



Mikko Kaskinen

Rakennusautomaation laadunvarmistustyökalun kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

23.11.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Mikko Kaskinen
Otsikko:	Rakennusautomaation laadunvarmistustyökalun kehittäminen
Sivumäärä:	47 sivua + 1 liite
Aika:	23.11.2022
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähköinen talotekniikka
Ohjaajat:	Talotekniikkapäällikkö Mikko Käppi Lehtori Jarmo Tapio

Opinnäytetyö tehtiin Lehto Tilat Oy:n toimitilarakentamisen yksikölle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehostaa rakennusautomaation laadunvarmistusta toimitilayksiköllä. Esimerkkiprojektina toimi kaksoistornitalo Helsingin Malmilla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää rakennusautomaatiourakoissa havaitut haasteet ja kehityskohteet urakan eri vaiheissa.

Tutkimus suoritettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksena. Materiaalina käytettiin talotekniseen laadunvarmentamiseen ja rakennusautomaatioon liittyviä kirjallisia lähteitä. Lisäksi opinnäytetyössä haastateltiin suunnittelijoita, pää- ja aliurakoitsijoiden projektipäälliköitä sekä muita talotekniikan asiantuntijoita.

Opinnäytetyön lopputuloksena laadittiin työkohtainen suunnitelma pääurakoitsijalle rakennusautomaation työvaiheista. Työkohtaisessa suunnitelmassa huomioitiin kaikki rakennusautomaation laadunvarmentamisen vaiheet yksityiskohtaisesti.

Pääurakoitsijan luovutusvaiheen laadunvarmentamiseen tuotettu materiaali tehtiin ensisijaisesti Malmin kaksoistornityömaata varten. Tuotettua materiaalia voidaan käyttää jatkossa Lehto Tilat Oy:n toimitilayksikön rakennusautomaatiourakoiden eri työvaiheiden tehtäväsuunnittelussa.

Avainsanat: talotekniikka, rakennusautomaatio, laadunvarmistus

Abstract

Author: Mikko Kaskinen
Title: Development of Building Automation Tool
Number of Pages: 47 pages + 1 appendix
Date: 23 November 2022

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering

Supervisors: Mikko Käppi, MEP Manager
Jarmo Tapio, Principal Lecturer

The aim of the thesis was to enhance the quality assurance of building automation at the premises unit of the commissioning company. The twin towers located in Malmi, Helsinki were used as an example project. The thesis aimed to establish the challenges and development targets in building automation contracts at various phases of the contract.

The study was conducted as a literature and interview study. Written sources about technical quality assurance of buildings and building automation were used as material. In addition, designers, project managers of main and subcontractors, and other experts in building services engineering were interviewed.

Finally, the thesis resulted in a work-specific plan about the building automation work phases for the main contractor. The work-specific plan covers the procurement and implementation of building automation and of the phases of the building automation quality assurance in detail.

The thesis produced material primarily for the twin tower site in Malmi, for the quality assurance at the main contractor's handover phase. The material can also be used in the future for procurement and implementation of other building automation projects.

Keywords: building services engineering, building automation, quality assurance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoite	1
1.3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimukset rajaus	1
2	Talotekniikan laadunvarmistus	3
2.1	Laadunvarmistusprosessi ja suunnittelu	5
2.2	Laadunvarmistusprosessin toteutus	6
2.2.1	Laite- ja materiaalihyväksynät	6
2.2.2	Laite- ja asennustapatarkastukset	7
2.2.3	Paine- ja tiiviyskokeet	7
2.2.4	Putkistojen puhtauden tarkastus	8
2.2.5	Toimintatarkastukset (urakoitsija)	8
2.2.6	Toimintatarkastukset (rakennuttaja)	9
2.2.7	Säätötyöt	10
2.2.8	Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrit	10
2.2.9	Koekäyttö ja blackout-testit	11
2.2.10	Mittaukset	12
2.2.11	Viranomaistarkastukset	13
2.2.12	Luovutus ja käyttöasiakirjat	13
2.2.13	Käyttöönotto ja vastaanottotarkastus	14
2.2.14	Toimivuustarkastus	16
2.3	Congrid-laadunvarmistus	16
3	Rakennusautomaatio	19
3.1	Säätötekniset ja toiminnalliset perusteet	19
3.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän toteutus ja käyttöönotto	20
3.2.1	Rakennusautomaatioprojektin aloitus	20
3.2.2	Valmistelevien töiden suunnittelu ja laadunvarmistus	22
3.2.3	Asennuspaikat RAU-järjestelmässä	23
3.2.4	Toteutusvaiheen laadunvarmistaminen	24
3.2.5	Luovutus- ja vastaanottovaiheen laadunvarmistus	26

3.2.6	Vastaanotto, luovutusmateriaali ja takuu aika	29
3.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän käyttö ja hyödyntäminen	31
3.3.1	Hyödyntäminen	32
3.3.2	Kehittäminen ja laajentaminen	34
4	Haastattelut	35
4.1	Suunnittelijat	35
4.2	Projektipäälliköt ja koordinaattorit	36
4.3	Aliurakoitsijat	37
4.4	Hankkeen ulkopuoliset haastateltavat	38
4.4.1	Pääurakoitsijan projektipäällikkö	38
4.4.2	Aliurakoitsijan edustaja	39
5	Tulokset	40
5.1	Suunnitelmat	40
5.2	Aikataulu	41
5.3	Laadunvarmistus	41
5.4	Työkohtainen suunnitelma	42
5.4.1	Suunnitelmat	42
5.4.2	Työvaihetta edeltävät tarkastukset	43
5.4.3	Työvaiheen aikana tehtävät tarkastukset	43
5.4.4	Congrid	44
6	Yhteenveto	46

Lähteet

Liitteet

Liite 1: Haastattelukysymykset

Lyhenteet

Congrid Laadunvarmistussovellus

LVISA Lämmitys, vesijohto, ilmanvaihto, sähkö ja automaatio

RAU Rakennusautomaatio

TATE Talotekniikka

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lehto Tilat Oy erityishankkeiden osastolle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää erityishankkeiden osaston talotekniikkajärjestelmien käyttöönottoa luomalla talotekniikan projektipäälliköille sekä työmaan toimihenkilöille yhtenäinen toimintatapa käyttöönottoprosessiin. Parantamalla yhteistyötä saamme tehostettua oman työn tarkastuksia, koekäyttöä ja hallittua korjauksia digitaalisesti, jolloin tieto on myös kaikkien saatavilla. Pilottihankkeena työlle toimii kaksoistorni Malmilla, joka koostuu hotelli- ja asuintornista.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennusautomaatiourakoissa havaitut haasteet sekä kehityskohteet urakan eri vaiheista, kuten suunnitelmista, tarkastuksista, itselleluovutuksista ja käyttöönottoprosesseista. Tutkimuksen tarkoituksena on laatia yhtenäinen dokumentti pääurakoitsijalle, rakennusautomaatiourakoihin liittyvän työvaiheen tarkastuslista, joka koostuu suunnittelukatselmuksesta, työvaiheen aikana tehtävistä tarkastuksista, itselleluovutuksista ja käyttöönottoprosessin vaiheista. Työvaiheen tarkastuslistaa voidaan myös hyödyntää laadunvarmistustoimenpiteissä avustavana työkaluna.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rajaus

Tutkimus tehtiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksena. Tutkimuksen kirjallisenä materiaalina käytettiin RT-kortiston ohjeita laadunvarmistus- ja vastaanotomenettelystä sekä muita aihealueeseen liittyviä oppaita, opinnäytetöitä ja muita kirjallisia lähteitä. Tutkimuksen haastatteluosuuteen osallistuivat pääurakoitsija, aliurakoitsijoita, suunnittelijoita, valvojia sekä tilaajan edustajia. Kysymykset muotoiltiin jokaiselle haastateltavalle henkilökohtaisesti. Erilaisten laitteiden ja toteutustapojen kustannuksiin opinnäytetyössä ei oteta kantaa.

Opinnäytetyö on jaettu neljään vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa perehdytään kirjallisuuteen sekä muuhun lähdeaineistoon, minkä jälkeen toisessa vaiheessa haastatellaan aikaisemmissa käyttöönottoprosesseissa olleita henkilöitä ja kerätään heidän kokemuksiaan erilaisista käyttöönoton haasteista. Kolmannessa vaiheessa syvennytään oman työn tarkastus- ja työsuunnitelman laadintaan. Lopuksi opinnäytetyöstä laaditaan yhteenveto ja pohdinta, jossa käsitellään saatuja tuloksia.

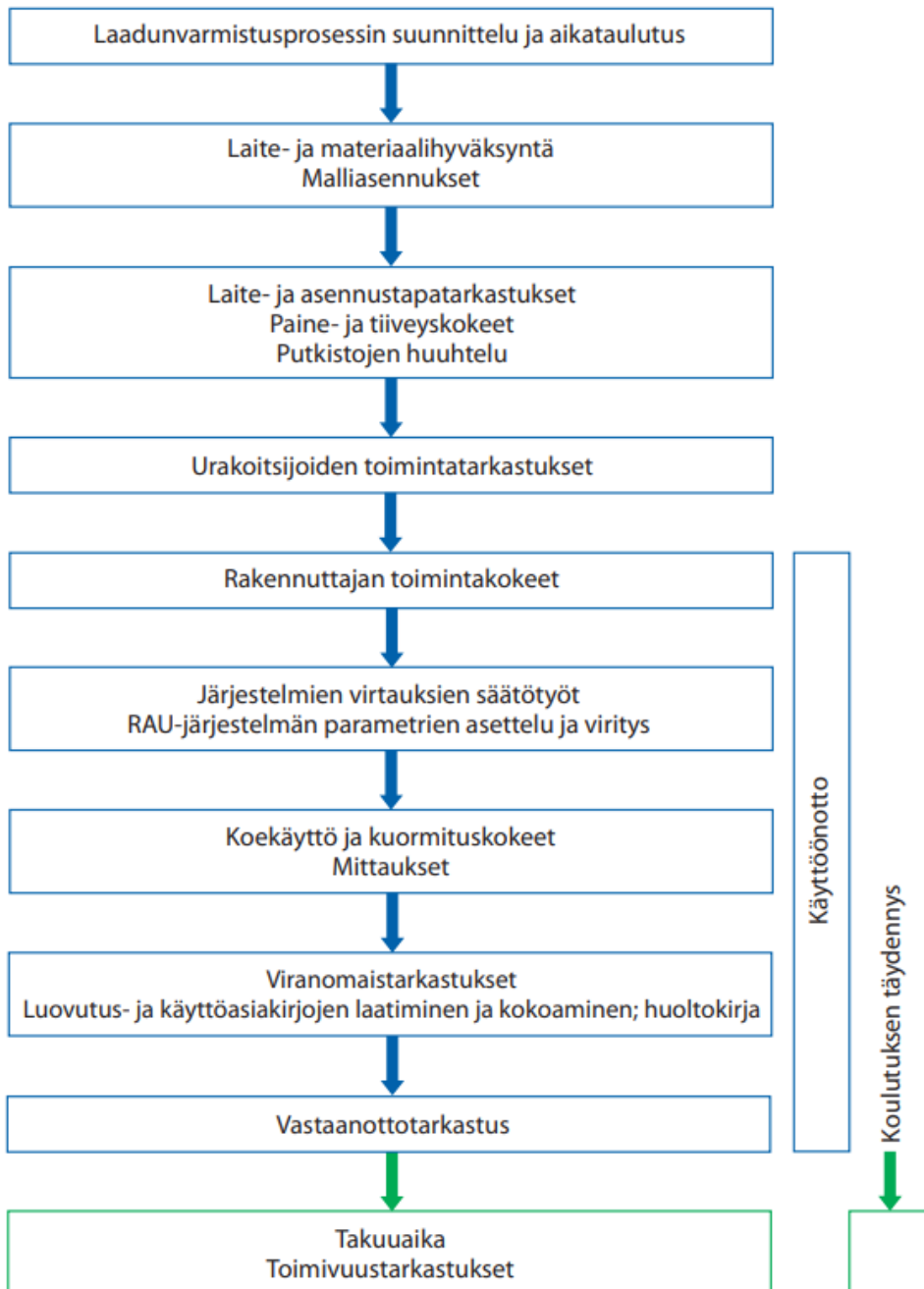
2 Talotekniikan laadunvarmistus

Tässä luvussa käsitellään talotekniikan laadunvarmistuksen ja vastaanottomenettelyn pääsisältöjä ja eri vaiheiden merkitystä laadunvarmistusprosessissa, laadunvarmistussuunnitelman sisällössä, käyttöönoton aikaisissa laadunvarmistuksen tehtävissä. Lisäksi käsitellään Lehdolla käytössä olevaa laadun varmistamiseen tarkoitettua Congrid -ohjelmistoa.

Laadunvarmistusprosessin tarkoituksena on varmistaa suunnitelmien mukainen toteutus, laatutaso sekä rakennushankkeelle asetetut tavoitteet täyttävä lopputulos, käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Näiden tavoitteiden saavuttamiseen tarvitaan yhteistyötä rakennuttajan, suunnittelijoiden sekä pääurakoitsijan välillä. Lisäksi tarkoituksena on taloteknisten järjestelmien toimivuuden ja laadun varmistaminen koko rakennuksen käytön ajalle. Kaikissa vaiheissa pyritään kattavaan ja ennakoivaan toimintaan päätoteuttajan kanssa rakennuttajan ja käyttäjän tarpeellisuuden varmistamiseksi. [1, s. 2]

Kuvassa 1 (s. 4) on esitetty laadunvarmistuksen prosessikaavio. Kaaviosta nähdään kaikki laadunvarmistamisen vaiheet rakennushankkeen alusta käyttö- ja huoltovaiheeseen.

