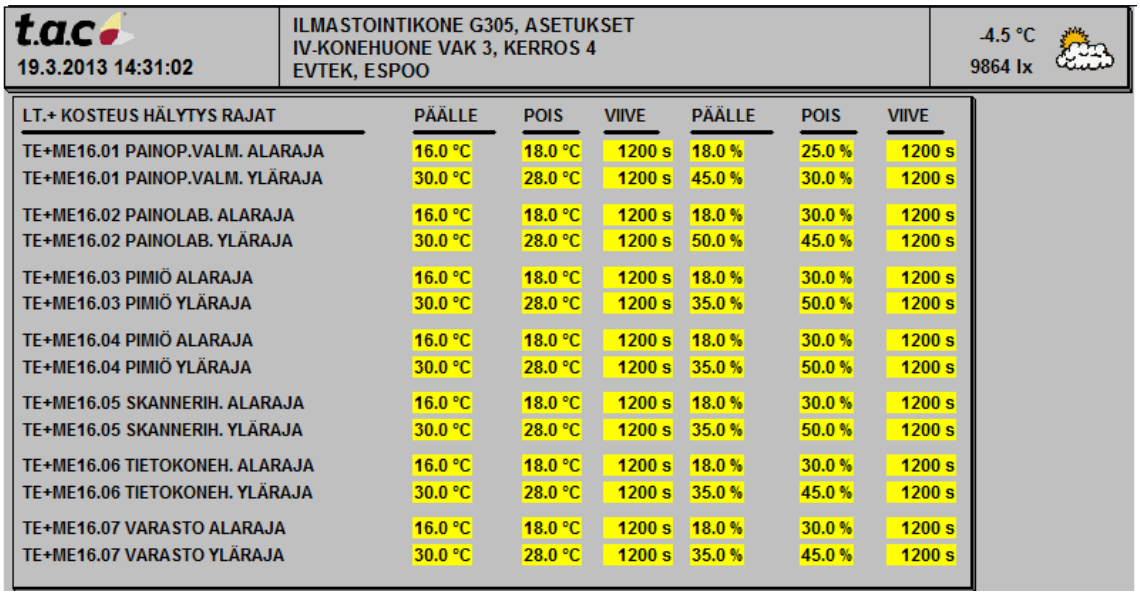
Palvelualue	LTO:n ohjaus	LP:n venttiili	Koje	Aika 1/2	Aika 1/1	TF	PF	Tuloilma	Tuloilman asetusarvo	Poistoilma
Graafinen laboratorio	0 %	21 %	G305					16 °C	17 °C	22 °C
Graafinen luokat	13 %	0 %	G306					18 °C	18 °C	22 °C
Keittiö Ruokala		33 % 0 %	G307					18 °C 19 °C	18 °C 17 °C	

Kuva 16. Ilmanvaihtokoneet G305, G306 ja G307 [17]

Ilmanvaihtokone 5 palvelee graafisen alan tiloja. Tilojen kosteusolosuhteiden tulee pysyä annetuissa rajoissa, joten ilmanvaihtoon käytetään LTO-kuutiota (kuva 17). LTO-kuutiossa tulo- ja poistoilmavirta eivät sekoitu keskenään, vaan lämpö siirtyy konvektion avulla poistoilmasta tuloilmaan. Tämän ansiosta poistoilman epäpuhtaudet ja kosteus eivät pääse tuloilmaan (kuva 17). [11]



Kuva 17. Ilmanvaihtokone G305:n toimintakaavio [17]



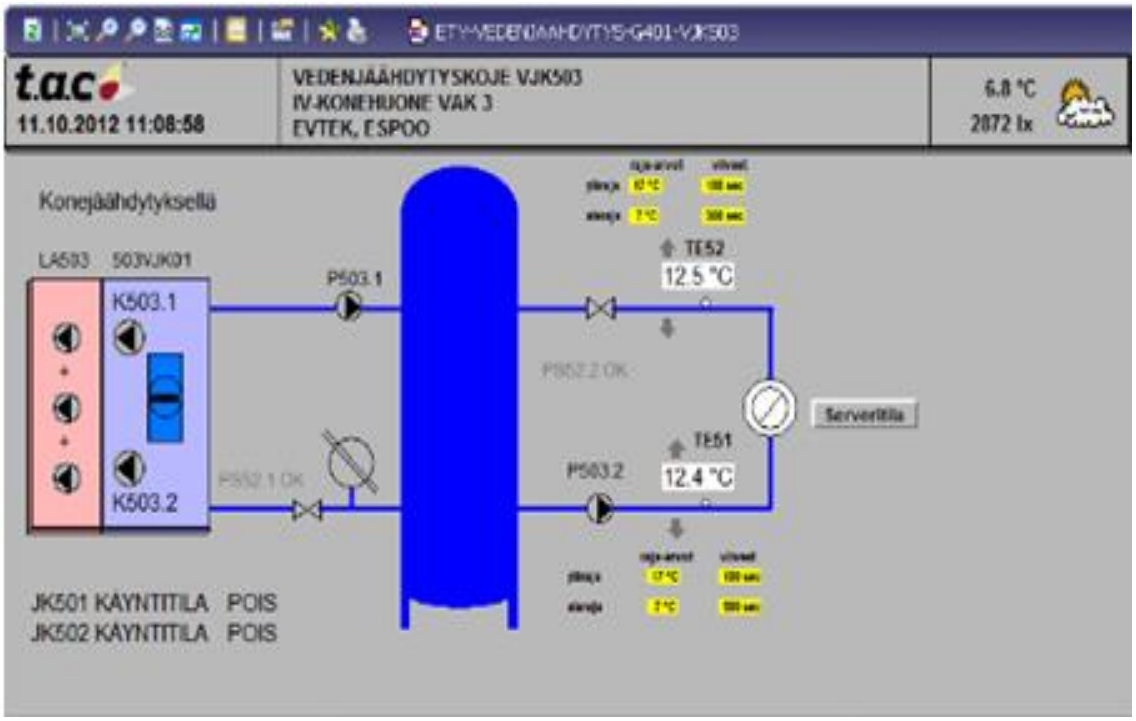
t.a.c 19.3.2013 14:31:02 | ILMASTOINTIKONE G305, ASETUKSET | IV-KONEHUONE VAK 3, KERROS 4 | EVTEK, ESPOO | -4.5 °C | 9864 lx

LT.+ KOSTEUS HÄLYTYS RAJAT	PÄÄLLE	POIS	VIIVE	PÄÄLLE	POIS	VIIVE
TE+ME16.01 PAINOP.VALM. ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	25.0 %	1200 s
TE+ME16.01 PAINOP.VALM. YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	45.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.02 PAINOLAB. ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.02 PAINOLAB. YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	50.0 %	45.0 %	1200 s
TE+ME16.03 PIMIÖ ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.03 PIMIÖ YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	35.0 %	50.0 %	1200 s
TE+ME16.04 PIMIÖ ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.04 PIMIÖ YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	35.0 %	50.0 %	1200 s
TE+ME16.05 SKANNERIH. ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.05 SKANNERIH. YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	35.0 %	50.0 %	1200 s
TE+ME16.06 TIETOKONEH. ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.06 TIETOKONEH. YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	35.0 %	45.0 %	1200 s
TE+ME16.07 VARASTO ALARAJA	16.0 °C	18.0 °C	1200 s	18.0 %	30.0 %	1200 s
TE+ME16.07 VARASTO YLÄRAJA	30.0 °C	28.0 °C	1200 s	35.0 %	45.0 %	1200 s

Kuva 18. Ilmanvaihtokone G305:n lämpötila- ja kosteusasetukset [17]

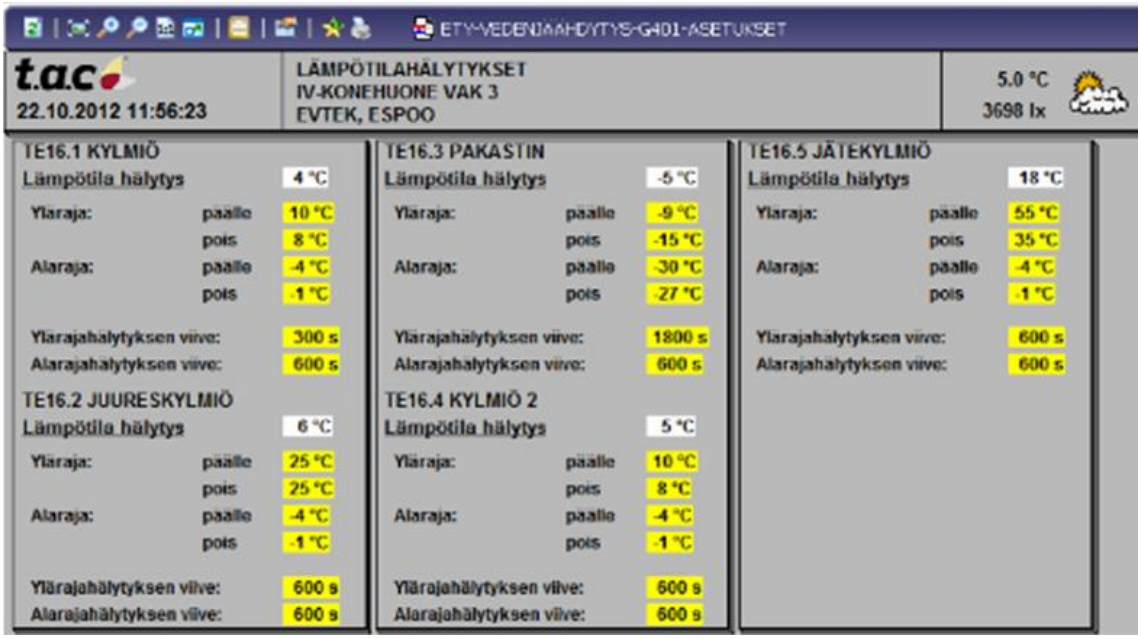
Pääjäähdytyskoneen 503 ohjauksessa mittaustiedot ohjaavat jäähdytyskoneen kompressoria ja venttiileitä pyrkien pitämään lämpötilan asetusarvossaan. Jäähdytyskone toimii vapaajäähdytysperiaatteella, ulkoilman lämpötilan olleessa yli asetusarvon käytetään kompressoria kylmän tuottamiseen ja lämpö siirretään ulos lauhdutusyksikön kautta. Ulkolämpötilan ollessa alle asetusarvon siirretään ”ulkokylmää” jäähdytyskäyt-

töön. Jäähdytysverkosto palvelee jäähdytyshuoneyksiköitä, joita on serveritiloissa sekä painolaboratoriossa.



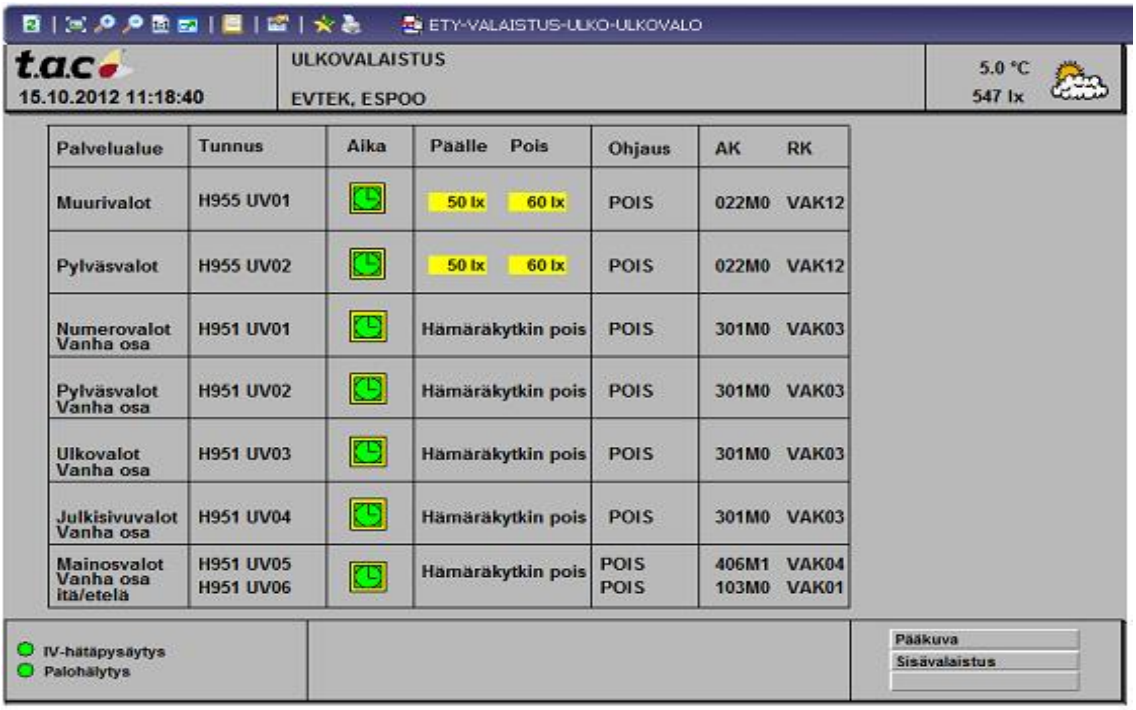
Kuva 19. Vedenjäähdytyskone 503 [17]

Kompressori 501 palvelee keittiön kylmäsäilytystiloja. Kylmätiloista automaation kautta tulevat mittaustiedot ohjaavat jäähdytyskompressoria pitäen lämpötilat asetusarvossaan



Kuva 20. Kylmiöiden ja pakastimen lämpötila-asetukset ja hälytykset [17]

Ulkovalojen ohjaukset: hämärä- ja kellokytkimeltä tulevat ohjaukset sytyttävät ja sammuttavat valot asetusten mukaan.



Kuva 21. Ulkovalojen ohjaukset [17]

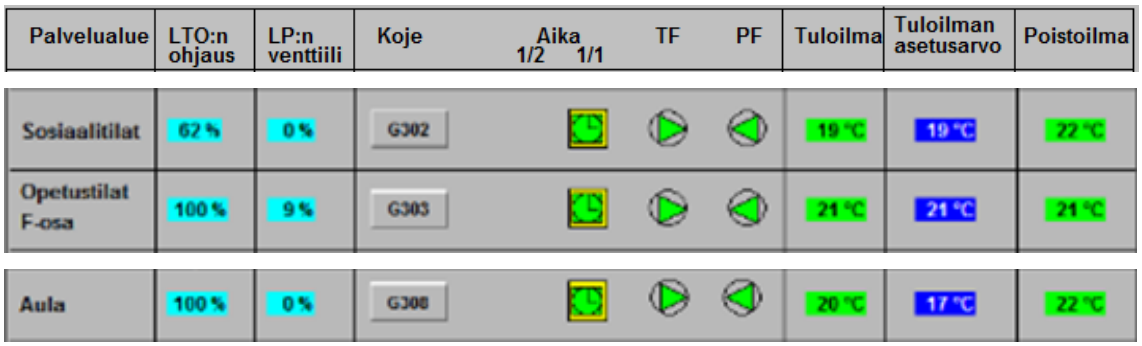
Lisäksi alakeskuksessa valvotaan loistehon kompensointia, maadoitusta, muuntamon lämpötilaa, varavaloakustoa ja hissiä.

