



Erno Koskenmäki

Rakennusautomaatiojärjestelmän laadunvarmistus ja dokumentointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

4.1.2023

Tiivistelmä

| | |
|-----------------------|--|
| Tekijä: | Erno Koskenmäki |
| Otsikko: | Rakennusautomaatiojärjestelmän laadunvarmistus ja dokumentointi |
| Sivumäärä: | 29 sivua |
| Aika: | 4.1.2023 |
| Tutkinto: | insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma: | talotekniikka |
| Ammatillinen pääaine: | LVI-urakointi |
| Ohjaajat: | lehtori Jarmo Tapio asiantuntijoiden johtaja Kimmo Liljeström |

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää rakennusautomaation dokumentointitarpeita, toiminnan testausta ja näiden yhtenäistämistä rakennusliikkeen laadunvarmistamisprosessissa. Työssä selvitetään, mitä laadunvarmistus- ja valvontamenetelmiä projekteissa tulisi olla laatuerojen vähentämiseksi rakennusautomaation suhteen. Työn alkupuolella kuvataan rakennusautomaatiojärjestelmää ja suunnittelun eri vaiheita.

Työn keskivaiheessa analysoidaan rakennusautomaatioon liittyviä haasteita, toiminnan varmistamista sekä dokumentaatiota. Dokumentaation avulla pystytään varmistamaan, että työtehtävät on tarkastettu ja lopputuloksen laatu asianmukainen. Työmaan toimintaan vaikuttavalla dokumentaatiolla on merkitystä. Dokumentaatiota käytetään viestivälineenä projektin eri sidosryhmille. Työ käsittelee mm. nykyisiä toimintatapoja, ja aihetta käsitellään aikataulujen ja havaittujen ongelmien kautta.

Työssä otetaan kantaa toimivuudessa taloteknisten järjestelmien ja laitteiden kokonaisuusosalta. Työssä on käytetty lähteenä eri ST-korttien tietoja ja dokumentteja. Työssä on käytetty näkökulmia ja kokemuksia toimitilakohteeseen liittyen.

Työn tuloksena kuvattiin suunnitteluprosessin laadunvarmistusvaiheet ja rakennusvaiheen laadunvarmistuskohdat ja -prosessit. Työssä käytiin läpi laadunvarmistustapa, suunnitteluvaihetta, ongelmakohtia, toiminnan testausta ja dokumentointia. Lopussa pohdittiin, millä keinoilla rakennusautomaatiourakan laatua ja aikataulua voi hallita.

Avainsanat: rakennusautomaatio, laadunvarmistus, suunnittelu

Abstract

Author: Erno Koskenmäki
Title: Building Automation System Quality Assurance and Documentation
Number of Pages: 29 pages
Date: 4 January 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Contracting
Supervisors: Jarmo Tapio, Senior Lecturer
Kimmo Liljeström, Head of Specialists

The purpose of this final year project was to establish the control and documentation needs of building automation and to test some HVAC systems. In addition the project explored how a construction company could unify its documentation in the quality assurance process. The project explored what kind of quality assurance and control methods building automation contracts should have to reduce quality deviations.

The final year project described building automation systems in different phases of the design. With the help of documentation, it was possible to ensure that the tasks and quality have been checked. Furthermore, the challenges related to building automation, such as verification of operation and documentation, were analysed. The project incorporated current process methods of quality assurance and challenges of the building automation contracts.

The project resulted in a description of quality assurance points at planning and implementation stages. In conclusion, contract of building automation system needs planning to control at the construction site. The thesis shows some possible ways to do it.

Keywords: building automation, quality assurance, planning

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Rakennusautomaatiojärjestelmä | 2 |
| 2.1 | Rakennusautomaatiojärjestelmän yleiskuvaus | 2 |
| 2.2 | Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyt | 3 |
| 3 | Suunnittelun päävaiheet ja suunnitteluasioita | 5 |
| 3.1 | Hankesuunnittelu | 5 |
| 3.2 | Urakkalaskentasuunnittelu | 6 |
| 3.3 | Toteutussuunnittelu | 7 |
| 3.4 | Urakoitsijan työvaihesuunnitelma | 8 |
| 3.5 | Suunnitteluasioita | 8 |
| 4 | Haasteet rakennusautomaatiourakassa | 10 |
| 4.1 | Nykyiset laadunvarmistusmenetelmät | 10 |
| 4.1.1 | Tarkastusasiakirja | 10 |
| 4.1.2 | Congrid laadunvarmistuksessa | 11 |
| 4.2 | Aikataulut | 12 |
| 4.2.1 | Yleisaikataulu | 12 |
| 4.2.2 | Viimeistelyaikataulu | 12 |
| 4.3 | Takuu aika | 13 |
| 4.4 | Havaittuja sekä tyypillisiä ongelmia rakennusautomaatiossa | 14 |
| 5 | Toiminnan testaus | 17 |
| 5.1 | Vastaanotto- ja toimivuustarkastus | 18 |
| 5.2 | Kohdekokemuksia toimintakokeista | 19 |
| 6 | Laadunvarmistuksen dokumentointi | 20 |
| 7 | Pohdinta | 26 |
| | Lähteet | 28 |

Liitteet

Liite 1. Rakennusautomaatiourakan vaiheet

Lyhenteet

BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method, eurooppalainen ympäristöluokitusjärjestelmä

I/O: *input/output*, tiedonsiirto komponenttien välillä

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design, globaali ympäristöluokitusjärjestelmä

LTO: lämmöntalteenotto

LVIA: lämpö, vesi, ilma ja automaatio

LVIS: lämpö, vesi, ilma ja sähkö

NCC: Nordic Construction Company, Pohjoismainen rakennusliike

RAU: rakennusautomaatio

ST: Sähkötieto ry, sähkö- ja tietoteknisiä järjestelmiä suunnittelevien, urakoivien, tarkastavien, kunnossapitävien ja rakennuttavien piirien yhteinen tietojärjestö

VAK: valvonta-alakeskus

1 Johdanto

Rakennusautomaatiojärjestelmä ohjaa, mittaa ja säätää taloteknisiä järjestelmiä. Toimiva rakennusautomaatio on keskeinen asia toimivan talotekniikan kannalta. Nykyaikaisen rakennuksen talotekniikka vaatii toimiakseen hyvin suunnitellun ja toteutetun rakennusautomaatiojärjestelmän. Rakennusautomaatiourakka ei ole taloudellisesti suurimpia urakoita, mutta sen merkitys kiinteistön käytönaikaisiin kustannuksiin on hyvin merkittävä.

Rakennusliikkeen haasteeksi on osoittautunut rakennusautomaatiourakan valmistumisen viivästyminen. Tilanteesta työmaalla on haastavaa saada kokonaiskuvaa ilman työvaihesuunnittelua, urakan seurantaa sekä toiminnallisia testauksia. Rakennusautomaatiourakka valmistuu aina projektin viimeisimpinä urakoina ja on vahvasti riippuvainen muun talotekniikan aikataulun etenemisestä. Toiminnan varmistusta ja dokumentointia on tehty kohteisiin sopivilla tyyeillä, ja vanhoihin kokemuksiin perustuen. Urakoitsijat katsovat liikaa asioita valvomon kautta eivätkä katso paikan päällä toimilaitteiden todellista toimintaa. Suurissa projekteissa muutosten ja virheiden hallinnoimiseen menee yllättävän paljon aikaa. Hallinnan luovutuksen jälkeisiä virheitä ilmenee liian paljon, joten takuukorjausten määrää ja niistä aiheutuvia kustannuksia olisi tärkeää saada laskettua.

Työssä käsitellään rakennusautomaatioon liittyvää laadunvarmistusta. Työn tavoitteena on kuvata laadunvarmennuksen prosessit sekä tarkastusasiakirjan tarkastettavat kohdat rakennusautomaation osalta. Prosesseja käydään läpi suunnitteluvaiheen sekä toteutuksen osalta. Työssä pohditaan, kuinka rakennusautomaatiourakan saadaan hallintaan ja takuukorjausten määrää vähennettyä suunnittelu- ja viimeistelyvaiheen kautta. Lähteenä käytetään ST-kortiston rakennusautomaatioon liittyviä ohjeita sekä kokemustietoa referenssikohteena käytetystä toimitilakohteesta. Myös nykyisiä laadunvarmistusmenetelmiä käydään läpi, ja niihin liittyviä havaintoja ja kehitysehdotuksia tuodaan esiin.

