

Henri Jylkkä

# Rakennusautomaatiokirjasto ja suunnitteluohje asuinrakennusten rakennusautomaatiosuunnitteluun

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

12.11.2014

Tekijä Otsikko	Henri Jylkkä Rakennusautomaatiokirjasto ja suunnitteluohje asuinrakennusten rakennusautomaatiosuunnitteluun
Sivumäärä Aika	29 sivua + 2 liitettä 12.11.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	diplomi-insinööri Sari Pyylampi lehtori Jarmo Tapio
<p>Työn tarkoitus oli kartoittaa suunnittelutoimiston asumisen toimialan rakennusautomaatiosuunnittelun nykytilanne ja selvittää, miten automaatiosuunnittelua voidaan tehostaa. Yritys pyrki yhtenäistämään suunnitteluprosessia sekä vähentämään virheitä. Tavoitteena oli luoda suunnittelijoille suunnittelutyökalu ja suunnitteluohje. Työkalun avulla vähennettäisiin turhaa tulostustyötä ja kerättäisiin mallisuunnitelmat helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi. Suunnitteluohje toimisi referenssinä ja perehdytysmateriaalina rakennusautomaatiosuunnittelua tekeville henkilöille.</p> <p>Insinöörityön pääasiallinen lähdeaineisto on kirjallista. Työ pohjautuu asuinrakennusten automaatiosuunnitelmiin, Suomen rakentamismääräyskokoelman talotekniikkaa ja paloturvallisuutta käsitteleviin osiin, ST-kortiston käsikirjoihin, LVI-kortiston kortteihin, rakennusliikkeiden ja julkisten toimijoiden rakennusautomaatiosuunnitteluohjeisiin, valmistajien tuoteohjeisiin ja lukuisiin muihin aiheita käsitteleviin kirjallisiin lähteisiin. Lisäksi käytettiin LVI-, sähkö- ja automaatiosuunnittelijoilta ja valvojilta saatuja suullisia tietoja.</p> <p>Työn tuloksena kehitettiin yrityksen käyttöön rakennusautomaatiokirjasto ja rakennusautomaatiosuunnitteluohje. Rakennusautomaatiokirjastoon saatiin koottua kattavat mallisuunnitelmat, joita suunnittelijat voivat hyödyntää projekteissa. Lisäksi rakennusautomaatiokirjaston toiminnot nopeuttavat varsinaista suunnittelutyötä ja vähentävät turhaa työtä. Tärkeä ominaisuus on myös suunnitelmien päivittämisen helppous, koska kaikki mallisuunnitelmat ovat koottuna yhteen paikkaan.</p> <p>Suunnitteluohjeesta tuli kattava kuvaus rakennusautomaatiosuunnittelusta. Se sisältää rakennusautomaation perusteista lähtien kaikki olennaiset tiedot, joita suunnittelija tarvitsee työssään. Lisäksi ohjeeseen sisällytettiin LVI- ja sähkösuunnittelijoilta tarvittavat lähtötiedot.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, RAU, LVIA-suunnittelu, uudisrakentaminen, asuinrakentaminen

Author Title	Henri Jylkkä Building automation library and planning instructions for the building automation of residential buildings
Number of Pages Date	29 pages + 2 appendices 12.11.2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Sari Pyylampi, Design Manager Jarmo Tapio, Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to chart the current situation of the planning of building automation in a design company, and to examine how the planning could be optimized to uniform the planning process and to reduce errors. The goal was to create a tool and instructions for the planning of building automation. The tool would reduce unnecessary printing and compile the plans into one place. The instructions would function as a reference and orientation material.</p> <p>The thesis is based on the automation plans made for residential buildings, the applicable parts of the National Building Code of Finland, and literature on heating, plumbing, air conditioning and electricity. Information provided orally by planners and inspectors was used as well.</p> <p>As a result, a tool and instructions for the planning of building automation were created. The planning instructions resulted in an extensive description of the planning of building automation. They include all the relevant information that a planner needs. The functions of the tool speed up the planning process and reduce unnecessary work. Updating the plans is easy, as the plans are in one place.</p>	
Keywords	building automation, building services planning, new construction, residential construction

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lähtötiedot ja tavoitteet	1
2.1	Rakennusautomaatiosuunnittelun nykytilanne yrityksessä	2
2.2	Kehitystavoitteet	2
3	Rakennusautomaatiojärjestelmän perusteet	3
3.1	RAU-järjestelmän rakenne	3
3.2	Alakeskukset	4
3.3	Kenttälaitteet	5
3.3.1	Anturit	5
3.3.2	Säätöventtiilit/-pellit	6
3.3.3	Pumput	7
3.3.4	Puhaltimet	10
3.4	Liityntäpisteet	13
3.5	Hälytykset	14
3.6	Väylät	15
4	RAU-suunnittelua koskevat määräykset ja ohjeet	17
5	Suunnitteluprosessi	18
5.1	Lähtötiedot	18
5.2	Suunnitelmadokumenttien laatiminen	19
5.3	Suunnitelmien tarkastuskierros ja luovuttaminen jakelua varten	20
5.4	Luovutusasiakirjat	20
6	Rakennusautomaatiokirjasto	21
6.1	Sisältö	21
6.2	Säätökaaviot ja toimintaselostukset	22
6.3	Julkaisujärjestelmä	22
6.4	Kaaviokohtainen ohjeistus	25

7	Rakennusautomaatiosuunnitteluohje	25
7.1	Aineiston kerääminen	25
7.2	RAU-pohjan käyttöohje	26
7.3	LVI- ja sähkösuunnitelmissa huomioitavat asiat	27
8	Työn tulosten jalkauttaminen yrityksessä	27
9	Kehitysehdotukset	27
10	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

Liite 1. Rakennusautomaatiokirjaston mallikaaviot (61 s.)

Liite 2. Rakennusautomaatiosuunnitteluohje (50 s.)

Liitteitä 1 ja 2 ei julkaista insinööriyön liitteinä.

## 1 Johdanto

Työn tarkoitus oli kartoittaa Optiplan Oy:n asumisen toimialan rakennusautomaatiosuunnittelun nykytilanne ja selvittää, miten automaatiosuunnittelua voidaan tehostaa. Merkittävä osa työtä oli kehittää yrityksen käyttöön rakennusautomaatiokirjasto, joka sisältää säätökaaviot, toimintaselostukset ja kaiken muun automaatiosuunnitelmien mukana toimitettavan materiaalin yhtenäisenä, helppokäyttöisenä kokoelmana. Lisäksi luotiin suunnittelijoille rakennusautomaatiosuunnitteluohje.

Työn tavoite oli yhtenäistää ja tehostaa suunnitteluprosessia luomalla toimiva, toistettavissa oleva malli siitä, miten rakennusautomaatiosuunnitelmat saadaan tuotettua tehokkaasti ja virheettömästi.

Työn aihe valikoitui Optiplan Oy:n määrittelemän työnannon perusteella. Yrityksen käyttöön tarvittiin päivitetty kirjasto rakennusautomaatiokaavioista ja tämän käyttöä tukeva suunnitteluohje.

Optiplan Oy on NCC-konserniin kuuluva rakennussuunnittelun kokonaissuunnittelutoimisto. Yrityksen toimialoja ovat asuminen, toimitilat ja korjausrakentaminen ja näiden alla toimivia suunnittelualoja ovat kaupunki-, arkkitehtuuri-, rakenne-, elementti-, LVI-, rakennusautomaatio-, sähkö-, energia- ja ympäristösuunnittelu. Optiplanissa työskentelee noin 190 henkilöä. Yrityksellä on toimipisteet Helsingissä, Turussa ja Tampereella. [1.]

## 2 Lähtötiedot ja tavoitteet

Insinööriyön aloituspalaverissa LVI-suunnittelualavastaava Sari Pyylampi ja ryhmäpäällikkö, sähkösuunnittelija Jari Muunoja määrittivät insinööriyön aiheeksi asumisen rakennusautomaatiosuunnittelun kehittämisen. Palaverissa käytiin läpi automaatiosuunnittelun nykytilanne ja asiat, joihin kaivattiin parannuksia. Lisäksi nimettiin yrityksen sisältä henkilöt, jotka voisivat parhaiten antaa tietoja työtä varten.

## 2.1 Rakennusautomaatiosuunnittelun nykytilanne yrityksessä

RAU-suunnittelua (rakennusautomaatiosuunnittelua) on tähän asti tehty pääasiassa muutaman LVI-suunnittelijan toimesta. Toimipisteittäin tietyt henkilöt ovat perehtyneet RAU-suunnitteluun. Automaatioon liittyvät suunnittelutehtävät koetaan LVI-suunnittelijoiden keskuudessa yleisesti haasteellisiksi. Tähän toivottiin kuitenkin muutosta siten, että useammat suunnittelijat hallitsisivat RAU-suunnitelmien luomisen.

