



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jani Stigell

Rakennusautomaation AMK-koulutuksen kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Sähköinen talotekniikka

Opinnäytetyö

24.4.2019

Tekijä Otsikko	Jani Stigell Rakennusautomaation AMK-koulutuksen kehittäminen
Sivumäärä Aika	49 sivua + 3 liitettä 24.4.2019
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarmo Tapio lehtori Kai Virta
<p>Tässä opinnäytetyössä tavoite oli kehittää Metropolia Ammattikorkeakoulun rakennusautomaation opetusta erityisesti urakoinnin tarpeisiin tuottamalla rakennusautomaatiota ja sen urakointia käsittelevä opintojakso AMK-opiskelijoille.</p> <p>Työ toteutettiin selvittämällä aluksi nykyistä opetustarjontaa Metropoliasa. Lisäksi haastateltiin muutamia alan yritysten asiantuntijoita, joiden avulla pyrittiin kartoittamaan tarpeita ja toiveita opetuksen sisältöön. Opinnäytetyön aikana tutustuttiin nykyään hyvin aiheesta löytyvään kirjallisuutta.</p> <p>Kyselyn tuloksista havaittiin, että rakennusautomaatioalan yrityksiin työllistyvät insinöörit tarvitsevat lisää tietotaitoa, jotta heidän olisi helpompi aloittaa työskentely rakennusautomaatiota urakoivissa yrityksissä. Tuotettavaa teoriapakettia ja siitä tehtävää AMK-opintojaksoa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa opetussuunnitelmissa mahdollisuuksien mukaan.</p> <p>Tähän opinnäytetyöhön ja sen tuottamaan kurssiin liittyen toisessa insinööriyössä suunniteltiin ja toteutettiin laitteisto, jolla opinnäytetyön opintojakson teoriaa voidaan soveltaa laboratorio-olosuhteissa turvallisesti ja oppilaitoskiinteistön käyttäjiä häiritsemättä.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, projektinhallinta, urakointi, koulutus, kehittäminen

Author Title	Jani Stigell Developing Building Automation Education
Number of Pages Date	49 pages + 3 appendices 24 April 2019
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Building Services
Instructors	Jarmo Tapio, Senior Lecturer Kai Virta, Senior Lecturer
<p>The aim of this Master's thesis was to develop the teaching of building automation at a university of applied sciences, especially for the needs of contracting, by creating a contracting-oriented course on building automation. The final year project was done by exploring the courses currently available at the university. In addition, experts working in companies in the field of building automation contracting were interviewed to identify what should be included in the contracting-oriented course. Furthermore, literature on the subject was studied.</p> <p>The interviews showed that it would be easier for engineers to start working in companies engaged in building automation contracting if they had more knowledge on the topic. The course that was outlined in this thesis would offer precisely that. The necessary equipment for applying the theory of the course in a safe way has been developed in another thesis.</p>	
Keywords	building automation, project management, contracting, education, developing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	4
2	Rakennusautomaatio	9
2.1	Määritelmä	9
2.2	Järjestelmän rakenne	9
2.3	Projektinhoitajan työtehtävät	11
3	Rakennusautomaation koulutus	12
3.1	Nykytila oppilaitoksessa	12
3.2	Alan yritysten tarvekartoitusta	13
4	Rakennusautomaatioprojekti	14
4.1	Projektisuunnitelma ja aikataulun suunnittelu	14
4.2	Asiakirjat	15
4.3	Venttiilien mitoitus	22
4.4	Laitetilaukset	23
4.5	Aloitustilaisuus	24
4.6	Perehdytys ja työmaan miehittäminen	24
4.7	Laadunvarmistus	24
4.8	Työmaahallinta	26
4.9	Työmaakokoukset ja urakoitsijapalaverit	28
4.10	Kustannusseuranta	28
4.11	Alihankinta ja -urakointi	29
4.12	Valvomo	29
4.13	Tietoturvallisuus	32
4.14	Ohjelmointi	33
4.15	Asennukset	33
4.16	Asennusvalmistelut	34
4.17	Määräykset ja muut seikat	34

4.18	Asennuksen toteutus	35
4.19	Laitemerkinnät	37
4.20	Vastaanottoon vaiheet	37
5	Kurssi ammattikorkeakoulun opintoihin	43
6	Tulokset ja yhteenveto	46
	Lähteet	48
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkki yhteensovituskaaviosta	
	Liite 2. Opintojaksokuvaus - Rakennusautomaation urakointi	
	Liite 3. Miellekartta rakennusautomaatiourakan projektisuunnitelmasta	

Lyhenteet

AMK	Ammattikorkeakoulu.
BACnet	Avoin ja standardoitu protokolla rakennusten automaatioväylätasolle.
HMI	Human Machine Interface, käyttöliittymä.
IMS	Ilmamääräsäädin.
I/O	Input/Output, tulo/lähtö
IV	Ilmanvaihto.
KNX	Kansainvälinen talotekniikan sähkö- ja valaistusohjausten väyläprotokolla.
KVS-arvo	Venttiilin suurin mahdollinen läpäisykyky (m ³ /h).
L-E-S	Tietoturvamalli, luottamuksellisuus, eheys ja saatavuus.
LKV	Lämmin käyttövesi.
LTO	Lämmöntalteenotto.
Lon	LonWorks on 1989 kehitetty lähinnä RAU:ssa käytetty väyläprotokolla.
LVIASJ	Lämpö, vesi, ilma, automaatio, sähkö ja jäähdytys.
ModBus	Pitkään käytössä ollut simppele, mutta vakaa väyläprotokolla.
RAU	Rakennusautomaatio.
TCP/IP	Usean tietoverkkoprotokollan yhdistelmä, kehys tiedon kuljettamiselle.
VAK	Valvonta-alakeskus eli RAU-järjestelmän keskus.

1 Johdanto

Rakennusautomaatio koskettaa lähes kaikkia yhteiskunnan jäseniä suorasti tai epäsuorasti. Useimpia kiinteistöjä ohjataan automaattisesti automaation avulla edes jollain tasolla. Kun me heräämme aamulla pirteänä, olet luultavasti saatu nauttia sopivasta lämpötilasta makuuhuoneessa, jonka rakennusautomaatio on ulkolämpötilan mukaan säättänyt. Kun saavumme kouluun tai työpaikalle, ilmanvaihto on luultavasti käynnistetty automaattisesti jo hyvissä ajoin ennen työ- tai aukioloajan alkua määritellyn aikataulun mukaisesti, jotta ilma olisi raikasta tullessasi. Samoin valaistus on päällä tai kytkeytyy päälle liikkeitten mukaan. Me voimme mahdollisesti säätää työ- tai oppimistilan lämpötilaa rakennusautomaatioon kytketyllä huonesäätimellä. (Härkönen ym. 2012: 150.)

Rakennuksissa automaatiolla voidaan siis ohjata esimerkiksi lämmitystä, jäähdytystä, ilmanvaihtoa ja valaistusta. Olosuhteiden säätäminen voi perustua esim. lämpötilan mittaamiseen, liikkeen havaitsemiseen tai vaikkapa sääennusteeseen. Rakennusautomaation tulisi oikein suunniteltuna ja säädettynä palvella käyttäjiänsä parhaalla mahdollisella tavalla, jotta käyttäjän olisi mukava oleskella tai työskennellä. (Härkönen ym. 2012: 150.)

Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on tuottaa Metropolia Ammattikorkeakoululle rakennusautomaatiota käsittelevä opintojakso syventäviin AMK-opintoihin 3. ja 4. vuoden opiskelijoille erityisesti urakoinnin tarpeisiin. Opintojaksoon kuuluvana suunnitellaan myös laboratorioharjoitukset, joilla kurssin teoriaa päästään soveltamaan käytäntöön. Tähän käyttöön on tarkoitus suunnitella ja toteuttaa erillinen laboratoriolaitteisto.

Tavoitteiden saavuttamiseksi tutustutaan alan kirjallisuuteen ja ohjeistoon, joista kerätään ST 736.00 rakennusautomaatioprojektin hallinta -kortin mukainen teoria rakennusautomaation projektin hallinnasta. Tämän avulla luodaan opintojakson sisältö. Lisäksi pyydetään joitakin alan toimijoita kertomaan näkemyksiään siitä, mitä RAU-kurssilla tulisi kertoa opiskelijoille. Laboratoriolaitteiston rakentaminen ulkoistetaan AMK-opiskelijan tehtäväksi opinnäytetyöksi.

Automaatiotekniikan opetussuunnitelma

Uusimman vuosien 2018–2019 opetussuunnitelman mukaan automaatiotekniikassa opetetaan vuosiluokalle TXJ19K1 yhteensä 240 opintopisteen verran aiheita.

Ensimmäisenä lukuvuonna kaikille yhteisiä opintoja ovat

- Insinöörin opintoihin orientoituminen
- Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet
- Sähkövoima- ja automaatiotekniikan perusteet
- Automaatio- ja sähkötekniikan projekti

Toisen lukuvuoden aikana opiskellaan seuraavaa

- Laiteläheistä automaatiota
- Tuotannon automaatiota
- Automaation suunnittelua
- Mekatroniikkaa
- Automaation tietotekniikkaa

Kolmantena vuonna opiskellaan tai suoritetaan

- Automaation tietotekniikkaa
- Systeemitekniikkaa
- Robotiikkaa
- Ensimmäinen harjoittelu
- Innovaatioprojekti
- Tekniikan alan ruotsi
- Suomi toisena kielenä

Neljäntenä eli viimeisenä vuonna opiskellaan tai suoritetaan

- Tuotannon ja talouden optimointia automaatiossa
- Toinen harjoittelu
- Opinnäytetyö

Lisäksi on kaksi pääaineen mukaista valinnaista opintokokonaisuutta, ja täysin vapaasti valittavia opintoja kaksi opintokokonaisuutta. (Opetussuunnitelmat, sähkö- ja automaatiotekniikka, Automaatiotekniikka 2019.)

Osa insinööriopiskelijoista valitsee sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelmassa automaation pääaineekseen. Tästä tulevien automaatioinsinöörin joukosta vastaavasti osa työllistyy rakennusautomaation parissa toimiviin yrityksiin. Näin ollen on järkevää ja perusteltua opettaa rakennusautomaatiota ammattikorkeakoulun opetussuunnitelman sisältönä.

Automaatiotekniikasta valmistuvien työllistyminen

Taulukossa 1 esitetään vuosina 2012–2016 automaatiotekniikan koulutusohjelman suorittaneiden sijoittuminen työelämään vuonna 2016. Taulukon lähteinä on käytetty Tilastokeskuksen Tutkintorekisteriä ja Työssäkäyntitilastoa vuodelta 2016. (Sijoittumistiedot 2016 2016.)

Taulukosta 1 voidaan nähdä, että automaatiotekniikan suorittaneiden työllisyysprosentti on erittäin hyvä. Viiden vuoden keskiarvo on 92 prosenttia. Parina vuonna työttömyys on ollut jopa nolla prosenttia, ja muinakin tilastovuosina merkittävän alhainen. (Sijoittumistiedot2016 2016.)

Taulukko 1. Sijoittumistiedoista suodatettu taulukko vuosina 2012-2016 automaatiotekniikan AMK-tutkinnon suorittaneiden pääasiallinen toiminta vuonna 2016. (Sijoittumistiedot2016 2016.)

Vuosi	Tutkinto	Yht.	Työlliset + työlliset opiskelijat	Työttö- mät	Muut	Työlliset + työlliset opiskelijat	Työttö- mät	Muut
2012	651202 Insinööri (AMK), automaatiotekniikka	30	27	0	3	90,0 %	0,0 %	10,0 %
2013	651202 Insinööri (AMK), automaatiotekniikka	36	33	1	2	91,7 %	2,8 %	5,6 %
2014	651202 Insinööri (AMK), automaatiotekniikka	54	52	0	2	96,3 %	0,0 %	3,7 %
2015	651202 Insinööri (AMK), automaatiotekniikka	48	43	3	2	89,6 %	6,3 %	4,2 %
2016	651202 Insinööri (AMK), automaatiotekniikka	65	61	3	1	93,8 %	4,6 %	1,5 %

Yhteensä: 233 216 7 10

Aiheen rajaus

Aihe on rajattu niin, että keskityttiin rakennusautomaation opintojakson rakenteeseen ja sen sisältöön. Kurssin rakenne seuraa tyypillisen rakennusautomaatioprojektin kulkua. Tästä opinnäytetyöstä on rajattu ulos tarjouslaskenta, urakkaneuvottelut ja muut em. liittyvät asiat. Työssä oletetaan, että yritys on jo voittanut urakan tarjouskilpailussa. Lisäksi ulos rajataan ohjelmointi, valvomon käyttöliittymäsuunnittelu ja käyttöönotto sekä LVIA-prosessien syvempi tarkastelu.

Kurssiin liittyen tarvittiin myös opetuslaitteisto, jolla joitain projektin osa-alueita päästään harjoittelemaan myös käytännössä. Samaan aikaan tätä opinnäytetyötä aloittaessa ilmeni tarvetta koululle tehtävälle insinööriyölle, joten opetuslaitteiston suunnittelu ja toteutus rajattiin ulos tämän toisen AMK-insinööriyön aiheeksi. Taulukossa 2 seuraavalla sivulla on esitetty pois rajatut aiheet kokonaisuutena.

Taulukko 2. RAU-kurssiin liittyvän kehityshankkeen aiherajaukset

	Kyllä	Ei
Tarjouslaskenta ja urakkaneuvottelut		x
Projektisuunnittelu	x	
Aikataulutus	x	
Asiakirjat	x	
Venttiilien mitoitus	x	
Laitteiden tilaaminen	x	
Projektin aloitusvaihe	x	
Perehdytys ja työmaatoiminta	x	
Laadunvarmistus	x	
Työmaahallinta	x	
Kokoukset ja palaverit	x	
Kustannusten seuraaminen	x	
Aliurakoitsijat ja -hankkijat	x	

Valvomo ja käyttöliittymät		x
Tietoturvallisuus		x
Ohjelmointi		x
LVI-prosessit		x
Asennukset yleisesti	x	
Asennusvalmistelut	x	
Määräykset	x	
Asennusten toteutus yleisesti	x	
Laitteiden merkitseminen	x	
Vastaanoton vaiheet	x	
Laboratorioharjoitukset		x
Laboratoriolaitteiston rakentaminen		x

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Metropolia on pääkaupunkiseudulla toimiva kansainvälinen ja monialainen ammattikorkeakoulu. Se kouluttaa kulttuurin, liiketalouden, sosiaali- ja terveysalan sekä tekniikan asiantuntijoita. Metropolia pyrkii vastuullisena kumppanina ja korkeakoulutuksen uudistajana löytämään yhteistyöllä uusia ratkaisuja ja parempaa tulevaisuutta. Metropolian arvoihin kuuluvat mm. asiantuntijuus, korkea laatu, yhteisöllisyys ja avoimuus. (Tietoa Metropolia 2019.)

Opiskelijoita on tällä hetkellä 16 400 henkilöä ja henkilökuntaa noin 920. Tästä määrästä on päätoimista opetushenkilöstöä noin 570. Tutkinto-ohjelmia on 69 kappaletta, ja vuonna 2018 Metropolia oli hakijamäärältään Suomen suurin ammattikorkeakoulu. Merkittävänä muutoksena oppilaitos siirtyi toimimaan 20:stä eri toimipaikasta neljään kampukseen vuonna 2019. Metropolia on Helsingin, Espoon, Vantaan, Kirkkonummen ja Kauniaisten omistama. Kokonaisbudjetti vuonna 2018 on 93 miljoonaa euroa. (Tietoa Metropolia 2019.)