LAADUNVARMISTUS, PROSESSIKAAVIO



Kuva 1. Laadunvarmistuksen prosessikaavio. [1, s. 1]

2.1 Laadunvarmistusprosessi ja suunnittelu

Laadunvarmistusprosessin eri vaiheita ovat:

- suunnittelu ja aikatauluttaminen
- materiaali- ja laitehyväksynät
- laitteiden malliasennukset
- asennustapatarkastukset
- paine- ja tiiveyskokeet
- puhtauden tarkastukset
- pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan toimintatarkastukset
- tilaajan toimintakokeet
- järjestelmien virtauksien säätötyöt
- rakennusautomaation osoitteiden asettelu ja viritys
- kuormituskokeet sekä koekäytöt
- mittaukset
- viranomaistarkastukset
- luovutus- ja käyttöasiakirjat
- käyttöönotto
- vastaanottotarkastus
- toimivuustarkastus. [1, s. 3]

Hankkeen sopimusasiakirjoissa määritellään, mitkä laadunvarmistusprosessin vaiheista hankkeeseen kuuluvat. Tyypillisesti rakennushankkeen aikana suoritetaan yhteensovitukseen ja suunnitelmiin kuuluvia katselmuksia ja kokouksia, kuten suunnitelmakatselmuksia, risteilypalavereja sekä tarkesuunnitelmia. [1, s. 3]

Laadunvarmistusprosessin tehtävänä on sitouttaa hankkeessa toimivat eri osapuolet laadunvarmistukseen. Usein urakoitsijan on pystyttävä todistamaan, miten laadunvarmistus toteutuu urakassa. Lisäksi urakoitsija veloitetaan ilmoittamaan havaituista virheistä sekä korjaavista toimenpiteistä urakkasuorituksen aikana. Tilaajan ja urakoitsijan välisissä sopimusasiakirjoissa määritellään työmaan laadunvarmistussuunnitelman toimenpiteet, vaatimukset sekä käyttöönottovaiheen laadunvarmentaminen. [1, s. 3]

Laadunvarmistuksen tulokset kirjataan mittaus-, tarkastus- ja katselmuspöytäkirjoihin eri vaiheiden tuloksista. Nämä tulokset tallennetaan esim. hankkeen projektipankkiin tai erilliseen laadunvarmistusjärjestelmään. Laadun varmentamisen tiedostot luovutetaan tilaajalle vastaanottotarkastuksen ja projektien loppudokumentoinnin osana. Laadunvarmistusdokumenttien kirjausten oikeellisuudesta vastaa dokumentin tekijä. [1, s. 3-4]

Tilaaja sekä tilaajan edustajat kokoavat yhdessä alustavan laadunvarmistussuunnitelman, jossa määritellään laadunvarmistuksen periaatteet. Oman suunnittelualansa osalta kukin suunnittelija täydentää ja täsmentää laadunvarmistussuunnitelmaa, joka liitetään osaksi rakennushankkeen hankinta- ja urakka-asiakirjaa. Laadunvarmistussuunnitelmaa täydennetään urakoitsijavalinnan jälkeen, jolloin laadunvarmistussuunnitelma varmistetaan vastaamaan rakennuttajan asettamien vaatimusten toteuttamiseen. [1, s. 3-4]

2.2 Laadunvarmistusprosessin toteutus

2.2.1 Laite- ja materiaalihyväksynät

Talotekniikan urakoitsijat hyväksyttävät rakennuttajalla materiaalit, laitteet, järjestelmät ja erilaiset asennustavat, mikäli ne poikkeavat rakennuttajan alun perin määrittelemistä materiaaleista. Tätä laadunvarmistusprosessin vaihetta kutsutaan laite- ja materiaalihyväksynnäksi. Yleisesti laite- ja materiaaliuutokset hyväksytetään suunnittelijoilla sekä valvojilla, jotka vertaavat vastaaviksi esitettyjen laitteiden ja materiaalien tuotetietoja. Hyväksynnän jälkeen laitteen tai

materiaalin tuotetiedot tai tekniset dokumentit tallennetaan osaksi luovutusasiakirjamateriaalia. [1, s. 5]

2.2.2 Laite- ja asennustapatarkastukset

Laadunvarmistussuunnitelmassa on määritelty malliasennettavat laitteet ja materiaalit. Malliasennuksista laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan käytettävät tuotteet. Lisäksi pöytäkirjassa tarkastellaan asennustapaa ja asennustyön laatua. Hyväksytyn malliasennuksen tarkoitus on toimia esimerkkinä seuraaville asennuksille. Tämä korostuu erityisesti asennuskokonaisuudessa, jossa on hyödynnetty useamman urakoitsijan yhteistyötä. Malliasennuksista laaditaan usein iso kokonaisuus, esim. mallihuone, jonka tarkoituksena on katselmoida eri rakennus- ja talotekniikan työvaiheiden kokonaisvaltaista asennustapaa, töiden laatua sekä suoritusjärjestystä. [1, s. 5]

Talotekniikkaurakoitsijat sitoutetaan noudattamaan asennustyön tarkastuksissa sovittuja menettelytapoja sekä ilmoittamaan tarkastuksien ajankohdan. Rakennuttaja tai heidän edustajansa sekä tarvittaessa suunnittelija osallistuu malliasennuskatselmuksiin. [1, s. 5]

2.2.3 Paine- ja tiiviyskokeet

Paine- ja tiiviyskokeita suoritetaan vesi- ja IV-putkistoille. Tehtävien kokeiden laajuus määritetään LVI-järjestelmittäin sopimusasiakirjoissa. Sopimusasiakirjoissa on määritetty LVI-järjestelmille asetetut tiiveysvaatimukset. Tiiveys- ja painekokeita voidaan tehdä joko osissa tai koko verkoston laajuisena. [1, s. 5-6]

Paine- ja tiiviyskokeissa putkistot koepaineistetaan vedellä tai jäätymättömällä nesteellä jäätymisvaaran uhatessa. Koepaineistettavasta putkistosta on poistettava ilma, jotta vuodot voidaan todeta. [2, s. 5]

2.2.4 Putkistojen puhtauden tarkastus

Tiiviys- ja painekokeiden jälkeen LVI-järjestelmän osa puhdistetaan. Tästä urakoitsija laatii toteutussuunnitelman. Hyväksytyin suunnitelman mukaisesti LVI-järjestelmä puhdistetaan valvojan läsnä ollessa. Toteutussuunnitelma hyväksytetään LVI-valvojalla. [1, s. 6]

2.2.5 Toimintatarkastukset (urakoitsija)

Tarkastussuunnitelma tehdään pääurakoitsijan koordinoimana yhteistyössä talotekniikkaurakoitsijoiden kanssa. Tarkastussuunnitelman yhteydessä laaditaan alustava toimintakoesuunnitelma, jota tarkennetaan toimintatarkastusten valmistuessa. Valvojat voivat tarvittaessa pyytää talotekniikan suunnittelijoilta kommentteja toimintatarkastussuunnitelmasta. Talotekniikkaurakoitsija tekee asentamiensa laitteiden ja koneiden toimintatarkastukset pääurakoitsijan koordinoimissa kokonaisuutta. Laitteiden ja koneiden toimintatarkastuksessa tarkastetaan järjestelmällisesti suunnitelmien mukaiset toiminnot. [1, s. 6]

Rakennusautomaatiourakoitsijalla (RAU-urakoitsija) on merkittävä rooli rajapintojen toteuttajana eri järjestelmissä. RAU-urakoitsijoita suositellaan ottamaan vahva rooli tarkastusten koordinoinnissa. [1, s. 6]

Etukäteen laadittujen tarkastuslistojen pohjalta suoritetaan toimintatarkastukset. Tämän avulla saadaan tarkastus rajattua haluttuihin toimintoihin ja kohteisiin, sekä saadaan selkeä käsitys tarkasteltavan alueen laajuudesta. Tarkastuksia voidaan jaksottaa käyttämällä tarkastuslistoja. Vaiheittain täydentyvästä listasta pystytään selkeästi tarkastamaan tehdyt ja suorittamattomat tarkastukset. Järjestelmäkohtaiset mallit tarkastuslistoista tulevat talotekniikan suunnittelijoilta. [1, s. 6]

Virhe- ja puutelistat laaditaan jokaisesta pidetystä toimintatarkastuksesta ja niiden korjaamiseen ryhdytään välittömästi. Tarkastuslomakkeiden avulla järjestelmissä ja toimintakokeissa havaitut virheet tai toiminnallisuuden puutteet

yksilöidään. Tarkastuslistoihin merkitään vastuuhenkilöt sekä aikataulu virheiden ja puutteiden korjauksille. Kun puutteet on korjattu, ne kuitataan pöytäkirjaan, jolloin pääurakoitsija koordinoi virheiden ja puutteiden oikea-aikaiset korjaukset. Tarkastuslista tallennetaan osaksi luovutusaineistoa rakennuttajalle. Hyväksytyt toimintatarkastukset ovat aloitusedellytyksinä toimintakokeiden aloittamiseen. [1, s. 6]

2.2.6 Toimintatarkastukset (rakennuttaja)

Puhtausluokka määritellään sopimusasiakirjoissa. Määritetty puhtausluokka tulee olla saavutettu ennen toimintakokeiden aloitusta. Toimintakokeille on varattava riittävästi aikaa laadunvarmistusaikataulussa. Ennen toimintakokeita toimintakoesuunnitelma viimeistellään sekä hyväksytetään rakennuttajalla. Toimintakokeista vastaavat valvojat huolehtivat toimenpiteiden suorittamisesta toimintakoesuunnitelman mukaisesti. [1, s. 6]

Toimintatarkastuksien laatu ja kattavuus määrittelevät toimintakokeiden laajuuden ja tarkkuuden. Mikäli toimintatarkastusten todetaan olevan riittävän kattavia, voidaan toimintakokeita tehdä pääasiallisesti pistotarkastuksina. Virheitä tai puutteita havaittaessa valvojalla on kuitenkin oikeus keskeyttää toimintakokeet tai muuttaa ne järjestelmä- ja toimintokohtaisiksi. [1, s 6.]

Toimintakokeita suoritetaan valmistumisen kanssa vaiheittain. Toimintakoesuunnitelmassa määritellään mahdolliset kuormituskokeet ja sähkökatkokesetit. Toimintakokeilla varmistetaan, että järjestelmät ja laitteet toimivat suunnitellusti. Toimintakokeiden jälkeen työaikaa on jätettävä talotekniikkajärjestelmien säädöille ja mittauksille. Toimintakoepöytäkirjassa ilmenee, mitä on tarkastettu; pelkkien puutteiden kirjaukset eivät ole riittäviä. Valvojat ja rakennuttajan edustajat allekirjoittavat toimintakokeiden pöytäkirjat. [1, s. 6-7]

2.2.7 Säätötyöt

Säätötyöt talotekniikan järjestelmiin tehdään ensisijaisesti laskennan tuloksien mukaisilla säätöarvoilla. Suunnittelijan tieto- ja verkostomalli päivitetään ns. punakynäpiirustusten pohjalta vastaamaan toteutettuja järjestelmiä ja niiden osia. Toimintakoesuunnitelman mukaisesti mittauspöytäkirjamallit hyväksytetään rakennuttajan edustajalla ennen mittaustoimenpiteitä. [1, s. 7]

Tilojen ja kanavien puhtaudesta sekä rakennuksen ilmantiiveydestä on varmistettava ennen ilmavirtojen säätö- ja mittaustöihin ryhtymistä. Paine-erot rakennuksen ulkovaipan yli sekä tila- tai vyöhykekohtaiset mittaukset määritellään LVI-suunnitelmissa. Järjestelmien ja tuotteiden toimintaa säädetään vastaamaan suunnitelmissa asetettuja paine-eroja tila-, vyöhyke- ja rakennuskohtaisesti. Säätötöiden aloitusedellytyksenä ovat suoritettut toimintakokeet siinä laajuudessa, että automaatio voi ohjata säätöventtiileitä ja varolaitetoiminnot ovat käytössä. [1, s. 7]

2.2.8 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrit

Lopulliset käyttöönottoasetukset voidaan tehdä rakennusautomaatiojärjestelmään vasta, kun LVI-järjestelmät ja -tuotteet on säädetty. RAU-urakoitsija asettaa antureille ja säätimille lopulliset asetusarvot muiden TATE-urakoitsijoilta saatujen tietojen perusteella. [1, s. 7]

Järjestelmien säätöjen on toimittava tarkasti ja riittävän nopeasti sekä ilman säädettävän suureen jatkuvaa värähtelyä tai huojuntaa. Kriittisimmän tilanteen mukaisesti arvioidaan rakennusautomaatiojärjestelmän tekemät säädöt. Järjestelmän on toimittava kaikissa käyttötilanteissa ilman, että toiminnasta aiheutuu tarpeettomia vikatilanteita. [1, s. 7]

Asetetut parametrit todennetaan säätöpiirikohtaisilla trendiajoilla, joista tulostetaan LVIA-valvojalle trendikäyrästäraportit tarkastukseen ja hyväksyntään. Käyrästäöt dokumentoidaan osaksi luovutusaineistoa. Sopimusasiakirjoissa voidaan

myös määrittää rakennusaikaisen kosteuden ja materiaalipäästöjen tehotuuletus. RAU-urakoitsija vastaa mittaus- ja säätötöiden valmistumisen jälkeen siitä, että ilmanvaihto voidaan ohjata toimimaan täydellä teholla. Kohteen tiloihin voidaan asettaa tarvittavat väliaikaiset ohjelmoinnit, jotka pakko-ohjataan toimimaan täydellä teholla. Tuuletusten jälkeen asetusarvot voidaan asettaa suunnitelmien mukaisiksi vastaanottotarkastukseen. [1, s. 7]

Dokumentoinnin rakennusautomaation parametreista ja niihin liittyvistä viritystiedoista vastaa RAU-urakoitsija. Erityisesti kenttäväyliä hyödyntävissä integroiduissa järjestelmissä loogiset kytkennät ja toimintaparametrit on dokumentoitava huolellisesti. [1, s. 7]

2.2.9 Koekäyttö ja blackout-testit

Kuormituskokeet määritellään taloteknisissä suunnitelmissa. Yhteistyössä urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden kanssa tehdään koekäyttöohjelma. TATE-urakoitsijat osallistuvat koekäyttöohjelman laadintaan sekä toteutukseen. Kuormituskokeiden tarkoituksena on varmistaa TATE-järjestelmien kokonaistoiminta vaihtuvissa kuormitusolosuhteissa. [1, s. 7]

Ennen kuormituskokeita on suoritettava hyväksytysti:

- toimintakokeet
- säädöt ja mittaukset
- rakennusautomaation parametrit
- rakennusautomaation viritykset
- puutteiden korjaukset. [1, s. 7]

Tiedonkeräyslaitteilla ja rakennusautomaatiojärjestelmällä seurataan kuormituskokeita. Asetettujen säätöjen ja asetusarvojen lopputuloksen on vastattava eri käyttötilanteiden olosuhteita. Kuormituskokeiden suorittamisesta vastaavat ja niitä koordinoivat TATE-valvojat. [1, s. 7]

Blackout- eli sähkökatkotestissä todennetaan turvajärjestelmien toimivuus kiinteistössä. Blackout-testin piiriin kuuluvat seuraavat turvajärjestelmät:

- turvavalot
- hätäpoistumistievalot
- varavoimat
- savunpoisto
- kulunvalvottavat ovet
- hätäpoistumistieövet
- paloilmoitinjärjestelmä. [1, s. 7]

Näiden lisäksi varmennuksen piiriin kuuluvat hissit, RAU-järjestelmien alakeskukset, RAU-valvomot ja hälytykset. Blackout-testin testitulokset analysoidaan TATE-valvojen ja suunnittelijoiden toimesta joko hyväksytysti tai hylätysti, jolloin testi tulee suorittaa uudelleen. Testin tulokset dokumentoidaan ja niistä laaditaan pöytäkirja, joka allekirjoitetaan testiin osallistuneiden kesken. [1, s. 7]

