

Rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen kehittäminen YH Kodit Oy:ssä

Marjo Heponiemi

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

MARJO HEPONIEMI

Rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen kehittäminen YH Kodit Oy:ssä

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Huhtikuu 2019

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, miten talotekniikan suunnitteluohjeen rakennusautomaatio-osuutta voitaisiin kehittää. Rakennusautomaation rooli rakennushankkeissa korostuu koko ajan rakentamismääräysten tiukentuessa sekä energiatehokkuudelle ja hyvälle sisäilmaolosuhteille asetettujen vaatimusten kasvaessa. Rakentamisessa onkin tultu pisteeseen, jossa ei enää yksittäisellä rakenteella tai järjestelmällä ole mahdollista saavuttaa asetettuja tavoitteita, vaan kiinteistön järjestelmiä tulee säätää, ohjata ja valvoa yhtenä kokonaisuutena.

Opinnäytetyö koostui kahdesta kokonaisuudesta. Työssä perehdyttiin rakennusautomaatiojärjestelmien termistöön, rakenteeseen ja toimintaan sekä järjestelmien suunnitteluprosessiin ja -dokumentaatioon. Tässä niin sanotussa kirjallisuussosiuudessa esiteltiin myös rakennusautomaatioon liittyviä määräyksiä, sekä perehdyttiin näkökulmiin tietoturvasta ja energiatehokkuudesta.

Työn toinen kokonaisuus muodostui tutkimusosuudesta, jossa tutustuttiin kirjallisuustutkimuksen kautta rakennusautomaatiosta aiemmin tehtyihin selvityksiin ja tutkimuksiin kartoittaen sieltä alan yleisiä haasteita ja ehdotuksia suunnittelun parantamiseen. Toinen tutkimuksen osuus oli yhteistyökumppaneiden asiantuntijahaastattelut, joiden avulla pyrittiin kartoittamaan YH Kotien suunnitteluohjeen nykytilaa ja kehitysehdotuksia.

Tutkimuksen perusteella koostettiin kehitysehdotuksia talotekniikkaohjeen rakennusautomaatio osuuden päivittämisen pohjaksi. Tutkimustulokset osoittavat, että nykyisestä ohjeesta selviävät suunniteltavien järjestelmien laatutasovaatimukset, ja sen perusteella saadaan tyypillinen asuinkiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä. Ominaisuuksien karsinnalle tai lisäyksille ei nähty perusteita. Merkittävin kehitysehdotus nykyiseen ohjeeseen verrattuna on parempi varautuminen tulevaisuuden kehitysnäköymiin. Kustannusten tehostamisnäkökulmasta mallikaavioiden käyttöönotto olisi hyvä vaihtoehto. Tutkimuksessa tuli myös esille joitakin kehitysehdotuksia suunnitelmien laadun ja suunnitteluprosessin parantamiseen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Building Services Engineering

MARJO HEPONIEMI

Developing of Building Services Design Guide for Building Automation
at YH Kodit Oy

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 1 page
April 2019

This thesis examines the developing of building engineering design guidelines for building automation. The role of building automation in construction projects is increasingly emphasized as construction regulations become stricter and the requirements for energy efficiency and good indoor conditions increase. A point has been reached where it is no longer possible to achieve the set goals with a single structure or system, instead the systems of the property must be adjusted, controlled and monitored as one whole.

The thesis consists of two parts. The First part focuses on the terminology, structure and operation of structural automation systems and the design process and documentation of systems. The literature section also reviews the standardisation related to building automation, as well as perspectives on information security and energy efficiency.

The second part of the thesis consists of a research section. Previous studies and research, on building automation are examined. The goal was to identify the general challenges in the field and to find suggestions for improving design. The second part of the research was the partner interviews with experts. The aim of it was to analyse the current status and development goals of the Building Services Design Guide in YH Kodit Oy.

On the basis of the study, development proposals were prepared as the basis for the updating of the building automation section of the Building Services Design Guide. The results of the study show that the current guidance sets out the quality requirements of the planned systems and provides a typical building automation system for the residential property. The most significant development proposal for the current guidance is better preparedness for future developments. From a cost efficiency perspective, the introduction of model charts would be a good option. The study also highlighted some development suggestions for improving the quality of plans.

Key words: Building automation system, BAS, Planning instructions, Design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TAUSTAA RAKENNUSAUTOMAATIOILLE	9
2.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	9
2.1.1	Kenttätaso	10
2.1.2	Automaatiotaso.....	11
2.1.3	Hallintotaso.....	12
2.2	Rakennusautomaation suunnittelu	15
2.2.1	Tarvekartoitus.....	16
2.2.2	Hanke- ja luonnossuunnittelu	17
2.2.3	Lähtötietojen tarkastus ja toteutussuunnittelu.....	17
2.2.4	Suunnittelun todentaminen ja suunnitelmien tarkastaminen	18
2.2.5	Rakennusaikaiset ja käyttöönottoon liittyvät tehtävät	18
2.2.6	Kustannusten muodostuminen	19
2.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän dokumentaatio.....	20
2.3.1	Rakennusautomaatioselostus	21
2.3.2	Järjestelmäkaavio.....	21
2.3.3	Säätökaaviot ja toimintaselostukset.....	22
2.3.4	Piste- ja ohjelmistoluettelo	23
2.3.5	Asennus- ja paikantamisiirustukset	24
2.3.6	Piirustusluettelo	24
2.4	Tietoturva	25
2.5	Määräykset, ohjeet ja standardit	28
2.6	Energiatehokkuus ja sisäilma.....	29
2.6.1	Rakennusautomaation merkitys energiatehokkuuteen	29
2.6.2	Rakennusautomaation merkitys sisäilmasto-olosuhteisiin ..	31
2.7	Tulevaisuuden säännökset	32
2.7.1	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (844/2019/EU)	32
2.7.2	Älyratkaisuvalmiusindikaattori	32
3	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	34
3.1	Kirjallisuusselvitys	34
3.2	Asiantuntijahaastattelut	34
4	TULOKSET JA ANALYYSI	35

4.1 Kirjallisuuskatselmuksen havainnot.....	35
4.1.1 Yhteenveto kirjallisuustutkimuksen havainnoista.....	38
4.2 Asiantuntijahaastattelujen tulokset ja analyysi	39
4.2.1 Suunnitteluohjeen nykytilanne	39
4.2.2 Suunnitteluohjeen kehitystarpeet.....	43
4.2.3 Vapaa sana	46
4.2.4 Yhteenveto asiantuntijahaastatteluiden tuloksista	48
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	50
6 POHDINTA	51
LÄHTEET	52
LIITTEET	55
Liite 1. Asiantuntijahaastattelujen kysymykset	55

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

ARA	asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus
IoT	esineiden internet (engl. Internet of Things) Tarkoittaa laitteiden ja koneiden liittämistä internet- verkkoon, jolloin niitä voidaan ohjata ja mitata etäkäyt- töisesti.
IV	ilmanvaihto
LVI	talotekniikan lajit lämpö, vesi ja ilma
TaTe	talotekniikka
RAU	rakennusautomaatio
RYL	rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
I/O-moduuli	Input/Output pisteistä koostuva piirikortti
VAK	valvomoalakeskus
VPN	Virtual Private Network

1 JOHDANTO

Euroopan tämän hetkisestä energiankulutuksesta 40 prosenttia tapahtuu asunto- ja palvelusektorin rakennuksissa (European Commission 2018, 8). Vaikka kaikki energia ei kulukaan taloteknisiin järjestelmiin, kertoo luku suuruusluokasta ja säästöpotentiaalista. Energiatehokkuuden parantamiseen on herätty Euroopan laajuisesti ja sen seuraukset näkyvät mm. koko ajan tiukentuvina rakennusten energiatehokkuusmääräyksinä.

Rakennustekniikassa lähestytään pistettä, jolloin yksittäisen rakenteen tai järjestelmän avulla ei pystytä saavuttamaan energiatehokkuuden vaatimuksia. Ohjaamalla kiinteistöjen taloteknisiä järjestelmiä rakennusautomaation avulla saadaan järjestelmät toimimaan keskenään optimaalisesti, aikaansaadaan hyvät sisäilmaolosuhteet ja saavutetaan säästöjä energiakulutuksessa.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin YH Kodit Oy:n toimeksiannosta. YH Kodit Oy on pirkanmaalaisten ja varsinaissuomalaisten kaupunkien, kuntien ja säätiöiden omistama yritys, joka rakennuttaa ja omistaa asuntoja sekä tuottaa asumisen palveluita, kuten isännöintiä. YH Kodit rakennuttaa vuosittain noin 500 – 1000 uutta asuntoa. Rakennushankkeet koostuvat vapaarahoitteisista omistusasunnoista sekä valtion tukemasta ARA-asuntotuotannosta. (YH Kodit 2018.)

YH Kodit Oy:ssa havaittiin talotekniikkaohjeen päivitystyön yhteydessä tarve tarkastella ja päivittää rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelusta annetun ohjeistuksen ajantasaisuutta sekä järjestelmille asetettujen vaatimusten oikeellisuutta tarpeisiin nähden. Tarvetta oli myös pohtia vaatimusten korrelaatiota kustannuksiin ja saataviin hyötyihin. Talotekniikkaohje on rakennuttajaorganisaation laatima dokumentti, jossa on esitetty talotekniikan järjestelmäkohtaiset laatuvaatimukset ja suunnitteluohjeet järjestelmien suunnittelijoille.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa rakennusautomaatiosuunnittelun tärkeimmät työvaiheet ja osatekijät asuntorakentamisessa. Samalla pyritään kirjastamaan rakennuttajaorganisaation ymmärrystä, mihin rakennusautomaatiota

tarvitaan ja mitä sillä voidaan saavuttaa. Lisäämällä tietämystä rakennusautomaatiosta pystytään parantamaan tilaajan valmiuksia RAU-urakan suunnittelutamisessa sekä vaatimusmäärittelyssä.

Työn toisena tavoitteena oli kartoittaa nykyisen RAU-suunnitteluohjeistuksen kattavuus sekä kerätä parannustarpeet ja kehitysehdotukset. Kerätyn aineiston perusteella tullaan päivittämään rakennusautomaation suunnitteluohjeistuksen osuus TaTe-suunnitteluohjeesta.

Työssä pureuduttiin tämän hetkiseen suunnitteluohjeeseen kahdella eri tavalla; kirjallisuuskatselmuksen ja kyselytutkimuksen kautta. Kirjallisuuskatselmuksessa tutustuttiin kattavasti rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteeseen, toimintaan ja terminologiaan sekä perehdyttiin aiemmin rakennusautomaation kehittämistä tehtyihin selvityksiin.

Kyselytutkimus toteutettiin haastattelututkimuksena, jonka pohjana hyödynnettiin kirjallisuuskatselmuksesta tehtyjä havaintoja. Haastattelututkimuksella pyrittiin tunnistamaan nykyisen suunnitteluohjeen epäkohdat ja koostamaan kehitystarpeet. Aineisto kerättiin rakennuttajaorganisaatioilta, rakennusautomaatiosuunnittelijoilta, -urakoitsijoilta ja -valvojilta sekä kiinteistöhuollosta ja teknisestä isännöinnistä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin asiakokonaisuuksia, jotka liittyvät rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluun ja suunnittelun ohjaukseen rakennuttajan näkökulmasta. Työssä ei perehdytty laitteiden tai tekniikoiden yksityiskohtiin, kuten järjestelmien ohjelmoitiin. Työssä keskityttiin pääsääntöisesti LVI-talotekniikan järjestelmiin. Vaikka rakennusautomaatiolla ohjataan myös sähköiseen talotekniikkaan ja turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä, rajattiin nämä aihealueen laajuuden vuoksi työn ulkopuolelle.