2 Rakennusautomaatio

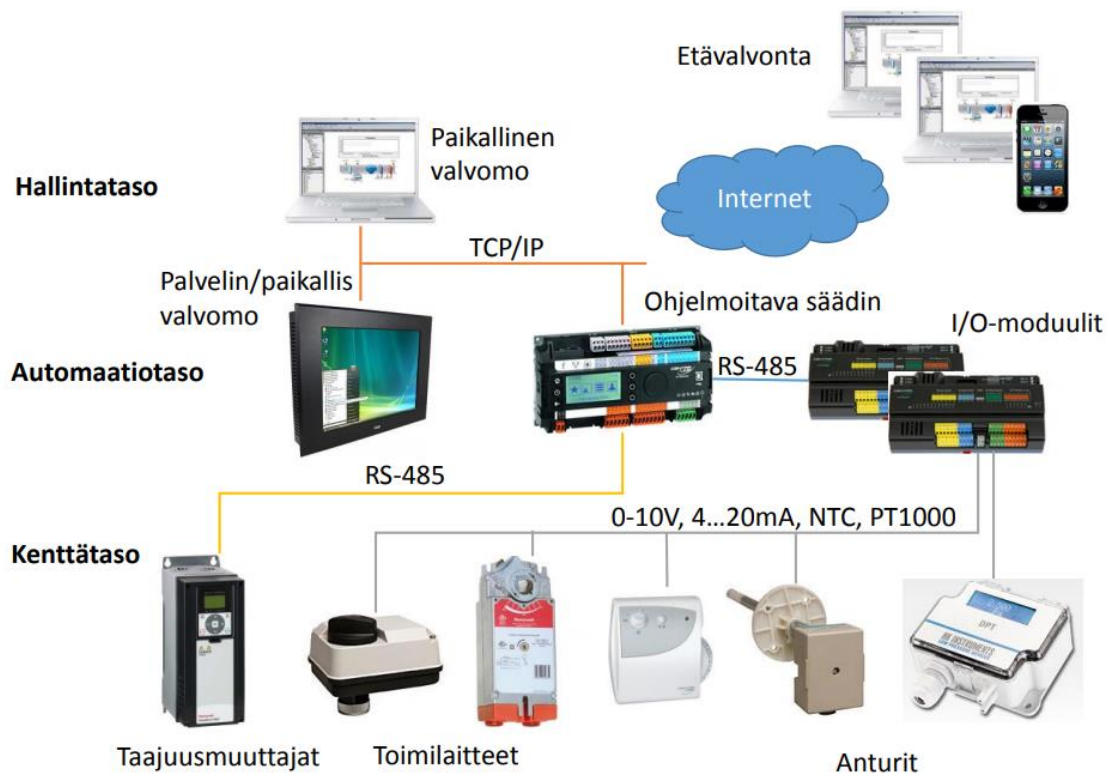
2.1 Määritelmä

Rakennusautomaatiota terminä ei ole määritelty yksimielisesti. Perinteisesti se nähdään LVI-automaationa. Taloteknisten järjestelmien lisääntyessä termiä on ryhdytty käyttämään laajemmin myös koskemaan valaistusta, kulunvalvontaa ja muiden järjestelmien ohjaamista yhden valvomon kautta. Muita käytettyjä termejä ovat mm. kiinteistöautomaatio, talotekniikan automaatio, taloautomaatio ja kotiautomaatio. Termien vaihtelevuudesta johtuen on hyvä määritellä tapauskohtaisesti tarkemmin käytettävä järjestelmä. (Piikkilä 2017: 2.)

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennuksen (mm. lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto ja ilmastointi) valvonta- ja säätötoimintojen automatisointia, jotka suorittavat kahta perustehtävää. Fyysisiin säätö-, hälytys- ja ohjaustoimintoihin ei yleensä tarvitse paljon puuttua, mikäli järjestelmä toimii, kuten on suunniteltu. Lisäksi ohjelmalliset optimointi-, seuranta-, tilastointi- ja grafiikkatoiminnot vaativat käyttäjän aktiivisuutta energiatehokkuudessa ja kiinteistöhuollossa. (Sulku ym. 2017: 1.)

2.2 Järjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmä jaetaan kolmeen eri tasoon. Tasot ovat hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Hallintotasoon kuuluvat paikallisvalvomot ja etävalvomot, joita kutsutaan myös keskusvalvomoksi. Automaatiotasolla ovat alakeskukset, joihin I/O-moduulit ja kenttätason kaapelit ovat kytketyt. Kenttätasolla tarkoitetaan kenttälaitteita kuten antureita, toimilaitteita, itsenäisiä säätimiä esim. huonesäätimiä ja laitteisiin integroituja säätimiä. Kuvassa 1, jossa on esitetty tyypillinen rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. (Sähköinfo Oy 2012: 93.)



Kuva 1. Rakennusautomaation tasot (Seppälä 2013: 7).

Hallintotason tehtävänä on toimia rajapintana käyttäjältä järjestelmään päin. PC-paikallisvalvomoita voi olla yksi tai useampia (kiinteistön sisällä) tai etävalvomoissa, joihin on monta kiinteistöä kytkettynä valvonnan piiriin. Valvomoon tuodaan käyttäjälle tietoa hälytyksistä ja prosesseista. Käyttäjä voi tehdä muutoksia järjestelmään, esim. lämpötilojen asetusarvoihin tai aikaohjelmiin. Etävalvomoiden käyttöön kaivataan yleensä laaja-alaisempaa asiantuntemusta analysointi- ja muutostehtäviin. Hallintotason kommunikaatio perustuu yleensä TCP/IP-pohjaiseen LAN-verkkoon. Ohjaukset ja säädöt toimivat itsenäisesti alakeskuksissa. (Härkönen ym. 2012: 93–94.)

Automaatiotason perustana ovat alakeskukset I/O-moduuleineen, jotka voivat olla myös kiinteään pistemäärän kokonaisuuksia. Ohjelmat sijaitsevat alakeskuksessa, ja ne ohjaavat siihen liitettyjen prosessien toimintaa esim. IV-koneita ja lämmityspiirejä. Kommunikaatio tälläkin tasolla perustuu yleensä TCP/IP-pohjaiseen LAN-verkkoon, jonka kaapelointina käytetään CAT6-kaapelia. Etenkin saneerauskohteissa on käytetty myös langa-

tonta verkkoa. Verkon välityksellä voidaan välittää erilaista tietoa järjestelmän eri toiminnolle, joten esim. tarvitaan vain yksi ulkolämpötilaa mittaava anturi, jonka tieto voidaan jakaa globaalisti kaikille alakeskuksille. (Härkönen ym. 2012: 94–95.)

Kenttätaso sisältää ensisijaisesti toimilaitteita ja antureita. Anturit mittaavat tietoa eri prosesseista ja olosuhteista, joita ovat mm. huonelämpötilat. Ohjelmat alakeskuksissa vertailevat mittausdataa ja pyrkivät ohjaamaan säätöjä, jotta halutut asetusravot saavutetaisiin. Osa kentän I/O-pisteistä voi olla hajautettuna ympäri kiinteistöä, jotka kommunikoivat sarjavälillä alakeskukseen. Lisäksi kentän kokonaisuuteen voi kuulua itsenäisiä säätimiä (esim. huonesäätimet) ja ns. pakettiratkaisujen integroidut säätimet. Kommunikointi ala-asemiin tapahtuu kenttäväylien avulla, joista tunnetuimpia standardeja ovat esim. ModBus, Lon ja KNX. Kenttätasolle kuuluvat myös taajuusmuuttajat, jotka ohjaavat puhaltimia ja pumppuja. Ne sisältävät oman ohjauskeskuksen, joka keskustelee alakeskuksen kanssa. (Härkönen ym. 2012: 95.)

2.3 Projektinhoitajan työtehtävät

Osaamisen vaatimukseen vaikuttaa paljon työntekijän sijoittuminen tehtäväkentässä. Päävastuussa on projektipäällikkö, joka vastaa kokonaisuudesta ja työmaan sujumisesta budjetin ja aikataulun mukaisesti. Asennukset kuuluvat pääasiassa automaatioasentajalle. Projektipäällikkö antaa kohteen projektinhoitajan hoidettavaksi. (Härkönen ym. 2012: 29, 30, 33).

Projektinhoitaja on useimmiten insinööri, jolla on automaation, talotekniikan tai tietotekniikan alan koulutus. Tehtäviin kuuluu monipuolisesti tehtäviä suunnittelusta aina käyttöönottoon asti. Käyttöönotto tuottaen lopulta energiatehokas kokonaisuus vaatii ymmärrystä hallintatason avulla tehtävästä säätö- ja viritystyöstä. Asentaminenkaan ei ole tehtäväkentässä harvinaista, ja se liittyy oleellisesti kenttätason osaamiseen. (Härkönen ym. 2012: 32.)

Automaation eri tasojen kautta tarkasteltuna projektinhoitajalla on laaja osaamistarve, jotta projekti saadaan maaliin. Kenttätasolla vaaditaan laite- ja laitetuntemusta kaikista automaation suoraan liittyvistä laitteista ja antureista. Lisäksi kaapeloinnin ja niiden eri tyyppien

tuntemus auttaa eteenpäin. Laitetilaukset ovat projektinhoitajan arkea. Monesti menetään myös automaatioasentajan tehtävien puolelle, jolloin ymmärrystä tarvitaan asenusteknisiin asioihin ja LVI-järjestelmiin liittyen. Näitä ovat mm. lämmitykseen ja ilmanvaihtoon liittyvät laitteet prosesseineen. (Härkönen ym. 2012: 29–32.)

Automaatiosalla tarvitaan mm. fyysisten pisteiden I/O-osaamista ja sitä, kuinka ne kytetään VAK:n päästä eri kaapelointeja käyttäen. Ohjelmoinnin osaaminen ja loogisen päättelyn kyvyt ovat välttämättömyys. (Härkönen ym. 2012: 29–32.)

Hallintotasolla valvomon ohjelmointi ja käyttöönotto ovat merkittäviä työvaiheita. Lisäksi tulee hallita tietotekniikan ja tietoverkkojen toimintaa, jotta tarvittavat yhteydet VAK:ien ja etävalvomoiden välillä saadaan toimintaan. Tietotekniikan käyttö ja esimerkiksi ohjelmien asentaminen ja asetusten asettaminen ovat myös oleellinen osa rakennusautomaatioprojektin saattamista onnistuneesti loppuun. (Härkönen ym. 2012: 29–32.)

3 Rakennusautomaation koulutus

3.1 Nykytila oppilaitoksessa

Vuonna 2017 Metropolia Ammattikorkeakoulun Lukkarikone-lukujärjestysjärjestelmästä suoraan hakusanalla ”rakennusautomaatio” haettaessa löytyi vain kaksi opintojaksoa. Opintojaksot olivat nimeltään ”Kiinteistö ja rakennusautomaatio” sekä ”Rakennusautomaatio, perusteet”. Näistä ensimmäistä oli järjestetty myös vuonna 2016 alkuvuodesta, mutta vuonna 2018 sitä ei enää kurssivalikoimassa näkynyt. (Lukkarikone 2018.)

Lehtori Jarmo Tapion mukaan Metropolian talotekniikan, sähkövoimatekniikan ja rakennustekniikan opintoihin on sisällytetty rakennusautomaatiota, vaikka ne eivät opintojaksosten nimissä näykään.

3.2 Alan yritysten tarvekartoitusta

Tähän työhön liittyen tein rakennusautomaation parissa työskenteleviin yrityksiin koulutuksen tarvekartoituskyselyitä käymällä paikan päällä sekä sähköisillä viestintävälineillä. Kyselyillä pyrin selvittämään yritysten tarpeita ja toiveita sisällöksi tulevaan rakennusautomaation opintojaksoon.

Tarvekartoituksessa selvisi mm. seuraavia tarpeita kurssin sisältöön. Lassila & Tikanoja Oyj:n projektipäällikkö Mikael Pekkarinen (2018) vastauksesta oli luettavissa seuraavia mietteitä:

- RAU-prosessien tuntemus helpottaisi ohjelmoinnissa ja vian haussa.
- Sääntökaavioiden läpikäyminen on tarpeellista, mutta prosessien tuntemus auttaa saamaan kaavioista enemmän irti.

Lassila & Tikanoja Oyj:n teknologiapäällikkö Tuomas Hietalan (2018) vastauksesta ilmeni seuraavia asioita:

- Tietotaitoa IV-koneen toimintaan kokonaisuutena.
- LTO ja sen merkitys ostoenergian määrälle.
- Mitkä seikat huonontavat LTO:n hyötysuhdetta ja miten sitä voidaan parantaa.
- Lämmönjakokeskuksen toiminta ja eri säätötavat (massavirtasäätö patteriverkossa ja käyttövedessä, ja energialaitoksen vaatimukset paluuveden lämmöistä).
- Suositellut sisälämpötilat ja vuorovaikutussuhteet sen säätöön, ja energiahukan minimointi.

Tapasin myös Are Oy:n Arto Könösen ja Tero Kääriäisen (2018), joiden kanssa käytiin keskustelua alan haasteista. Keskustelun pohjalta selvisi mm. seuraavia seikkoja:

- Osaamista venttiilien mitoitukseen, joka usein tulee heti projektin alussa vastaan projektinohitajalle.
- Tuntemusta LVI-prosesseihin, jotka rakennusautomaatiossa on vahvasti linkittyneenä järjestelmään.
- Lämmönjakokeskuksen toiminta ja erilaiset säätöpiirit ja -tavat.
- Tietotaitoa urakan asiakirjoihin esim. urakkarajat, maksuerätaulukko ja yksikköhintaluettelo.

4 Rakennusautomaatioprojekti

4.1 Projektisuunnitelma ja aikataulun suunnittelu

Projektille luodaan projektisuunnitelma. Miellekartassa liitteessä 3 on esitys, jossa on ryhmiteltyinä tiedot, jotka projektisuunnitelmasta tulisi löytyä (Sahlstén ym. 2013: 4).

Projektille suunnitellaan aikataulu, josta käy ilmi oleelliset vaiheet projektista (Sahlstén ym. 2013: 4):

- työsuunnitelmien teko ja hyväksyttäminen
- laitteiden ja komponenttien hankinta ja hyväksyttäminen
- aliurakoitsijoiden hankinta ja hyväksyttäminen
- alihankintojen ja -urakoiden toimitus- sekä toteutusajat
- valvomografiikan laadinta ja hyväksyttäminen
- asennuksien aloitustarkastukset
- kenttälaitteiden asennustarkastukset
- alakeskuksien asennustarkastukset
- ohjelmointityö
- rakennuksen toimintakoevalmiuden toteaminen ja toimintakokeet
- säätöpiirien virityksen ja pisteiden tarkastukset
- koulutusohjelman laadinta ja toteutus
- valvomolaitteiden asennustarkastus
- ohjelmistojen tarkastus
- luovutuspiirustuksien ja -dokumenttien tarkastaminen
- varaosien luovutus tulevalle käyttöorganisaatiolle
- viranomaisvalvontamenettely
- vastaanottotarkastus
- mahdolliset takuuajana suoritettavat koekäytöt
- takuuajan huolto-ohjelman laadinta.