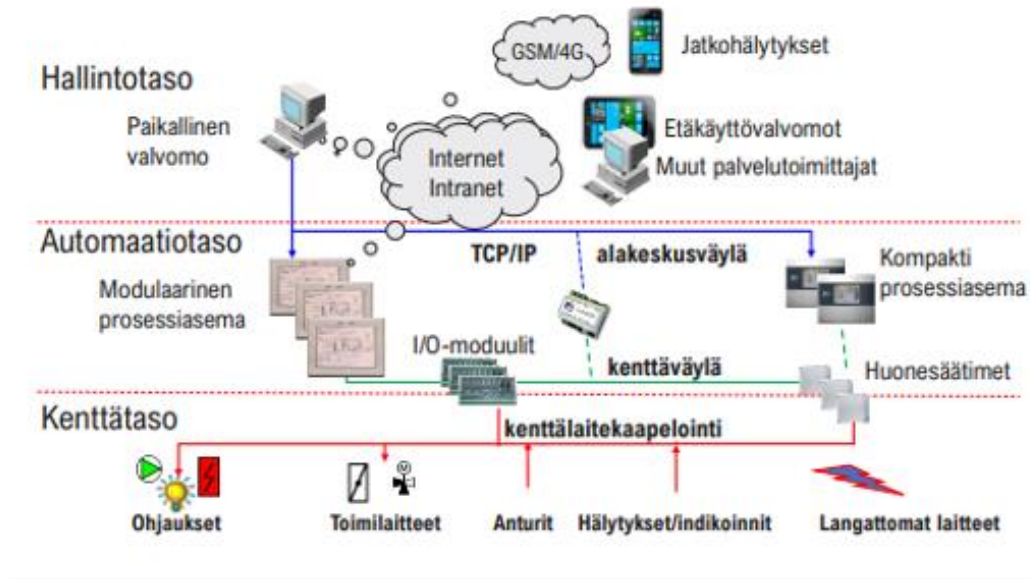
Työn tilaajana toimii NCC Suomi Oy, joka on pohjoismainen rakennusliike. NCC Suomi Oy rakentaa mm. asuin- ja toimitilarakennuksia. Vuonna 2021 NCC Suomi Oy:n liikevaihto oli noin 600 miljoonaa euroa, ja NCC:llä Suomessa oli töissä noin 1 100 henkilöä. NCC:n vahvuuksiin kuuluu vaativien rakennusprosessien hallinta, yhteistyö asiakkaiden kanssa sekä vastuullisuuden ja kestävyiden kehittäminen rakentamisessa. [1.]

2 Rakennusautomaatiojärjestelmä

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän yleiskuvaus

Rakennusautomaatio on osa rakennuksen LVIA-kokonaisuutta. Automaatiojärjestelmän ohjelmat ohjaavat, mittaavat ja säätävät lämmitystä, jäädytystä, vedenjakelua ja ilmavaihtoa sisäilmaston ja energiankulutuksen ehdoilla. Automaatiojärjestelmällä ohjataan ja valvotaan valaistusta, turvalaitteita, kulunvalvontaa ja muita kiinteistön käyttöön liittyviä tapahtumia.

Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia voidaan esittää kuvan 1 mukaisella tavalla. Valvomot sisältävät järjestelmään ja valvontaan tarvittavat ohjelmat. Alakeskukset sisältävät prosessien tarvitsemat ohjelmat niiden itsenäiseen valvontaan ja ohjaukseen. Kenttätasoon kuuluu säätimiä, joiden ohjelmat säätävät ja ohjaavat erillisiä laitteita, kuten IV-koneita, lämmönvaihdinta tai huonesäätimiä, jotka ohjaavat eri tiloihin liittyviä toimilaitteita. [2, s. 59–61.]



Kuva 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia [2, s. 60].

2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyt

Rakennusautomaation kautta saavutettavia hyötyjä on monia. Automaation avulla saadaan energia- sekä kustannussäästöjä, kuten valaisimien, radiaattorien, pumppujen ja puhaltimien toiminta-aikaa ja tehoa säätämällä tarpeen mukaisesti. Kiinteistöhuollolle oikein toimivasta automaatiojärjestelmästä on paljon apua. Viat havaitaan reaaliajassa valvomon kautta, ja useilta vahingoilta vältytään, kun laitteiden ja järjestelmien viat hälyttävät huollon paikalle ennen isomman vaurion sattumista. Näin eri järjestelmien käyttöiät paranevat merkittäväällä tavalla. Vikailmoituksia voidaan lähettää myös yhteyshenkilöiden sähköposteihin ja tekstiviestein. Energiankulutuksen seuranta helpottavat valvomosta saatavat kulutustiedot ja kulutusraportit. Prosessikaaviosta voi havaita, kuinka hyvin eri prosessit toimivat. Prosessikaaviosta voi havaita vikoja prosessissa ja päättellä mahdollisia vian aiheuttajia. Rakennusautomaatiojärjestelmää hyödynnetään myös häiriötilanteissa, kuten sähkökatkon tai pääpumppujen häiriöiden aikana ja verkoston palauttamisessa normaalitilaan. [3, s. 2–10.]

Rakennusautomaatio suojaa laitteita häiriötilanteilta, esimerkiksi sähkökatkojen aikana on riski, että IV-koneet jäätyvät. Alhaisessa ulkolämpötilassa sähkökatkon jälkeen tulee käyttää käynnistymisviivettä, jotta IV-verkosto ehtii lämmitä tarpeeksi. Rakennusautomaatiota hyödynnetään tilojen käyttöaikojen mukaan huoneiden tarpeenmukaista lämmitystä, ilmanvaihtoa ja valaistusta varten. Epäsäännöllisessä käytössä olevien tilojen tarpeenmukaisten huoneolosuhteiden ohjausta varten käytetään läsnäoloon, ilmanlaatuun tai ajastimeen perustuvia ohjauksia. Yöviilennystä voidaan hyödyntää kesällä jäähdytyskustannusten laskemiseksi. Tämä tarkoittaa kesällä aamutunteina kylmällä ulkoilman hyödyntämistä tuloilmana jäähdyttää tiloja. Lämmitys ja jäähdytys ovat samalla pakkolukittuna kiinni. [2, s. 230–238.]

Osakulutusten seurannan avulla saadaan tarkempaa tietoa energiankulutuksesta. Energiankulutuksen seurannalla ja tulosten pohdinnalla voidaan selvittää, mihin energiaa kuluu kiinteistössä. Vertailukohtana kannattaa käyttää samansuuruisia ja samanikäistä kiinteistöä tai suunniteltuja energiankulutuslaskelmia. Säättöjen itsevirittyvyysohjelmat pyrkivät laskemaan parhaat viritysarvot järjestelmille, jotta saataisiin määräysten mukaiset huoneolosuhteet energiatehokkaasti. Virittyvyyden tulee tapahtua maltillisesti, jotta sisä- ja ulkoilman äkilliset muutokset eivät aiheuta liian suuria kertamuutoksia. Liian nopeat ja suuret itsevirittyvyyden korjausmuutokset aiheuttavat energiantuhlausta, kun venttiilit, pumput ja pellit ohjautuvat liian herkästi. Nykyisin rakennusautomaatiojärjestelmiin on yleistä järjestää etäkäyttöyhteys, joka mahdollistaa huollon päivystystä muualta kuin kohteesta käsin. Etäyhteyden avulla erilaisia raportteja, kuten kulutusraportteja ja hälytyslokeja, on mahdollista saada eri osapuolille selainohjelman avulla. Valvomo-ohjelmassa voi olla tietoja huoltotoimenpiteitä varten. Esimerkiksi hälytyksen yhteyteen valvomo-ohjelmaan voi liittää linkin, josta löytyy tieto vioittuneen laitteen sijainnista tai toimintaohjeen kyseisen hälytyksen tapahtuessa. [2, s. 241–244.]

3 Suunnittelun päävaiheet ja suunnitteluasioita

3.1 Hankesuunnittelu

Rakennusautomaatiourakka lähtee liikkeelle kohteen tarveselvityksestä, jossa selvitetään, mitkä ovat tavoitteet rakennusautomaation suhteen. Tavoitteiden avulla voidaan saada alustavia kustannusennusteita ja sitä kautta tarjouksia, urakan aikataulua sekä urakkalaskentasuunnittelun lähtötietoja. Hankesuunnittelun lähtökohta on hankeselvitys, jossa lähtötiedot ovat käyttäjän ja omistajan tavoitteet. Ottamalla toiminnallisuus- ja turvavaatimukset huomioon hankesuunnitteluvaiheessa, jotta hankkeen jatkosuunnittelussa ei tulisi suuria lisäyksiä. [4, s. 4.]

Hankesuunnitteluvaiheessa sovittavia ja kirjattavia tavoitetasoja ja asioita rakennusautomaatioon liittyen ovat

- huonesäädöt ja ohjaukset
- sähkö- vesi- ja energiamittaroinnit
- sisäilman vaatimustaso
- energialuokka
- ympäristösertifikaatit
- lämmitys ja jäähdytys.

Edellä mainittujen lisäksi voidaan tehdä tiettyjä laitevalintoja, rakennusautomaatiossa esimerkiksi valvomon mallin tai toimilaitteiden osalta. Tässä vaiheessa olisi hyvä nostaa esille menetelmät, joilla urakan luovutusvaiheessa saadaan aikataulu kestämään ja laadittua realistinen aikataulu, jossa on vähän varaa muu-

toksista ja ongelmista johtuville viivästyksille. Seuraavaksi katselmoidaan tilanne tilaajan, suunnittelijoiden, urakoitsijan (jos tiedossa) sekä mahdollisten muiden osapuolten kanssa. Kokouksen tarkoituksena on tarkastaa, onko suunnittelun aloittamiselle edellytykset.