RAU-suunnitelmat julkaistaan omana RAU-nippuna, jossa on säätökaaviot, toimintaselostukset, pisteluettelo ja ohjelmaluettelo A4-kokoisina tulosteina. Säätökaavioiden luominen ja muokkaaminen on toteutettu AutoCAD-ympäristössä viivapiirtona, toimintaselostukset ovat olleet Microsoft Word -tekstitiedostoina, pisteluettelo ja ohjelmaluettelo Microsoft Excel -taulukkotiedostoina. Kaikki sivut on tulostettu yksittäisiksi PDF-tiedostoiksi, jotka on lopulta yhdistetty yhdeksi RAU-nipuksi. Tämä prosessi on kuitenkin koettu kokonaisuudessaan työlääksi ja aikaa vieväksi.

Säätökaaviot ja toimintaselostukset ovat pääasiallisesti perustuneet valmiisiin kaavioihin, joita on muokattu kohdekohtaisesti. Näiltä valmiilta kaavioilta on kuitenkin puuttunut jakelukanava, ja kaavioissa on ollut toimipiste- ja suunnittelijakohtaisia eroja sekä satunnaisia virheitä esitystavassa, mikä on aiheuttanut jälkitarkennuksia. Pahimmassa tapauksessa virheistä aiheutuu reklamaatioita ja lisätyökustannuksia projektin edetessä. [2.]

## 2.2 Kehitystavoitteet

Aloituspalaverissa asetettiin työn tavoitteeksi muodostaa rakennusautomaatiokirjasto, jossa olisi AutoCAD-ympäristössä, yhdessä tiedostossa kerättynä mallit säätökaavioista ja toimintaselostuksista eri laitteille ja järjestelmille. Myös pisteluettelo ja ohjelmaluettelo pyrittäisiin sisällyttämään samaan tiedostoon, jotta koko RAU-nippu voitaisiin tulostaa PDF-muotoon yhdellä kertaa.

Suunnittelutyön tueksi luotaisiin rakennusautomaatiosuunnitteluohje. Tällä pyritään tukemaan uusien suunnittelijoiden perehdytystä RAU-suunnitteluun. Lisäksi ohjeeseen saataisiin koottua parhaaksi koetut suunnittelukäytännöt yhteen paikkaan.

Osana insinööriäytötä tutkittaisiin tapoja kehittää ja tehostaa RAU-suunnittelua edelleen.

### **3 Rakennusautomaatiojärjestelmän perusteet**

Rakennusautomaatiojärjestelmä on kokonaisuus, jossa tietokoneohjelmisto ohjaa alakeskusten kautta kaapeloinnin välityksellä laitteiden toimintaa. Laitteiden toiminta on osa jotakin prosessia, jonka kulkua voidaan säätää mittauselimiltä saatujen mittaustietojen perusteella.

Prosessin lopputulos on kiinteistön talotekniikan yksittäinen toiminto, esimerkiksi yllämmön poistaminen tilasta kasvattamalla puhaltimen nopeutta huonelämpötilan noustessa riittävän korkeaksi.

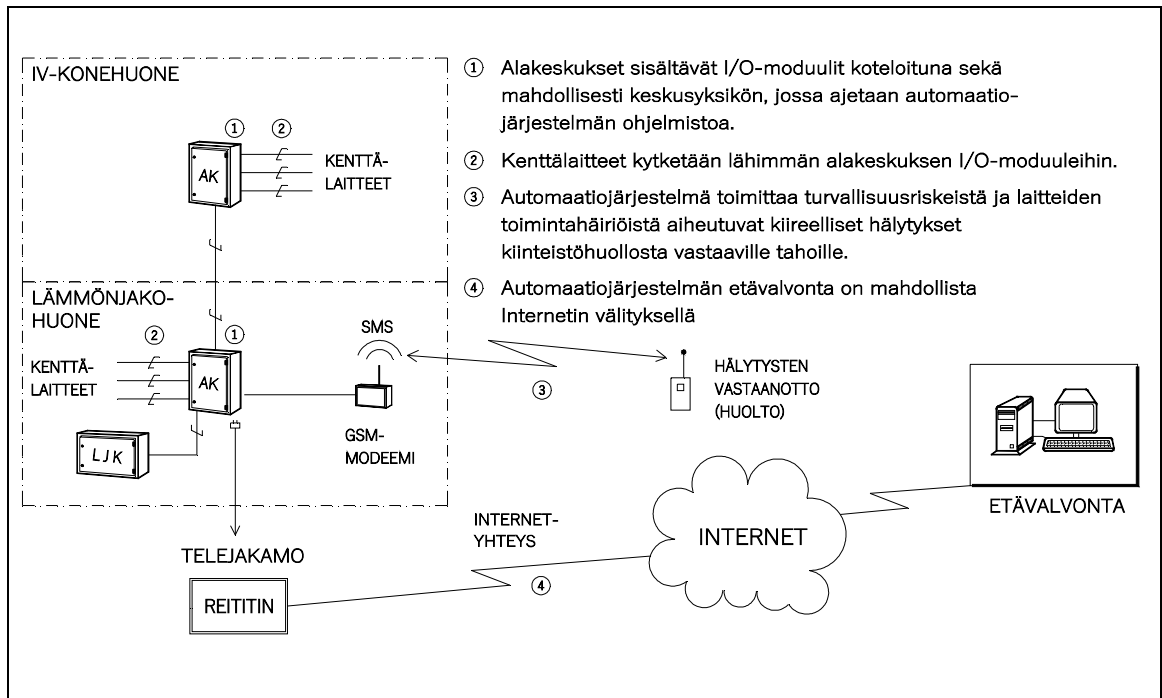
Lisäksi automaatiojärjestelmän avulla saadaan järjestettyä kiinteistön valvonta keskitetysti. Tähän sisältyvät talotekniikan toiminnan valvonta ja hallinta, mutta ennen kaikkea kiinteistön käyttäjien turvallisuuteen liittyvät valvonta- ja hälytystoiminnot sekä varotoimenpiteet.

Suuren ihmismäärän henkilöturvallisuuden varmistamiseksi tulee rakennusautomaatiojärjestelmän oikeaoppisen toiminnan ja toimintavarmuuden varmistamiseksi käyttää soveltuvilta osin sekä suunnittelussa että toteutuksessa erityistä huolellisuutta.

#### **3.1 RAU-järjestelmän rakenne**

Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen asuinkerrostalon rakennusautomaatiojärjestelmä.





Kuva 1. Tyypillinen asuinkerrostalon rakennusautomaatiojärjestelmä.

### 3.2 Alakeskukset

RAU-järjestelmän alakeskukset sijoitetaan pääsääntöisesti teknisiin tiloihin (lämmönjako- ja iv-konehuoneet).

Alakeskuksilla valvotaan ja ohjataan kenttälaitteita. Tätä kautta vaikutetaan energian käyttöön ja sisäilmaston olosuhteisiin sekä saadaan näistä keskitetysti mittaustietoja.

Alakeskukset varustetaan yleensä paikallisella käyttöpäätteellä (esim. alakeskukseen kytketty kosketusnäyttö); tällaista alakeskusta kutsutaan nimellä valvonta-alakeskus (VAK).

Asuinkerrostaloissa käytetyt valvonta-alakeskukset ovat tyypillisesti teollisuus-PC-koteloon koteloituja keskusyksiköitä, joihin on integroitu kosketusnäyttö. Keskusyksikkö on kiinnitetty moduulikoteloon, jonka sisällä ovat I/O-moduulikortit. Kenttälaitteet liitetään kiinteistön automaatiojärjestelmään kytkemällä laitteiden ja alakeskuksen välinen kaapelointi I/O-moduulikortteihin tai väylää käytettäessä väyläliitäntään.

Nykytekniikka mahdollistaa myös langattomat tiedonsiirtotavat rakennuksissa käytettävien laitteiden ja ohjausyksiköiden välillä.

### 3.3 Kenttälaitteet

Kenttälaitteita ovat mitta- ja toimilaitteet. Tyypillisiä mittalaitteita ovat anturit. Rakennusautomaatiojärjestelmä valvoo ja kerää tietoja mittalaitteilta.

Tyypillisiä toimilaitteita ovat esimerkiksi

- säätöventtiilin/-pellin moottori
- puhaltimen moottori
- pumpun moottori.

Tyypillisesti toimilaitte saa aikaan liikkeen. Rakennusautomaatiojärjestelmä ohjaa toimilaitteita, mutta myös valvoo niiden tilaa.

