



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Juha Lipponen

# Rakennusautomaation oppimisympäristön suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.10.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juha Lipponen Rakennusautomaation oppimisympäristön suunnittelu ja toteutus 38 sivua + 6 liitettä 28.10.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	lehtori Kai Virta
<p>Insinöörityö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle. Sen tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa oppimisympäristö rakennusautomaation opetuksen tueksi ja sen havainnollistamiseksi nykyistä paremmin.</p> <p>Aiemmin rakennusautomaation opetus on Metropolia Ammattikorkeakoulussa perustunut pelkästään teorialuentoihin, eikä ole ollut konkreettista tapaa perehdyttää opiskelijoita rakennusautomaation eri osa-alueisiin. Jani Stigellin vetämänä on nyt opetusta alettu kehittää ja viemään käytännönläheisempään suuntaan, teoriaopetusta pois sulkematta (Stigell 2019.). Insinöörityössä toteutettu oppimisympäristö kuuluu tähän kehitysprojektiin olennaisena osana.</p> <p>Oppimisympäristön toiminnallisuudet ja ominaisuudet määriteltiin yhdessä ohjaavan opettajan sekä Myyrmäen kampuksen automaatiolaboratorion henkilökunnan kanssa.</p> <p>Oppimisympäristön laitteiston tuli sisältää sekä automaatio- että kenttäosa. Laitteisto tuli toteuttaa sellaisessa mittakaavassa, että se mahtuu kuljetettavaksi henkilöautossa. Siinä tuli hyödyntää mahdollisuuksien mukaan rakennusautomaation aitoja kenttälaittekomponentteja sekä ohjelmoitavaa logiikkaa ja huonesäädintä.</p> <p>Insinöörityön tuloksena saatiin aikaiseksi laitteisto, jolla voidaan rakennusautomaation opetusta tehostaa ja parantaa laboratoriotöiden muodossa.</p>	
Avainsanat	RAU, Niagara4, Hawk8000, Proxima CU

Author Title Number of Pages Date	Juha Lipponen Design and Implementation of a Learning Environment for Building automation 38 pages + 6 appendices 28 October 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Kai Virta, Senior Lecturer
<p>This thesis work was done for Metropolia University of Applied Sciences. Its goal was to design and implement a learning environment to support and illustrate building automation education better than before.</p> <p>Previously, building automation teaching at Metropolia University of Applied Sciences was based solely on theory lectures, and there was no concrete way to introduce students to the various areas of building automation. Under the guidance of Jani Stigell, teaching has now begun to be developed and taken in a more practical direction, without excluding theory teaching (Stigell 2019.). The learning environment implemented in the thesis work is an integral part of this development project.</p> <p>The functionalities and features of the learning environment were defined together with the instructor of this thesis work and staff at the automation laboratory of Myyrmäki campus.</p> <p>The learning environment hardware should include both an automation and a field component. The equipment had to be implemented on a scale that would fit in a passenger car. It had to utilize, where possible, genuine field device components of building automation, as well as programmable logic and room control devices.</p> <p>As a result of the engineering work, equipment was created that can enhance and improve the teaching of building automation in the form of laboratory work.</p>	
Keywords	Building Automation, Niagara4, Hawk8000, Proxima CU

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaation oppimisympäristön suunnittelu	2
2.1	Rakennusautomaatio	2
2.2	Oppimisympäristölaitteiston suunnittelu	3
3	Rakennusautomaation oppimisympäristön toteutus	7
3.1	Automaatiotas: ilmanvaihtokone	7
3.2	Kenttätaso: ilmanvaihtokone	17
3.3	Automaatiotas: huonesäätö	26
3.4	Kenttätaso: huonesäätö	33
4	Yhteenveto	37

	Lähteet	39
--	---------	----

### Liitteet

Liite 1. Sääntökaavio

Liite 2. Layout kuva: oppimisympäristön kenttätaso

Liite 3. Layout kuva: oppimisympäristön automaatiotas

Liite 4. Kytkenäkaavio: Riviliitin X10 ilmanvaihtokone

Liite 5. Kytkenäkaavio: Riviliitin X11 huonesäätö

Liite 6. Piste- ja laiteluettelo

## Lyhenteet

BACnet MS/TP ja IP	Building Automation and Control (BAC) networks. Tietoliikenneprotokolla, MS/TP (Master-Slave/Token-passing) sen sarjaportti-versio ja IP sen Ethernet-versio.
CAV	Constant Air Volume System. Vakioilmavirtajärjestelmä.
CU	Control Unit. Huonesäädin.
FG	Pellin toimilaite.
FV	Säätöventtiilin toimilaite.
I/O-moduuli	Laite, jonka kautta tiedonsiirtoväylään voidaan liittää kentällä olevat laitteet.
IMS	Ilmamääräsäätöinen.
IoT	Internet Of Things. Esineiden Internet.
IVS	Ilmavirtasäätöinen.
LTO	Lämmöntalteenotto.
ME	Ilman suhteellisen kosteuden-mittausanturi (%RH).
MIV	Muuttuvailmavirta.
Modbus RTU ja TCP	Modiconin kehittämä tietoliikenneprotokolla, RTU on sen sarjaportti-versio ja TCP sen Ethernet-versio.
NFC	Near Field Communication. RFID-tiedonsiirtotekniikka.

Niagara4 framework	Niagara4-ohjelmointiympäristö.
OBIX	Open Building Information eXchange. REST tietokantarajapintastandardi.
PanelBus	Honeywellin oma väyläratkaisu ohjelmoitavan logiikan ja IO-moduulin väliseen kommunikointiin.
PIR	Passive InfraRed. Passiivinen "infrapuna" tunnistin.
PU	Pump Unit. Kiertovesipumppu.
QE	Ilman CO2-pitoisuuden mittausanturi (ppm).
SQL	Structured Query Language. Standardoitu tietokantakyselykieli
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. TCP/IP -viitemalli
TE	Lämpötilan mittausanturi (°C).
TF/PF	Tulo-/poistoilmahuuhallin (F=Fan).
VAV	Variable Air Volume System. Muuttuvailmavirtajärjestelmä

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa oppimisympäristö rakennusautomaation opetuksen tueksi ja sen havainnollistamiseksi paremmin kuin aiemmin.

Aiemmin rakennusautomaation opetus on Metropolia Ammattikorkeakoulussa perustunut pelkästään teorialuentoihin, eikä ole ollut konkreettista tapaa perehdyttää opiskelijoita rakennusautomaation eri osa-alueisiin. Jani Stigellin vetämänä on nyt opetusta alettu kehittämään ja viemään käytännönläheisempään suuntaan, teoriaopetusta pois sulkematta (Stigell 2019.). Insinööriyössä toteutettu oppimisympäristö kuuluu tähän kehitysprojektiin olennaisena osana.

Oppimisympäristöllä on tarkoitus perehdyttää opiskelijoita rakennusautomaatioon käytännön kautta. Siinä hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan rakennusautomaation aitoja kenttälaittekomponentteja sekä tarjotaan mahdollisuus tutustua ja harjoitella myös aidoilla ohjelmointityökaluilla logiikkaohjelmointia (Niagara4) ja huonesäätimen parametrisointia (Produal Proxima CU).

Oppimisympäristöön tarvittavat toiminnallisuudet ja ominaisuudet määriteltiin työn toteutuksen alkaessa yhdessä ohjaavan opettajan sekä Myyrmäen kampuksen automaatiolaboratorion henkilökunnan kanssa.

Oppimisympäristön laitteiston tulee sisältää sekä automaatio- että kenttäosa. Laitteisto toteutetaan sellaisessa mittakaavassa, että se mahtuu kuljetettavaksi henkilöautossa. Tässä insinööriyössä toteutetaan laitteisto niin pitkälle, että perustoiminallisuudet toimivat ja ovat testattavissa automaatio- sekä kenttälaitteiden osalta.

Insinööriyöstä pois rajataan tulevien rakennusautomaation kurssien sisältöön liittyvät asiat, jotka ovat vasta määrittelyn/suunnittelun asteella. Tällaisia asioita ovat laboratorioharjoitus sarjojen suunnittelu sekä toteutus ilmanvaihtokoneen logiikkaohjaukselle määriteltyjen toimintaselostusten mukaan sekä huonesäädön parametrusointi toimimaan halutulla tavalla kussakin laboratorioharjoituksessa sekä mahdollisen graafisen valvon toteutus.

Insinööriytyö liittyy toiseen opinnäytetyöhön (YAMK), joka on tehty Metropolia Ammattikorkeakoululle jo aiemmin rakennusautomaation opetuksen kehittämiseksi ja monipuolistamiseksi. (Stigell 2019.)

Metropolia Ammattikorkeakoulu (englanniksi Metropolia University of Applied Sciences) on oppilasmäärällä mitattuna Suomen suurin ammattikorkeakoulu (opiskelijoita 16400 vuonna 2019). Opetusta annetaan neljällä koulutusalueella; kulttuurissa, liiketaloudessa, sosiaali- ja terveysalalla sekä tekniikassa. Sähkö- ja automaatio ovat osa tekniikan koulutusalueita. Näiden toimipisteenä on Vantaan Myyrmäen vuosina 2017-2018 laajennettu kampusalue. Automaatiotekniikka on saanut käyttöönsä uudet ja ajanmukaiset laboratoriotilat uudisrakennuksen kolmanteen kerrokseen. Insinööriytyössä valmistuva oppimisympäristö tullaan sijoittamaan Myyrmäen automaatiolaboratorioon. (Metropolia 2019.)

Tahdon kiittää työn valvojaa lehtori Kai Virtaa ja automaatiolaboratorion projekti-insinööri Jani Stigelliä työn aiheesta ja tuesta sekä motivoimisesta työn edetessä.

Isot kiitokset myös laitevalmistajayhteistyökumppaneille; Jussi Alanen (Honeywell Oy), Pekka Kesäaho (Produal Oy), Ulla Nybergh (Belimo Oy) laitelahjoituksista tähän rakennusautomaation oppimisympäristöprojektiin Metropolia ammattikorkeakoululle.

## **2 Rakennusautomaation oppimisympäristön suunnittelu**

### **2.1 Rakennusautomaatio**

Rakennusautomaatio eli kiinteistöautomaatio on rakennusten ilmanvaihdon sekä lämmityksen, jäähdytyksen ohjausta ja seurantaan rakennusautomaatiojärjestelmän avulla. Kiinteistöissä voidaan ohjata ja seurata myös niiden valaistusta, kulunvalvontaa ja kaikkia niihin implementoituja järjestelmiä integroimalla uudet ja jo olemassa olevat toiminnallisuudet rakennusautomaatiojärjestelmään standardoituja väylätekniikoita hyödyntäen.



Rakennusautomaatio tulee suunnitella ja toteuttaa kuhunkin rakennukseen erikseen räätälöitynä kokonaisuutena. Tällöin on huomioitava kohderakennusten erilaiset vaatimukset ja olosuhteet automaation osalta, jotta automaatio saadaan toimimaan ja että sitä käytetään oikein. Hyvä esimerkki on koneellisen ilmastoinnin käyttö kohteissa. Ilmastoinnin on oltava toiminnassa aina (kalenteriohjattuna), jotta vältetään kiinteistöjen rakenteelliset ongelmat rakennusautomaation väärällä käytöllä.

Rakennusautomaation avulla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä energian kulutuksessa. Myös rakennetun infran elinkaaren hallinta sekä turvallisuus ja kaikinainen viihtyvyys esim. sisäilman laadun varmistus, onnistuvat oikein toteutettujen rakennusautomaatiojärjestelmien avulla. (Rakennusautomaatio 2019.)

## 2.2 Oppimisympäristölaitteiston suunnittelu

Ensimmäinen suunnittelupalaveri pidettiin koululla tammikuussa 2018. Siinä ideoitiin ja määriteltiin tulevan oppimisympäristön laitteiston komponentit ja toiminnallisuudet, joita opetuksessa tulitaisiin tarvitsemaan.

Samalla, kun suunnitteluvaihe alkoi, alettiin etsiä mahdollisia yhteistyökumppaneita laitevalmistajista. Heiltä tarvittaisiin lahjoituksina aidot rakennusautomaation kenttälaitteet (anturit, venttiilit toimilaitteilla jne.), sekä ohjelmoitava logiikka ja huonesäädin (liite 3).

Jani Stigell sai yhteistyökumppaniksi Honeywellin (Jussi Alanen) ja itse sain Produalin (Pekka Keskiaho) ja Belimon (Ulla Nybergh).

Suunnittelutyö aloitettiin laatimalla säätökaavio ilmanvaihtokoneen ja huonesäädön osalta (liite 1).

Säätökaaviossa määriteltiin ilmanvaihtokoneen osat:

- tulo- ja poistokanavat
- tulo- ja poistopuhaltimet sekä pellit

- lämmöntalteenotto (glykoli/nestekiertoinen)
- ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytyspatterit (kaukolämpö- ja kaukokylmä verkostot)
- lämpötilan mittaukset ilmasta ja nesteestä antureilla
- jäätymisvaaratermostaatti
- ohjauslogiikka, tarvittavalla IO-piste kapasiteetilla
- johdotukset riviliittimen (X10) kautta, jotta ohjauslogiikan vaihto toiseen vaihtoehtoon mahdollinen.

Säätökaaviossa määriteltiin myös huonesäädön tulevat osat:

- huoneyksikkö (Ilman lämpötilan, hiilidioksidin, kosteuden mittaukset)
- huonesäädin yksikkö
- Ilmamäärän säätimet tulo- ja poisto kanaviin
- erillinen huonetilan sähkölämmitys tehovastuksin (, jotta saadaan nopeasti nostettua huoneen lämpötilaa laboratorioharjoituksissa)
- johdotukset riviliittimen (X11) kautta, jotta huonesäätimen vaihto toiseen vaihtoehtoon mahdollinen

Samalla tehtiin myös pisteluettelo (liite 6), josta käy selville toimilaitteiden tarvitsemat pisteet automaatiotasolta.

Puhallinmoottorit (TF01 & PF01), kiertovesipumput (PU02 (LTO), PU04 (lämmitys), PU05 (jäähdytys) ja lämmönvaihtimet (lämmitys- ja jäähdytyspatterit ilmanvaihtokanaviin sekä lämmöntalteenottoon) oli toteutettava muutoin kuin aidoilla kenttälaitteilla, koska laitteiston kooksi oli määritelty henkilöautoon mahtuminen. Ne päätettiin tilata verkko-kaupoista ja päädyttiin seuraaviin tuotteisiin.

- Kanavapuhaltimet 2 kpl., ”DC 12V Brushless Turbine Cooling Blower Fan Cooler” eli 12 V:n tasajännitteellä toimiva kiinalaisvalmisteinen puhallin Ebay (englanti) verkkokaupasta (Kanavapuhaltimet. 2019.). Kanavapuhaltimet ovat kuvassa 1.