Suunnitelmien tarkastuksessa tulisi suunnittelijoiden käydä läpi ST-käsikirjan 17 lopussa liitteenä oleva muistilista läpi. Listassa löytyy paljon olennaisia asioita, kuten RAU-laitteiden lähtötiedot sekä hälytysten määrittäminen. Tilaajan näkökulmasta tärkeimmät asiat ovat laitehankinnat ja laitteiden tekniset ominaisuudet, kaapelointitarpeet laitteille, työselostus sekä tavoite- ja mitoitustiedot. [2.]

3.2 Urakkalaskentasuunnittelu

Urakkalaskentavaiheessa suunnitelmat täytyy saada sille tasolle, että urakkarat saadaan tarjouksiin ja sopimukseen kirjattua. Suunnitelmissa ei saa olla liikaa tulkinnanvaraa, ja urakan laajuuden täytyy vastata todellisuutta. Tämän avulla urakoitsijoilta saadaan vertailukelpoista tarjouksia, ja suunnitelmien laajuudesta on ymmärrys eri osapuolilla. Seuraava tärkeämpi vaihe on suunnitelmien toteutuskelpoisuuden tarkastaminen. Tavoitteena on saada alustavat suunnitelmat sille tasolle, että toteutuspiirustusten suunnittelu voi alkaa. Suunnitelmissa täytyy olla esitettyinä urakkalaskentasuunnittelun tuloksena

- LVI-järjestelmäkuvaus
- työselostus
- kaukolämmön ja -kylmän kytkentäkaaviot
- IV-koneiden kaaviot
- säätökaaviot
- paikannuspiirustukset
- johtoreiitit
- LVI-laiteluettelo
- valaisinluettelo.

Urakkalaskentasuunnitelmavaiheessa urakoitsijat laskevat omat tarjouksensa urakasta. Suunnitelmissa on esitetty kaikki rakennusautomaatiourakan ja myös

muiden urakoiden RAU-järjestelmään liittyvät tehtävät ja hankinnat sekä järjestelmään liitettävät laitteet pistetyypeineen ja vaadittavine ohjelmointeineen. Suunnitelmissa ei saa olla tulkinnanvaraa, jotta eri tarjouslaskijat voivat antaa tarjoukset, joita voi verrata keskenään. Suunnitelmien laitevalinnat ja -määritykset tulee mahdollisuuksien mukaan tehdä siten, että markkinoilta löytyy useita mahdollisia toimittajia. [5, s. 5; 10–11.]

3.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa on olennaista päivittää suunnitelmamuutokset kuviin, järjestelmien toiminnalliset vaatimukset kuten LTO-piirien hyötysuhteet, erikois-tilojen säätökaaviot ja se, mitkä valinnat kuuluvat urakoitsijalle ja mitkä suunnittelijalle. Toteutuskuvia laadittaessa suunnitelmista tulee muokata luonnossuunnitteluun jääneitä määrittämättömiä asioita vastaamaan todellisia asennuksia. Toteutussuunnitelmat tulee hyväksyttää työn tilaajan edustajalla. Automaation käytönopastuksesta tulee laatia kirjallinen koulutusohjelma toteutussuunnittelu- vaiheessa. [6.]

Urakoitsija sopii suunnittelijan kanssa toteutustapoja, jotka on todettu hyväksi. Suunnitelmamuutokset toteutuksen aikana haastaa rakennusautomaatiota niin resurssien, kustannusten kuin aikataulunkin kannalta. LVIS-muutokset aiheuttavat muutostarpeita automaation suhteen.

Mittarointisuunnitelmalla tarkoitetaan kohteen mittarointien listaa, ja niihin liittyviä tietoja mittaustapaan ja tiedon välitykseen rakennusautomaatiolle. Mittarointisuunnitelma olisi hyvä lisäys toteutussuunnitelmiin. Suunnitelma sisältäisi jokaisen kiinteistön energia- sähkö- ja vesimittarin. Suunnitelmassa määritettäisiin mittaustapa ja mittaustarkkuus. Suunnitelmassa mainitaan, jos mittausta ei yhdistetä valvomoon. Suunnitelmassa olisi myös tieto mm. liikeantureilla ohjautuvien valaisimien päälläoloajasta huonetyyppikohtaisesti. Samoin tehdään myös huoneiden lämpötilan osalta, ja IV-tuloilman lämpötilan tavoitearvo huonetyypeittäin määritettäisiin suunnitelmaan. Tällaisen suunnitelman avulla saataisiin

luotua laatutasokuvaus, jolla voidaan vakioida mittarointitarpeita, mittaustapaa ja huonesäätöselostuksia.

3.4 Urakoitsijan työvaihesuunnitelma

Pääurakoitsijan ja RAU-urakoitsijan välillä ei ole määrätty laadittavaksi työvaihesuunnitelmaa rakennusautomaatiotöistä. Automaatiotöistä olisi hyvä olla työvaihesuunnitelma olemassa. Dokumentti olisi vähintään yleistasoinen, erikseen vaadittaessa tarkemmin laadittu. Työvaihesuunnittelua on pakko tehdä, jos pääurakoitsija haluaa itse seurata töiden etenemistä. Jos ei ole tietoa töiden aikataulusta ja työn sisällöstä, työtä on vaikea ohjata ja havaita ongelmakohtia. Opinnäytetyön lopussa on liitteenä rakennusautomaation työvaiheista koottu taulukko ”Liite 1 rakennusautomaation työvaiheet”. Taulukko sisältää rakennusautomaatiourakan eri työvaiheet urakan eri osuuksien avulla. Oikeanpuoleisessa sarakkeessa on nostettu esiin jokaiseen työvaiheeseen liittyviä huomioitavia asioita. Nämä asiat projektissa olevien henkilöiden tulisi huomioida kohdasta riippuen suunnittelu- tai toteutusvaiheessa. Työvaiheet aikataulutetaan projektiin sopivalla tavalla.

3.5 Suunnitteluasioita

Erityisvaatimukset, esimerkiksi BREEAM- tai LEED- tavoitteet täytyy huomioida jo hankesuunnitteluvaiheessa. Loppukäyttäjän rajapinta rakennusautomaatiojärjestelmään tulee määritellä jo suunnitteluvaiheessa, kuten mitä kulutustietoja käyttäjällä tulee olla saatavilla ja mitä asetusarvoja käyttäjällä on mahdollisuus muuttaa.

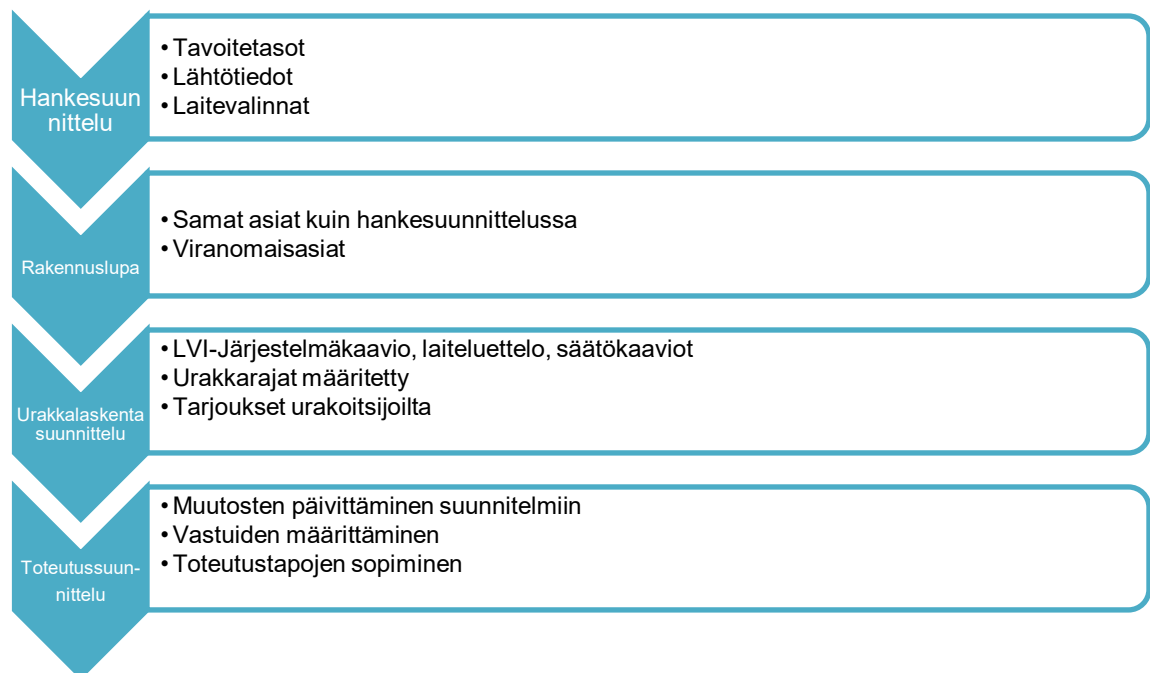
Rakennuksen eri osien eri luovutuspäivät haastavat taloteknisiä järjestelmiä. Järjestelmien säätö- sekä viritystyöt saattavat viivästyä, jos jollakin lohkolla rakennusteknisten töiden toteutus viivästyy. Kohteissa, joissa on monimutkaisem-

pia ratkaisuja kuin tavanomaisissa asuin- tai toimistorakennuksissa, täytyy automaatio suunnittelussa nostaa esille, mitä ohjaus/indikointi/hälytys/säätö tai mitaustietoa kyseisistä pisteistä täytyy saada.