4.2 Asiakirjat

Urakkatarjous

Urakkatarjous on asiakirja, jolla urakoitsija vastaa tarjouspyyntöön annettujen kaupallisten ja teknisten asiakirjojen perusteella. (Härkönen ym. 2012: 178).

Tarjouksesta käy ilmi myös, millä laitteilla ja järjestelmillä urakoitsijan tarjouslaskija on ajatellut tarjouspyynnön mukaisen kokonaisuuden toteuttaa (Sahlstén ym. 2013: 3).

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot

Myös lyhenteellä YSE tunnettu julkaisu on RT-kortiston osa RT 16-10660, joka sisältää rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Nämä ehdot on tarkoitettu elinkeinoharjoittajien välisiin rakennusurakkasopimuksiin, eikä kuluttajansuojan säännöksiä ole huomioitu. Ehtoja voidaan käyttää myös sivu- ja aliurakoihin. Tämä asiakirja liitetään tai siihen viitataan urakkatarjouksessa. Kyseessä on 20-sivuinen dokumentti, jossa käydään läpi mm. pääurakoitsijan suoritusvelvollisuudet, laadunvarmistusta, eri sopimusasiakirjojen pätevyysjärjestys, urakka-aikaan ja sen pidentämiseen oikeuttavia seikkoja, vastuut, vakuutukset, suunnitelma- ja hintamuutokset. (RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 1998.)

Kaupalliset asiakirjat

Kaupalliset asiakirjat kuuluvat sopimusasiakirjoihin. Ne käsittelevät sopimuksen taloudellista ja juridista sisältöä koskevat asiakirjat, jotka ovat sopimuksessa lueteltu kaupallisiksi asiakirjoiksi. (RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998: 3.)

Kyseessä olevissa asiakirjoissa kuvataan kaupalliset velvollisuudet, yhteistyöveloitteet, urakkarajat ja sopimusehdot. Näiden pätevyysjärjestys kuvataan YSE:ssä. Kaupallisiin asiakirjoihin lasketaan seuraavat dokumentit:

- urakkasopimus ja mahdolliset alistamissopimukset
- urakkaneuvottelupöytäkirja

- yleiset sopimusehdot (YSE1998), jossa kuvataan mm. näiden asiakirjojen pätevyysjärjestys
- tarjouspyyntö
- urakkaohjelma
- urakkarajaliite
- tarjous ja maksuerätaulukko
- määrä- ja mittaluettelot
- muutostöiden yksikköhintaluettelo.

(Sahlstén ym. 2013: 2.)

Tekniset asiakirjat

Tekniset asiakirjat käsittelevät rakennustyön sisältöä, laatua, laajuutta ja suoritusta (RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998: 3). Tarkemmin sanottuna tekniset asiakirjat sisältävät työselostuksen ja työkohtaiset laatuvaatimukset. Lisäksi sopimuspiirustukset, laiteluettelot, kaaviot ja yleiset laatuvaatimukset. Kaupalliset asiakirjat ovat pätevyysjärjestyksessä teknisten asiakirjojen yläpuolella. (Sahlstén ym. 2013: 2.)

Luettelot, yksikköhintaluettelo ja sovitut työtuntihinnat

Tarjouksen teon yhteydessä on laadittu luettelot, joista käy ilmi, millä laitteilla ja järjestelmillä tarjous on laadittu (Sahlstén ym. 2013: 3). Yksikköhintaluettelossa listataan kaikki mahdollisesti rakennusaikana tehtävät muutos- ja lisätyöt. Niiden tulee vastata rakennushankkeen työselitysten ja piirustusten mukaisesti suoritettavaa muutostyötä. Jokaisen yksikköhinnan tulee pitää sisällään työ täysin valmiina aineineen, asennuksineen, tarpeellisine työmaan käyttö- ja yleiskustannuksineen ja yleiskuluineen. Urakoitsijan tulee antaa muutostyön vaikutuksesta urakkahintaan yksilöity erillinen tarjous tai joku muu eritelty laskelma. Yksikköhinta tulee sitoa indeksiin kuten urakkahinta, mutta tuntiveloitushintoja ei kuitenkaan tähän tarvitse sitoa. (RT 16-10292 Yksikköhintaluettelo, lomakkeen täyttömalli: 2.)

Maksuerätaulukko

Maksuerätaulukossa sovitaan, minkälaisiin summiin valmistuneiden työvaiheiden laskutus jaetaan urakan aikana. (Sahlstén ym. 2013: 9.)

Projektipankki

Projektipankki on tiedonhallintajärjestelmä, joka on tiedon ja dokumenttien määrän kasvassa erittäin tärkeä osa rakennusprojektia. Käytännössä internetissä toimiva palvelu on kirjasto, johon tallennetaan digitaalinen aineisto, sähköiset asiakirjat ja suunnitelmat. Projektipankin hyödyt ovat suurimmillaan silloin, kun projektiin osallistuu useampi osapuoli. Näin tieto saadaan kulkemaan osapuolten välillä tehokkaammin ja nopeammin. Markkinoilla on useita toimijoita, esimerkkinä Buildercom, Haahtela, Kronodoc, Liideri, SokoPro ja Vertex Systems. (Martin 2012: 6–7)

Suunnitelmat

Rakennusautomaatiosuunnittelun tavoite on saada aikaan suunnitelmat, joiden avulla rakennetaan olosuhteita ja energiatehokkuutta tukeva järjestelmä. RAU-suunnitelmat eivät ole vain LVI- tai sähkösuunnitteluun liittyvä tehtävä. Suunnitelmien tekeminen aloitetaan tilaajan tarpeiden kartoituksella järjestelmän laajuuden, toiminnan ja liityntöjen suhteen. Valmisteluvaiheessa tulee jakaa työtehtävät sekä vastuurajat taloteknisten erikoissuunnittelijoiden kesken. Dokumentaation on tuettava eri hankintamuotoja, joten sen on noudatettava TATE12-tehtäväluettelon kokonaisuuksia. Yleisesti RAU-suunnitteluun lasketaan vähintään seuraavan aineiston laatiminen:

- työselostus
- järjestelmäkuvaus
- yhteensovituskaavio
- RAU-järjestelmäkaavio
- säätökaaviot ja toimintaselostukset
- laiteluettelot
- laitesijoituspiirustukset.

(Eklund 2016: 1–2.)

Työselostus kuvaa RAU-järjestelmän teknisiä ominaisuuksia. Niihin kuuluvat rakennukseen asennettavien RAU-laitteiden ja -järjestelmien vähimmäisvaatimukset. Muissa asiakirjoissa on voitu määritellä tarkemmin laitteiden ominaisuuksia. Selostuksessa määritellään myös muita järjestelmän vaatimuksia, joita ei muissa suunnitelmissa ole esitetty. Näitä voivat olla esimerkiksi valvomografiikoiden laatimiseen ja raportointiin liittyvät ohjeistukset. Tästä dokumentista löytyvät myös mittausseurantojen laatimiseen tarvittavat ohjeet. (Eklund 2016: 2.)

Järjestelmäkuvauksen sisältö voi vaihdella hankkeen mukaan. Aluksi voidaan esittää LVISJ-järjestelmän toimintaa rakennusautomaation näkökulmasta. Myöhemmin suunnitelmassa voidaan esittää hankkeen kokonaislaajuus urakan kannalta tarkasteltuna. Tämän dokumentin tarkoitus on antaa yleiskuva RAU-urakoitsijalle toteutettavasta kohteesta. (Eklund 2016: 2.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelun johtotasolla laaditaan dokumentti, josta käy ilmi erilaisten taloteknisten järjestelmien välinen yhteistoiminta. Kaaviossa mm. esitetään mitä tietoja eri järjestelmien välillä siirretään. Esimerkkinä mainittakoon paloilmoittimen huoltotilatieto tai sähköjärjestelmien hälytysten siirto. (Eklund 2016: 3.)

Katso esimerkki yhteensovituskaaviosta liitteestä 1.

RAU-järjestelmäkaavio esittää RAU-järjestelmän rakennetta periaatteellisesti ja kuvaa tiedonsiirtoa järjestelmän osien välillä (Eklund 2016: 1). Kaaviossa esitetään järjestelmän rakenne vähintään seuraavassa laajuudessa:

- alakeskusten määrä, tunnukset ja sijainti rakennuksessa
- alakeskuksiin liitettävien, RAU-urakoitsijan hankinnassa olevien moduulijärjestelmien määrät, tunnukset ja sijainti rakennuksessa
- huonesäätimien tehonsyötön ja väylän periaatekaavio
- kaapelointitiedot kaapelityypeineen
- kohteen paikallinen valvomo (jos on) ja sen sijainti
- jatkohälytysten jälleensiirto
- sähkönsaannin varmistus.

(Eklund 2016: 3.)

Toimintakaavio on suunnitelma, jossa käsitellään ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa periaatteellisella tasolla (Eklund, Kim 2016: 1).

Säätökaaviossa kuvataan RAU-järjestelmään liitettävät prosessit valvomoineen. Suunnittelu luo kohteen säätökaaviot prosessikohtaisesti tai järjestelmäkohtaisesti (tuloilma-kone, lämmitysverkosto jne.). Säätökaavio jakautuu seuraaviin osiin:

- prosessikaavio-osio, joka esittää pääkomponentit prosessista ja RAU-instrumentoinnista
- alakeskus-osio, joka esittää RAU-järjestelmään liittyvien säätö-, ohjaus- ja valvontapisteet tiedonsiirtoyhteyksineen
- sähkökeskus-osio, joka esittää sähköisesti toteutettavat pakko-ohjaus tai lukitustoiminnot
- toimintaselostus
- asetusravot sekä hälytyksien kiireellisyysluokat, aikaviiveet ja raja-arvot. Lisäksi säätöventtiilien mitoitukseen tarvittavat tiedot.

Tämän lisäksi säätökaaviossa esitetään kaikki systeemiin liitettävät erillispisteet (esim. valojen ohjaus ja kompensatiopariston vikahälytys). Siinä voidaan myös tuoda julki useampi erillispiste ja yksityiskohtaisesti kenttälaitteiden kaapelointi kenttälaitetasolla. (Eklund 2016: 3.)

Toimintaselostus on sanallinen selostus säätökaavion liitteenä, jossa kerrotaan LVI-prosessin eri tilanteiden toiminta mukaan lukien ohjelmalliset toiminnot sanallisesti siksi, että näitä toimintoja ei voida kuvata pelkkien piirrosmerkkien avulla. Edellä mainittuja toimintoja ovat erityisesti kaikki ohjelmalliset toiminnot. Toimintaselostuksissa tulee noudattaa selkeää rakenteellista sisältöä, jossa kuvataan esimerkkinä ilmanvaihtokoneen toiminnot näin:

- Käyttö (mm. käyttötarkoitus, käyntiajat ja tuuletukset)
- Koneen käydessä (mm. säätö- ja rajoitussäätöohjelmien toiminta)
- Koneen ollessa pysähdyksissä (mm. säätö- ja rajoitussäätöohjelmien toiminta)
- Ohjelmalliset hälytykset ja raja-arvot (mm. hälytykset, ristiriitahälytykset ja mittausten raja-arvohälytykset)
- Hälytysluokat ja -viiveet
- Varotoiminnot (mm. IV-pysäytys, palonrajoitus, IV-verkoston häiriö, jäätymisuoja ja lämmityspatterin pumpun lukitus).

(Eklund 2016: 3)

Tilakohtaisia järjestelmiä käsitellään erillisessä säätökaaviossa, josta käy ilmi olosuhteiden mittaaminen ja säätäminen. Lisäksi tuodaan esille tarvittavat säätölaitteet sekä niiden ja LVI-laitteiden välillä tarvittavat toiminnalliset yhteydet. LVI-suunnittelun tarvitsemia lähtötietoja ovat

- laitteet tilakohtaisesti, laitteiden määrä ja niiden ominaisuudet. Näitä laitteita voivat olla esimerkiksi radiaattorien, jäähdytyspalkkien tai puhallinkonvektorien venttiilit tai ilmamääräsäätimet
- tavoitearvot asetetuille olosuhteille
- tasopiirustukset mallihuoneita varten (tarvittaessa).

(Eklund 2016: 3.)

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän säätökaaviossa on suunniteltuna laitteet ja kytkennät, myös laitteiden väliset toiminnalliset yhteydet. Toimintaselostuksessa ovat em. lisäksi RAU-järjestelmän ja muiden laitteistojen välistä tiedonsiirtoa. Tarvittavat lähtötiedot LVI-suunnitteluun ovat järjestelmien putkikytkennät, pumppujen ohjaus ja laitteiden väliset sähköiset liittynät ja niiden tiedonsiirto. (Eklund 2016: 3.)

Vesi- ja viemärijärjestelmän säätökaaviossa ovat lähtötietojen mukaan suunnitellut rakennusautomaation liitokset. Näitä tavallisesti ovat hälytykset ja tilatiedot, esimerkkinä pumppaamot ja paineenkorotusasemat. Toimintaselostuksessa on yksityiskohtaisemmin laitteiden välinen toiminta. LVI-suunnittelu tarvitsee lähtötietoinaan liittyvät laitteet ja niiden sijainnit. (Eklund 2016: 5.)

Ilmanvaihtojärjestelmän säätökaaviossa IV-koneiden toimintaosat ja laitteet oikeine paikoineen ja siinä järjestyksessä, kun ne ovat oikeasti. Myös toimintaosien väliset yhteydet erillispoistot tulee esittää tässä kaaviossa. Toimintaselostus kuvaa vyöhykkeitä tai tilakohtaisia järjestelmiä, jotka vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmään. LVI-suunnittelu tarvitsee lähtötiedot seuraavasti:

- IV-koneiden rakenne ja toimintaosat
- IV-järjestelmän toimintaperiaate

- vyöhykkeisiin jakavien laitteiden kuten vyöhykepeltien ja ilmamääräsäätimien toiminta, sijainnit, tiedot ja vaikutusalueet
- laajoissa järjestelmissä luetteloituna esim. palopelti- ja IMS-luettelo
- erillispoistot ja niiden ohjaustavat ja vaikutusalueet.

(Eklund 2016: 5.)

Erillisjärjestelmien säätökaaviossa on esitetty kaikkien muiden järjestelmien ohjaukset, tilatiedot tai hälytykset. Tällaisia järjestelmiä voisivat olla vaikka ajoluiskan sulanapito, valaistuksen ohjaukset tai murtovalvonnan hälytykset. Toimintaselostus kuvaa ohjauksen, tilatietojen tai hälytysten toimintaa eri tilanteissa. LVI-suunnittelu tarvitsee lähtötiedoikseen luettelot järjestelmistä, ohjattavan järjestelmän liityntätiedot (mukaan lukien keskustunnus, sijainti ja ohjaava alakeskus) ja järjestelmien tai laitteiden toiminta eri tilanteissa. (Eklund 2016: 5.)