**Kuva 1 Kanavapuhallin (Kanavapuhaltimet. 2019)**

- Kiertovesipumput 3 kpl., ”300L/H Ultra-quiet Water Pump Lift 450 cm DC12 V 9 W Brushless Water Oil Pump” eli 12 V:n tasajännitteellä toimiva kiinalaisvalmisteinen vesi/öljypumppu Aliexpress-verkkokaupasta (Kiertovesipumput. 2019.). Kuvassa 2 nähdään kiertovesipumppu.



**Kuva 2 kiertovesipumppu (Kiertovesipumput. 2019)**

- Lämmönvaihtimet 6 kpl., ”80mm Water Cooling Cooler Computer Radiator Heat-sink for CPU Aluminum Liquid” eli tietokoneen prosessorin nestejäähdyttämiseen tarkoitettu lämmönvaihdin. (Lämmönvaihtimet. 2019.). Lämmönvaihtimet ovat kuvassa 3.



Kuva 3 Lämmönvaihdin (Lämmönvaihtimet. 2019)

Laitevalmistajilta saatiin vastaavasti aitoja kenttälaitteita projektiin seuraavasti:

Honeywell Oy (Jussi Alanen)

- Ohjelmoitava logiikka, Honeywell Centraline HAWK8000  
(Honeywell Centraline Hawk 8000 Controller. 2019.)
- Honeywell Centraline mixed IO-moduuli CLIOP831A  
(Panel Bus I/O Modules. 2019.)
- 3-tie venttiilit, Honeywell VBG3-15-0.63  
(Honeywell 3-tie venttiili VBG3-15-0.63 tekninen esite. 2019.)
- Venttiilimoottorit, Honeywell MVN713A1500  
(Honeywell venttiilimoottori MVN713A1500 tekninen esite. 2019.)
- Lämpötila-anturit
  - Honeywell KTF20-65-2M  
(Honeywell lämpötila-anturi (ilma) KTF20-65-2M tekninen esite. 2019.)
  - Honeywell VFF20-75P65  
(Honeywell lämpötila-anturi (neste) VFF20-75P65 tekninen esite. 2019.)

Produal Oy (Pekka Keskiaho)

- Huonesäädin Produal Proxima CU  
(Produal Proxima CU tekninen esite. 2019.)
- Huoneyksiköt Produal ROU-S ja RU-D  
(Produal ROU-S tekninen esite. 2019. ja Produal RU-D tekninen esite. 2019.)
- Jäätymisvaaratermostaatti Produal JVS 24  
(Produal Jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 käyttöohje. 2019.)

Belimo Oy (Ulla Nybergh)

- Ilmamääränsäätimet 2kpl., Belimo LMV-D3-MP-F

- (Belimo IMS (LMV-D3-MP-F) tekninen esite. 2019.)
- Peltimoottorit 2 kpl., Belimo LMC24A-SR  
(Belimo Peltimoottori LMC24A-SR tekninen tuote-esite. 2019.)

Kun sopivat laitteet oli onnistuttu löytämään, pystyttiin suunnittelemaan ja piirtämään kenttälaite- ja automaatiolaitteistoille layout-kuvat (liitteet 2 ja 3). Puhaltimet ja lämmönvaihtimet määrittivät tulo- ja poistokanavien koot.

### 3 Rakennusautomaation oppimisympäristön toteutus

#### 3.1 Automaatiotaso: ilmanvaihtokone



Kuva 4 Automaatiotaso

Ilmanvaihtokoneen automaatio-osuus toteutettiin ohjelmoitavalla logiikalla ja siihen liitettävällä IO-moduulilla. Lahjoituksena saatiin seuraavat laitteet: Honeywell Centraline Hawk 8000 logiikka ja Honeywell Centraline mixed IO moduuli CLIOP831A. Laitteet otettiin käyttöön, ja peruslogiikkaohjelma luotiin Honeywellin Centraline NX (Niagara4 framework) -ohjelmointiympäristössä. Kuvassa 4 oppimisympäristön automaatiotasoa.

## Honeywell Centraline Hawk 8000-säädin



**Kuva 5 Ohjelmoitava logiikka Honeywell Centraline Hawk 8000 (Honeywell Centraline Hawk8000. 2019)**

Centraline HAWK 8000 (kuva 5) on täysin ohjelmoitava, sulautettu IoT-säädin sekä rakennuksen laitteiden, väylien ja järjestelmien integrointialusta. Säätimellä voidaan hoitaa rakennusautomaation ohjaus, valvonta, tiedonkeruu, hälytykset, aikataulut sekä verkohallinta. Hawk 8000 -säätimellä rakennuksen järjestelmistä kerätty data voidaan visualisoida html5-nettisivuiksi. Näihin saadaan sitten helposti suora yhteys selaimella joko Ethernetin, WLANin tai internetin kautta. Tallennettu trendidata voidaan jakaa ylöspäin Centraline NX -valvomoon tai muihin järjestelmiin esim. oBix- tai SQL-liitynnöillä. (Honeywell Centraline Hawk 8000 Controller. 2019.)

Lisenssin tälle laitteelle saatiin myös Honeywell Oyltä.

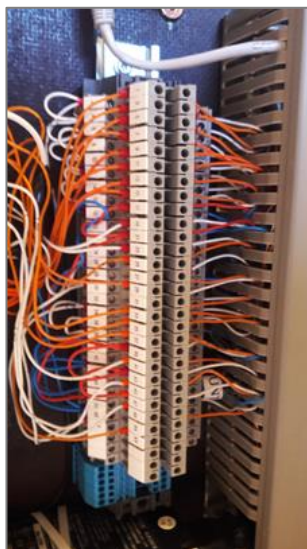
## Honeywell Centraline Mixed IO -moduuli



**Kuva 6 Honeywell Centraline IO -moduuli (Honeywell Centraline Panel Bus I/O Modules Product Data, 2019)**

Centraline CLIOP831A (kuva 6) on IO-moduuli, joka voidaan yhdistää Centraline Hawk 8000 -säätimeen PanelBus-väylän kautta. Moduulissa on kahdeksan analogituloa, kahdeksan analogilähtöä, kuusi 24 V:n rellähtöä sekä kaksitoista digitaalituloa.

## Ilmanvaihtokoneen riviliitin X10



**Kuva 7 Ilmanvaihtokoneen riviliitin X10**

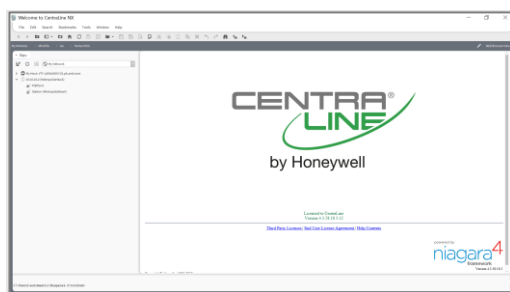
Ilmanvaihtokoneen kentälaitteet kytkettiin automaatiotasolle riviliittimen (X10) kautta, jotta kytkentämuutokset olisivat mahdollisimman helppoja toteuttaa. Samalla ennakoitiin myös ohjelmoitavan logiikan vaihtoa toiseen vastaavaan laitteeseen tarpeen vaatiessa. Kuvassa 7 ilmanvaihtokoneen riviliitin X10.

## Tridium ja Niagara4

Niagara Framework on laajasti maailmalla käytössä oleva ohjelmistoinfrastruktuuri, joka mahdollistaa rakennusautomaation ammattilaisten rakentaa jokaiselle kohteelle juuri niille räätälöityjä automaatiojärjestelmiä. Niagara-ohjelmistokehitysympäristö mahdollistaa myös verkkoselaimella käytettävät valvomosovellukset, joiden avulla mobiililaitteilla voidaan hallita, valvoa ja käyttää rakennusautomaatiojärjestelmiä reaaliajassa kiinteistön lähiverkon tai etänä Internetin yli. Niagara Frameworkin alkuperäinen kehittäjä on Tridium Inc.. Tridium Inc. on yhdysvaltalainen automaatio-ohjelmistoyritys, joka sijaitsee Richmondissa, Virginian osavaltiossa. Tridium Inc. on perustettu vuonna 1995, ja se on marraskuusta 2005 lähtien toiminut riippumattomana Honeywell International Inc. -yrityksenä eli osana globaalia Honeywell-yhtiöryhmää (Tridium. 2019.).

## Centraline NX ohjelmistokehitysympäristö

Centraline NX on Niagaran ohjelmistokehitystyökalu, jolla luodaan kaikki tarvittavat ohjelmistot ja grafiikat ohjelmitaville logiikoille. Kuvassa 8 tämän työkalun aloitusnäkyvä.

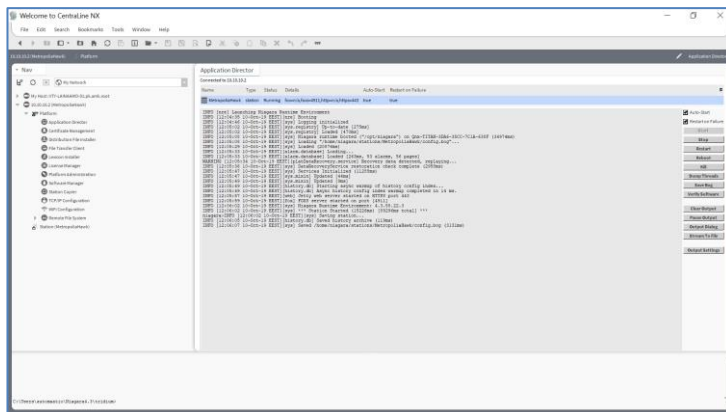


Kuva 8 Centraline NX aloitusnäkyvä



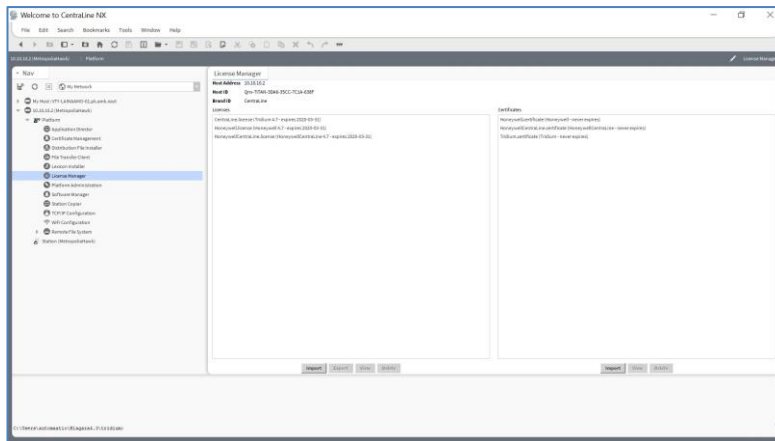
## Platform ja station

Jokaisessa ohjelmoitavassa logiikassa (Centraline Hawk) on jo tehtäällä asennettu ohjelmistoalusta eli platform. Kuvassa 9 nähtävissä ohjelmistoalustan sovellushakemisto.



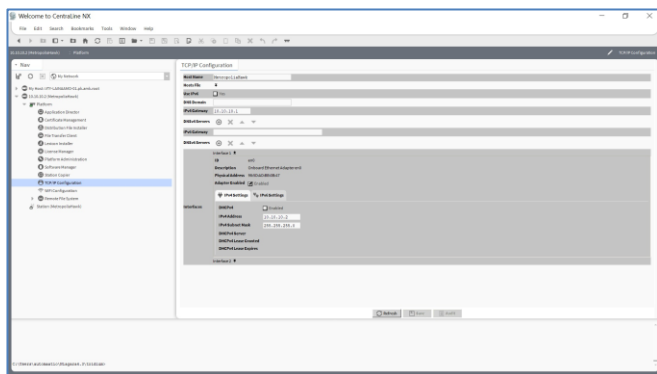
**Kuva 9 Platform sovellushakemisto**

Laitekohtaiset lisenssit asennetaan ja niiden hallinta on ohjelmistoalustan puolella. Kuvassa 10 on lisenssimanageri.



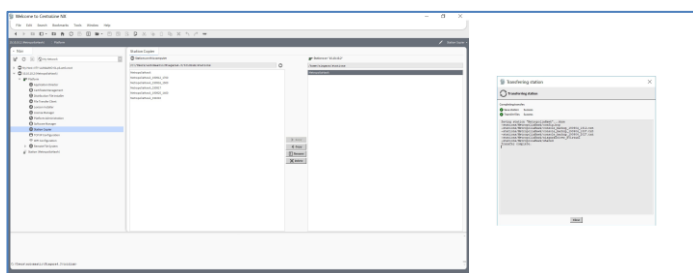
**Kuva 10 Platform lisenssimanageri**

Ohjelmistoalustaan määritellään kaikki tarvittavat ohjelmoitavan logiikan konfiguraatiot eli asetusarvot, esim. laitteen IP-osoite. Kuvassa 11 on ohjelmoitavan logiikan TCP/IP verkkomääritykset.

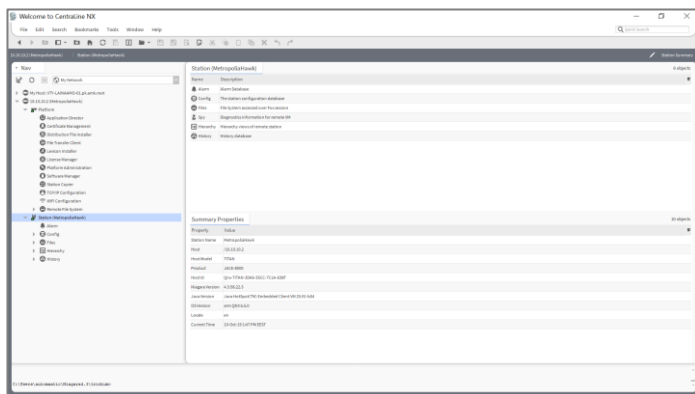


Kuva 11 Platform TCP/IP konfigurointisovellus

Ohjelmistoalustan päälle käynnistetään Niagara-ohjelmistoprojekti eli station. Jokaiselle ohjelmoitavalle logiikalle on luotava manuaalisesti oma projekti ja se sisältää kaikki kyseisessä säätimessä tarvittavat ohjelmat ja grafiikat. Ohjelmistoprojektista otetaan varmuuskopio ohjelmistoalustan puolella. Kopio tallentuu config.bog nimiseksi tiedostoksi. Kuvassa 12 on nähtävissä projektin kopiointisovellus ja kuvassa 13 on projektin eli stationin aloitusnäky (Honeywell Terminology. 2019.)