Taajuusmuuntajat liitetään järjestelmään usein väylän kautta. Suunnitteluvaiheessa tulee tarkastaa laitevalmistajilta, että suunnitelmien mukainen liittäminen voidaan tehdä. Varsinkin sisäänrakennettujen taajuusmuuttajien osalta tulee olla tarkkana. Laitevalmistajalta kysyttäessä väyläliitännän mahdollisuudesta, tulee varmistaa liitännän soveltuvuus kohteen rakennusautomaation käyttöön. Toinen yleinen tapa on liittää taajuusmuuttajat fyysisillä I/O-pisteillä. [5, s. 6.]

Urakkarajaliite ja tekniset suunnitelmat tulisi käydä läpi omana palaverinaan. Urakkarajat tulevat yleensä rakennuttajalta tai pääurakoitsijalta, ja tekniset suunnitelmat suunnittelutoimistosta. Tästä syystä yhteensovitusta täytyy tehdä. Suunnittelualueiden projektipäälliköiden vastuun kuuluu varmistaa urakkarajaliitteiden vastaavuus teknisten suunnitelmien urakkarajoihin. Taulukossa 1 on esitetty tämän opinnäytetyön luvun 3 asiat tiivistetysti. [2, s. 153–154.]

Taulukko 1. Suunnitteluprosessin vaiheet rakennusautomaation kannalta



4 Haasteet rakennusautomaatiourakassa

4.1 Nykyiset laadunvarmistusmenetelmät

4.1.1 Tarkastusasiakirja

Pääurakoitsijalla on käytössä tarkastusasiakirja kaikkien urakkakokonaisuuksien osalta, lukuun ottamatta pienimpiä urakoita. Taulukossa on nimetty tarvittavat toimenpiteet, jotka ovat aloituspalaveri, asennustapatarkastukset, hälytysten testaukset, pistetestaukset, virituspöytäkirjat sekä urakan vastaanottotarkastus. Myös vastuuhenkilöt jokaiselle kohdalle on määritetty. Näille kohdille asetetut tavoitepäivämäärät ohjaavat urakoitsijaa suunnittelemaan aikataulunsa näiden mukaisesti. Asioiden etenemistä seuraa tilaajan talotekniikasta vastaava henkilö, joissakin tapauksissa aikatauluinsinööri. Vastaanottotarkastuksen ja hälytysten testauksen väliselle ajalle tarvitaan lisäsarakkeita, jotta kohteen valmistuksen kriittistä hetkeä automaation osalta voidaan seurata. Nämä liittyisivät mm. huonesäätöihin ja grafiikoihin. Tarkastusasiakirjan on hyvä olla pelkistetty versio Congrid-tarkastuksista. Asiat olisivat isompina kokonaisuuksina tarkastusasiakirjassa kuin laadunvarmistusmatriisissa Congridissa. Congrid-tarkastuksiin pystytään liittämään kuvia ja kommentteja helpommin kuin tarkastusasiakirjan matriisiin. Tarkastusasiakirjassa tulisi olla seuraavat kohdat:

- laite- ja järjestelmävalintojen hyväksyttäminen
- malliasennukset
- laite- ja asennustapatarkastukset
- urakoitsijoiden toimintatarkastus
- rakennuttajan toimintakokeet
- rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys
- kuormituskokeet
- koekäyttö
- käyttöasiakirjojen laatiminen ja kokoaminen, huoltokirja

- vastaanottotarkastus
- toimivuustarkastukset.

4.1.2 Congrid laadunvarmistuksessa

Laadunvarmistusmatriisin käyttö laadunvarmistuksessa on pääurakoitsijan tapa toimia laadunvarmistuksessa. Tähän pääurakoitsija on käyttänyt sovellusta nimeltä Congrid. Sen avulla voidaan tehdä tarkastuksia ja saada tieto kulkemaan eri osapuolten välillä. Tehtävät tarkastukset on määritetty valmiiksi luotuihin pohjiin, jotka on nimetty työvaiheen mukaisesti. Pohjia voi myös itse muokata, ja tarpeeksi suurilla käyttöoikeuksilla lisätä tai poistaa tarkastettavia kohtia. Congridin avulla tarkastuksiin voidaan liittää muistiinpanoja, valokuvia ja tiedon siitä, onko laatu hyväksytty vai ei. Laatutarkastuksista pystyy luomaan raportin ja lähettämään sen sähköpostilla eteenpäin. [7.]

Rakennusautomaation osalta vaatimukset ovat vähäiset Congridissa. Congridiin tarvitaan lisää rakennusautomaation ja järjestelmien yhteiskoekäyttöjen tarkastuskohtia. Jokainen kohde on hiukan erilainen, mutta yleisimmät kokonaisuudet kuten IV-koneiden toiminnot, huonesäätöihin, lämmönjako- ja jäähdytyspaketteihin liittyvät tarkastukset, olisi suhteellisen helppo lisätä Congridiin. Näiden kohtien täyttämistä vaadittaisiin urakoitsijalta, valvojalta tai talotekniikasta vastaavalta henkilöltä. Rakennusautomaatioon liittyviä tarkastuksia tekisi sama henkilö kuin muita taloteknisiä tarkastuksia tekevä henkilö. Jos tarkastuksia tekee henkilö, jolla ei ole taloteknistä asiantuntemusta, suunnitelma ja ohjeet tarkastuksille tulee olla esitetty tarkemmin. Tarkastettavia kohtia poimitaan ST-kortin 711.04 liitteistä. Tarkastettavia kohtia olisivat mm. asennuspaikka sopimuksen mukainen, huollettavuuden ja vaihdettavuuden varmistaminen, merkinnät, lukitukset, kotelointiluokka sekä mittausarvo oikea. Projekteissa vastuuhenkilöiden tulisi tutustua laadunvarmistusasiakirjaan hyvissä ajoin ja tehdä tarkastukset ja lisätä dokumentit ajoissa tarkastusasiakirjaan omalta osaltaan. Urakoitsija tekee hänelle määritetyt asiat, ja pääurakoitsija sekä valvoja hoitavat heille määritetyt asiat. Tarkastettavat kohdat kannattaa käydä läpi ja muokata pohjia projektiin

sopivaksi lisäämällä kohteen erityispiirteitä tarkastusasiakirjaan. [8, s. 21–22; 28; 38–42.]

4.2 Aikataulut

4.2.1 Yleisaikataulu

Yleisaikatauluun on asetettava rakennusautomaation osalta töiden aloitusaika, toimintakokeiden aloitusaika sekä urakan valmistumisajankohta. Nämä ovat etenkin suuremmissa hankkeissa hyviä tavoitteita, joita täytyy tarkentaa myöhemmin viimeistelyaikataulua laadittaessa. Yleisaikatauluvaiheessa on tärkeää ymmärtää, kuinka kauan työvaiheet kestävät, riippuen kohteen suuruudesta ja laatutasosta. Tulee myös ymmärtää kriittiset työvaiheiden valmistumisaikataulut, jotka vaikuttavat eri RAU-työvaiheiden aloitusajankohtaan.

Kriittisiä työvaiheita ovat

- sähköjen päällekytkentä
- pölyttömyssiivous
- alakattojen ummistus
- LVI-esisäädöt
- LVIS-asennukset
- seinien ja otsien valmistuminen.

4.2.2 Viimeistelyaikataulu

Rakennusautomaatiourakan aikataulun sisällytetään viimeistelyaikatauluun. Aikataulu sisältää mittaus- sekä säätötyöt ja toimintakokeet. Aikataulun tulisi olla tarkempi. Hyvä tarkkuustaso on järjestelmäkohtainen aikataulu. Valaistuksenoh-

jaus, käyttöveden säätö ja viritys, lämmityksien ja jäähdytyksien säätö ja viritykset sekä huonesäädöt tulee aikatauluttaa. Nämä asiat asetetaan aikatauluun omina sarakkeinaan, pylväinään tai viivoinaan riippuen aikataulutyyppistä. Viimeistelyaikataulu tulisi hahmotella jo suunnitteluvaiheessa, ja tarkentaa sitä automaatiokaapelointityön alkaessa. Kaapelointityöt tulee aloittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, johtoreittiasennuksen ja vahvavirtakaapeloinnin jälkeen. Lopullisten sähköjen kerroksiin valmistuminen on olennainen tieto rakennusautomaatiourakan edistymistä varten. Pienet osatarkastukset kuormittavat urakoitsijan henkilöresursseja. Toimintoja ei ole tehokasta tarkastaa pienissä osissa, vaan kerros- tai järjestelmäkohtaisesti.