RAU-suunnittelijan tehtäviin kuuluu laatia säätökaavion liitteeksi laiteluettelo. Se esittää hankittavat laitteet prosesseittain. Luettelossa tuodaan ilmi mm. mitoitus tiedot ja laitteille asetetut tekniset vaatimukset, mikäli ne poikkeavat teknisen erittelyn tai työselostuksen määrittelemistä vähimmäisvaatimuksista. LVI- ja sähkösuunnittelu tarvitsee lähtötietoina

- mitattavien suureiden alueet (esim. verkoston korkeus painetta mitatessa)
- säädettävien suureiden mitoitus tiedot
- ohjattavien laitteiden tehot (esim. taajuusmuuttajien mitoitus)
- olosuhteiden tavoitearvot.

(Eklund 2016: 5)

Laitesijoituspiirustukset laatii RAU-suunnittelu. Ne tehdään mittakaavaan ja niiden pohjana käytetään yleensä arkkitehdin tekemää suunnitelmaa rakennuksesta. Jokaisesta kerroksesta tulee laatia omansa, ja mikäli kerros ei mahdu yhdelle arkille, se jaetaan useampaan osaan. Rakennusautomaation osalta tässä esitetään urakoitsijan hankintaan, asennukseen tai kytkentään kuuluvien laitteiden sijainti. Kuviin merkitään myös kaikki moduuli-, riviliitin-, säädin- ja alakeskuskotelot. (Eklund 2016: 5.)

Urakkarajat selvitetään urakkarajaliitteessä. Se sisältää työmaan YT-velvoitteet, yleiset järjestelyt ja palvelut sekä myös urakoitsijoiden väliset vaatimukset ja hankintarajat.

Urakkarajaliitteessä ja suunnitelmissa tulisi aina olla samat urakkarajat. Varsinaisen urakkarajaliitteen lisäksi voi olla myös projektikohtaisia hankintarajakaavioita, joissa esitetään laitekohtaista hankinta-, kytkentä- ja asennusvelvollisuutta. (Härkönen ym. 2012: 178.)

4.3 Venttiilien mitoitus

Esimerkkinä venttiilin mitoituksessa käytetään tuloilmakoneen lämmityspatterin säätöventtiiliä. Mitoitus aloitetaan IV-järjestelmän mitoituksesta, johon kuuluvat ilmamäärät ja lämpötilatasot. IV-järjestelmän mitoituksen valmistuttua tiedetään ilmanvaihdon lämmitystehon tarve järjestelmäkohtaisesti. (Härkönen ym. 2012: 68.)

IV-koneen lämmitystehon tarve lasketaan kaavalla 1:

$$P = c_i * g_i * \Delta(t) \quad (1)$$

c_i on ilman ominaislämpökapasiteetti (riittävä tarkkuus $1,2 \text{ kJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$)

g_i on ilmamäärä (m^3/s)

$\Delta(t)$ on ilman mitoituslämpötilaero ($^\circ\text{C}$).

IV-koneen lämmitystehon tarpeen laskemisen selvittyä, voidaan laskea mitoitus vesivirtaama lämmityspatterille, joka on myös useimmiten venttiilin mitoitusvirtaama:

$$g_v = \frac{P}{c_v * \Delta(t)} \quad (2)$$

P on tuloilmakoneen lämmitystehon tarve kilowatteina

c_v on veden ominaislämpökapasiteetti (riittävä tarkkuus $4,18 \text{ kJ/dm}^3 \text{ }^\circ\text{C}$)

$\Delta(t)$ on patterin mitoituslämpötilaero ($^\circ\text{C}$)

Suhteessa pienempi venttiilin vaikutusaste tarkoittaa suurempaa poikkeamaa. Venttiilin vaikutusalueen eli auktoriteetin pitäisi mielellään olla vähintään 30 %, mutta suositus on 50 %. Auktoriteetti (A_v) lasketaan kaavalla 3:

$$A_v = \frac{\Delta(P_{v100})}{\Delta(P_{v100}) + \Delta(P_{100})} \quad (3)$$

A_v on venttiin vaikutusaste (auktoiteetti)

$\Delta(P_{v100})$ on venttiin painehäviö auki-asennossa (kPa)

$\Delta(P_{100})$ on painehäviö verkoston siinä osassa, jonka virtausta säädetään (kPa)

Venttiin k_{vs} -arvo lasketaan tai luetaan taulukosta. Kaavalla 4 laskettuna:

$$k_{vs} = \frac{Q_{100}}{\sqrt{\Delta(P_{v100})}} \quad (4)$$

k_{vs} on täysin auki olevan venttiin kv-arvo

Q_{100} on virtaus venttiin läpi kuutioina tunnissa (m^3/h)

$\Delta(P_{v100})$ on painehäviö venttiilissä baareina (bar)

Käytännön tasolla suunnittelijat määrittelevät putkistokoon niin, että sen painehäviöt ovat 50 pascalia metrille tai yli. Tämä tehdään sen takia, että nykyaikaiset äänivaatimukset täyttyvät, ja että säätöpiirillä olisi riittävät toimintakyvedellytykset. Jos halutaan, että venttiin auktoiteetti on 50 %, venttiin painehäviöksi tulee valita sama kuin verkoston siinä osassa, jonka virtausta säädetään. Valmistaja ilmoittaa lämmönsiirtimien ja lämmityspattereiden painehäviöt. (Härkönen ym. 2012: 68–69.)

Suositus on, että LKV-säädössä ja IV-koneiden säädössä käytetään kahta säätöventtiiliä rinnan kytkettynä, silloin kun lämmityskuorma muuttuu ulkolämpötilan ollessa muuttumattomana (Härkönen ym. 2012: 69).

4.4 Laitetilaukset

Kun asiakas ja projektipäällikkö ovat yksissä tuumin päättäneet toteutusperiaatteet, on tarpeen aluksi selvittää säätökaavioiden ja tarjouslaskennan mukaan, millaiset venttiilit kohteeseen tulee. Tarvittavat tiedot, kuten virtaamat ja sulkupaineet, saadaan säätökaaviosta. Venttiilit tulee hyväksyttävä tilaajalla ennen tilaamista valmistajalta. Yleensä venttiilien tilaaminen on kaikkein kiireellisin laitetoimituksista, sillä toimitusaika voi olla

viikkoja ja putkiurakoitsija odottaa niitä laitteistoon asennusta varten. Myös muut laitetilaukset kannattaa tehdä ajoissa. Näitä ovat mm. peltimoottorit, anturit ja lähettimet. VAK-koteloiden tilaamisessa pitää ottaa huomioon, että kotelon valmistajalla on tarpeeksi aikaa kalustaa kotelo suunnitelmien mukaisesti. (Härkönen ym. 2012: 37.)

4.5 Aloitustilaisuus

Projekti aloitetaan pitämällä aloitustilaisuus tai ns. aloituspalaveri. Tilaisuudessa kerrotaan projektin tarkoitus, tavoitteet, laajuus ja RAU-urakoitsijan asema projektissa. Samassa tilaisuudessa käydään läpi hankkeen aikataulu, budjetti, sovitaan hankkeen toteutustapa ja tulostavoitteet. Projektille nimetään projektinjohtaja. (Sahlstén ym. 2013: 3.)

4.6 Perekdytys ja työmaan miehittäminen

Ennen kuin työskentely aloitetaan työmaalla, on urakkaan osallistuvien työntekijöiden käytävä työmaaperekdytys. Usein sen järjestää pääurakoitsija. Se on pakollinen kaikille työmaalla työskenteleville. Työtaturman sattuessa perekdytyksen laiminlyönti kääntää turman vastuun esimiehen niskaan. Tilaisuudessa käydään läpi työmaan käytännöt ja tavat yleisellä tasolla. Työmaakerroksen lisäksi neuvotaan myös turvallisuusvälineistön sijainnit. Tämä on siis edellytys työmaan miehittämiselle. Tarjouslaskennan mukaan arvioidaan miehitystarve. Yli- ja alimiehitystä tulee välttää, jotta urakka saadaan maaliin kustannustehokkaasti, mutta aikataulussa. (Pekkarinen 2013: 10.)

4.7 Laadunvarmistus

Laatu voidaan määritellä seuraavasti: "Laatu on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset". Erilaisilla laatu järjestelmillä pyritään takaamaan suunnitellun laadun tuottaminen, joka ei tarkoita korkeinta mahdollista laatua. Se saadaan aikaan sopivilla tuotteilla ja toimintatavoilla. Laatu vaihtelun estämiseksi kootaan toimintamalleista yrityksen laatu järjestelmä, joka kuvataan laatu käsikirjassa. (Sulku 2004: 2.)

Rakennusautomaatioprojektissa laadunvarmistuksen peruselementtejä ovat

- projektin avaus ja organisointi
- projektisuunnitelma
- työmaahallinta
- vastaanottomenettely
- projektin luovutus ja päättäminen

(Sulku 2004: 3–4)

Projektin avaukseen ja organisointiin päästään, kun tilaus tehdään tilaajan puolelta, ja urakan veloitteet alkavat. Myynnin aikana sovitut tiedot ja sopimusveloitteet siirtyvät tuotantoon projektina. Se luo projektille identiteetin, jolla se voidaan tunnistaa ja asettaa seurantaan. Projekti saa nimen, tunnuksen ja vastuuhenkilön. Projektikansio luodaan dokumentinhallintaan. Keskeiset tavoitteet kuvataan kirjallisesti, josta käy ilmi projektin laajuus. Jos projekti ei mene ns. saman kaavan mukaan, tulisi ne mainita jo tässä vaiheessa. Perusaikataulukutus ja resurssien varaaminen lisätään aikatauluhallintoon, jolloin voidaan myös arvioida resurssitarve ja muut varaukset. (Sulku 2004: 3.)

Projektin laatusuunnitelma on projektin asiakirja, ja se luovutetaan tilaajalle projektin avaamisen jälkeen. Se sisältää seuraavia tietoja:

- kohteen perustiedot ja osapuolet
- RAU-urakoitsijan tavoitteet ja laadunvarmistuksen
- urakoitsijan projektiin osallistuvien tiedot
- yhteistoimintamenettely.

(Sulku 2004: 3.)

Projektisuunnitelma on projektin asiakirja, mihin kerätään jo luodut kuvaukset ja määritteet. Siihen täydennetään toteutuksen tarvitsemat yksityiskohtaiset vaateet. Se sisältää seuraavia tietoja:

- kohteen perustiedot ja osapuolet
- talouden kuvauksen toiminnanohjaukseen
- RAU-urakoitsijan tavoitteet

- hallinta- ja laadunvarmistussuunnitelman
- projektiorganisaation
- materiaalien kuvauksen ja säilytyksen
- projekti- ja työvaihe aikataulun resurssivaraussuunnitelman
- yhteistoimintamenettelyn
- tuotannon suunnittelun
- alihankintamenettelyn
- laaduntarkistuksen
- maksuerävalvonnan
- lisä- ja muutostöiden menettelyn
- työturvallisuusmenettelyn
- riskikartoituksen
- projektin päättämisen ja raportoinnin
- takuuajan menettelyn.

(Sulku 2004: 3.)

4.8 Työmaahallinta

Projektipäiväkirjan ylläpito on projektivastaavan vastuulla. Siihen kirjataan projektin kulkuun vaikuttavat asiat sisäisestä toiminnasta ja työmaan osalta. Sama vastaava ylläpitää projektiaikataulua, joka pohjautuu työmaan vahvistettuun aikatauluun. Tulee huolehtia myös, että vastaanottoon on varattu riittävästi aikaa. Tähän aikatauluun sidotaan myös resurssivaraukset. (Sulku 2004: 3.)

Niin sanottua yhteistoimintaa ylläpidetään toistuvilla urakoisijalavereilla ja työmaakouksilla. Tarvittaessa järjestetään myös erityisjalavereja. Tilaajan hyväksyttäviksi esitetyt asiat käsitellään työmaakouksissa. Työvaiheilmoitus on yhteistoiminnan tärkein asiakirja. Siihen kirjataan seuraavat asiat:

- työvaiheiden valmiusaste
- meneillään olevat työvaiheet
- toisten urakoitsijoiden valmiusastetarpeet
- työmaalla olevien työntekijöiden määrä

- nykytila suhteessa aikatauluun
- suunnitelmien ja niiden muutosten tilanne
- lisätöiden ja -tarjousten tilanne.

(Sulku 2004: 4.)

Sopimukseen on määritelty määrämuotoinen vastaanotto tapahtumana. Tällöin tilaajalle osoitetaan järjestelmän tilauksen mukaisuus. Vastaanottoon kuuluvia vaiheita ovat:

- valmistuminen
- itselleluovutus
- toimintakokeet
- koekäyttö
- käyttökoulutus
- loppudokumenttien valmistaminen
- vastaanottotarkastus.

(Sulku 2004: 4.)

Projektin luovutukseen ja päättämiseen liittyy omat vaiheensa. Tämä tehdään vastaanoton ja puutekorjausten jälkeen. Luovutuksessa tehdään projektiasiakirjojen lisäksi seuraavat vaiheet

- Luetellaan laitostilanne ja mahdollisesti lisäksi tehtävät vaiheet kuten takuuhuollot ja -tarkastukset. Mahdolliset viivästyneet takuukorjaukset ja sovitaan takuuajakaisten ongelmien korjaamisesta ja niiden mahdollisesta vaikutuksesta takuuseen.
- Järjestetään ohjelmistojen ja parametrilistojen tallennus varmaan paikkaan.
- Sovitaan tarpeen mukaan huoltosopimukset tms. palvelusopimukset.
- Käydään läpi taloudellinen loppuselvitys ja projektin siirto arkistoon.
- Luodaan takuuhuoltokansio ja siirretään järjestelmän ylläpito huolto-organisaatiolle.
- Sovitaan takuuhuollot ja huoltoon liittyvät yhteyshenkilöt.

(Sulku 2004: 4.)

4.9 Työmaakokoukset ja urakoitsijalaverit

Kaikkia urakan osapuolia varten pidetään työmaakokouksia. Niissä tilaajan ja urakoitsijan välisiä asioita käydään läpi ja ne kirjataan kokouspöytäkirjaan. Kirjaukset tekee kokouksen sihteeri. Näissä tilaisuuksissa kartoitetaan työmaan tilanne ja tarkistetaan aikatauluja. Näin pysytään ajan tasalla ja tietoisina, mitä on sovittu kenenkin kanssa. Kokouspöytäkirjoista voidaan tarkistaa ongelmatilanteissa sovittuja asioita. Urakan kannalta on tärkeää, että kokouksissa käydään ja tuodaan tiedoksi huomattuja poikkeamia urakan kulussa esim. aikatauluissa. Nämä seikat tulee kirjauttaa kokouspöytäkirjaan. Työmaakokouksen ero urakoitsijalaveriin on siinä, että yleensä paikalla ovat projektipäällikkö, automaation projektinohitaja, muita urakoitsijoita ja ylempiä toimihenkilöitä tilaajan ja suunnittelijoiden edustajina. Työmaakokouksessa tuodaan ilmi eri toimijoiden tilanneraportit ja seurataan aikataulua. Lisäksi käsitellään työmaan sujuvuuteen liittyviä asioita lähinnä tilaajan puolelta. Toimijoiden edustajat tuovat kokoukseen työvaiheilmoituksen kirjallisesti ja käyvät sen kokouksessa myös läpi suullisesti. Tällöin voidaan myös selvittää tilaajan ja muiden urakoitsijoiden välisiä epäselvyyksiä. Päätökset ovat sitovia. (Härkönen ym. 2012: 32–35)

Urakoitsijalaverin sisältönä on lähinnä urakoitsijoiden ja tilaajan edustajien esittämät asiat. Juoksevia asioita ja pienempiä ongelmatilanteita. Myös selvityksiä urakoitsijoiden välisiä muita asioita ja kysymyksiä, joita ei käsitellä työmaakokouksissa. Pääurakoitsija toimii yleensä puheenjohtajana, ja kokous etenee asialistan mukaan. (Härkönen ym. 2012: 35.)