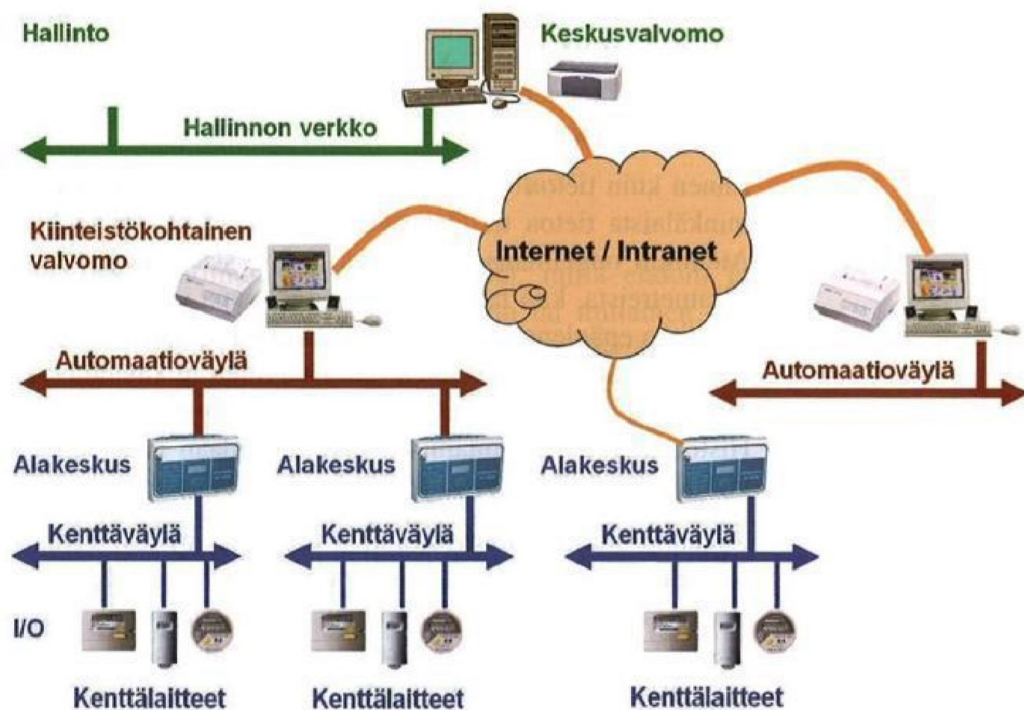
2 TAUSTAA RAKENNUSAUTOMAATIOILLE

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan kiinteistöjen taloteknisten järjestelmien, kuten ilmanvaihto-, ilmastointi-, lämmitys-, valaistus-, hälytys- ja valvontajärjestelmien automaattista ohjausta ja valvontaa. Rakennusautomaatiojärjestelmään on usein liiitty myös kiinteistönhallinta- ja turvajärjestelmät, joihin kuuluu mm. ovi-lukitukset, kulunvalvonta, palonilmaisu- ja savunpoistojärjestelmät.

Rakennusautomaatiojärjestelmän tehtävänä on kerätä kiinteistön toiminnasta kulutus-, olosuhde- ja käyttötilatietoja, joiden avulla pidetään kiinteistön talotekniikka kunnossa, sisäolosuhteet tavoitellulla tasolla sekä energiankulutus maltillisena (Heinonen ym. 2014a, 293, Litiu ym. 2016.).

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaation hierarkkinen rakenne jakautuu kolmeen tasoon: hallintotaso (vihreä), automaatiotaso (punainen) ja kenttätaso (sininen), kuvassa 1 esitettyyn tapaan (Heinonen ym. 2014a, 294).



KUVA 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän periaatekaavio (Heinonen ym. 2014a, 294)

2.1.1 Kenttätaso

Alimman eli kenttätason hierarkiassa muodostavat kenttälaitteet, joita ovat erilaiset anturit ja toimilaitteet, kuten lämpötila-, kosteus- ja paineanturit sekä prosesseja säättävät moottorit ja taajuusmuuttajat (Liedes 2017, 12). Kenttätason laitteet sijaitsevat lähimpänä itse prosessia.

Hajautetuissa järjestelmissä olevat itsenäiset säätimet, kuten huonesäätimet ja taloteknisiin laitteisiin integroidut I/O-moduulit, katsotaan kuuluvaksi myös kenttätasoon. Tällaisia itsenäisiä säätimiä ja integroituja I/O-moduuleja on enenevässä määrin IV-koneissa, lämmönvaihtimissa ja jäähdytyskoneikoissa. (Härkönen 2012a, 95; Heinonen 2014b, 299.)

Erilaiset anturit, mittalaitteet sekä lähettimet mittaavat ja välittävät reaaliaikaista tietoa prosessin tilasta ja olosuhteista alakeskukselle, jossa VAK:n ohjelmistot vertaavat tietoja tavoitearvoihin sekä ohjaavat toimilaitteita niin, että tavoitteet saavutetaan (Härkönen 2012a, 95). Taulukossa 1. on esitetty tyypillisiä rakennusautomaatioon liittyviä mittauksia.

TAULUKKO 1. Tyypillisiä mittauksia rakennusautomaatiojärjestelmissä (Uusitalo 2016a)

Mitattava asia	Esimerkki:
Lämpötila	Huone, ulkoilma, kanava, neste
Kosteus	Huone, ulkoilma, kanava, neste
Paine, paine-ero	Ilma, neste, huoneilma
Ilman laatu	Huone, ulkoilma Hiilidioksidi, hiilimonoksidi, VOC
Valoisuus	Huone, ulkoilma
Nesteiden pinnankorkeus	
Läsnäolo	Liikkeen tunnistus
Energia ja vesi	Energiamäärä / vesimäärä

Kommunikointi VAK:n ja kenttälaitteiden välillä tapahtuu kenttäväylän avulla. Kenttäväylän valintaan vaikuttavat laitevalinnat, muut järjestelmävalinnat sekä

käytettävä sovellus (Härkönen 2012a, 95). Kenttäväylästandardeja käsitellään tarkemmin kohdassa Kenttäväylät.

2.1.2 Automaatiotaso

Rakennusautomaatiojärjestelmän keskimäinen kerros, automaatiotaso koostuu alakeskuksista ja I/O-moduuleista. Mittalaitteiden välittämät tiedot kerätään alakeskuksille ja niiden perusteella välitetään ohjaukset toimilaitteille. Alakeskuksilla suoritetaan myös mittaustietojen muuntaminen fyysikaalisiksi suureiksi sekä ohjauksen vaatimat erilaiset laskennat. (Liedes 2017, 12.)

Tyypillisiä alakeskusten rakenteita ovat modulaarinen tai kiinteäpistemääräinen alakeskus. Modulaarisessa alakeskuksessa kenttälaitteet kytketään I/O-moduuleihin kun kiinteäpistemääräisessä alakeskuksessa fyysiset liitäntäpisteet kytketään elektroniikkakorttiin. Modulaarisen alakeskuksen vahvuutena on sen joustavuus, koska I/O-moduulien määrää voidaan lisätä tarpeen mukaan. Vikatilanteissa moduuliratkaisu on myös helppo huoltaa. Joissakin tilanteissa voidaan käyttää moduulikoteloratkaisua, jolloin I/O-moduulit sijoitetaan moduulikoteloon ja liitetään sarjaväylällä lähimpään alakeskukseen, jossa sijaitsee I/O-pisteitä säättävät ohjelmat. Tällä järjestellä voidaan säästää kustannuksia sellaisissa tilanteissa, joissa alakeskukseen olisi tullut pienimäärä liityntäpisteitä. (Härkönen 2012, 102-103)

Automaatiossa puhutaan fyysisistä ja ohjelmallisista eli fiktiivisistä liityntäpisteistä. Fyysinen liityntäpiste liitetään nimensä mukaisesti fyysisellä liityntäkaapelilla alakeskukseen, kun ohjelmallisen piste saadaan laskennallisesti. Esimerkkinä tällaisesta ohjelmallisesta pisteestä voidaan mainita käyntiaikamittaus, jossa ohjattavalta koneelta lasketaan tilatiedon perusteella kyseinen koneen käyntiaika. Tämä laskettu arvo voidaan näyttää pistelistassa ja graafisessa prosessikuvassa samoin kuin fyysisten I/O-pisteen arvot. (Härkönen 2012, 104; Uusitalo 2016b.)

Fyysisiä I/O-pisteitä on neljää eri tyyppiä, digitaalisia tulo- ja lähtöpisteitä sekä analogisia tulo- ja lähtöpisteitä. Nämä I/O-pistetyypit on esitelty tarkemmin taulukossa 2.

TAULUKKO 2. I/O-pisteiden tyypit (Härkönen 2012, 104-107; Uusitalo 2016b.)

Pistetyyppi	Käyttökohteet	Käyttöesimerkki:
Digitaalinen tulo (DI, Digital Input)	Kosketintietoon perustuvat hälytykset ja tilatiedot.	Pumpun ja puhaltimen tilatiedot sekä erilaiset hälytystiedot
Digitaalinen lähtö (DO, Digital Output)	Erilaiset on/off -tyyppiset toiminnot	Pumpun ja puhaltimen ohjaus päälle ja pois.
Analoginen tulo (AI, Analogical Input)	Erilaiset mittaukset	Lämpötilan mittauksessa tyypilliset anturit ovat NTC- tai PTC-vastuksia. Paineen, pitoisuuksien mittauksessa käytetään tyypillisesti 0-10 VDC jänniteviestiä.
Analogisiin lähtöihin (AO, Analogical Output)	Erilaiset portaaton ohjausta vaativat kenttälaitteet	Venttiilin toimilaite Säätöpellin toimilaite Taajuusmuuttajan nopeusviesti. Alakeskus muuntaa ohjelmiston ohjausarvot jänniteviesteiksi (yleensä 0-10 tai 2-10 VDC)

2.1.3 Hallintotaso

Ylimmän tason hierarkiassa muodostavat valvomot ja hallinto eli hallintotaso, joka toimii käyttäjärajapintana RAU-järjestelmän ja käyttäjän välillä. Se voi käytännössä koostua paikallistasolla sijaitsevasta yhdestä tai useammasta valvo-

motietokoneesta tai keskusvalvomosta (kauko- tai etävalvomot). Keskusvalvomoihin keskitetään usean kiinteistön valvonta ja näin pystytään hyödyntämään kustannustehokkaasti asiantuntemusta sekä laite- ja ohjelmistoresursseja. (Härkönen ym. 2012, 93; Liedes ym. 2017, 12)

Kenttäväylät

Kenttäväylät ovat tietoliikennejärjestelmiä, joissa siirretään antureiden, toimilaitteiden ja järjestelmälaitteiden tilatieto-, ohjaus-, hälytys- ja mittaussanomia. Jotta väylää liitetyt laitteet toimivat oikein, tulee niiden käyttää valitun väylätyypin tukevaa protokollaa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää mediamuunninta, joka muuttaa viestin vastaanottavan laitteen ymmärtämään muotoon, mutta tässä tavassa järjestelmään tulee yksi potentiaalisesti vikaantuva laite lisää. Kenttäväylästandardeista tunnetuimpia ovat mm. BACNet, ModBus, M-Bus, KNX/EIB, LON ja DALI (Härkönen 2012a, 95). Alla esiteltynä joitakin tyypillisiä kenttäväyliä ja niiden yleisimpiä käyttökohteita.

BACnet – Building Automation and Control Networks on erityisesti rakennusautomaatioon ja ohjaukseen kehitetty tiedonsiirtoprotokolla. BACnet on hyvin pitkälle standardoitu (ISO ja CEN -standardit). Sen etuina on laitevalmistaja- ja ohjelmistoriippumattomuus, jolloin kaikki BACnet-protokollaa tukevat laitteet ja ohjelmistot voidaan ohjelmoida toimimaan keskenään. (Heikkilä 2008.)

Modbus-protokolla on perinteinen master – slave -periaatteella toimiva ratkaisu. Se on laajasti käytössä niin teollisuuden kuin rakennusautomaationkin ratkaisussa. Sitä hyödynnetään tyypillisesti energian optimointijärjestelmissä, pitkän matkan tiedonsiirrossa ja ohjauspaneelien yhdistämisessä sekä etävalvontasovelluksissa. Sen etu muihin protokolleihin verrattuna on avoimuus ja lisenssimaksettomuus. (Uusitalo 2016b.)

M-Bus eli Meter-Bus on kustannustehokas kenttäväyläratkaisu mittaustietojen siirtämiseen. Se on suunniteltu nimenomaan mittaustietojen siirtämiseen, minkä vuoksi se ei sovellu hälytysten ilmaisemiseen. Päätelaitteilta luetut hälytystilat tulee muuttaa hälytyksiksi rakennusautomaatiojärjestelmässä. (M-Bus -järjestelmän suunnitteluohjeet 2009.)

KNX/EIB on rakennusautomaatio käyttöön tarkoitettu tiedonsiirtoprotokolla. KNX-standardi on kehitetty rakennusautomaatiojärjestelmissä käytetyn EIB-väyläjärjestelmän pohjalta. KNX tukee EN50090 ja ISO/IEC14543-standardin vaatimuksia. KNX-tekniikalla ohjattavia laitteita ja ratkaisuja on laajalti saatavilla niin perinteisemmän talotekniikan kuin uudemman teknologian ohjaukselle. (KNX 2019.)