2.2.10 Mittaukset

Suunnitelma-asiakirjoihin asetetut tavoitearvot ja vaatimukset sekä mitatut suu-reet dokumentoidaan LVI-urakoitsijoiden toimesta. Suureisiin kuuluvat äänitasot, ilman nopeus oleskeluvyöhykkeellä, ilmanjakolaitteiden puhalluskuviot, lämpötilat tuloilmassa ja tiloissa, ulko- ja sisäilman paine-erot, hyötysuhteet sekä SFP-luvut. [1, s. 7]

Urakoitsijan suorittamat mittaukset ja säädöt tarkastetaan valvojan laatiman ohjeistuksen mukaisesti halutulla laajuudella. Urakoitsijan mittaukset tarkemmitaan yhteistyössä valvojan kanssa tai ulkopuolisen mittaajan toimesta. Yhteistyössä valvojan ja urakoitsijan mittauksen tuloksia verrataan aikaisempiin mitaustuloksiin ja LVI-järjestelmiä säädellään, kunnes vaaditut tulokset saavutetaan. [1, s. 7-8]

2.2.11 Viranomaistarkastukset

Talotekniikkatoteuttaja ottaa yhteyttä rakennusvalvonnan viranomaisiin sekä muihin rakennushankkeen valvojiin varatakseen viranomaistarkastukselle ajankohdan. Talotekniikkatoteuttaja hyväksyttää TATE-järjestelmät ja -tuotteet, joita rakennusvalvonnan viranomaiset tai valvojat vaativat. Tarkastuspöytäkirjojen on oltava valmiina ja viranomaistarkastusten suoritettu ennen vastaanottotarkastusta. Pääurakoitsijalla on velvollisuus huolehtia rakennusluvan mukaisista viranomaistarkastuksista. Rakennusvalvonnan käyttöönottotarkastuksia tai lopputarkastuksia ovat KVV-loppukatselmus, IV-loppukatselmus, palotarkastus, terveystarkastus, hissitarkastus sekä VSS-tarkastus. [1, s. 8]

Sähköurakoitsijan velvollisuus on huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta mittauksineen sekä palonilmaisulaitteiston, turva- ja merkkivalojärjestelmän ja sähköjärjestelmien varmennustarkastuksesta. Viranomaistarkastukset tehdään hyväksytysti ja puutteet korjataan vastaanottotarkastukseen mennessä. [1, s. 8]

2.2.12 Luovutus ja käyttöasiakirjat

Rakennuttajan ja päätoteuttajan välisissä sopimusasiakirjoissa on määritetty luovutusasiakirjojen muoto sekä aikataulu. Luovutusasiakirjat dokumentoidaan projektipankkiin. Rakennushankkeelle merkityt valvojat tarkastavat ja hyväksyvät luovutusaineiston. [1, s. 8]

Sopimusasiakirjoissa määritellään luovutusasiakirjan talotekniikkajärjestelmien yksityiskohtaiset asiakirjat, tarke- ja loppupiiirustukset, asiakirjojen tallennusmuoto, -määrä, -ajankohta ja -tarkastusmenettely. Sopimusasiakirjassa määritellään myös kiinteistökohtainen käyttö- ja huolto-ohje. [1, s. 8]

Talotekniikkajärjestelmät ja -tuotteet esitellään loppupiiirustuksissa asennettuina ja säädettyinä. Loppupiiirustuksiin viedään tarkennukset tarkepiiirustuksista tai työn aikaisista muutoksista. Loppupiiirustukset tallennetaan projektipankkiin.

Kiinteistöhuollolle myönnetään käyttöoikeus projektipankkiin tai loppupiirustusten paperikopioihin. [1, s. 8]

Loppupiirustuksiin sisällytetään työselostukset, pohjapiirustukset ja leikkaukset, järjestelmäkaaviot sekä RAU-säätökaaviot ja pisteluettelot, kulutusmittarointikaaviot, sähkökytkentäkaaviot, laitteiden vaikutusaluepiirustukset ja paikannuspiirustukset, laitehuoneiden piirustukset, energiaselvitys ja rakennuksen tietomallit järjestelmineen. [1, s. 8]

Lisäksi luovutusaineistossa on sähköisessä muodossa olevia tiedostoja, kuten rakennusautomaationjärjestelmän alakeskuksen varmuuskopiot, kenttäväylän asennustietokanta, valvontaohjelmistojen versio ja lisenssinumerot sekä varmuuskopioinnin ohjeet. [1, s. 8]

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje sisällytetään luovutusaineistoon. Käyttö- ja huolto-ohjeesta on selvittävä käyttötarkoitus ja huoltotoimenpiteet. Käyttö- ja huolto-ohjeeseen sisällytetään konekortit, mittaus- ja säätöpöytäkirjat, koneiden ja laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet, laitteiden tehokäyrästäöt, paine- ja tiiviyskokeiden pöytäkirjat, puhtaustarkastusten pöytäkirjat, putkistojen ja kanavien kuvausraportit, viranomaistarkastusten pöytäkirjat, laitekohtaiset asiakirjat, erityisten laitteiden kokoonpanopiirustukset, takuuasiakirjat ja huoltosopimukset sekä hyödykekulutusten mittauslukemat. [1, s. 8]

Käyttö- ja huolto-ohje tallennetaan osaksi sähköistä kiinteistönpitokirjaa. Rakennushankkeen valvojat varmistavat yhteistyössä TATE-urakoitsijoiden ja pääurakoitsijan kanssa dokumenttien oikeellisuuden. [1, s. 8–9]

2.2.13 Käyttöönotto ja vastaanottotarkastus

Rakennuksen käyttöönotto- ja käyttökoulutukset sekä -opastukset voivat tapahtua vaiheittain sekä eri henkilöille. Pääurakoitsija velvoittaa aliurakoitsijat käyttökouluttamaan ja -opastamaan rakennuttajan edustajat asennettujen laitteiden käyttöön. Käyttökoulutuksia ja -opastuksia joudutaan myös ajoittamaan

vastaanottotarkastuksen jälkeen, mikäli rakennuksessa on paljon käyttökoulutettavia koneita, laitteita tai henkilöitä. [1, s. 9]

Käyttökoulutuksesta laaditaan oma koulutussuunnitelma, johon määritellään tekniselle käyttäjälle ja kiinteistönhuollolle ajankohdat asennetuista talotekniikkajärjestelmistä tai tuotteiden toiminnasta, käytöstä, ylläpidosta sekä perehdytyksestä käyttö- ja huolto-ohjeisiin. Myös suunnittelijat voivat osallistua käyttökoulutuksiin. Heidän tarkoituksensa on kertoa käyttäjille, kuinka järjestelmät on suunniteltu toimimaan kiinteistössä. [1, s. 9]

Rakennuksen lopulliselle käyttäjälle järjestetään käytönopastus talotekniikkajärjestelmien ja huonelaitteiden käytöstä. Käytönopastukseen sisältyy talotekniikkajärjestelmien toimintaperiaatteiden esittely ja vaikutus sisäilmaolosuhteisiin, huonelaitteiden asialliseen käyttöön, käyttäjien vaikutusmahdollisuuksiin, käyttöaikojen asetteluun sekä toimintaohjeet ongelmatilanteiden ilmoittamiseen. [1, s. 9]

Käyttökoulutuksissa ja -opastuksissa käyneet kuittaavat allekirjoituksillaan koulutussuunnitelman mukaisen koulutuksen tai opastuksen suoritetuksi. [1, s. 9]

Vastaanottomenettely on jatkuvaa toimintaa koko rakentamisen ajan. Valmistautuminen vastaanottotarkastukseen siis alkaa jo ensimmäisistä työsuorituksista ja niiden tarkastuksista. Rakentamiseen kuuluu monia erilaisia toimenpiteitä, jotka johtavat valmistumiseen ja vastaanottotarkastukseen. Laadunvarmistussuunnitelman ja yleisten sopimusehtojen mukaan urakka luovutetaan käyttäjille vastaanottotarkastuksella. Vastaanottotarkastuksessa todetaan rakennus sopimusasiakirjojen mukaiseksi sekä laadunvarmistustoimenpiteet hyväksytyiksi. [1, s. 9]

Vastaanottotarkastuksen edellytyksenä on pääurakoitsijan sekä talotekniikkaurakoitsijoiden sopimusasiakirjan vaatimusten mukaiset suoritukset. Vastaanottotarkastukseen osallistuvat pääurakoitsija ja talotekniikkaurakoitsijan työnjohtajat. Vastaanottotarkastuksen päätyttyä rakennus luovutetaan rakennuttajalle. [1, s. 9]

2.2.14 Toimivuustarkastus

Toimivuustarkastuksen tarkoitus on energiatehokkuuden ohella saada rakennus vastaamaan käyttäjien tarpeita. Toimivuustarkastusten tavoite on varmistaa rakennuksen hyvät sisäilmaolosuhteet, energiatehokas käyttö ja asianmukainen käytettävyys ja huolto. Toimivuustarkastelussa kirjataan ylös loppukäyttäjän ja ylläpito-organisaation havainnot toimivuudesta. [1, s. 9]

Toimivuustarkastukseen kutsutaan rakennuttajan lisäksi talotekniikan valvojat ja käyttäjät. Automaatiourakoitsija toimittaa trendiseurannat ja -ajot kiinteistön toiminnasta sekä hälytyshistorian. Valvojat laativat yhteenvetoraportin toimintatarkastuksista. Pöytäkirjaan kirjataan havainnot, puutteet sekä muutos- ja korjaustoimenpiteet. [1, s. 9]

2.3 Congrid-laadunvarmistus

Congrid-ohjelmiston tarkoitus on tarjota nykyaikainen ja helppo tapa hallita rakennustuotannon laatua ja turvallisuutta. Ohjelmisto on pilvipalvelu, joka päivittyy automaattisesti muutoksia tehdessä. [3]

Congrid Live on ohjelmiston työpöytäversio, jolla pystytään luomaan ja hallinnoimaan työmaalta kerättyjä tietoja. Congrid-mobiilisovellus on laadunvarmistuksen ja turvallisuuden työkalu työmaalle. Mobiilisovelluksella voidaan helposti tehdä tarkastuksia, pöytäkirjoja katselmuksista tai virhe- ja puutelistoja työmaakerroksilta. [3]

Projektin sidosryhmille kuten urakoitsijoille voidaan myöntää CongridLITE-käyttöoikeudet, joilla urakoitsijat pystyvät käsittelemään heille kohdistettuja havainnot. Mobiilisovelluksella saadaan tehtyä laatutarkastuksia ja tehtävälisteriä sekä kohdennettua ne urakoitsijoille. Lisäksi asennusten tai puutteiden sijainnit saadaan merkittyä pohjakuviin sekä valokuvattua tehty havainnot. Tehtyjä havainnot voidaan myös hallita mobiilisovelluksen kautta. [4]

Congrid-sovellusta käytetään kokonaisvaltaisena laadunhallinnan välineenä. Sovellukseen voidaan luoda laadunhallintaa varten laatumatriisi, johon saadaan koottua kohteen laadunvarmistusdokumentit, kuten tarkastusten pöytäkirjat ja malliasennuskatselmukset visuaalisesti yhteen sovellukseen. Laatutarkastusten ja tehtävälisöjen virhe- ja puutelistojen korjauksia pystytään tarkastelemaan sekä hallinnoimaan eri työvaiheiden edetessä.

Laadunvarmistusmatriisi voidaan määrittellä Congrid-sovellukseen sopimusasiakirjoissa asetettujen laadunvarmistustoimenpiteiden mukaiseksi. Laadunvarmistusmatriisiin voidaan määrittää myös rakennushankkeen aikana vaaditut tarkastukset, mikä edesauttaa tarkastusten etenemisen seuranta. Pääurakoitsijan Congrid-sovelluksen laadunvarmistuksesta vastaava voi määrittellä laatutarkastuksiin tarkastettaville osakohteille valmiit pohjat, jossa määritellään tarkastuksien tavoitteet ja niille asetetut kriteerit rakennushankkeen etenemisen ajan. Kuvassa 2 on laadunvarmistusmatriisi, johon on kerätty LVISA-töihin tehdyt tarkastukset sekä urakoitsijan kanssa pidetyt palaverit. [5]

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi	Tehtäväsuunnitelma (Tiedosto)	Aloituspalaveri (Tiedosto)	Mestän vastaanotto (Tarkastus)	Malliasennustarkastus (Tarkastus)	Osakohteen vastaanotto (Tarkastus)	Vastaanottotarkastus (Tarkastus)	Valvojan tarkastus (Tarkastus)	Tarkemittaukset (Tiedosto)	Mittaukset ja kokeet (Tarkastus)	Materiaalittodistus (Tiedosto)	Status
7 Konetekniset työt		0					0		0	0	
7100 Lämpö, vesi ja viemäri		0	0	10 ✓ 1	0	0	0	0	0	0	
7200 Ilmanvaihto		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7300 Sähkö		0	0	9 ✓ 7	0	0	0	0	0	0	
7400 Rakennusautomaatio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7500 Siirtolaitteet, hissit		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7850 Palokatkot		0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Kuva 2. Talotekniikan laadunvarmistusmatriisi. Kuva: Mikko Kaskinen

Congrid-ohjelmassa on olemassa tehtävälisöominaisuus. Tehtävälisöjä pystyy tekemään sekä muokkaamaan Congrid-mobiilisovelluksella reaaliaikaisesti. Lisäksi havaintoihin pystytään lisäämään tehdyn havainnoinnin tiedot, kuten kohde, rakennusosa, sijainti, valokuva, vastuuhenkilö sekä aikaraja tarvittavalle korjaukselle. Tehtävälisöt toimivat rakennustyömaan laadunvarmistuksen

työkaluna osana virhe- ja puutelistan töiden ohjausta, valvontaa sekä raportointia tilaajan ja urakoitsijoiden välillä. Kuvassa 3 nähdään rakennusaikana tehtyjä valvojen havaintolistoja. Tarkastuslistoihin kerätään havaintoja työmaalta, jotka tarvitsevat jatkokäsittelyä. Congrid-sovelluksessa on saatavilla ajantasainen tieto korjausten etenemisestä.