4.10 Kustannusseuranta

Kustannusten seuranta on välttämätöntä projektin aikana, jotta välttäisi yritykselle tappiollisilta projekteilta. Seurantaa tehdään analysoimalla työtuntien määrää ja laitehankintojen kustannuksia. Myös tuleviin kulueriin täytyy pystyä ennakoiden varautumaan. Jos seuranta jätetään tekemättä, voisivat huomaamatta urakan kulut kasvaa tarjouslaskennan yli. Samoin työtunteja saatettaisiin tehdä liikaa tiettyyn kohteeseen. (Pekkarinen 2013: 13.)

4.11 Alihankinta ja -urakointi

Alihankkijat ja -urakoitsijat tulee yleensä hyväksyttää tilaajalla. Päätetään työt ja tehtävät, jotka aiotaan teettää aliurakoitsijalla tai alihankintana. Jos tarjousvaiheessa on pyydettyä tarjouksia, voidaan tehdä sopimukset tilauksen jälkeen. Toinen vaihtoehto on ensin tehdä laajempi tarjouskysely, ja sopimukset vasta sen jälkeen. Näiden tulee tietenkin sopia urakan aikatauluun. (Sahlstén ym. 2013: 4.)

4.12 Valvomo

Rakennuksen paikallinen tai etähallinta, -valvonta ja -ohjaukset tehdään valvomojärjestelmän avulla. Valvomo on keskeinen osa kiinteistöautomaatiota, ja sen käytön osaaminen ovat kiinteistön energiatehokkuuden ja toimivuuden kulmakiviä. Ominaisuuksia on usein paljon, mutta ne jäävät käyttämättä, jos käyttäjä ei niitä osaa tai ymmärrä käyttää. Ylläpidon ulkoistaminen on johtanut siihen, että huollon henkilöstön on osattava monia eri järjestelmiä. (Liedes ym. 2017: 9.)

Rakennuksen automaatiojärjestelmä valvomoineen on pitkäaikainen hankinta, jonka hankintakustannukset kokonaisprojektissa ovat promillen luokkaa. Hankinnassa tulee painottaa toimivuutta, energianhallintaa, tuottavuutta, käyttäjien työskentelyolosuhteita ja muita tarpeita. Mikäli halutaan, että valvomoa käytetään mahdollisimman monipuolisesti ja laajasti, tulee käytettävyyden olla parhaalla mahdollisella tasolla. (Liedes ym. 2017: 9.)

Käyttöliittymällä tehdään rajapinta käyttäjälle hallittaviin toimintoihin. Yksinkertaisesti se voi olla vain kytkin, josta saadaan jokin laite päälle tai pois päältä. Se on monesti kuitenkin näkyvin osa järjestelmää, ja koko järjestelmää ja sen toimintaa arvioidaan ainoastaan käyttöliittymän perusteella. (Liedes ym. 2017: 9–10.)

Käyttöliittymätyypit

Käyttöliittymä eli lyhyemmin HMI käsittää ihmisen ja laitteiston välisen hallinnoinnin mahdollistavan rajapinnan. Tämän avulla käyttäjä keskustelee rakennuksen eri teknisten järjestelmien kanssa. (Liedes ym. 2017: 12.)

Rakennusautomaatiojärjestelmän valvomoissa käytettäviä käyttöliittymätyyppejä ovat

- laite- ja tilakohtaiset käyttöliittymät, jotka ovat yksinkertaisia tai muutaman toiminnon toteuttavia käyttöliittymiä esim. neuvotteluhuoneen huonesäädin
- osajärjestelmäkohtaiset käyttöliittymät, joiden avulla voidaan vaikuttaa jonkin tietyn järjestelmän asetuksiin ja seurata sen toimintaa
- koko tietojärjestelmän laajuiset käyttöliittymät, jonka avulla voidaan hallita jonkin tietyn järjestelmän kokonaistoimintaa
- monia tietojärjestelmiä yhteen liittävät käyttöliittymät, josta pystytään hallitsemaan usean eri kohteen tai järjestelmätoimittajan järjestelmiä.

(Liedes ym. 2017: 14–15.)

Käyttöliittymä toiminnallisesti katsottuna voidaan tehdä joko perusrakenteeltaan eritasoisena ratkaisuna tai tehdä seuraava toiminnallinen jako:

- yksinkertainen nappikäyttöliittymät
- merkkipohjainen valikkokäyttöliittymät
- graafinen ikkunoitu järjestelmä, joka perustuu osoitinlaitteen esim. hiiren käyttöön
- näiden kaikkien edelle mainittujen yhdistelmät.

(Liedes ym. 2017: 15.)

Hyvä käyttöliittymä

Hyvälle käyttöliittymälle on oleellista, että se on havainnollinen ja looginen kokonaisuus. Tämä nopeuttaa laitteiston käytön oppimista, minimoi virheitä ja saa työtehtävät järjestelmän avulla vaivattomaksi. Tärkeintä on, että käyttäjä voi keskittyä käytön kannalta olennaisiin toimintoihin. Tulkinnan varaa ei saa jäädä tietoon, jota käyttöliittymä esittää käyttäjälle, vaan sen pitää olla havainnollista ja yksiselitteistä. (Liedes ym. 2017: 23.)

Näin ollen hyvä käyttöliittymä on

- selkeä, yksinkertainen ja luotettava
- havainnollinen ja helposti käytettävä
- nopea oppia ja käyttötaun jälkeen helposti mieleen palaava
- käyttäjän toimintaa opastava ja ohjaava
- tuottavuutta lisäävä, nopea ja tehokas
- monipuolinen ja järkevällä tavalla käyttäjän kanssa keskusteleva
- tiivis ja kieleltään selkeä, joka esittää vain oleellista tietoa
- odottamattomissa kriisitilanteissa käyttäjän toimet varmistava
- jo tehtyjen toimintojen peruuttamisen mahdollistava
- kaikilta osin yhdenmukainen ja ristiriidaton
- graafisesti selkeä ja miellyttävä
- väritykseltään looginen kokonaisuus, jolloin käyttäjän huomio kiinnittyy olennaiseen.

(Liedes ym. 2017: 23–24.)

Edellä listatuista kohdista voidaan todeta, että hyvän käyttöliittymän luominen on haastava prosessi. Voidaan joutua tekemään kompromissejä hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi, jotta saadaan käyttäjän näkökulmasta paras mahdollinen lopputulos. Loppujen lopuksi hyvä käyttöliittymä syntyy käyttöliittymäohjelmiston ja sen ominaisuuksien, ja käyttöliittymän sisällön mukaan. Nämä yhdessä mahdollistavat toimivan kokonaisuuden. Vain toinen näistä ei pelkästään riitä. (Liedes ym. 2017: 24–25.)

Vastaanoton yhteydessä voidaan todeta toteutuksen virheettömyys, mutta käytännön toiminta tulee usein ilmi vasta käytössä. Sen takia käyttöliittymän puutteisiin tulee takuun aikana suhtautua kuten kaikkiin muihinkin puutteisiin. Ne kirjataan ja korjataan takuun aikana, jolloin estetään, että käyttäjä joutuu taistelemaan huonon toteutuksen tuomien ongelmien kanssa. (Liedes ym. 2017: 23–24.)

Käytettävä ohjelmisto valitaan jo hankintavaiheessa. Sen ominaisuuksiin ei juurikaan enää voida vaikuttaa hankinnan jälkeen. Toteutus ja sisältö ovat kehittyviä koko projektin ajan. (Liedes ym. 2017: 23–24.)

4.13 Tietoturvallisuus

Tiedonsiirtoratkaisut ovat moninaiset nykyaikaisissa RAU- ja talotekniikan järjestelmissä. Tietoturvaan on suhtauduttava suurella vakavuudella. Pää tavoitteita on kolme (L-E-S-malli): saatavuus, luottamuksellisuus ja eheys. Luottamuksellisuudella tarkoitetaan, että vain tietyt tahot voivat lukea ja muokata tietoja. Eheys puolestaan tarkoittaa, että tiedon sisältöä ei voida muokata luvatta ulkopuolisten tahojen toimesta. Saatavuudella tarkoitetaan, että tiedot ovat tarvittaessa saatavilla. Riskianalyysissä määritellään järjestelmän toimintaan ja käytettävyyteen liittyvät turvallisuustavoitteet. (Härkönen ym. 2012: 145.)

Tietoturvan poikkeuksellisiin tapahtumiin mielletään lähes poikkeuksetta vain tahallaan tehdyt järjestelmän toimivuutta ja saatavuutta haittaavat hyökkäykset. Näihin poikkeamiin kuuluvat myös tahattomat tapahtumat. Järjestelmän tulee pystyä varautumaan molempiin ja selviytymään niistä jatkuvuuden takaamiseksi. (Liedes ym. 2017: 117.)

Kyberturvallisuus käsitteenä tarkoittaa tietoteknisillä keinoilla reaali maailman tapahtumiin vaikuttamista. Rakennusautomaatioissakin on usein kyse kyberturvallisuudesta, jota esim. lämmitykseen tai valaistukseen vaikuttaminen tarkoittaa. (Liedes ym. 2017: 118.)

Kuten minkä tahansa muun turvallisuuden tason määrittäminen, myös tietoturvaa ohjaa riskianalyysi. Etsitään tietoturvaluuteen liittyvät uhkatekijät ja arvioidaan niiden todennäköisyyttä ja vaikutuksia. Riskianalyysiin liitetään usein myös valvomo ja rakennusautomaatiojärjestelmä. (Liedes ym. 2017: 118.)

Riskien arvioinnissa kannattaa huomioida seuraavat asiat:

- laiterikot automaatiolaitteissa
- laiterikot valvomolaitteissa
- sabotaa si järjestelmään tietoverkon avulla
- tunkeutuminen järjestelmään tietoverkon avulla
- haitta- ja kiristysohjelmien haitat
- tietojen leviäminen väärin käsiin
- väärinkäyttö etäyhteyksien avulla
- RAU-järjestelmän hyödyntäminen muihin järjestelmiin pääsemiseksi

- RAU-laitteiston resurssien käyttäminen toisia osapuolia kohtaan
- sähkökatkot.

(Liedes ym. 2017: 118.)

4.14 Ohjelmointi

Ohjelmointi on merkittävä ja keskeinen osa rakennusautomaatioprojektia. Se on usein myös projektia hoitavalle vaikein osa-alue. Ohjelmoinnin oppiminen ja hyvä hallinta eivät tule yhdessä yössä, vaan vaaditaan paljon harjoittelua. Tästä syystä projektinhoitajan on usein hyvä aloittaa pienistä projekteista. Perusasioiden hallintaan ottamisen jälkeen ohjelmoija rakentaa oman tyylinsä ohjelmoida. (Härkönen ym. 2012: 38–39.)

Ohjelmointia helpottamaan ja nopeuttamaan urakoitsijalla on usein käytössä kirjastot, joista vakiototeutukset löytyvät valmiina, mutta joita täydennetään tapauskohtaisesti uusilla toiminnoilla. Ohjelmointi saa toiminnot tapahtumaan. Näitä voivat olla esim. säädöt, logiikat, ehtoihin perustuvat hälytykset ja toiminnot, lisäksi niiden prioriteetit ja aikaohjelmat. (Härkönen ym. 2012: 38–39.)

Kun toimiva ohjelma on tehty valmiiksi ja käynnistetty, aloitetaan pisteiden testaus. Isoissa projekteissa laiteasennukset tekee aliurakoitsija, joka suorittaa kaikki asennukset ja kytkennät, jotka automaatiourakoitsija on toimittanut. Nämä laitteet tulee testata. Automaation liittyvät testaukset tehdään usein asennusurakoitsijan avustuksella. Sähköön liittyvien ohjausten ja indikointien testauksessa avustaa aina sähkömies. (Härkönen ym. 2012: 39.)

4.15 Asennukset

RAU-urakan laitteiden asennukset ja käynnistykset ajoitetaan hankkeissa myöhäiseen vaiheeseen. Urakoitsija voi aloittaa laitteiden asentamisen, kun rakennus on harjakorkeudessa. Asentaminen ei ole aiemmin mahdollista, koska esim. ilmanvaihtokoneet on saatava ensin paikalleen. Tästä johtuen on tärkeää suunnitella urakan aikataulu hyvin.

Tässä vaiheessa olevan urakan aikataulu on yleensä toisen näköinen kuin suunnittelu- vaiheessa, joten asiaan pitää suhtautua kriittisesti. (Härkönen ym. 2012: 36.)

4.16 Asennusvalmistelut

Asennusvalmistelut useimmiten aloitetaan työpiirustusten laatimisella. Samassa yhteydessä käydään läpi rakennuttajan lähettämät tarjouspyyntöasiakirjat. Jos näistä käy ilmi ristiriitoja, puutteita tai muita outouksia, tulee näistä ilmoittaa rakennuttajalle, samoin omalle organisaatiolle, jos tarjouslaskennassa on unohtunut joitain asioita. Mikäli suunnittelussa on epäselvyyksiä, olisi ne selvitettävä mahdollisimman nopeasti, koska laite- ja muut tilaukset pitäisi saada mahdollisimman nopeasti eteenpäin. Rakennuttaja hyväksyy työsuunnitelmat, jotka jaetaan tämän jälkeen projektin kaikille osapuolille. Jos näin päätetään, osa töistä voidaan teettää aliurakkana tai -hankintana. Sekä alihankkijat että aliurakoitsijat tulee hyväksyttävä rakennuttajalla. Kun työsuunnitelmat ovat valmiit, voidaan tilata tarvittavat laitteet ja aloittaa alakeskusten ja muiden laitekoteloiden kokoaminen. Poikkeustapauksissa voidaan poiketa sopimuksien mukaisista suunnitelmista tai käyttää toisia laitteita kuin hankinta-asiakirjoissa. Poikkeukset tulee kuitenkin hyväksyttävä rakennuttajalla mielellään kirjallisesti. Samalla on järkevää sopia kustannusten muutoksista. (Härkönen ym. 2012: 203–204.)

4.17 Määräykset ja muut seikat

Yleisten sopimusehtojen mukaan on tarvittaessa kirjallisesti osoitettava ennen työn aloitusta, kuinka urakoitsija aikoo varmistua työn laadusta. Joka tapauksessa urakoitsijan on meneteltävä siten, että sopimuksessa kuvattu laatu toteutuu. Tilaajan on saatava tieto myös muiden kuin urakoitsijan, esim. aliurakoitsijoiden, tavaran toimittajien ja valmistajien laadunvarmistuksesta. Usein vaaditaan laadunvarmistussuunnitelmaa kirjallisesti. ST-kortissa 735.00 on esitetty luettelo laadunvarmistussuunnitelman sisällöstä. (Härkönen ym. 2012: 205.)