#### 3.3.1 Anturit

Tyypilliset rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävät anturit ovat lämpötila- ja paineantureita. Antureilta viedään kaapelit automaatiojärjestelmän alakeskuksen I/O-moduuleille. On mahdollista käyttää myös tiedonsiirtoväylään liitettäviä mittauslähettämiä, mutta näiden käyttö on asuinrakennuksissa harvinaista. Nykytekniikka mahdollistaa esimerkiksi langattomat ratkaisut, jolloin lähetin välittää mittaustiedot langatonta tiedonsiirtoväylää pitkin automaatiojärjestelmään. Lähettimen toiminta edellyttää jännitteensyöttöä.

Yleisesti käytetyt lämpötila-anturit koostuvat mittauselementistä, jonka resistanssi mittaamalla muodostetaan lämpötilan arvo. Mittauselementin resistanssi muuttuu lämpötilan muuttuessa.

Paineantureiden toiminta perustuu tyypillisesti mittauskalvon muodonmuutoksiin paineen vaikutuksessa. Sähköfysiikan perusilmiöihin perustuville mittauselementeille saatavan mittaustiedon avulla muodostetaan paineen arvo. [3, s. 115–117.]

Muita asuinrakennuksissa käytettäviä antureita ovat esimerkiksi pakokaasuanturit autohallissa, läsnäoloanturit ja valoisuusanturit.

Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen ulkolämpötila- ja ulkovaloisuusanturi.



Kuva 2. Ulkolämpötila- ja ulkovaloisuusanturi.

### 3.3.2 Säätöventtiilit/-pellit

Mikäli nesteverkoston venttiilin asennon täytyy olla ohjattavissa, tämä toteutetaan tyypillisesti moottoroidulla säätöventtiilillä. Venttiilin runko-osa sisältää virtaustekniseen säätämiseen käytetyt mekaaniset osat ja toimilaite sisältää sähkömoottorin, jolla mekaaniset osat saadaan liikkeeseen. Sähkömoottoria voidaan venttiilistä ja ohjaustavasta riippuen ohjata auki/kiinni tyypillisesti tai suhteellisesti, jolloin säätö on portaaton.

Sama periaate on käytössä ilmanvaihtokanaviston säätölaitteena käytetyissä moottoroidussa säätöpellissä (kutsutaan myös nimellä virtaussäädin). Säätölaitteen mekaaniset osat poikkeavat nesteverkostojen säätöventtiilissä käytettävistä, mutta toimintaperiaate ja ulkopuolinen ohjaustapa ovat pääosin samat. [3, s. 123–126.]

Säätölaitteilla on tietty ajoaika, jolla tarkoitetaan ääriasentojen välisen täyden liikkeen suorittamiseen kuluva aikajakso. Ajoaika tarkoittaa sitä, kuinka kauan kestää sekunteina ajaa esimerkiksi kaukolämpöventtiili täysin auki -asennosta täysin kiinni -asentoon.

Kuvassa 3 on esitetty kaukolämpöventtiilin toimilaite.



Kuva 3. Kaukolämpöventtiilin toimilaite.

### 3.3.3 Pumput

Suljetun verkoston kiertopumppu ylläpitää verkostossa virtaamaa ja painetta. Pumppausenergia tuotetaan sähkömoottorilla. Kiertopumpun tuottoa säädetään muuttamalla moottorin kierrosnopeutta. Kierrosnopeuden muuttaminen toteutetaan nykyaikaisissa pumpuissa taajuusmuuttajakäytöllä.

Kiertopumpun ohjaustapa on tyypillisesti käy/seis-ohjaus.

Pumpun ohjausyksikkönä voidaan käyttää seuraavia tapoja:

- käsivalinta pumpulta
- ohjaus kiinteistön automaatiojärjestelmästä
- ohjaus erillisestä ohjauskeskuksesta.

Ohjaustavan esittämisellä on merkitystä paitsi automaatiojärjestelmän kannalta myös esimerkiksi sähkösuunnittelun kannalta, jotta sähkösuunnittelija osaa määrittää suunnitelmiin oikeat kaapelit ja tarvittavat käyttökytkimet.

Kaikki automaatiojärjestelmästä ohjattavat laitteet tulee ottaa suunnitelmissa huomioon, jotta automaatiourakoitsija osaa varata riittävän määrän fyysisiä liityntöjä alakeskuksiin.

Pumpun säätötapoja ovat

- ei säätöä (suora kytkentä)
- säätö pumpun yli vallitsevan paine-eron perusteella
- säätö verkoston yli vallitsevan paine-eron perusteella.

Pumpun säätöyksikkönä voidaan käyttää

- pumpun integroitua säätöautomaatiikkaa
- säätöä kiinteistön automaatiojärjestelmästä
- säätöä muulla ulkoisella automatiikalla.

Säätötavan tiedostaminen on oleellista, jotta laitteet toimivat tarkoituksenmukaisesti. RAU-suunnittelijan tulee ottaa suunnitelmissa erityisesti huomioon ne laitteet, joiden toimintaa säädetään automaatiojärjestelmästä. Se, mitä säädetään ja miten säädetään, selostetaan toimintaselostuksissa ja ohjelmanuettelossa.

Yllä esitetyt esimerkit eivät ole ainoita mahdollisia tapauksia. Teoriassa pumppu voi toimia lähes millä tahansa ohjaustavan, ohjausyksikön, säätötavan ja säätöyksikön yhdistelmällä. Seuraavassa on esitetty asuinkiinteistön kiertopumppujen tyypillisimmät sovellutukset.

## **Lämpimän käyttöveden kiertojohto**

Kiertojohdon kiertovesipumppu käy jatkuvasti samalla, esisäädetyllä kierrosnopeudella. Pumppua ei säädetä reaaliaikaisesti, ja se käy aina. Pumpulle ei tavallisesti määritetä ohjausta kiinteistön automaatiojärjestelmästä.

## **Patteriverkosto**

Patteriverkoston kiertovesipumpun kierrosnopeutta säädetään reaaliaikaisesti. Tavallisesti käytetään pumpun yhteyteen integroitua, pumpun omaa säätöautomaatiikkaa. Säätöautomaatiikka mittaa paine-eroa pumpun imu- ja painepuolen välillä ja säättää taajuusmuuttajalla pumpun kierrosnopeutta ko. paine-eromittauksen ja paine-eron asetusarvon perusteella.

Kaukolämpöjärjestelmässä patteriverkoston pumpun käynti on sidottu patteriverkostoa palvelevan, kaukolämmön ensiöpuolen säätöventtiiliin. Pumppu pysähtyy, kun sitä vastaava säätöventtiili on ollut kiinni asetetun viiveen ajan. Pumppu käynnistyy, kun sitä vastaava säätöventtiili on ollut riittävän auki asetetun viiveen ajan. Tällä saadaan aikaiseksi pumpun käynti lämmityskaudella ja pumpun pysähtyminen, kun lämmitystä ei tarvita.

## **Ilmanvaihdon lämmitysverkosto**

Ilmanvaihtolaitteiden nestekiertoisia lämmityspattereita palvelevan pumpun ohjaus, hälytykset ja varotoiminnot säätö on tyyppillisesti toteutettu kuten patteriverkostossa, patterilämmityksessä.

## **Jäähdytysverkosto**

Jäähdytysverkostoa palvelevan kiertopumpun säätö riippuu jäähdytysverkoston säätöelimistä. Jos jäähdytyslaitteiden yhteydessä käytettävät toimielimillä varustetut säätöventtiilit ovat kaksitieventtiilejä, kierrosnopeutta säädetään reaaliaikaisesti. Säätöautomaatiikka mittaa paine-eroa jäähdytysverkoston meno- ja paluupuolten välillä ja säättää taajuusmuuttajalla pumpun kierrosnopeutta ko. paine-eromittauksen ja paine-eron asetusarvon perusteella. [5, s. 212.]

Jos jäähdytyslaitteiden yhteydessä käytettävät toimielimillä varustetut säätöventtiilit ovat kolmitieventtiilejä, paine-eron mittaus voidaan toteuttaa pumpun imu- ja painepuolen välillä.

### 3.3.4 Puhaltimet

Puhallin ylläpitää kanavistossa virtaamaa ja painetta. Puhallinenergia tuotetaan sähkömoottorilla. Tyypillisesti käytettyjä puhaltimien sähkömoottoreita ovat

- AC-moottori
- EC-moottori.

AC-moottori toimii vaihtovirralla. AC-moottorin kierrosnopeus riippuu syötetystä jännitteestä ja taajuudesta. Jännite ja taajuus syötetään tietyn suuruisina moottorikäytöllä.

Tyypillisiä moottorikäyttöjä ovat

- muuntajasäädin
- taajuusmuuttaja
- tyristorisäädin.

EC-moottori toimii tasavirralla. EC-moottorin kierrosnopeus riippuu syötetystä jännitteestä. Moottorissa on tyypillisesti integroituna moottorinohjauselektronikka, joka tasasuuntaa syötetyn vaihtovirran tasavirraksi. Puhaltimen kierrosnopeus asettuu portaattomasti syötetyn jännitteen suuruuden mukaan.