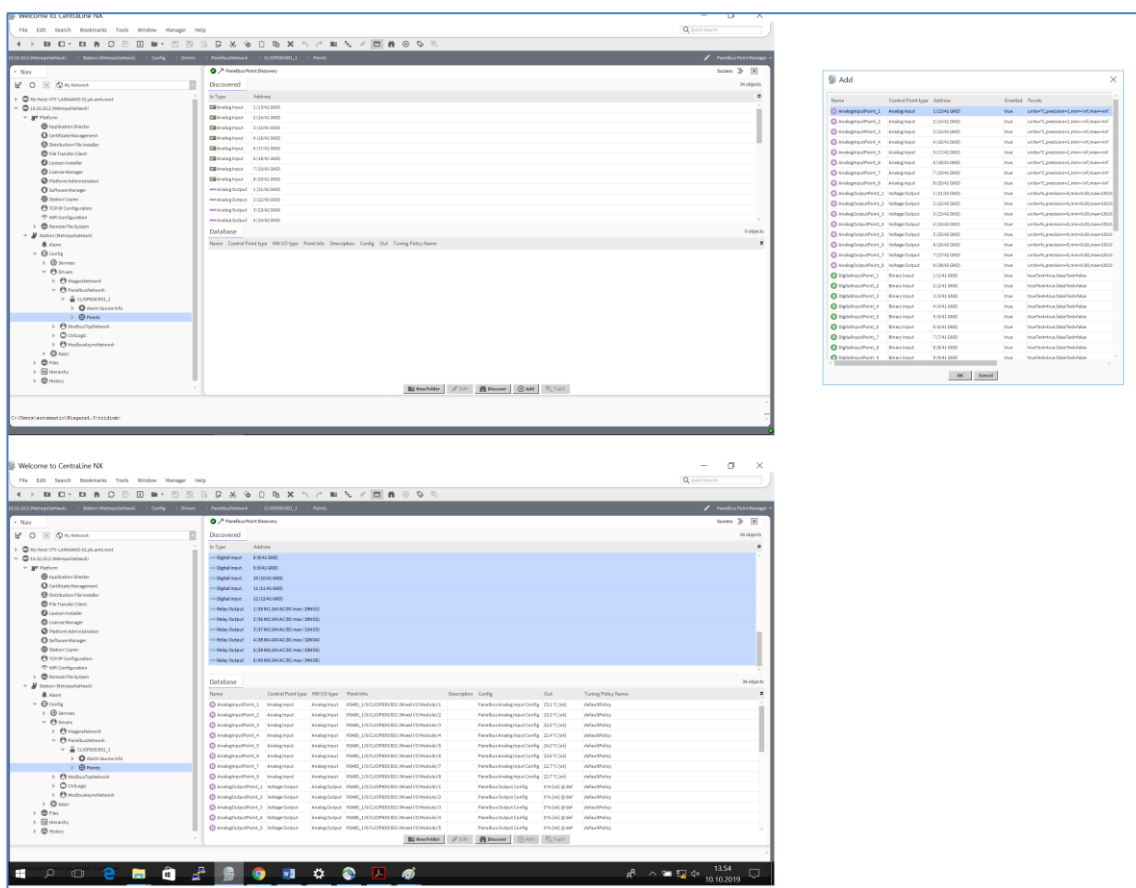


Kuva 12 Platformin projektinkopiointisovellus

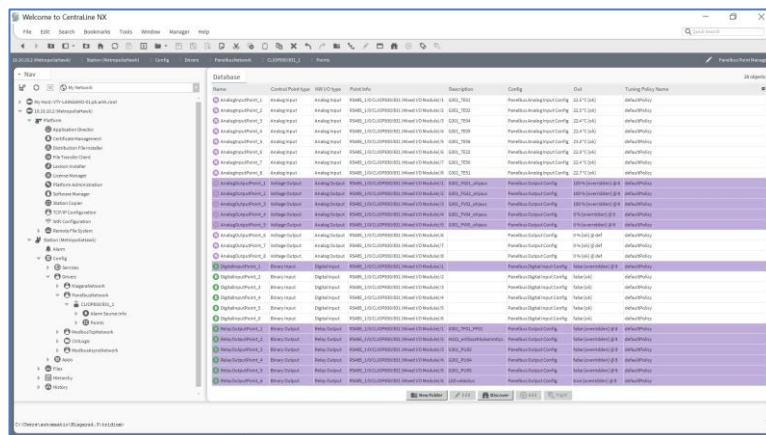


Kuva 13 Station-aloitusnäykä

Ohjelmoitavaan logiikkaan kytketyn IO-modulin (tässä tapauksessa panelbus-väylän kautta) kenttälaitteiden pisteet haetaan discover-toiminnallisuutta käyttäen projektiin mukaan points-hakemistoon (väyläajurin alle), kuten kuvista 14 ja 15 on nähtävissä.

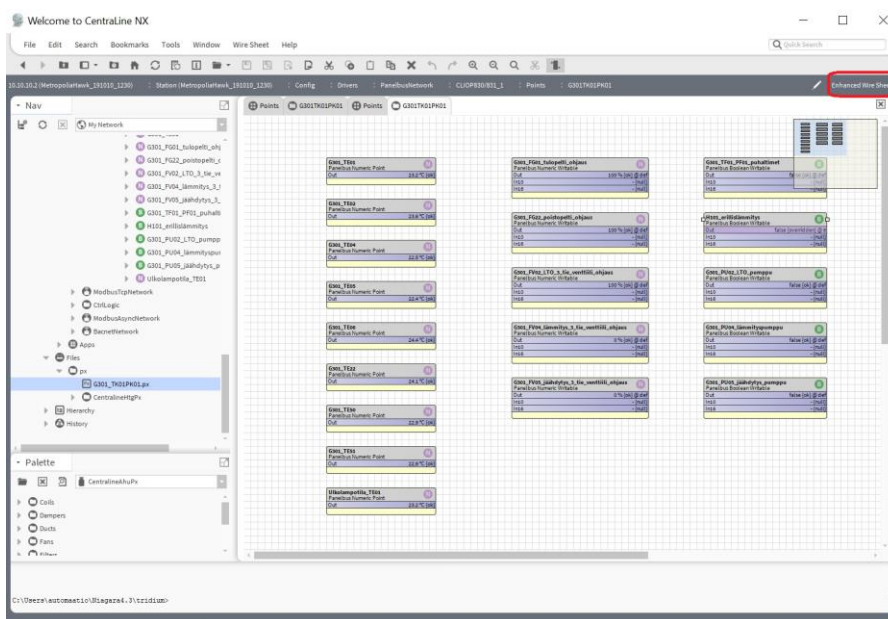


Kuva 14 Station: Panelbus (IO-moduli) pisteiden haku discover-toiminnolla



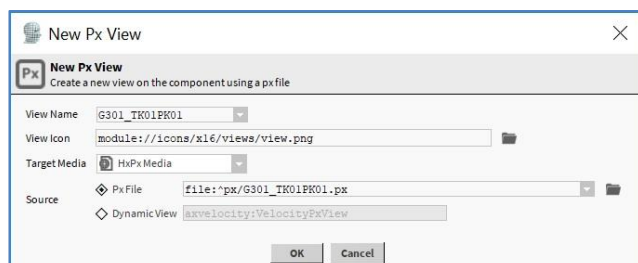
Kuva 15 Station IO-modulin (IV-kone) pisteet

IO-pisteille täytyy luoda omaan kansioon (tässä tapauksessa ilmanvaihtokoneen (G301TK01PK01) mukaan nimetty kansio panelbus/points -kansiossa) myös vastaavat function blockit eli ohjelmalohkot. Tämä onnistuu ”Enhanced Wire Sheet” näkymässä. Parhailtaan käytössä oleva näkymätyyppi on tarkistettavissa oikeasta yläkulmasta. Kuvassa 16 on luotu ilmanvaihtokoneen IO-pisteitä vastaavat ohjelmalohkot kyseiseen kansioon.



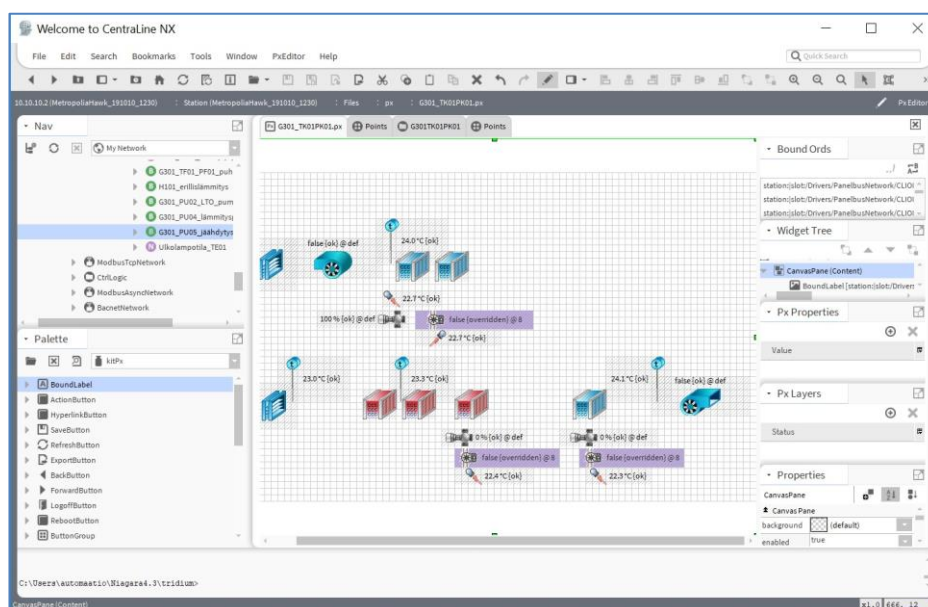
Kuva 16 Ilmanvaihtokoneen IO-pisteet Enhanced Wire Sheet näkymässä

Jotta kenttälaitteet/pisteet saadaan esitettyä myös graafisesti esim. selaimella, on luotava myös graafinen näkymä eli "Px view". Tämä saadaan aikaiseksi "NewView"-toiminnolla. Kuvassa 17 luodaan tämä uusi graafinen näkymä.



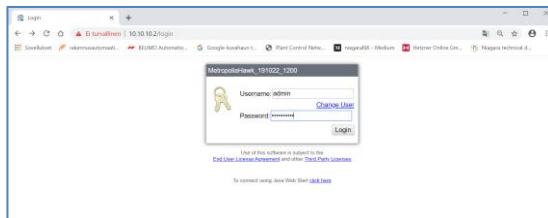
Kuva 17 Graafisen näkymän (Px view) luonti

Graafista näkymää (Px view) voidaan muokata "Px editor"-tilassa. Graafiseen näkymään saadaan luotua ohjelmalohkoja vastaavat graafiset objektit eli "widgetit". Objektit luodaan yksinkertaisesti raahaamalla ohjelmalohkot yksitellen "Canvasalle". Kuvassa 18 esitetään pelkistetyt ilmanvaihtokoneen pisteet graafisina objekteina.



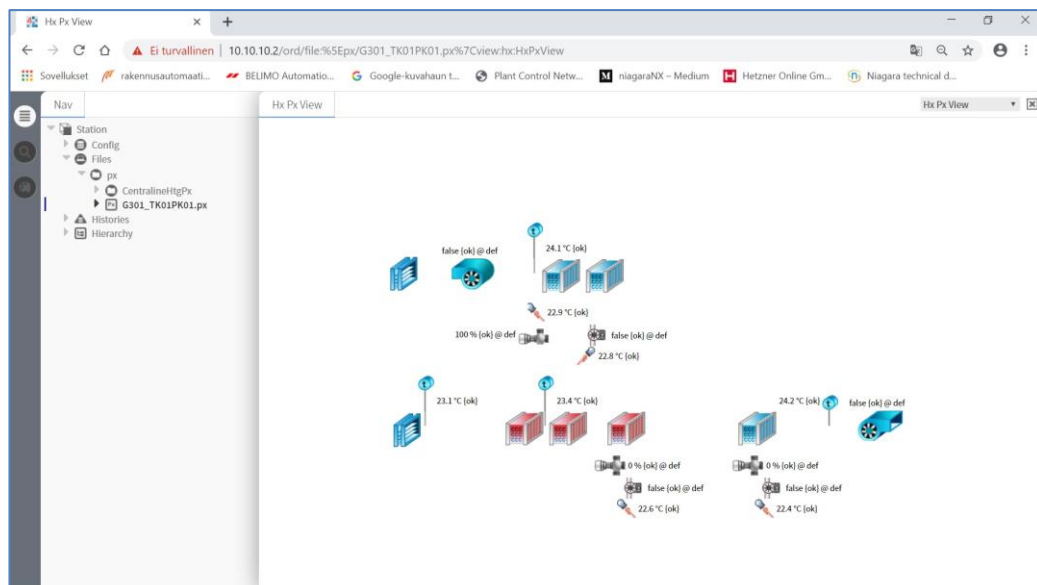
Kuva 18 Ilmanvaihtokoneen graafinen näkymä Centraline NX PX editorissa

Ohjelmoitavalle logiikalle voidaan ottaa yhteys suoraan verkkoselaimella laitteen IP-osoitteeseen (<https://xxx.xxx.xxx.xxx>). Kuvassa 19 on sisäänkirjautuminen ohjelmoitavalle logiikalle.



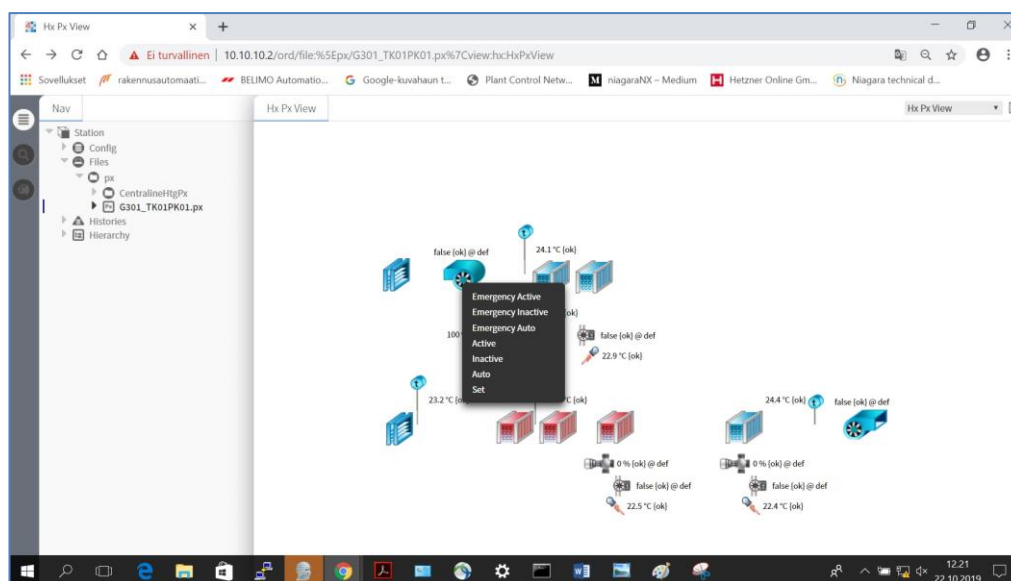
**Kuva 19 Selaimella sisään kirjautuminen ohjelmoitavalle logiikalle**

Kuvassa 20 verkkoselaimeen avautuvalta NAV-välilehdeltä hakemistopuusta (station/Files/Px/) löytyy äsken luotu graafinen näkymä (px-tiedosto).