Pääsääntöisesti RAU-laitteet ovat suojajännitteisiä eli alle 60 voltia. Niitä eivät koske vahvavirtamääräykset. Jossain määrin ollaan kuitenkin tekemisissä 230 voltin verkko-

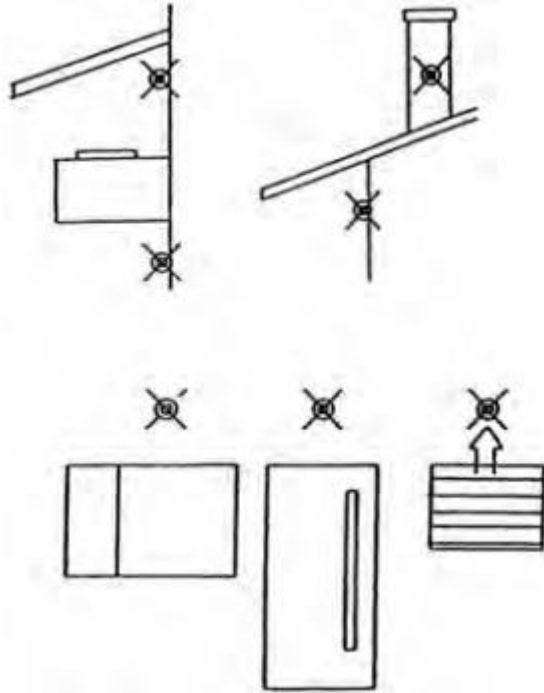
jännitteen kanssa, jolloin ollaan sidoksissa viranomaissäädelyihin prosesseihin. Sähköturvallisuusmääräyksiä tulee asennusten kanssa noudattaa niiltä osin kuten on määrätty. Keskukseen ei riitä pelkkä tyyppihyväksyntä ja se, että se on rekisteröidyn keskusvalmistajan tekemä. Johdotuksien ja asennusten täytyy myös täyttää määräykset. 230 voltin jännitetyöt vaativat urakointioikeudet. Kun ollaan tekemisissä kaukolämmön kanssa, tulee noudattaa Lämpölaitosyhdistys ry:n määräyksiä ja ohjeistuksia. Työmaan mahdolliset erityismääräykset ja yleiset turvallisuusmääräykset täytyy huomioida. Ilmanvaihtohormeihin asennuksia tehtäessä tulee huomioida palomääräykset. Kohteen työselostus, kytkentäkaaviot ja projektin muut asiakirjat ohjaavat työtä muilta osin. (Härkönen ym. 2012: 205–206.)

Keskusten laitteiden osalta on tarkastettava valmistaja, valmistusaika, laitetyyppi, virta, jännite ja ryhmäsulakkeen koko. Kotelon sisäiset 230 voltin laitteet pitää merkitä ja asentaa määräysten mukaiseksi. Mukana pitää olla myös EU-, EMC- ja SFS-standardien ja määräysten mukainen vaatimuksenmukaisuusvakuutus. Puolueettoman osapuolen tulee tehdä sähköasennuksille käyttöönottotarkastus. (Härkönen ym. 2012: 206–207.)

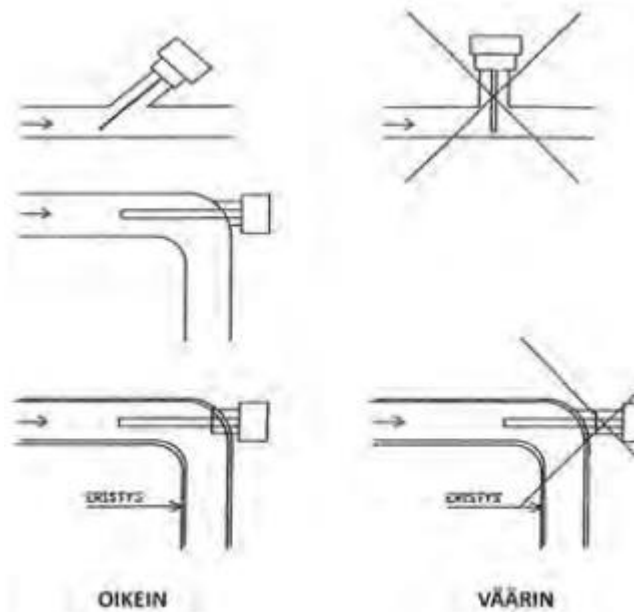
4.18 Asennuksen toteutus

Antureiden ja muiden laitteiden asentaminen tulee suorittaa laitevalmistajan antamien ohjeiden mukaan. Laitteet pitäisi asentaa paikkoihin, joissa ne ovat helposti huollettavissa ja asennettavissa. Mittaavien laitteiden asennuskohtaan täytyy erityisesti kiinnittää huomiota. Ne tulee asentaa parhaalle mahdolliselle asennuspaikalle, jotta ne pystyvät mittaamaan suuretta parhaalla mahdollisella tarkkuudella. Riittävä etäisyys virheitä aiheuttaviin häiriölähteisiin tulee huomioida. (Härkönen ym. 2012: 206.)

Kuvassa 2 ja 3 on antureiden mittaukseen huonontavasti vaikuttavia asennuspaikkoja.



Kuva 2. Kuvassa ulkoanturin epäsoivia asennuspaikkoja (Härkönen ym. 2012: 207).



Kuva 3. Lämpöä mittaavan anturin asennusesimerkkejä lämmitys- ja jäähdytysputkistoon (Härkönen ym. 2012: 207).

4.19 Laitemerkinnät

Urakka-asiakirjoissa määritellään, kuinka laitteet merkitään. Mikäli näin ei ole, merkinnöistä ei ole erillisiä ohjeita, käytetään merkintään samaa tapaa kuin toimintakaavioissa. Kun tehdään merkintöjä oleskelutiloihin, merkintöjen pitää olla siistit ja häiritsemättömät. Merkintätavasta sovitaankin usein tilaajan kanssa. Kaapeleiden väliaikaisia merkintöjä ei pitäisi tehdä esim. tussikynällä, vaan käyttää erikoisteippiä, jonka liima ei kuivu eikä jätä vaikeasti poistettavia tahroja. (Härkönen ym. 2012: 204–205.)

4.20 Vastaanottoon vaiheet

Itselleluovutus

Yleisissä sopimusehdoissa vaaditaan, että urakoitsijan on itse ennen vastaanottotarkastusta käytävä järjestelmä läpi ja varmistua siitä, että työ on valmis ja on sopimuksen mukaisesti tehty. Tätä vaihetta kutsutaan itselleluovutukseksi. RAU-urakoitsijan on myös pidettävä huoli, että kaikki sopimuksissa sovitut tarkastukset on tehty ennen vastaanottoa. Helpoiten itselleluovutus näytetään toteen antamalla tilaajalle tarkistuslista, josta tulee julki, kuinka urakoitsija on suorittanut omavalvontaa. (Härkönen ym. 2012: 213.)

On molempien edun mukaista, että RAU-urakoitsija käy oikeasti kaikki pisteet ja ohjelmat läpi, mikä ehkäisee luovutuksen jälkeistä korjausrumbaa sekä lisää käyttäjien tyytyväisyyttä projektin päättymisen jälkeen. Korjauskäynnit aiheuttavat huomattavia kustannuksia ja käyvät jokaisen projektin toimijan maineen päälle. Käytännössä itselleluovutukseen luodaan tarkistuslista, jossa käydään läpi koko RAU-järjestelmä ja siihen liittyvät osajärjestelmät. (Härkönen ym. 2012: 213.)

Toimintakokeet

Yhteiseen laadunvarmistukseen rakennuttajan ja urakoitsijan välillä kuuluvat toimintakokeet. Näissä tarkastuksissa urakoitsijat osoittavat, että järjestelmät ja laitteet toimivat kuten on suunniteltu. Niin käyttö- kuin poikkeustilanteissa. Ennen toimintakokeita urakoit-

sijat varmistavat, että työ on valmis ja sopimusten mukainen. Itselleluovutuksessa urakoitsijat tarkistavat vastuulleen kuuluvat työt, korjaavat mahdolliset ongelmat, haitat ja puutteet ennen toimintakokeita. Yleensä urakoitsijat pyytävät kirjallisesti vahvistuksen toimintakokeiden suorituksesta. (Härkönen ym. 2012: 213.)

Toimintakokeiden suorittamiselle voidaan mainita joitakin edellytyksiä. Rakennustöiden osalta konehuoneet, sähkökeskukset ja valvomotilat ovat valmiita ja siivottu. Pölyävien rakennustöiden on oltava tehty. Muut tilat rakennuksessa tulee olla siinä kunnossa, että toimintakoe ja sen jälkeen tehtävät viritys- ja säätötyöt pystytään aloittamaan. (Härkönen ym. 2012: 213–214.)

Tekninen toteutuksen osalta toimintakokeiden edellytyksistä vastaa koordinoija, joka on yleensä pääurakoitsija. Vetäjä huolehtii, että LVISA-urakoitsijat tekevät ennen toimintakokeita heiltä edellytetyt toimintakokeisiin tehtävät. Toimintakokeissa on oltava jokaisen osapuolen edustaja paikalla. (Härkönen ym. 2012: 214.)

Toimintakokeet keskittyvät lähinnä seuraaviin kohtiin:

- Laiteasennukset ja niiden merkinnät on tehty.
- Puhaltimien ja pumppujen pyörimissuunnat ovat oikein ja tarkistettu.
- Varolaitteiden ja hälytysten toiminta on kunnossa ja testattu.
- Pakkokytkentöjen ja ohjausten toiminta on kunnossa ja testattu.
- Muiden taloteknisten laitteiden säätöjen toiminta on kunnossa ja testattu.

(Härkönen ym. 2012: 214.)

Koekäytöt

Koekäytöt, josta käytetään myös nimitystä yhteiskoekäytöt tehdään, kun urakoitsijat ovat saaneet laitteidensa lopulliset säädöt ja viritykset tehtyä. Koekäytössä kaikille kiinteistön taloteknisille järjestelmille tehdään tarvittavat testaukset. Tämän suorittamiselle edellytyksenä on, että kaikki asennus- ja säätötyöt loppusiivouksineen on tehtynä. Koekäytössä testataan kaikkien taloteknisten järjestelmien toiminta. Myös niihin liittyvien rakennusautomaatio-, ohjaus- ja hälytysjärjestelmien osalta. Mielellään käyttöä vastaavissa olosuhteissa. (Härkönen ym. 2012: 214–215.)

Yhteiselle koekäytölle pitäisi olla LVISA-suunnittelijoiden laatima ohjelma, josta käy ilmi osapuolten velvollisuudet, ja ne järjestelmät, joita yhteiskoekäytössä tulee testata. Pääasiassa valvomon trendi- ja historiadatat toimivat seurannan työkaluina. Näiden koekäytöjen jälkeen kiinteistön tulisi olla otettavissa normaaliin suunnitelmien mukaiseen käyttöön. Takuuajana voidaan joitakin osatestauksia sovitusasti tehdä myös jälkeen päin esim. ulkoilman lämpötilan kylmettyä. (Härkönen ym. 2012: 214–215.)

Luovutusmateriaalit

Kun projekti valmistuu, luodaan jokaiseen alakeskukseen liittyvä luovutuskansio. Se sisältää kaikki lopulliset dokumentit automaation toteutuksesta, kytkentäkuvat, järjestelmäkaavion, pisteluettelot, laiteluettelot, ohjelmalistaukset ja laitteiden esitelehtiset. Laitteiden esitemateriaalista tulee ilmetä myös tekniset tiedot. Tähän laitetaan vielä lisäksi RAU-järjestelmän ja laitteiden käyttöohjeet ja toimintaohjeet vikatilanteissa. Kansioita toimitetaan tarvittava määrä urakkasopimuksen mukaisesti. Yleensä vähintään kolme sarjaa, jotka menevät asiakkaalle, valvomoon ja urakoitsijan omaan arkistoon. (Härkönen ym. 2012: 42; Sahlstén ym. 2013: 7.)

Huoltokirja

Huoltokirja tarkoittaa maankäyttö- ja rakennuslain määräämää rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjetta. Siihen koostetaan rakenteellisista ja teknisistä järjestelmistä sekä niiden toiminnasta, sijoittelusta ja huollosta kertova ohjeistus. Tämä voi olla kansiona tai tietokantana ohjelmiston muodossa. (Sulku ym. 2017: 2.)

Varmuuskopio

Varmuuskopion tärkeyttä ei rakennusautomaatioon liittyen voi korostaa liikaa. Tulee myös varmistua siitä, että ne voidaan palauttaa onnistuneesti käyttöön tarvittaessa. (Sulku ym. 2017: 12.)

Vastaanottotarkastus ja jälkitarkastukset

Yleiset sopimusehdot edellyttävät, että urakoitsija on itse ennen vastaanottotarkastusta varmistunut työn valmiudesta. Sen tulee myös täyttää sopimuksessa kirjatut vaatimukset. (Sahlstén ym. 2013: 8.)

Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen, YSE 1998, 71 §:n mukaan urakoitsija ja rakennuttaja voivat vaatia vastaanottotarkastusta, kun urakka on siinä valmiusasteessa, että kaikki mahdollisesti kesken olevat työvaiheet saadaan suoritettua loppuun ennen vastaanottotarkastusta. Tämä vaatimus on tehtävä kirjallisesti. Tarkastus tulee suorittaa viimeistään 14 vuorokauden kuluttua pyynnön tiedoksisaamisesta. Ajankohta voidaan sopia tai rakennuttaja voi määrätä sen. Vastaanottotarkastuksesta täytyy tehdä pöytäkirja, ja sen liitteeksi lisätään mahdollinen puute- ja virheluettelo. Myös mahdollinen jälkitarkastus kirjataan pöytäkirjaan. (Sahlstén ym. 2013: 7.)

Sopimuksissa on mainittu määrämuotoinen tilaisuus, jonka aikana urakoitsijat osoittavat tilaajalle järjestelmän sopimuksenmukaisuuden. Yleensä tähän kuuluvat seuraavat vaiheet:

- valmistuminen
- itselleluovutusasiakirjat tulee olla luovutettuna rakennuttajalle
- toimintakokeet tulee olla suoritettu hyväksytysti
- koekäyttö tulee olla suoritettu hyväksytysti
- laitteiden varaosat ja muut erikoistarvikkeet on toimitettu
- luovutusasiakirjat tulee olla toimitettu tilaajalle tarkastusta varten
- laitteiston käyttöpäiväkirja on otettu käyttöön
- käytönopastus on pidetty koulutussuunnitelman mukaisesti
- vastaanottotarkastus.

On mahdollista, että sopimusasiakirjoissa on esim. sakollisia välitavoitteita, joihin kuuluu osakokonaisuuden vastaanottoja. Kuitenkin varsinaisessa vastaanottotarkastuksessa päätetään, onko järjestelmä vastaanottokunnossa. (Sahlstén 2011: 4.)

Käytönopastukset ja koulutukset

Projektin järjestelmän valmistuttua koulutetaan rakennuksen käyttäjän henkilökuntaa ja ylläpidon henkilökuntaa rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöön. Osaavissa käsissä se on tehokas työkalu. Järjestelmän tunteminen helpottaa merkittävästi sen käyttöä, ja investoinnilla saavutetaan sen tavoitellut säästöt energiankulutuksessa. Myös olosuhteiden pysyminen hyvänä on tärkeää. Käytön opastukseen on aina varattava tarpeeksi aikaa ja tarvittaessa useampi opastuskerta. (Härkönen ym. 2012: 40.)