DALI – Digital Addressable Lighting Interface on digitaalinen valaistuksen ohjausväylä, jota käytetään tiedonsiirtoon valaistusohjauslaitteiden, kuten elektronisten liitäntälaitteiden, valaistustaso antureiden ja liikkeentunnistimien välillä (Uusitalo 2016b).

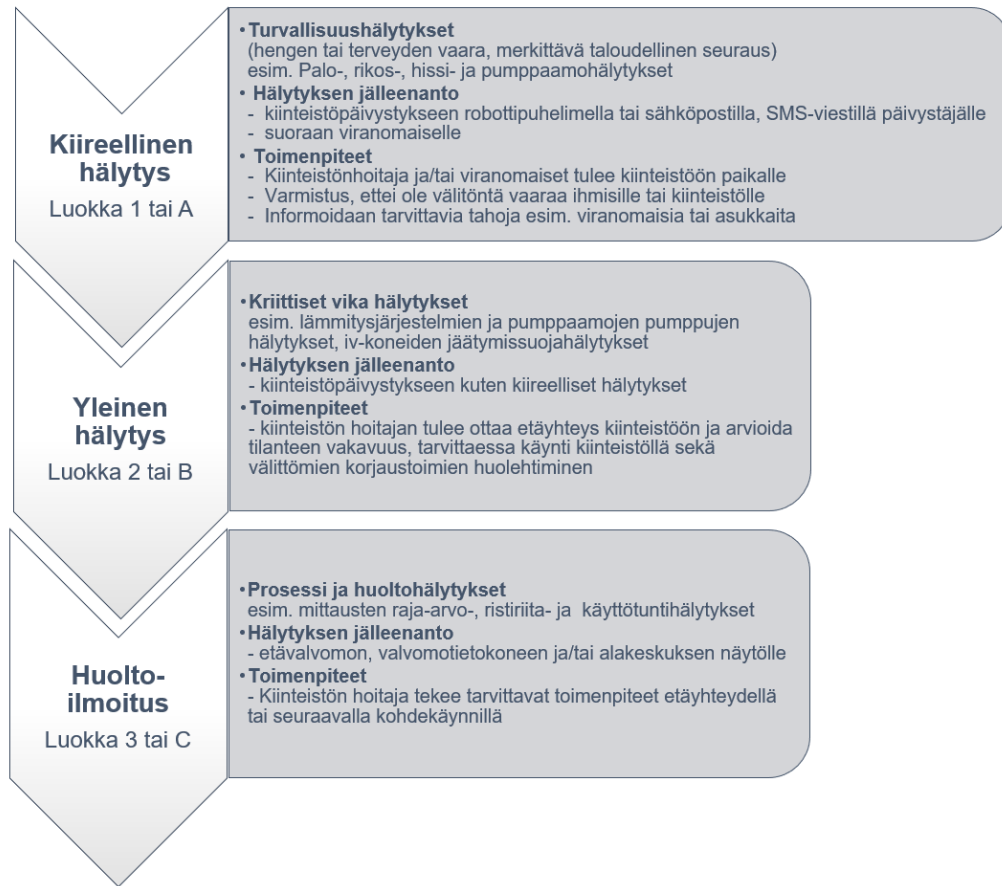
LonWorks – Local Operating Network protokollan käyttöosuus rakennusautomaatiossa on vähentynyt viime vuosina. Alalla on ollut havaittavissa, ettei kaikki laitteita Lon-tuella ole enää saatavilla.

Säätö

Säätötekniikalla on tärkeä merkitys LVI-järjestelmien toimivuudelle. Hyvin toteutettu säätöjärjestelmä edesauttaa miellyttävien sisäolosuhteiden luomista. Myös rakennuksen energiakulutuksen kannalta säädöllä on ratkaiseva merkitys. Säätöjärjestelmän osaa, joka pitää säädettävän suureen asetusarvossaan, kutsutaan säätöpiiriksi. Säätöpiirin tulee olla riittävän nopea, jotta muutostilanteet pysyvät hallinnassa, mutta kuitenkin mahdollisimman tunteeton ulkopuolisille häiriötekijöille. (Härkönen 2012, 55.)

Hälytysluokat ja hälytysten käsittely

RAU-järjestelmän hälytysvalvonta tapahtuu luokkajakoisesti, jolloin järjestelmästä tulevat hälytykset jaetaan luokkiin niiden vaatiman reagointitarpeen mukaan. Suunnittelijan hälytyksille tekemät alustavat hälytysluokat kirjataan säätökaavioon. (Liedes ym. 2017, 57). Tyypillisesti hälytysluokat määritellään joko kolmi- tai neljäportaisin kirjain- tai numerotunnuksin. Kuvassa 2 on esitelty kolmeportainen hälytysluokittelu.



KUVA 2. Esimerkki kolmiportaisesta hälytysluokasta (Liedes ym. 2017, 57-58).

2.2 Rakennusautomaation suunnittelu

Rakennusautomaationjärjestelmän suunnittelun lähtökohtana tulisi olla tavoite suunnitella hyvin toimiva, laajennettava ja hinta-laatusuhteeltaan hyvä järjestelmä (Härkönen ym. 2012, 167). LVI-ohjekortissa 'Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohje' on suunnittelun tavoitteeksi kirjattu viisi seuraavaa kokonaisuutta:

- määrittellä järjestelmälle asetettavat tekniset ja toiminnalliset vaatimukset
- antaa yksiselitteiset tiedot rakennuttajalle ja urakoitsijalle tarjouksen laskentaa sekä urakkasopimusta varten
- antaa riittävät tiedot toteutussuunnittelua, laitehankintoja, asennusta ja käyttöönottoa varten
- toimia päivitettyinä käytön ja ylläpidon loppudokumentointina
- toimia osana käyttö- ja huoltosuunnitelmaa (LVI-kortti 40-10250, 1996).

Jotta edellä mainitut tavoitteet saavutetaan, tulee rakennusautomaatiosuunnittelijalla olla laaja tuntemus sekä sähköisen että LVI-talotekniikan järjestelmistä. Läheinen yhteistyö eri alojen suunnittelijoiden välillä on myös ensiarvoisen tärkeää toimivan järjestelmän saavuttamisessa.

Rakennusautomaatiosuunnittelun tärkein tehtävä on yhdistää kiinteistön tekniset järjestelmät yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi (LVI-kortti 40-10250, 1996). Rakennusautomaation suunnitteluprosessi voidaan jakaa useisiin eri vaiheisiin. Juhana Mikkola jaottelee kirjassa Rakennusautomaatio järjestelmät (ST-käsikirja 17) RAU:n suunnitteluprosessin tässä luvussa esiteltyihin vaiheisiin. (Härkönen ym. 2012, 168-171.)

2.2.1 Tarvekartoitus

Tarvekartoitus on suunnitteluvaiheista tärkein. Järjestelmän tavoitteet ja tarpeet muodostuvat rakennuksen omistajan, käyttäjien ja ylläpitäjien intresseistä, jotka voivat poiketa hyvinkin paljon toisistaan. Siksi onkin tärkeää tehdä järjestelmän tarvekartoitus ja kustannus-hyötyanalyysi, jolloin päätös järjestelmän toiminnallisesta tavoitetasosta perustuu tietoon ja järjestelmästä saadaan kohteeseen teknistaloudellisesti soveltuvin. Tarveselvityksen toteuttaa rakennuttaja käyttäen apunaan suunnittelijoita ja tarvittaessa muita asiantuntijoita. (Härkönen ym. 2012, 174-176.)

RAU-järjestelmän toiminnallisella tasolla ja monipuolisuudella on vaikutus kiinteistön tuottavuuteen. Tuottavuuteen olennaisesti vaikuttaa investointikustannukset, joihin puolestaan vaikuttaa:

- muunneltavuustarpeet (rakennuksen eri osien käyttötapojen muuttuminen)
- tarpeisiin soveltuva tekniikka (ei liian monimutkaista eikä yksinkertaista)
- tarpeiden muuttuminen ja RAU-järjestelmien tekninen kehitys
- riskien minimointi RAU-järjestelmien hankinnassa (aikataulu, tekniikka, toimittajan turvallisuus)

- muut tietotekniset järjestelmän kuten rikosilmoitus-, palo- ja kulunvalvontajärjestelmät sekä niiden integrointitarpeet. (Härkönen ym. 2012, 174.)

2.2.2 Hanke- ja luonnossuunnittelu

Hankesuunnittelussa määritellään investointipäätöksen pohjaksi hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus- ja aikataulutavoitteet sekä tarvekartoitukseen perustuen minkä tasoisen automaatiojärjestelmä halutaan. RAU-järjestelmän tasoon vaikuttavaa valvomotarpeet, järjestelmän laajennettavuus, tulevaisuudentarpeet, muuntojoustavuus ja integrointitarpeet muihin järjestelmiin. (Härkönen ym. 2012, 171.) Omat ominaispiirteensä järjestelmän vaatimuksille asettaa myös kiinteistön energiatehokkuus- ja sisäilmastotavoitteet.

Luonnossuunnittelu alkaa projektin toteuttamis- tai suunnittelupäätöksen jälkeen. Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään mallikaavioehdotukset, järjestelmäkaavio ja järjestelmäkuvaus. (Härkönen ym. 2012, 171.)

2.2.3 Lähtötietojen tarkastus ja toteutussuunnittelu

Lähtötiedot tarkastetaan ennen toteutussuunnittelun aloittamista. Tarkastuksessa katselmoidaan kohdetiedot, viranomaisvaatimusten pitävyys, luonnossuunnitelmat sekä luonnosten ja laskelmien yhteensopivuustarkastelu (Härkönen ym. 2012, 171-172).

Toteutussuunnittelu voidaan aloittaa, kun tilaaja on hyväksynyt luonnossuunnittelun. Toteutussuunnittelussa tehdään järjestelmän tarjouslaskentaan tarvittavat asiakirjat. (Härkönen ym. 2012, 171-172). Näitä asiakirjoja on tarkasteltu tarkemmin luvussa 2.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän dokumentaatio.

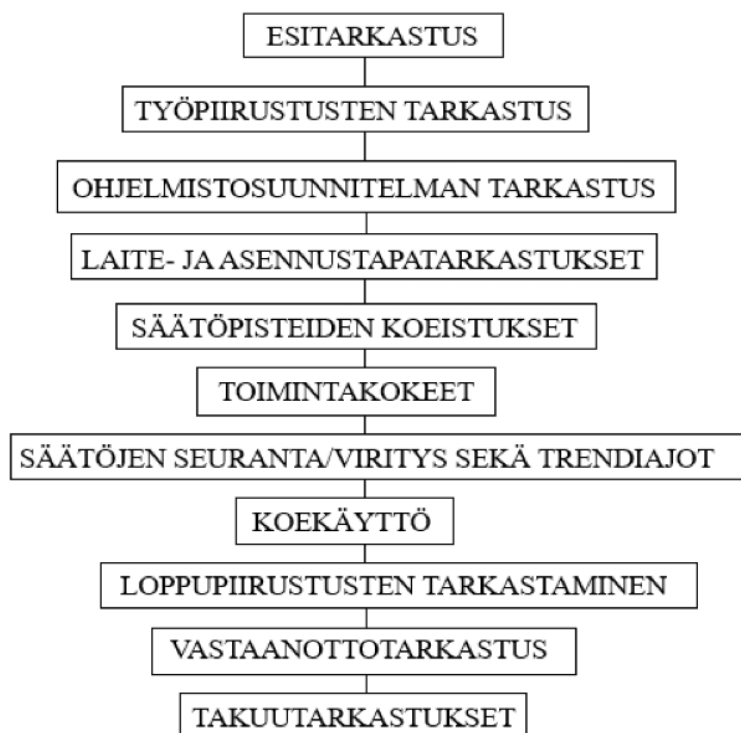
2.2.4 Suunnittelun todentaminen ja suunnitelmien tarkastaminen

Suunnittelun todentamisessa ja suunnitelmien tarkastamisessa varmistetaan tilaajan kanssa suunnitelmien vastaavan suunnittelutavoitteita ja suunnitteluratkaisujen olevan kohteeseen soveltuvia. Todentamisvaiheessa läpikäydään suunnitelmien kattavuus ja taloudellisuus, yhteensopivuus muiden suunnittelualojen suunnitelmien kanssa sekä suunnitteluasiakirjojen taso. Monialaprojekteissa järjestetään myös suunnittelukatselmuksia, mutta pienemmissä ja suoraviivaisemmissa projekteissa katselmointi voidaan sisällyttää suunnittelun todentamiseen ja tarkastamiseen. (Härkönen ym. 2012, 172.)