Taulukko 7. VAK3-moduulit

VAK3	301M0	301	xenta
VAK3	301M1	411	xenta
VAK3	302M0	301	xenta
VAK3	302M1	411	xenta
VAK3	303M0	301	xenta
VAK3	303M1	411	xenta
VAK3	304M0	301	xenta
VAK3	304M1	411	xenta
VAK3	305M0	301	xenta
VAK3	305M1	411	xenta
VAK3	306M0	302	xenta
VAK3	306M1	411	xenta
VAK3	307M0	301	xenta

6.3.4 VAK4

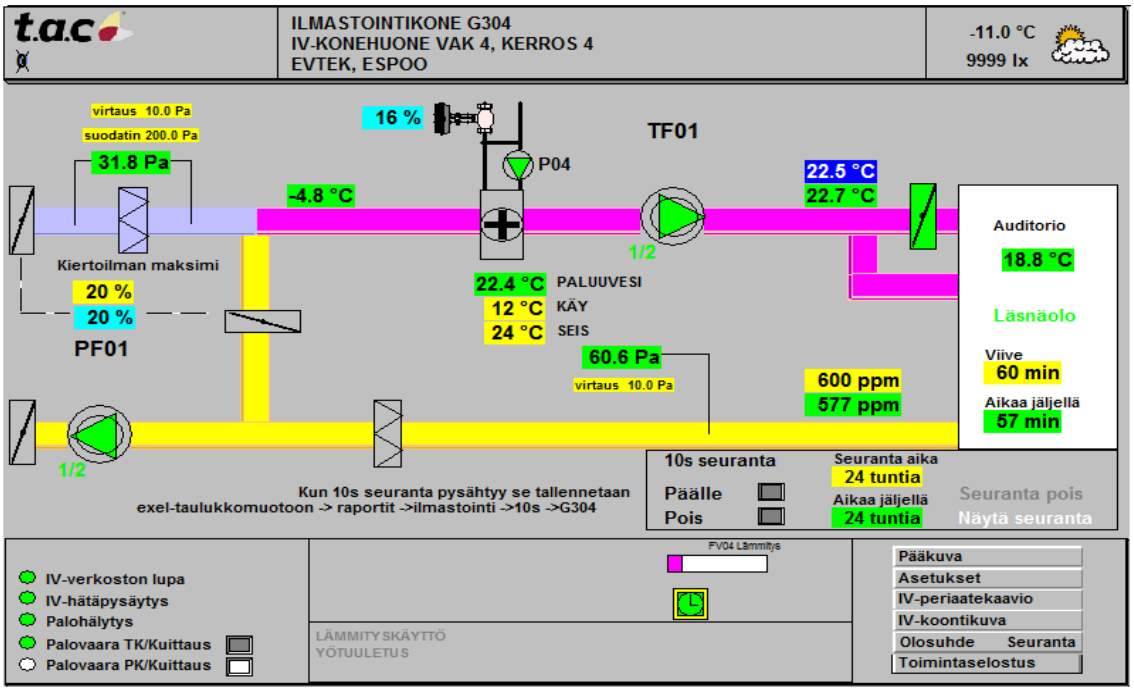
Ilmanvaihtokoneiden 2, 3 ja 8 ohjaus tapahtuu samoin kuin koneiden 11 ja 12.



Kuva 22. Ilmanvaihtokoneet G302, G303 ja G306 [17]

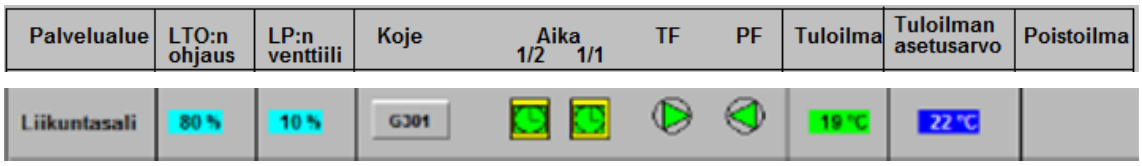
IV-kone 4 on modernisoitu läsnäolo- ja CO_2-ohjatuksi vuonna 2011. Ilmanvaihtokoneen ohjaus: Tuloilman lämpötila pidetään asetusarvossaan ohjaamalla lämmityspatterin venttiiliä. Aikaohjelma mahdollistaa läsnäolotunnistin ohjauksen. Läsnäolotunnistuksen vaikuttuessa ilmanvaihdon tulo- ja poistopuhaltimet käynnistyvät 1/2-teholle. CO_2-mittaukselle on asetettu raja-arvo, jonka ylittyessä kiertoilma/raitisilmapelti rajoittaa kiertoilmaa ja lisää raitisilmaa CO_2:n lisääntyessä puhaltimet siirtyvät 1/1-teholle. CO_2-mittauksen laskiessa alle asetusarvon kiertoilma/raitisilmapelti lisää kiertoilmaa ja rajoittaa raitisilmaa ja puhaltimet siirtyvät 1/2-teholle. Jos läsnäolotunnistus ei vaikutu asetetussa ajassa puhaltimet pysähtyvät. Auditorioon tulee kaksi tuloilma putkea, auditorion laskevasta rakenteesta johtuen ylempää tuloilmaa säädetään pellillä (kuva 24).

Kuva 23. Ilmanvaihtokone G304 [17]

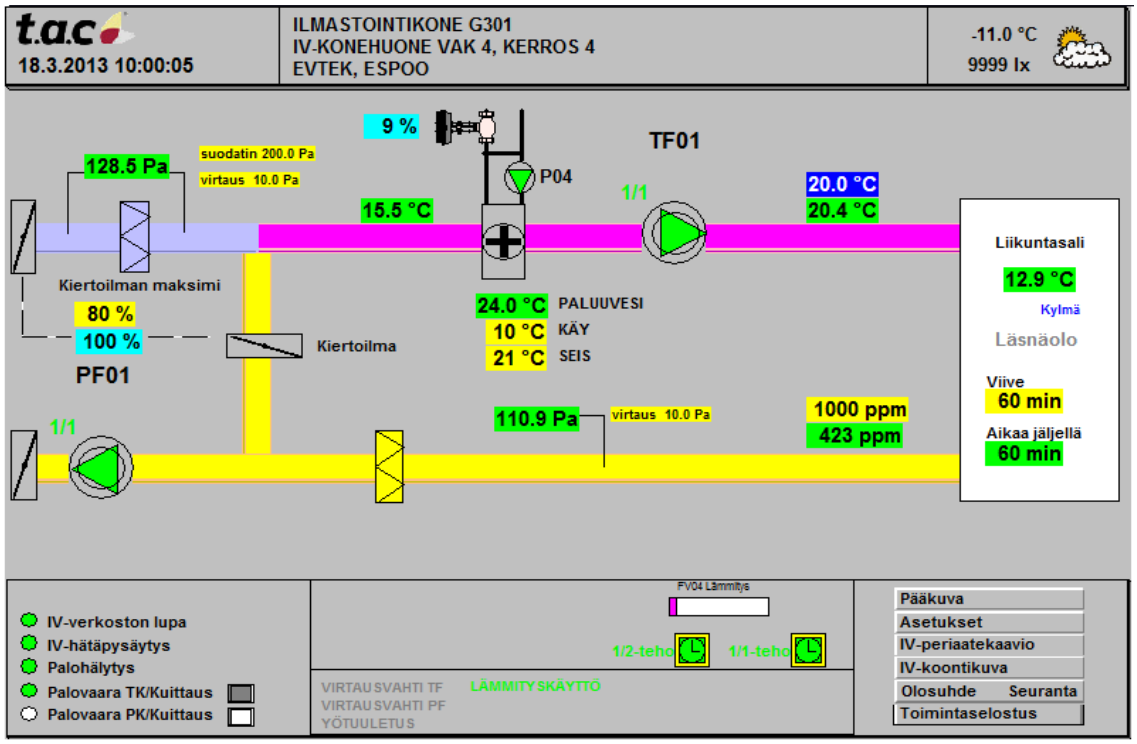


Kuva 24. Ilmanvaihtokone G304.n toimintakaavio [17]

IV-kone 1 palvelee liikuntasalia. Ilmanvaihdon lisäksi koneen tuloilmalla hoidetaan salin lämmitys. Ilmanvaihtokonetta ohjataan aikaohjelmalla. Arkipäivisin kone käy 1/1-teholla klo 8–21. Liikuntasali on käytössä myös viikonloppuisin, jolloin kone käy 1/2-teholla klo 8–21. Lämmityskäytössä tuloilman asetuslämpötila pitää hallin lämpötilan vakiona. Koneessa on valmius samanlaiseen ohjaukseen kuin auditoriossa, mutta lämmityskäytön vuoksi ratkaisu ei ole toimiva (kuva 26).



Kuva 25. Ilmanvaihtokone G301 [17]



Kuva 26. Ilmanvaihtokone G301:n toimintakaavio [17]

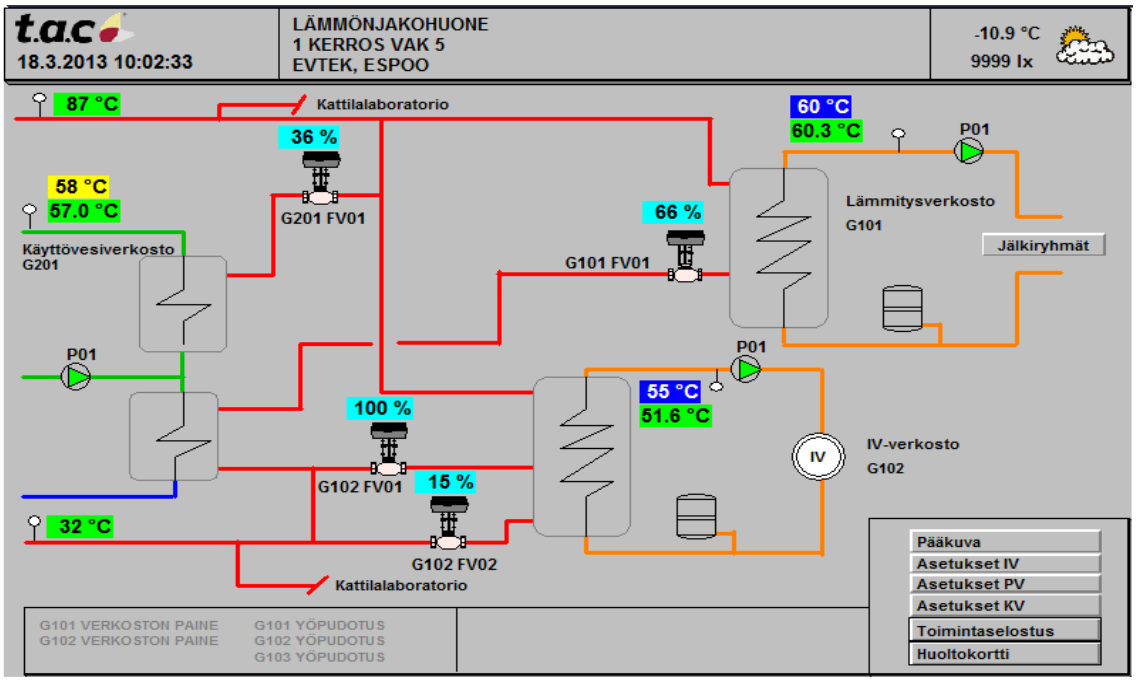
Lisäksi alakeskuksesta ohjataan IV-lämmityspatteriverkostoa ja patteriverkoston venttiileitä. Lisäksi murto-, palo- ja rikosjatkohälytykset välittyvät alakeskuksen kautta

Taulukko 8. VAK4-moduulit

VAK4	401M0	301	xenta
VAK4	401M1	411	xenta
VAK4	402M0	302	xenta
VAK4	403M0	302	xenta
VAK4	403M1	411	xenta
VAK4	404M0	301	xenta
VAK4	404M1	411	xenta
VAK4	405M0	301	xenta
VAK4	406M0	302	xenta
VAK4	406M1	411	xenta

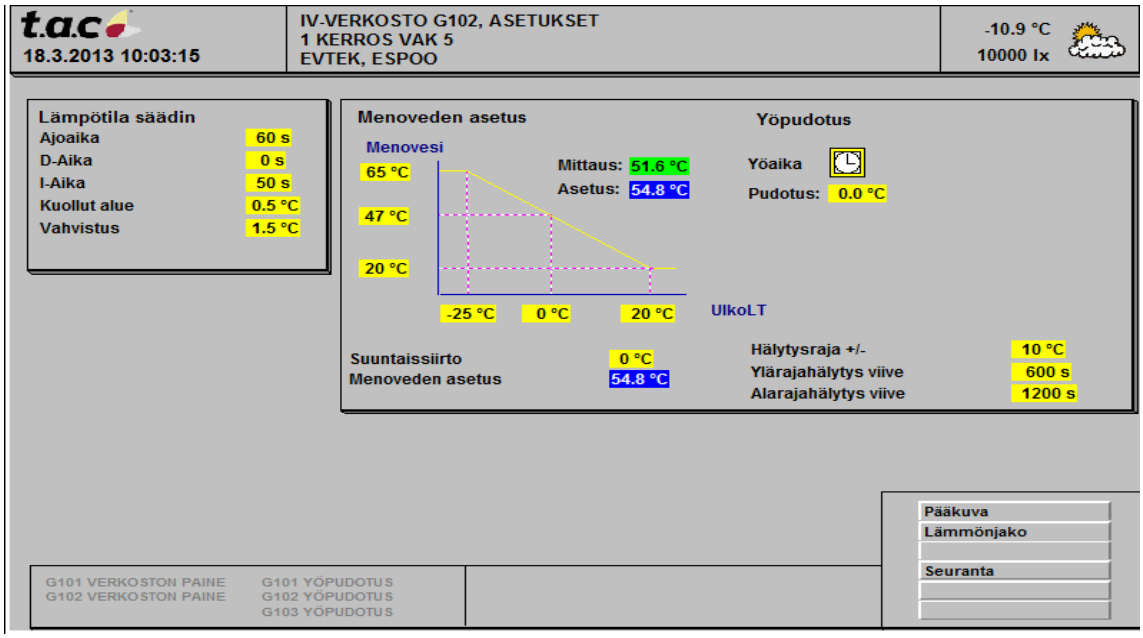
6.3.5 VAK5

Kaukolämpö tulee A-osan lämmönjakohuoneeseen. Kaukolämmön virtausta lämmönsiirtimissä säädellään siten, että lämmitys- ja käyttövesiverkostoihin lähtevän veden lämpötila pysyy asetusarvoissaan. Kaukolämmön ja käyttöveden kulutuksen mittaustiedot luetaan alakeskukseen (kuva 27).



Kuva 27. Lämmönjako toimintakaavio A-osa [17]

Lämmitys- ja IV-verkostojen menoveden lämpötilaa ohjataan myös suuntaissiirrolla, jolloin ulkolämpötilan muutos vaikuttaa menoveden lämpötilaan asetetun lämmityskäyrän mukaan.