**Kuva 20 Ilmanvaihdon graafinen näkymä selaimella**

Kuvassa 21 graafista objekta ohjataan suoraan verkkoselaimesta käsin



Kuva 21 Parametrien asettelua graafiselta näkymältä

### 3.2 Kenttätaso: ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneella tarkoitetaan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ilmaa kierrättävää laitetta. Koneellisessa ilmastoinnissa ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistokanavien puhaltimilla saadaan aikaan ilmanpaine, jonka avulla voidaan kuljettaa puhdasta/tuoretta korvausilmaa ulkoa rakennuksen sisätiloihin sekä samalla poistaa jäteilmaa ulos. Näin saadaan rakennuksen sisäilma pysymään laadultaan mahdollisimman hyvänä, vaikka sen käyttöaste ja muutkin käyttöolosuhteet vaihtelevat eri vuorokauden ajan /viikoppäivän /vuodenajan mukaan. Kuvassa 22 Ilmanvaihtokone on toteutettuna suunnitelman mukaisin osin (Ilmanvaihtokone. 2019).



Kuva 22 Kenttätaso Ilmanvaihtokone G301TK01PK01

Tulo- ja poistokanavat sekä puhaltimet ja pellit

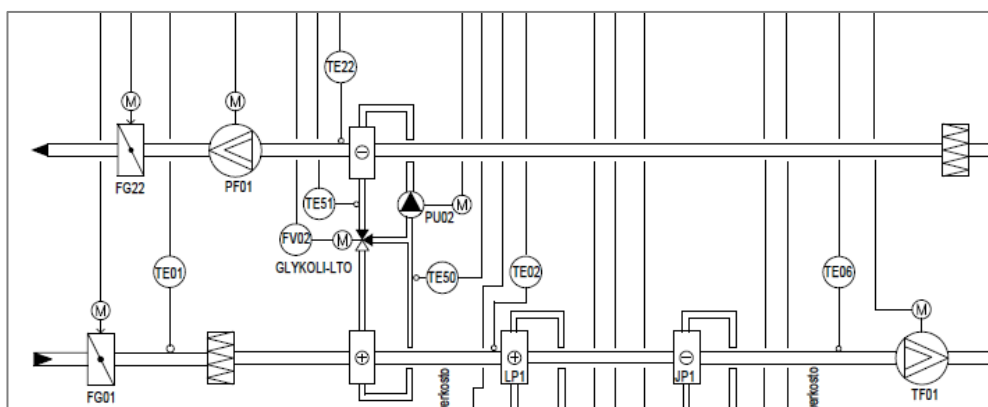
Ilmanvaihtokoneen osuudella tulo- ja poistoilmakanavat toteutettiin leikkaamalla layout-kuvan (liite 2) mukaiset kappaleet filmivanerista (vaneri filmi/viira FXA 12 x 1250 x 2500 mm. 2019.) ja polykarbonaatti-levystä (Polykarbonaattilevy (pleksi) 3 mm 950 x 1250 mm. 2019.) ja kasaamalla ne ruuveilla yhteen. Puhaltimet ja lämmönvaihtimet asennettiin kanaviin jo säätökaaviossa määriteltyyn järjestykseen (kuva 23). Lämmöntalteenotto toteutettiin tuplapattereilla säätökaaviosta poiketen (liite 1). Tulo- ja poistokanavien osuudet, jotka menevät huonesäätöosaan (H101) ilmanvaihtokoneelta sekä kanavien alkupäät, joihin tehtiin pellit (kuva 24), toteutettiin harmaalla muovisella viemäriputkella (halkaisija 50 mm) (Viemäriputki. 2019. ja Viemäriputki, jatkos. 2019). Kaikissa materiaalivalinnoissa pyrittiin keveyteen sekä kestävyteen. Kanavat päällystettiin vielä pellin-paloilla, jotta ilmanvaihtokone näyttäisi edes auttavasti esikuvaltaan.

Tulo- ja poistoilmapuhaltimet käyvät vakioteholla. Niitä ohjataan 12 V:n relelähdoillä, koska käytävissä ei ollut tarpeeksi tehokkaita analogisia lähtöjä Centraline IO-moduulissa, että olisi voitu portaattomasti säätää puhaltimien pyörimisnopeutta. Tulo- ja poistokanavien peltejä voidaan kuitenkin hyödyntää tähän ilmamäärien säätöön kanavissa. Peltejä voidaan säätää analogisilta tuloilta 0– 10 V eli portaattomasti auki-kiinni (0– 100 %).



## Ilmanvaihtokoneen kanavalämpötilamittaukset

Lämpötila-anturi TE01 mittaa ulkoa tulevan ilman lämpötilaa tulokanavan alussa. Seuraava mittauspiste on lämpötila-anturi TE02, jolla mitataan tuloilman lämpötilaa heti nestekiertoisen lämmöntalteenoton jälkeen ja samalla lämpötilaa ennen tuloilmakanavan lämmityspatteria. Tätä lämpötilamittausarvoa hyödynnetään jäätymisvaaratermostaalle. Kolmas mittauspiste on lämpötila-anturi TE06 ilmanvaihtokoneen tuloilmakanavan loppupäässä. Tämän lämpöisenä tuloilma päätyy huonesäätöosaan H101. Poistoilmakanavasta mitataan poistoilman lämpötilaa lämpötila-anturilla TE22 nestekiertoisen lämmöntalteenoton jälkeen. Tämä on jäteilman lopullinen lämpötila, joka poistuu ilmanvaihdosta ulos.



Kuva 23 Tulo- ja poistokanavat osuus säätökaaviosta (liite 1)



Kuva 24 Pelti ja peltimoottori

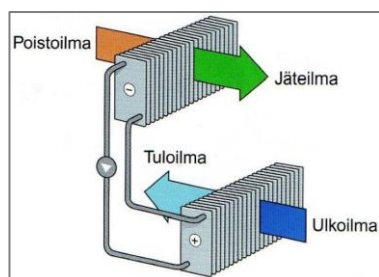
## Lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla tarkoitetaan talotekniikan järjestelmää tai laitetta, joka hyödyntää poistoilman sisältämää lämpöenergiaa siirtäen sitä takaisin tuloilmaan, ja se on osa ilmanvaihtokonetta.

Lämmöntalteenotolla voidaan parantaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuutta, jolloin säästetään lämmityskustannusten pienentyessä selvää rahaa ja aiheutetaan myös vähemmän kuormitusta ympäristölle eli ilmanvaihdon lämmöntalteenotto on todella merkittävä talotekninen ratkaisu nyt ja tulevaisuudessa.

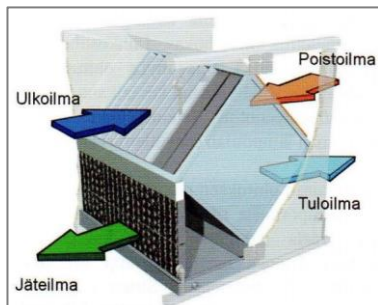
Lämmöntalteenotto (LTO) perustuu lämmönsiirtimien läpi virtaavien aineiden lämpötilaeroihin. Lämmöntalteenottojärjestelmiä on kahdenlaisia, neste- ja ilmakiertoisia. Näillä erityyppisillä toteutuksilla saatavat hyötysuhteet vaihtelevat seuraavasti.

Nestekiertoiset 40– 60 %, kuvassa 25 on esitetty nesteen, että ilmankierto vesi-glykoli LTO:ssa.



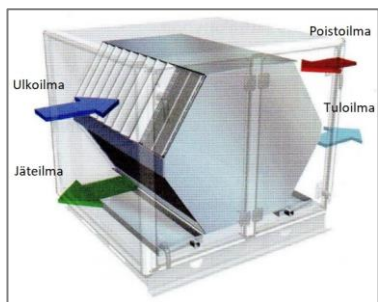
Kuva 25 Nestekiertoinen LTO (Sandberg. 2014)

Ristivirtalevy­lämmönsiirtimet 50– 70 %, kuvassa 26 on esitetty ilman kulku ristivirtalevy­lämmönsiirtimessä



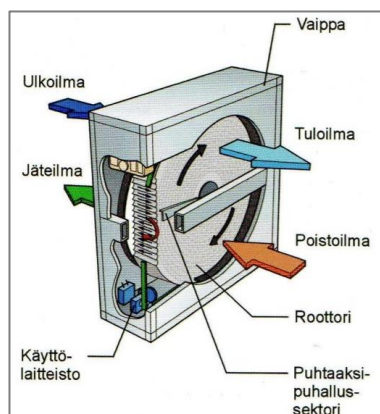
**Kuva 26 Ristivirtalevy LTO (Sandberg. 2014)**

Vastavirtalevy­lämmönsiirtimet 60– 80 %, kuvassa 27 nähdään tämän tyyppisen LTO:n toimintaperiaate.



**Kuva 27 Vastavirtalevy LTO (Sandberg. 2014)**

Regeneratiiviset lämmönsiirtimet 60– 80 %, josta on esimerkki kuvassa 28 nk. kiekko-LTO:n muodossa (Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. 2019.).



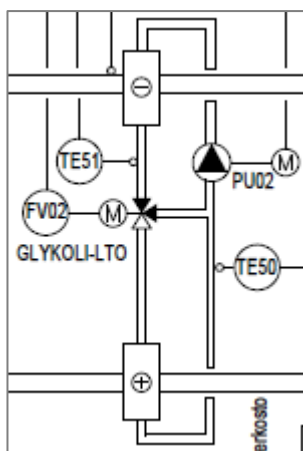
Kuva 28 Kiekko LTO (Sandberg. 2014)

Parhaimpaan energiatehokkuuteen eli hyötysuhteeseen päästään regeneratiivisellä lämmöntalteenotolla, tällainen on kiekko-LTO, jossa tulo- ja poistoilmakanavien välissä pyörivällä LTO-kiekolla pystytään siirtämään poistoilmasta lämpöenergiaa tuloilman puolelle. Heikoimpaan hyötysuhteeseen päästään nestekiertoisella lämmöntalteenotolla, mutta sen tuoma energian säästö on kuitenkin todella merkittävä. (Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. 2019.)

Nestekiertoiset lämmöntalteenotot ovat toteutettu tyypillisesti vesi-glykoli-seoksella. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton etuna on, että sellaisen voi sijoittaa myös ilmanvaihtokoneeseen, jonka tulo- ja poistokanavat eivät ole samassa tilassa. Myös ravintoloissa tämä LTO tyyppi on ainoa vaihtoehto, koska keittiössä poistoilmaan kertyvä kosteus ja rasva tukkivat muut LTO vaihtoehdot.

Rakennusautomaation oppimisympäristöön ilmanvaihdon lämmöntalteenotto toteutettiin nestekiertoisella laitteistolla. Tulo- ja poistokanavissa on lämmönvaihdin parit, joiden läpi ilmavirtaa. Lämmönvaihtimien väliin on toteutettu vesi-glykoliseoksella täytetty suljettu kiertovesipiiri. Kiertovesipumppu (PU02) pumppaa vakionopeudella nestettä piirissä eli poistokanavien lämmönvaihtimilla on kierto aina, kun pumppu on käynnissä. 3-tie venttiilillä (FV02) voidaan säätää lämmöntalteenottoa. Kun venttiili on kiinni-asennossa, kulkee virtaus ainoastaan poistupuolen lämmönvaihtimilla eli tällöin ei siirretä lämpöenergiaa talteen tuloilmaan. Ja kun venttiili on auki-asennossa, pääsee neste virtaamaan myös tuloilmakanavassa oleville lämmönvaihtimille, jolloin saadaan tuloilmaan siirrettyä

poistoilmakanavan lämpöenergiaa talteen. Venttiilillä voidaan säätää lämmöntalteenottoa portaattomasti. Kiertovesipiiristä mitataan nesteen lämpötiloja kahdesta kohdasta. Ensimmäinen lämpötila-anturi (TE50) mittaa poistokanavalle menevän nesteen lämpötilaa ja toinen lämpötila-anturi (TE51) mittaa sieltä tulevan nesteen lämpötilaa. Näillä kahdella mittauksella saadaan selville nesteen lämpötilan nousu poistokanavan lämmönvaihdinten luovuttaessa siihen jäteilman lämpöenergiaa. Kuvassa 29 näkyvät nestekierroksen lämmöntalteenoton osat ja kuvassa 30 3-tie venttiili ja sen toimilaitte eli venttiilimoottori.



Kuva 29 Lämmöntalteenotto-osuus säätökaaviosta (liite 1)



Kuva 30 Venttiilimoottori ja 3-tie venttiili (Honeywell 3-tie venttiili VBG3-15-0.63 tekninen esite. 2019)

## Kanavalämmitys- ja jäähdytys, Ilman käsittely

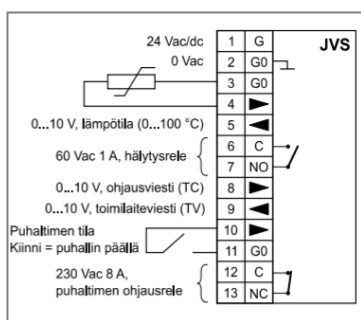
Tuloilmakanavaan on toteutettu vesikiertoiset lämmitys- ja jäähdytyspiirit. Ne havainnollistavat rakennukseen tulevien kaukolämmitys- ja kaukokylmäverkoston käyttöä tuloilman käsittelyssä ilmanvaihtokoneessa. Molemmat piirit on toteutettu säädettävänä LVI-yksikköprosesseina. Säiliöihin G101 ja G401 on tarkoitus laittaa suoraan vesijohtoverkostosta lämmin ja kylmävesi. Hanasta saatavat lämmin käyttövesi on lämpötilaltaan yli +55 0C (legionella bakteerin takia) ja kylmäkäyttövesi alle +20 0C. Molemmissa piireissä kiertovesipumppu (lämmitys: PU04 ja jäähdytys: PU05) pumppaa verkoston vettä tuloikanavan lämmönvaihtajalle, jonka läpi tuloilma kulkee ja samalla sitä lämmitetään tai jäähdytetään. Kiertovesipumput on mitoitettu maksimissaan +60 0C asteiselle vedelle. Kiertovesipumput käyvät vakionopeudella (12V relelähdöt), kun ovat käynnissä. Molemmissa piireissä 3-tie venttiileillä (lämmitys: FV04 ja jäähdytys: FV05) voidaan portaattomasti (0-10V analogialähdöt) säätää lämmityksen- ja jäähdytyksen tehoa (0-100%). Kun venttiilit ovat kiinni-asennossa ei piirin vesi kierrä lämmönvaihtimelle asti vaan kääntyy takaisin säiliölle päin jo venttiilin kohdalla. Ja kun venttiilit ovat auki-asennossa kulkee piirin vesi säiliöltä lämmönvaihtimelle ja takaisin. Näissä lämmitys- ja jäähdytyspiireissä mitataan säiliöiltä lähtevää nesteenlämpötilaa lämpötila-antureilla lämmitys: TE04 ja jäähdytys: TE05.

## Jäätymisvaara

Jäätymisvaaratermostaattilla, joka kuvassa 31, valvotaan ja tarvittaessa säädetään ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin paluuveden lämpötilaa (tässä laitteistossa TE04, kts. liite 1 säätökaavio) ja näin voidaan estää vesipatterin jäätyminen. (Produal jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 tekninen esite. 2019.). Jäätymisvaaratermostaatin kytkentäkaavio kuvassa 32.