Puhaltimen ohjaustapa on tyypillisesti jokin seuraavista:

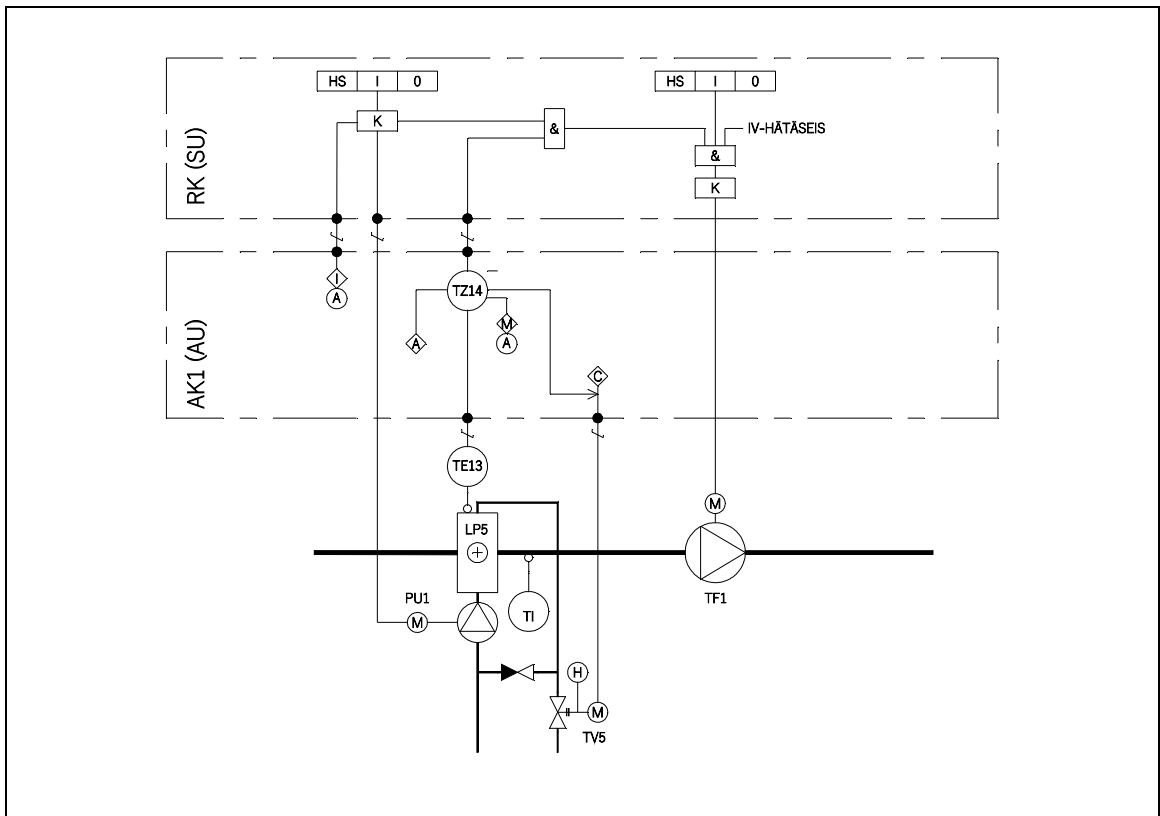
- käy/seis-ohjaus
- nopea/hidas/seis-ohjaus
- käyntinopeuden portaaton asetus.

Puhaltimen ohjausyksikkönä voidaan käyttää

- käsivalintaa puhaltimelta/kytkimestä
- ohjausta kiinteistön automaatiojärjestelmästä
- ohjausta erillisestä ohjauskeskuksesta.

Kuvassa 4 on esitetty yksi esimerkki ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhaltimen ja jälkilämmityksen säätöryhmän toiminnasta.





Kuva 4. Yksinkertaistettu esimerkki tuloilmapuhaltimen toiminnasta.

Kuvan tapauksessa puhaltimen ja pumpun käyntiä ei ohjata I/O-liityntöjen välityksellä automaatiojärjestelmästä. Kuvassa esitetty tuloilmapuhallin käy, kun seuraavat ehdot toteutuvat:

- käsikäyttökytkin on käynti-asennossa
- IV-hätäseis-toimintoa ei ole aktivoitu
- lämmityspatterin kiertovesipumppu käy ja jäätymisvaaratermostaatti ei ole lauennut.

Kuvassa esitetty puhallin on seis-tilassa, jos joku yllä luetelluista ehdoista ei toteudu. Puhaltimen lukitus jäätymisvaaratermostaatin tilaan ja pumpun käyntitilaan on toteutettu sähköisesti.

Puhaltimen säätötapoja ovat

- ei säätöä (suora kytkentä)
- säätö kanavapaineen perusteella
- säätö huonelämpötilan perusteella
- säätö sisäilman ainepitoisuuden perusteella
- säätö sisäilman kosteuden perusteella
- säätö läsnäolon perusteella.

Puhaltimen säätöyksikkönä voidaan käyttää

- puhaltimen integroitua säätöautomaatiikkaa
- ilmanvaihtolaitteen säätöautomaatiikkaa
- säätöä kiinteistön automaatiojärjestelmästä
- säätöä muulla ulkoisella automaatiikalla.

Yllä esitetyt esimerkit eivät ole ainoita mahdollisia tapauksia. Teoriassa puhallin voi toimia lähes millä tahansa ohjaustavan, ohjausyksikön, säätötavan ja säätöyksikön yhdistelmällä.

### 3.4 Liityntäpisteet

Liityntäpisteet muodostuvat fyysisistä ja ohjelmallisista pisteistä. Automaatiojärjestelmän fyysisillä pisteillä tarkoitetaan kenttälaitteiden fyysisistä liittymistä alakeskuksien I/O-moduuleihin kaapeloinnin välityksellä.

Ohjelmalliset pisteet tarkoittavat automaatiojärjestelmän ohjelmistossa tapahtuvaa toimintaa fyysisten pisteiden valvonnan seurauksena. Tyypillisesti ohjelmalliset pisteet ovat hälytyksiä, laskureita ja ohjelmallisia lukituksia.

I/O-pisteillä tarkoitetaan automaation liityntäpisteitä. [3, s. 104–107.]

Taulukossa 1 on havainnollistettu liityntäpisteiden käsitettä.

Taulukko 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän liityntäpisteet.

Liityntä	Toiminto	Selite
DI	indikointi	ilmaisee laitteen todellisen käyttötilan kaksitilaisena (käy/seis)
2 x DI	indikointi	ilmaisee laitteen todellisen käyttötilan kolmitilaisena (nopea/hidas/seis)
DI	hälytys	erillishälytys, esim. laitteelta häiriöhälytys
DO	ohjaus	käyttötilaohjaus kaksitilaisena (käy/seis)
2 x DO	ohjaus	käyttötilaohjaus kolmitilaisena (nopea/hidas/seis)
AI	mittaus	sisäänmeno mittausantureille
AO	säätö	suhteellinen ulostulo säätimeltä/alakeskukselta lähteille ohjausviesteille, tarkoitettu portaattomalla jänniteviestillä toimiville toimilaitteille
ohjelm.	hälytys	ohjelmallinen hälytys, esim. raja-arvo tai ristiriitahälytys
DI = digital input, DO = digital output, AI = analog input, AO = analog output, ohjelm. = ohjelmallinen		

### 3.5 Hälytykset

Hälytyksillä saadaan automaatiojärjestelmään tieto järjestelmään kytketyn talotekniikan toimintahäiriöistä. Lisäksi hälytyksiä käytetään ilmaisemaan viranomaisille kohteessa tapahtuvat hätätilanteet (esim. tulipalo) ja huoltohenkilöstölle kiireellistä toimintaa vaativat tilanteet (esim. tulviva pumppaamo).

Käytetyt hälytykset esitetään priorisoituna hälytysluokkiin 1...3 tai A...C seuraavasti:

- 1 tai A = hätä/kiireellinen hälytys
- 2 tai B = vikahälytys
- 3 tai C = huoltohälytys.

Hälytysviiveellä tarkoitetaan automaatiojärjestelmään asetettua ajanjaksoa, jonka järjestelmä odottaa hälytyksen laukaisevan ehdon täyttymisen ja hälytyksen varsinaisen antamisen välillä.