Kuva 28. Säätökäyrä IV-verkoston menovedelle [17]

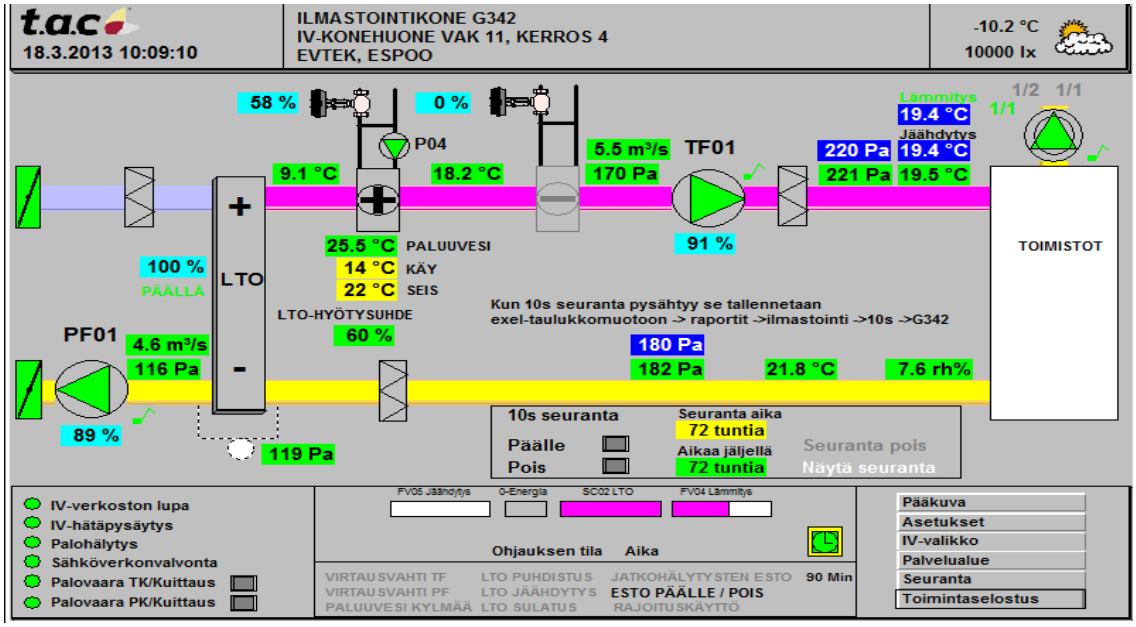
Taulukko 9. VAK5-moduulit

VAK5	501M0	302	xenta
VAK5	502M0	302	xenta

6.3.6 VAK11

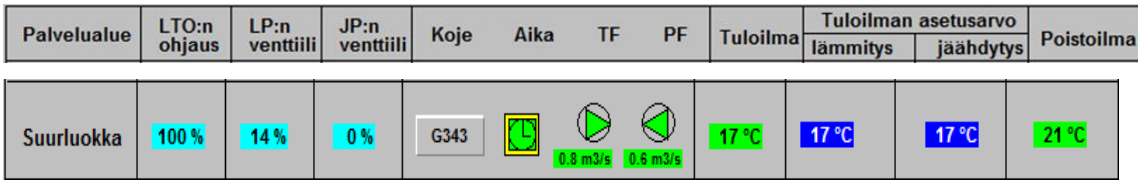
Ilmastointikoneille 341 ja 342 annetaan käyntilupa aikaohjelmasta, jonka jälkeen koneita ohjataan asetusten mukaan, käynnistys yleisesti arkisin klo 7, sammutus klo 21. Lauantaisin koneiden käynnistys klo 11 ja sammutus klo 15. Tulo- ja poistopuhaltimet käyvät rinnan, puhaltimien ollessa käynnissä raitis- ja jäteilmapellit ovat auki. Tuloilman lämpötila pidetään asetusarvossaan ohjaamalla lämmityspatterin venttiiliä. Tarvittaessa koneilla voidaan myös jäähdyttää, jolloin ohjataan jäähdytyspatterin venttiiliä asetusten mukaan. Tulo- ja poistopuhaltimien taajuusmuuttajaohjaus pitää kanaviston vakiopaineessa asetusten mukaan. Pakkaspudotus hidastaa puhaltimia pakkasen kiristyessä. Pyörivän lämmön talteenoton ohjauksella optimoidaan lämmön siirtyminen poistoilmasta tuloilmaan. Painemittauksella suodattimien yli tarkkaillaan suodattimien kuntoa.

Kuva 29. Ilmastointikoneet G341 ja G342 [17]

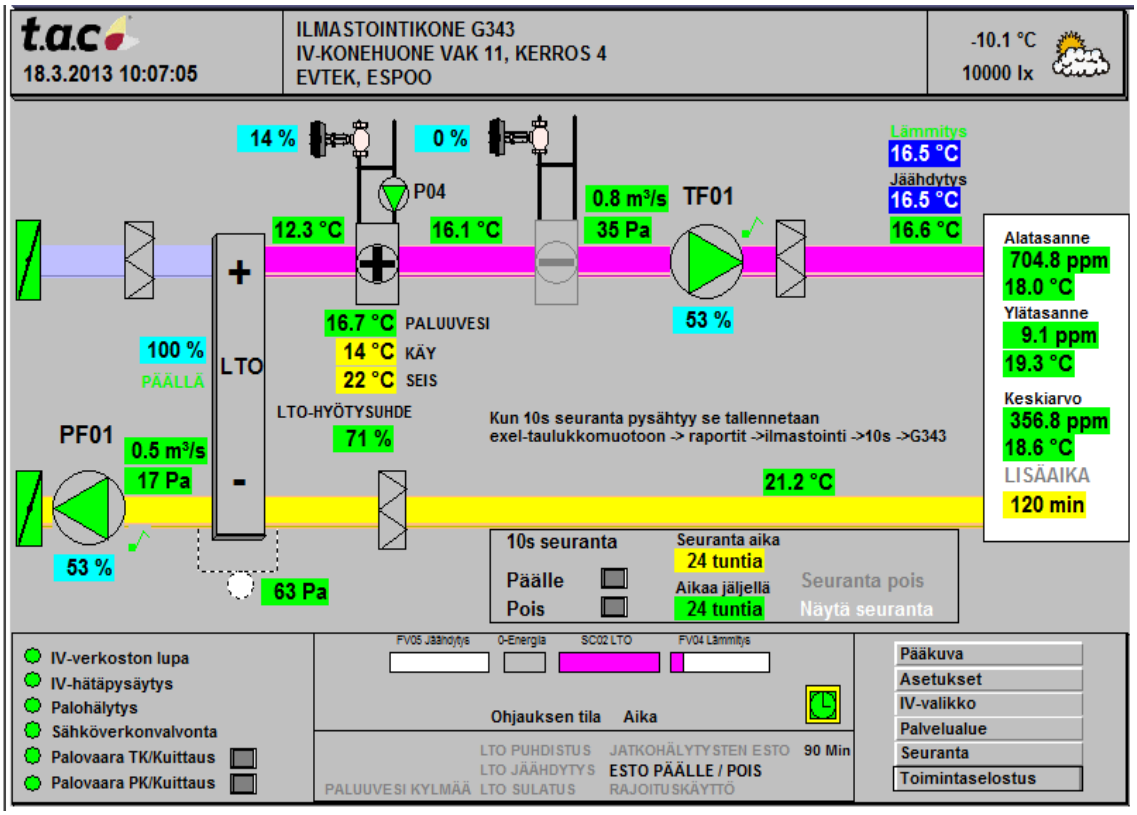


Kuva 30. Ilmastointikone G302:n toimintakaavio [17]

Ilmastointikoneelle 343 annetaan käyntilupa aikaohjelmasta, minkä jälkeen konetta ohjataan asetusten mukaisesti, käynnistys yleisesti arkisin klo 7, sammutus klo 21. Tulo- ja poistopuhaltimet käyvät rinnan, puhaltimien ollessa käynnissä raitis- ja jäteilmapellit ovat auki. Tuloilman lämpötila pidetään asetusarvossaan ohjaamalla lämmityspatterin venttiiliä. Tarvittaessa koneilla voidaan myös jäähdyttää, jolloin ohjataan jäähdytyspatterin venttiiliä asetusten mukaan. Tulo- ja poistopuhaltimien taajuusmuuttajia ohjataan CO_2-mittauksen mukaan, CO_2-arvon kohotessa puhallin nopeuksia ja tilan alipaineisuutta lisätään. Pakkaspudotus hidastaa puhaltimia pakkasen kiristyessä. Pyörivän lämmön talteenoton ohjauksella optimoidaan lämmön siirtyminen poistoilmasta tuloilmaan. Painemittauksella suodattimien yli tarkkaillaan suodattimien kuntoa (kuva 32).

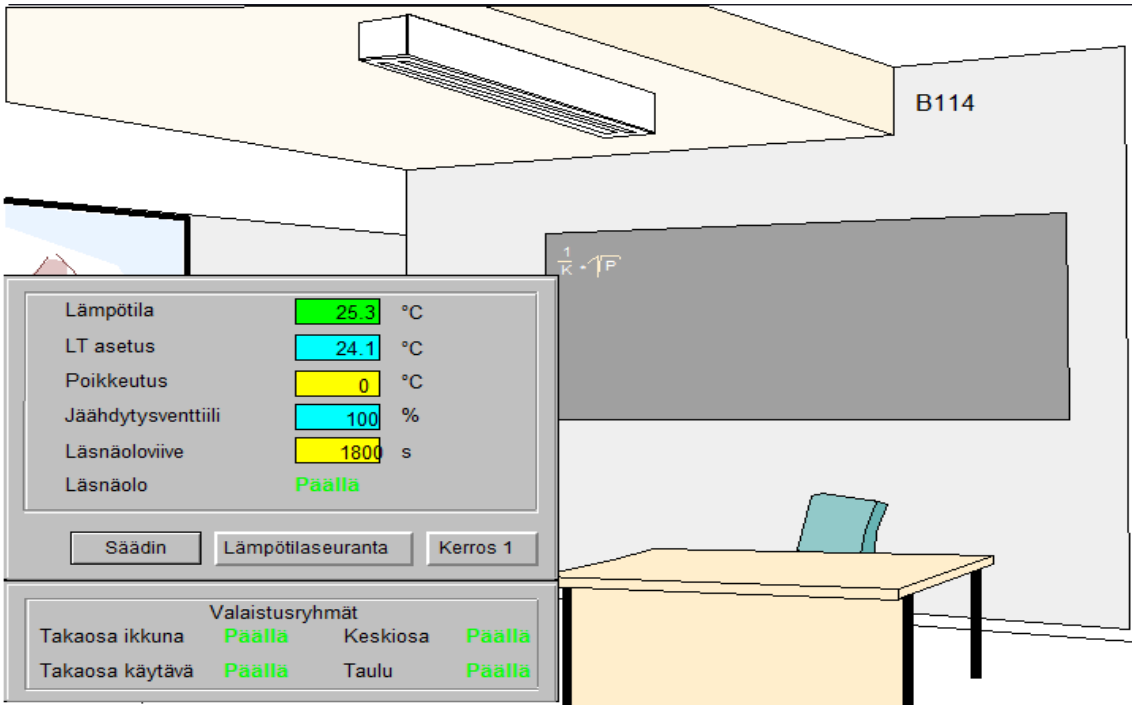


Kuva 31. Ilmastointikone G343 [17]



Kuva 32. Ilmastointikone G343:n toimintakaavio [17]

B-osan luokissa ja työhuoneissa on tuloilmalle lisälämmitys- ja jäähdytyspalkit. Palkkien venttiileitä ohjataan vyöhykesäätimien asetusten mukaan.

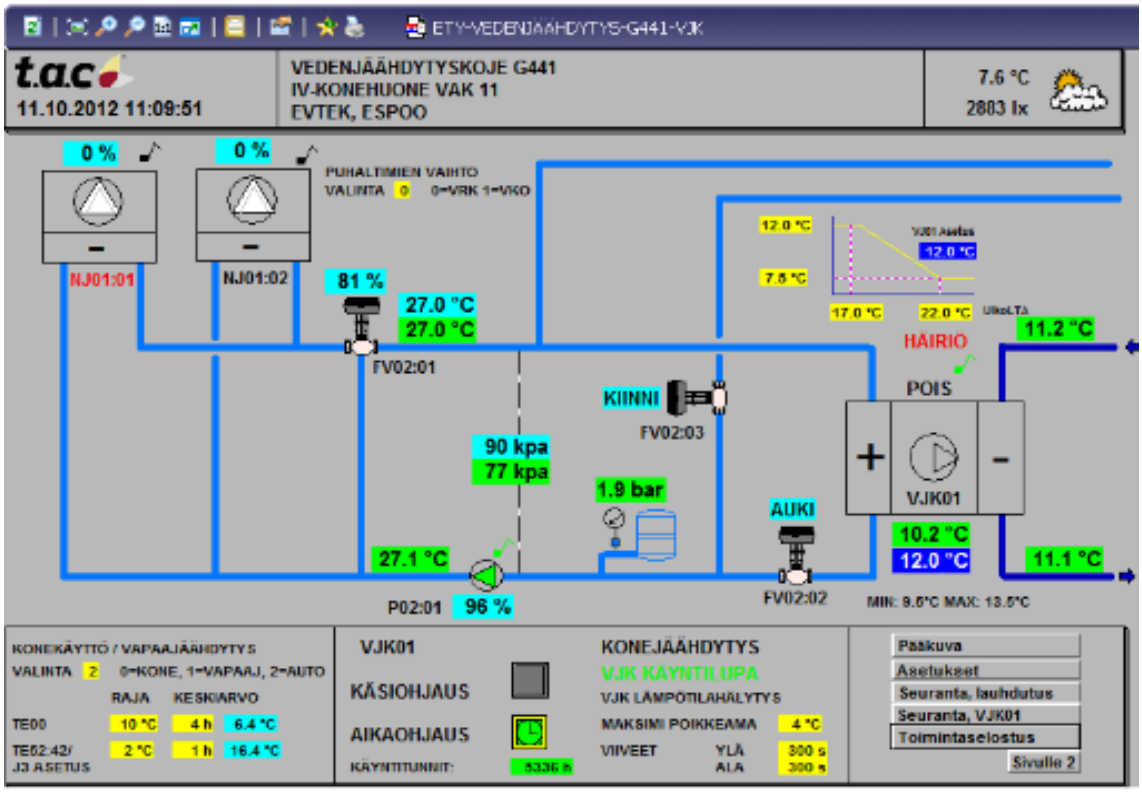


Kuva 33. Huonesäädin [17]

Yleistä	
Kuvaus	Läsnäololämpötilan asetusarvot
Occupied cool	21
Standby cool	25
Unoccupied cool	23
Occupied heat	20
Standby heat	19
Unoccupied heat	16

Kuva 34. Huonesäätimen asetukset: Occupied = huonetila käytössä, Standby = taukotila, Unoccupied = seisontatila (pitkään poissa) [17]

Vedenjäähdytyskoneen 441 toiminta on samanlainen kuin A-osan koneessa, myös vapaajäähdytys on käytössä. Kone palvelee ilmastointikoneiden, luokkien, toimistojen ja serveritilojen jäädytyspalkkeja (kuva 35).