Kuva 31 Jäätymisvaararele



Kuva 32 Produe JVS24 jäätymisvaarareleen kytkentäkaavio (Produe jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 käyttöohje. 2019)

Jäätymisvaaratermostaattilla on todella tärkeä tehtävä ilmanvaihtokoneessa. Jos vesipatteri pääsisi jäätymään olisi seurauksena todennäköisesti vesivuoto, joka aiheuttaisi vesivahingon. Koska ilmanvaihtokoneiden konehuoneet sijaitsevat rakennusten yläkerroksissa, voi tällainen jäätymisestä aiheutunut vesivahinko aiheuttaa merkittävät kulut, kun joudutaan kuivaamaan ja uusimaan rakenteita useassa kerroksessa. Usein jäätymisvaara on suurimmillaan talviöinä (jos ilmanvaihtokone silloin käy) ja talvisaamuisin (jos ilmanvaihtokone käynnistetään yön pysäytyksen jälkeen kalenteriohjauksella taas päivän ajaksi).

Jäätymisvaarasuojaus voidaan toteuttaa myös ohjelmallisesti tekemällä ilmanvaihtokoneen logiikkaohjelmaan vastaava toiminnallisuus, jonka jäätymisvaaratermostaatti oikein kytkettynä toteuttaa. Ohjelmallinen toteutus ei ole yhtä varma toiminnaltaan kuin elektroniikalla toteutettu vaihtoehto. Jäätymisvaaratermostaatti on myös mentävä kuit-

taamaan paikan päälle ilmanvaihtokonehuoneeseen sen lauettua, jolloin tulee väistämättä tarkistettua konehuoneessa, että kaikki on siellä kunnossa ennen kuin ilmanvaihtokone uudelleen käynnistetään.

### 3.3 Automaatiotaso: huonesäätö

Nykyaikaisessa rakennuksessa on tarpeita hallita huone- ja aluekohtaisia lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtolaitteita huonesäätimillä. Tällaisiin säätimiin on mahdollista eri väylätekniikoilla yhdistää muidenkin rakennuksen järjestelmien laitteita esimerkiksi palopeltejä, jotka ovat osa paloilmoitusjärjestelmää.

Huonesäätimiä on kahta eri tyyppiä laitevalmistajan laitteita sekä rakennusautomaatiourakoitsijan omia laitteita. Rakennusurakoitsija tyypillisesti kytkee huonesäätimet suoraan valvonta-alakeskukseen tai valvomoon rakennusautomaation omalla tiedonsiirtoprotokollalla ja laitevalmistaja taas hyödyntää huonesäädinyhteyksissä jotakin yleisimmistä kenttäväyläprotokollista (esim. Modbus tai BACnet). Huonesäädinten valinta kannattaa sisällyttää rakennusautomaatiourakoitsijan urakkaan, jolloin tämä taho on vastuussa huonesäädinten yhteen sopivuudesta muun rakennusautomaatiojärjestelmän suuntaan (Eklund Kim. 2018.).

#### Huonesäädin Pro dual Proxima CU

Produalin Proxima <sup>TM</sup> CU -huonesäätö-ohjausyksikkö (kuva 33) on suunniteltu edistyneille huonesäätösovelluksille, jotka vaativat enemmän toimintoja kuin perinteiset ohjaimet pystyvät tarjoamaan. Se tukee seuraavia tiedonsiirtoprotokollia: Modbus RTU, Modbus TCP, BACnet MSTP ja BACnet IP. Proxima-huonesäädin on rakennettu Produalin omalle PUMP <sup>TM</sup> -alustalle ja sitä voidaan laajentaa lisämoduuleilla

Proxima CU -yksikössä on kaksi erillistä ohjaussilmukkaa sekä erillinen kaskadisäädin. Huonesäätimessä on kolme erilaista ohjaustapaa energiansäästöön liittyen. Sen IO-lähdöt, asetuspisteet sekä ohjaussilmukan kuollut alue voidaan konfiguroida erikseen jokaiselle käyttötavalle.



Huonesäätimen IO-lähdöt tukevat 0– 10 VDC:n, sekä 0– 20 mA:n ohjauksia. Siinä on 24 VAC:n toimilaitteita varten omat IO-lähdöt, kuten lämmitys, jäähdytys, 6-tieventtiin ohjaus, tuulettimen nopeus tai ilmamääränsäädin (VAV).

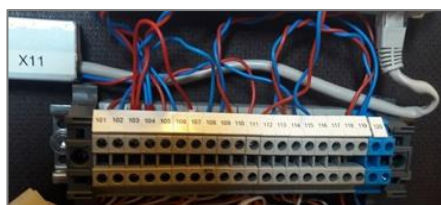
Ohjausyksikön IO-tulot tukevat passiivisia NTC10- tai PT1000/2000-antureita, sekä 0– 10 VDC:n tulosignaaleja. Tulotoiminnot voidaan valita erikseen jokaiselle syötteelle, ilman lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden ja kosteuden mittaamiseen tai kosketustoimintoihin.

Yhteen Proxima CU -huonesäätimeen on mahdollista kytkeä enintään kaksi Proximal Proxima™ -tuoteperheen RU/ROU -huoneyksikköä, joilla voidaan ohjata kahta eri huonetta samasta yksiköstä.



**Kuva 33 Huonesäädin Proximal Proxima CU/TC (Proximal Proxima CU - multifunctional control unit. 2019)**

Huonesäädön riviliitin X11

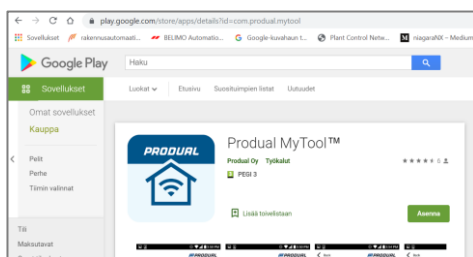


**Kuva 34 Huonesäädön riviliitin X11**

Huonesäädön kenttätason huoneyksikkö sekä ilmamääränsäätimet kytkettiin automaattiasetustasolle riviliittimen (X11) kautta. Riviliittimessä on mahdollista tehdä kytkentämuutoksia ja tarpeen vaatiessa myös huonesäätimen, ja kenttälaitteiden vaihdot onnistuvat helposti. Riviliitin X11 näkyy kuvassa 34.

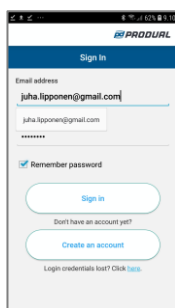
### Huonesäädön käyttöönottosovellus - Produal My Tool

Produalin Proxima CU huonesäädin konfiguroidaan ja otetaan käyttöön Android-puhelimeen asennettavalla sovelluksella Produal MyTool. Samalla sovelluksella voidaan tehdä myös ohjelmistopäivitykset. Kuvassa 35 Produal MyTool -sovelluksen asennus GooglePlay-sovelluskaupasta.



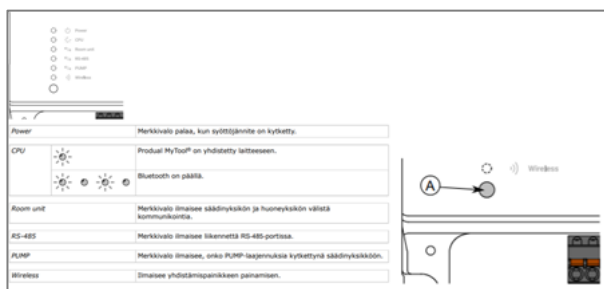
**Kuva 35 Produal MyTool -sovellus GooglePlay sovelluskaupassa (Produal MyTool. 2019)**

Huonesäätimen Android-sovelluksen käyttö aloitetaan rekisteröitymällä Produalin My-Cloud -pilvipalveluun "Create an account"-painiketta painamalla. Sähköpostiin tulee rekisteröitymisvahvistusviesti (noin 15 minuutin kuluessa) ja onnistuneen vahvistuksen jälkeen voi jatkaa itse sisään kirjautumiseen Produalin pilvipalveluun rekisteröitymisen yhteydessä saaduilla tunnuksilla (kuvassa 36).



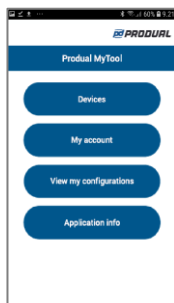
**Kuva 36 Produal MyTool kirjautumissivu**

Onnistuneen kirjautumisen jälkeen voidaan yrittää yhteyden muodostusta itse huonesäätimeen. Bluetooth tulee aktivoida huonesäätimessä painamalla hetki säätimen etupuolella olevaa upotettua painiketta A kuvassa 37 (esim. kynällä) ”wireless” led vilahtaa Bluetoothin aktivoitumisen merkiksi.

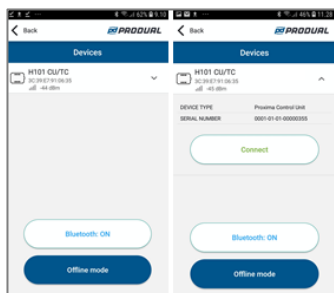


**Kuva 37 Produa Proxima CU huonesäätimen etupuolen statusledit ja Bluetooth aktivointipainike (Produa MyTool käyttöohje. 2019)**

Seuraavaksi aukeaa Produa MyTool -sovelluksen etusivu, joka on kuvassa 38. ”Devices” -painikkeella päästään laitelistaan, jossa näkyvät lähellä olevat Bluetooth-yhteydelliset Produalin huonesäätimet (ks. kuva 39).

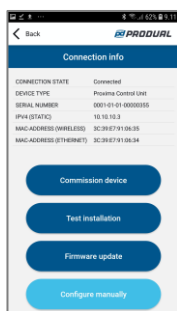


**Kuva 38 Produa My Tool: aloitus-sivu**



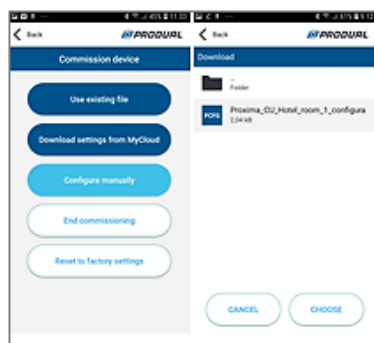
Kuva 39 Proidual My Tool: laitelista

Yhteys huonesäätimeen muodostetaan painamalla ”Connect”-painiketta, joka näkyy myös kuvassa 39. Kun yhteys säätimeen on muodostettu ”Connection info”-välilehdeltä selviävät kyseisen säätimen tiedot ja parametrit (kuva 40).



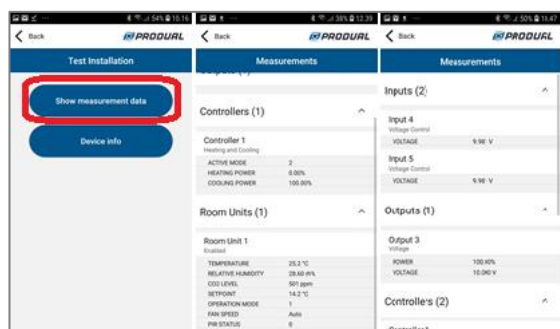
Kuva 40 Proidual My Tool: Connection info välilehti

Sovelluksen ”Connection Info”-välilehdeltä (kuva 40) on mahdollisuus siirtyä huonesäätimen ohjattuun käyttöönottoon, joka löytyy painikkeen ”Commission Device” alta, ”Test installation”-painikkeella taas pääsee tutkimaan IO-lähtöjen/tulojen parametrejä ja säätösilmukoiden toimintaa sekä huoneyksiköiden anturien mittaamia arvoja. Huonesäätimen ohjelmistopäivitys löytyy ”Firmware update”-painikkeen alta ja manuaalinen konfigurointi taas ”Configure manually”-painikkeesta.



**Kuva 41 Proidual My Tool: Commission Device välilehti ja valmiin konfiguraatitiedoston valinta**

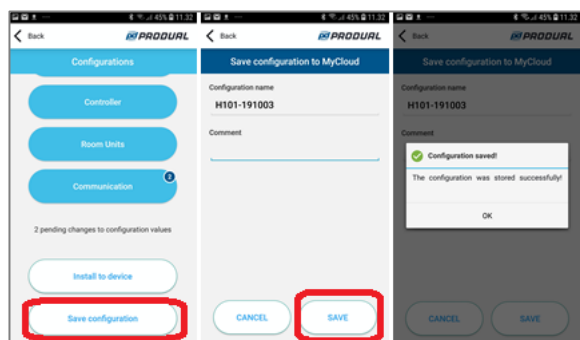
Huonesäätimen ohjattu konfigurointi (kuva 41) antaa mahdollisuuden käyttää jo olemassa olevaa konfiguraatitiedostoa Android-puhelimen muistista ”Use existing file” tai voidaan hyödyntää myös Proidualin MyCloud-pilvipalvelussa olevaa konfiguraatiota tai tehdä konfiguroinnit kokonaan manuaalisesti (”Configure manually”). Täältä välilehdeltä voidaan palauttaa myös alkuperäiset tehdasasetukset huonesäätimeen ”Reset to factory settings” sekä lopettaa konfigurointi sen valmistuttua (”End commissioning”).



**Kuva 42 Proidual My Tool: Huonesäätimen IO-pisteiden tilojen katselu**

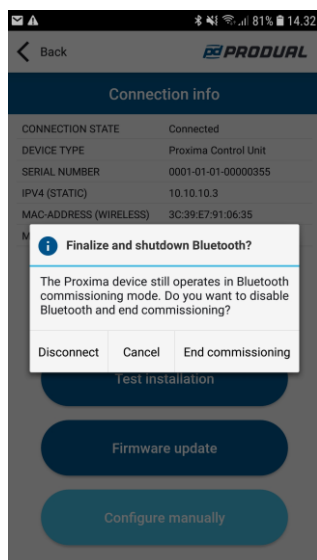
Huonesäätimen IO-pisteitä ja niiden tiloja voidaan tarkastella ”Show measurement data” -välilehdeltä (kuva 42).

Huonesäätimeen konfiguroidut parametrit voidaan tallentaa Proidual MyCloud -pilvipalveluun tämän sovelluksen avulla ja näin on myös varmuuskopio olemassa varmassa paikassa. Kuvassa 43 tehdään parametritiedoston onnistunut tallennus Proidual MyCloud -pilvipalveluun.



Kuva 43 ProduAL Proxima CU huonesäätimen konfiguroinnin tallennus pilvipalveluun

MyTool -sovelluksesta kirjaudutaan hallitusti ulos (ks. kuva 44) Connection-Infosivun kautta. Painetaan "BACK"-nuolta ja valitaan joko "End commissioning" tai "Disconnect". Erona näillä on, että "End commissioning"-vaihtoehto sammuttaa myös Bluetoothin huonesäätimestä, mutta "Disconnect" jättää sen päälle. Jos yhteys halutaan muodostaa uudelleen huonesäätimeen, on Bluetooth aktivoitava uudelleen kuten kuvassa 37 on esitetty.