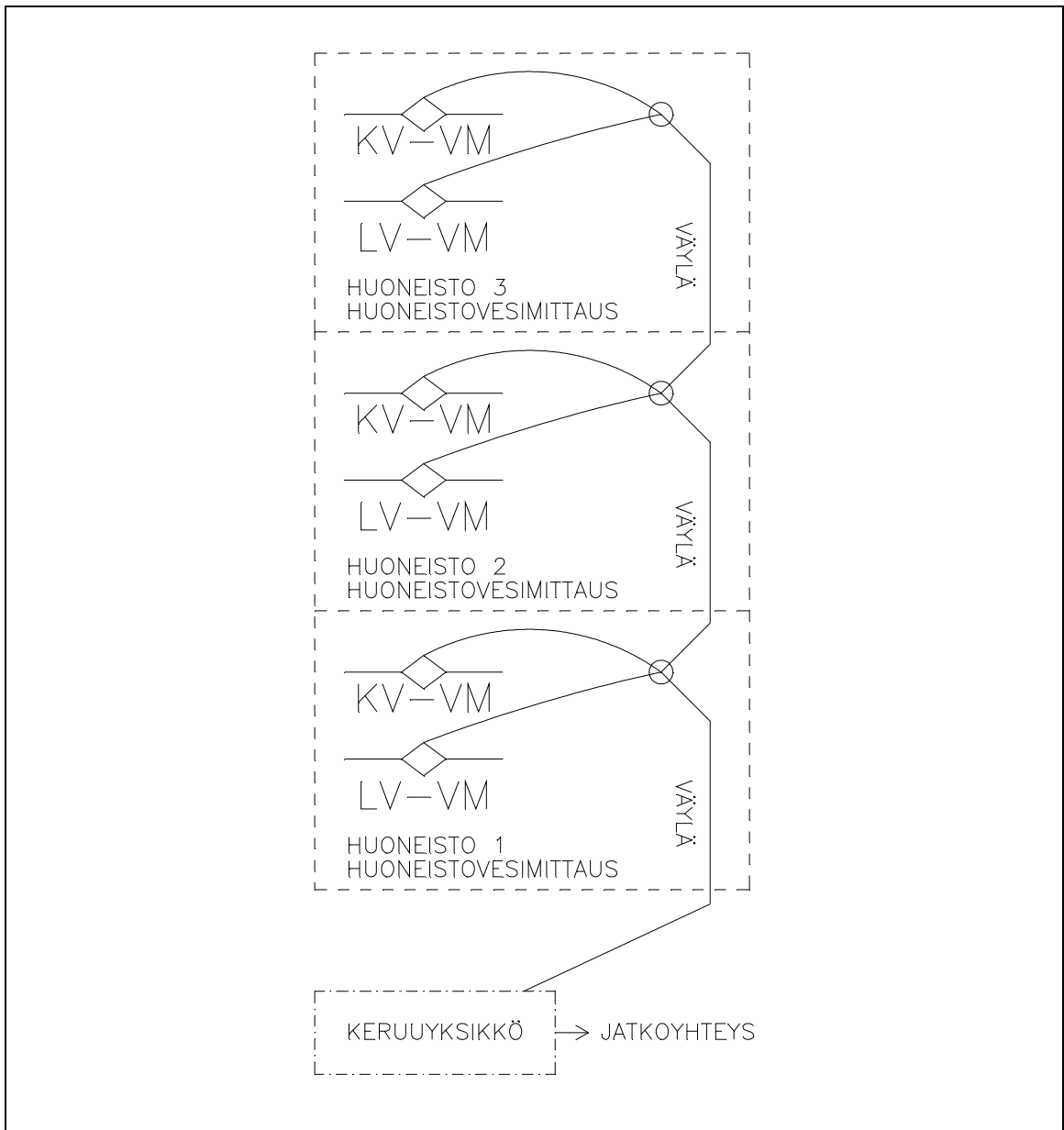
### 3.6 Väylät

Automaatiojärjestelmän väylä yhdistää järjestelmän yksittäiseen tasoon liitetyt laitteet toisiinsa ja automaatiojärjestelmään. Väylällä tarkoitetaan laitteiden fyysistä liitännätapaa ja laitteiden kommunikointiprotokollaa, johon perustuvia viestejä fyysinen väylä välittää. Fyysinen liitännätapa voi olla esim. kierretty parikaapeli. [4]

Yleisesti käytettyjä väyläratkaisuja ovat esim.

- LonWorks
- Modbus
- BACnet
- KNX.

Kuvassa 5 on havainnollistettu väylän käsitettä väyläpohjaisen vedenmittausjärjestelmän kaaviolla.



Kuva 5. Väyläpohjainen vedenmittausjärjestelmä.

Kuvasta on nähtävissä rakennusautomaatiossa käytetyille väyläsovellutuksille ominainen ketjutus. Tiedonsiirto perustuu siihen, että vain yksi laite kerrallaan voi lähettää tietoa. Väylässä on yksi isäntälaitte, tässä tapauksessa keruuyksikkö, joka kontrolloi tiedonsiirtoa. Loput laitteet, vesimittarit, ovat orjalaitteita. Isäntälaitte pyytää tietoa yhdeltä laitteelta kerrallaan.

On olennaista huomioida väyläratkaisuiden erilaiset variaatiot, esimerkiksi Modbusia käytettäessä. Tiettyjen LTO-koneiden väyläpohjaisessa tiedonsiirrossa käytetään Modbus RTU:ta, joka perustuu sarjaliikennöintiin. Joissakin LTO-koneissa

väyläpohjainen liikennöinti tapahtuu Modbus/TCP:llä, jossa käytetään Ethernet-verkkoa.

#### **4 RAU-suunnittelua koskevat määräykset ja ohjeet**

Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia määräyksiä, standardeja ja ohjeita. Suoraan rakennusautomaatioon kohdistettuja viranomaismääräyksiä on vähän, mutta LVI-laitoksia koskevat määräykset ja ohjeet koskevat välillisesti rakennusautomaatiojärjestelmiä. Suunnittelijan kannalta tärkeitä määräyksiä, standardeja ja ohjeita ovat

- Rakentamismääräyskokoelman osat D1, D2, D3, D4, D5 ja E7.
- SFS-standardiryhmä 97.120 Kotitalouskäyttöön tarkoitetut automaattiset säätöjärjestelmät
- TalotekniikkaRYL 2002, osa 2: J7 Automaatiojärjestelmät
- LVI-kortisto: LVI 40-10250, LVI 41-10230, LVI 41-10233, LVI 41-10234
- ST-kortisto: ST-käsikirjat 17, 21 ja 22
- K1: Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet
- KJ1: Rakennusten kaukojäähdytys. Yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet. [3, s. 15–18.]

## 5 Suunnitteluprosessi

RAU-suunnittelijan tehtävät ovat Optiplanilla, aikajärjestyksessä esitettynä, tavallisesti seuraavat:

- lähtötietojen tarkistus
- suunnitelmadokumenttien laatiminen
- suunnitelmien toimittaminen tarkastettavaksi LVIS-suunnittelijoille ja projektin vastaavan suunnittelijan nimeämälle ulkopuoliselle suunnittelijalle
- tarkastuskierroksella saatujen huomioiden vieminen suunnitelmiin
- RAU-suunnitelmien luovuttaminen jakelua varten
- tilaajan kommenttien vieminen RAU-suunnitelmiin
- luovutusasiakirjojen laatiminen RAU-urakoitsijan punakynämerkintöjen perusteella.

### 5.1 Lähtötiedot

RAU-suunnittelija tarkistaa LVIS-suunnittelijoiden toimittamat lähtötiedot. Jos näissä on puutteita, tulee RAU-suunnittelijan pyytää tarvittavat täydennykset ja tarkennukset LVIS-suunnittelijoilta.

RAU-järjestelmän suunnittelutavoitteet periytyvät pääasiassa kohteen luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheissa tehdyistä taloteknisistä suunnitteluratkaisuista. Tältä osin RAU-suunnittelijan tehtävä on huolehtia siitä, että asetetut tavoitteet täyttyvät. On oleellista käydä läpi kohteen LVIS-suunnittelun nykytilanteen ratkaisut ja määrittää asiat, jotka vaikuttavat RAU-suunnitteluun.

Esimerkkinä voisi pitää ilmanvaihdon tarvekohtaista tehostusta. Kohteessa voidaan käyttää ilmanvaihdon asuntokohtaiseen tehostamiseen tehostuskytkimen avulla ohjattavia moottoripeltejä.

Vaihtoehtoisesti ilmanvaihto on suunniteltu siten, että ilmanvaihtoa ei tehosteta moottoripeltejä ohjaamalla vaan asukas tehostaa asunnon ilmanvaihtoa avaamalla keittiön liesikuvun sulkupellin.

Kyseessä on laatutasoiltaan hyvin erilaiset ratkaisut, joista ensimmäiseksi mainittu edellyttää toimenpiteitä RAU-suunnittelijalta, jälkimmäinen ei.

Alakeskusten tyypit, lukumäärä ja sijainnit saadaan tavallisesti lähtötietona LVIS-suunnittelijoilta. Alakeskuksen tyypillä tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, onko kyseessä valvonta-alakeskus vai I/O-keskus.