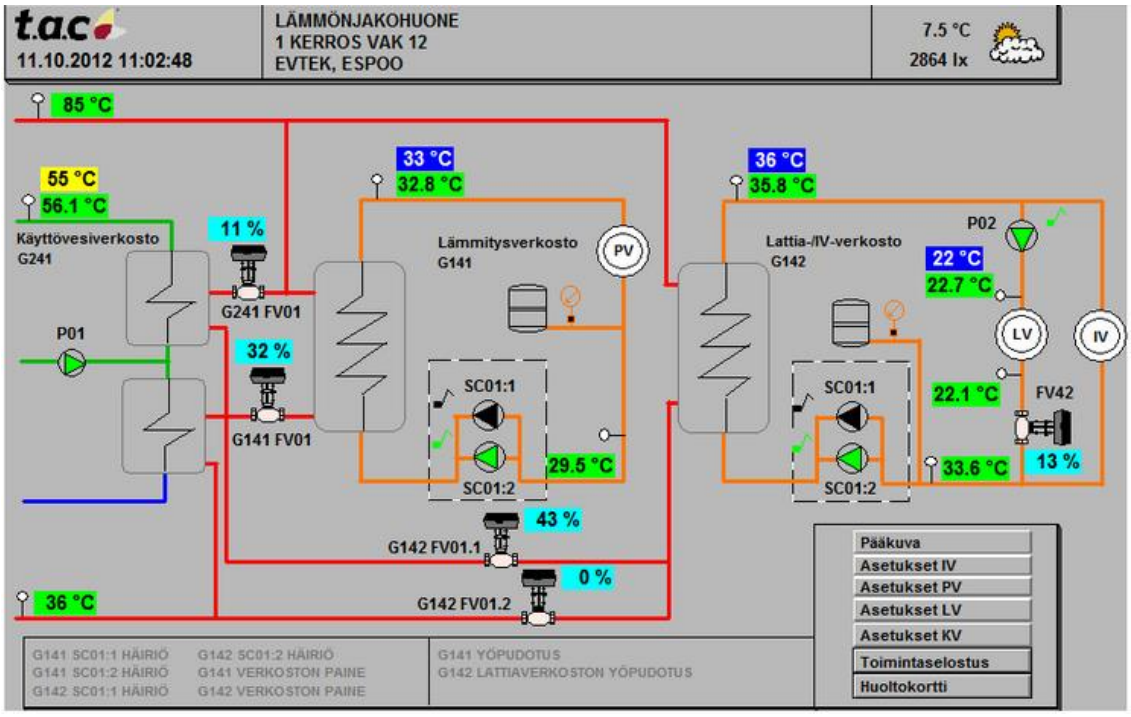
Kuva 35. Vedenjäähdytyskone G441:n toimintakaavio [17]

Taulukko 10. VAK11-moduulit

VAK11	013M0	302	xenta
VAK11	013M1	411	xenta
VAK11	013M2	421	xenta
VAK11	014M0	301	xenta
VAK11	014M1	451	xenta
VAK11	014M2	411	xenta
VAK11	015M0	301	xenta
VAK11	015M1	491	xenta
VAK11		LPR-12	Router

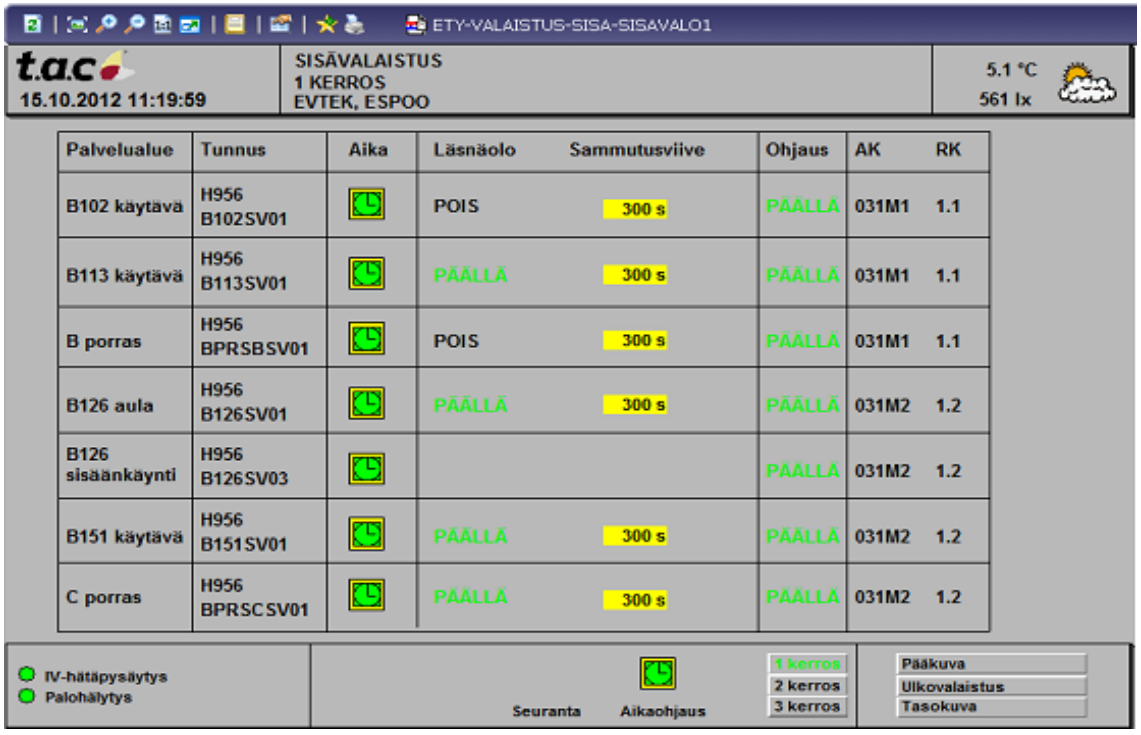
6.3.7 VAK12

Kaukolämpö tulee A-osan lämmönjakohuoneeseen, josta se siirretään B-osan lämmönjakohuoneeseen. Kaukolämmön virtausta lämmönsiirtimissä säädellään siten, että lämmitys- ja käyttövesiverkostoihin lähtevän veden lämpötila pysyy asetusarvoissaan. Kaukolämmön ja käyttöveden kulutuksen mittaustiedot luetaan alakeskukseen (kuva 36).



Kuva 36. Lämmönjakelu toimintakaavio B-osa [17]

B-osan käytävävalaistus ohjaukset: käytävävalaistuksen ohjausmoduulit sijaitsevat kerroksien ryhmäkeskuksissa, läsnäolotunnistin tiedot ja aikaohjelma ohjaavat käytävien valaistusta.



Kuva 37. Käytävävalaistus-ohjaukset [17]

Lisäksi palo, estokelaparisto, akusto, turvavalo, hissi ja UPS häiriö hälytykset välittyvät alakeskuksen kautta.

Taulukko 11. VAK12-moduulit

VAK12	021M0	301	xenta
VAK12	021M1	451	xenta
VAK12	021M2	421	xenta
VAK12	022M0	301	xenta
VAK12	022M1	421	xenta
VAK12	022M2	451	xenta
VAK12	023M0	302	xenta
VAK12	023M1	411	xenta
VAK12		911	xenta

6.4 Verkko

Lon-verkko on kuvattu luvussa 2. Rakennusautomaation kaapelointi on toteutettu armeeratulla Lonak-kaapelilla. Runkoväylän TP/XF-1250- ja vapaan topologian TP/FT-10-kanavien välillä käytetään LPR-12 reitittimiä. Verkon laajennuksissa käytetään Xenta Repeater-toistimia ja Ethernet-verkkoon rakennusautomaation Lon-väylä liittyy Xenta-911-moduulin avulla.

7 Moderni kiinteistöautomaatio vs. nykytilanne

7.1 Moderni kiinteistöautomaatio

Modernissa kiinteistöautomaatiossa käyttäjien poistuttua tilasta tai rakennuksesta lämpötilaa lasketaan, ilmastointitehoa pienennetään, sähköpistokkeet ja valaistus kytkeytyvät pois ja turvajärjestelmä kytkeytyy päälle. Käyttäjien palatessa toiminnot palautuvat ennalleen. Valaistusta pienennetään, kun auringonvaloa on riittävästi. Käytävien valaistusta hallitaan liike- tai läsnäolotunnistimin, ja valot palavat vain tarvittaessa. Lämpötilaa voidaan hallita ja energiankulutusta pienentää automaattisilla ikkunakaihtimilla tai verhoilla, joilla auringon valo ja lämpö päästetään tarvittaessa sisään tai pidetään ulkona. Yöaikaan tai kun käyttäjiä ei ole, kaihtimilla tai verhoilla estetään lämmön johtuminen ulos ikkunoiden kautta. Lämmityksen ohjaukseen käytetään sääennustustietoja, jolloin asumislämpötilan vaihtelu pienenee. Etelän puoleisten tilojen lämmityksessä otetaan huomioon auringon lämmitysvaikutus. ATK-laitteiden sammutus hoidetaan keskitetysti.

7.1.1 Lämmönjakelu

- Modernissa kiinteistöautomaatiossa lämmityksen ohjaus reagoi tuleviin säätilan muutoksiin ajoissa, jolloin lämpötilan vaihtelu pienenee ja asumisviihtyvyys paranee. Samalla säästyy huomattavasti lämmitysenergiaa. [12, s.12]
- Kohdekiinteistön päälämmönjakelun menoveden lämpötilaan vaikuttavat ainoastaan ulkolämpötila, sisälämpötilan asetukset. Aikaohjelmassa on menoveden lämpötilaan mahdollista tehdä yö pudotus.

7.1.2 Lämmitys, valaistus ja ilmanvaihto

- Modernissa kiinteistöautomaatiossa ilmanvaihtoa, lämmitystä ja valaistusta hallitaan tilan käytön mukaan. Auringonvalon riittäessä valaistusta ja lämmitystä pienennetään.
- Kohdekiinteistön A-osan luokka- ja työtilojen ilmanvaihtoa ohjataan aikaohjelmalla, tyypillisesti ilmanvaihto on käynnissä arkisin välillä 8-21. Lämpötila pysyy mekaanisen termostaatin asetusarvossa. Valaistuksen ohjaus tapahtuu manuaalisesti ja valojen sammutus tiloista poistuttaessa on käyttäjien vastuulla. Valaistus ja lämmitys eivät myöskään reagoi auringonvaloon ja -lämpöön.
- B-osan valaistuksen ja lämmityksen ohjaus toimii modernisti eli läsnäolotunnistuksen mukaan, auringon valoa ei tosin em. ohjauksissa huomioida.

7.1.3 Valaistus käytävät ja aula

- Modernissa kiinteistöautomaatiossa käytävävalaistusta hallitaan liike- tai läsnäolotunnistimin, ohjauksessa käytetään myös valoisuusmittausta.
- Kohdekiinteistön A-osan käytävien valaistusta ohjataan ainoastaan kellokytkimellä. B-osan käytävävalaistus toimii läsnäolotunnistuksella, mutta auringonvaloa ei ohjauksessa huomioida.

7.1.4 ATK-laitteet

- Modernissa kiinteistöautomaatiossa ATK-laitteet sammutetaan keskitetysti.
- Kohdekiinteistön ATK- laitteet jäävät stanby-tilaan, kun niitä ei käytetä.

7.2 Kiinteistöautomaation modernisointi

Modernisointiehdotusten tarkoituksena on parantaa kiinteistön energiatehokkuutta ja viihtyvyyttä. Ratkaisuehdotukset koskevat olemassa olevan kiinteistöautomaation anturoinnin ja toimilaitteiden lisäyksiä sekä liitäntöjä ulkoisiin järjestelmiin. Modernisointiin kuuluu myös infotaulu, josta rakennuksen käyttäjät näkevät energian kulutuksen ja muita tietoja reaaliajassa.

Energiaa rakennuksessa kuluu valaistukseen, lämmitykseen, jäähdytykseen ja ATK-laitteisiin. Viihtyisyyteen rakennuksessa vaikuttaa ilmanvaihdon toimivuus, lämpötilan pysyvyys ja valaistuksen riittävyys.

Modernisointiehdotukset parantavat rakennuksen energiatehokkuutta vähentämällä tarpeetonta valaistus- ja lämmitysenergian käyttöä. Viihtyvyyttä parannetaan ilmanvaihdon tehostamisella ja lämpötilan pysyvyyden parantamisella.

Tarpeetonta valaistusenergian käyttöä käytävissä ja luokkatiloissa vähennetään ohjaamalla valaistus toimimaan läsnäolotunnistimilla. Ikkunallisissa käytävä- ja aulatiloissa valaistus ohjataan toimimaan auringonvalon riittävyyden mukaan. Tarpeetonta lämmitysenergian käyttöä vähennetään pienentämällä lämmitystä, kun luokkatiloissa ei ole käyttöä, myös ilmanvaihto ohjataan toimimaan tarpeen mukaan. Lämmitysenergian tarve pienenee ja lämpötilan pysyvyys paranee, kun rakennuksen lämmitysjärjestelmä reagoi paremmin ulko-olosuhteisiin.

7.2.1 Valaistus

B-osan aula- ja käytävätiloihin asennetaan anturit mittaamaan tilojen valoisuutta. Valoisuudelle asetetaan raja-arvo, jonka ylittyessä valaistus ohjataan pois.

A-osan aula ja käytävätiloihin asennetaan vastaava valoisuusmittaus kuin B-osassa sekä liiketunnistimet ja ohjausreleet, joilla valaistusta ohjataan tarpeen mukaan.

7.2.2 Lämmitys

A-osan luokkatiloihin asennetaan lämpötila-, läsnäolo-, valoisuus- ja CO_2-anturointi, joka ohjaa pelti- ja venttiilimoottoreita sekä ohjausreleitä läsnäolon- ja tarpeen mukaan. Sääennustustiedot otetaan mukaan päälämmönjakelun menoveden lämpötilan säätöön. Menoveden lämpötila reagoi paremmin muuttuviin ulko-olosuhteisiin ja sisälämpötila pysyvyys paranee ja energiaa säästyy.

Tilanvarausjärjestelmän tiedot otetaan huomioon luokkien ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjauksessa. Tavoitteena lämmityksen ja ilmanvaihdon pienentäminen, kun luokissa ei ole käyttöä.

7.2.3 Aulanäyttö

Aulanäytön tavoitteena on lisätä käyttäjien ymmärrystä energiankulutuksen ja energiatehokkuuden suhteen. Näytössä esitetään sähkön ja lämmön kokonaiskulutus. Ikkunoiden kautta hyödynnetty auringonvalo voidaan näyttää säästettynä (valaistus) sähköenergiana. Säätilaan ja auringonsäteilyyn paremmin reagoivan lämmitysjärjestelmän tuomat säästöt voidaan näyttää säästettynä lämmitysenergiana. Lisäksi käyttäjillä on mahdollisuus vertailla toteutuneiden pilottikohteiden energiankulutusta ns. referenssikohteisiin.

8 Pilottikohde-ehdotukset

Kiinteistöautomaation modernisointiin ehdotetut ratkaisut vaativat olemassa olevan järjestelmän laajentamista anturoinneilla toimilaitteilla sekä liitynnöillä muihin järjestelmiin. Seuraavassa on esiteltynä kuvaukset modernisoinnista käyttäen Lon-, Ethernet- ja langatontatekniikkaa (kaaviot liitteessä 1) ja taulukko, jossa arvioituna kestot asennuksille ja ohjelmoinnille sekä tarvittava HW. Kappaleen lopussa vertaillaan eri ratkaisujen asennusta sekä tarvittavaa HW:tä ja SW:tä. Takaisinmaksuajat on laskettu liitteen 1 mukaan.

8.1 A-osan käytävä- ja aulavalaistuksen modernisointi

A-osan käytävä- ja aulatilojen valaistus toimii manuaaliohjauksella.
Modernisointi: valaistuksen ohjaus läsnäolon mukaan.

8.1.1 Lon-väylä

Toteutus vaatii valoisuus- ja läsnäoloantureiden asennuksen A-osan käytäviin ja aulaan. Jokaisen kerroksen valaistusohjaus keskukseen asennetaan ohjausmoduuli. Antureilta valaistuksen ohjausmoduuleille asennetaan Lon-kaapeli. Keskuksien ohjausmoduulit yhdistetään kiinteistöautomaatioon reitittimellä. Ohjausmoduulit ohjelmoidaan ja ohjelmat siirretään kiinteistöautomaation valvomoon.