Pvm.	Viikko	Mittauksen / tarkastuksen tarkemmat tiedot	Havainnon status	Luonut
25.04.2022 18:14	17	Rak.valvojan havainnot 25.4.2022	✓ Korjattu	Mikael Sundström
25.04.2022 18:11	17	Rak.valvojan havainnot 25.4.2022	✓ Korjattu	Mikael Sundström
08.03.2022 10:29	10	Rak. valvojan havainnot 8.3.2022	✓ Korjattu	Mikael Sundström
16.02.2022 10:32	7	Rak.valvojan havainnot 15.2.2022	Odottaa korjausta 1 / 2	Mikael Sundström
16.02.2022 10:28	7	Rak.valvojan havainnot 15.2.2022	✓ Korjattu	Mikael Sundström
28.01.2022 12:40	4	Rak valvojan havainnot 28.1.2022	✓ Korjattu	Mikael Sundström
10.01.2022 11:18	2	RAK valvojan huomiot 10.1.2022	✓ Korjattu	Mikael Sundström
21.12.2021 12:49	51	Turvallisuushavainnot 21.12.2021	✓ Korjattu	Mikael Sundström
07.10.2021 13:40	40	Sähkö-valvojan huomiot	Odottaa korjausta 8 / 17	Toni Kilpinen
01.07.2021 20:39	26	LVI-valvojan huomiot	Odottaa korjausta 4 / 38	Jarno Salminen

Kuva 3. Valvojen luomat tarkastuslistat Congrid-sovellukseen. Kuva: Mikko Kaskinen

3 Rakennusautomaatio

Tässä luvussa käsitellään rakennusautomaation laadunvarmistukseen liittyviä RAU-urakoitsijan aloitusedellytyksiin liittyviä työvaiheita. Luvussa perehdytään myös rakennusautomaation merkitykseen kiinteistössä, säätötekniisiin ja toiminnallisiin perusteisiin, rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteeseen, RAU-järjestelmän suunnitelmien lähtökohtiin ja tavoitteisiin, RAU-järjestelmän käyttöön ja ylläpitoon sekä RAU-urakoinnin työtehtäviin.

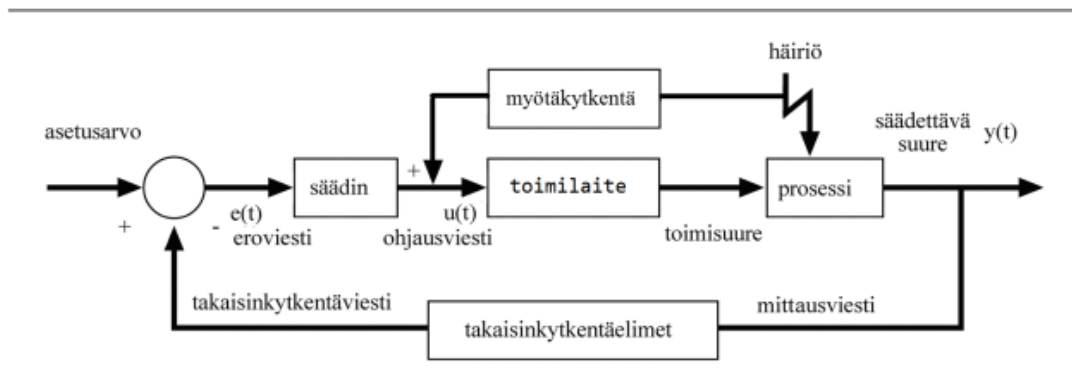
Lähes kaikki LVIS-talotekniikan laitteet tarvitsevat ohjausta varten rakennusautomaatiojärjestelmän. Rakennusautomaation keskeinen tavoite on tuottaa lisäpalveluita itsenäisesti tai suoraan ohjelmoituna talotekniisiin laitteisiin.

Rakennuksen energiatehokkuus ja sen ylläpitäminen on jatkuva prosessi. Energiatehokkuus perustuu oikeaan tietoon olosuhteista, laitteiden kunnosta sekä mahdollisista häiriö- tai vikatilanteista. Tätä varten nykyaikana on säätö- ja valvontajärjestelmiä, joilla saadaan tietoa rakennuksen tilasta ja olosuhteista. Oikeanlaisilla säätöventtiileillä, antureilla, termostaateilla ja niihin asetetuilla raja-arvoilla voidaan ohjelmistoilla pitää rakennuksen monimutkaisetkin järjestelmät optimialueillaan ja ylläpitää energiatehokkuutta. [6, s. 21]

3.1 Säätötekniset ja toiminnalliset perusteet

Säätötekniikka vaikuttaa olennaisesti taloteknisten järjestelmien toimivuuteen. Sisäolosuhteiden ja energiankulutuksen kannalta hyvin toteutettu säätöjärjestelmä edesauttaa asetettujen arvojen toteuttamista.

Yksittäinen säätöpiiri on säätöjärjestelmän perusrakenneosa. Säätöpiirin tehtävänä on pitää säädettävän suureen arvo asetusravossaan tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Alla olevassa kuvassa 4 (s. 20) on esitetty säätöpiirin rakenne lohkokaaviossa. Säätötavan ja eroviestin perusteella säädin määrittelee lähetettävän ohjausviestin. Kuvassa 4 on esitetty säätöpiiriin liittyvät käsitteet ja niiden järjestys, kuten asetusarvo, säädin, toimilaite ja prosessi.



Kuva 4. Säätopiiriin liittyvät käsitteet. [6, s. 28]

Säätopiiriin tarkoitus on pitää säätimelle tuleva mittausviesti asetuservossa. Säädetävän suuruuden muutoksessa voi kestää pitkäänkin ennen kuin takaisinkytketyssä säätopiirissä on tapahtunut muutos. [6, s. 28]

Säätimeen asetettu säätötapa määrittää ohjausviestin reagoinnin erosuureen arvoon ja muutoksiin. Säätimen viritys tarkoittaa säätimen parametrien asettamista. P-, PI- ja PID-säädöt ovat LVI-tekniikassa yleisimmin käytettyjä säätötapoja. P-säätimen ulostulo eli ohjausviesti on suoraan verrannollinen erosuureeseen. [6, s. 29]

3.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän toteutus ja käyttöönotto

3.2.1 Rakennusautomaatioprojektin aloitus

Aloitustilaisuudessa käynnistetään rakennusautomaatioprojekti. Tilaisuudessa käsitellään projektin tarkoitusta, tavoitteita, laajuutta, RAU-urakoitsijan asemaa rakennushankkeessa, hankkeen aikataulua ja nimetään projektinohitaja. [6, s. 197]

Aloitustilaisuudessa sovitaan, kuinka tiedonkulku toteutetaan. Suuremmissa urakoissa pidetään projektikohtaisia kokouksia ja pienemmissä pidetään yllä tarkastuslistaa tehdyistä toimenpiteistä. [6, s. 198]

Projekteista laaditaan projektisuunnitelma, jossa käsitellään asetetut tavoitteet ja niiden tarkoitus, laajuus, RAU-urakoitsijan asema, nimi, yhteystiedot, urakoitsijan organisaatio, yleistiedot hankkeesta, työmaan tiedot, rakennuttajan organisaatio ja suunnittelijat. [6, s.198–199]

Projektista laaditaan myös aikataulu, johon tarkennetaan suunnitelmien teko, laitteiden sekä komponenttien hankkiminen, aliurakoitsijoiden hankinta, urakoiden toimitus- ja toteutusajat, valvomografiikan laadinta, malliasennukset, urakoitsijan toimintatarkastukset, toimintakoevalmiuden toteaminen, toimintakokeiden suoritus, ohjelmointitöiden suoritus ja tarkastus, säätöpiirien viritysten tarkastus, pistekokeet, kuormituskokeet, käyttökoulutukset, käytön opastukset, luovutuspiirustuksien tarkastus, viranomaiskatselmukset, koekäytöt, vastaanottotarkastus, takuuajan koekäytöt sekä huolto-ohjelman laadinta. Projektin aikatauluun kirjataan kohdat, jotka koskevat työmaatoimintaa sekä vastaanottovaiheeseen liittyviä tehtäviä. Kuvassa 5 on esitetty rakennusautomaatiourakan hankintavaiheen prosessin eteneminen. [6, s.199]



Kuva 5. Suunnittelu- ja hankintavaiheen tehtävät rakennusautomaatiourakassa. [6. s. 268]

3.2.2 Valmistelevien töiden suunnittelu ja laadunvarmistus

Asennusten valmistelu aloitetaan työpiirustusten laatimisella. Valmiit työsuunnitelmat hyväksytetään rakennuttajan rakennusautomaation valvojalla. Hyväksytyjen työsuunnitelmien perusteella hyväksytetään laitevalinnat. Hyväksyntäprosessin jälkeen aloitetaan laitehankinnat sekä alakeskusten ja säätölaitetekoteloiden valmistus. Mikäli urakoitsijalla on tarjota vaihtoehtoista menetelmää laitevalintoihin tai heidän komponenttinsa poikkeavat hankintasopimuksen mukaisista suunnitelmista, on rakennuttajalta saatava kirjallinen hyväksyntä muutoksille. [6, s.200]

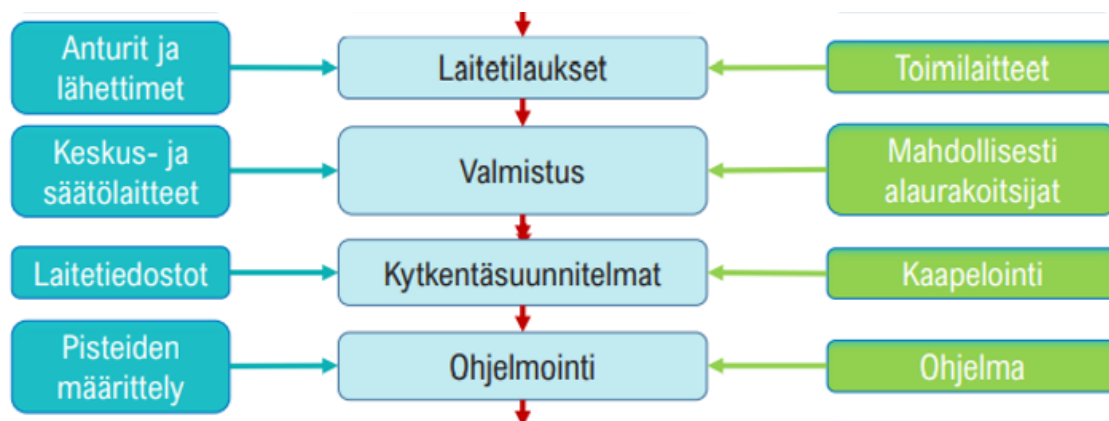
Laitemerkinnät suoritetaan kuten ne on urakka-asiakirjoissa määritelty. Jos merkinnöistä ei ole erillisiä ohjeita, merkintätapa on sama kuin asennuskohteen toimintakaavioissa. Yleisissä oleskelutiloissa näkyvät laitemerkinnät eivät saa olla häiritseviä. Työmaan rakennusvaiheessa kaapelit merkitään väliaikaisesti, ennen kuin laitekytkentöjä aloitetaan työmaalla. [6, s.201]

Yleisten sopimusehtojen 1998 mukaan urakoitsijan on ennen työn aloittamista kirjallisesti osoitettava, miten sopimuksen mukainen laadunvarmistus tapahtuu. Usein pääurakoitsija vaatii aliurakoitsijoilta omaa laadunvarmistussuunnitelmaa. [6, s.201]

Rakennusautomaatiojärjestelmän alakeskusten ja säätölaitteiden syöttöjännitteenä käytetään 230/400 V:n pienjännitettä. Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat pienisjännitteisiä laitteistoja. Molempiin kytkentätöihin vaaditaan sähköurakointioikeudet sekä asennuksissa on noudatettava määräyksiä ja laitetoimitajan ohjeita. Keskusten tulee olla tyyppihyväksyttävä sekä rekisteröidyn keskusvalmistajan tuotteita. [6, s.202]

Työselostus, kytkentäkaaviot ja muut asiakirjat ohjaavat muilta osin kohteen rakennusautomaation töitä. Mikäli asiakirjoissa on ristiriitoja, ne on selvitettävä ennen työn alkamista. Keskuksien laitteissa on oltava merkinnät, joista selviää laitteiden valmistaja, valmistusaika, laitetyyppi, jännite, virta ja ryhmäsulakkeen koko, sekä pienjännitelaitteiden varoitusmerkinnät. Toimitettujen keskusten ja

laitteiden vaatimustenmukaisuus todistetaan vaatimuksenmukaisuusvakuutuksilla. Kuvassa 6 on esitetty rakennusautomaatioprosessin tehtävät ennen työmaan toteutusvaihetta. [6, s.202]



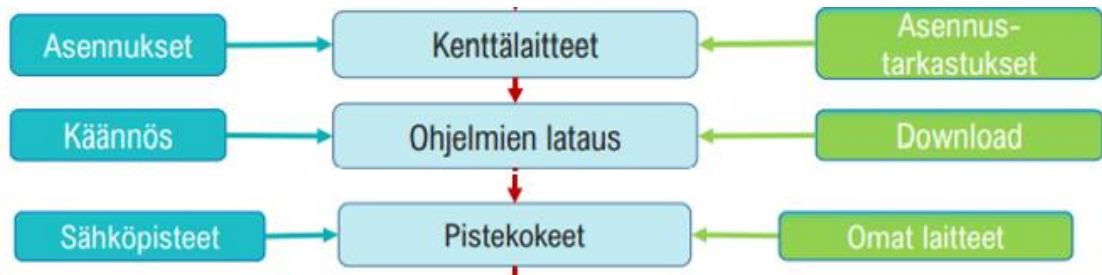
Kuva 6. Valmistelevat tehtävät rakennusautomaatiourakassa. [6, s. 268]

3.2.3 Asennuspaikat RAU-järjestelmässä

Laitevalmistaja määrittelee yksityiskohtaiset asennus- ja kytkentäohjeet antureille, toimilaitteille ja mittareille. Laitteet asennetaan helposti huollettaviksi ja vaihdettaviksi. Lisäksi mittalaitteiden asennuspaikka on sijoitettava mahdollisimman hyvin tuntemaan mitattavaa suuretta ja riittävän etäälle mahdollisista häiriölähteistä. [6, s.202–203]

Jäätymisvaaratermostaatin mittaasanturi asennetaan kylmimpään kohtaan patterin vesitilassa ja hälytyksen kuittauspainike samassa huonetilassa alakeskukseen tai säätölaitetekoteloon. Huoneantureiden asennuskorkeus on 1,8 metrissä, ellei suunnitelmissa ole erillistä mainintaa. Huoneanturin asennuspaikka on valittava mittamaan mahdollisimman hyvin huoneen olosuhteita. Ulkoanturit sijoitetaan pohjoisseinälle, ellei toisin ole mainittu. Kosteusanturit ja mittarit sijoitetaan paikkaan, jossa ei ole liian voimakasta ilmavirtaa, ettei mittaustulos vääristy tai mittari vaurioidu. Kanaviston paine-eron ja paineen mittaustaikkojen tulee olla suorassa kanavanoissa. Putkiverkostoihin asennettavat anturit asennetaan putken yläpuolelle, suojataskuihin ja ne täytetään lämpöä johtavalla väliaineella. Pinta-antureita ei suositella yli 65 millimetrin putkikokoihin.