Suunnitelmat tarkastetaan projektin lopussa tai sen osakokonaisuuden lopussa, jolloin varmistetaan suunnitelmien oikeellisuudesta. Tarkastajan tulisi olla projektin ulkopuolelta tai ainakaan tarkastaja ei saa olla suunnittelija itse. Suunnitelmien todentamisen ja tarkastuksen jälkeen projektipäällikkö vastaa suunnitelmien hyväksymisestä. (Härkönen ym. 2012, 172-173.)

2.2.5 Rakennusaikaiset ja käyttöönottoon liittyvät tehtävät

Rakennusaikaiset ja käyttöönottoon liittyvät tehtävät ovat täydentäviä tehtäviä ja käsittelevät suunnittelun rakentamis- ja käyttöönottovaiheiden laadunvarmistuksen. Kuvassa 3 on esitetty rakennusaikaisia ja käyttöönottoon liittyviä tehtäviä.



KUVA 3. Rakennusaikaiset ja käyttöönottoon liittyvät tehtävät (Härkönen ym. 2012, 173.)

2.2.6 Kustannusten muodostuminen

RAU-suunnittelun sekä koko järjestelmän kustannukset ovat hyvin pieni osa, yleensä muutamia prosentteja, rakennushankkeen kokonaiskustannuksista. Kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi järjestelmän laajuus ja valvomoliitännät. Epäonnistunut suunnittelu tai toimimaton automaatiojärjestelmä voivat estää hyvinkin LVIS-järjestelmän toiminnan, kun taas hyvin suunnittelulla ja toteutetulla järjestelmällä saavutetaan energiatehokas ja toimiva kokonaisuus. (Härkönen ym. 2012, 189; Uusitalo 2015.)

Haasteelliseksi RAU-kustannusten hahmottamisen tekevät alan käytännöt, joiden mukaan RAU-suunnittelu sisällytetään usein osaksi LVI-suunnittelua ja automaatioon liittyvät kaapelivedot sisältyvät sähköurakkaan. Rakennusautomaation osuuteen budjetoitaessa tulisi kiinnittää huomiota kokonaisuutena. Pieni investointi rakennusvaiheessa suunnitteluun ja laitteisiin tuottaa suuria kustannussäästöjä kiinteistön ylläpidossa koko sen elinkaaren ajan.

2.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän dokumentaatio

Rakennusautomaatiojärjestelmien dokumentointiin ei ole olemassa varsinaisia dokumentointistandardeja. Dokumenteissa käytetään esimerkiksi teollisuudessa ja yleisesti talotekniikassa käytettyjä dokumentointitapoja. Alalla on myös yleisiksi käytännöiksi muodostuneita tapoja laatia ja tuottaa dokumentteja. Tällaiset tavat saattavat olla myös toimija tai suunnittelutoimisto kohtaisia. (Uusitalo 2016c.)

Suunnitteluasiakirjat jaetaan kahteen pääosaan, kaupalliseen ja tekniseen osaan. Kaupalliseen osaan kuuluu mm. urakkaohjelma, urakkarajaliite, työturvallisuusliite ja tarjouspyyntö. Tässä työssä käsitellään tarkemmin teknisen osan dokumentaatiota, joka Juhana Mikkolan kirjassa Rakennusautomaatio järjestelmät (ST-käsikirja 17) käyttämän jaottelun mukaan koostuu seuraavista dokumenteista:

- Rakennusautomaatioselostus
- Järjestelmäkaavio
- Säättökaavio
- Säättökaavioiden toimintaselostus
- Laite ja venttiililuettelot
- Pisteluettelo
- Ohjelmanuettelo
- Asennuspiirustukset
- Piirustusluettelo (Härkönen ym. 2012, 173.)

Edellä luetelluissa dokumenteissa määritellään RAU-järjestelmän tekniset ja toiminnalliset ominaisuudet ja vaatimukset, jotka edellytetään kohteessa tarvittavan laatu- ja toimintatason saavuttamiseksi.

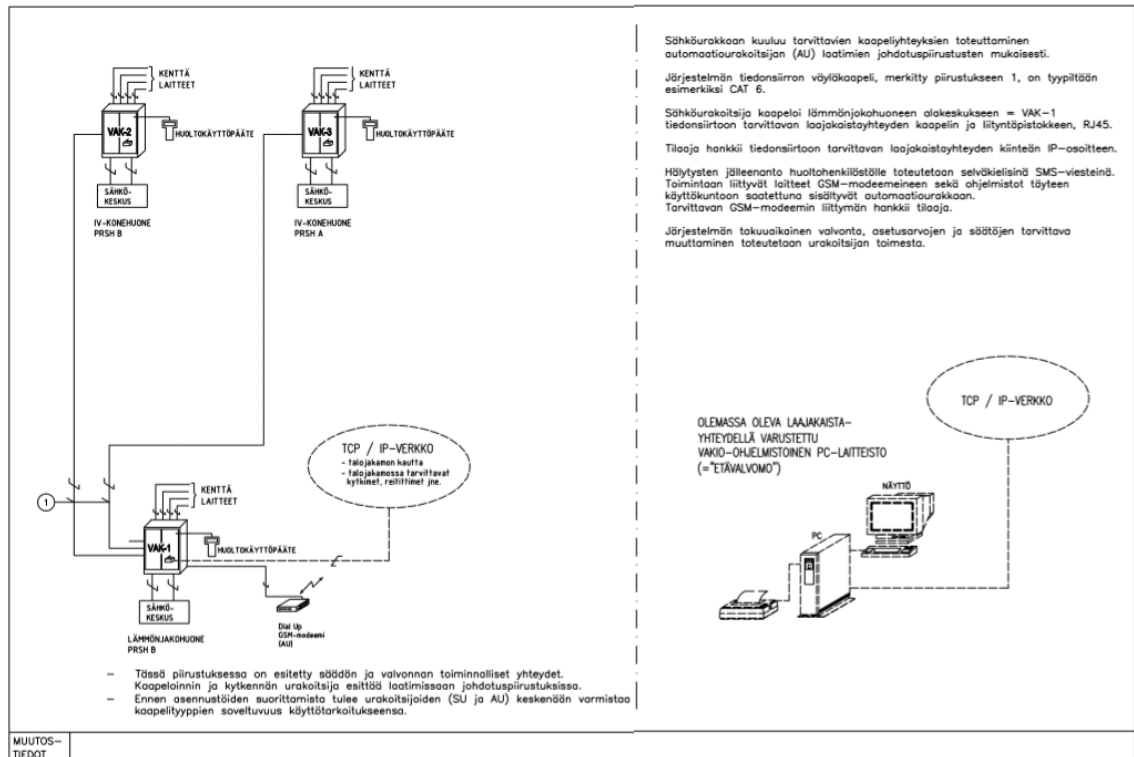
2.3.1 Rakennusautomaatioselostus

Rakennusautomaatioselostus tai automaatiotyöselostus on RAU-järjestelmän yleiskuvaus. Järjestelmäkohteisessa selostusosuudessa esitetään mm.

- järjestelmän yleiskuvaus, jossa kuvataan järjestelmän yleisrakenne ja toteutustekniikka sekä tavoitteet, joihin järjestelmällä pyritään
- järjestelmän toimintaan liittyvät vaatimukset, kuten mitä valvotaan ja ohjataan
- järjestelmän teknisiä vaatimuksia, kuten tiedonsiirto, mittaustarkkuudet, kapasiteetti, laajennettavuus jne.
- suunnitteluun ja dokumentointiin liittyvät vaatimukset
- järjestelmän asentamiseen liittyvät vaatimukset, kuten merkintätavat
- urakkaohjelman kanssa yhteensovitettavat, laadunvarmistukseen liittyvät vaatimukset, kuten tehtävät tarkastukset
- työmaa-aikaisiin tilapäisjärjestelyihin liittyvät asiat sekä käyttökoulutukseen ja takuuajan huoltoihin liittyvät järjestelyt. (Härkönen ym. 2012, 179.)

2.3.2 Järjestelmäkaavio

Järjestelmäkaaviossa esitetään RAU-järjestelmän rakenne. Siitä ilmenee paikallisvalvomon rakenne ja sijainti, alakeskusten lukumäärä, sijainti ja tunnuksat, alakeskuksiin liitettävien, automaatiourakoitsijan hankinnassa olevien moduuli- ja riviliitinkoteloiden lukumäärä, sijainti ja tunnuksat, tiedonsiirtoverkon rakenne ja yhteysmuodot järjestelmien eri muotojen välillä, kaapelointi kaapelityypeineen, etäkäyttöyhteydet sekä hälytysten siirrot. (Härkönen ym. 2012, 180; Uusitalo 2016c.) Tyypillinen asuinkerrostalokiinteistön järjestelmäkaavio on esitetty kuvassa 4.



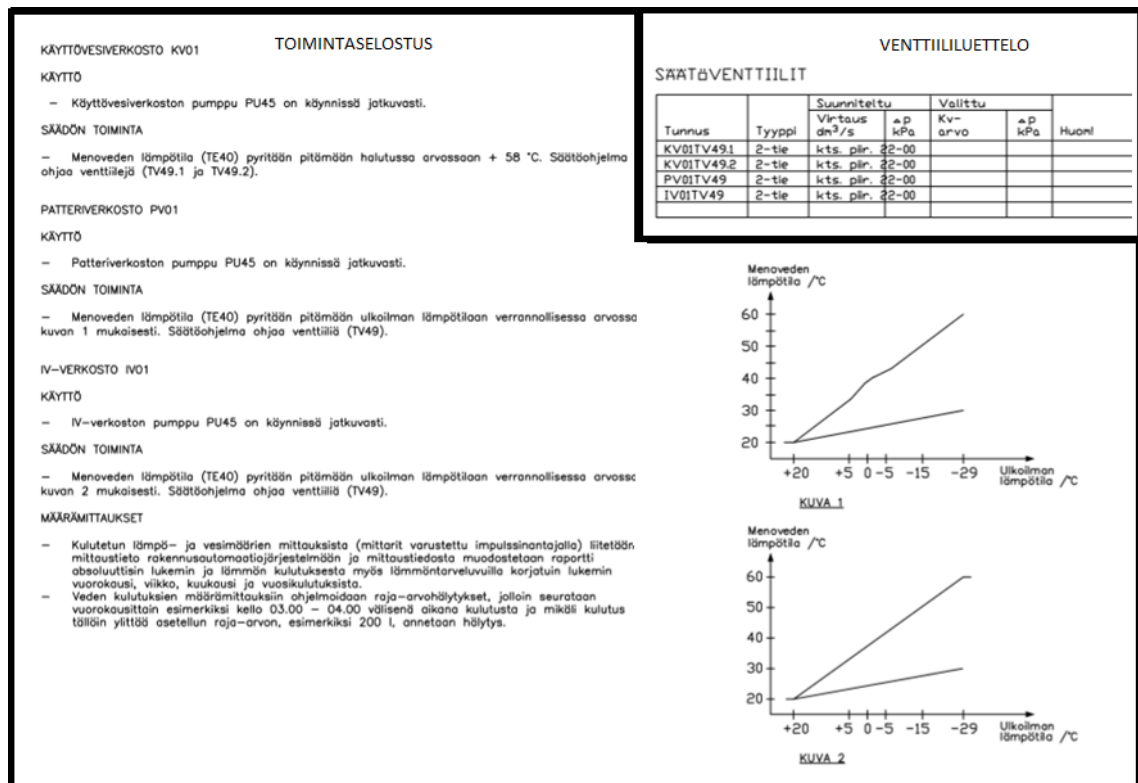
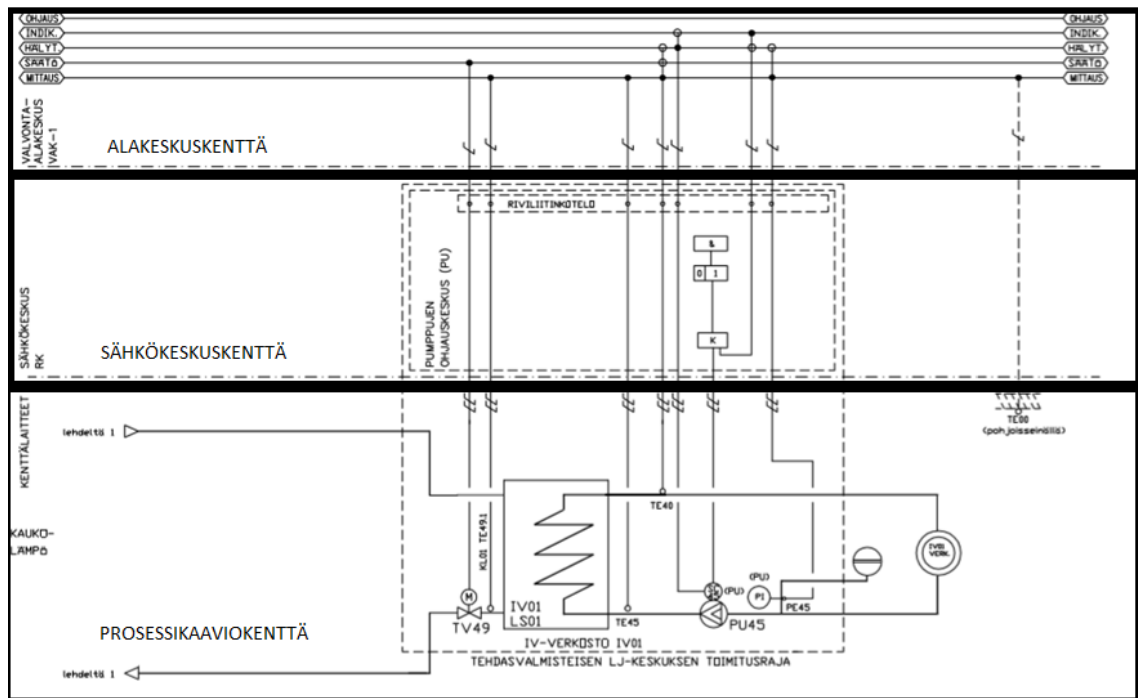
KUVA 4. Esimerkki järjestelmäkaaviosta