Taulukko 12. Lon-toteutus HW ja SW

Työ	anturien asennus ja kaapelointi	40 h
Työ	valaistus ohjaus moduulien kytkentä	3 h
HW	valoisuus- ja liikeanturit	3 kpl
HW	reititin	1 kpl
HW	Xenta 421-moduuli	3 kpl
HW	kaapelia	300 m
SW	Xenta 421-moduulien ohjelmointi	3 h
SW	moduulien ohjelmien lisäys valvomoon	1 h

8.1.2 Ethernet-väylä

Toteutus vaatii Dali-järjestelmän valoisuus- ja läsnäoloantureiden asennuksen A-osan käytäviin ja aulaan. Jokaisen kerroksen valaistusohjaus keskukseen asennetaan ohjausreleyksikkö. Valaistuksen anturit ja ohjausreleet kaapeloidaan Dali-valaistuksen ohjaus yksikköön. Dali-ohjausyksikkö liitetään rakennuksen Ethernet-verkkoon. Liityntä Ethernetistä rakennusautomaatioon tapahtuu rakennusautomaation Ethernet/Lon-muuntimen avulla. Ratkaisu vaatii valaistusohjausyksikön ohjelmoinnin lisäksi OPC-palvelimen rakennuksen tietoverkkoon sekä OPC-clientin rakennusautomaation valvo-

moon. Lisäksi rakennuksen tietoverkon reitittimistä on avattava portteja ja palomuureja tiedonsiirrolle.

Taulukko 13. Ethernet-toteutus HW ja SW

Työ	anturien asennus ja kaapelointi	40 h
Työ	valaistus ohjaus moduulien kytkentä	4 h
HW	valoisuus anturit	3 kpl
HW	liikeanturit	3 kpl
HW	DALI-ligtning-controller	1 kpl
HW	DALI-väyläkaapelia	300 m
SW	Dali-säätimien ohjelmointi	4 h
SW	OPC-palvelin DALI-säätimelle rakennuksen tietoverkkoon	1 kpl
SW	OPC-client rakennusautomaation valvomoon	1 kpl
SW	Dali-säätimien lisäys valvomoon	4 h

8.1.3 Langatonjärjestelmä

A-osan ulkovaloisuuden ja liiketunnistuksen mukaan ohjautuva aula- ja käytävävalaistus kuten kohdassa 8.1 voidaan toteuttaa myös langattomasti käyttäen esimerkiksi Wirepas-järjestelmää. Toteutus vaatii langattomien läsnäolo/valoisuusantureiden asennuksen käytäviin ja langattomien ohjausreleiden asennuksen valaistuksen ohjauskeskuksiin. Langattoman anturiverkon ”yhdyspiste” eli gateway asennetaan palvelemaan anturi- ja ohjausreleverkkoa. Gateway yhdistetään rakennusautomaatioverkkoon väylämuuntimella. Rakennusautomaatioverkkoon on myös asennettava moduuli ohjelmaa varten. Ohjausohjelma asennetaan myös valvomoon.

Taulukko 14. Langaton-toteutus HW ja SW

Työ	antureiden asennus	0
HW	anturi valoisuus läsnäolo	1 kpl
HW	Langaton node: releohjaus	1 kpl
HW	releyksikkö	1 kpl
HW	Gateway ModBus-rtu	3 kpl
HW	väylämuunnin ModBus-Lon	3 kpl
SW	OPC-client rakennusautomaation valvomoon	1 kpl

8.1.4 Vertailu ja takaisinmaksu

Asennukset

Kaapeloinnin osalta vähiten työtä on langattomassa ratkaisussa, myös langattomien antureiden asennus on yksinkertaista. Dali ohjauksen kaapeloinnissa käytetään hyväksi rakennuksen omaa tiedonsiirtoverkkoa, joten kaapeloitavaa on vähemmän kuin LON- ratkaisussa. Jokainen ratkaisu vaatii valaistuksen ohjausreleiden ohjaamista valaistuksen ohjauskeskuksiin.

HW

Antureita jokaisessa ratkaisussa on yhtä monta, ja jokainen ratkaisu vaatii ohjausmoduulin ohjelmaa varten. Lon-ratkaisu liitetään suoraan rakennusautomaatioon reitittimellä, kun taas Dali- ja langaton järjestelmä vaativat väylämuuntimia.

SW

Jokaisessa ratkaisussa ohjausmoduuliin ohjelmoidaan ohjausohjelma, ohjausohjelma on myös siirrettävä valvomoon. Langattoman sekä Dali-järjestelmän ja rakennusautomaation väliin tarvitaan rajapinta ja palvelimet muuttujien siirtoon. Dali-järjestelmässä on lisäksi avattava portteja ja palomuureja rakennuksen tietoverkosta. Langattomassa järjestelmässä on lisäksi huomioitava paristojen tyhjeneminen.

Arvioinnit

Langaton

Ratkaisu on helpoin toteuttaa ja myös halvin. Kommunikointi kyky rakennusautomaation kanssa testattava. Vaatii paristojen vaihtoa. Keväällä 2013 todettiin Smart Campus projektin osalta, että Wirepas-järjestelmä on niin uusi, että sen käyttö ohjauksiin on kyseenalaista.

LON- ja Dali -järjestelmät

Molempien toteutus työmäärältään yhtä vaativa. Lon-järjestelmässä rakenne pysyy selkeänä, koska olemassa olevaa järjestelmää laajennetaan samanlaisilla komponenteilla. DALI-toteutuksessa kahden eri järjestelmän liittämien vaatii rajapintoja ja palvelimia, eli järjestelmä ja sen ylläpito vaikeutuu. DALI-järjestelmän oma käyttöliittymä tuo lisäarvoa ratkaisulle.

Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan laskennassa käytettiin liitteen 1 mukaista valaistuksessa syntyvää 30 %:n sähkönsäästöä vuodessa.

Taulukko 15. Käytävä- ja aulavalaistus takaisinmaksuaika

	hinta	kulutus	säästö	säästö	takaisinmaksuaika	
	€	€/vuodessa	%	€/vuodessa	vuotta	
LON	3990	613	30	183,9	21,7	
DALI	4340	613	30	183,9	23,6	
Langaton	2500	613	30	183,9	13,6	

8.2 A-osan muiden tilojen valaistus ja lämmitys

Tilojen valaistus toimii manuaaliohjauksella.

Lämmitys toimii huonetermostaattien ohjaamana, patteriverkoston menoveden lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan mukaan, myös lämpötilan yöpudotus on käytössä.

Modernisointi: valaistuksen ja lämmityksen ohjaus läsnäolon ja tarpeen mukaan.

8.2.1 Lon

Toteutus vaatii läsnäolo-, valoisuus-, lämpö- ja CO_2-antureiden asennuksen tiloihin. Valaistukselle asennetaan ohjausrele ja patteriventtiilille ohjausmoottori. Tilaan asennetaan huonesäädin, johon anturointi ja toimilaitteet liitetään. Huonesäätimet liitetään rakennusautomaatioon reitittimellä. Huonesäätimet ohjelmoidaan ja ohjelma siirretään rakennusautomaation valvomoon.

Taulukko 16. Lon toteutus HW ja SW

Työ	Huonesäätimien asennus ja anturointi	8 h
Työ	kaapelointi huonesäätimiltä reitittimille	4 h
HW	huonesäätimet	1 kpl
HW	läsnäoloanturi	1 kpl
HW	lämpöanturi	1 kpl
HW	CO_2-anturi	1 kpl
HW	valoisuusanturi	1 kpl
HW	valorele	1 kpl
HW	patteriventtiilimoottori	1 kpl
HW	kaapelia	50 m
SW	huonesäätimen ohjelmointi	4 h
SW	huonesäätimen lisäys valvomoon	1 h

8.2.2 Ethernet

A-osan ilmanvaihto toimii auditorio poislukien aikaohjauksella.
Modernisointi: ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto voidaan totuttaa esimerkiksi SwegonWICE-järjestelmällä, joka sisältää anturit läsnäololle ja ns. VOC-mittauksen, joka ohjaa ilmanvaihdon tulo- ja poistopeltejä. Järjestelmään voidaan liittää myös valaistuksen ohjaus läsnäolon mukaan sekä lämmityksen ohjaus moottoripatteriventtiilien avulla. WICE-järjestelmä liitetään rakennuksen Ethernet-verkkoon. Järjestelmän kytkentä rakennusautomaatioon tapahtuu esimerkiksi OPC-rajapinnan kautta. Järjestelmää on mahdollista hallita myös oman Web-käyttöliittymän kautta. WICE-järjestelmän toimivuus edellyttää, että ilmanvaihtokone toimii vakiopaineohjattuna. Vakiopaineohjaus voidaan toteuttaa paineantureilla, jotka ohjaavat puhallinmoottorin taajuusmuuttaja

Taulukko 17. SwegonWICE toteutus HW ja SW

Työ	huonesäätimen asennus ja anturointi	1 h
HW	SwegonWICE-paketti	1 kpl
SW	säätimen lisäys valvomoon	4 h

8.2.3 Langaton järjestelmä

Toteutus vaatii langattomien läsnäolo-, valoisuus-, lämpö- ja CO_2-antureiden asennuksen tiloihin. Valaistuksen ohjaukseen asennetaan langaton rele ja patteriventtiilille ohjausmoottorille langaton lineaariohjaus. Langattoman anturiverkon ”yhdyspiste” eli gateway asennetaan palvelemaan anturi- ja ohjausreleverkkoa. Gateway yhdistetään rakennusautomaatioverkkoon väylämuuntimella. Rakennusautomaatioverkkoon on myös asennettava moduuli ohjelmaa varten. Ohjausohjelma asennetaan myös valvomoon.

Taulukko 18. Langaton toteutus HW ja SW

Työ	antureiden asennus	0
HW	Langaton node: lämpötila valoisuus läsnäolo CO_2	1 kpl
	Langaton node: releohjaus lineaariohjaus	 1 kpl 1 kpl
	releyksikkö	1 kpl
	patteriventtiili moottori	1 kpl

	peltimoottori	1 kpl
HW	Gateway ModBus- rtu	1 kpl
	väylämuunnin ModBus-Lon	1 kpl
	säädin	1 kpl
SW	OPC-client rakennusautomaation valvomoon	1 kpl
	säätimen ohjelmointi	4 h
	säätimen lisäys valvomoon	1 h

8.2.4 Vertailu ja takaisinmaksuaika

Asennukset

Kaapeloinnin osalta vähiten työtä on Wirepas-toteutuksessa. Swegon-järjestelmässä kaapelointia tulee hieman enemmän, Swegon-tiedonsiirto tapahtuu kuitenkin rakennuksen oman tietoverkon kautta. Kaikissa toteutuksessa tarvittavien moottoripeltien ja venttiilimoottoreiden asennustyö on samanlainen. Valaistuksen ohjaus vaatii jokaisessa ratkaisussa ohjausreleen asennuksen.

HW

Eniten antureita tarvitaan Lon- toteutuksessa. Wirepas-ratkaisussa riittää yksi anturi joka sisältää kaikki mittaukset. Swegon-toteutuksessa anturointi on integroitu laitteeseen. Langaton- järjestelmä vaatii ohjausmoduulin, Lon-järjestelmä huonesäätimen, Swegon-järjestelmässä ohjaus on integroitu laitteisiin. Lon-ratkaisun liittyminen rakennusautomaatioon tapahtuu reitittimen avulla, Langaton- ratkaisu vaatii reitittimen lisäksi väylä muuntimen. Swegon-järjestelmän liityntä tapahtuu SW-rajapinnan kautta.

SW

Lon ja langattomassa toteutuksessa ohjausmoduuliin tai säätimeen ohjelmoidaan säätöohjelma. Swegon-toteutuksessa ohjelma sisältyy laitteisiin. Ohjausohjelma on myös siirrettävä valvomoon. Swegonin ja rakennusautomaation väliin tarvitaan rajapinta ja palvelimet muuttujien siirtoon. Swegon-järjestelmässä on lisäksi avattava portteja ja palomuureja rakennuksen tietoverkosta.

Arvioinnit:

Langaton

Ratkaisu on periaatteessa helpoin toteuttaa, koska kaapelointia ei tarvita. Kommunikointikyky rakennusautomaation kanssa on testattava. Vaatii paristojen vaihtoa. Keväällä 2013 todettiin Smart Campus projektin osalta, että Wirepas-järjestelmä on niin uusi että sen käyttö ohjauksiin on kyseenalaista.

Lon-järjestelmä

Lon-järjestelmän toteutuksessa kaapelointia ja laitteiden on asennusta kaikkein eniten, ratkaisu on myös tarvikkeiden suhteen kaikkein kallein. Järjestelmässä kiinteistöautomaation rakenne pysyy selkeänä ja hallittavana, koska olemassa olevaa järjestelmää laajennetaan samanlaisilla komponenteilla

Ethernet

Swegon-järjestelmän asennus ja kaapelointi ovat yksinkertaisia. Suurempi työ ja haasteet tulevat tiedonsiirron reitittämisestä ja liittämisestä rakennusautomaatio järjestelmään.

Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan laskennassa käytettiin 30 %:n arvioitua säästöä sähkön kulutuksessa sekä lämpötilan 2 asteen pudotuksesta syntyvää 10 %:n säästöä.

Taulukko 19. Valaistus, lämmitys ja ilmanvaihto

		sähkö		lämpö			
	hinta	kulutus	säästö	kulutus	säästö	säästö	takaisinmaksuaika
	€	€/vuosi	%	€/vuosi	%	€/vuosi	vuotta
Lon	6190	333	30	516	10	151,5	40,9
Swegon	1650	333	30	516	10	151,5	10,9
Langaton	2500	333	30	516	10	151,5	16,5

Lisäksi muutettaessa ilmanvaihto pelleillä tarpeen mukaan ohjatuksi on ilmanvaihtojärjestelmän oltava vakiopaineinen. Riippuen ilmanvaihtokoneen ohjauksesta muutoksesta aiheutuu lisäkustannuksia, joita ei ole huomioitu näissä laskelmissa.

8.2.5 Vakiopaineohjaus

Muutettaessa tilojen ilmanvaihto tarpeenmukaisesti peltiohjatuksi on ilmanvaihtokone muutettava vakiopaineiseksi. Käytännössä ilmanvaihtokoneen lähtökanavaan asennetaan paineanturointi, joka ohjaa koneen puhallinmoottorin taajuusmuuttajaa. Ilmanvaihtokoneen ohjausautomaatiolle asetetaan vakiopaine, joka pidetään yllä puhallinmoottorin pyörimisnopeutta säätämällä.

8.3 Ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaus tilanvaraustiedoilla

A-osan lämmitys toimii huone termostaattien ohjaamana, patteriverkoston menoveden lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan mukaan, myös lämpötilan yöpudotus on käytössä. Modernisointi: lämmityksen ohjaukseen mukaan sääennustus- ja tilanvaraustiedot.

A-osan ilmanvaihtokoneita voidaan ohjata tilanvarausjärjestelmän kautta, jolloin luokkaryhmän ilmanvaihtokone käynnistyy ja pysähtyy tilojen varausten perusteella. Toteutus vaatii erillisen ohjausohjelman luomisen tilanvaraus- ja rakennusautomaatiojärjestelmän väliin. Ohjausohjelma hakee tilanvarausjärjestelmästä luokkien varaustilanteet, yhdistää yhden iv-koneen vaikutusalueella olevien luokkien tiedot ja antaa ohjeen iv-koneen käynnistymiselle. Rakennusautomaatio hakee ko. iv-koneen käyntiluvan em. ohjausohjelmalta. Varaustiedot on päivitettävä riittävän usein, jolloin tilan ilmanvaihto saadaan käynnistymään tarvittaessa varaamalla se.