Tarkastettavia alueita voi jakaa lohkoihin tarkastusalueiden jakamiseksi. Tämä edellyttää kyseiseen työvaiheeseen liittyvien töiden, mm. sähkö, LVI- ja alakattotöiden valmistumista. Viimeistelyaikataulun seurannassa tulee huomioida myöhästymiset ja kiritä aikataulua kiinni mahdollisuuksien mukaan. Suunnittelua tulee myös ohjata, jotta pääurakoitsija voi varmistua suunnitelmien laatutasosta ja yhteensovituksesta. Toteutuspuolen ei tarvitse olla kyselemässä suunnittelijoilta ratkaisuihin liian liikaa, kun suunnitelmien taso on riittävä ja kysymykset nostettu esiin ennen niiden ilmenemistä työmaalla. Urakoitsijalla on vastuu nostaa suunnitteluongelmakohtat esille katselmusvaiheessa. Suunnitteluratkaisuja nostetaan esille projektinjohtourakoissa enemmän kuin kiinteähintaisissa urakoissa. Kiinteähintaisissa urakoissa urakoitsija ei lähde omatoimisesti kyseenalaistamaan suunnitelmia, jos niistä tulisi heille lisäkustannuksia. Urakoitsija pyrkii näissä tapauksissa tekemään suunnitelmista poikkeavista asennuksista lisätyötarjouksia kasvattaakseen urakan tuottoa. Pääurakoitsijan tulisi vaatia ammattitaitoa urakoitsijalta, ja vaatia suunnitteluvirheiden, -puutteiden tai yhteensovitusongelmien nostamista esiin.

4.3 Takuu-aika

Rakennusautomaatiosta tulee huomattava osa loppukäyttäjän takuu-aikaisista havainnoista. Nämä aiheuttavat eri osapuolille ylimääräisiä kustannuksia. Ylei-

simmät reklamaatiot liittyvät huoneolosuhteisiin, kuten liian kylmään tai kuumaan huonelämpötilaan, puutteelliseen ilmanvaihtoon, valaistusohjauksen toimimattomuuteen tai erilaisiin äänitekniisiin ongelmiin. Vesivuodot ovat yleensä harrillisin ongelma, ja suuremman vesivuodon riskinhallintaan on syytä panostaa. Energiankulutus kiinteistössä voi nousta suunniteltua korkeammaksi asetusvirheen tai rikkinäisen laitteen vuoksi. Asetusarvoja mm. tuloilman lämpötilalle ei ole määritetty automaatio suunnitelmissa, vaan arvot ovat suuntaa antavia esimerkkiarvoja. Esimerkiksi ilmanvaihto voi olla jäänyt yöaikaan täydelle teholle, ohjauksia jäädä käsikäytölle, valaisimet palavat, vaikka kiinteistössä ei ole käyttäjiä, tai lämmitys ja jäähdytys ovat samanaikaisesti päällä.

Etenkin suurissa kiinteistöissä edellä mainitut asiat voivat pitkällä aikavälillä lisätä sähkö- ja lämmityslaskua huomattavan suurella summalla. Energian kulutusmittarit on hyvä liittää rakennusautomaatiojärjestelmään standardiprotokollien avulla (esim. M-Bus tai Modbus), jolloin voidaan suoraan lukea energi mittarien rekistereistä kulutustiedot. Tämä on paljon luotettavampi tapa kuin se, että kulutukset saadaan mittareista impulsseina. [2, s. 237.]

Edellä mainittuja asioita voitaisiin testata kohteen luovutuksen jälkeen. Mittarointitietoja ei voi tarkastaa, jos kulutusta tai tuottoa ei ole syntynyt. Esimerkiksi kolmen kuukauden jälkeen hallinnan luovutuksesta mittaritiedot tarkastettaisiin, ja havainnoidaan, ovatko kulutukset realistisia. Näin saataisiin havainnoitua toimimattomat kulutustiedot, ennen kuin vuositarkastuksessa havaitaan toimimattomia tai kytkemättömiä mittauksia.

4.4 Havaittuja sekä tyypillisiä ongelmia rakennusautomaatiossa

Muutokset ovat iso osa projektin kokonaisuutta. Yleensä muutokset johtuvat rakentamisen aikana vastaantulevista syistä. Usein asiakkaan asiantuntemus vaikuttaa muutoksien määrään. Kokenut asiakas tietää, mitä tahtoo ja mikä on realistista, sekä osaa myös vaatia sitä. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä suurempi projekti, sitä enemmän muutostarpeita tulee todennäköisesti vastaan. Yleisin muutostyö on pistelisäys. Pistelisäystarpeita ilmenee projektin edetessä,

ja niitä varten keskukselle tulee jättää varalähtöjä. Muutostarpeita voi syntyä puutteellisista tai virheellisistä suunnitelmista. Tehdyt muutokset tulee muistaa lisätä loppukuviin ja valvomon grafiikkaan. [2, s. 278.]

Kohteen RAU-asioista vastaavan henkilön on oltava tarkkana, jotta kaikki muutokset ja lisäykset tulevat kirjattua ja dokumentoitua. Projektinhoitajan on pidettävä kirjaa tekemistään ohjelma- ja pistemuutoksista ja niihin kuluneesta ajasta. Pienet yksittäiset muutokset vievät suuremmissa projekteissa yhteenlaskettuna yllättävän paljon aikaa. Riippuen siitä, miten urakka-asiakirjoissa on sovittu, muutokset voidaan laskuttaa joko tuntityönä tai yksikköhinnoittelulla. RAU-suunnittelija täytyy pitää mukana muutostyökeskusteluissa.

Useat rakennusautomaatioon liitetyt ongelmat eivät johdu rakennusautomaatiosta, vaan muista talotekniikan järjestelmään liitetyistä asioista. Esimerkiksi pumppu voi olla rikki, ja automaation ohjauksella ei pystytä vaikuttamaan siihen. Joskus vika on sekä automaatiojärjestelmässä että taloteknisessä laitteessa. Taulukossa 2 on lista rakennusautomaatioon liittyvistä ja siihen liittyvistä tekniikan yleisimmistä ongelmista. Havaintoja on tehty aikaisempiin kokemuksiin perustuen.

Taulukko 2. Rakennusautomaatioon liittyviä haasteita

| | |
|---|--|
| Valaistuksenohjaus ei toimi | <ul style="list-style-type: none"> • Ohjausta ei ole ohjelmoitu • ohjausta ei ole suunniteltu, SU vai AU • Valaisimessa vikaa |
| Venttiilimoottorit eivät toimi | <ul style="list-style-type: none"> • Lämmitys/jäähdytys ei säädy oikein • Sääto kesken • Venttili tukossa |
| Väylä ohjaa viereisen tilan laitetta, kytkentävirhe | <ul style="list-style-type: none"> • Säädot eivät toimi halutulla tavalla • Vaikea havaita toimintakokeissa |
| Laitteelta puuttuu väyläkaapeli | <ul style="list-style-type: none"> • Toimilaitetta ei ole yhdistetty valvomoon • Suunnitelmapuute, ei ole tiedetty onko laite itsesäätyvä vai ei |
| Laitteita jäänyt käsikäytölle | <ul style="list-style-type: none"> • Sääto ei toimi • Sisäilmasto vääränlainen |
| Laittevalinta ei sovi kohteen järjestelmään | <ul style="list-style-type: none"> • Järjestelmää ei voi virittää oikein • RAU-väyläkaapelille ei liitännäpaikkaa • Suunnittelu/hankinta |
| Mittausarvo väärä | <ul style="list-style-type: none"> • Käyttäjä saa väärää kulutustietoa • Täsmäytykset tekemättä |
| RAK/LVIS aikataulu myöhässä | <ul style="list-style-type: none"> • RAU-aikataulu myöhästyy, kireminen haastavaa • Laadittava tarkka viimeistelyaikataulu, ja reagoitava viivästyksiin |
| Sähkökeskuksen sulakekoot ovat liian pieniä | <ul style="list-style-type: none"> • Kun paljon säätimiä saman lähdön kautta, virta ei välttämättä riitä |
| Asioita ei ole määritetty/suunniteltu | <ul style="list-style-type: none"> • Vastuu asetusarvoista epäselvä • Asioita jää tekemättä • Aiheuttaa käyttövaiheessa ongelmia |
| Toimihenkilöt ja asentajat kokemattomia | <ul style="list-style-type: none"> • RAU-projektinjohtajan rooli haastava • Kokematon asentaja, kytkentävirheet • Henkilöstön vaihtuvuus kesken projektin |

5 Toiminnan testaus

Toiminnan testaus tarkastetaan rakennuttajan toimintakokeiden avulla. Ennen tätä urakoitsijat tekevät omat toimintakokeensa, jotta virheiden määrä vähenisi. Tarkastukset tapahtuvat joko systemaattisella, toimintokohtaisella simuloinnilla tai pistokokein. Kojeiston kaikki erilaiset toimintatilanteet pyritään simuloimaan esimerkiksi muuttaen asetusarvoja ja anturikaapeleita irrottamalla vikatilanteiden aikaansaamiseksi. Hälytyspisteiden testaus hälyttävästä kojeesta asti pyritään simuloimaan todellista häiriötilannetta. Testauksissa tulisi olla mukana kaikkien talotekniikkaurakoitsijoiden edustajat, jotta testauksia suorittava ryhmä saa tarvittavan tiedon talotekniikkajärjestelmästä. Testauksia dokumentoidaan ottamalla valokuvia, pitämällä kirjaa virheistä ja puutteista sekä täyttämällä dokumentteja.