RAU-suunnittelun edetessä esiin tulevat mahdolliset tarkennukset alakeskuksiin tulee sopia yhdessä LVIS-suunnittelijoiden ja tilaajan kanssa. RAU-suunnittelijan tulee siirtää alakeskusten tiedot RAU-suunnitelmiin.

## 5.2 Suunnitelmadokumenttien laatiminen

RAU-suunnittelija laatii rakennusautomaatiosuunnitelmat DWG-tiedostomuodossa käyttäen tähän tarkoitukseen tehtyä J7-pohjaa. Valmiit suunnitelmat tulostetaan yhdeksi PDF-tiedostoksi jakelua varten.

RAU-suunnitelmiin sisältyvät seuraavat dokumentit:

- RAU-nippu (alias J7-nippu)
- RAU-työselostus (liitteenä Optiplanin LVI-työselostuksessa).



RAU-nippu koostuu seuraavista osista:

- kansilehti
- piirustusluettelo
- järjestelmäkaavio
- säätökaaviot ja toimintaselostukset
- pisteluettelo
- ohjelmaluettelo.

### 5.3 Suunnitelmien tarkastuskierron ja luovuttaminen jakelua varten

RAU-suunnitelmat toimitetaan tarkastusta ja kommentointia varten LVIS-suunnittelijoille. Mahdolliset tarkistuksesta aiheutuvat muutokset tarkennetaan suunnitelmiin.

RAU-suunnitelmat luovutetaan jakelua varten normaalin käytännön mukaisesti. Jos julkaisupäivä on tiedossa, RAU-suunnittelija voi itse päivätä suunnitelmat ja tulostaa ne PDF-muotoon. Muussa tapauksessa suunnitteluassistentti tai muu nimetty henkilö päivää projektin kaikki julkaistavat suunnitelmat, tulostaa ne PDF-muotoon ja toimittaa projektipankkiin tai kopiolaitokselle.

Jos tilaajalla on kommentoitavaa LVISA-suunnitelmien sisällöstä, tarkennetaan muutokset RAU-suunnitelmiin tarpeen mukaan.

### 5.4 Luovutusasiakirjat

Automaatiourakoitsija toimittaa toteutusvaiheessa tehdyistä poikkeuksista RAU-suunnitelmiin punakynämerkintöjä RAU-suunnittelijalle. Punakynämerkinnät viedään tarpeen mukaan RAU-suunnitelmiin.

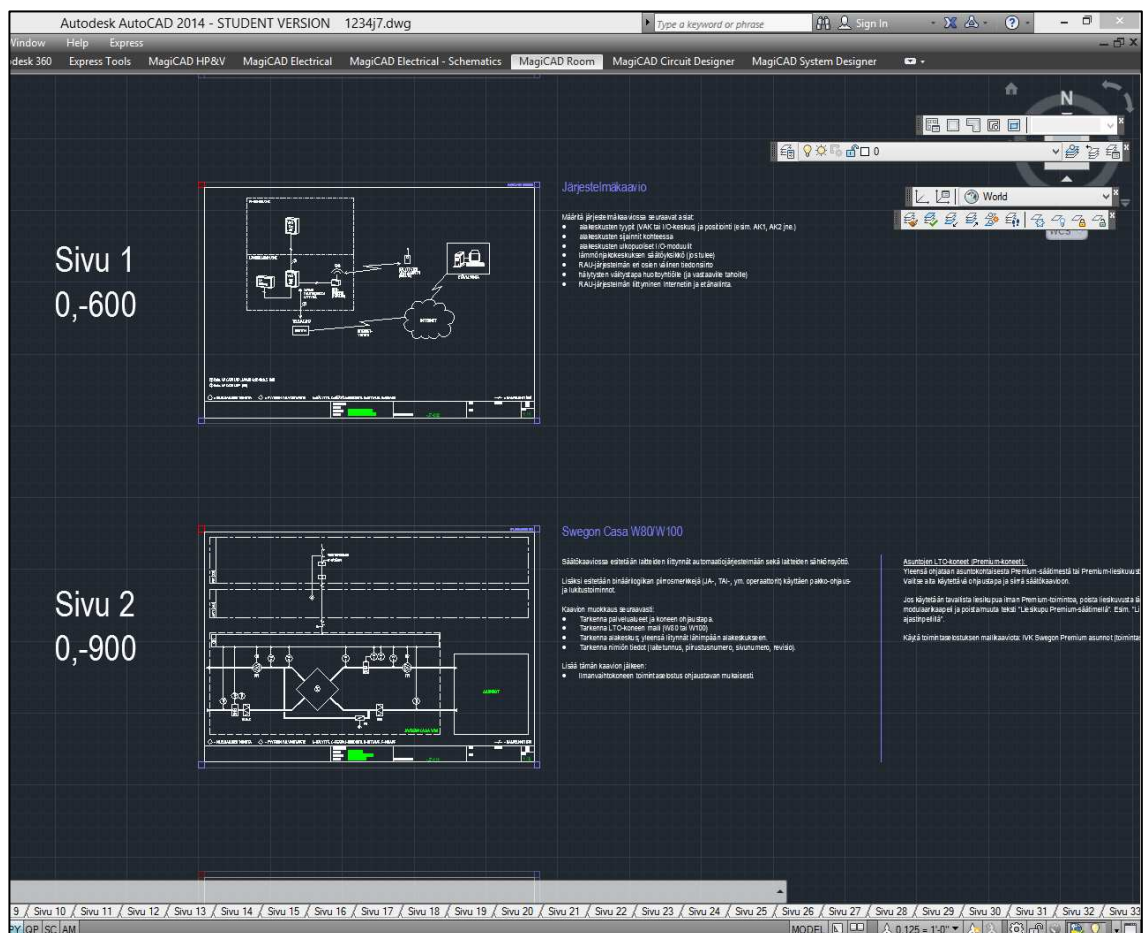
## 6 Rakennusautomaatiokirjasto

### 6.1 Sisältö

Rakennusautomaatiokirjasto koottiin AutoCAD-ohjelmistolla yhdeksi DWG-muodossa olevaksi tiedostoksi. Rakennusautomaatiokirjastolle annettiin nimeksi RAU-pohja. Tiedostossa on koottuna RAU-nippuun tuleva sisältö (ks. luku 5.2).

Kansilehdelle, piirustusluettelolle, pisteluettelolle ja ohjelmanuettelolle tehtiin yrityksen RAU-suunnitelmien ulkoasun mukaiset mallitaulukot RAU-pohjaan. RAU-suunnittelija täydentää suunnittelutilanteessa tyhjiin mallitaulukoihin kohdekohtaiset tiedot.

Kuvassa 6 on esitetty kuvaruutukaappaus RAU-pohjasta AutoCAD-ohjelmassa.



Kuva 6. RAU-pohja avattuna AutoCAD-ohjelmistossa.

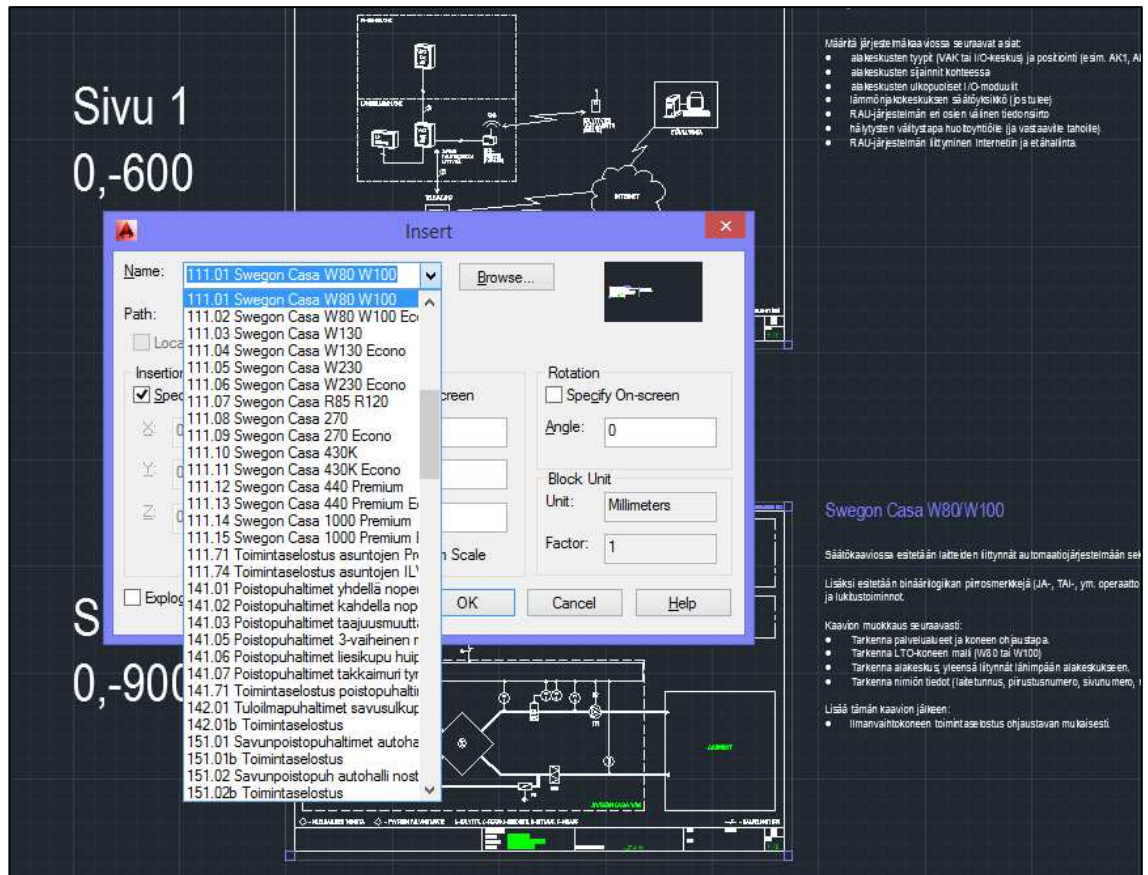
## 6.2 Säättökaaviot ja toimintaselostukset