A-osan lämmitysverkoston erillisiä ryhmiä voidaan ohjata tilanvarausjärjestelmän kautta, jolloin lämmitysryhmän säätöventtiiliä ohjataan alueella olevien tilojen varausten perusteella. Ohjausohjelma on samanlainen kuin ilmanvaihtotapauksessa, mutta varaustilanne haetaan lämmitysryhmän vaikutusalueelta ja rakennusautomaatio hakee ohjauksen säätöventtiilin yöpudotukseen.

B-osan huonesäätimien ilmanvaihdon lämmitystä ja jäähdytystä on mahdollista ohjata kolmeen eri tilaan: käytössä, jolloin asetuksena on ns. mukavuuslämpötila, stanby, jolloin lämmityksen ja jäähdytyksen asetusrajoja kasvatetaan muutamalla asteella, ja tyhjillään, jolloin lämmityksen ja jäähdytyksen asetusrajoja kasvatetaan lisää.

B-osan huonesäätimiä voidaan ohjata tilanvarausjärjestelmän kautta, jolloin huone ohjataan tyhjillään tilaan tilanvaraustietojen perusteella. Toteutus vaatii luvun alussa käsitellyn ohjausohjelman, josta rakennusautomaatio hakee luokkakohtaisen varaustiedon tai varaustiedon hakemisen suoraan tilanvarausjärjestelmästä.

8.4 Lämmityksenohjaus sääennustetiedoilla

Lämmitysjärjestelmä ei kykene seuraamaan nopeita lämpötilan ja tuulen voimakkuuden ja suunnan muutoksia, jolloin seuraukset ovat: sään lauhtuessa pakkasjakson jälkeen menovesi jää liian kuumaksi, sään kylmetessä nopeasti tai voimakkaan tuulen vuoksi menovesi jää liian kylmäksi [12]. Myös auringon lämmittävä vaikutus etenkin rakennuksen eteläpuolella jää huomioimatta lämmityksen säädössä.

Paikallisesta tai ulkoisesta lähteestä tulevia sääennustustietoja voidaan käyttää hyväksi lämmitysjärjestelmän ohjauksessa. Toteutus vaati rakennuksen lämpödynamiikkaan perustuvan mallin sääennustustietojen ja rakennusautomaation väliin. Ohjausohjelma hakee sääennustustiedot: lämpötilan, tuulenvoimakkuuden ja suunnan sekä auringonpaisteen intensiteetin. Tietojen perusteella malli ohjaa eri osien lämmitysverkostoja. Yksi mahdollinen tapa mallintaa rakennuksien lämpödynamiikkaa on kerätä pitkän aikavälin lämmitystä koskevat mittaus- ja ohjaustiedot, joista saadaan tarvittavat riippuvuudet esille.

Arviointi ja takaisinmaksuaika

Ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaukset A-osassa, sekä B-osan huonesäätimen ohjaukset vaativat ohjausohjelman, jonka kustannukset ovat luultavasti kohtuulliset ja takaisinmaksuaika muodostunee lyhyeksi. Sääohjatun lämmitysjärjestelmän toteutus vaatii sääaseman ja sääennustusohjelman tai ulkopuolisen sääpalvelun. Ohjaukseen tarvittava mallinnusdatan keräys voidaan mahdollisesti hoitaa omin voimin ja omin laittein. Ohjausohjelma voidaan hankkia ulkopuolelta tai mahdollisesti luoda itse. Toimiessaan oikein lämmityksenohjaus lisää huomattavasti viihtyvyyttä kiinteistössä, ja säästetyn energian perusteella laskettu takaisinmaksuaika jäänee lyhyeksi.

8.5 B-osan käytävä- ja aulavalaistuksen ohjaus ulkovaloisuuden mukaan

B-osan käytävä- ja aulavalaistus toimii kello- ja liiketunnistusohjauksella.
Modernisointi: Ulkovaloisuusmittaus mukaan valo-ohjaukseen sekä kello-ohjauksen muutokset.

B-osan ulkovaloisuuden mukaan ohjautuva aula- ja käytävävalaistus voidaan toteuttaa vaihtamalla alueilla, jonne päivänvaloa pääsee, läsnäolotunnistimet valoisuus/läsnäolotunnistimiin. Vaihto käytännössä tapahtuu vaihtamalla ko. anturit sekä kytkemällä kaksi johtoa. Vaihdon jälkeen automaatiojärjestelmällä on käytettävissä yksi lisäparametri, valoisuusmittaus kohteesta, minkä vuoksi valaistuksen ohjausmoduuli kohteessa on ohjelmoitava uudelleen ja korjattu ohjelma on siirrettävä valvomoon. Ohjelman on toimittava siten, että valoisuusanturin mittaustiedon ollessa asetellussa rajaarvossa valaistuksen läsnäolotunnistus ja kello-ohjaus ohitetaan ja valaistus sammutetaan. Käytävävalaistuksen energiatehokkuutta saataisiin lisättyä myös aikaohjauksen muutoksilla: aamuisin valo-ohjaus voisi toimia läsnäolotunnistuksella siihen asti, kunnes läsnäolotunnistuksia tulee usein, minkä jälkeen siirrytään kello-ohjaukseen. Iltaisin

toiminto päinvastoin eli läsnäolotunnistusten harvennuttua riittävästi ohjaus siirtyy kello-ohjaukselta läsnäolo-ohjaukseen.

Taulukko 20. B-osan käytävä- ja aulavalaistus HW ja SW

Työ	anturien asennus	8 h
HW	valoisuus anturit	3 kpl
SW	Xenta-421 mittauspisteen lisäys 3x	3 h
SW	korjatun ohjelman siirto valvomoon	1 h

Arviointi ja takaisinmaksuaika

Käytännön toteutus vaatii antureiden vaihdon ja valaistusohjausmoduulien uudelleen ohjelmoinnin. Toteutuksen kustannukset ovat pienet, syntyvä energian säästö riippuu paljolti ulkoisista valoisuusolosuhteista.

Taulukko 21. B-osan käytävä- ja aulavalaistus takasinmaksuaika

		sähkö				
	hinta	kulutus	säästö	säästö	takaisinmaksuaika	
	€	€/vuosi	%	€/vuosi	vuotta	
LON	660	613	10	61,3	10,8	

8.6 Tietokoneiden sammutus

Rakennuksen kaikkien PC-laitteiden standby tila kuluttaa huomattavan määrän energiaa joten laitteet kannattaisi sammuttaa kokonaan, kun niitä ei käytetä. Sammutuksen ohjaukseen voidaan käyttää tilanvarausjärjestelmää. Toteutus vaatii jokaiseen koneeseen asennettavaksi ohjelman, joka käy määrätyin välein hakemassa varaustiedon esimerkiksi kohdassa 8.14 selvitetystä ohjausohjelmasta, jos varausta ei kyseiseen tilaan ole, voi kone sammua. Ohjausohjelmassa on oltava varaus PC-laitteiden huoltoajoja varten, jolloin ko. tilan varaus on voimassa tarvittavan ajan. Sammuminen ei myöskään tule kysymykseen PC-laitteen ollessa käytössä, mikä on otettava ohjauksessa huomioon.

Arviointi ja takaisinmaksuaika

Smart Campus-projektin pilottikohteeksi Leppävaarassa on valittu PC-luokkien tietokoneiden sammutus. Pilottikohteen toteutuksen onnistuessa ratkaisu on monistettavissa muihinkin tiloihin. Työmäärän osalta toteutus vaikuttaa kohtuulliselta ja takaisinmaksuaika muodostunee lyhyeksi.

9 Yhteenveto

Opinnäytetyön alussa esitettiin kysymykset:

1. Minkälaista väylää kiinteistöautomaatio käyttää ja miten väylä toimii. Minkälainen kiinteistöautomaation rakenne on, mitä laitteita kiinteistöautomaatioon kuuluu ja miten niitä ohjataan?

2. kysymys: Mitä puutteita kiinteistöautomaation toiminnassa on ajatellen energiatehokkuutta ja viihtyvyyttä kiinteistössä?

3. kysymys: missä kohteissa ja minkälaisin kustannuksin kiinteistöautomaation toimintaa voisi parantaa, sekä parannusten mahdollinen kannattavuus?

Vastauksena 1. kysymykseen saatiin työn alussa läpikäyty lon-väylän rakenne ja toiminta. Kiinteistöautomaation rakenne, laitteet ja ohjaukset käytiin läpi 4. luvussa. Selvitystyön tuloksena saatiin lisäksi luettelot VAK-kaappien sisällöstä moduuleittain sekä tulo- ja lähtöliitännät eriteltynä tyypeittäin. Myös vapaa I/O kaapeissa tuli kartoitettua. [13]

Vastaus 2. kysymykseen saatiin luvussa 7, jossa verrattiin modernia kiinteistöautomaatiota kiinteistöautomaation nykytilanteeseen.

Vastauksena 3. kysymykseen saatiin luvun 8 pilottikohde-ehdotukset, sekä ehdotusten takaisinmaksuajat.

Työn loppuosan pilottikohteiden valinnassa jouduttiin suorittamaan hieman karsintaa. Työn alussa oli tarkoituksena keskittyä myös jäähdytyslaitteiden lauhdelämmön talteenottoon, mutta koska aihe ei suoranaisesti liittynyt kiinteistöautomaatioon, se sai jäädä. Modernisointikohteiden alustavat suunnitelmat ovat hyvä pohja tarvittaessa jatkaa suunnittelua. Takaisinmaksuaikojen laskuihin on syytä suhtautua varauksella, koska tilojen käytöstä tai todellisista syntyvistä kustannuksista ei ollut tarkkaa tietoa. Kuluvana keväänä 2013 Smart Campus -projektin toimesta ainakin säätietoja tullaan keräämään. Myös liikuntahallin ilmanvaihtoa on tutkittu, ja tutkimuksen perusteella tullaan tekemään ehdotuksia ilmanvaihdon ja lämmityksen tehostamiseksi.

Modernisoinnin suunnittelua ja toteutusta olisi mahdollista jatkaa sääennusteeseen perustuvassa lämmitysohjauksessa, seuraava tehtävä voisi olla suunnitella rakennuksen lämpödynamiikan selvittämiseen tarvittavan datan keräys. B-osan valoisuusohjatun käytävävalaistuksen toteutus voisi jatkua tarjouspyynnöllä automaatiotoimittajan suun-

taan. ATK-laitteiden sammutusta koskevaa tehtävää voisi jatkaa riippuen pilottikohteesta saaduista kokemuksista. Jos tilanvarausjärjestelmä saadaan ohjaamaan ATK-laitteita, voitaisiin samaa ohjausta hyödyntää B-osan huonesäätimien tyhjillään tilan ohjauksessa. Lauhdelämmön talteenottomahdollisuuksien selvittäminen olisi myös tärkeä asia jatkoa ajatellen, niin Leppävaarassa kuin muissakin Metropolian kiinteistöissä.

Lähteet

1 Metropolia AMK uutisarkisto. http://www.metropolia.fi/ajankohtaista/uutiset/arkisto/?tx_ttnews[tt_news]=3593&cHash=d5248953f179ae1a21c068f7e2593be6. Luettu 28.1.2013

2 Metropolia. http://www.studentum.fi/institute/metropolia-ammattikorkeakoulu-11534. Luettu 16.1.2013

3 LonWorks-testauksen automatisointi. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27096/Liminka_Jyri.pdf?sequence=1. Luettu 17.1.2013

4 Ilmanvaihto lämmityksen hajautettu automaatio. http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1950.pdf. Luettu 18.2.2013

5 Pertti Värjä. Jukka-Matti Mikkola. 1999. Uusi kiinteistöautomaatio. Mikro-oppi. Korian kirjapaino Ky. Elimäki. ISBN 951-96836-4-X

6 Ulkovalaistuksen ohjauksen ohjelmoinnin toteutus. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9918/TMP.objres.797.pdf. Luettu 30.1.2013

7 TAC Vista tuoteluettelo. http://www.tac.com/fi/data/internal/data/08/71/1255335652546/CAT_VISTA_A4_suomi_verkkolaatu.pdf. Luettu 2.2.2013

8 LVI-anturit. http://www.tac.com/fi/data/internal/data/08/71/1255336061882/LVI_anturit.pdf. Luettu 5.2.2013

9 Kiinteistön huoltokirja. http://www.ryhti.net/. Luettu 10.2.2013

10 LPR-12. http://store.echelon.com/item.asp?pid=126. Luettu 15.2.2013

11 Teollisuuskiinteistön LTO laitteiston hyötysuhteen parantaminen. http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/67965/nbnfi-fe201103181358.pdf?sequence=3. Luettu 30.2.2013

12 LONWORKS® Technology 101. http://www.stitcs.com/en/LonWorks/LonWorks%20Technology%20101.pdf. Luettu 12.4.2013.

13 Lon Maker. http://www.iapplianceweb.com/story/oeg20010703s0016.htm. Luettu 12.4.2013

14 Hajautetun hissinohjausjärjestelmän simulointi ympäristö. http://lib.tkk.fi/Dipl/2006/urn006238.pdf. Luettu 12.4.2013

15 Ryhti. http://www.ryhti.net/. Luettu 12.4.2013

16 Valvomo, kuvakaappaus. Kiinteistöautomaatiovalvomo. Vanha maantie6 Espoo

17 Valvomo, kuvakaappaus.
http://tac-ety.metropolia.fi/webstation/DefaultPage.aspx.

18 Börje Sandström. 2012. Sään ehdoilla. Automaatioväylä/6

19 Smart Campus Leppävaaran projektikansio. Luovutettu Asko Kipolle 31.5.2013.
P-levyasema / Smart Campus/Leppävaara kiinteistöautomaatio

Energian kulutus

Energian hinnat

		hinta/kWh	
sähkö	energia	0,051	€
sähkö	siirto	0,06	€
sähkö		0,111	€
lämpö	energia	0,041	€

Luokan valaistuksen sähkön kulutus

mitattu valaistuksen sähkön kulutus luokka 1.127 (sähköryhmä)

	energia	kustannus	säästö	säästö
	kWh	€	%	€
	3000	333	30	99,9

Käytävä valaistuksen sähkön kulutus

(sähköryhmä)

mitattu käytävävalaistuksen teho 1. kerros A-osa 700W

	teho	käyttöaika	kulutus/kk	kulutus/v	kustannus	säästö	säästö/v
B-osa	W	h	kWh	kWh	€	%	€
aula ja käytävät 1.krs	700	16	336	4032	204,4	10	20,44224
käytävät1.krs A-B	700	16	336	4032	204,4	10	20,44224
käytävät2.krs	700	16	336	4032	204,4	10	20,44224
käytävät3.krs	700	16	336	4032	204,4	10	20,44224
yhteensä			1344	16128	817,7	10	81,76896
säästö valoisuusohjauksella 10%							
A-osa							
käytävät 0.krs	700	16	336	4032	204,4	30	61,32672
käytävät ja aula1.krs	700	16	336	4032	204,4	30	61,32672
käytävät2.krs	700	16	336	4032	204,4	30	61,32672
yhteensä			1008	12096	613,3	30	183,9802
säästö valoisuus- ja liikeohjauksella 30%							

Lämpö

	pudotus aste	säästö %
lämmön kulutus:	1	5
yleinen sääntö	2	10
	3	15
	4	20

lämmönkulutus pinta-alan mukaan luokissa

	pinta-ala	vuosikulutus	kustannus	säästö	säästö
	m2	kWh	€	%	€
	100	12600	516,6	5	25,83
	100	12600	516,6	10	51,66
	100	12600	516,6	15	77,49
	100	12600	516,6	20	103,32