2.3.3 Säätökaaviot ja toimintaselostukset

Säätökaaviot laaditaan prosesseittain, joissa kuvataan RAU-järjestelmään liitetty yksittäinen prosessi valvontaliityntöineen. Säätökaavio voidaan jakaa viiteen osioon, kuten alla esitettyssä esimerkkikuvassa.

1. Prosessikaaviokentässä esitetään prosessin pääkomponentit ja instrumentointi
2. Alakeskuskentässä esitetään prosessista automaatiojärjestelmään liitettävät säätö, ohjaus- ja valvontapisteet tiedonsiirtoyhteyksineen
3. Sähkökeskus kentässä esitetään sähköisesti toteutettavat pakko-ohjaus ja luku- ja toiminnot
4. Toimintaselostuksessa kuvataan sanallisesti prosessin toiminta
5. Laite- ja venttiililuetteloissa esitetään ohjeasetusarvot, hälytysluokat, -viiveet, raja-arvot sekä säätöventtiilien mitoitus tiedot (Härkönen ym. 2012, 180; Uusitalo 2016c.)

Kuvassa 5 on esitetty edellä mainitun jaottelun mukaisesti ilmanvaihtokoneen palvelevan lämmönjakokeskuksen säätökaavio.



KUVU 5. Esimerkki säätökaaviosta

2.3.4 Piste- ja ohjelmistoluettelo

Pisteluetelossa tai valvontapisteluetelossa, jollaista nimitystä siitä myös käytetään, esitetään kaikki alakeskuksiin ja väylämoduuleihin liittyvät I/O-pisteet. Pisteluetelo voi olla yhtä järjestelmää koskeva luettelo, joka on liitetty kiinteäksi

osaksi kyseisen järjestelmän piirustuksia tai se voi olla yhteinen luettelo, johon on kerätty kaikista suunnitelmista kaikkiin järjestelmiin liittyvät pisteet. Tärkeintä on, ettei pisteluettelon ja piirustusten välillä ole ristiriitaisuuksia.

Ohjelmistoluettelossa kuvataan kaikkien niiden ohjelmien yksityiskohtaiset toiminnot, joita ei ole esitetty säätökaavioiden toimintaselostuksissa ja jotka poikkeavat RAU-selostuksen yleisistä vaatimuksista. Pienemmissä ja yksinkertaisemmissä hankkeissa omalle erilliselle ohjelmistoluettelolle ei ole tarvetta, vaan tällöin ohjelmat esitellään työselostuksessa ja ohjelmiin voidaan viitata pisteluettelossa tai säätökaaviossa. (Härkönen ym. 2012, 182.)

2.3.5 Asennus- ja paikantamisiirustukset

Asennuspiirustuksissa esitetään huoneanturit, I/O-moduulit ja kaikki rakennusautomaatioon liittyvät laitteet niiden oikeilla pakoilla. Paikantamisiirustuksilla selkeytetään laitteiden sijaintia isojen tai monimuotoisten kiinteistöjen kohdalla. Asennuspiirustuksissa voidaan esittää myös RAU-laitteiden kaapelointi, ne LVI-puolen laitteet, jotka liitetään RAU-järjestelmään, kuten ilmapirtasäätimet ja jäähdytyspalkin sekä sähköpuolen suunnitelmista ne keskuskeskukset, kaapelihyllyt ym. jotka liittyvät RAU-järjestelmään. (Härkönen ym. 2012, 183; Uusitalo 2016c.)

2.3.6 Piirustusluettelo

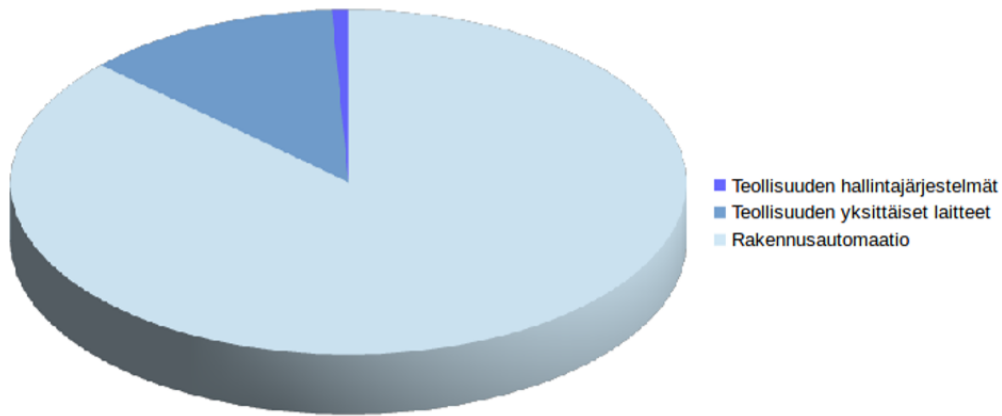
Piirustusluettelo on listaus kaikista RAU-kuvista, -kaavioista ja -luetteloista. Luettelossa tulee esittää dokumenttien otsikkotiedot niin kuin ne on esitetty itse asiakirjassa. (Härkönen ym. 2012, 183.) Yhtenevillä dokumenttien merkinnöillä vältytään sekaannuksilta, mitä dokumenttia kulloinkin tarkoitetaan. Tärkeää on myös pitää revisiomerkinnot ajan tasalla, jotta töiden edetessä käytetään aina viimeisintä versiota.

2.4 Tietoturva

Yleisesti ottaen tietoturvalla on kolme tavoitetta: luottamuksellisuus, eheys ja saatavuus. Luottamuksellisuus tarkoittaa sitä, että vain ne tahot, joille on myönnetty oikeus, voivat lukea tai muokata tietoa. Eheydellä tarkoitetaan sitä, että tiedon sisältöä ei voida kenenkään toimesta luvatta muokata. Saatavuus tarkoittaa, että tieto on saatavilla tarvittaessa. (Härkönen ym. 2012, 145.) Tietoturva mielletään nykypäivänä hyvin pitkälle tietoliikenteeseen liittyväksi, mutta myös perinteisempi tietoturvanäkökulma tulee huomioida rakennusautomaatiosuunnittelussa. Esimerkiksi automaatioon liittyvät laitteet tulee sijoittaa niin, etteivät ne ole asiattomien nähtävillä eikä saatavilla. Viestintävirasto on antanut suosituksia kiinteistöjen laitetilojen lukituksesta.

Kiinteistöjen liittäminen erilaisiin pilvipalveluihin, kuten etävalvomoon, julkisen internetin yli kasvattaa rakennusautomaation tietoturvan merkitystä. Tietoturvan parantamiseen on herätty kiinteistöjen järjestelmiin kohdistuneiden uhkien realisoitumisen myötä. Useimmiten tietoturvahyökkäykset eivät kohdistu suoraan tietyn kiinteistön rakennusautomaatiolaitteisiin tai -järjestelmiin vaan näitä käytetään osana isompaa ”hyökkäystä”, jonka todellisena kohteena on esimerkiksi jonkin palveluntarjoajan internetsivusto. Tällaiset ns. bottiverkoston tai palvelunestohyökkäysten osaksi valjastetut rakennusautomaatiolaitteet eivät kestä kuormaa, jonka hyökkäys aiheuttaa vaan laite tai järjestelmä jumiutuu tai kaatuu. Useimmiten järjestelmä vaatii manuaalisia toimenpiteitä toipuakseen jälleen toimintakuntoon.

Viestintävirasto tutkii vuosittain automaatiojärjestelmien näkyvyyttä julkisessa verkossa. Kartoituksen tarkoituksena on luoda tilannekuvaa suomalaisista suojaamattomista automaatiolaitteista, laitteiden määrän kehityksestä, tiedottaa laitteistojen omistajia ja ylläpitäjiä sekä opastaa omistajia laitteistojen suojaamiseksi. Keväällä 2018 tehdyssä kartoituksessa suojaamattomia teollisuuden ohjausjärjestelmiä havaittiin noin 20, yksittäisiä automaatioon liittyviä laitteita noin 300 ja rakennusautomaatioon liittyviä laitteistoja noin 2000 kappaletta. (Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus 2018.) Kuvassa x on havainnollistettu suojaamattomien laitteiden jakaantuminen eri järjestelmien kesken.



KUVA 6. Havainnot suojaamattomista automaatiolaitteista järjestelmittäin 2018
(Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus 2018.)

Huolestuttava havainto viestintäviraston kartoituksesta on, ettei suojaamattomien rakennusautomaatiolaitteiden määrä ei ole vähentynyt vuoden 2017 tasosta vaikka laitteistojen omistajiin on pyritty olemaan yhteydessä ja lisäämään tietoisuutta suojaamattomien laitteiden riskeistä. (Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus 2018.)

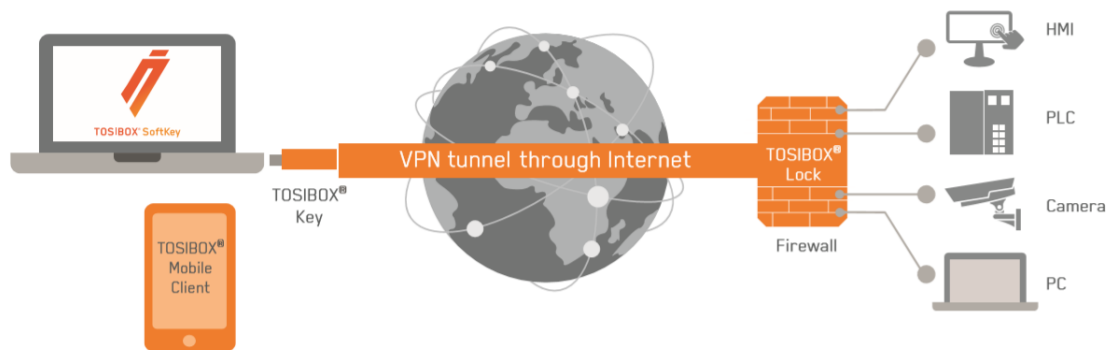
Edellä esitellyssä Viestintäviraston suojaamattomia automaatiolaitteita käsittelevässä erityisraportissa on listattu seuraavat kolme tietoturvakäytäntöä rakennusautomaation tietoturvan parantamiseksi.