Läsnäolotunnistimien paikat on valittava siten, etteivät kalusteet tai muut laitteet estä liikkeen- tai läsnäolon tunnistusta. Moottoriventtiilit, -pellit ja toimilaitteet asennetaan helposti nähtävään ja käsiohjaukselle asetettavaan paikkaan. Sää- töpeltien moottorien vääntövarsien ja asennusalustan säätöliike on oltava täsmällinen ja mittarien helposti luettavissa. Kuvassa 7 on esitetty rakennusautomaation keskeiset tehtävät työmaan toteutusvaiheessa. [6, s.205–207]



Kuva 7. Toteutusvaiheen tehtävät rakennusautomaatiourakassa. [6, s. 268–269]

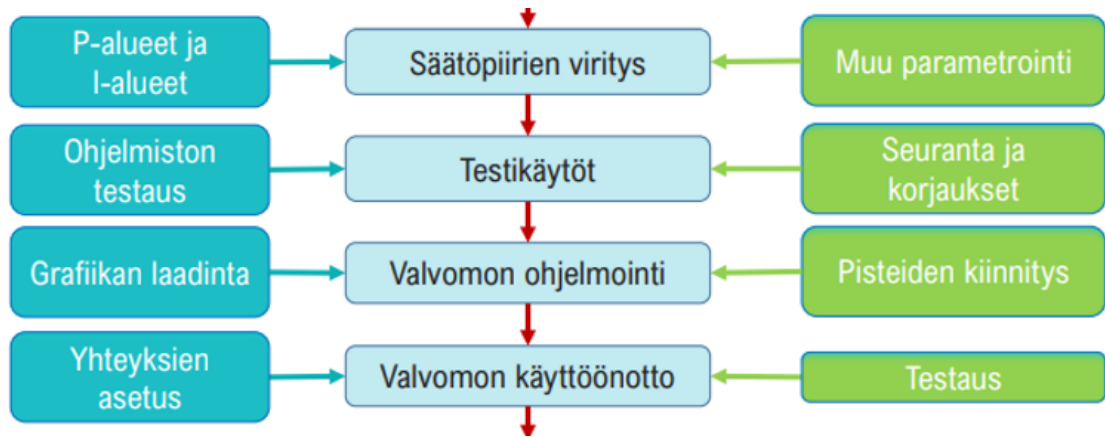
3.2.4 Toteutusvaiheen laadunvarmistaminen

Rakennusautomaatiourakan projektikansioon tallennetaan tilaukset, sopimukset, projektisuunnitelma, laadunvarmistussuunnitelma, urakan aikataulu, hankkeen yleisaikataulu, työsuunnitelmat, koulutusohjelma, tarkastuspöytäkirjat, lisätyötarjoukset ja -tilaukset sekä urakkaan kohdistuvat huomautukset. Tallentamalla kaikki työvaiheeseen liittyvät dokumentit ne ovat helposti koko projektin organisaatiolla saatavilla. Työmaakokoukseen osallistuminen on tärkeää, sillä siellä päivitetään osallistujaluettelo, pöytäkirjojen jakelulista, tietoa suunnitelmatilanteesta sekä tietoa työmaan yleisestä tilanteesta. Urakkaan liittyvät reklamoinnit suositellaan tehtäväksi työmaakokouksissa, jolloin asia saatetaan kaikkien tietoon. Myös mahdolliset suunnitelmapuutteet kirjataan työmaakokouksen pöytäkirjaan. Työmaakokouksista voi tarvittaessa pyytää työmaan organisaatiolta vapautusta. Työmaan alkuvaiheessa ei velvoiteta kaikkia urakoitsijoita osallistumaan, jos heillä ei ole käynnissä olevia työvaiheita. [6, s. 207, 209]

Projektin etenemisestä pidetään projektipäiväkirjaa ja ylläpidetään tarkastuslomaketta. Tarkastuslomakkeeseen kirjataan projektin keskeiset pääkohdat ja toteutumisaikajankohdat. Projektinohittaja huolehtii päiväkirjan ja tarkastuslomakkeen ajantasaisuudesta. Mikäli projektissa havaitaan aikataulupoikkeamia, on viivästymisiin puututtava sekä tehtävä korjaavia toimenpiteitä viiveen välttämiseksi. [6, s. 208]

Urakoitsija tekee laite- ja asennustapatarkastukset sovitulla tavalla. Tarkastusten koollekutsun ja dokumentoinnin tekee urakoitsija. Tarkastuksiin kutsutaan pääurakoitsijan edustaja sekä rakennuttajan talotekniikan valvoja. Tarkastuksissa todetaan työmenetelmien, koneiden ja laitteiden suunnitelmien mukaisuus. Kuvassa 8 (s. 26) on nähtävissä rakennusautomaation viimeistelyvaiheessa tehtävien tarkastusten järjestys. Tyypillisimpiä RAU-urakan työsuorituksia, joihin tarkastustoimenpiteet kohdistetaan, ovat:

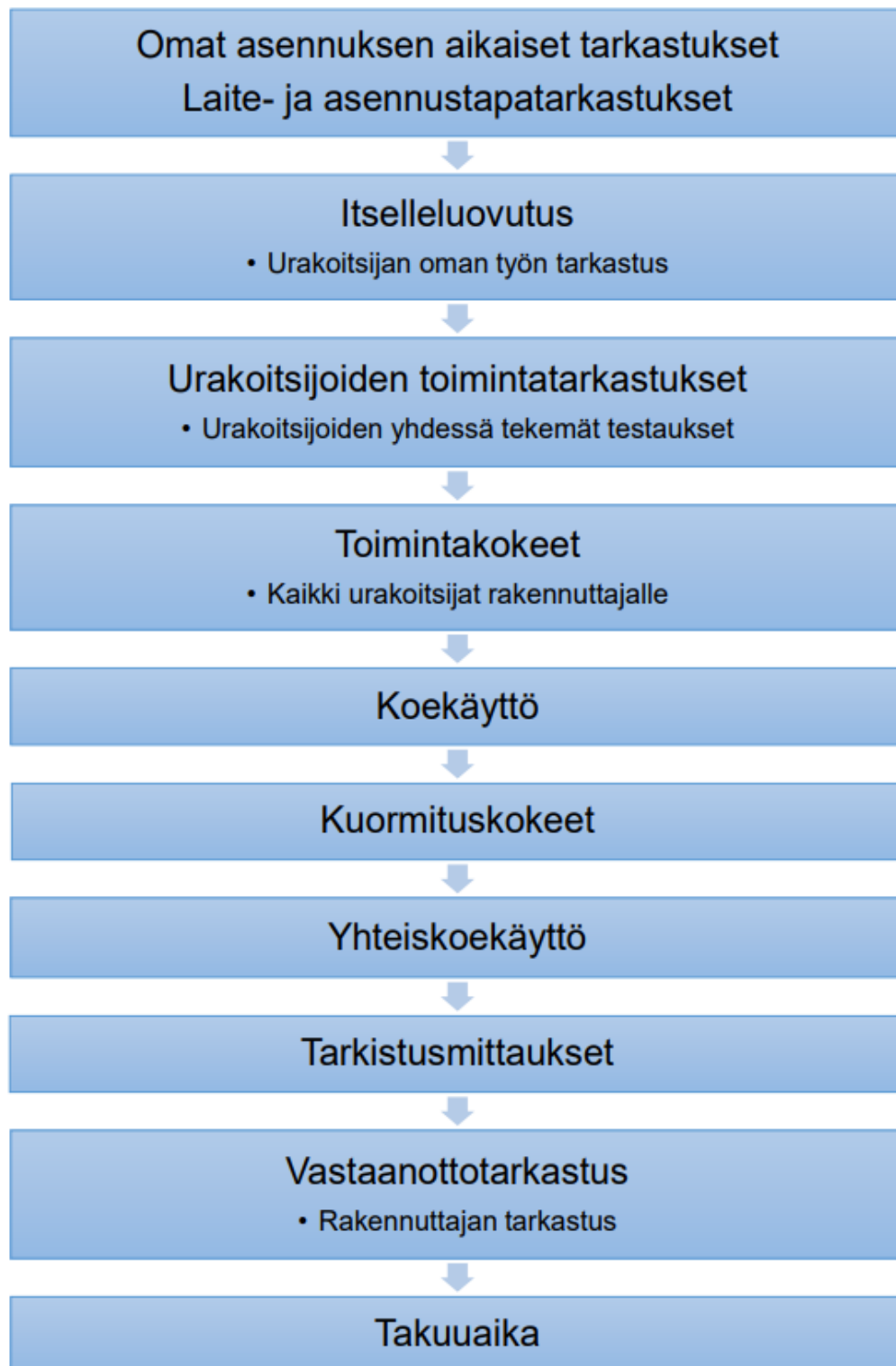
- aloitustarkastukset asennuksille, kenttälaitteille, alakeskuksille
- valvomografiikan laadinta
- toimintakoevalmiuden toteaminen
- ohjelmointityö
- säätöpiirien viritys ja pistetarkastus
- asennustarkastus valvomolaitteille
- tarkastus ohjelmistolle
- viranomaistarkastukset. [6, s. 209]



Kuva 8. Viimeistelyvaiheen laadunvarmistustehtävät rakennusautomaatiourakassa. [6, s. 269]

3.2.5 Luovutus- ja vastaanottovaiheen laadunvarmistus

Lopullista vastaanottoa varten valmistaudutaan erilaisilla tarkastuksilla, testeillä ja kokeilla. Urakoitsijan on ennen vastaanottotarkastusta varmistuttava, että työ täyttää asiakirjojen mukaiset vaatimukset ja tarkastukset. Urakoitsijan itselluovutuksesta tehdään tarkastuslista, josta selviää omavalvonta. Lista edesauttaa toimintojen läpikäyntiä osajärjestelmittäin. Urakoitsijan edun mukaista on saavuttaa laadukas lopputulos, jolloin korjauskäyntien ja käyttäjien reklamaatioiden ilmoittaminen vähenee. Tilaajan tarkastukset ja toimintakokeet tehdään myös osajärjestelmittäin, minkä jälkeen tarkastuksista laaditaan pöytäkirjat. Kuvassa 9 (s. 27) nähdään taloteknisille järjestelmille tehtävät tarkastukset työmaan toteutusvaiheesta takuuajan vastuiden alkamiseen. [6, s. 210]



Kuva 9. Laadunvarmistamismenetelmät taloteknisille järjestelmille. [6, s. 211]

Toimintatarkastussuunnitelman ja toimintakoesuunnitelman laatii urakoitsija pääurakoitsijan johdolla. Kokonaisuutena pääurakoitsija koordinoi

toimintatarkastuksia, jotka suoritetaan tarkastuslistojen pohjalta. Rakennusautomaatiourakoitsijalla on merkittävä rooli järjestelmien rajapinnoissa ja toiminnoissa. Edellytyksiä toimintatarkastusten aloittamiselle ovat seuraavat:

- pölyävät työvaiheet ohi ja pölypuhtaussivous on tehty.
- Koneita voidaan käyttää normaalisti ja rakenteet ovat lopullisia.
- Tekniset tilat ovat valmiita ja sähkökeskukset sekä valvomot on asennettu ja kytketty.
- Lämmitys- ja jäähdytysverkko on asennettu ja esisäädetty.
- IV-koneet, -kanavistot ja ilmanjakolaitteet on asennettu sekä pölysuojat poistettu. [6, s. 212]

Urakoitsijan toimintatarkastuksen viat ja puutteet korjataan ennen toimintakokeiden suorituspyyntöä tilaajalle. Tilaaja hyväksyy urakoitsijan toimintatarkastuksen, jonka jälkeen yhteisesti sovitaan toimintakokeiden aloittaminen. Toimintakokeiden aloittamisesta pääurakoitsija tekee kirjallisen ilmoituksen rakennuttajalle tai tämän edustajalle. Toimintakokeissa urakoitsija osoittaa järjestelmien ja laitteiden toimivuuden kaikissa käyttö- ja poikkeustilanteissa. Suoritettujen toimintatarkastusten kattavuus ja laatu määrittelee toimintakokeiden laadun ja tarkkuuden. Toimintatarkastusten ollessa kattavia, hyvin dokumentoituja ja puutteiltaan vähäisiä toimintakokeet voidaan suorittaa pistokokeilla. Toimintakokeiden jälkeen säädetään ilma- ja vesivirrat. Säättöjen jälkeen viritetään automaatiikka. [6, s. 212–213]

Taloteknisten järjestelmien lopullisten säätöjen jälkeen suoritetaan yksittäisille järjestelmille koekäyttöjä. Yhteiskoekäytössä mahdollistetaan käyttöä vastaavat olosuhteet ja tutkitaan taloteknisten järjestelmien, rakennusautomaation sekä ohjaus- ja hälytysjärjestelmien toiminta. Yhteiskoekäytöstä laaditaan rakennuttajan johdolla yhteistyössä urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden kanssa yhteiskoekäyttöohjelma, jossa määritellään velvoitteet, koekäytettävät järjestelmät ja tekniikat. Ohjelmassa määritellään mittauksen tekijät, mittaukset ja mittaustulokset. Osalle laitteista voidaan myös tehdä toimintakokeiden jälkeen

kuormituskokeita. Tyypillisimpiä näistä laitteista ovat varavoimakoneet, lämpöpumput ja keskitetyt jäähdytysjärjestelmät. Toimintaa voidaan seurata valvomosta trendi- ja historiatietojen seurannalla. Yhteiskoeikäytön jälkeen talotekniset järjestelmät ovat otettavissa normaaliin käyttöön. [6, s. 213]

3.2.6 Vastaanotto, luovutusmateriaali ja takuu aika

Rakennusautomaatiourakkaa hankittaessa tarjouspyyntömateriaalin mukana esitellään rakennuttajan käyttäjät, joille annetaan järjestelmien ja laitteiden käyttökoulutus. Käyttökoulutuksen tavoitteena on varmistaa käyttäjien valmius järjestelmien tehokkaaseen hyödyntämiseen ja käyttötoimintaan. Järjestelmää käyttävän henkilökunnan tulee hallita ohjattavat ja säädettävät prosessit. Käytönopastuksen lisäksi laitteille kuten huonelämpötilasäätimille sekä monitoimisille ohjaus- ja lisäaikakytkimille laaditaan selkeät käyttöohjeet käyttäjille. [7, s. 15]

Käyttökoulutuksista laaditaan yksityiskohtainen koulutussuunnitelma suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa. Tekniselle käyttäjälle ja kiinteistön hoitohenkilökunnalle pidetään myös käyttökoulutus, jonka ajankohta määritellään koulutussuunnitelmassa. Lopulliselle käyttäjälle sopimusasiakirjoissa on määritetty käytönopastusten laajuus. [6, s. 214]

Vastaanottotarkastuksessa urakoitsija osoittaa tilaajalle laitoksen ja järjestelmien sopimuksen mukaisuuden. Yleisissä sopimusehdoissa vastaanottomenetelystä on kirjattu, että urakoitsijalla sekä rakennuttajalla on oikeus pyytää vastaanottotarkastusta, kun sopimuksen mukainen urakkaosuus on suoritettu, tai keskeneräiset työt ehditään suorittamaan vastaanottotarkastukseen mennessä. Vastaanottotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja sekä virhe- ja puutelistat, mikäli virheitä ja puutteita esiintyy. [6, s. 214–215]