Kulutus tiedot Ryhti järjestelmästä

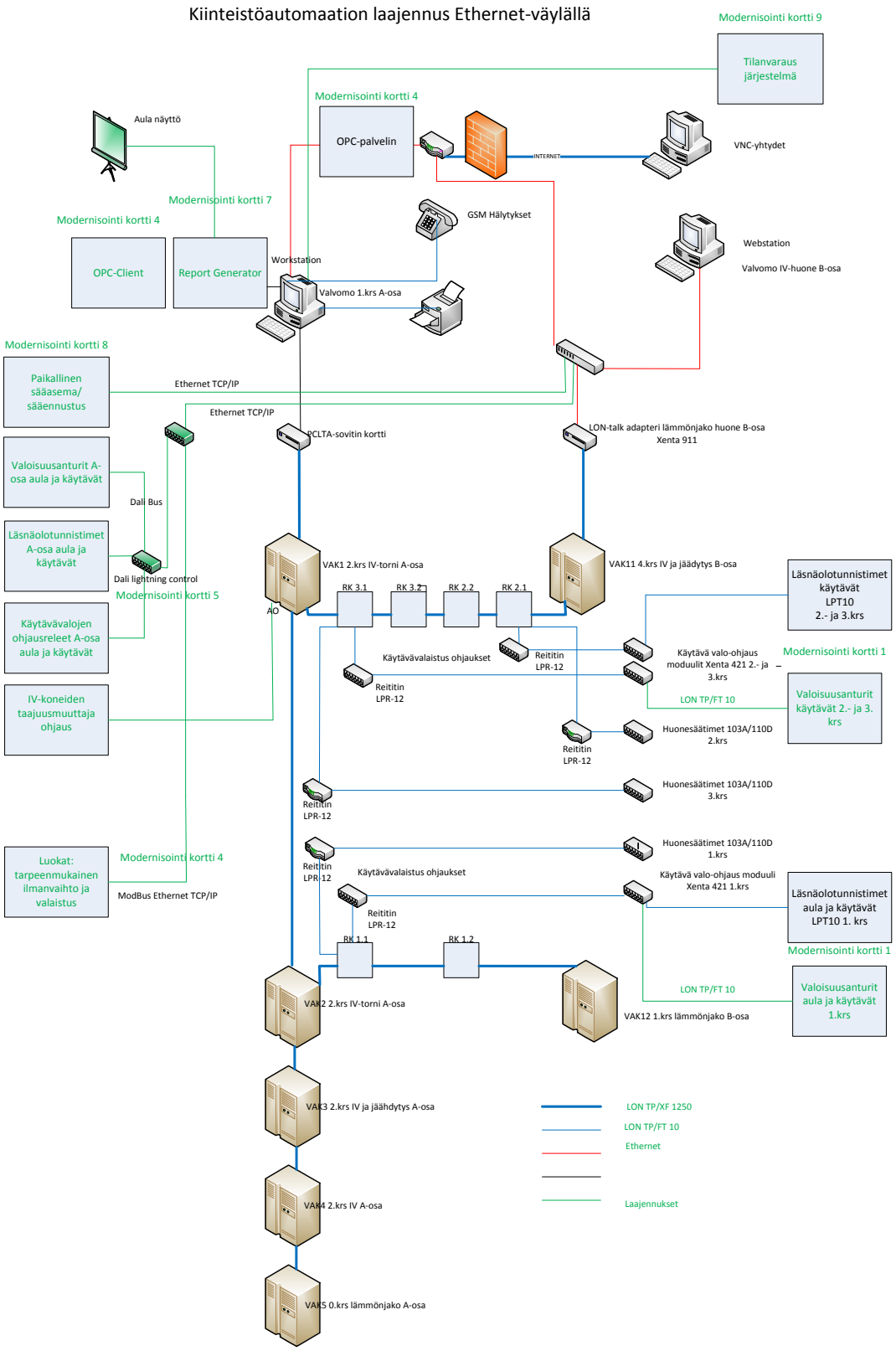
sähkö
[kWh]

Aika	Kulutus	13-24 kk	Tavoite	% 13-24 kk	% Tavoite
2012/3	74 045,7	184 914,9	165 595,8	-60	-55,3
2012/4	329 708,4	180 954,4	165 595,8	82,2	99,1
2012/5	164 722,7	185 371,1	165 595,8	-11,1	-0,5
2012/6	142 911,0	154 437,0	165 595,8	-7,5	-13,7
2012/7	148 868,1	152 204,2	165 595,8	-2,2	-10,1
2012/8	163 336,7	166 748,2	165 595,8	-2	-1,4
2012/9	172 251,3	180 796,8	165 595,8	-4,7	4
2012/10	172 537,5	182 653,1	165 595,8	-5,5	4,2
2012/11	167 973,5	187 130,0	165 595,8	-10,2	1,4
2012/12	156 703,5	142 774,3	165 595,8	9,8	-5,4
2013/1	172 303,0	157 545,6	165 595,8	9,4	4,1
2013/2	140 753,0	69 268,5	165 595,8	103,2	-15
Yhteensä	2 006 114,3	1 944 798,3	1 987 150,0	3,2	1
kWh/brm²	114,4	110,9	-	Bruttoala: 17530	

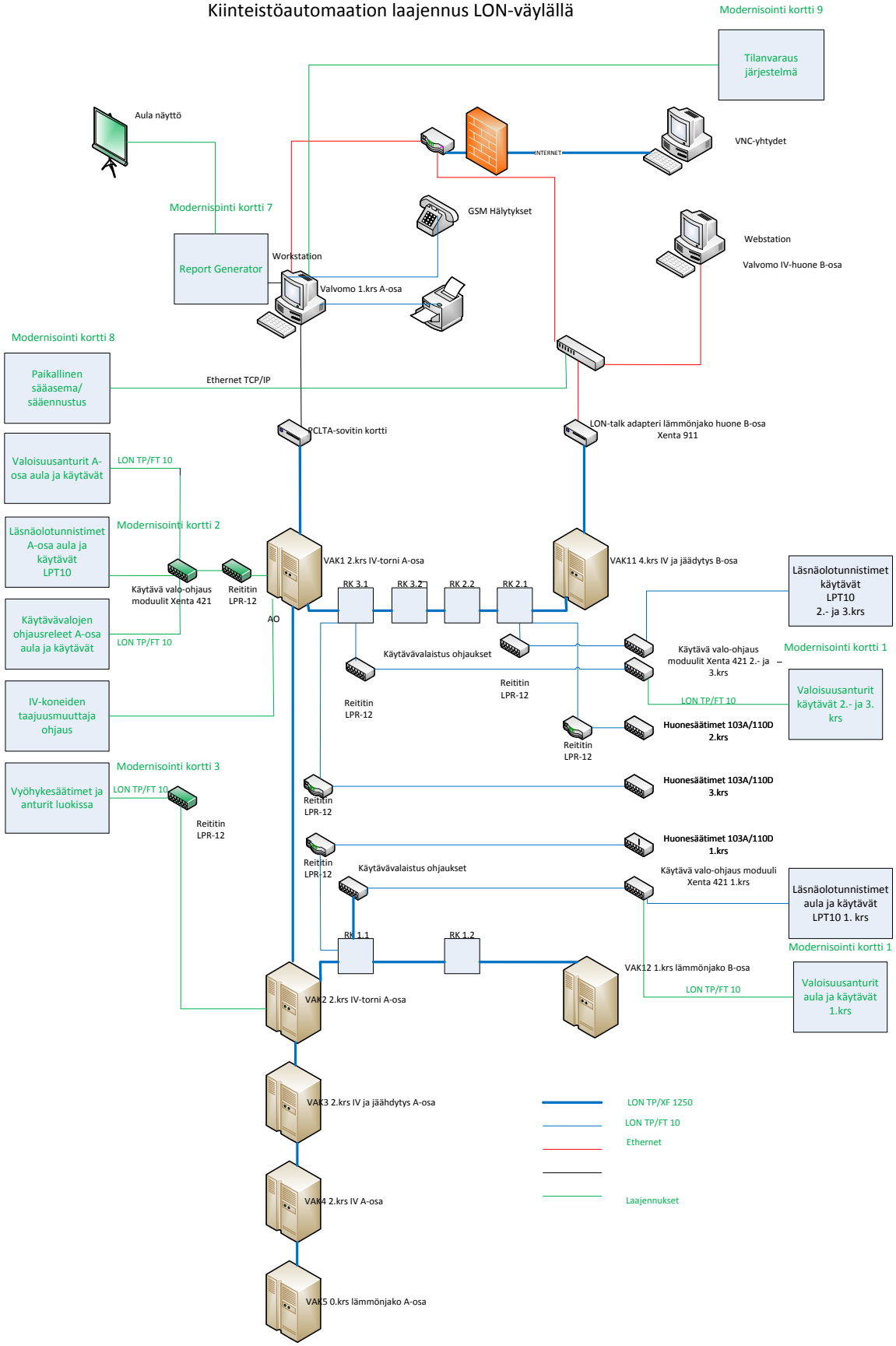
Lämpö
[MWh]
Sääkorjattu

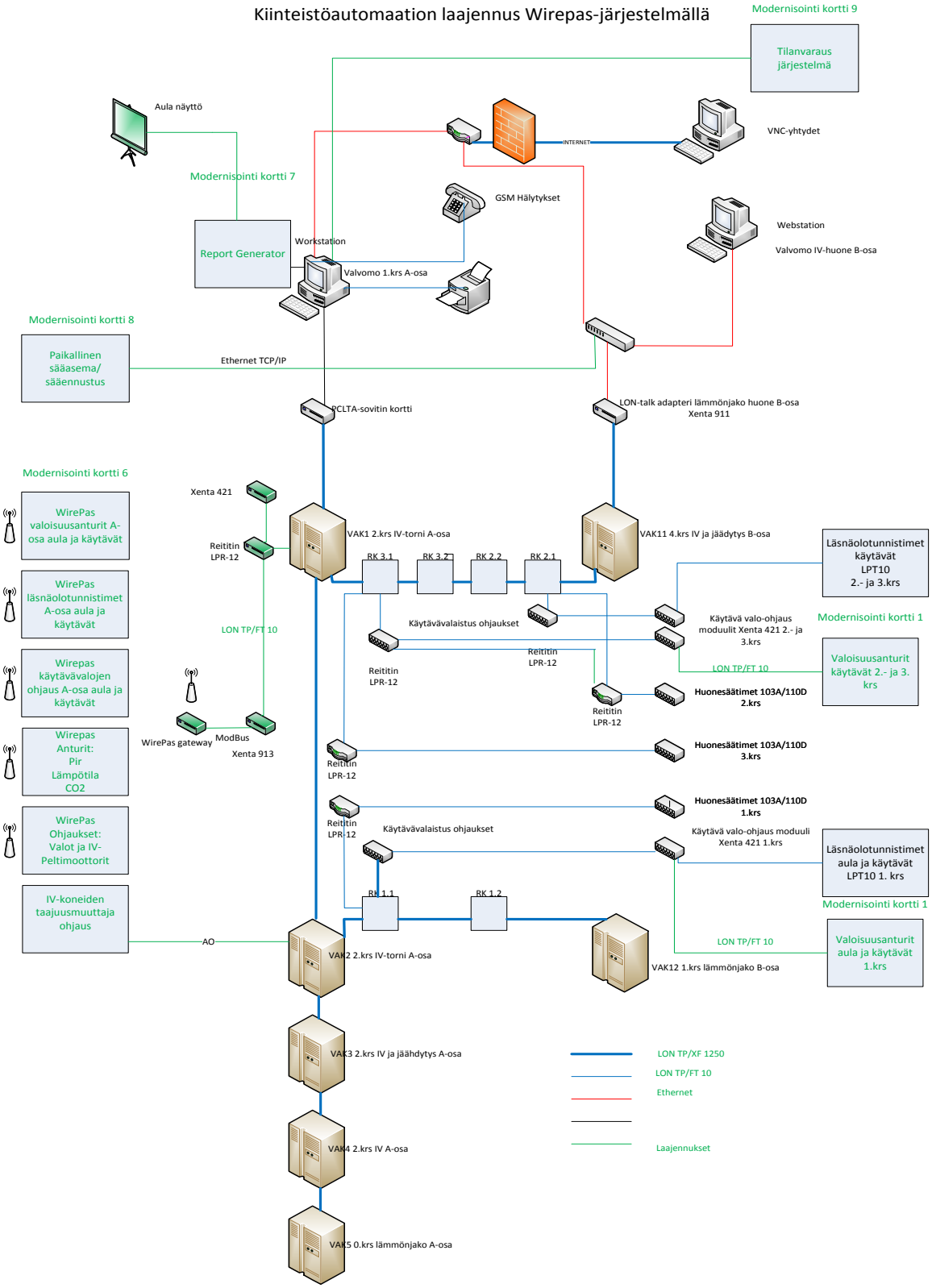
Aika	Kulutus	13-24 kk	Tavoite	% 13-24 kk	% Tavoite
2012/3	268,9	316,3	408,5	-15	-34,2
2012/4	165,1	228,1	222,2	-27,6	-25,7
2012/5	100	119,8	115,9	-16,5	-13,7
2012/6	43,5	33,2	44	31,1	-1,1
2012/7	27,1	22	15,5	22,9	74,5
2012/8	43,6	30,2	34,5	44,6	26,5
2012/9	158,9	350,5	74,5	-54,7	113,2
2012/10	182,8	163,5	149	11,8	22,7
2012/11	272,9	231,3	211,9	18	28,8
2012/12	283,8	286	313,9	-0,8	-9,6
2013/1	352,3	321,1	326,1	9,7	8
2013/2	311,6	295,3	358	5,5	-13
Yhteensä	2 210,3	2 397,2	2 273,9	-7,8	-2,8
kWh/brm²	126,1	136,7	-	Bruttoala: 17530	

Modernisointikaaviot



Kiinteistöautomaation laajennus LON-väylällä




Kiinteistöautomaation laajennus Wirepas-järjestelmällä
Modernisointi kortti 9
Tilanvaraus järjestelmä
Aula näyttö
INTERNET
VNC-yhtydet
Modernisointi kortti 7
GSM Hälytykset
Webstation
Valvomo IV-huone B-osa
Report Generator
Workstation
Valvomo 1.krs A-osa
Modernisointi kortti 8
Paikallinen sääasema/ sääennustus
Ethernet TCP/IP
PCLTA-sovitin kortti
LON-talk adapteri lämmönjako huone B-osa Xenta 911
Modernisointi kortti 6
Xenta 421
WirePas valoisuusanturit A-osa aula ja käytävät
Reititin LPR-12
VAK1 2.krs IV-torni A-osa
RK 3.1
RK 3.2
RK 2.2
RK 2.1
VAK11 4.krs IV ja jäädytys B-osa
Läsnäolotunnistimet käytävät LPT10 2.- ja 3.krs
WirePas läsnäolotunnistimet A-osa aula ja käytävät
Käytävävalaistus ohjaukset
Käytävä valo-ohjaus moduulit Xenta 421 2.- ja 3.krs
Modernisointi kortti 1
LON TP/FT 10
Reititin LPR-12
Valoisuusanturit käytävät 2.- ja 3. krs
Wirepas käytävävalojen ohjaus A-osa aula ja käytävät
Huonesäätimet 103A/110D 2.krs
WirePas gateway
ModBus
Xenta 913
Wirepas Anturit: Pir Lämpötila CO2
Huonesäätimet 103A/110D 3.krs
Huonesäätimet 103A/110D 1.krs
WirePas Ohjaukset: Valot ja IV-Peltimoottorit
Käytävä valo-ohjaus moduuli Xenta 421 1.krs
Läsnäolotunnistimet aula ja käytävät LPT10 1. krs
IV-koneiden taajuusmuuttaja ohjaus
AO
VAK2 2.krs IV-torni A-osa
VAK12 1.krs lämmönjako B-osa
Valoisuusanturit aula ja käytävät 1.krs
VAK3 2.krs IV ja jäähdytys A-osa
LON TP/XF 1250
LON TP/FT 10
Ethernet
Laajennukset
VAK4 2.krs IV A-osa
VAK5 0.krs lämmönjako A-osa

Modernisointikortti 1

Liitetään valoisuus anturit liiketunnistimien Lon TP/FT-10väylään. Valoisuusanturit ohjelmoidaan kerroksien Xenta-421 käytävävalaistusmoduuleihin. Korjattu ohjelma siirretään valvomoon.