Säättökaaviot ja toimintaselostukset koottiin järjestelmä- ja laitekohtaisesti. Kaaviot pohjautuvat pääosin yrityksen aiemmin käyttämiin kaavioihin. Lisäksi on luotu uusia kaavioita ja karsittu pois tarpeettomaksi jääneitä. Kaavioihin on viety yrityksen RAU-suunnitteluun liittyvien henkilöiden toivomia tarkennuksia ja korjauksia. Lisäksi on tehty esitystapaan liittyvää yhtenäistämistä.

Suurin haaste oli vanhoissa suunnitelmissa esiintyneet epäjohdonmukaisuudet ja virheiden tunnistaminen. Apuna tässä olivat kirjallisuuslähteissä esitetyt rakennusautomaatiokaaviot, esimerkiksi ST-kortiston käsikirjojen esimerkkikaaviot ja Helsingin kaupungin rakennusviraston mallikaaviot. Työssä käytettyjä kaavioita ei kuitenkaan voinut luoda yksinomaan näitä käyttäen, sillä kirjallisuuslähteiden kaavioissa käytetyt merkinnät poikkesivat joiltain osin Optiplanin suunnitelmissa käytetyistä. Lisäksi sekä Optiplanin vanhoissa suunnitelmissa että kirjallisuuslähteiden kaavioissa esitetyt laitteet saattoivat olla vanhempaa tekniikkaa, joiden käyttö on nykyisin vähentynyt tai kokonaan loppunut. Uudempien laitteiden osalta merkinnät olivat osittain puutteellisia ja virheellisiä.

## 6.3 Julkaisujärjestelmä

Säättökaaviot, toimintaselostukset ja luettelot asetetaan RAU-pohjassa määritettyihin kohdistuspisteisiin siten, että RAU-nippuun tulevat sivut ovat kuvaruudussa halutussa järjestyksessä allekkain. Kuvassa 7 on esitetty kaavion syöttötoiminto RAU-pohjassa.



Kuva 7. Kaavion syöttö RAU-pohjassa.

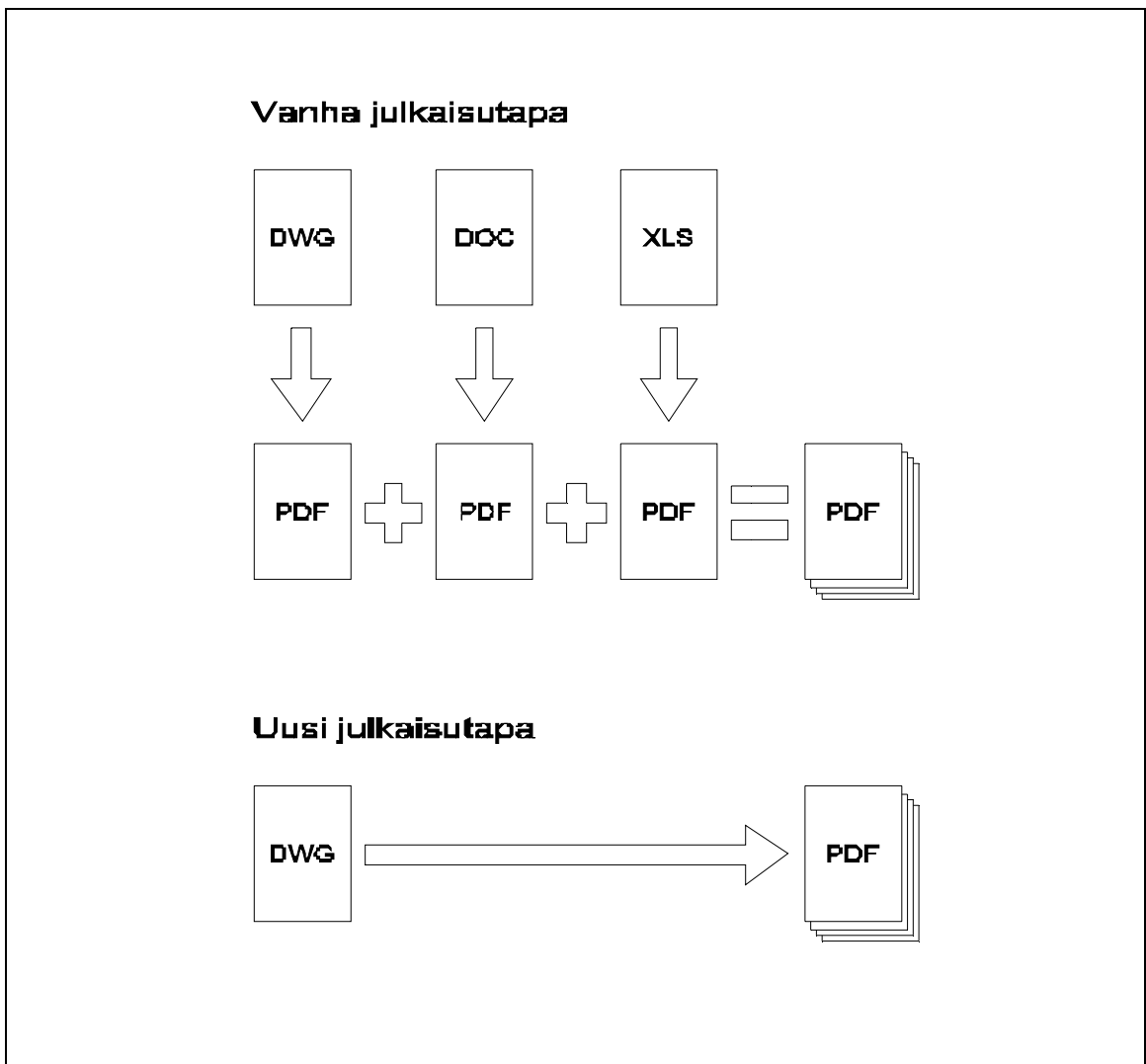
RAU-suunnitelmien nimiötiedot täytetään RAU-pohjassa kahdessa osassa. Yleisnimiöön täytetyt tiedot tulostuvat jokaiseen sivuun, jolloin kohteen osoitetietoja ym. toistuvia tietoja ei tarvitse täyttää moneen kertaan. Sivukohtaiseen nimiöön täytetään järjestelmää ja esitettyjä laitteita kuvaavat tiedot, sivunumerot ym. jokaiseen sivuun erikseen syötettävät tiedot.

AutoCAD-ohjelmiston tulostustilassa on tulostusasettelut valmiina jokaiselle sivulle. Kaikki muokkaustoiminnot tehdään piirtoilassa, tulostusasetteluita ei muokata missään vaiheessa. RAU-suunnitelmien tulostaminen jakelua varten tehdään valitsemalla kaikki tulostustilan välilehdet ja käyttämällä AutoCAD-ohjelmiston Publish-toimintoa. Lopputuloksena on yksi PDF-tiedosto, joka tallennetaan verkkolevyille, projektikansioon. Tiedosto toimitetaan projektipankkiin tai suoraan kopiolaitokselle, jonka kautta hoidetaan suunnitelmien jakelu paperimuodossa.

RAU-pohjan julkaisujärjestelmä on vanhaan julkaisutapaan verrattuna nopeampi ja vähemmän virhealtis. Vanhalla tavalla tehdessä RAU-nippu koottiin AutoCAD-ympäristöstä (DWG-tiedostot) ja Microsoft Word- ja Excel -ohjelmistoista (DOC- ja XLS-tiedostot) tulostetuista yksittäisistä PDF-tiedostoista, jolloin aikaa kului tiedostojen avaamiseen, tiedostojen tallentamiseen, ohjelmistojen välillä vaihtamiseen, yksittäisten PDF-tiedostojen yhdistämiseen yhdeksi PDF-tiedostoksi ja yhdistetyn tiedoston tarkistamiseen, jotta kaikki sivut ovat nipussa ja oikeilla paikoillaan.