1. Tietoturallinen toteutus rakennusprojektin alusta tulee usein paljon edullisemmaksi kuin vastaavan tason saavuttamien jälkikäteen.
2. Suosi keskitettyjä ratkaisuja. Pääsyyloilla voidaan pienentää tietomurron riskiä, mutta edut keskitetystä ratkaisusta menetetään.
3. Myös mobiiliiliittymillä yhdistetyt automaatiolaitteet on syytä suojata ja mm. poistaa liittymistä mahdollisuus käyttää maksullisia palveluja. (Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus 2018,12)

Rakennusautomaation tietoturvalisten yhteyksien hoitamiseksi on tarjolla monia vaihtoehtoja. Yhteydet voivat toimia joko 3G/4G VPN yhteyksillä, suojatuilla turvaverkkoyhteyksillä tai tietoturvalaitteilla. Tietoturva voidaan ratkaista myös luomalla kiinteistön verkon kautta VPN-yhteys, mutta silloin on huolehdittava kiinteistön oman verkon riittävästä suojauksesta.

Viime aikoina rakennusautomaation tietoturvaratkaisuna on yleistynyt Tosibox-tietoturvalaite. Tosibox on patentoitu etäyhteyksien ratkaisu, joka muodostuu fyysisistä laitteista; Tosibox-lukosta ja Tosibox-avaimesta, Tosibox SoftKeystä tai

Mobile Clientistä. Laitteparin väliin muodostettu VPN yhteys tarjoaa tietoturvallinen yhteyden automaatiolaitteiden ja pilvipalvelun, kuten etävalvomon, välille. Tosiboxin avulla mahdollista sallia verkkoliikenne vain tiettyihin IP-osoitteisiin, jolloin Tosibox-lukon takana olevat laitteet voivat muodostaa yhteyden vain esimerkiksi etävalvomon tai huoltoliikkeen palvelimeen. Tosibox-laitteet voivat muodostaa yhteyden joko kiinteällä yhteydellä tai mobiililaajakaistan avulla. Kuvassa 7 on esitetty Tosibox-laitteiden toimintaperiaate. (Tosibox 2019)



KUVA 7. Tosibox-laitteen toimintaperiaate (Tosibox 2019)

Toimijoilla, joilla on tarve keskittää useamman kohteen hallinnointi yhteen pisteeseen, voidaan yhteydet hoitaa Tosibox-keskuslukon avulla. Keskuslukon avulla pystytään myös hallinnoimaan Tosibox-avainten käyttöoikeuksia.

2.5 Määräykset, ohjeet ja standardit

Rakennusautomaatiojärjestelmiin liittyviä sitovia viranomaismääräyksiä on suhteellisen vähän. Suomessa rakentamista säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL, 132/1999), jonka nojalla ympäristöministeriö antaa rakentamista koskevia asetuksia. Laissa on poimittavissa kolme alla lueteltua kohtaa, joiden voidaan katsoa ohjaavan myös rakennusautomaatiota, vaikka laissa ei suoraan mainita rakennusautomaatiolle vaatimuksia. Laki edellyttää:

- energiatehokkuuden ylläpitoa (§ 166),
- säätö- ja mittausjärjestelmiä, jotka edesauttavat suunnitellun energiatehokkuuden saavuttamista ja kulutuksen seuraamista (§ 117g) sekä
- käyttö- ja huolto-ohjetta (§ 117i).

(Härkönen ym. 2012, 15; Kukkonen ym. 2015, 12)

Rakentamista koskevat määräykset julkaistaan Suomen rakentamismääräyskoelmassa. Näissäkin on melko vähän suoria vaatimuksia automaatiojärjestelmille, mutta koska LVIS-järjestelmiä säädetään ja ohjataan automaation avulla, koskee LVIS-järjestelmien määräykset välillisesti myös automaatiota. Erityisesti seuraavissa rakentamismääräyksissä on kohtia, jotka koskettavat rakennusautomaatiota:

- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017)
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta (1007/2017)
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017)
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)

(Ympäristöministeriö 2017a; Härkönen ym. 2012, 15)

Ohjeita ja suosituksia rakennusautomaatioon löytyy laajasti. Tekniikanalojen tietokortistot ovat hyvä tietolähde. Näihin on koottu myös alan keskeiset viranomaismääräykset ja standardit. Tällaisia kortistoja ovat LVI-, ST- ja KH-kortistot. (Härkönen ym. 2012, 15)

Standardeissa määritellään rakennusautomaatiojärjestelmiin liittyvien komponenttien ja toimintojen rakenteita sekä laatua. Standardit eivät ole sitovia määräyksiä, vaan ohjeita järjestelmien toteuttamiseksi ja järjestelmien hyvän yhteensovittamisen saavuttamiseksi.

Tällä hetkellä rakennusautomaatioalan kehittymisen haasteena on standardien puute – tai toisaalta niiden kirjo – joka haittaa komponenttien, laitteiden ja järjestelmien yhdistämistä. Jotta rakennusautomaation pystytään hyödyntämään kattavasti, tulee erilaiset järjestelmät saada toimimaan yhdessä. Maailmalla on monia eri kiinteistötekniikan automaation laitevalmistajia, jotka ajattelevat asioista eri tavoin. Tuloksena syntyy hyvin erilaisia ohjausliittymiä ja yhteysmenetelmiä käytettäviä laitteita, jotka eivät keskustele keskenään. Ratkaisuna tähän ongelmaan on standardoinnin jatkuva kehittäminen ja laajentaminen. (Rosberg 2016, 17).

2.6 Energiatehokkuus ja sisäilma

2.6.1 Rakennusautomaation merkitys energiatehokkuuteen

Rakennusautomaatiolla voidaan katsoa olevan kolme roolia, joilla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen:

1. Prosessin optimointi

Automaatiota hyväksikäyttäen voidaan suunnitella prosesseja niin, että energiatehokkuus optimoituu.

2. Valvonta ja hälytys

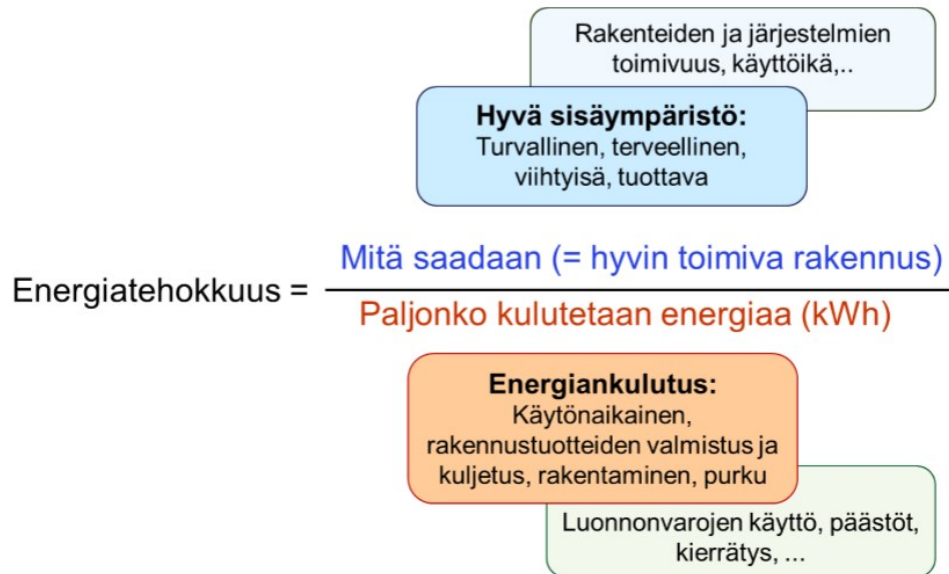
Automaatiojärjestelmä valvoo ja hälyttää, jolloin virhe- ja korjausajat sekä niistä aiheutuva energiahukka minimoituu.

3. Raportointi ja informaation tuottaminen

Rakennusautomaatio tuottaa informaatiota, jonka avulla rakennuksen toimintaa voidaan paremmin ymmärtää, verrata ja kehittää.

(Härkönen ym. 2012, 51-52)

Puhuttaessa energiatehokkuudesta tulee muistaa, ettei energiatehokkuus ole pelkästään energiansäästöä. Kuten kuvassa 8 on esitetty, energiatehokkuus kuvaa sitä millaiset olosuhteet on saavutettu kulutetulla energialla.



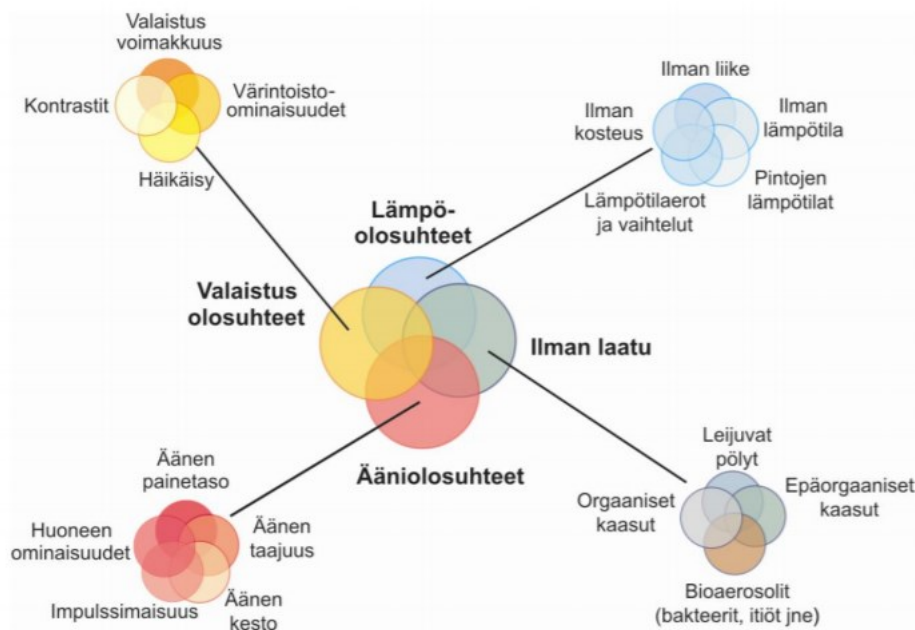
KUVA 8. Energiatehokkuus ei ole pelkästään energian säästöä. (Ojanen ym. 2016)

Nykypäivän rakennuttajat, suunnittelijat ja urakoitsijat tiedostavat hyvin rakennusautomaation merkityksen energiatehokkuudelle, siksi laite- ja järjestelmävalinnat tehdään pääsääntöisesti energiatehokkuus huomioiden. Rakennusautomaatio järjestelmien ongelmakohtaksi energiatehokkuudelle muodostuu useimmiten asetusarvojen virheellisyys, puutteet laitteiden ja verkostojen tasapainotuksessa sekä valvomopäätelaitteiden grafiikan epäselvä ja virheellinen esitys. Positiivista tässä ongelmatilassa on sen korjattavuus ilman lisälaitteinvestointeja. Tyypillisesti järjestelmän säädöissä ilmenevät virheet ja puutteet saadaan paikannettua ja korjattua ohjelmallisilla muutoksilla valvomolaitteiston kautta. (Herranen 2017.)

Energiatehokkuuden kannalta on erityisen tärkeää, että valmistuneen tai saneeratun kohteen takuuajana järjestelmien toimintaa seurataan ja viritetään säännöllisin väliajoin 1-2 vuoden ajan (Herranen 2017). Tämä on tärkeää optimaalisen säätöarvojen löytämiseksi, koska uudessa rakennuksessa olosuhteet elävät ja aiemmat säätöarvo saattaa muutaman kuukauden kuluttua olla virheelliset.

2.6.2 Rakennusautomaation merkitys sisäilmasto-olosuhteisiin

Uudisrakennuskohteissa sisäilmasto-olosuhteiden on täytettävä Suomen rakentamismääräyksissä asetetut vaatimukset lämpöoloista, ilmanlaadusta, valais- ja ääniolosuhteista (Ympäristöministeriö 2017b, 2-4). Kuvassa 9 on esitetty tarkemmin, mistä osatekijöistä sisäilmaston tärkeimmät osa-alueet koostuvat.



KUVA 9. Sisäilmaston osa-alueet ja niiden osatekijät (Pietiläinen ym. 2007, 29)

Suunnittelutyötä helpottamaan on luotu sisäilmastoluokitus, jossa määritellään tutkimustietoon ja hyvään rakennustapaan perustuvien tavoitearvoja suunnittelulle (RT 07-11299 2018, 3). Sisäilmastoluokka S3 on muodostettu täyttämään maankäyttö- ja rakennuslain, sekä terveydensuojelulain vähimmäisvaatimukset, joten jokaisen rakennuksen tulisi pysyä vähintään luokan S3 tavoitearvoissa.