Kustannukset/kolme kerrosta: B-osan ulkovalon mukaan ohjautuva käytävä- ja aulavalaistus.

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	anturien asennus	8 h	30 €	240 €
HW	valoisuus anturit	3 kpl	100 €	300 €
SW	Xenta-421 mittaus-pisteen lisäys 3x	3 h	30 €/h	90 €
SW	korjatun ohjelman siirto valvomoon	1 h	30 €/h	30 €
	yhteensä			660 €
	takaisinmaksu	säästö 62€/v		10v

	Tyyppi	Valmistaja/myyjä
Anturi:		
light-level sensor	MTN6901-0000	Schneider

Arviointi:

HW:n osalta toteutus vaatii ainoastaan antureiden vaihdon. Laitteiden ja valvomon ohjelmointi vaatii Schneiderin asiantuntemusta.

B-osan käytävä- ja aulavalaistus vaatii myös aikaohjausten tarkistuksen

Modernisointikortti 2

Asennetaan valoisuus- ja läsnäoloanturit A-osan käytäviin ja aulaan. Antureilta valaistuksen ohjaus moduuleille asennetaan Lon-kaapeli. Valaistuksen-ohjausmoduulit asennetaan valaistuksen-ohjauskeskuksiin. Valaistuksen ohjaus kytketään toimimaan ohjausmoduulien kautta. Ohjausmoduulien Lon-kaapeli haaroitetaan Lon-runkoväylästä reitittimen avulle.

Kustannukset/kolme kerrosta: A-osan valoisuuden ja liiketunnistuksen mukaan ohjautuva käytävä- ja aulavalaistus.

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	anturien asennus ja kaapelointi	40 h	30 €/h	1200 €
Työ	valaistus ohjaus moduulien kytkentä	3 h	30 €/h	90 €
HW	valoisuus- ja liikeanturit	3 kpl	100 €/kpl	300 €
HW	reititin	1 kpl	300 €/kpl	300 €
HW	Xenta-421 moduuli	3 kpl	500 €/kpl	1500 €
HW	kaapelia	300 m	1,605 €/m	480 €
SW	Xenta-421 moduulien ohjelmointi	3 h	30 €/h	90 €
SW	moduulien ohjelmien lisäys valvomoon	1 h	30 €/h	30 €
	yhteensä			3990 €
	takaisinmaksu	säästö 184 €/v		21 v

	Tyyppi	**Valmistaja/myyjä**
Anturit:		
presense detector and		
light-level sensor	MTN6901-0000	Schneider
Laitteet		
Reititin	LPR-12	Echelon
Säädin	Xenta- 421	TAC/Schneider
Kaapeli:		
Instrumentointikaapeli	LONAK 2X2X0,65	Draka

Arviointi:

Toteutus on työläs ja kallis sekä takaisinmaksuaika pitkä. Hinta pienenee, jos toteutetaan yhdessä luokkatilojen automatisoinnin kanssa.

Laitteiden ja valvomon ohjelmointi vaatii Schneiderin asiantuntemusta.

Modernisointikortti 3

Asennetaan luokkiin huonesäätimet joihin läsnäolo-, lämpötila-, valoisuus- jaCO_2-anturit liitetään. Huonesäätimellä ohjataan valo-ohjausreleitä, peltimoottoreita ja patteriventtiilimoottoreita. Huonesäätimien Lon-kaapeli haaroitetaan Lon-runkoväylästä reitittimellä.

Kustannukset/yksi luokkahuone: läsnäolon, valoisuuden ja CO_2-mittauksen mukaan ohjautuva valaistus, ilmanvaihto ja lämmitys

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	huonesäätimien asennus ja anturointi	8 h	30 €/h	240 €
Työ	kaapelointi huonesäätimiltä reitittimille	4 h	30 €/h	120 €
HW	huonesäätimet	1 kpl	400 €/kpl	400 €
HW	läsnäoloanturi	1 kpl	100 €/kpl	100 €
HW	lämpöanturi	1 kpl	50 €/kpl	50 €
HW	CO_2-anturi	1 kpl	200 €/kpl	200 €
HW	valoisuusanturi	1 kpl	100 €/kpl	100 €
HW	valorele	1 kpl	100 €/kpl	100 €
HW	peltimoottori	1 kpl	150 €/kpl	150 €
HW	patteriventtiilimoottori	1 kpl	150 €/kpl	150 €
HW	kaapelia	50 m	1,60 €/m	80 €
SW	huonesäätimen ohjelmointi	4 h	30 €/h	120 €
SW	huonesäätimen lisäys valvomoon	1 h	30 €/h	30 €
	yhteensä			6190 €
	takaisinmaksuaika	säästö 151 €/vuosi		41 v

Tyyppi **Valmistaja/myyjä**

Anturit:		
presense detector and		
light-level sensor	MTN6901-0000	Schneider
Lämpöanturi	STR-100	TAC/Schneider
CO2 anturi	SCR-100	TAC/Schneider
Laitteet		
Reititin	LPR-12	Echelon
huonesäädin	Xenta -103	TAC/Schneider
releyksikkö	LX4R	Schneider
peltimoottori		
patteriventtiilimoottori		
kaapeli:		
Instrumentointikaapeli	LONAK 2X2X0,65	Draka

Arviointi:

Toteutus on työläs ja kallis sekä takaisinmaksuaika pitkä. Hinta pienenee suhteessa luokkien määrään, myös käytävä/aulavalojen automatisoinnin toteutus samalla pienentää hintaa.

Laitteiden ja valvomon ohjelmointi vaatii Schneiderin asiantuntemusta.

Modernisointikortti 4

Asennetaan huoneisiin tarpeenmukainen ilmanvaihdon huonesäätimet, joihin läsnäolo, lämpötila, valoisuus ja CO_2-anturit liitetään. Huonesäätimellä ohjataan peltimoottoreiden lisäksi valo-ohjausreleitä ja patteriventtiilimoottoreita. Tiedonsiirto toimii rakennuksen Ethernet-verkon kautta. Toteutus vaatii OPC-palvelimen lisäämisen rakennuksen tietoverkkoon ja OPC-clientin lisäämisen rakennusautomaatiovalvomoon.

Kustannukset/yksi luokkahuone: läsnäolon, valoisuuden ja CO_2-mittauksen mukaan ohjautuva valaistus, ilmanvaihto ja lämmitys.

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	huonesäätimen asennus ja anturointi	1 h	30 €/kpl	30 €
HW	SwegonWICE- paketti	1 kpl	1200 €/kpl	1200 €
HW	valorele	1 kpl	150 €/kpl	150 €
HW	patteriventtiili moottori	1 kpl	150 €/kpl	150 €
SW	säätimen lisäys valvomoon	4 h	30 €/h	120 €
	yhteensä			1650 €
	takaisinmaksuaika	säästö151 €/vuosi		11 v

	Tyyppi	**Valmistaja/myyjä**
Laitteet		
huonesäädin	WICE	Swegon
releyksikkö	LX4R	Schneider
patteriventtiilimoottori		

Arviointi:

Asennus ja kytkentä helppo, Web-valvomon ja rakennusautomaation valvomon yhdistäminen vaatii Schneiderin asiantuntemusta.

Vaatii lisäksi taajuusmuuttaja- tai EC-ohjatun ilmanvaihto koneen.

Modernisointikortti 5

Asennetaan valoisuus- ja läsnäoloanturit A-osan käytäviin ja aulaan. Antureilta valaistuksen ohjausmoduuleille asennetaan DALI-kaapeli. Valaistuksen-ohjausmoduulit asennetaan valaistuksen-ohjauskeskuksiin. Valaistuksen ohjaus kytketään toimimaan ohjausmoduulien kautta. Ohjaus moduulit yhdistetään rakennuksen Ethernet-verkkoon. Toteutus vaatii OPC-palvelimen lisäyksen rakennuksen tietoverkkoon ja OPC-clientin lisäämisen rakennusautomaatiovalvomoon.

Kustannukset/kolme kerrosta: valoisuuden ja läsnäolon mukaan ohjautuva käytävä- ja aulavalaistus.

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	anturien asennus ja kaapelointi	40 h	30 €/h	1200 €
Työ	valaistus ohjaus moduulien kytkentä	4 h	30 €/h	120 €
HW	valoisuus anturit	3 kpl	100 €/kpl	300 €
HW	liikeanturit	3 kpl	100 €/kpl	300 €
HW	DALI-ligtning controller	3 kpl	500 €/kpl	1500 €
HW	DALI-väylä-kaapelia	300 m	1,60 €/m	480 €
SW	Dali säätimien ohjelmointi	4 h	30 €/h	120 €
SW	OPC-palvelin DALI-säätimelle rakennuksen tietoverkkoon	1 kpl	100 €/kpl	100 €
SW	OPC-client rakennusautomaation valvomoon	1 kpl	100 €/kpl	100 €
SW	Dali-säätimien lisäys valvomoon	4 h	30 €/h	120 €
	yhteensä			4340 €

	takaisinmaksuaika	säästö 184 €/vuosi		23 v

	Tyyppi	**Valmistaja/myyjä**
Anturit:		
presense detector and		
light-level sensor	MTN6901-0000	Schneider
Toimilaitteet		
säädin	L-DALI: CEA-709/DALI	Helvar
SW		
OPC-palvelin		
OPC-client (lisenssi)		
Kaapeli		
Dali-kaapeli	Radox 155/0,5 mm	

Arviointi:

Toteutus on työläs ja kallis sekä takaisinmaksuaika pitkä. Hintaa pienentää käytävä/aulavalojen automatisoinnin toteutus samalla.

Laitteiden ja valvomon ohjelmointi vaatii Schneiderin asiantuntemusta.

Modernisointikortti 6

Asennetaan huoneisiin langattomat lämpötila-, läsnäolo-, valoisuus- ja CO_2-anturit, sekä langattomat toimilaitteet joilla peltimoottoreita, valo-ohjausreleitä ja patteriventtiilimoottoreita ohjataan. Tietojen siirtoon tarvitaan gateway, joka yhdistetään väylä muuntimen avulla rakennusautomaation väylään. Lisäksi tarvitaan säädin johon huoneiden toiminnot ohjelmoidaan.

Kustannukset/yksi luokkahuone: läsnäolon, valoisuuden ja CO_2-mittauksen mukaan ohjautuva valaistus, ilmanvaihto ja lämmitys.

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	antureiden asennus	0	0	0
HW	Langaton node: lämpötila valoisuus läsnäolo CO_2	1 kpl	700 €/kpl	700 €
HW	Langaton node: releohjaus lineaariohjaus	 1 kpl 1 kpl	 150 €/kpl 150 €/kpl	 150 € 150 €
HW	releyksikkö	1 kpl	100 €/kpl	100 €
HW	peltimoottori	1 kpl	1505 €/kpl	150 €
HW	patteriventtiilimoottori	1 kpl	150 €/kpl	150 €
	yhteensä			1400 €

Kustannukset/kolme kerrosta: valoisuuden ja liiketunnistuksen mukaan ohjautuva käytävä- ja aulavalaistus.

		kappaletta/ metriä/ tuntia	€/kpl €/m €/h	yhteensä
Työ	antureiden asennus	2 h	30 €/h	60 €
HW	Langaton node: valoisuus läsnäolo	3 kpl	240 €/kpl	720 €
HW	Langaton node: releohjaus	3 kpl	150 €/kpl	150 €
HW	releyksikkö	3 kpl	100 €/kpl	100 €
	yhteensä			1030 €

muut kustannukset/luokat, aulat ja käytävät

HW	Gateway ModBus-rtu	3 kpl	400 €/kpl	1200 €
HW	väylämuunnin ModBus-LON	3 kpl	100 €/kpl	300 €
HW	säädin	1 kpl	500 €/kpl	500 €
SW	OPC-client rakennusautomaation valvomoon	1 kpl	100 €/kpl (lisenssi)	100 €
SW	säätimen ohjelmointi	4 h	30 €/h	120 €
SW	säätimen lisäys valvomoon	1 h	30 €/h	30 €
	yhteensä			2220 €

takaisinmaksuaika

				1400 €
				1030 €
				2220 €
kustannukset yht.				4650 €
	takaisinmaksuaika	säästö 152 €+184 € = 335 €		14 v

	Tyyppi	**Valmistaja/myyjä**
Anturit		
valoisuus	modular	Wirepas
läsnäolo	modular	Wirepas
lämpötila	modular	Wirepas
CO_2	modular	Wirepas
laitteet		
gateway	ModBus GW	Wirepas
säädin	Xenta- 421	TAC/Schneider
reititin	LPR-12	Echelon
releohjaus	WPNOD10053	Wirepas
lineaarilähtö	WPNOD10206	Wirepas
releyksikkö	LX4R	Schneider
peltimoottori		
patteriventtiilimoottori		
Sw		
OPC-client		

Arviointi:

Laitteiden kommunikointikyky rakennusautomaation kanssa on arvoitus. Järkevä ratkaisu, jos ratkaisu on teknisesti mahdollinen ja toimiva, koska anturit mahdollisesti ovat jo tiloissa.

Tarvittavien säätimien ja valvomon ohjelmointi vaatii Schneiderin asiantuntemusta.

Modernisointikortti 8

Paikallisen sääaseman ennustetietoja käytetään ohjaamaan lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötilaa, jolloin vältytään tilanteelta, joissa sään lauhtuessa pakkasjakson jälkeen menovesi jää liian kuumaksi tai sään kylmetessä nopeasti, voimakkaan tuulen ja pakkasen vuoksi menovesi jää liian kylmäksi. Myös auringon lämpö saadaan huomioitua menoveden lämpötilan säädössä.

Modernisointikortti 9

Tilanvarausjärjestelmän kautta pyritään tilanteeseen, että etelä-länsi- tai pohjois-itätilat täytetään ensin riippuen tilojen tarpeesta, vuodenajasta ja ulko-olosuhteista, jolloin menoveden lämpötilaa voidaan pienentää käyttämättömällä alueella. Tilanvarausjärjestelmän kautta ohjataan ilmanvaihto käynnistymään huoneryhmän tarpeen mukaan

Tilanvarausjärjestelmän kautta ohjataan B-osan huonesäätimien Unoccupied heat/cool-tilaa.

B-osan huonesäätimien Unoccupied heat / cool -tilan ohjaaminen koulun oman tilanvarausjärjestelmän kautta

A ja B-osan ilmanvaihdon ohjaaminen tilanvaraus järjestelmän kautta.

SW	OPC-rajapinnat rakennusautomaation ja tilanvarausjärjestelmän väliin	
SW	ohjausohjelma tilanvarausjärjestelmälle	

Arviointi:

Toteutuksen kustannukset pienet, ohjaus ohjelman luonti mahdollisesti omaa työtä, rakennusautomaation puolella tarvitaan Schneiderin asiantuntemusta. Ohjelmalla voidaan tulevaisuudessa ohjata alueiden tyhjillään tilaa.