Rakennusautomaatiojärjestelmän toimintakokeessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti, että alla olevat asiat toimivat oikein:

- yhteydet valvomoon
- toimilaitteiden liikesuunnat ja ohjaukset
- käyttötilavalvonnat ja hälytykset toimivat
- jälleenantolaitteet sekä niiden jälleenannon ohjelmointi
- kojeiden väliset sähköiset ja ohjelmalliset pakkokytkenät ja lukitukset
- pisteluetteloon merkityt käyttö- ja aikaohjelmat
- raja-arvojen ohjelmointien tarkastus ja suunnitelmanmukaisuus
- säätöpiirien porrastukset toimivat halutulla tavalla
- kompensointikäyrät, keskiarvolaskentojen ohjelmointien tarkastus.

Valvomon tarkastuksessa tulee katsoa, että ohjelmistot on käynnistetty ja että ne toimivat halutulla tavalla ottaen huomioon kohteen erityisvaatimukset ja työaikaiset muutokset. Järjestelmän pisteiden parametrit ja käyttäjäosoitteet on ohjelmoitu. Jatkohälytykset on ohjelmoitu toimintakuntoon. Lopulliset salasanat ja

käyttäjätasot on ohjelmoitu, eikä väliaikaisia tunnuksia enää ole käytössä. Näin loppukäyttäjän kiinteistöhuollolla on edellytys hoitaa tehtävänsä. Raportointi on käynnistetty ja valvomossa on raportointipohjat. Toiminnan varmistus kohteen luovutuksen jälkeen haastaa projekteja. [8, s. 4–13.]

5.1 Vastaanotto- ja toimivuustarkastus

Vastaanotto määritellään sopimusasiakirjoissa. Vastaanotossa urakoitsija osoittaa tilaajalle urakkaan kuuluvan kokonaisuuden sopimuksenmukaisuuden. Vastaanotto on työmaalla jatkuva prosessi, johon liittyy ketju erilaisia toimenpiteitä. Vastaanoton yhteydessä syntyy dokumentaatiota, ja eri työvaiheet valmistuvat. Nämä toimet johtavat vastaanottotarkastuksen pitämiseen. Itselleluovutuksen dokumentaatio annetaan tilaajalle tarkastettavaksi ennen varsinaisen vastaanottomenettelyn aloitusta. [9, s. 7-8.]

Toimivuustarkastuksen tavoite on varmistaa rakennuksen energiatehokas käyttö, hyvät sisäilmaolosuhteet ja sekä käytönaikainen huolto ja järjestelmän käyttö. Hankinta-asiakirjoissa täytyy määritellä talotekniikan toiminta suunnitellulla tavalla. Kohteen loppukäyttäjän sekä huoltoyhtiön havainnot ja puutteet. Toimivuustarkastuksen yhteydessä käydään läpi, kuinka hyvin käyttäjät osaavat käyttää rakennusautomaatiojärjestelmää. Kulutusmittarien tiedot tulee myös tarkastaa, eli onko fyysisellä mittarin näytöllä samat lukemat kuin valvomossa. Jos kulutustiedoissa huomataan poikkeamia, on syyt hyvä selvittää tulevia kohteita ajatellen. Valvomolta tulee katsoa kaikki grafiikkatiedot, ja havaita poikkeamia sekä selvittää ne. Konehuoneissa pumput ja puhaltimet kokeillaan täydellä teholla ja seurataan paine-anturien arvojen muutoksia ja pumppujen käyntiäänä.

Toimintakokeet tulee aikatauluttaa järkevästi, eli testaukset silloin kun työt ovat valmiit ja itselleluovutus tehty. Voidaan ottaa yhden päivän agendaksi IV-koneiden toiminnot ja toisena päivänä kaukolämpö- ja kaukokylmäkeskukset. Savunpoistoluukut ja -pellit ja palopeltien toiminnan tarkastukset ajoitetaan edelleen toiselle päivämäärälle. Asetetaan huonesäädöille, mittareille omat päivämäärät

jne. Tärkeitä ovat toimenpiteet, jotka pitää olla tehtynä tarkastusten aloittamiseksi.

Ja LVI-järjestelmien osalta asennukset pitää olla tehty ennen kuin testataan. Jos aikataulu on tiukka, tulisi miettiä järjestelmien sisällä testausaikataulua. Selvitetään, voiko paneelijäähdytysverkoston toimintaa testata ennen lämmitysverkostoja tai aikatauluttaa töitä IV-säätöalueiden perusteella, jotta saataisiin ainakin suurin osa IV-koneista testattua. Tarkastusten suunnittelu sivuaa viimeistelyaikataulun laadintaa.

5.2 Kohdekokemuksia toimintakokeista

Toimivuustarkastuksia suoritettiin toimitilakohteessa uudisrakennuksessa. Kohde sijaitsee Helsingissä, ja kerrosalaa on noin 10 000 neliometriä. Tässä osiossa tehdyt havainnot ajoittuvat aikavälille kuukautta ennen luovutusta ja kuukausi luovutuksen jälkeen.

Tarkastukset jouduttiin aloittamaan ennen asennusten valmistumista aikataulullisista syistä. Lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa oli ilmaa, jonka vuoksi paneelit eivät toimineet tarpeeksi tehokkaasti. Myös sulkuja oli kiinni, ja kytkentöjä tehty ristiin lämpö- ja kylmäpuolen välillä. Eniten korjausaikaa veivät työt, joiden hoitamiseen tarvitsi muitakin kuin automaatiourakoitsijan paikan päälle. Valaistuksen ohjaukset eivät olleet aina selkeitä, eli se, ohjaako sähköurakoitsija vai automaatiourakoitsija mitä valaisimia ja missä tilassa. Antureita oli asentamatta paikoitellen vielä lähellä urakan luovutuspäivää. Palopeltien ohjauksissa oli ongelmaa, jotka johtuvat palopeltien asennuksesta eikä niiden ohjauksesta. Erilaisia hälytyksiä oli testaamatta, ja joitakin hälytyksiä oli turhaan aktiivisena. Kriittisimmät hälytykset saatiin luovutukseen mennessä tehtyä. Valvomon grafiikasta puuttui asioita, ja kohde oli pahasti kesken kohteen luovutushetkellä.

Aikataulussa pysymistä vaikeutti myös yhden vuokralaistilan suuret talotekniikkamuutokset ja viimeistelyaikataulun muuttuminen sen osalta. Dokumentteja oli

vaikea saada tarkastettavaksi, mikä on merkki töiden myöhästymisestä. Suunnitelmissa oli puutteita, ja suunnitteluratkaisuja jouduttiin miettimään useasti. Urakoitsijan ja suunnittelijan yhteydenpitoa tulisi lisätä. Työvaiheiden ja resurssoinnin suunnittelua tulee kehittää, jotta urakan viivästyksiltä vältyttäisiin. Toimintakokeiden sujuvuutta olisi saatu sujuvammaksi tarkemmalla toimintakoesuunnitelmalla, jossa vaaditaan kaikkia taloteknisiä urakoitsijoita ottamaan toimintakokeet aikataulussa huomioon ja etsimään yhdessä urakoitsijan, valvojan ja työmaan kesken ratkaisuja aikataulun kiinniottamiseksi.

6 Laadunvarmistuksen dokumentointi

Tässä luvussa esitellään laadun ja toimivuuden varmistamisen seurantaan sopivia dokumentteja. Dokumenttien laadinta, täyttäminen ja hyväksyminen kuuluvat olennaisena osana laadunvarmistusprosessiin. Onnistunut laadunvarmistusprosessi on suunniteltu huolella, ja toteutuspuoli hoitaa osuutensa ajatuksella työmaalla.

Rakennuttajan toimintakokeet edellyttävät itselleluovutusprotokollan tai vastaavan dokumentin täyttöä vähintään kenttälaitteisiin liittyvän työn osalta. Dokumenttiin täytetään suunnitelmissa esitetyt järjestelmätunnukset ja nimet. Näiden tietojen perään tarkastetaan ja merkataan, onko asennukset ja kytkennät tehty suunnitelmien, sääntöjen ja standardien mukaan. Myös perustoiminnot, laite-merkinnät, ohjaukset sekä toimintasuunnat tarkastetaan. [10].

Toiminnot ja ohjelmat tarkastuskohdat täytyy olla tarkastettu ennen kohteen vastaanottotarkastusta. Toiminnot katsotaan vähintään valvomosta, jos on epävarmuutta toimintojen toimivuudesta, tai jos on esiintynyt paljon poikkeamia, on syytä tarkastaa toiminnot myös fyysisesti paikan päällä. Toimintojen tarkastaminen ennen varsinaisia toimintakokeita on urakoitsijan vastuulla. Huoneita kytkeään joskus epähuomiossa ristiin viereisen huoneen kanssa tai ohjelmoidaan valvomon päässä väärin. Tällaisia virheitä voi testata nostamalla tai laskemalla grafiikasta huoneen lämpötilaa. Samalla pitää kuunnella, tapahtuuko ilmanvaihi-

täyttää dokumentin. Tietoturvallisuusasiat ovat viime vuosien aikana nousseet suuremmin esille rakennusprojekteissa. Suojaamattomat yhteydet voivat aiheuttaa huomattavaa taloudellista tappiota esimerkiksi ulkopuolisen päästessä valvomoon sammuttamaan järjestelmiä. Dokumentin avulla eri osapuolet löytävät tietoa järjestelmän toimintoja, huoltoa ja käyttövastuita ajatellen.