Rakennusautomaatiojärjestelmällä on merkittävä rooli hyvien sisäilmasto-olosuhteiden hallinnassa. Hyvien sisäilmasto-olosuhteiden saavuttamiseksi ei pelkää riittää, että sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuttaville suureille on määritelty oikeat asetusarvot, vaan järjestelmän on kyettävä reagoimaan muuttuviin olosuhteisiin niin, että hyvät sisäilmasto-olosuhteet säilyvät.

2.7 Tulevaisuuden säännökset

2.7.1 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (844/2019/EU)

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (844/2019/EU) uudistui kesällä 2018. Direktiivimuutoksilla pyritään lisäämään rakennusten älykästä ohjausta ja käyttöä. Direktiivin perusteella vuoteen 2025 mennessä kaikki suuret eli yli 290 kW rakennukset tulee varustaan rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmillä. (Seppänen 2018a.) Asuinrakennuksille tämä vaatimus on vielä vapaaehtoinen, mutta antaa hyvinkin viitteitä siitä mihin suuntaa vaatimusasettelu on menossa.

Direktiiviin on kirjattu yksityiskohtaisesti mitä järjestelmien tulee pystyä tekemään. Professori Olli Seppänen koostaa blogikirjoituksessaan uusitun direktiivin rakennusautomaatiolle asettamat vaatimukset kolmeen alla esiteltyyn kohtaan.

Järjestelmän on

- a) kyettävä jatkuvasti seuraamaan, kirjaamaan ja analysoimaan energian käyttöä sekä säätämään tarpeen mukaan energian käyttöä;
- b) pystyttävä tekemään vertailevaa analyysiä rakennuksen energiatehokkuudesta (benchmarking), havaitsemaan muutokset rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuudessa ja ilmoittamaan niistä rakennuksen teknisestä hallinnoinnista vastaavalle henkilölle
- c) mahdollistettava kommunikointi toisiinsa yhteydessä olevien rakennuksen teknisten järjestelmien kanssa ja muiden rakennuksen sisäisten laitteiden kanssa sekä yhteensopivuus rakennuksen teknisten järjestelmien välillä riippumatta valmistajakohtaisesta teknologiasta (Seppänen 2018a.)

2.7.2 Älyratkaisuvalmiusindikaattori

Uudistuneen energiatehokkuusdirektiivin yhdeksi painopisteeksi muodostui rakennusautomaation käytön laajentaminen rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Rakennusautomaation tehokkuutta kuvaamaan on kehitetty älyvalmiusratkaisuindikaattori, englannin kielinen termi Smart Readiness Indicator - SRI, jonka avulla voidaan vertailla rakennusten ja niiden teknisten ratkaisujen

valmiutta älykkääseen ohjaukseen sekä käyttöön. Indikaattorissa arvioidaan kolme osa-aluetta: energian käyttöä, alueellisia energiajärjestelmiä ja käyttäjätuottavuuden arviointia. (Seppänen 2018b; Seppänen 2018c)

Indikaattorin käyttöönotolle ei ole asetettu täsmällisiä aikarajoja vaan käyttöönotto on EU:n jäsenvaltiolle vielä vapaaehtoista ja riippuu jäsenvaltioiden omista toimista. (Rehva 2018, Seppänen 2018c). Energiatehokkuusdirektiivin vaatimus suurten rakennusten varustamisesta rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmillä edistää varmasti rakennusautomaatioon tarjolla olevia ratkaisuja ja sitä kautta myös hyödyttää älyratkaisuvalmiusindikaattoria.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Kirjallisuusselvitys

Tutkimuksen kirjallisuusselvityksessä tarkastellaan rakennusautomaatiosta tehtyjä tutkimuksia ja selvityksiä, joiden avulla pyritään selvittämään rakennusautomaation suunnittelussa ja toteutuksessa ilmenneitä yleisimpiä haasteita. Kirjallisuusselvityksessä tehtyjä havaintoja peilaataan työn toimeksiantajan rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelua varten antamaan ohjeistukseen ja pyritään tätä kautta löytämään kehitysehdotuksia.

3.2 Asiantuntijahaastattelut

Haastattelut suoritettiin puolistrukturoituna yksilöhaastatteluna, joka soveltuu hyvin kvalitatiiviseen tiedon keruuseen. Haastattelukysymykset toimitettiin haastateltaville sähköpostitse ennen haastattelua. Tämä katsottiin tarpeelliseksi, jotta useamman eri rakennuttajan kanssa työskentelevät tahot saivat aikaa valmistautua ja vastaukset kuvaisivat mahdollisimman hyvin nimenomaan YH Kotien kohteita. Haastattelut tehtiin kulujen ja ajan säästämiseksi puhelimitse.

Haastattelututkimuksella pyrittiin selvittämään yhteistyökumppaneilta mielipiteitä nykyisen rakennusautomaatiosuunnittelua varten annetun ohjeistuksen kattavuudesta sekä kerätä parannustarpeita ja kehitysehdotuksia. Haastattelututkimukseen osallistujat pyrittiin valitsemaan mahdollisimman laajasti kaikista rakennushankkeen vaiheista. Kokemuksia kerättiin eri tekniikoiden suunnittelijoilta, automaatiourakoitsijoilta ja -valvojilta sekä kiinteistöhuollosta ja teknisestä isännöinnistä.

Haastattelukysymykset ovat liitteessä 1. Haastattelu rakentui kolmeen osaan, joista ensimmäisessä osassa haastateltavilta kysyttiin suunnitteluohjeistuksen ja vaatimusten nykytilanteesta. Toisessa osassa kysyttiin haastateltavan näkemystä asioiden kehittämiseksi. Kolmannessa osassa kerättiin haastateltavan omia näkemyksiä vapaan sanan muodossa.

4 TULOKSET JA ANALYYSI

4.1 Kirjallisuuskatselmuksen havainnot

Rakennusautomaatiolla on merkittävä rooli nykyaikaisten rakennusten energia- tehokkuuden ja sisäolosuhteiden hallinnassa. Niin rakennusalan kuin kiinteistön pidon toimijoiden keskuudessa on tähän tosiseikkaan aloitettu enenevässä määrin kiinnittämään huomiota. Siitä huolimatta rakennusautomaatio mielletään irrallisena ja etäisenä osana kiinteistöä, vaikka se tulisi nähdä talotekniikan yhteensovittajana, jolla rakennuksen tekniikka saadaan toimimaan yhtenäisenä kokonaisuutena.

Alan jatkuva kehitys tuo rakennusautomaatioon omat haasteensa, mutta myös lisääntyvät soveltamismahdollisuudet. Esimerkiksi digitalisaatio, langaton anturi-tekniologia ja IoT luovat uusia mahdollisuuksia olosuhteiden mittaukseen ja ohjaukseen.

Tässä luvussa on tuotu esille aiempien rakennusautomaatiosta tehtyjen tutkimusten perusteella saatuja havaintoja alan haasteista ja kehitystarpeista. Havaintoja on koostettu erityisesti suunnittelun näkökulmasta.

Mittauspisteet ja mittaustulosten jalostaminen

VTT:n tutkimusryhmä esitteli Rakennusfysiikka 2015 -seminaarissa tutkimustensa tuloksia rakennusautomaation ja monitoroinnin mahdollisuuksista. Esille nostettiin tarve kehittää ohjelmisto- ja raportointityökaluja helpottamaan sekä automatisoimaan tiedon keruuta, tallentamista ja analysointia. Tällä hetkellä rakennusautomaation avulla kerätystä tiedosta hyödynnetään vain pientä osaa rakennusten sisäolosuhteiden ja energiatehokkuuden optimointiin. (Kauppinen ym. 2015, 299-304)

Tutkimuksen perusteella haasteena nähtiin myös mittauspisteiden kokonaisvaltainen suunnittelu. Usein järjestelmistä puuttuu jokin yksittäiseen järjestelmään liittyvä mittausta, jotta voitaisiin arvioida rakennuksen tai järjestelmän kokonaistoi- mivuutta. Toisena huomiona todettiin, että vaikka tietoa kerätään paljon, vaatii

sen jalostaminen eri osapuolten tarpeiden mukaiseksi informaatioksi vielä kehitystyötä. Haasteena on siis varmistaa tiedon saatavuus eri käyttäjäryhmille heidän päätöksentekoaan tukevassa muodossa. (Kauppinen ym. 2015, 299-304.)

Rakennuksen painesuhteiden hallinta

Rakennusten ilmanvaihtoa suunniteltaessa ei yleensä määritellä ulkovaipan ja tilojen välillä vallitsevaa paine-eroa vaan suunnitelmat perustuvat tulo- ja poistoilmavirtojen suhteeseen. Tiukentuneiden energiatehokkuusmääräysten vuoksi rakennusten ulkovaipan tiiveys on parantunut, jolloin vuotoilman määrä on vähentynyt. Nykyisten määräysten sallima 10-20 prosentin poikkeus suunnitteluarvoista voi aiheuttaa tiiviissä rakennuksessa haitallisen suuren paine-eron. Ilmanvaihdon epätasapainon synnyttämä paine-ero voi olla jopa 50 Pa, joka aiempien rakentamismääräysten mukaan ei saisi olla 30 Pa suurempi. Erilaiset kohdepoistot ja ilmanvaihtokoneiden ns. pakkaspuolituksen vaikutus lisäävät entisestään rakennusten alipaineisuutta. Valitettavan usein näiden kaltaisten poistojen vaikutus painesuhteisiin jää suunnittelussa huomiomatta. Kuten Sweco Talotekniikan ja Sweco Rakennetekniikan asiantuntijat toivat esille Rakennusfysiikka 2015 seminaarissa tulisi rakennusten painesuhteiden hallintaa kiinnittää enemmän huomiota, vaikkei nykyisissä määräyksissä olekaan täsmällisiä vaatimuksia aiheeseen. (Ympäristöministeriö 2017b, 9; Kukkonen 2016; Eskola ym. 2015, 319-324.)

Edellä mainittujen ilmavirtojen vaikutuksen lisäksi rakennusten painesuhteisiin vaikuttaa rakennusautomaation toiminta tai toimimattomuus. Tällaisia tilanteita voi olla mm. säätöjärjestelmien virheellinen ohjaus tai väärät asetusarvot. Myös laitteiden kuluminen tai rikkoontuminen voivat aiheuttaa muutoksia painesuhteisiin, samaten sää- ja tuuliolosuhteilla on oma vaikutuksensa. (Eskola ym. 2015, 319-324.)

Rakennusautomaatio järjestelmien vastaanotto

Sisäilmastoseminaarissa 2015 esiteltiin Sweco Talotekniikan asiantuntijoiden tutkimustuloksia rakennusautomaatiojärjestelmän merkityksestä ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamissa sisäilmaongelmissa. Tulosten pohjalta suositeltiin ottamaan automaatio mukaan jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin suunnittelussa tulee kokonaisvaltaisemmin huomioitua, minkä tasoinen järjestelmä kohteeseen

halutaan ja miten säädöt toimivat. Tällöin pystytään hahmottamaan paremmin myös kustannusvaikutukset, niin rakennus- kuin ylläpitovaiheessa. (Björkroth ym. 2015, 263)

Toinen tutkimuksen pohjalta tehty suositus on kiinnittää huomiota ylläpitoon ja vikojen havaitsemiseen projektin alusta alkaen. Toimintakokeilla ja käytönopastuksella on merkittävä rooli, jotta järjestelmät saadaan toimimaan suunnitelmien mukaisesti. Konkreettisenä esimerkkinä on edellä mainittu tutkimus RAU:n merkityksestä ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamissa sisäilmaongelmissa, jossa oli tutkittu kolmea uudis- ja saneerauskohdetta. Kahdessa kolmesta tutkimuskohteista on vastaanotossa jäänyt huomaamatta, ettei kaikki suunnitellut toiminnot toimineet oikein. Kun valvomografiikalla on alusta alkaen puuttuvia ja virheellisiä mittaustietoja tai järjestelmä antaa jatkuvasti hälytyksiä, ylläpito tottuu pitämään tätä normaalina eikä tarvittavia toimenpiteitä tehdä asianmukaisesti. Tämä lisää myös riskiä, ettei todellisiinkaan vikoihin osata reagoida. (Björkroth ym. 2015, 264)

Rakennusautomaatio rakentamisen sääntelyssä

STUL ry:n teettämässä selvityksessä etsittiin ehdotuksia, millä tavalla rakennusten automaatio tulisi huomioida rakentamisen ohjauksessa. Osaa selvityksen ehdotuksista on tarkoitus viedä eteenpäin määräysehdotuksina ja osaa esimerkiksi ohjeiden, oppaiden tai kortistojen kautta. Selvityksen kehitysehdotukset jaoteltiin kolmeen kategoriaan: teknisiin, kannustaviin ja varautumista helpottaviin ehdotuksiin. (Kukkonen ym. 2015). Tähän työhön on kerätty pääsääntöisesti teknisiä ehdotuksia, koska niiden hyödyntäminen on mahdollista ilman viranomaisten toimenpiteitä.