Kuva 44 ProduAL MyTool uloskirjautuminen

### 3.4 Kenttätaso: huonesäätö



**Kuva 45 Kenttätaso huonesäätö H101**

#### Huoneyksikkö Proximal Proxima ROU-S

Proximalin Proxima ROU-S huoneyksikkö, joka kuvassa 45, on suunniteltu käytettäväksi välikattoon asennettavan Proximal Proxima CU -huonesäätimen kanssa. Nämä molemmat laitteet kuuluvat Proximalin Proxima -tuoteperheeseen.

Huoneyksikkö ROU:n perusmalli sisältää lämpötilamittauksen, ja optiona on mahdollista ostaa myös muita mittauksia, esim. hiilidioksidipitoisuus QE, ilman suhteellinen kosteuden ME sekä liikkeentunnistuksen PIR.

Huoneyksikössä on 3,5":n (320 x 240 px) kosketusnäyttö. Kosketusnäytön painikkeiden kautta voidaan asettaa lämpötilan asetusarvo, puhaltimen nopeus ja läsnäolotieto sekä säätää taustavalon voimakkuutta. Kuvassa 46 on lämpötilan asetusarvoa poikeutettu niin, että lämmitys on päällä ja kuvassa 47 jäähdytys. (Proximal ROU-S tekninen esite. 2019.).



Kuva 46 Huoneyksikkö ROU-S lämmitys tilassa



Kuva 47 Huoneyksikkö ROU-S jäähdytys tilassa

### VAV-järjestelmä

Muuttuvilmavirtajärjestelmällä eli VAV-järjestelmällä tarkoitetaan tyypillisesti huonekohtaista ilmavirransäätöjärjestelmää. Termi VAV tulee englannin kielestä ja on lyhenne sanoista Variable Air Volume System. Suomessa käytetään tästä aiheesta termejä MIV (muuttuvilmavirta), IVS (ilmavirtasäätin) sekä IMS (ilmamääräsäätin). (Sandberg. 2014.)

Tässä rakennusautomaation oppimisympäristössä toteutettiin ilmamääräsäätin VAV-järjestelmä tulo- ja poistupuolen ilmamääräsäätimin. Ilmamääräsäätimet ovat huonesäädön säätöpiirin 1 ohjaamia (0– 10VDC). Kuvassa 48 on nähtävissä tulopuolen ilmamääränsäädin.





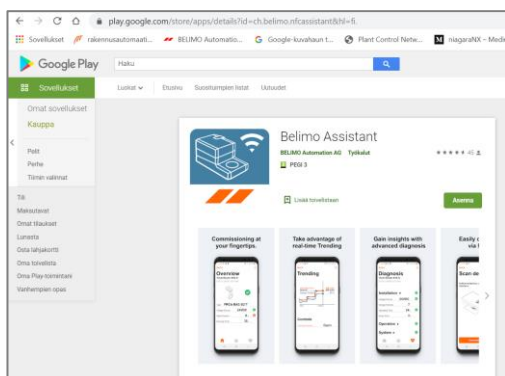
**Kuva 48 Ilmamääräsäädin IMS**

### Ilmamääränsäädin IMS Belimo LMV-D3-MP-F

Belimo LMV-D3-MP-F on kompakti ilmamääränsäädin, jossa on integroitu paineanturi sekä pellin toimilaite. Ilmamäärän säädin tukee molempia VAV- ja CAV-järjestelmävaihtoehtoja. Ilmamääränsäädin ohjaus alueella 0/2– 10 VDC tai vaihtoehtoisesti MP-väylän kautta. Laitteessa on tuki myös NFC-yhteydelle.

### Ilmamääränsäätimen käyttöönottosovellus - Belimo Assistant

Belimon ilmamääränsäädin konfiguroidaan ja otetaan käyttöön Android-puhelimeen asennettavalla sovelluksella, Belimo Assistant. Kuvassa 49 on Belimo Assistant -sovelluksen asennus GooglePlay-sovelluskaupasta.



**Kuva 49 Belimo Assistant -sovellus GooglePlay-sovelluskaupassa (Belimo Assistant. 2019)**

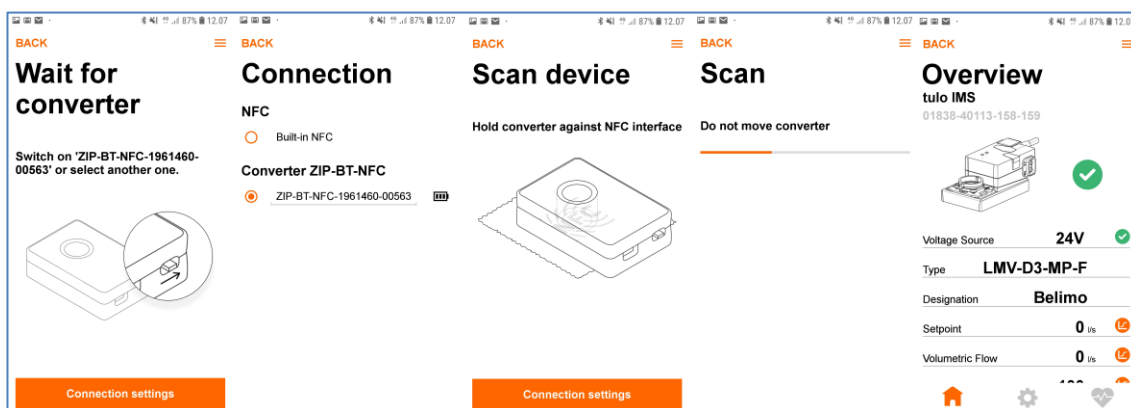
Yhteys Android-puhelimen ja Belimon ilmamääränsäätimen välille muodostetaan NFC-tekniikkaa hyödyntäen. Jos puhelimen Android-versio on uudempi kuin 8.0 tai jos siinä ei ole tukea NFC tekniikalle, täytyy käyttää yhteyden muodostukseen lisälaitetta eli

konvertteriä Belimo ZIP-BT-NFC, joka mahdollistaa ensin Bluetooth-kommunikoinnin puhelimen ja tämän lisälaitteen välille ja edelleen NFC-tekniikalla ilmamääränsäätimelle (Belimo ZIP-BT-NFC tekninen esite. 2019.). Kuvassa 50 näkyy ZIP-BT-NFC laite.

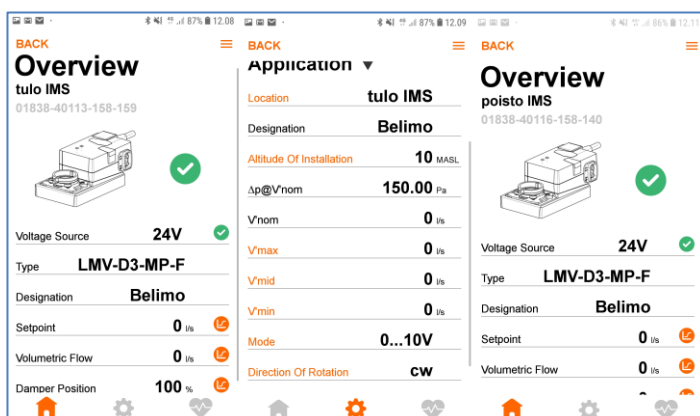


Kuva 50 Belimo ZIP-BT-NFC -lisälaitte (Belimo ZIP-BT-NFC tekninen esite. 2019)

Kuvassa 51 kuvataan vaiheittain yhteyden muodostus Android-puhelimen ja IMS laitteen välille.

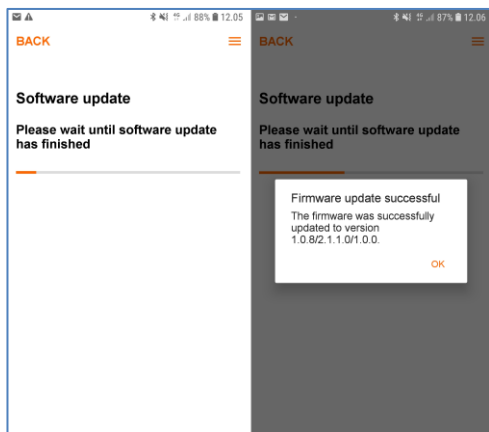


Kuva 51 Belimo Assistant: Yhteydenmuodostus IMS:iin



Kuva 52 Belimo Assistant: Huonesäädön tulo- ja poisto IMS yleiskatsaus

Belimo assistant sovelluksella kaikki tarvittavat parametrit ilmamäärän säätimestä. Sillä voidaan myös asettaa parametreille uusia arvoja. Kuvassa 52 on yleiskatsaus näihin parametreihin. Belimo assistant -sovelluksen avulla voidaan tehdä myös ilmamäärän-säätimelle ohjelmistopäivitys. Kuvassa 53 on onnistunut ohjelmistopäivitystapahtuma.



Kuva 53 Belimo Assistant: Ohjelmistopäivitys

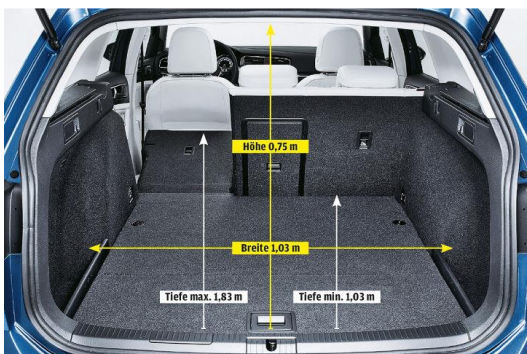
#### 4 Yhteenveto

Insinöörityön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa oppimisympäristö rakennusautomaation opetuksen tueksi. Oppimisympäristöllä oli tarkoitus perehdyttää opiskelijoita rakennusautomaation nykyistä enemmän käytännön harjoitusten kautta. Siinä oli tarkoitus hyödyntää mahdollisuuksien mukaan rakennusautomaation aitoja kenttälaitekomponentteja sekä tarjotaan mahdollisuus tutustua ja harjoitella myös aidoilla ohjelmointityökaluilla logiikkaohjelmointia ja huonesäätimen parametrisointia.

Insinöörityön tuloksena saatiin aikaiseksi laitteisto, jolla voidaan rakennusautomaation opetusta tehostaa ja parantaa Myyrmäen kampuksen automaatiolaboratoriossa. Oppimisympäristön laitteisto toimii tällä hetkellä perusominaisuuksiensa osalta, kuten työn alussa määriteltiin ja rajattiin. Se mahtuu mittakaavansa puolesta myös henkilöautoon kuljetuksen ajaksi. Laitteiston toteutuneet mitat leveys ovat 1000 mm, korkeus 650 mm, syvyys 500 mm. Kuvassa 54 Rakennusautomaation oppimisympäristölaitteisto on kuljetus valmiudessa hyvin yleisessä farmarihenkilöautossa (VW Golf Variant gen 7.). Kuvassa 55 näkyvät auton valmistajan ilmoittamat mitat tavaratilalle.



Kuva 54 RAU oppimisympäristö valmiina kuljetukseen henkilöautolla



Kuva 55 VW Golf Variant gen. 7 tehtaan ilmoittamat tavaratilan mitat (VW Golf Variant 7 tavaratilanmitat. 2019)

Oppimisympäristön toteutuksessa haastavinta ja eniten aikaa vievää oli itse laitteiston fyysinen ja mekaaninen kokoaminen. Tämä johtui laitteistolle määritellystä miniatyyrikoosta, ja koska kuitenkin käytettiin aidonkokoisia kenttälaitteita, jouduttiin sovittamaan kokeilemalla kaikki komponentit oikeille paikoilleen ja myös keksimään, miten ne saadaan kiinnitettyä ja liitettyä toisiinsa. Rakennusautomaation oppimisympäristöä tulee kehittää edelleen suunnittelemalla siihen soveltuvia laboratorioharjoituksia opetuksen tueksi. Määriteltyjen harjoitusten perusteella joudutaan todennäköisesti muuttamaan ohjelmoitavanlogiikan ja huonesäätimen toimintaa vastaamaan harjoitusten toimintakertomuksia. Tämä osuus kuuluu oppimisympäristön jatkokehityksen piiriin.

## Lähteet

Belimo assistant IMS käyttöönottosovellus. 2019. Verkkoaineisto. Belimo AG.  
[https://www.belimo.com/mam/americas/technical\\_documents/pdf-web/bfv/belimo\\_assistant\\_app\\_instructions.pdf](https://www.belimo.com/mam/americas/technical_documents/pdf-web/bfv/belimo_assistant_app_instructions.pdf).  
Luettu 1.3.2019.

Belimo assistant. 2019. Verkkoaineisto. GooglePlay.  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.belimo.nfcassistant&hl=fi>.  
Luettu 4.3.2019.

Belimo IMS (LMV-D3-MP-F) tekninen esite. 2019. tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Belimo AG.  
[https://www.belimo.fi/pdf/e/LE\\_EU-CH\\_EN-CH\\_VAV-Compact.pdf](https://www.belimo.fi/pdf/e/LE_EU-CH_EN-CH_VAV-Compact.pdf).  
Luettu 4.3.2019.

Belimo Peltimoottori LMC24A-SR tekninen tuote-esite. 2019. Verkkoaineisto. Belimo AG.  
[https://www.belimo.fi/pdf/fi/LMC24A-SR\\_datasheet\\_fi-fi.pdf](https://www.belimo.fi/pdf/fi/LMC24A-SR_datasheet_fi-fi.pdf).  
Luettu 5.3.3019.

Belimo ZIP-BT-NFC käyttöohje. 2019. Verkkoaineisto. Belimo AG.  
[https://www.belimo.fi/pdf/z/ZIP-BT-NFC\\_mounting\\_instruction.pdf](https://www.belimo.fi/pdf/z/ZIP-BT-NFC_mounting_instruction.pdf).  
Luettu 4.3.2019.

Belimo ZIP-BT-NFC tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Belimo AG.  
[https://www.belimo.fi/pdf/e/ZIP-BT-NFC\\_en.pdf](https://www.belimo.fi/pdf/e/ZIP-BT-NFC_en.pdf).  
Luettu 4.3.2019.

Centraline I/O Modules, Installation & Commissioning Instructions. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH.  
<https://products.centraline.com/en/pdf/en1z0973-ge51r0119.pdf>.  
Luettu 15.2.2019

Centraline-järjestelmä. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH.  
<https://www.centraline.com/enGB/products-docu/centraline-system.html>.  
Luettu 20.5.2019.

Eklund Kim. 2018. ST esimerkit 6. Huonetilakohtaisen säädön esimerkkejä. Espoo. SähköInfo Oy.

Field devices. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH.  
<https://www.centraline.com/enGB/solutions/hvac-control/field-devices.html>.  
Luettu 3.3.2019.

HAWK 8000 connected building management. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH.  
[https://www.centraline.com/fileadmin/user\\_upload/documents/enGB/01\\_products/CL-HAWK8000-brochure-SINGLE-PAGES-EN3Z-0943GE51\\_R0517.pdf](https://www.centraline.com/fileadmin/user_upload/documents/enGB/01_products/CL-HAWK8000-brochure-SINGLE-PAGES-EN3Z-0943GE51_R0517.pdf).  
Luettu 14.5.2019.