Takuuajan huollot ja tarkastukset määritellään sopimusasiakirjoissa. Takuuajana esiin tulevat puutteet tai viat, jotka vaurioittavat rakennusta tai laitteita, on korjattava välittömästi. Mikäli takuuajana järjestelmän osa tai toiminta

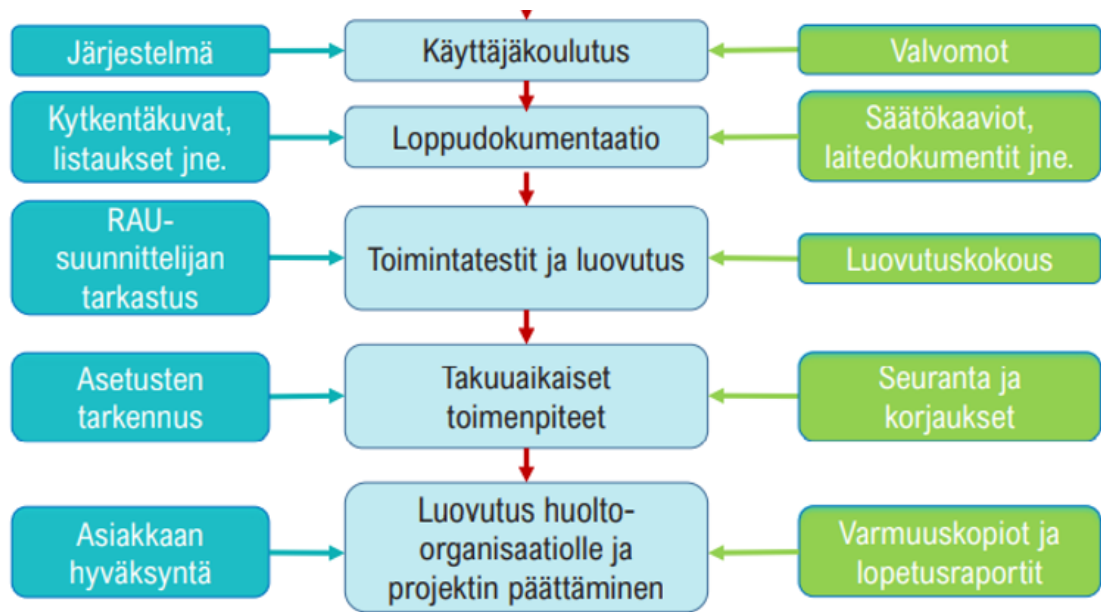
joudutaan vaihtamaan tai korjaamaan useasti, löytyy tällöin myös perusteet jatkaa takuuaikaa näiltä osin. [6, s. 215–216]

Projektin luovutusaineistoa tehdään koko projektin ajan. Ensimmäinen luovutusaineisto käsitellään jo tarjousvaiheessa, kun RAU-urakan massat ja laitteet sekä järjestelmä valitaan. Urakan aikana laaditaan luovutusaineistoa, kuten oman työntarkastukset ja itselleluovutuksen dokumentit. Itselleluovutusdokumentteihin kuuluvat

- asiapaperit laatutarkastuksista
- hyväksytty venttiililuettelo
- alakeskusten ja säätölaitekaappien valmistustarkastus
- asennus- ja asennustapatarkastukset
- mallikatselmukset
- piste- ja kytkentäluettelot
- toimintakaaviot luetteloineen, selostuksineen ja merkintöineen
- ohjelmien ja toimintojen tarkastuslistat. [6, s. 215]

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on edellytetty, että kiinteistölle laaditaan käyttö- ja huolto-ohje. Rakennusautomaation osalta huoltokirja sisältää järjestelmien käyttöohjeet ja listat. Listoista on selvittävä huollon ja toiminnan tarkastustoimenpiteet. Vikatilanteita varten huoltokirjassa määritetään käyttäjälle yhteyshenkilöt urakoitsijan osalta. [6, s. 217]

Urakan lopetuspalaveri pidetään puutteiden korjausten ja jälkitarkastusten jälkeen. Lopetuspalaverissa tarkastellaan sopimuksen mukaiset kohdat, kuinka projekti onnistui, sekä mahdollisia kehitysehdotuksia seuraaviin projekteihin. Lisäksi luovutusmateriaalin laajuus tarkastetaan lopetuspalaverissa. Loppupalaverista laaditaan pöytäkirja, joka tallennetaan projektikansioon. Kuvassa 10 (s. 31) nähdään rakennusautomaatiojärjestelmän vastaanotto- ja luovutusvaiheen tehtävät. [6, s. 217]



Kuva 10. Vastaanotto, luovutusmateriaali ja takuuajan laadunvarmistuksen tehtävät rakennusautomaatiourakassa. [6, s. 269]

3.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän käyttö ja hyödyntäminen

Rakennusautomaatiojärjestelmän tarkoitus on ohjata ja valvoa kiinteistön talotekniikkaa, jotta suunnitellut sisäolosuhteet voidaan mahdollistaa pienellä energiankulutuksella. Käytön ja huollon kiinteistöorganisaatiosta vastaavan keskeisin työkalu on rakennusautomaatiojärjestelmä. Järjestelmän avulla kiinteistöhoitohenkilöstö pystyy pitämään sisäolosuhteet tavoitetasolla, seuraamaan jatkuvasti energian- ja vedenkulutusta, laitteiden ja järjestelmien toimintaa ja huoltoa sekä kiinteistön suojaamista minimoidakseen mahdolliset vahingot. [6, s. 221]

Kiinteistöhoitajien alhainen koulutustaso, huono RAU-järjestelmien hallinta ja talotekniikan tuntemus ovat haasteina kiinteistön järjestelmien optimaaliselle käytölle. Käyttö ja huolto onkin muuttunut enemmän huoltoyhtiöiden tehtäväksi. Keskitetyn kiinteistöhuollon henkilöstö on koulutettu hyödyntämään ja käyttämään rakennusautomaatiojärjestelmää. Tueksi kiinteistöhuolto voi hyödyntää konsulttipalveluita ja analysoida rakennusautomaatiojärjestelmien keräämää dataa yhteistyössä. [6, s. 221–222]

Järjestelmien hälytykset liitetään ja ohjelmoidaan rakennuksen rakennusautomaatiojärjestelmään. Hälytysten avulla voidaan tarvittavalla nopeudella puuttua häiriö- ja vikatilanteisiin kiireellisyysluokkien perusteella. Hälytykset jaetaan kiireellisyyden mukaan hälytysluokkiin. Hälytysluokkia ovat kiireelliset hälytykset ja ei-kiireelliset huoltohälytykset. Kiireellisiin hälytyksiin kuuluu henkeä, tervettä tai merkittäviä taloudellisia vaaratilanteita aiheuttavat tilanteet. Ei-kiireellisiä hälytyksiä ovat esimerkiksi suodattimien likaantuminen tai IV-koneen virtauksen muutos. [6, s. 222] [8, s. 3]

Rakennusautomaatiojärjestelmä seuraa toimintaa ja hälyttää antureiden, I/O-moduulien ja alakeskusten välisestä virheellisestä viestinnästä. Hälytysjärjestelmä ilmoittaa vikojen pistepositiot ja osoitteet, jolloin vian paikallistaminen on helpompaa. Hälytystiedot tallentuvat erilliseen historiatiedostoon, jolloin hälytystietoja voidaan käsitellä takautuvasti. Kiireellisyysluokilla tiedot voidaan jakaa helpottamaan jatkotoimintojen arviointeja. Hälytysten huolellinen analysointi edistää rakennusautomaation ja rakennuksen ylläpitoa. [6, s. 222–223]

3.3.1 Hyödyntäminen

Rakennusautomaatiojärjestelmän ominaisuuksien avulla voidaan saada huomattavia energiansäästöjä, suojata taloteknisiä järjestelmiä sekä ohjata huolto- toimenpiteitä. Rakennusautomaatioon kytketyillä läsnäolotunnistimilla, ilmamasmittareilla tai aikaohjauksilla voidaan muuttaa laitteiden ohjausta tarpeen mukaan. Rakennusautomaatiojärjestelmää voidaan ohjata myös mittausten perusteella, kuten valaistusta valoisuuden perusteella, ja sulatuksia ulkolämpötilan perusteella. Ohjauksiin voidaan kytkeä hälytyksiä, jolloin rakennusautomaatiojärjestelmään tulee tieto laitteessa tai anturissa havaitusta virheestä. [6, s. 230–231]

Häiriötilanteiden kuten sähkökatkon, kaukolämmönsyöttöhäiriön, lämmitysryhmien pääpumpujen häiriötilojen tai verkoston vedenpinnan laskun sattuessa rakennusautomaatio voi suojata laitteita. Palohälytyksien varalta rakennusautomaatio on ohjelmoitu pysäyttämään IV-koneet lukitusohjelmalla.

Rakennusautomaatio-ohjelmoinnilla voidaan myös toteuttaa hätä-seis-pysäytys-toiminnot IV-koneisiin. [6, s. 231]

Rakennusautomaatiojärjestelmään voidaan myös liittää käyttötuntimittauksia, jolloin hälytysraja asetetaan todellisen käytön mukaan ohjaamaan tarvittaviin huoltotoimenpiteisiin. Myös muita huoltotoimintoja ohjataan mittaustietojen perusteella, kuten paine-eromittaukset suodattimille, vedenkorkeuden mittaus verkostossa tai paine-erot LTO-laitteessa. Mitattaviin suureisiin ohjelmoidaan hälytysrajat, jonka ylittäessä automaatiojärjestelmä ilmoittaa huoltotarpeen. [6, s. 232]

Energiankulutuksen alentamiseen on rakennusautomaatiojärjestelmällä lukuisia ohjelmallisia toimintoja. Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmallisilla toimintoilla voidaan alentaa kaukolämmön tilausvesivirtaa tai sähkön perusmaksua kiinteistön huipputehon mukaan. Vesiverkoston tai kanavaan kytketty taajuusmuuttaja säättää paine-eroa lämmitys- ja jäähdytysverkossa tai kanavapainetta ilmanvaihtokoneissa. Sähköenergiankulutuksen kannalta nämä säätimet tuottavat elinkaarensa aikana huomattavia säästöjä. [6, s. 232–233]

Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla sähkön kulutusmittauksia voidaan saada eri kulutusryhmistä, kuten kiinteistösähköstä, jäähdytyksestä, pistorasakuormista, valaistuksesta, LVI- ja keittiölaitekuormista. Kaukolämmön osalta mittaukset voidaan jakaa ryhmiin kuten lämmitysverkostot, IV-ryhmät ja käyttöveden lämmitys. Perinteisellä mittauksella on pystytty seuraamaan vain pääkulutuksia kuten lämmitysenergia, sähköenergia ja vedenkulutus. Mittausten perusteella saadaan käyttäjälle kiinteistön käytöstä raportteja, joiden perusteella voidaan tutkia mahdollisia kulutusmuutoksia. [6, s. 236–237]

Vuotojen valvonta on kulutusseurannan muoto, jonka seurannan avulla voidaan paikallistaa vuotavia vesikalusteita tai putkistojen vesivuotoja. Valvonta perustuu vedenkulutuksen laskemista lähelle nollaa. Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmalla voidaan seurata vedenkulutusta tunnin ajanjaksoissa. [6, s. 241]

Rakennusautomaatiojärjestelmään voidaan sisällyttää toiminta- ja muita ohjeita, kuten hälytyksiin laitteen sijainti, ja kuinka hälyttävä laite löydetään. Toiminnallinen ohje voi koskea murto-, hissi- tai palohälytystä. Ohjelmaan voidaan myös lisätä prosessien toimintaselostukset, luovutuskuvat sekä virituspöytäkirjat. [6, s. 243–244]

Nykyaikana rakennusautomaatiojärjestelmiä voidaan käyttää etäkäyttöyhteydellä, joka mahdollistaa ohjaamisen muualta kuin kohdekiinteistöstä. Etäkäyttö mahdollistaa ohjelmiston tiedonsiirron energialaitoksille tai eri asiantuntijaorganisaatioille. [6, s. 244]

3.3.2 Kehittäminen ja laajentaminen

Rakennusautomaatiojärjestelmä ei koskaan valmistu täysin. Järjestelmän käytössä löytyy aina uusia mahdollisuuksia parantaa toimintaa. Rakennuksen käyttötarpeen muutoksia voi tapahtua sen elinkaaren aikana. Muutokset voivat myös aiheuttaa toimintamuutoksia rakennusautomaatiojärjestelmään. Edellä mainittuja muutoksia voivat olla esimerkiksi huoneiden yhdistämiset tai jakamiset. Huoneiden käyttötarkoituksen muutoksessa on mahdollisesti tehtävä muutoksia myös ilmamääriin, valaistukseen, lämmitys- ja jäähdytysolosuhteisiin, kulunvalvontaan, tietoliikenteen rytmitykseen ja murtovalvontaan. Lisäksi rakennusautomaatiojärjestelmän keskusyksiköitä ja tietokoneiden käyttöjärjestelmiä ja niiden valvomo-ohjelmistoja on päivitettävä tai uusittava. Valvonta-ohjelmistoa parantavia ominaisuuksia voivat olla seuranta- ja raportointiohjelmien parannus, optimointi- ja rajoitusohjelmien kehitys, huolto-ohjelmistot tai etäkäyttömahdollisuudet. Päivitysten yhteydessä on selvitettävä integroitujen järjestelmien osalta niiden mahdollinen uudelleen ohjelmointi. [6, s. 245–247]

4 Haastattelut

Tässä kappaleessa käsitellään haastatteluissa esiin tulleita aikaisempiin kohteisiin kohdistuneita kokemuksia rakennusautomaation suunnittelusta, valvonnasta sekä työmaan eri rakennusvaiheista.

Tutkimuksessa haastateltiin kaksoistornin talotekniikan valvojia, talotekniikan suunnittelijoita, Lehto Tilat Oy:n projektipäälliköitä, aliurakoitsijoiden edustajia sekä kahta aikaisempaa hankkeen ulkopuolista talotekniikan asiantuntijaa.

Haastatteluihin laaditut kysymykset lähetettiin haastateltaville sähköisen kyselylomakkeen avulla. Haastattelukysymykset laadittiin erikseen suunnittelijoille ja työmaan valvontaan liittyville henkilöille. Haastatteluun osallistuneet henkilöt esiintyivät tutkimuksessa anonymisti.

Haastatteluun osallistui yksi talotekniikan suunnittelija, kaksi pääurakoitsijan projektipäällikköä, kolme aliurakoitsijan edustajaa sekä kaksi hankkeen ulkopuolista talotekniikan asiantuntijaa.