Uuden julkaisutavan myötä tulostus tehdään yhdellä ohjelmistolla ja tulostettava materiaali on oikeassa järjestyksessä kuvaruudulla jo suunnitteluvaiheessa.

Kuvassa 8 on havainnollistettu uuden ja vanhan julkaisutavan välisiä eroa.



Kuva 8. Vanhan ja uuden julkaisutavan eron havainnollistaminen.

## 6.4 Kaaviokohtainen ohjeistus

RAU-pohjaan on kerätty ruudulla näkyvä, kaaviokohtainen ohjeistus, joka on tarkoitettu RAU-suunnittelijan apuvälineeksi suunnittelutilanteessa. Ruudulla näkyvät ohjeet käsittelevät kaaviossa esitettyjä järjestelmiä ja laitteita. Ohjeistus ei tuloistu lopulliseen RAU-nippuun.

## 7 Rakennusautomaatiosuunnitteluohje

### 7.1 Aineiston kerääminen

Aineiston kerääminen tapahtui lähinnä ST-kortiston rakennusautomaatiota käsitteleviä käsikirjoja ja Optiplanin vanhoja automaatiosuunnitelmia hyödyntäen. Epäselvät ja yrityksen suunnittelukäytäntöihin liittyvät asiat selvitin kysymällä työn ohjaajalta, nimetyiltä suunnittelijoilta ja valvojilta.

Suunnitteluohjetta tehdessä haasteet olivat samankaltaisia kuin rakennusautomaatiokirjaston kokoamisessa.

Taulukossa 2 on esitetty RAU-suunnitteluohjeen keskeinen sisältö.

Taulukko 2. RAU-suunnitteluohjeen keskeinen sisältö.

<b>RAU-JÄRJESTELMÄN PERUSTEET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alakeskukset</li> <li>• kenttälaitteet</li> <li>• liityntäpisteet</li> <li>• säätökaavio ja toimintaselostus</li> <li>• väylät</li> <li>• positiointi</li> <li>• urakkarajat</li> </ul>
<b>RAU-SUUNNITELMIEN LAATIMINEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lähtötiedot</li> <li>• järjestelmäkaavio</li> <li>• lämmitys-, vesi- ja viemäri- ja ilmanvaihtojärjestelmien tyypilliset RAU-liitynnät</li> <li>• sähköerillispisteet</li> <li>• pisteluettelo</li> <li>• ohjelmaluettelo</li> </ul>
<b>RAU-SUUNNITELMIEN VALMISTUMINEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tarkastuskierros</li> <li>• luovuttaminen jakelua varten</li> <li>• luovutusasiakirjat</li> </ul>
<b>RAU-POHJAN KÄYTTÄMINEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mallikaavioiden nimeämisperiaate</li> <li>• RAU-suunnitelmien numerointi</li> <li>• mallikaavioiden muokkaustoiminnot RAU-pohjassa</li> <li>• tulostustoiminnot</li> </ul>
<b>LVI- JA SÄHKÖSUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LVI- ja sähkösuunnittelijoilta tarvittavat lähtötiedot</li> <li>• tilavarat</li> </ul>

## 7.2 RAU-pohjan käyttöohje

Suunnitteluohje sisältää yksityiskohtaisen ohjeen RAU-pohjan käyttämiseksi. Ohjeessa on tekstimuodossa selitetty kohta kohdalta kaavioiden syöttäminen RAU-pohjaan, muokkaaminen, olemassa olevan kaavion tuominen vanhasta projektista ja kaikki RAU-pohjaan liittyvät toiminnot.

### 7.3 LVI- ja sähkösuunnitelmissa huomioitavat asiat

Suunnitteluohjeessa on LVI- ja sähkösuunnittelijoille tarkoitettu osa, jossa käydään läpi LVI- ja sähkösuunnittelussa huomioitavat asiat RAU-suunnittelun kannalta. Näitä ovat

- varolaitteiden, mittareiden ja laitteiden vaatimukset
- suunnitelmiin merkittävät asiat
- ryhmäkeskusten vaatimukset
- RAU-järjestelmän kaapelointi
- tarvittavat lähtötiedot RAU-suunnittelua varten.

## 8 Työn tulosten jalkauttaminen yrityksessä

Kirjoitushetkellä työn tuloksena syntyneiden rakennusautomaatiokirjaston ja suunnitteluohjeen käyttöönotto yrityksessä on vielä kesken. Materiaali täytyy tarkastaa huolellisesti ennen kuin se voidaan ottaa käyttöön päivittäisessä suunnittelutyössä.

Tällä hetkellä rakennusautomaatiokirjaston sisältö on kertaalleen tarkastettu ja tältä osin on saatu tarkennus- ja lisäysehdotuksia. Suunnitteluohje on kirjoitushetkellä tarkastettavana.

## 9 Kehitysehdotukset

Rakennusautomaatiokirjaston ja suunnitteluohjeen luominen oli lopulta niin suuri osa insinööriyötä, ettei uusille kehitysideoille jäänyt aikaa. Työn aikana nousi esiin kuitenkin yksi selkeä kehitysehdotus. MagiCAD-ohjelmiston osana on jonkin aikaa ollut saatavilla System Designer -lisäosa, joka on tarkoitettu RAU-suunnitelmien osana olevien säätökaavioiden luomiseen. System Designerin työkalut helpottavat erityisesti monimutkaisia järjestelmiä kuvaavien kaavioiden luomista ja muokkaamista.



Optiplanin toimitilasuunnittelussa on otettu kyseinen lisäosa käyttöön ja luotu tarvittavat aloitustiedostot projekteja varten. Näitä tiedostoja voitaisiin käyttää hyödyksi myös asumisen puolella ja sitä kautta saataisiin System Designer mahdollisimman vaivattomasti käyttöön.

## 10 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli luoda suunnittelijoiden käyttöön asuinrakennuksen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohje sekä työkalu rakennusautomaatiosuunnitelmien tuottamiseksi tehokkaasti ja virheettömästi. Nämä tavoitteet täyttyivät, ja tuloksena on suunnittelijoiden työtä helpottavaa materiaalia, jota on mahdollista hyödyntää jokapäiväisessä työssä. Lopullinen arviointi työn onnistumisesta on mahdollista tehdä vasta, kun suunnitteluohje ja RAU-pohja on annettu suunnittelijoiden käytettäväksi.

Aineiston kerääminen koostui suureksi osaksi vanhojen suunnitelmien läpikäymisestä ja niihin liittyvien epäselvyyksien selvitystyöstä. Optiplanin projektiarkistossa on RAU-suunnitelmia sähköisessä muodossa 90-luvulta nykypäivään, joten referensseistä ei tullut pulaa.

Kirjallisuuslähteistä hyödyllisin oli ST-kortiston käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät. Insinööriyön tekemisen aikana kävi hyvin nopeasti selväksi, että esimerkiksi LVI-kortistossa ei LVI-järjestelmien automaatioon keskittyvää materiaalia ole lopulta kovinkaan paljon. Toki monet LVI-tekniikkaa käsittelevät kirjallisuuslähteet sisältävät usein ainakin lyhyen, rakennusautomaatiolle pyhitetyn osion. Kaikkein arvokkain apu työn tekemisessä olivat lopulta kuitenkin Optiplanin RAU-suunnitteluun perehtyneet työntekijät, joilta sai apua aina tarvittaessa.

## Lähteet

- 1 Tietoa Optiplanista. 2013. Verkkodokumentti. Optiplan Oy.  
<[http://www.optiplan.fi/tietoa\\_optiplanista/fi\\_FI/tietoa\\_optiplanista/](http://www.optiplan.fi/tietoa_optiplanista/fi_FI/tietoa_optiplanista/)>.  
Luettu 23.3.2014.
- 2 Pyylampi, Sari. 2013. Suunnittelualavastaava, Optiplan Oy. Muunoja, Jari.  
Ryhmänjohtaja, Optiplan Oy. Keskustelu. 7.3.2013
- 3 ST-käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. Sähkötieto ry. Espoo:  
Sähköinfo. <http://www.sahkoinfo.fi/severi>. Luettu 23.3.2014.
- 4 ST-käsikirja 21. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2006. Sähkötieto ry. Espoo:  
Sähköinfo. <http://www.sahkoinfo.fi/severi>. Luettu 23.3.2014.
- 5 Hakala, Pertti & Kaappola Esko. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. 3. tark.  
painos. Helsinki: Opetushallitus.