Digitaalinen turvallisuus jakautuu kolmeen eri osaan: tietosuojaan, tietoturvaan ja kyberturvallisuuteen. Tietoturvalla tarkoitetaan suunnitelmaa ja toimintaa, jolla toteutetaan tietosuojaa. Tietosuojalla tarkoitetaan sääntöjä, joilla henkilötietoja käsitellään. Digitaaliseen turvallisuuteen liittyy lakisääteisiä asioita, standardeja ja ohjeistusta, joiden avulla suunnittelijat määrittävät toiminnalliset ja teknilliset ratkaisut, joilla päästään vaadittuun suojauksen tasoon. Tilaaja määrittää kiinteistöön tarvittavan suojauksen tason sekä huolehtii vaatimusten toteutumisesta. Tietosuojaa tarvitaan, jotta henkilö- tai kulutustiedot eivät pääse kuulumattomille henkilöille ilman henkilön tai organisaation suostumusta. Kyberturvallisuudella puolestaan tarkoitetaan verkosta tulevien uhkien tunnistusta, ehkäisyä ja varautumista. Näillä toimenpiteillä lasketaan riskiä henkilötietojen käsittelyyn laittomasti, ja pahimmassa tapauksessa taloudellisiin menetyksiin. Kuvassa 3 on esitetty sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tietoturvan tarkastuspöytäkirjan sisältöä. [11, s. 2–3;14.]

1 Tietoja tarkastettavista järjestelmistä

Kulunvalvontajärjestelmä (T520), merkki, malli: _____

Etäkäytön toteutus

Ei etäkäyttömahdollisuutta

VPN- tai muu suojattu yhteys suoraan laitteisiin

VPN tai muu suojattu etäyhteys valvomoon

Pilvipohjainen valvomopalvelu (yksityinen verkko)

Suora pääsy automaattilaitteisiin internetistä

Internetin yli luotava etätyöpöytäyhteys valvomoon

Pilvipohjainen valvomopalvelu (internet)

Etäyhteysoikeudet ovat seuraavilla henkilöillä:

Toteutusaikaiset etäyhteydet ovat voimassa

Toistaiseksi Aikavälin _____

Etäyhteyden purkaa:

Tietoja järjestelmään tehdystä haavoittuvuustestauksista ja muista keskeisistä auditoinneista (päivämäärä ja tekijä):

Lisätietoja:

Valvomon toteutustapa

Uusi valvomo

Liitetty pilvipohjaiseen valvomopalveluun

Muu, mikä? _____

Liitetty voimassa olevaan valvomoon

Ei valvomoliitosta (ns. stand-alone)

Käyttöoikeudet ja niiden hallinta

Järjestelmään kuuluvien laitteiden oletussalasanat vaihdettu Kyllä Ei

Lista järjestelmän käyttöoikeuksista on luovutettu Kyllä Ei

Toimittajalle on jätetty käyttöoikeus Kyllä Ei

Toteutusaikaiset käyttöoikeudet ovat voimassa

Toistaiseksi Aikavälin _____

Toteutusaikaiset käyttöoikeudet purkaa:

Toteutuksen yhteydessä on varmuuskopioitu

Valvomotietokanta

Muuta, mitä? _____

Verkon aktiivilaitteet (kytkimet yms.)

Järjestelmän varmuuskopiointin ajastus:

Varmuuskopioiden sijainti:

Verkkodokumentointi on luovutettu Kyllä Ei

Järjestelmän versio:

Järjestelmän päivityksestä vastaa:

Kuva 3. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tietoturvan tarkastuspöytäkirja [12].

ST-kortiston tehtävämatriisista (kuva 4) selviää rakennusautomaatioon kuuluvia vaiheita. Matriisissa on nimetty jokaiselle tehtävälle vastuuhenkilö, sekä hoito- tarkastusvastuut. Myös osallistumiset on merkattu. Kohdat, joihin liittyy kokous tai työmaalla tehtävä tarkastus, aikataulutetaan. Talotekniikasta vastaava henkilö lähettää asianomaisille kalenterikutsut asennustarkastuksiin, kuormitus- ja toimintakokeisiin. Matriisi helpottaa osapuolten työn- ja vastuunjaon epäselvyyksien selvittämistä. [8.]

| RAKENNUSAUTOMAATION VASTAAN- JA KÄYTTÖÖNOTTO. Tehtävämatriisi | | Tilaaaja / rakennuttaja | Rakennusvalvoja | TATE-valvojat | RAU-valvojat | Loppukäyttäjät | TATE-suunnittelijat | RAU-suunnittelijat | Päätöstehtäjä | TATE-urakoitsijat | RAU-urakoitsijat | Viranomaiset |
|--|--|-------------------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------|-------------------|------------------|--------------|
| HANKKEEN VALMISTELUVAIHE | | | | | | | | | | | | |
| | Vastuuhenkilö | V / H | | | | | O | O | | | | |
| | Tilaaajan tavoitteiden dokumentointi | V / H | | | | | O | O | | | | |
| | Vaatimusten sisällyttäminen suunnittelutarjouspyyntöihin | V / H | | | | | O | O | | | | |
| | Hankkeen vastaan- ja käyttöönottosuunnitelma | V / H | O | O | O | | O | O | | | | |
| LAADUNVARMISTUSPROSESSIN TOTEUTUS | | | | | | | | | | | | |
| 8.1 | Laite- ja järjestelmävalintojen hyväksyttäminen | | | | T/H | | | O | | | | V / H |
| 8.2 | Malliasennukset | | O | T/H | T/H | | | | O | | | V / H |
| 8.3 | Laite- ja asennustaparakastukset | | O | OT | T/H | (O) | | | O | | | V / H |
| 8.5 | Urakoitsijoiden toimintatarkastus | | OT | OT | T/H | | | OT | O | V/H | | V / H |
| 8.6 | Rakennuttajan toimintakokeet | | | OT | T/H | (O) | | OT | | O | | O |
| 8.7 | Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja virtitys | | | | V / H | (O) | | OT | | O | | V / H |
| 8.8 | Kuormituskokeet | | OT | V / H | O | | O | O | | V/H | | O |
| 8.9 | Koekäyttö | | OT | OT | O | (O) | O | O | V | V/H | | H |
| 8.10 | Viranomaistarkastukset | | O | O | O | OT | OT | OT | V | | | V |
| 8.11 | Luovutus ja käyttöasiakirjojen laatiminen ja kokoaminen; huoltokirja | | | T/H | O | T/H | | | V / H | | | V / H |
| 8.12 | Käyttöönotto | | V | T/H | O | T/H | OT | O | O | H | | H |
| 8.13 | Vastaanottotarkastus | | V | T/H | O | T/H | OT | O | O | O | O | O |
| TAKUUAIKA | | | | | | | | | | | | |
| 8.14 | Toimivuustarkastukset | | V | | O | V / H | O | O | O | OT | O | O |
| | Ensimmäisen vuoden takuutarkastus | | V / H | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| | Toisen vuoden takuutarkastus | | V / H | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| | Takuuajan tehtävät | | V | O | O | O | | OT | OT | H | V/H | H |

V Vastaa
 H Hoitaa
 O Osallistuu; (O) = osallistuu sovittaessa
 OT Osallistuu tarvittaessa
 T/H Tarkastaa / hyväksyy
 V/H Vastaa oman urakkansa osalta

Kuva 3. Tehtävämatriisi [8, liite 2].

Kuvassa 5 on esitetty dokumentti rakennuttajan toimintakokeita varten. Dokumenttia täyttää talotekniikan asiantuntija, työmaainsinööri tai kohteen RAU-valvoja. Otsikoita voi muuttaa tarkastukseen sopivalla tavalla. Tarkastuksia on hyvä tehdä kootusti joko järjestelmä- tai kerroskohtaisesti. Dokumentti tulisi päivittää kohteen viimeistelyvaiheessa sovitusti säännöllisin väliajoin, kunnes kaikki kohdat ovat hyväksytyt. Dokumentin käytöstä ja seurannasta on hyvä sopia viimeistään urakan aloituspalaverissa.

7 Pohdinta

Opinnäytetyössä kuvattiin rakennusautomaatiourakan suunnitteluvaihetta, analysoitiin laadunvarmistukseen liittyviä haasteita sekä esitettiin laadunvarmistuksen dokumentointiin vaadittavaa sisältöä. Opinnäytetyön tuloksena tehtiin useita päätelmiä. Työn tavoitteena oli kuvata laadunvarmistuksen prosessit ja tarkastusasiakirjan kohdat. Työn tuloksena esitettiin tarkastettavia kohtia. Lisäksi havaittiin, että ST-kortistosta saatiin hyviä tarkastuspohjia, joista voi poimia kohteeseen sopivat tarkastukset. Myös suunnittelun eri vaiheille esitettiin sisältövaatimuksia.