4.1 Suunnittelijat

Suunnittelijan (haastateltava A) haastattelun mukaan rakennusautomaation suunnittelussa havaitaan haasteita harvoin, mikäli automaatio suunnittelu on otettu varhaisessa vaiheessa osaksi LVISA-suunnittelua. Haasteita suunnitelluille automaatoratkaisuille esiintyy, kun alkuperäisten LVIS-suunnitelmien ratkaisuja muutetaan, eivätkä muutokset tavoita automaatio suunnittelijaa. Rakennusautomaatiossa käytettäviä komponentteja esitetään erittäin harvoin suunnitelmissa, ja mikäli tyypityksiä laitteille tehdään, niitä ei esitetä vaihdettavaksi vaihtoehtoisiin tuotteisiin. [9]

Haastattelussa nousi esiin haasteellisuus lähtötietojen saantisuunnittelua varten. Rakennuksen käyttäjät tai rakennuttajat eivät osaa antaa tarvittavia lähtötietoja, eikä loppukäyttäjän tarkoituksenmukaisuutta ymmärretä tai kuunnella.

Osa suunnitteluun tarvittavista lähtötiedoista annetaan vasta rakennuksen valmistuksen jälkeen. [9]

4.2 Projektipäälliköt ja koordinaattorit

Projektipäälliköiden (haastateltavat B ja C) haastattelussa esiintyi liian vajavaisesti tehty aikataulu automaatiourakan tehtäville. Aliurakoitsijalle ei jätetä riittävästi aikaa itselleluovutuksille, säädöille ja mittauksille. Yleisesti ottaen luovutusvaiheen aikataulu koetaan kireäksi. Toimintakokeet, mittaukset ja säädöt tehdään työmaan luovutusvaiheessa, jonka aika määräytyy pienenä osana rakentamisvaiheiden aikataulua. Mittauksille ja säädöille tulisi saada myös eri ajanjaksoille, kuten lämmitys- ja viilennyskausille erilaisia mittausjaksoja. [10]

Haasteeksi osoittautuivat virheelliset suunnitelmat. Suunnitelmien virheet ja puutteet kohdistuvat päällekkäisissä komponenttien positionumeroinneissa tasopiirustuksissa sekä laiteluetteloissa. Ohjelmointivaiheessa päällekkäisillä positionumeroinneilla järjestelmät eivät toimi suunnitellusti. Lisäksi suunnitelmissa on esiintynyt säätökaavioiden toimintaselostuksia, jotka ovat olleet tiedoiltaan puutteellisia. Säätökaavioiden toimintaselostuksien puutteelliset tiedot vaikeuttavat säätöjen asettamista taloteknisiin järjestelmiin. [10]

Projektipäälliköiden haastatteluissa työmaan sisätyö-, viimeistely- ja luovutusai-
kataulut koettiin erittäin kireiksi. Haastatteluiden pohjalta 100% koki rakennusai-
kataulut yleisesti hankkeiden osalta liian kireäksi suunnitelluilta. Tällä hetkellä
urakoitsijoiden kanssa käydään läpi kolmiviikkoisaikataulu, joka suunnitellaan
yhteistyössä projektipäälliköiden ja rakennuspuolen työnjohtajien kanssa Lehto
Tilat Oy:n sisäisesti. Lisäksi työnjohtajat ja projektipäälliköt päivittävät seuranta-
aikataulun ajantasaiseksi, jotta urakoitsijoita pystytään ohjaamaan työskentele-
mään oikea-aikaisesti. [10]

Itselleluovutusten suurimmat puutteet koostuvat keskeneräisistä asennuksista, jotka heijastuvat mittaus- ja säätötöiden etenemiseen. Mittauksille- ja säädöille tulisi aikatauluttaa riittävästi aikaa. [10]

Projektipäälliköiden haastatteluissa selvisi, että rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmointiin pystyviä henkilöitä urakoitsijalla on erittäin rajatusti. Urakoitsijalla on useita työmaita samanaikaisesti, eikä ohjelmoinnin virheitä ja puutteita huomioida aikataulussa tai suunnittelussa. Ohjelmoinnille sekä virheiden ja puutteiden korjauksille tarvitaan lisää resursseja ja aikaa. [10]

4.3 Aliurakoitsijat

Aliurakoitsijoiden projektipäälliköiden haastatteluissa (haastateltavat D, E ja F) esiintyi suunnitelmapuutteita, aikataulunhallinnan puutteita sekä urakkarajojen epäselvyyksiä. [11]

Aliurakoitsijoiden mielestä suunnitelmien suurimmat haasteet ovat projektin aikana rakennusautomaation ja sähkön pistemuutokset sekä LVIS-järjestelmien laitteiden muutokset. Sähkösuunnittelun pistemuutokset kesken urakan saavat aikaan lisätöitä. Aikaisemmin suunnitelmissa esiintyneet johdotukset ovat vaihtuneet toiseen johtotyyppiin tai johtomäärä on lisääntynyt. Nämä muutokset johduvat järjestelmiin tapahtuvista muutoksista tai lisäyksistä. [11]

Haastattelujen perusteella aliurakoitsijoille on heikosti viety tietoa seuraavista työvaiheista, jotta urakoitsijat osaisivat keskittyä oikea-aikaiseen työskentelyyn. Urakoitsijat tarvitsevat ajantasaisempaa tietoa asennusten aloitusajankohdista sekä tiedon siitä, kuinka nopeasti asennukset etenevät kerroksissa. [11]

Urakoitsijat suorittavat omien töidensä valvontaa työmaakierroksilla muutaman kerran viikossa olemalla yhteydessä asentajiin sekä viikoittain pääurakoitsijan aikataulupalaverissa. Yleisesti aikataulussa on huomioitu useat työvaiheet kohtuullisen hyvin, jolloin työvaiheiden toteuttamiseen on riittävästi aikaa. [11]

Aliurakoitsijoiden haastattelun mukaan suurin osa itselleluovutusten puutteista ovat keskeneräisiä töitä, joita ei ole edellisen työvaiheen takia ehditty saattaa loppuun. Työvaiheiden rytmitys ei ole kaikkien työvaiheiden osalta aikataulullisesti onnistunut suunnitellusti. [11]

Kolmeviikkoisaikataulupalaverissa kuitenkin saadaan seuraavien viikkojen alkavat työvaiheet kerroskohtaisesti tietoon myös urakoitsijoille. Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmointiin vaikuttavat suuresti rakennushankkeen viimeistely- ja luovutusvaiheen suunnitelmapäivitykset, joiden takia pistemuutoksia ja ohjelmointia joudutaan muuttamaan. [11]

4.4 Hankkeen ulkopuoliset haastateltavat

Hankkeen ulkopuolisia henkilöhaastatteluja (haastateltavat G ja H) tehtiin kahdelle henkilölle. Toinen heistä toimii pääurakoitsijan projektipäällikön roolissa ja toinen aliurakoitsijana. Tässä osiossa käsitellään heidän haastatteluvastauksensa.

4.4.1 Pääurakoitsijan projektipäällikkö

Ulkopuolisista haastatteluissa esiintyi hyvin samankaltaisia haasteita kuin esimerkkihankkeessakin. Rakennusautomaation suunnittelussa haasteena nähtiin LVISA-suunnitelmien yhteensovitus sekä LVIS-järjestelmien vaihtamisesta johtuvat rakennusautomaation suunnitelmapäivitykset. [12]

Haastattelussa nousivat esiin myös rakennusteknisten töiden pintarakenteet, jotka ovat viimeisiä vaiheita rakennuspuolen töissä. Lopullisten pintojen tulee olla valmiita kenttälaitteiden asennuksille kuten huonesäätimille. Talotekniikan ja rakennustekniikan tiiviimmällä yhteistyöllä työmaan toteutusvaiheiden aikatauluttamisella saavutettaisiin hallitusti valmis rakennus. [12]

Projektipäällikön haastattelussa itselleluovutusten haasteina mainittiin yleisimpänä puutteena erillispisteiden testaukset. Erillispisteiden puutteet johtuvat suunnitelmamuutoksista sekä valmiiden pintojen keskeneräisyyksistä. Haastattelussa mittaus- ja säätötöiden haasteina koettiin venttiilien asennuspaikat, jotka usein sijaitsevat alakattojen päällä, korkeissa paikoissa tai muuten tarvittaville säätötöille vaativissa paikoissa. [12]

4.4.2 Aliurakoitsijan edustaja

Ulkopuolisen aliurakoitsijan haastattelussa esiintyivät suunnittelupuutteina rakennusautomaatioon liittyvät työselitykset, säätölaitekaaviot sekä laiteluettelot. Työselitykseen päivitetään yleensä kaikki urakan aikana tehnyt muutokset, mutta niihin liittyvät säätölaitekaaviot ja laiteluettelot eivät ole ajantasaisia. Lisäksi suunnitelmapuutteena on toistunut useasti venttiiliarvojen puutteita toimintaselostuksissa. Kokemuksen perusteella toimintaselostukset ovat helppoja tulkitä, vaikka puutteita esiintyisi. [12]

Haastattelussa todettiin, että rakennusautomaation asennukset ja kytkennät on esitetty heikosti pääurakoitsijan aikatauluissa. Rakennusautomaatiourakoiden tarkastukselle jätetään yleisesti kohteen laajuudesta riippumatta kaksi viikkoa aikaa. Urakoitsijoiden oman työn tarkastuksille tulisi laajemmissa kohteissa varata enemmän aikaa. Mittauksille ja säätötöille aikatauluissa on usein varattu kohteen laajuudesta riippumatta kaksi viikkoa työaikaa. Mittaus- ja säätötöiden kesto on myös riippuvainen kohteen laajuudesta. [12]

Ulkopuolisessa haastattelussa itselleluovutusten suurimpina haasteina koettiin LVIS-järjestelmien tai -komponenttien puutteet tai laitteiden rikkoutumiset. Itselleluovutuksessa LVISA-laitteille tehdään alustavat säädöt, joita mittaus- ja säätötöiden aikana seurataan ja säädetään toimintaselostuksen arvoihin viitaten. [12]

5 Tulokset

Tässä kappaleessa käsitellään haastattelun tuloksien mukaisia muutoksia työkohtaiseen suunnitelmaan. Rakennusautomaation työvaihekohtainen suunnitelma laaditaan aikaisempien suunnitelmakatsauksien, aikataulun ja laadunvarmistuksen pohjalta. Samalla kiinnitetään erityistä huomiota haastattelututkimuksissa esiin tulleisiin ongelma-kohtiin. Työkohtainen suunnitelma toimii työnjohdon ja projektipäällikön urakan hankinta-, toteutus-, luovutus- ja käyttöönotto-vaiheen sekä takuuajan tarkastuslistana sujuvoittamaan projektin kokonaisvaltaista onnistumista.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat useat tekijät. Tutkimuksessa on käytetty alan kirjallisuutta lähdekriittisyys huomioiden. Monipuoliset lähteet parantavat tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimusmenetelmänä käytettiin haastatteluita ja hyväksyttämällä haastattelukysymykset etukäteen toimeksiantajan edustajalla parannettiin tutkimuksen luotettavuutta. Työkohtaisen suunnitelman kannalta on merkityksellistä, että toimeksiantaja on hyväksynyt tutkimusmenetelmän.

Tutkimuksen luotettavuutta heikentäviä syitä on tärkeä tarkastella. Tutkimusmenetelmiä on vain kirjallisuus- ja haastattelututkimus, jolloin tutkimuksen luotettavuus heikkenee. Mikäli tutkimusmenetelmiä olisi useita, se vaikuttaisi luotettavuuteen parantamalla tutkimusta. Otanta haastattelututkimuksessa oli suhteellisen pieni, sillä haastateltavia oli yhteensä 7. Laajempi haastattelututkimuksen otanta parantaisi tutkimusta edelleen.

5.1 Suunnitelmat

Suunnitelmien puutteellisuus nousi useissa haastattelussa esiin. Suunnitelmapuutteita voidaan kehittää jatkossa suunnitelmakatsauksella projektipäälliköiden sekä urakoitsijoiden kanssa urakoitsijavalinnan jälkeen. Työkohtaiseen suunnitelmaan tarkennetaan rakennusautomaatiosuunnittelun pääkohdat, jotka tulee tarkastaa olemassa olevista suunnitelmista. Mikäli suunnitelmista löydetään

puutteita tai virheitä, ratkotaan mahdolliset haasteet yhteistyössä suunnitteluohjauksen kanssa.

5.2 Aikataulu

Aikataulun hallintaa voidaan kehittää seuraamalla sitä urakoitsijoiden kanssa sekä välittämällä heille tietoa seuraavista tahdistavista työvaiheista. Lisäksi urakoitsijoille laaditaan työkohtaiset aikataulut, joita urakoitsija voi itse seurata oman työnsä edetessä. Töistä laaditaan työvaihekohtaiset aikataulut kaikille urakoitsijoille. Urakkakohtainen aikataulu tarkennetaan urakoitsijavalinnan jälkeen yhdessä urakoitsijan kanssa. Tällaisella toimintatavalla saadaan seurattua aikataulua yhdessä aliurakoitsijan kanssa sekä valtuutetaan urakoitsija seuraamaan jatkuvasti oman työnsä etenemistä. Rakennusautomaation työvaiheet lisätään työkohtaiseen suunnitelmaan, josta ne ovat helposti lisättävissä aikataulun ennakkosuunnitteluun.

5.3 Laadunvarmistus

Laadun varmistamisen puutteet kohdistuivat keskeneräisiin päätelaitteiden kytkentöihin, hajonneisiin komponentteihin sekä keskeneräisiin edeltäviin työvaiheisiin. Laadun varmentamista pystytään kehittämään paremmalla aikataulusuunnittelulla, jossa on tarkennettu edeltävien työvaiheiden toteutusaikaa ja järjestystä. Hajonneita komponentteja, kuten puhaltimia, voidaan mahdollisuuksien mukaan koekäyttää asennusvaiheessa tai asentamalla kojeistettuja komponentteja. Työkohtaiseen suunnitelmaan esitetään aikataululla yleisimmät työvaiheet, joiden tulee olla valmiita ennen rakennusautomaation työvaiheita.

5.4 Työkohtainen suunnitelma

Työvaiheen tarkastuslista jakautuu kolmeen pääotsikkoon. Tarkastuslistan pääotsikkoina ovat suunnitelmat, työvaihetta edeltävät laatutarkastelut ja työvaiheen aikana suoritettavat laatutarkastukset. Tässä luvussa käsitellään työvaiheen tarkastuslistan sisältöä.