Honeywell 3-tie venttiili VBG3-15-0.63 tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH.  
<https://products.ecc.ap.honeywell.com/australia/pdf/en0b0717-ge51r1017.pdf>.  
Luettu 18.9.2019.

Honeywell Centraline Hawk 8000 Controller Install and Start-Up Guide. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH. <https://products.centraline.com/cz/pdf/en1z1027-ge51r0517.pdf>.  
Luettu 5.2.2019.

Honeywell Centraline Hawk 8000 Controller Installation & Commissioning Instructions. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH. <http://m.products.centraline.com/en/pdf/en1z1016-ge51r0218.pdf>.  
Luettu 6.2.2019.

Honeywell Centraline Hawk 8000 Controller. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH. <https://products.centraline.com/no/pdf/en0z1016-ge51r0118.pdf>.  
Luettu 1.2.2019.

Honeywell lämpötila-anturi (ilma) KTF20-65-2M tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH. <https://productcatalog.honeywellhome.com/europe/pdf/en0b0720-ge51r0617f.pdf>.  
Luettu 18.9.2019.

Honeywell lämpötila-anturi (neste) VFF20-75P65 tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH. <https://productcatalog.honeywellhome.com/europe/pdf/en0b0721-ge51r0817e.pdf>.  
Luettu 18.9.2019.

Honeywell Terminology. 2019. Verkkoaineisto. Medium.com <https://medium.com/niagaranx/honeywell-terminology-71638adc0b53>.  
Luettu 22.10.2019.

Honeywell venttiilimoottori MVN713A1500 tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH. <https://products.centraline.com/cz/pdf/en0b0711-ge51r1014.pdf>.  
Luettu 18.9.2019.

Härkönen, Pentti; Liedes, Riikka; Mikkola, Juhana; Piikkilä, Veijo; Pusa, Kari; Sahala, Antti; Sahlstén, Toivo; Sandström, Börje; Sirviö, Arto; Spangar, Tapani; Sulku, Jukka. 2018. ST-käsikirja 17 17. SähköInfo Oy

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmanvaihdon\\_l%C3%A4mm%C3%B6ntalteenotto](https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmanvaihdon_l%C3%A4mm%C3%B6ntalteenotto).  
Luettu 25.9.2019.

Ilmanvaihtokone. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmanvaihtokone>.  
Luettu 25.9.2019.

Kanavapuhaltimet. 2019. Verkkoaineisto. Ebay. <https://www.ebay.co.uk/itm/DC-12V-Brushless-Turbine-Cooling-Blower-Fan-Cooler-3-Pin-4500RPM-97x94x33mm-PBT/232492558028?epid=10013013102&hash=item3621a2e6cc:g:izUAAOSw6RFZi~ZF>.  
Luettu 25.09.2019.

Kiertovesipumput. 2019. Verkkoaineisto. AliExpress.  
<https://www.aliexpress.com/item/32678457880.html>.  
Luettu 25.09.2019.

Lämmönvaihtimet, Tulo- ja Poistopatterit. 2019. Verkkoaineisto. Ebay.  
<https://www.ebay.co.uk/itm/80mm-Water-Cooling-Cooler-Computer-Radiator-Heatsink-for-CPU-Aluminum-Liquid-HU2/272907568793?epid=25004364158&hash=item3f8a8f0699:g:GII-AAOSwPpZZ9wJb>.  
Luettu 25.09.2019.

Metropolia. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia.  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Metropolia>.  
Luettu 18.9.2019.

Panel Bus I/O Modules, IO Module CLIOP831. 2019. Verkkoaineisto. Honeywell GmbH.  
<https://products.centraline.com/nl/pdf/en0z0979-ge51r0316.pdf>. Luettu 15.2.2019.

Polykarbonaattilevy (pleksi) 3 mm 950 x 1250 mm. 2019. Verkkoaineisto. Puuilo Oy.  
[https://www.puuilo.fi/epages/puuilo.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/2014011303/Products/10068779](https://www.puuilo.fi/epages/puuilo.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014011303/Products/10068779).  
Luettu 2.2.2019.

Produal jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 käyttöohje. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_thermostats/sku-1110110#userGuide](http://www.produal.com/fi/shop/web_thermostats/sku-1110110#userGuide).  
Luettu 7.10.2019.

Produal jäätymisvaaratermostaatti JVS 24 tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_thermostats/sku-1110120#dataSheet](http://www.produal.com/fi/shop/web_thermostats/sku-1110120#dataSheet).  
Luettu 7.10.2019.

Produal MyTool Proxima huonesäädin käyttöönotto työkalu. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_commissioning\\_tools/sku-5100010000](http://www.produal.com/fi/shop/web_commissioning_tools/sku-5100010000).  
Luettu 5.4.2019.

Produal MyTool Proxima huonesäädinsovellus. 2019. Verkkoaineisto. GooglePlay.  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.produal.mytool&hl=fi>.  
Luettu 5.4.2019.

Produal Proxima CU tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_control\\_units/sku-5201010000#dataSheet](http://www.produal.com/fi/shop/web_control_units/sku-5201010000#dataSheet).  
Luettu 5.4.2019.

Produal ROU-S Huoneyksikön käyttöohje. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_room\\_units/sku-1150380#userGuide](http://www.produal.com/fi/shop/web_room_units/sku-1150380#userGuide).  
Luettu 23.5.2019.

Produal ROU-S tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_room\\_units/sku-1150380#dataSheet](http://www.produal.com/fi/shop/web_room_units/sku-1150380#dataSheet).  
Luettu 10.5.2019.

Produal RU-D tekninen esite. 2019. Verkkoaineisto. Produal Oy.  
[http://www.produal.com/fi/shop/web\\_room\\_units/sku-5202W0D000#dataSheet](http://www.produal.com/fi/shop/web_room_units/sku-5202W0D000#dataSheet).  
Luettu 10.5.2019.

Rakennusautomaatio. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia.  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennusautomaatio>.  
Luettu 17.9.2019.

Sandberg. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut  
Sandberg. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut.

Seppänen, Olli; Hausen, Alvar; Hyvärinen, Kalevi; Heikkilä Pekka; Kaappola, Esko;  
Kosonen, Risto; Oksanen Risto; Railio, Jorma; Ripatti, Harri; Saari, Arto; Tarvainen, Kaija;  
Vuolle, Mika. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa. Talotekniikka-julkaisut Oy.

Stigell, Jani. 2019. Verkkoaineisto. Rakennusautomaation AMK-koulutuksen kehittäminen.  
Insinööriyö (YAMK). Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.  
Luettu 17.09.2019.

Tridium. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia.org  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Tridium>.  
Luettu 8.10.2019.

vaneri filmi/viira FXA 12 x 1250 x 2500 mm. 2019. Verkkoaineisto. K-rauta Oy.  
<https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/filmivaneri/vaneri-filmi-viira-fxa-12x1250x2500mm>.  
Luettu 2.2.2019.

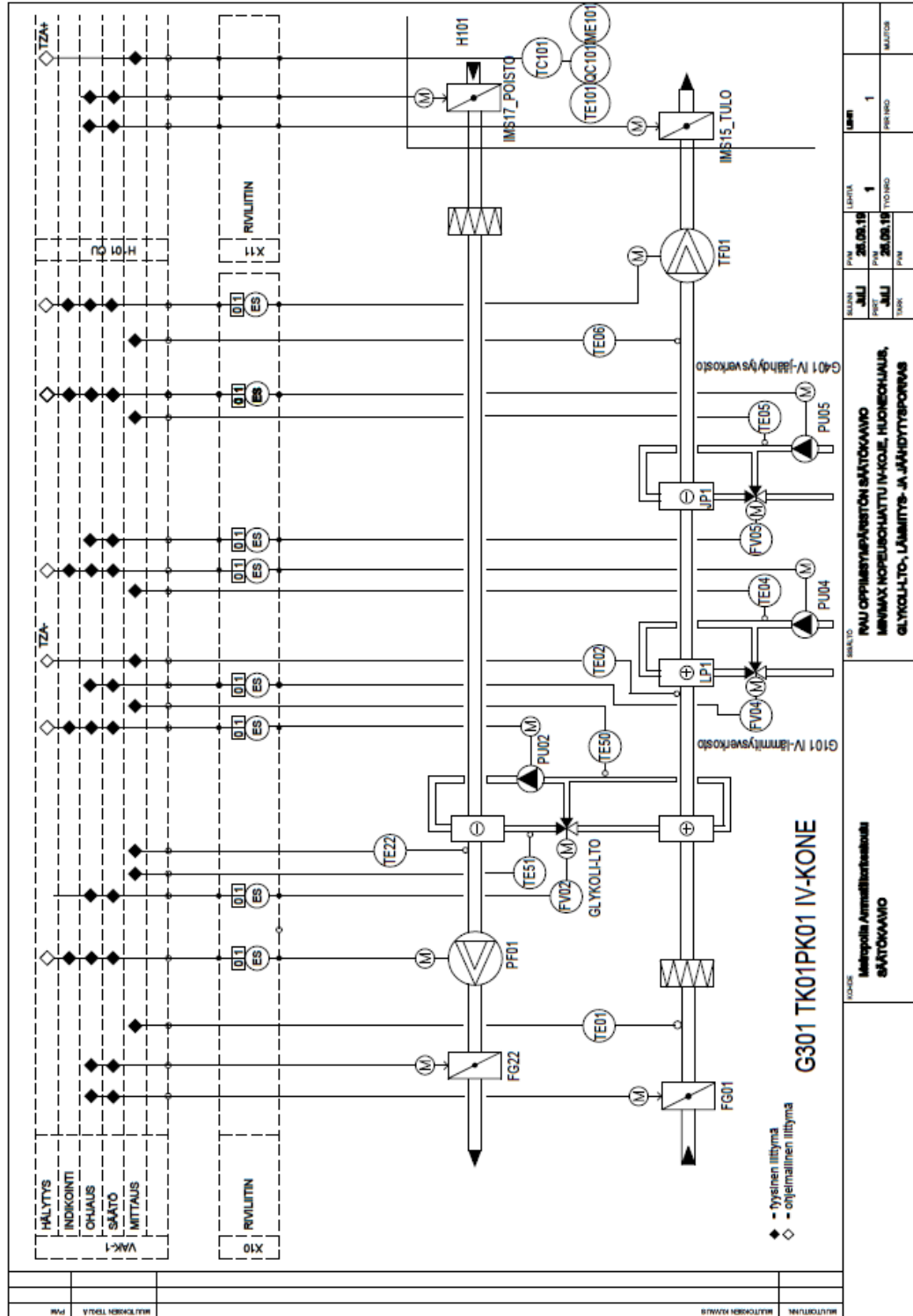
Viemäriputki, jatkos. 2019. Verkkoaineisto. Biltema Oy.  
<https://www.biltema.fi/rakentaminen/lvi/putkistot/viemariputket/viemariputki-jatkos-2000023296>.  
Luettu 2.2.2019.

Viemäriputki. 2019. Verkkoaineisto. Biltema Oy.  
<https://www.biltema.fi/rakentaminen/lvi/putkistot/viemariputket/viemariputki-2000023050>.  
Luettu 2.2.2019.

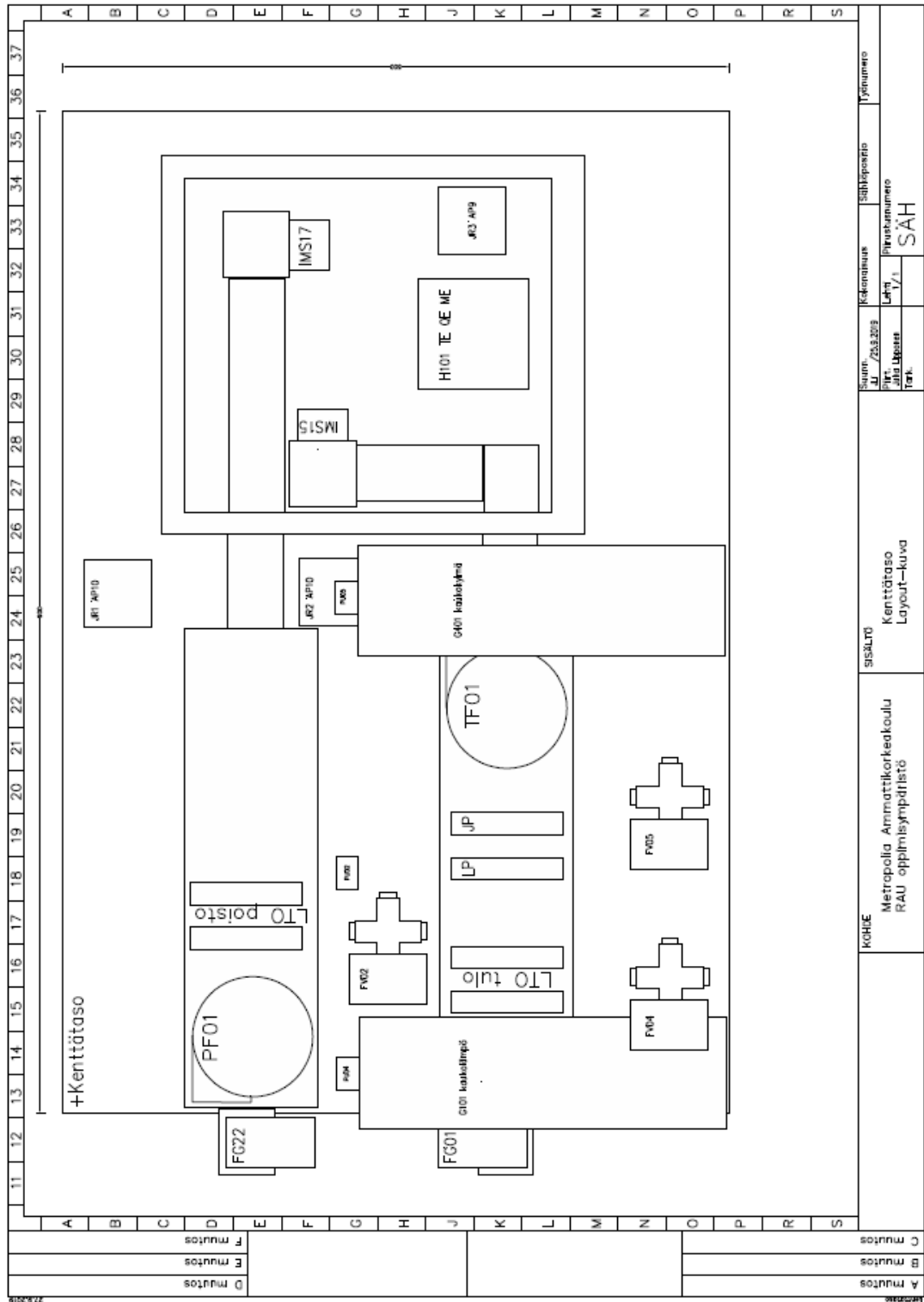
VW Golf Variant 7 tavaratilanmitat. 2019. Verkkoaineisto. VagAreena.fi  
<https://www.vagarena.fi/index.php?action=dlattach;topic=12789.0;attach=21639;image>.  
Luettu 23.10.2019.