Toimivuuden varmistussuunnitelman laatimisesta on annettava selkeä vastuu tietyille henkilölle tai organisaatiolle. Virheiden ja puutteiden määrää on mahdollista vähentää tarkastusten ja dokumentoinnin avulla. Tiukassa aikataulussa ja muiden työvaiheiden ollessa myöhässä virheiden määrä nousee. Rakennusautomaatiojärjestelmän laadun varmentaminen ja puutteiden korjaamiseksi parhaat keinot ovat säännöllinen seuranta ja aktiivinen ote asioiden korjaamiseksi. Tätä helpottavat vakioidut dokumentointikäytännöt. Eri taloteknisten suunnittelualojen tiedonvaihto tulee aloittaa tarpeeksi ajoissa ja pitää kaikki osapuolet ajan tasalla. Tarkastuspohjien luonti Congrid-sovellukseen rakennusautomaation osuudelle määrittää raamit laadunvarmistukseen työmaalla.

Rakennusliikkeen näkökulmasta suunnittelutasolla hankekehitys- ja rakennusluvapavaiheessa rakennusautomaatiolta vaaditaan lähtötiedot. Lähtötietojen vakiointi huonesäätökaavioiden osalta vähentäisi virheiden määrää suunnittelussa. Urakkalaskentapiirustukset tehdään kohteen alustavia LVIS- sekä energiasuunnitelmia hyödyntäen, ja niiden kanssa yhteensovittaen. Toteutussuunnitelmavaiheessa suunnitelmat tulee olla läpikäyty suunnittelijan ja urakoitsijan osalta, ja varata suunnitelmien yhteensovittamiselle tarpeeksi resursseja.

Toimintakokeiden sisältösuunnitelma tulee laatia projektille. Tällä tarkoitan, mitä järjestelmiä tarkastetaan ja millä laajuudella. Tähän suunnitelmaan sisältyy

myös aikataulu siitä, milloin tarkastuksia pidetään. RAU-suunnitelmakatselmuksia tulisi järjestää samalla periaatteella, eli käydään läpi urakkalaskenta- ja toteutussuunnitelmat yhdessä suunnittelijoiden, tilaajan ja urakoitsijan kesken. Työmaalla pidetään kiinni aikataulutavoitteista toimintakokeiden aloittamisolosuhteita varten. Toimivuuden tarkastuksessa tarkastusprosessi vaatii suunnitelman ja resurssit projektikohtaisesti.

Katselmuksissa tarkoituksena on järjestelmien toimivuuden varmistaminen ja siitä saatava todiste. Kaikkia toimintakokeita ei kannata tehdä kerralla tai peräkkäisinä päivinä, vaan tarkastuksia aikataulutetaan viimeistelyaikataulun mukaisesti. Kohteen laajuus, asennusten valmius ja toimenpiteet ennen toimintakokeita vaikuttavat toimintakokeiden keston. Katselmuksissa havaitut korjaustoimenpiteet pitää toteuttaa sovitusti. Pääurakoitsijan vastuu on järjestää katselmuksia ja aikatauluttaa ne ja sopia tarkastuksissa havaituille puutteille korjausaikataulu. Urakoitsijan vastuu on päästä tekemään urakkaan liittyvät asennukset, tarkastukset ja korjaukset yhdessä sovitussa aikataulussa. Toiminnan tarkastamisessa pystyy hyödyntämään tässä insinööriyössä esitettyjä dokumenttipohjia. Valmista dokumenttipohjaa, jota voisi hyödyntää useassa eri kohteessa, ei voi luoda detaljitasolla.

Lähteet

- 1 NCC Suomessa. 2022, Verkkoaineisto. NCC Suomi Oy. <https://www.ncc.fi/tietoa-nccsta/ncc-konserni/ncc-suomessa/>. Luettu 20.10.2022
- 2 Härkönen, Pentti; Liedes, Riikka; Mikkola, Juhana; Piikkilä, Veijo; Pusa, Kari; Sahala, Antti; Sahlsten, Toivo; Sandström, Börje; Sirviö, Arto; Spangar, Tapani & Sulku, Jukka. 2018: ST käsikirja 17, Rakennusautomaatiojärjestelmät, Espoo, Sähkötieto ry
- 3 Sulku, Jukka; Sahlsten, Toivo & Liedes, Riikka. 2017. ST 710.10 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. Espoo: Sähkötieto ry.
- 4 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE2018. 2017. Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS
- 5 Pulkkinen, Harri. 2022. ST 701.32 Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. Espoo: Sähkötieto ry.
- 6 Kalema, Timo; Kauppinen, Timo; Keränen, Hannu; Kovanen, Keijo; Nykänen, Veijo; Nyman, Mikko; Paiho, Satu; Peltonen, Janne; Pietiläinen, Jorma & Pihala, Hannu. 2007. ToVa-käsikirja, Espoo: Sähkötieto ry.
- 7 Laatutarkastukset. 2022. Verkkoaineisto. Congrid. <https://www.congrid.fi/laatutarkastukset/>. Luettu 1.11.2022
- 8 Sahlsten, Toivo. 2020. Sähkötieto ry, ST 711.04 Rakennusautomaatiourakan laadunvarmistus- valvonta- ja vastaanottomenettelyohjeita. Espoo: Sähkötieto ry.
- 9 Sahlsten, Toivo; Kähkönen, Tapio. 2013. ST 736.00, Rakennusautomaatioprojektin hallinta. Sähkötieto ry.
- 10 ST 730.03 Tarkastuspöytäkirja. Urakoitsijan suorittama rakennusautomaatiotöiden itselleluovutustarkastus. 2018. Espoo: Sähkötieto ry.
- 11 Anttila, Minna; Arenius, Kimmo; Friman, Ilkka; Järvinen, Ari; Kaitera, Juha; Kuusisto, Jani; Långström, Mikael; Seppä, Eero; Silver, Timo & Virtanen, Jarmo. 2020. RT 130206, Rakennusten digitaalinen turvallisuus, tilaajan ohje. Rakennustieto Oy.

- 12 ST 730.05 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tietoturvan tarkastuspöytäkirja. 2018. Espoo: Sähkötieto ry.

Liite 1. Rakennusautomaatiourakan työvaiheet

| Työvaihe | Huomioitavia asioita työvaiheeseen |
|-------------------------------------|---|
| Kytkentäsuunnittelu | Suunnittelija tekee kytkentäluettel- on, yhteensovitus LVIS-suunnitel- mien kanssa |
| Ohjelmistosuunnittelu | Ohjelmiston logiikka, toiminta, ul- konäkö, pitkä työvaihe, käynnissä projektin loppumetreille asti |
| Kaapelinveto | Kytkentäsuunnitelmat tarpeeksi ajoissa kaapeloinnin tekevälle yri- tykselle, valmistuu johtoreittien mukaan |
| Laitteiden hyväksynnät ja tilaukset | Yhteensovitus LVIS-suunnitelmien kanssa, toimitusaikojen huomiointi |
| Kenttälaiteasennukset | LVIS-laiteasennusten jälkeen, ra- kennepuolella asennuspaikka kun- nossa, Congrid |
| Alakeskusohjelmointi | VAK:n ohjelmoinnit, jos useita VAK:eja, vaiheistaminen |
| Pistetestaus | Heti alakeskusohjelmoinnin jäl- keen, näkykö pisteet alakeskuk- sella ja toimiiko oikein, pistetes- tauspöytäkirja |
| Valvomon grafiikoiden laatiminen | Grafiikoiden luonti, tilanteen kat- selmointi |
| Laite- ja asennustapatarkastukset | Malliasennukset, pöytäkirjat, Congridin käyttö |

| | |
|------------------------------|---|
| Itselleluovutus | Tarkastuslista, listojen tilanteen seuranta |
| Urakoitsijan toimintakokeet | Tätä ennen tiiveys- ja painekokeet, pölyttömyys, Urakoitsija dokumentoi tarkastukset |
| Rakennuttajan toimintakokeet | Urakoitsijan toimintakokeet tehty, pisteet grafiikalla oikein, jatkohälytykset, toimintojen simulointi, Congrid |
| Säädöt ja viritykset | Yhteensovitus PU- ja IU-säätöjen kanssa, virityspöytäkirja, trendiajot |
| Kuormituskokeet | Säädöt/viritykset kunnossa, blackout-testi, järjestelmien palautuminen |
| Yhteiskoekäyttö | Trendi- ja historiatietojen seuranta |
| Tarkastusmittaukset | Mittausten täsmäytykset, vertaaminen valvomo/fyysinen mittari |
| Käytönopastus | Tarpeeksi laaja, riittävästi osallistujia loppukäyttäjältä, RAU-järjestelmäkuvaus mukaan |
| Vastaanottotarkastus | Dokumentit valmiita, loppupiirustukset, valvomo valmis kiinteistöhuoltoa varten |
| Takuuaika | Käyttäjien havainnot, takuuhuollot, hälytysseuranta |