5.4.1 Suunnitelmat

Ennen hankintavaihetta tai viimeistään urakoitsijavalintaa tehdessä on pääura-koitsijan edun mukaista tarkastaa suunnitelmien toteutuskelpoisuus. Suunnitelmien toteutuskelpoisuuden selvittämisessä tarvitaan ammattitaitoa ja aikaisempaa kokemusta suunnitelmien sisällöstä. Työvaiheen tarkastuslistassa on huomioitu seuraavat asiat toteutuskelpoisuuden selvittämisessä:

- LVISA-järjestelmien yhteensovituskaavioiden järjestelmällisyys.
- RAU-järjestelmäkaavioiden järjestelmällisyys.
- Toimintakaavio luetteloineen, selostuksineen ja merkintöineen.
- Säättökaavio ja toimintaselostuksen arvojen tulkinta ja oikeanmukaisuuden tarkastus
- laiteluetteloiden ja laitesijoituspiirustusten yhteensovitus.
- IO-liitynnät säättökaavioissa.
- Väyläliityntöjen asennustietokannan tarkastus.
- Laitepositiomerkitöjen merkitsemistapa.

Lisäksi työvaiheen tarkastuslistaan merkitään projektiin osallistuvien henkilöiden tiedot, kuten suunnittelunohjaaja ja työvaihetta ohjaava projektipäällikkö.

5.4.2 Työvaihetta edeltävät tarkastukset

Työvaihetta edeltäviin tarkastuksiin on työvaiheen tarkastuslistassa, urakkasopimuksessa, -neuvotteluasiakirjoissa ja muissa hankintavaiheen dokumenteissa määritetty laadun varmistamisen vaiheet. Hankintavaiheen dokumenteissa on määritetty urakoitsijan urakkarajat, jotka on hyvä käydä työvaiheeseen osallistuvien henkilöiden kanssa yhteisesti läpi.

Työvaihetta edeltäviin tehtäviin on listattu urakoitsijan kanssa työmaajärjestelyiden olennaisimmat asiat. Näihin edeltäviin työvaiheisiin kuuluvat:

- Urakoitsijan työnjohtajan nimeäminen ja muut urakoitsijan henkilöstön yhteystiedot.
- Urakoitsijan oikeudet järjestelmiin, kuten Congrid-sovellus, projektipankkioikeudet.
- Urakoitsijan laatima työturvallisuussuunnitelma.
- Työmaan logistiikkaan liittyvät käytännöt sekä yhteystiedot logistiikkaurakoitsijasta.
- Työmaan sisäisten palaverien ajankohdat.

Työvaihetta edeltäviin tarkastuskohtiin selvitetään malliasennettavat päätelaitteet, jotka on määritelty laadunvarmistussuunnitelmassa.

5.4.3 Työvaiheen aikana tehtävät tarkastukset






Työvaiheen tarkastuslistassa on määritelty työvaihetta edeltävissä tarkastuksissa malliasennustarkastukset. Tarkastuslistassa määritellään malliasennuksien ajankohdat urakoitsijan kanssa, jolloin asennukset tulee olla suoritettu. Lisäksi työvaiheen aikana tehtäviin tarkastuksiin on määritetty urakoitsijoilta vaaditut tarkastukset, kuten itselleluovutuksen dokumentit, mittaus- ja säätöpöytäkirjat, tarkastus- ja mittauspöytäkirjat sekä vastaanottotarkastuspöytäkirja.

Työvaiheen aikana suoritetaan käyttökoulutukset ja käytönopastukset. Käyttökoulutusohjelman laatii käyttöhenkilökunnalle rakennusautomaatiourakoitsija. Tarkastuslistan käyttökoulutuksen osiossa on huomioitu käsitteet käyttöhenkilökunnan peruskoulutukselle. Peruskoulutukseen kuuluu yleisesittely, laitteistokoonpano, ohjelmistot ja toiminta.

Työvaiheen aikana tehtäviin dokumentteihin kuuluu myös projektin loppudokumentointi. Loppudokumentoinnissa huomioidaan tarkepiirustukset, valmistaja-kohtaiset asennusohjeet, loppupiirustukset, käyttö- ja huolto-ohjeet.

5.4.4 Congrid

Osana työvaiheen tarkastuslistaa Congrid-laadunvarmistusohjelman laadunvarmistus matriisiin laadittiin kohta rakennusautomaation tarkastuksille. Kuvassa 11 on esitetty osa toimintatarkastuksien aikana suoritettavista tarkastuksista. Congrid-ohjelmiston laatutarkastuksien osille kuten venttiilien ja toimilaitteiden, antureille ja lähettimien, hälytyselimien, säätö- ja alakeskusten toimintatarkastuksille määritettiin laadulliset vaatimukset.

<p>Toimintatarkastukset    </p> <p>7400 Rakennusautomaatio Mittaukset ja kokeet</p> <p>Tarkastusten tavoitemäärä </p> <p>Tavoitemäärää ei ole asetettu!</p>	<p>Venttiilit ja toimilaitteet Venttiilit ja toimilaitteet   </p> <p>Järjestysnumero: 1, ID: 9085737</p> <p>Anturit ja lähettimet Anturit ja lähettimet   </p> <p>Järjestysnumero: 2, ID: 9085738</p> <p>Hälytyselimet Hälytyselimet   </p> <p>Järjestysnumero: 3, ID: 9085739</p> <p>Säätö- ja alakeskukset Säätö- ja alakeskukset   </p> <p>Järjestysnumero: 4, ID: 9085740</p> <p style="text-align: center;">+ Tarkastuskohta</p>
--	---

Kuva 11. Toimintatarkastusten aikana suoritettavat tarkastukset. Kuva: Mikko Kaskinen

Lisäksi osana työvaiheen tarkastuslistaa Congrid-sovellukseen määritettiin erilliset tarkastuslistat laadunvarmistussuunnitelmassa määritellyille

malliasennettaville rakennusautomaatiojärjestelmän laitteille ja materiaaleille. Tarkastuslistassa on huomioitu asennustekniset ominaisuudet sekä tarkasteltavat kohteet malliasennustarkastuksessa. Malliasennuksen tarkoitus on hyväksyttää laitteen asennustapa ja toimia esimerkkinä seuraaville asennuksille. Malliasennuksissa katselmoidaan kokonaisvaltaisesti asennustapaa, töiden laatua sekä suoritusjärjestystä. Kuvassa 12 on esitelty osa laadunvarmistussuunnitelmassa esitetyistä malliasennettavista laitteiden tarkastuksista.



Kuva 12. Malliasennusten tarkastuskohtat. Kuva: Mikko Kaskinen

Lisäksi osana työvaiheen tarkastuslistaa Congrid-sovellukseen määritettiin erilliset tarkastuslistat laadunvarmistussuunnitelmassa määritellyille malliasennettaville rakennusautomaatiojärjestelmän laitteille ja materiaaleille. Tarkastuslistassa on huomioitu asennustekniset ominaisuudet sekä tarkasteltavat kohteet malliasennustarkastuksessa. Malliasennuksen tarkoitus on hyväksyttää laitteen asennustapa ja toimia esimerkkinä seuraaville asennuksille. Malliasennuksissa katselmoidaan kokonaisvaltaisesti asennustapaa, töiden laatua sekä suoritusjärjestystä.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää rakennusautomaatiourakoiden haasteet ja kehityskohteet urakoiden eri vaiheista, kuten suunnitelmista, tarkastuksista, itselleluovutuksista ja käyttöönottovaiheen tehtävistä. Tutkimuksen tavoitteena oli luoda rakennusautomaatiourakoissa havaittujen haasteiden ja kehityskohteiden sekä kirjallisuustutkimuksen perusteella työvaiheen tarkastuslista urakan eri vaiheista, kuten suunnitelmista, tarkastuksista, itselleluovutuksista ja käyttöönottoprosessin tehtävistä.

Tavoitteena oli luoda yhtenäinen dokumentti pääurakoitsijalle rakennusautomaatiourakoihin liittyvä työvaiheen tarkastuslista, jossa käsitellään laadun varmistamista urakan useissa eri vaiheissa. Työvaiheen tarkastuslistaa voidaan myös hyödyntää pohjana rakennusautomaation järjestelmien asennustaparakasteluissa sekä -katselmoinneilla. Työvaiheen tarkastuslistan luomisessa onnistuttiin erittäin hyvin. Työvaiheen tarkastuslista toimii projektipäälliköitä avustavana työkaluna rakennusautomaatiourakan työsuunnittelussa, mikä luo edellytyksen urakoitsijan suorituksen onnistumiseen.

Laajamittainen perehtyminen työvaihesuunnitelman aineistoon ja urakan eri vaiheiden laadun varmentamiseen auttoivat hahmottamaan työvaihesuunnitelman sisältöä. Opinnäytetyön tekijä järjesti projektin henkilöiden kanssa useita palaveriteita, joissa kehitettiin työkohtaisen suunnitelman sisältöä ajanhallinnan, laadunvarmistamisen ja hallitun toimintatavan luomisessa tarkastuslistan eri työvaiheiden osalta.

Työssä vaativinta oli haastattelututkimus noin 70 % haastateltavista suostuivat haastatteluun, mikä vähensi näkökulmia urakoiden välisille rajapinnoille. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan rakennusautomaation työkohtaista suunnitelmaa, jossa ei käsitellä erilaisten laitteiden ja toteutustapojen kustannuksia. Tutkimusta voidaan pitää hyvin luotettavana, sillä alan kirjallisuutta hyödynnettiin laajasti teoreettista tietoa kerätessä. Luotettavuuteen vaikuttivat myös haastattelukysymyksien hyväksyttäminen toimeksiantajan edustajalla. Toimeksiantajan

näkökulma ja hyväksyntä lisäävät opinnäytetyön tuloksien luotettavuutta merkittävästi.

Opinnäytetyön tekeminen jaettiin neljään vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin talotekniikan laadunvarmistamisen prosessiin sekä rakennusautomaatiourakoiden laadunvarmentamistapoihin ja -käytäntöihin. Toisessa vaiheessa haastateltiin talotekniikkaurakoitsijoita, pääurakoitsijan projektipäälliköitä sekä suunnittelijoita. Kolmannessa vaiheessa syvennyttiin rakennusautomaation työkohtaisen suunnitelman laadintaan. Viimeisenä osana opinnäytetyötä laadittiin tulokset ja yhteenveto, jossa käsiteltiin opinnäytetyössä saavutettuja tuloksia. Opinnäytetyön tekijä suoriutui kaikista vaiheista suunnitellusti.

Lähteet

- 1 Mälkönen, Timo; Hyvärinen, Juhani; Laakso, Tomi; Launiainen, Minna; Mäkinen, Juha-Ville; Äyräväinen, Mikko; Ojala, Martti; Pulkkinen, Harri; Sainio, Erkki; Pulliainen, Marko. 2018. RT 10-11301. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, Prosessikuvaus. Helsinki; Rakennustietosäätiö RTS:n asettama toimikunta TK88 Talotekniikan vastaanotto.
- 2 Mälkönen, Timo; Hyvärinen, Juhani; Laakso, Tomi; Launiainen, Minna; Mäkinen, Juha-Ville; Äyräväinen, Mikko; Ojala, Martti; Pulkkinen, Harri; Sainio, Erkki; Pulliainen, Marko. 2018. RT 10-11302. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, Tehtävät ja dokumentointi. Helsinki; Rakennustietosäätiö RTS:n asettama toimikunta TK88 Talotekniikan vastaanotto.
- 3 Congrid verkkosivut, www.congrid.fi, luettu 10.9.2022.
- 4 CongridLITE® verkkosivut, www.congrid.fi/congridlite/, luettu 10.9.2022
- 5 Congrid verkkosivut, www.congrid.fi/laatutarkastukset/, luettu 10.9.2022
- 6 Härkönen, Pentti; Liedes, Riikka; Mikkola, Juhana; Piikkilä, Veijo; Pusa, Kari; Sahala, Antti; Sahlstén, Toivo; Sandström Börje; Sirviö, Arto; Spangar, Tapani; Sulku, Jukka. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17. Espoo; Sähköinfo Oy.
- 7 Sahlstén, Toivo. 2020. ST 711.04. Rakennusautomaatiourakan laadunvarmistus-, valvonta- ja vastaanottomenettelyohjeita. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 8 Liedes, Riikka; Sahlstén, Toivo; Sulku, Jukka. 2017. ST 711.10. Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 Haastateltava A. Suunnittelija. Henkilöhaastattelu. 2022. 16.9.2022. Kaskinen; Mikko. Lehto Tilat Oy:n sähköinen tietokanta.
- 10 Haastateltava B, Haastateltava C. Pääurakoitsijan projektipäälliköt. Henkilöhaastattelu. 16-19.9.2022. Kaskinen; Mikko. Lehto Tilat Oy:n sähköinen tietokanta.
- 11 Haastateltava D, Haastateltava E, Haastateltava F. Aliurakoitsijan projektipäälliköt. Henkilöhaastattelu. 17-27.9.2022. Kaskinen; Mikko. Lehto Tilat Oy:n sähköinen tietokanta.

- 12 Haastateltava G, Haasteltava H. Hankkeen ulkopuoliset haastateltavat. Henkilöhaastattelu. 20-26.9.2022. Kaskinen; Mikko. Lehto Tilat Oy:n sähköinen tietokanta.

Haastattelukysymykset

Suunnittelijat

1. Mikä on suunnittelualasi?
2. Mitkä ovat yleisimmät komponenttimuutokset rakennusautomaatiourakoissa, mikäli komponentit on suunnittelijan puolesta määritelty? Miksi?
3. Mitä kysymyksiä suunnittelijalle ohjataan suunnitelluista automaatiotratkaisuista?
4. Mikä on haastavinta LVISA-järjestelmien yhteensovituksessa suunnittelijan näkökannasta?
5. Miten tilojen käyttötarkoituksen muutokset huomioidaan LVISA-suunnittelussa?
6. Mikä on rakennusautomaation suunnittelussa vaikeinta? Miksi?

Pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan projektipäälliköt

1. Mikä on tehtäväalueesi?
2. Miten valvot töiden etenemistä?
3. Miten hyvin työmaan aikatauluissa huomioidaan rakennusautomaation eri työvaiheet?
4. Mitkä ovat rakennusautomaatiosuunnittelun suurimmat puutteet urakan aikana? Hankintavaiheessa?
5. Mihin työvaiheeseen sisällytetään suurin osa rakennusautomaation tehtävistä tarkastuksista?

6. Varataanko rakennusautomaation työtehtäville, kuten kytkennöille ja tarkastuksille riittävästi aikaa?
7. Miten hyvin työmaan aikataulussa (sisätyö- ja/tai luovutusvaihe aikataulussa) esitetään toimintakokeet?
8. Kuinka hyvin urakkarajat on esitelty suunnitelmissa LVISA-urakoissa?
Mitkä asiat toistuvat urakkarajojen puutteina tai epäselvyyksinä
9. Mitkä ovat itselleluovutusten yleisimpiä puutteita?
10. Mitkä ovat käyttöönottotarkastusten yleisimpiä puutteita?
11. Mitkä ovat mittaus- ja säätötöiden suurimpia puutteita
12. Mitkä ovat ohjelmoinnin suurimpia puutteita?