Käytönopastuksen perustason koulutus sisältää mm. seuraavat osiot:

- Järjestelmävalinnan perusteet ja järjestelmän käytölle asetetut tavoitteet
- RAU-järjestelmän rakenne ja toiminta periaatetasolla
- Järjestelmän ohjelmistojen toiminta
- Pistetunnusten perusteet ja käyttö
- Käyttäjän ohjelmointi- ja käyttötehtävät
- Automaatiojärjestelmän dokumentoinnin sisältö ja käyttö.

(Sahlstén 2011: 4–5.)

Jatkokoulutuksessa mennään syvemmälle LVIS-prosesseihin, jolloin käydään läpi mm.

- Ohjattavat kojeistot ja laitteistot
- Liitettyjen prosessien pisteytys
- Prosessien ohjattavuus ja säädettävyyys.

(Sahlstén 2011: 5.)

Luovutuskokous

Vastaanottotarkastuksen hyväksytyn läpäisyn jälkeen pidetään luovutuskokous. Urakoitsijan tulee toimittaa tilaajan vaatimat asiakirjat viimeistään tähän tilaisuuteen tai muuten kohdetta ei mahdollisesti oteta vastaan. Tästä voi seurata sakkovaateita. Järjestelmän takuu-aika aloitetaan yleensä luovutuspäivämäärästä, joka useimmiten on kaksi vuotta. (Pekkarinen 2013: 18.)

Taloudellinen loppuselvytys

Kun ollaan vastaanottovaiheessa, tulee sopia tilaajan ja rakennusautomaatiourakoitsijan välisestä taloudellisesta loppuselvityksestä. Vaihtoehtoisesti, jos rakennuttajalla ja urakoitsijalla on jo vastaanottotarkastuksessa kaikki urakkaan liittyvät kustannukset tiedossa, on mahdollista hoitaa loppuselvytys vastaanottotarkastuksen yhteydessä. Mikäli näin toimitaan, se tulee kirjata vastaanottopöytäkirjaan. Muussa tapauksessa taloudellisesta loppuselvityksestä tulee tehdä erillinen pöytäkirja. Taloudellisessa loppuselvityksessä pitää esittää RAU-urakoitsijan kaikki vaatimukset sopimusosapuolta ja muita projektin osapuolia vastaan. (Härkönen ym. 2012: 218.)

Tilaajan ja urakoitsijan välisessä taloudellisessa loppuselvityksessä käsitellään urakkaan käytetyt laitteet ja tarvikkeet. Tämän lisäksi käsitellään työn määrä. Näitä verrataan tarjouksessa esitettyihin kohtiin. Mikäli esim. sopimuksessa on 15 säädintä, mutta loppujen lopuksi onkin tarvittu vain 14, tilaaja voi vaatia urakoitsijaa hyvittämään yhden säätimen hinnan hyvityslaskuna. Samassa yhteydessä kannattaa tehdä myös yrityksen sisäinen taloudellinen yhteenveto, jotta voidaan laskea urakan todellinen katetuotto yritykselle. (Pekkarinen 2013: 18.)

Takuuajan velvoitteet

Urakkaan kuuluu takuuajan toimenpiteitä ja tarkastuksia. Ne on mainittu työselostuksessa. Kun huoltotoimenpiteet on ajallaan suoritettu, takuuhuolto kannattaa hyväksyä käyttäjällä kirjallisesti. Mikäli takuuajana ilmenee vikoja tai puutteita, jotka häiritsevät rakennuksen tai laitteiden käyttöä, on ne syytä korjata heti. Jos merkittäviä puutteita tai vikoja jätetään korjaamatta tai niissä viivytellään, saattaa tilaaja haluta korvauksia. (Härkönen ym. 2012: 218.)

Takuuajana velvoitteiden suorittamisen varmistamiseksi tilaaja vaatii lähes aina urakoitsijalta takuunaikaisen vakuuden luovuttamista. Tämän rahamäärä ja takaisinmaksuperusteet on kirjattu urakasopimuksessa. Viimeisen takuuvuoden velvoitteet ollessa hyväksytysti suoritettu, vakuus maksetaan yleensä urakoitsijalle takaisin kokonaan. (Sahlstén ym. 2013: 9.)

5 Kurssi ammattikorkeakoulun opintoihin

Opintojakson sisältö ja rakenne

Opintojakson rakenne ja sisältö tulee noudattamaan edellä kuvattua (luku 4) rakennusautomaatioprojektin vaiheistusta. Tarkoituksena on opintojakson aikana luoda opiskelijalle kuva RAU-projektin vaiheista samalla käyden läpi joitakin kohtia yksityiskohtaisemmin.

Opintojakson kokonaistuntiarvio on noin 50–60 tuntia, joka jaetaan luentoihin ja keskusteluun luentojen aikana, laboratorioharjoituksiin, ryhmäesitelmiin, kokeeseen ja mahdollisuuksien mukaan laitetila- ja yritysvierailuihin. Näistä koe vie noin neljä tuntia. Laboratorioharjoitukset kolme kertaa neljä tuntia eli kaksitoista tuntia. Käynnit oppilaitoksen tai jonkun muun kiinteistön lämmönjako- ja IV-konehuoneeseen ym. teknisiin tiloihin tuo käytännön esimerkkejä opetettavaan teoriaan. Kotitehtäväksi laaditaan verkkotehtäviä, joista saa pisteitä kokeeseen. Esitelmät tehdään pienryhmissä ja esitetään ryhmälle opintojakson loppupuolella opettajan antamista tai hyväksymistä aiheista liittyen rakennusten automaatiojärjestelmiin. Myös esitelmissä esitetyistä aiheista voidaan kysyä kokeessa.

Luentomateriaalit

Opintojaksoon laaditaan luentomateriaalit, joiden määrässä ohjenuorana käytetään noin kolme minuuttia per esityssivu. Ne jaetaan opintojakson tuntijaon mukaan. Materiaalia ei suoranaisesti käsitellä tässä insinööriyössä eikä julkaista liitteenä, mutta se pohjautuu luvun 4 teoriaan.

Laboratorioharjoitukset

Tämän YAMK-insinööriyön kirjoittamisen aikaan oli menossa AMK-insinööriyö (Juha Lipponen), jossa tarkoituksena oli laatia laitteisto rakennusautomaatiokurssien laboratorioharjoituksia varten. Laitteisto on pienoisversio tulopoistoilmanvaihtokoneesta automaatiojärjestelmiseen (ks. kuva 4). Laitteisto ei ole vielä täysin valmis, joten laboratorioharjoituksia ei voida testata käytännössä tämän opinnäytetyön kirjoittamisen puitteissa.

Laboratorioharjoituksille on varattuna varsin rajallisesti aikaa, joten kovin monimutkaisia ja aikaa vieviä harjoituksia ei voida laatia. Opinnäytetyön kokonaisajasta laboratorioon on varattu noin 12 tuntia.



Kuva 4. Insinööriopiskelija Juha Lipposen rakentama IV-koneen pienoismalli.

Laboratorioharjoituksiin laaditaan tehtäviä opiskelijoille. Tässä muutama esimerkki

- Järjestelmän käyttöönotto. Anturit ja toimilaitteet testataan yksitellen, jonka pohjalta laaditaan pistekohtainen testausraportti. Lisäksi automaation ja valvomon asetusten toimintakuntoon saattaminen
- Jäätymissuojan kytkentä, toiminnan testaus ja viallisen anturin toteaminen
- Sisäänpuhalluslämpötilan säätö ja viritys huoneilman tai poistoilman lämpötilan mukaan. Prosessia häiritään mm. pienoishuonetilassa olevalla tehovastuksella, joka tuottaa tilaan lämpöä
- IV-koneen valmiiksi annetun ohjelmoinnin virheiden toteaminen, paikantaminen ja korjaaminen säätökaavion mukaiseksi

Kirjallinen koe

Kirjallisen kokeen kokonaispistemäärä on 30 pistettä, jolloin se voidaan jakaa viiteen kuuden pisteen tehtävään tai vastaavasti kuuteen viiden pisteen tehtävään. Arvosanana täydet 30 pistettä on 5, ja 9 pisteen raja oikeuttaa kokeesta läpi pääsemiseen.

Tehtävätyypeinä kokeessa ovat esimerkiksi:

- 1–2 laskutehtävää, jotka voi olla esim. matemaattista laskemista, koodin suunnittelua tai kytkentäkaavion laadintaa
- 1–2 artikkelin täydentäminen oikeilla sanoilla, jossa merkitsevät avainsanat lauseiden järkevyyden kannalta puuttuvat
- 1–2 väitetehtävää, jossa tehtävän pistemäärän verran väittämiä, joihin väärin vastaamalla tehtävän osalta saa virhepisteitä
- 1–2 kirjallista kysymystä, joissa opiskelija vastaa lyhyesti esim. termiä tai lyhennettä selittämällä

Kirjallisuussuositukset

Varsinaista kurssikirjaa ei opintojaksolla käytetä, mutta jotakin kirjallisuutta aiheesta voi nee suositella. Tämänkin insinööriyön lähteissä on viitattu useampaan ST-käsikirjaan ja -korttiin, joista löytyy kattavasti tietoa rakennusautomaatiosta.

Kirjallisuutta on saatavissa rakennusautomaatiosta ja projektinhallinnasta. Esimerkiksi ST-käsikirjat ovat vapaasti lainattavissa ja ladattavissa Metropolian opiskelijalle koulun kirjastosta tai kirjaston verkkosivuston kautta sähköisenä. Lisäksi opinnäytetyöt löytyvät vapaasti Theseus -verkkopalvelusta.

- Rakennusautomaatioprojektin eteneminen ja kannattavuuden parantaminen, Mikael Pekkarinen (AMK-opinnäytetyö)
- ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät (kirja tai pdf)
- ST-käsikirja 22 Kiinteistöjen valvomojärjestelmät (kirja tai pdf)
- Muut rakennusautomaatiota käsittelevät ST-käsikirjat ja -kortit, joista oleellimmat mainittuna tämän insinööriyön lähdeluettelossa (kirja tai pdf)

6 Tulokset ja yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena luoda Metropolia Ammattikorkeakouluun rakennusautomaation urakointia käsittelevä opintojakso. Työssä tutkittiin nykyisen opetuksen tilaa, alan kirjallisuutta ja alan yritysten tarpeita ja toiveita kurssin sisältöön kyselyiden avulla. Tämän lisäksi tutustuttiin rakennusautomaatiota käsittelevään kirjallisuuteen. Useita niistä on mainittuna tämän opinnäytetyön lähdeluettelossa.

Työn aikana havaittiin, että alan urakoitsijat toivovat, että koulutussisältöön lisätään rakennusautomaation aiheita urakoinnin tarpeisiin, sillä he ovat havainneet puutteita etenkin uusien työntekijöiden tietotaidossa. Lisähavaintoina voidaan mainita, että muutamien viime vuosien aikana rakennusautomaatiota käsittelevä kirjallisuus ja ohjeistus on lisääntynyt kiitettävästi, joten tarvittaessa lisätietoa aiheesta on saatavilla varsin hyvin.

Insinöörityön tuloksena saatiin aikaiseksi teoriapaketti, jonka pohjalta voidaan laatia tavoitteiden mukainen kurssi. Lisäksi laboratoriolaitteisto toisen insinöörityön aiheena on tekeillä, mutta ei vielä käyttövalmiina. Tällä laitteistolla pyritään suorittamaan kurssin laboratorioharjoitukset.

Mielestäni tavoitteessa tuottaa käyttökelpoinen rakennusautomaation urakointia käsittelevä kurssi päästiin vähintäänkin hyvään alkuun tämän insinöörityön ansiosta. Alan kirjallisuudesta koostettiin siis teoriapaketti, joka seuraa tyypillisen rakennusautomaation projektin vaiheita. Tästä materiaalista voidaan koostaa ammattikorkeakoulun kurssi. Kurssia pyritään tarjoamaan tulevaisuudessa opetussuunnitelmissa vapaasti valittavana kurssinäytteenä tai neljäntenä opiskeluvuotena mahdollisuuksien mukaan.

Työ osoitti, että rakennusautomaation markkinoilla toimivilla yrityksillä on tarvetta työntekijöille, joiden koulutuksen sisällössä on ollut rakennusautomaatiota käsittelevää opetusta urakoinnin näkökulmasta. Sivuhuomautuksena myös keskusteluissa kävi ilmi, että osaavista työntekijöistä on pulaa. Insinöörityö myös vahvistaa sitä käsitystä, että rakennusautomaatioprojekti voi olla erittäin laaja kokonaisuus hallittavaksi.

Koska aihetta jouduttiin rajaamaan oleellisesti, tässä insinööriyössä tai kurssin sisällyksessä ei käsitellä mm. ohjelmointia, valvomon käyttöliittymän suunnittelua tai LVIA-prosesseja, ja niiden toimintaa syvemmin. Nämä ovat isoja kokonaisuuksia, jotka vaativat kokonaan oman kurssinsa. Näin ollen niiltä osin ei voida vastata yritysten tarpeita tämän kurssin puitteissa. Jatkoa on toivottavasti luvassa rakennusautomaation opetuksen kehittämiseksi. Käytännön jatkotoimenpide tämän insinööriyön pohjalta tehdylle kurssille on rakennusautomaation ohjelmointia ja LVIA-prosesseja käsittelevän kurssin tekeminen.

Lähteet

Eklund, Kim. 2016. RT-kortisto. LVI 40-10572 Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat. Espoo: Rakennustieto Oy.

Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan automaatio. 2., painos. Kouvola: Penan Tieto-opus Ky.

Hietala, Tuomas. Teknologiapäällikkö, Lassila & Tikanoja Oyj, Keskustelu 22.1.2018.

Härkönen, Pentti; Mikkola, Juhana; Piikkilä, Veijo; Sahala, Antti; Sahlstén, Toivo; Sandström, Börje; Sirviö, Arto; Spangar, Tapani & Sulku, Jukka. 2012. ST-käsikirja. ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Könönen, Arto & Kääriäinen, Tero. Automaatioasiantuntijat, Are Oy, Vantaa. Keskustelu 16.1.2018.

Liedes, Riikka; Piikkilä, Veijo; Sahala, Antti; Sahlstén, Toivo; Sulku, Jukka; Bamberg, Harri; Jussila, Tuomas & Laaksonen, Tero. 2017. ST-käsikirja. ST-käsikirja 22 Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Lukkarikone. 2018. Verkkoaineisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <<https://lukkarit.metropolia.fi/>>. Luettu 19.3.2018.

Martin, Mikko. 2012. Projektipankkien vertailu ja valinta rakennushankkeeseen. Insinööriyö. Saimaan Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Opetussuunnitelmat, sähkö- ja automaatiotekniikka, Automaatiotekniikka 2018. 2019. Verkkoaineisto. Metropolia. <<http://opinto-opas-ops.metropolia.fi/index.php/fi/88094/fi/70338/TXJ19K1/2012/year/2018>>. Luettu 20.1.2019

Pekkarinen, Mikael. 2013. Rakennusautomaatioprojektin eteneminen ja kannattavuudenparantaminen. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Pekkarinen, Mikael. Projektipäällikkö, Lassila & Tikanoja Oyj, Keskustelu 2.4.2018.

Piikkilä, Veijo. 2017. ST-kortisto. ST 709.00 Kiinteistön hallintajärjestelmien peruskäsitteet ja terminologia. Espoo: Sähköinfo Oy.

RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. 2016. RT-kortisto. Espoo: Rakennustieto Oy.

RT 16-10292 Yksikköhintaluettelo, lomakkeen täyttömalli. 1986. RT-kortisto. Espoo: Rakennustieto Oy.

Ruhanen, Jesse. 2013. Kiinteistöautomaatiikan säätöventtiilien valitsemisen automaatio-työkalu. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Sahlstén, Toivo & Kähkönen, Tapio. 2013. ST-kortisto. ST 736.00 Rakennusautomaatio-projektin hallinta. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sahlstén, Toivo. 2011. ST-kortisto. ST 711.04 Rakennusautomaatiourakan valvonta- ja vastaanottomenettelyohjeita. Espoo: Sähköinfo Oy.

Seppälä, Janne. 2013. Puhdastila-automaatio. Verkkoaineisto. <<http://mes-tari2013.bonsait.fi/resources/public/Luennot/Puhdastila-automaatio.pdf>>. Luettu 22.4.2018.

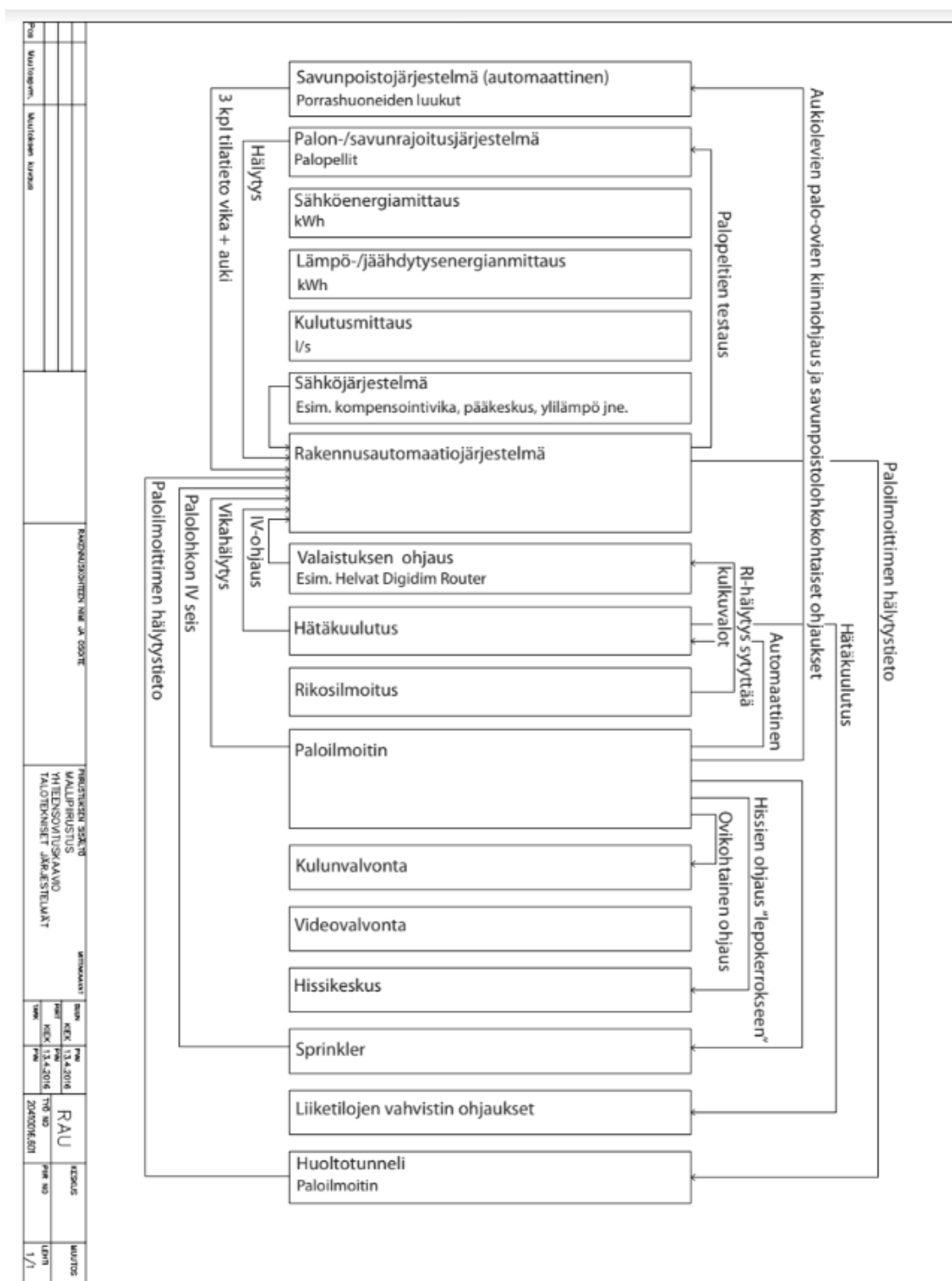
Sijoittumistiedot2016. 2016. Yrityksen sisäinen dokumentti. Metropolia -ammattikorkeakoulu.

Sulku, Jukka; Sahlstén, Toivo & Liedes, Riikka. 2017. ST-kortisto. ST 710.10 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sulku, Jukka. 2004. ST-kortisto. ST 735.00 Rakennusautomaatiojärjestelmän laadunvarmistus ja itselleluovutus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tietoa Metropoliaista. 2019. Verkkoaineisto. Metropolia. <<http://www.metropolia.fi/tietoa-metropoliaista/>>. Luettu 21.2.2019.

Esimerkki yhteensovituskaaviosta



(Eklund, Kim 2016: 3)

Opintojaksokuvaus - Rakennusautomaation urakointi**OPINTOJAKSOKUVAUS – OPS 2019**

Käyttöohjeet

- Täytä tiedot harmaisiin kenttiin.
- Tallenna nimellä Opintojaksokuvaus - Opintojakson_nimi.docx
- Tallenna Tiimin driveen Opintojaksokuvaukset-kansioon

Opintojakson nimi

Rakennusautomaation urakointi

Name in English

Building automation contracting

Opintojakson laajuus
(op)

5

PERUSTIEDOT

Tavoitteet/Objectives

Suomeksi

In English

<p>Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa rakennusautomaation tyypillisen urakointiprojektin vaiheet.</p> <p>Opiskelija osaa projektisuunnittelun ja aikataulutuksen periaatteet. Opiskelija tietää projektissa käytettävät asiakirjat ja ymmärtää niiden tarkoituksen.</p> <p>Opiskelija osaa mitoittaa laskemalla oikean kokoisen venttiilin ja valita sen taulukosta.</p> <p>Opiskelija ymmärtää laitetilausten merkityksen. Opiskelija tietää kokous- ja palaverikäytäntöjen erot.</p> <p>Opiskelija ymmärtää laadunvarmistuksen ja kustannusseurannan merkityksen.</p> <p>Opiskelija tuntee vastaanoton vaiheet.</p> <p>Opiskelija tietää, mitä tarkoittaa taloudellinen loppuselvitys.</p> <p>Opiskelija ymmärtää, mitä takuuajan velvoitteet ovat.</p>	<p>After completing the course, the student will know the stages of a typical contract design project for building automation.</p> <p>The student knows the principles of project planning and scheduling. The student knows the documents used in the projects and understands their purpose.</p> <p>The student is able to dimension the valve by choosing the right size and select it from the table.</p> <p>The student understands the importance of equipment orders.</p> <p>The student knows the differences between meetings.</p> <p>The student understands the importance of quality assurance and cost monitoring.</p> <p>The student knows the final steps of project.</p> <p>The student knows what it means to make a final financial report.</p> <p>The student understands what the warranty period obligations are.</p>
---	--

Sisältö/Content

Suomeksi

In English

<ol style="list-style-type: none"> 1. Projektisuunnittelu ja aikataulutus 2. Asiakirjojen tuntemus 3. Venttiilien mitoitus 4. Laitteiden tilaukset 5. Projektin aloituksen ja perehdytyksen vaiheet 6. Laadunvarmistus, kustannusseuranta ja työmaahallinta 7. Kokousten ja palaverien käytännöt 8. Aliurakoitsijakäytänteet 9. Periaatteen tasolla valvomot, käyttöliittymät ja tietoturvasuus 10. Asennusten valmistelu, määräykset, toteutus ja laitemerkinnät 11. Vastaanoton vaiheet 12. Taloudellinen loppuselvitys ja takuuaian velvoitteet 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Project planning and scheduling 2. Knowledge of the documents 3. Valve dimensioning 4. Equipment orders 5. Beginning of the project and orientation steps 6. Quality control, cost monitoring and site management 7. Practice of meetings 8. Subcontractor practices 9. Surveillance, user interfaces and cyber security 10. Preparation, regulations, implementation and marking of installations 11. Final steps of the project 12. Financial Statement and Warranty Period Obligations
--	---

ARVIOINTIKRITEERIT

Tyydyttävä (1-2)/Satisfactory (1-2)

Suomeksi

In English

<p>Opiskelija on saavuttanut opintojakson tavoitteet välttävästi. Opiskelija tunnistaa, osaa määritellä ja käyttää opintojakson aihepiirin käsitteitä ja malleja. Opiskelija ymmärtää asiantuntijuuden kehittymisen edellytykset ja periaatteet. Opiskelija on suorittanut opintojaksossa vaadittavat oppimistehtävät minimivaatimustasolla. Hänen osaamisensa on kehittynyt siten, että hänellä on mahdollisuus suorittaa tulevat ammattiopinnot ja lopulta toimia alan työtehtävissä.</p>	<p>The student has achieved the course objectives fairly. The student will be able to identify, define and use the course subject area's concepts and models. The student understands the criteria and principles of the expertise development. The student has completed the required learning exercises in minimum requirement level. His/her competences have developed in a way that he/she may complete the remaining studies in electrical engineering and automation technology and finally work in a suitable job position related to this field.</p>
---	---

Hyvä**(3-4)/Good****(3-4)**

Suomeksi

In English

<p>Opiskelija on saavuttanut opintojakson tavoitteet hyvin, vaikka tiedoissa ja taidoissa onkin jollain alueilla vielä kehitettävää. Hän on suorittanut opintojakson oppimistehtävät tyydyttävällä tai hyvällä tasolla. Opiskelija osaa määritellä hyvin opintojakson aihepiirin käsitteitä ja malleja ja pystyy tekemään perusteltua analyysiä. Opiskelijalla on valmiuksia soveltaa oppimaansa opiskelun ja työelämän tilanteissa. Opiskelija ymmärtää alan asiantuntijuuden merkityksen ja osaa analysoida omaa asiantuntijuuttaan.</p>	<p>The student has achieved the course objectives well, even though the knowledge and skills need improvement on some areas. The student has completed the required learning exercises in good or satisfactory level. The student is able to define the course concepts and models and is able to justify the analysis. The student is able to apply their knowledge in study and work situations. The student understands the importance of expertise in the field of electrical engineering and automation technology and is able to analyze his/her own expertise.</p>
--	---

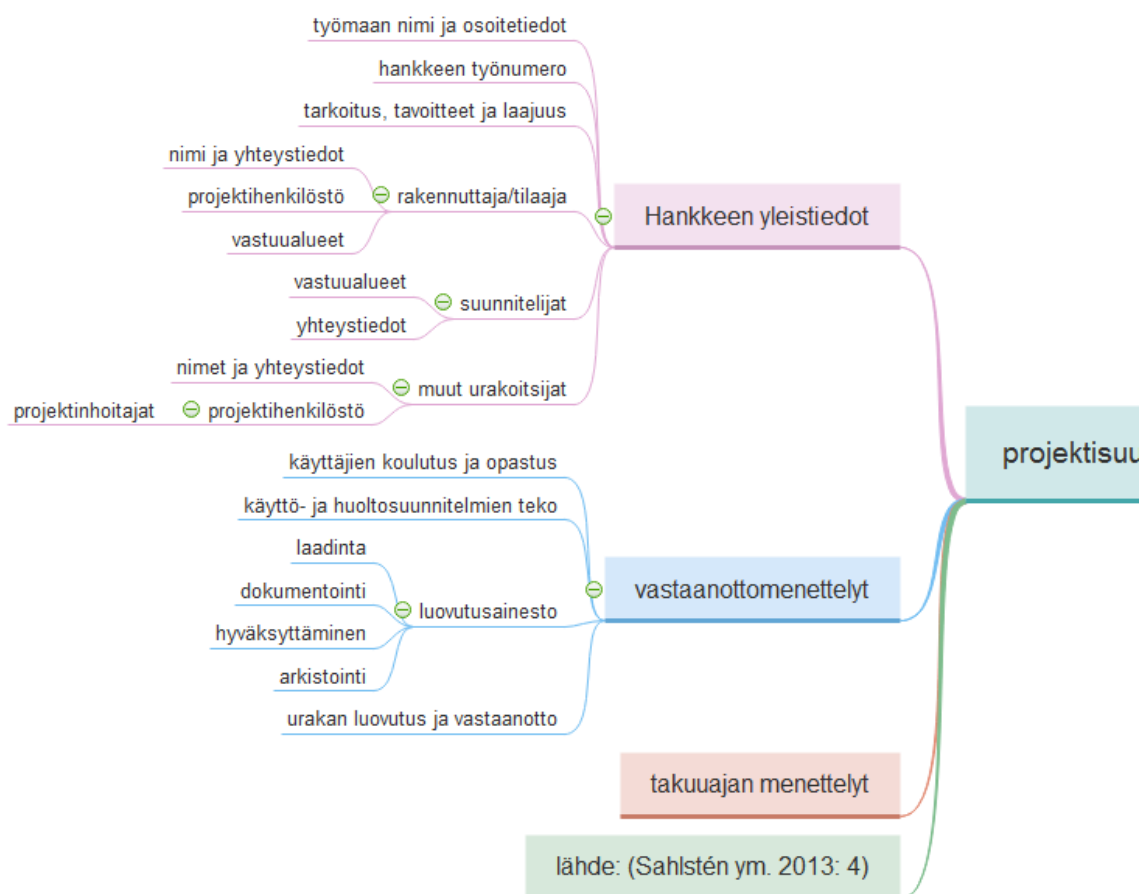
Kiitettävä (5)/Excellent (5)

Suomeksi

In English

<p>Opiskelija on saavuttanut opintojakson tavoitteet kiitettävästi. Hän on suorittanut opintojakson oppimistehtävät hyvällä tai kiitettävällä tasolla. Opiskelija hallitsee kiitettävästi opintojakson aihepiirin käsitteet ja mallit. Opiskelija osaa analysoida sujuvasti ja perustellusti sekä esittää käytännön kehittämistoimenpiteitä. Opiskelijalla on hyvät valmiudet soveltaa oppimaansa opiskelun ja työelämän tilanteissa. Opiskelija osaa analysoida alan asiantuntijuutta ja omaa asiantuntijaksi kehittymistään.</p>	<p>The student has achieved the objectives of the course with excellent marks. The student master commendably the course subject area's concepts and models. The student has completed the required learning exercises in good or excellent level. The student is able to make justified and fluent analysis and to present concrete development measures. The student is well prepared to apply their knowledge study and work situations. Students are able to analyze the expertise in electrical engineering and automation technology and the evolvement of their own expertise.</p>
--	---

Miellekartta rakennusautomaation projektisuunnitelmasta



Kuva jatkuu seuraavalla sivulla.