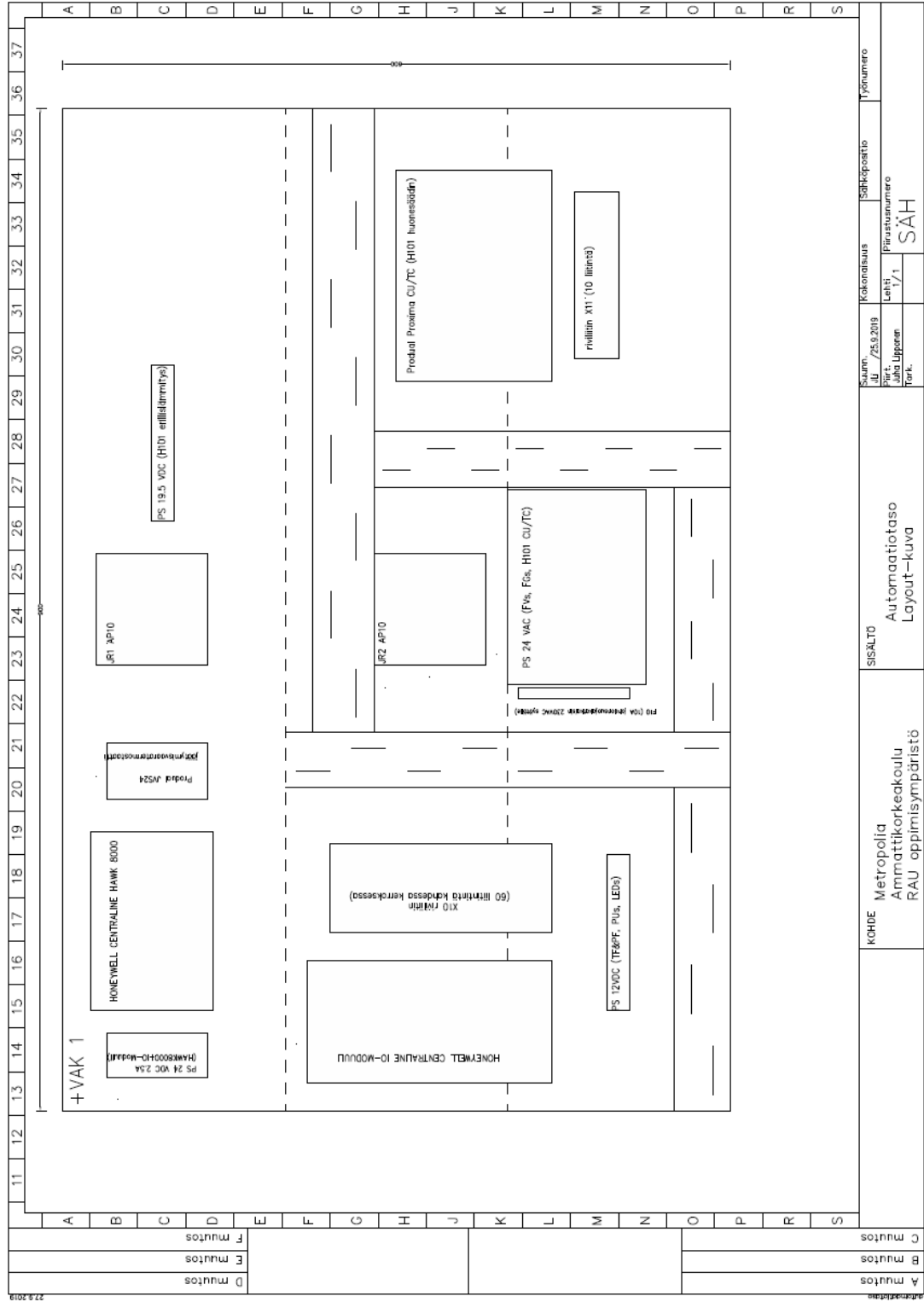
Säätökaavio



Layout kuva: oppimisympäristön kenttätaso



Layout kuva: oppimisympäristön automaatiotaso



## Kytentäkaavio: Riviliitin X10 ilmanvaihtokone

Honeywell CentraLine I/O moduuli:		X10		
		alempi	ylempi	
			1	
			2	
			3	
			4	
			5	
			6	
			7	
			8	
			9	
			10	
			11	
			12	
			13	
			14	
			15	
			16	
			17	
			18	
			19	
			20	
			21	
			22	
			23	
			24	
			25	
			26	
			27	
			28	
G301 TE01 ruskea	oranssi A11 liittin 13			
G301 TE01 valkoinen	valkoinen G1 GND liittin 41			
G301 TE02 ruskea	oranssi A12 liittin 14			
G301 TE02 valkoinen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
G301 TE04 keltainen	oranssi A13 liittin 15			
G301 TE04 punainen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
G301 TE05 keltainen	oranssi A14 liittin 16			
G301 TE05 punainen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
G301 TE06 ruskea	oranssi A15 liittin 17			
G301 TE06 valkoinen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
G301 TE22 ruskea	oranssi A15 liittin 18			
G301 TE22 valkoinen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
G301 TE50 keltainen	oranssi A15 liittin 19			
G301 TE50 punainen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
G301 TE51 keltainen	oranssi A15 liittin 20			
G301 TE51 punainen	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
FG01 1. johdin G0 musta	punainen muuntaja 24VAC G 52 keijutus			
FG01 2. johdin G punainen	sininen muuntaja 24VAC G 50 keijutus			
FG01 3. johdin Y (0-10V ohjaus) valkoinen	valkoinen AO1 liittin 21			
FG01 5. johdin U (0-10V tak.kytentä) oranssi	tak. kytentä varalla			
FG22 1. johdin G0 musta	punainen muuntaja 24VAC G 52 keijutus			
FG22 2. johdin G punainen	sininen muuntaja 24VAC G 50 keijutus			
FG22 3. johdin Y (0-10V ohjaus) valkoinen	valkoinen AO2 liittin 22			
FG22 5. johdin U (0-10V tak.kytentä) oranssi	tak. kytentä varalla			
TF01 G oranssi	oranssi NO1 liittin 29			
TF01 G0 musta	valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus			
TF01 tak. kytentä valkoinen	tak. kytentä varalla			

				oranssi NO1 liittin 29
				valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus tak. kytentä varalla
				oranssi NO3 liittin 31
				valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus
				oranssi NO4 liittin 32
				valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus
				oranssi NO5 liittin 33
				valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus
				oranssi muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				musta muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				valkoinen AO3 liittin 23
				oranssi muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				musta muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				valkoinen AO4 liittin 24
				oranssi muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				musta muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				valkoinen AO5 liittin 25
				punainen muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				sininen muuntaja 24VAC G 50 keijutus
				oranssi NO6 liittin 34
				valkoinen G1 GND liittin 41 keijutus
				punainen G NO2 liittin 30
				sininen G1 GND liittin 41 keijutus
				oranssi IN2 36
				valkoinen GND G1 G41 keijutus
PF01 G oranssi		30		
PF01 G0 musta		31		
PF01 tak. kytentä valkoinen		32		
PU02 G oranssi		33		
PU02 G0 valkoinen		34		
PU04 G oranssi		35		
PU04 G0 valkoinen		36		
PU05 G oranssi		37		
PU05 G0 valkoinen		38		
FV02 G oranssi		39		
FV02 G0 musta		40		
FV02 Y (0-10V ohjaus) valkoinen		41		
		42		
FV04 G oranssi		43		
FV04 G0 musta		44		
FV04 Y (0-10V ohjaus) valkoinen		45		
FV05 G oranssi		46		
FV05 G0 musta		47		
FV05 Y (0-10V ohjaus) valkoinen		48		
		49		
MUUNTAIA syöttö 24 VAC G		50		
		51		
MUUNTAIA syöttö 24 VAC G0		52		
LED valaistus G oranssi		53		
LED valaistus G0 valkoinen		54		
H101 erillis-sähkölämmitys G punainen		55		
H101 erillis-sähkölämmitys G0 sininen		56		
MUUNTAIA syöttö19.5 VDC G		57		
MUUNTAIA syöttö19.5 VDC G0		58		

Kytkenäkaavio: Riviliitin X11 huonesäätö

Toimilaite:		X11		Produal Proxima CU/TC IO:
Produal Proxima RUO G » NOMAK8 1. pari oranssi	TE101.1 G » NOMAK8 1. pari oranssi	101		punainen RoomUnits G
Produal Proxima RUO G0 » NOMAK8 1. pari valkoinen	TE101.1 G0 » NOMAK8 1. pari valkoinen	102		sininen RoomUnits G0
Produal Proxima RUO A+ » NOMAK8 2. pari oranssi	TE101.1 A+ » NOMAK8 2. pari oranssi	103		punainen RoomUnits A+
Produal Proxima RUO B- » NOMAK8 2. pari valkoinen	TE101.1 B- » NOMAK8 2. pari valkoinen	104		sininen RoomUnits B+
Produal Proxima RU G » NOMAK8 3. pari oranssi	TE101.2 G » NOMAK8 3. pari oranssi	105		varalla
Produal Proxima RU G0 » NOMAK8 3. pari valkoinen	TE101.2 G0 » NOMAK8 3. pari valkoinen	106		varalla
Produal Proxima RU A+ » NOMAK8 4. pari oranssi	TE101.2 A+ » NOMAK8 4. pari oranssi	107		varalla
Produal Proxima RU B- » NOMAK8 4. pari valkoinen	TE101.2 B- » NOMAK8 4. pari valkoinen	108		varalla
Belimo LMV-D3-MP-F IMS15 musta -	IMS15_TULO G0 » NOMAK8 5. pari oranssi	109		MUUNTAJA syöttö 24 VAC G0 keijutus
Belimo LMV-D3-MP-F IMS15 punainen 24V	IMS15_TULO G » NOMAK8 5. pari valkoinen	110		MUUNTAJA syöttö 24 VAC G keijutus
Belimo LMV-D3-MP-F IMS15 valkoinen Y ohjaus	IMS15_TULO Y » NOMAK8 6. pari oranssi	111		punainen Ao3
Belimo LMV-D3-MP-F IMS15 oranssi U tak. Kytkentä	IMS15_TULO U » NOMAK8 6. pari valkoinen	112		punainen Io4
Belimo LMV-D3-MP-F IMS17 musta -	IMS17_POISTO G0 » NOMAK8 7. pari oranssi	113		MUUNTAJA syöttö 24 VAC G0 keijutus
Belimo LMV-D3-MP-F IMS17 punainen 24V	IMS17_POISTO G » NOMAK8 7. pari valkoinen	114		MUUNTAJA syöttö 24 VAC G keijutus
Belimo LMV-D3-MP-F IMS17 valkoinen Y ohjaus	IMS17_POISTO Y » NOMAK8 8. pari oranssi	115		sininen Ao3
Belimo LMV-D3-MP-F IMS17 oranssi U tak. Kytkentä	IMS17_POISTO U » NOMAK8 8. pari valkoinen	116		sininen Io5
		117		
		118		
MUUNTAJA syöttö 24 VAC G	MUUNTAJA syöttö 24 VAC G	119		MUUNTAJA syöttö 24 VAC G keijutus
MUUNTAJA syöttö 24 VAC G0	MUUNTAJA syöttö 24 VAC G0	120		MUUNTAJA syöttö 24 VAC G keijutus

Piste- ja laiteluettelo

Alijärjestelmä	Tunnus	FYYSISET PISTEET					Laiteluettelo			
		DO	DI	AO	AI	NO	Laite	Valmistaja	Tekniset tiedot	
		Ohjaukset	Käynnitys	Impulssi	Säätö	Mittaus	Reliähtö			
G301 TK01PK01	TE01					1		lämpötilanturi (ilma)	Honeywell	KTF20-65-2M
G301 TK01PK01	TE02					1		lämpötilanturi (ilma)	Honeywell	KTF20-65-2M
G301 TK01PK01	TE04					1		lämpötilanturi (neste)	Honeywell	VFF20-75P65
G301 TK01PK01	TE05					1		lämpötilanturi (neste)	Honeywell	VFF20-75P65
G301 TK01PK01	TE06					1		lämpötilanturi (ilma)	Honeywell	KTF20-65-2M
G301 TK01PK01	TE22					1		lämpötilanturi (ilma)	Honeywell	KTF20-65-2M
G301 TK01PK01	TE50					1		lämpötilanturi (neste)	Honeywell	VFF20-75P65
G301 TK01PK01	TE51					1		lämpötilanturi (neste)	Honeywell	VFF20-75P65
G301 TK01PK01	FG01			1				peltimeoottori	Belimo	LMC24A-SR
G301 TK01PK01	FG22			1				peltimeoottori	Belimo	LMC24A-SR
G301 TK01PK01	TF01						1	puhallin	nimetön (Ebay)	DC 12V Brushless Turbine Cooling Blower Fan Cooler
G301 TK01PK01	PF01							puhallin	nimetön (Ebay)	DC 12V Brushless Turbine Cooling Blower Fan Cooler
G301 TK01PK01	PU02					1		kiertovesipumppu	nimetön (AliExpress)	300L/H Ultra-quiet Water Pump Lift 450cm DC12V 9W Brushless Water Oil Pump
G301 TK01PK01	PU04					1		kiertovesipumppu	nimetön (AliExpress)	300L/H Ultra-quiet Water Pump Lift 450cm DC12V 9W Brushless Water Oil Pump
G301 TK01PK01	PU05					1		kiertovesipumppu	nimetön (AliExpress)	300L/H Ultra-quiet Water Pump Lift 450cm DC12V 9W Brushless Water Oil Pump
G301 TK01PK01	FV02				1			3-tieventtiili ja toimilaite	Honeywell	venttiili: VBG3-15-0.63 venttiilimoottori: MVN713A1500
G301 TK01PK01	FV04				1			3-tieventtiili ja toimilaite	Honeywell	venttiili: VBG3-15-0.63 venttiilimoottori: MVN713A1500
G301 TK01PK01	FV05				1			3-tieventtiili ja toimilaite	Honeywell	venttiili: VBG3-15-0.63 venttiilimoottori: MVN713A1500
G301 TK01PK01	TZA04							jäätymsuvaaratermostaatti	Produal	JVS 24
H101	TE101 (TE, QE, ME)					1		Huoneyksikkö	Produal	Proxima ROU-S
H101	TE00 (TE) varalla					1		Huoneyksikkö	Produal	Proxima RU-D
H101	IMS15_I				1	1		ilmamääränsäädin	Belimo	LMV-D3-MP-F
H101	IMS17_P				1	1		ilmamääränsäädin	Belimo	LMV-D3-MP-F
LED valaistus							1	LEDit	Axxel	LED-moduuli 10-os.
H101 erillislämmitys							1	tehovastukset	-	30Q
VAKI_CPU1		0	0	0	7	12	6			
VAKI_CPU1								ohjelmitava logikka	Honeywell	Centraline-Hawk 8000
H101_CU								io-moduuli	Honeywell	CUOP831A
								Huonesäätöyksikkö	Produal	Proxima CU