Selvityksessä korostettiin huomion kiinnittämistä automaation laadullisiin tekijöihin sekä käyttöönoton ja sen jälkeiseen aikaan. Huomionarvoisiksi asioiksi mainittiin järjestelmän tarkoituksenmukaisuus, jolloin järjestelmien säädöissä ja mitauksissa käytettävien laitteiden ominaisuudet ja antureiden sijoituspaikat antavat edustavan ja luotettavan tuloksen koko järjestelmän käyttöiän. Tärkeänä pidettiin myös järjestelmien, muidenkin kuin automaatiojärjestelmien, suunnitelmien mukaisuuden tarkastamista ja käyttöönottotestausta, kuten toimintakokeita. Jotta järjestelmiä pystytään käyttämään luotettavasti, tulee järjestelmille

laatia käyttö- ja huolto-ohje. Ulkoiseen tietoliikenneverkkoon liityttäessä tulee huolehtia riittävästä tietoturva- ja tietosuojatasosta. (Kukkonen ym. 2015).

4.1.1 Yhteenveto kirjallisuustutkimuksen havainnoista

Kirjallisuuskatselmuksen havaintojen perusteella voidaan luetteloida joitakin kokonaisuuksia, joihin kiinnittämällä huomiota saadaan parannettua asuinkiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmien toimivuutta ja sitä kautta energiatehokkuutta sekä sisäilmasto-olosuhteita. Tällaisia kokonaisuuksia ovat:

- Rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelun huomioiminen riittävän aikaisessa vaiheessa, mahdollisesti jo hankesuunnittelu vaiheessa, jolloin saadaan suunniteltua kohteelle tarkoituksenmukainen järjestelmä ja pystytään huomioimaan sen vaatimukset koko rakennushankkeen ajan
- Mittauspisteiden kokonaisvaltainen suunnittelu, jolloin myös rakennusten painesuhteiden hallinta tulee huomioitu.
- Tiedon keruun ja analysoinnin automatisointi sekä tiedon jalostaminen eri osapuolten tarpeiden mukaiseksi informaatioksi
- Toimintakokeiden, selkeän dokumentaation ja käytönopastuksen merkittävän roolin ymmärtäminen
- Tietoturvan huomioiminen

Useamman toimijan tutkimuksissa oli todettavissa samansuuntaisia havaintoja. Tästä on pääteltävissä, että haasteet rakennusautomaation suunnittelussa ovat yhteneviä rakennuskohteesta tai toimijasta riippumatta.

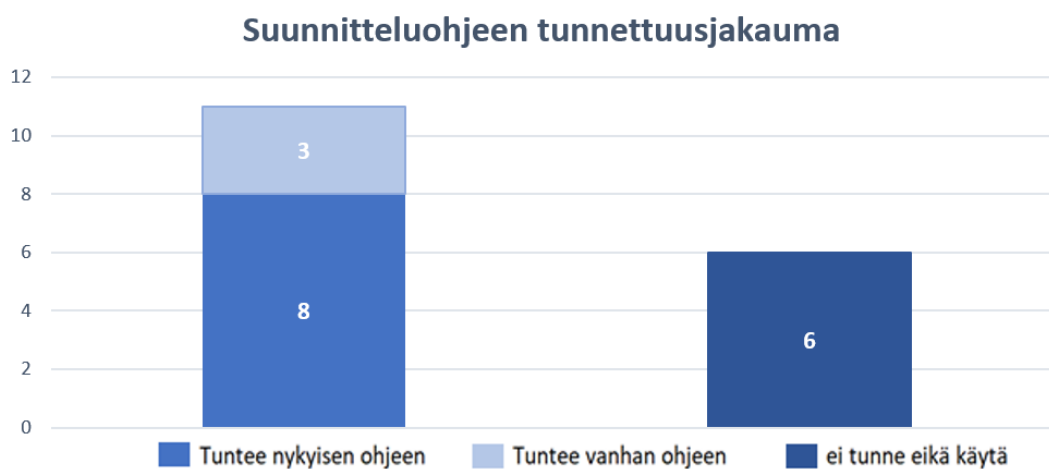
4.2 Asiantuntijahaastattelujen tulokset ja analyysi

Haastatteluissa kartoitettiin haastateltavien omia kokemuksia ja näkemyksiä kolmeen eri kategoriaan ryhmiteltyjen kysymysten avulla. Haastatteluun osallistui 17 henkilöä. Ensin haastateltavia pyydettiin arvioimaan nykyisen suunnitteluohjeistuksen tilaa, sen hyviä ja huonoja puolia. Tämän jälkeen keskusteltiin mahdollisista kehitystarpeista ja lopuksi haastateltaville jäi avoin puheenvuoro, jossa oli mahdollisuus tuoda julki seikkoja, jotka olivat jääneet muissa osioissa huomiotta.

4.2.1 Suunnitteluohjeen nykytilanne

Suunnitteluohjeen tunnettuus

Rakennuttajan laatima talotekniikkaohje, sisältäen rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelua koskevan ohjeistuksen, tunnettiin eri tekniikoiden suunnittelijoiden keskuudessa hyvin. Osa haastatelluista suunnittelijoista ei ollut suunnitellut YH Kotien kohteita viimeisen vuoden aikana, jolloin uusin versio ei ollut heille luonnollisestikaan tuttu. Muiden kuin suunnittelutehtävissä työskentelevien henkilöiden tuntemus suunnitteluohjeesta oli huomattavasti heikompaa. Kuvassa 10 on esitetty suunnitteluohjeen tunnettuusjakauma; miten suuri osa haastatelluista tuntee nykyisen tai aiemman version suunnitteluohjeesta sekä henkilöiden osuus, jotka eivät tunne ohjeistusta laisinkaan.



KUVA 10. Suunnitteluohjeen tunnettuusjakauma

Haastateltavien vastausista oli havaittavissa, että vastaajat eivät olleet täysin tietoisia suunnitteluohjeen viimeisimmistä päivityksistä, sen sisältämistä muutoksista ja siitä mitä ohjeversiota he ovat käyttäneet. Tämä seikka heikentää hieman ylläolevan kuvaajan luotettavuutta. Tähän ratkaisuna olisi revisiomerkin-
töjen lisääminen Talotekniikka ohjeeseen, jolloin ohjeen lukija löytäisi revisiomerkin-
nöistä koostetusti viimeisimmät muutokset.

Ohjeistuksen tarkkuus

Nykyinen suunnitteluohje oheistaa suunnittelua melko yleisellä tasolla. Haastateltavien keskuudessa mielipiteet vaihtelivat hieman sen suhteen, nähtiinkö tarpeelliseksi yksityiskohtaistaa ohjetta vai pitää ohje nykyisen kaltaisena, isoilla linjoilla ohjeistavana. Pääsääntöisesti koettiin, että nykyisestä ohjeesta selviää hyvin rakennuttajan järjestelmille asettamat vaatimukset ja laatutaso.

Haastatteluissa tuotiin esille, että tämän tyyppisessä, vähän väljemmässä ohjeistuksessa, jää suunnittelijalle vapaus tehdä oman näkemyksensä mukaan kohteeseen parhaiten sopivia ratkaisuja. Ohjeistukseen sisältyvän valmiin pisteluettelon riskinä nähtiin suunnittelijan mahdollisuus käyttää valmista luetteloa, jolloin riittävä kokonaisuuden tarkastelu saattaa jäädä puutteelliseksi. Tähän parannuksena voisi olla rakennuttajan tärkeänä pitämien vaatimusten laajempi sanallinen kuvaus. Samaten tilaajalta toivottiin tarkentavia linjauksia sellaisiin asiakokonaisuuksiin, joihin on mahdollista tehdä useampia erilaisia toteutusvaihtoehtoja. Esimerkkeinä tällaisista mainittiin mm. palopeltien ohjaus tai IV-koneiden hätäpysäytyksen toteutus.

Yhdessä haastattelussa ehdotettiin ohjeistuksen selkeyttämiseksi karsittavan ohjeesta sellaiset kohdat, jotka ovat katettu alan standardien perusteella, kuten RYL:ssa tai hyvässä rakennustavassa. Poikkeuksena voisi olla yleisen ohjeistuksen kohdat joihin tilaaja erityisesti halua kiinnitettävän huomiota ja antaa täydentäviä huomioita.

Ymmärrys automaation asettamista vaatimuksista

Yleistietämys rakennusautomaatioon liittyvissä asioissa on toimijoiden (eri tekniikoiden suunnittelijat, pääurakoitsijat, rakennuttaja) keskuudessa kohtalaista. Sen

sijaan syvällisempi osaaminen on hyvin henkilöstä, hänen omasta kiinnostuksestaan riippuvaa. Ei siis voida sanoa, että tietyn tehtäväryhmän henkilöillä olisi parempi tai huonompi automaatio-osaaminen vaan taso on hyvin vaihtelevaa. Haastattelujen perusteella puutteet osaamisessa ilmenevät hassuina kysymyksinä ja kommentteina sekä epärealistisina vaatimuksina, mutta puutteellisen tietotason ei nähty vaarantavan järjestelmien laatua tai toimivuutta. Tämä näkemys tuli esille hyvin samanlaisena koko haastatteluryhmän vastauksissa, perustuen kokemuksiin niin YH Kotien kohteista kuin alasta laajemminkin.

Yhteistyö suunnittelijoiden välillä

Suunnittelijoiden välinen yhteistyö nähtiin yleisesti ottaen riittäväksi. Haastateltavien mielipiteet jakautuivat hieman sen suhteen, nähtiinkö heikkoutena vai vahvuutena, että eri tekniikoiden (LVIA ja sähkö) suunnittelu tulee samasta suunnittelutoimistosta. Kommunikoinnin nähtiin sujuvan helpommin, kun kaikki suunnittelu tehdään yhdessä toimistossa, mutta sen ei nähty takaavan automaattisesti paremmin ristiintarkastettuja ja yhteensovitettyjä suunnitelmia. Eri toimistoissa tehtyjen suunnitelmien kommentointi koettiin objektiivisemmaksi ja näkemykset laaja-alaisemmaksi.

RAU:n valvonta

Rakennusautomaation valvonnan toteutumisessa nähtiin haasteita. Yleisesti ottaen koettiin, että valvonta on riittävää, mutta usean kommentin perusteella melko urakoitsijavetoista. Erillisiä RAU-valvoja todettiin olevan Pirkanmaalla tällä hetkellä hyvin rajallinen määrä, jolloin automaatiojärjestelmien valvonta jää TaTe-valvojan tehtäväksi. Tällaisissa tapauksissa valvonnan laatuun vaikuttaa paljon TaTe-valvojan oma perehtyneisyys ja kiinnostus rakennusautomaatioon.

Suunnitelmien katselmointi ja suunnitelmien laatu

Haastateltavilla oli hyvin yhtenäinen mielipide suunnitelmien katselmoinnin tärkeydestä. Pääsääntöisesti suunnitelmien tarkastus tapahtuu suunnittelijoiden omien tarkastuslistojen avulla, harvemmin nykykäytännössä on järjestetty erillisiä katselmointitilaisuuksia.

Rakennusautomaatiosuunnitelmien hyvää laatua pidettiin erityisen tärkeänä automaatiojärjestelmän toimivan kokonaisuuden onnistumisen kannalta. Koska rakennusautomaatio toteutetaan hankkeen aivan loppuvaiheessa, laadukkaiden suunnitelmien rooli korostuu. Suunnitelmien laadun varmistamiseksi hyviä keinoja ovat kattavien lähtötietojen saaminen riittävän ajoissa muiden järjestelmien suunnittelijoilta sekä suunnitelmien oikea-aikainen katselmointi ja yhteensovitus muiden suunnitelmien kanssa. Pääsuunnittelija on merkittävässä roolissa suunnitelmien yhteensovituksessa. Nykyisen suunnitelmien katselmoinnin haasteena nähtiin, että mm. valvojalta saadaan kommentit melko myöhään, jolloin muutosten saaminen suunnitelmiin ennen urakkalaskentaa, saattaa olla haasteellista. Ratkaisuna tähän nähtiin katselmoijien kentän laajentaminen. Esimerkiksi etävalvomom asiantuntijoiden hyödyntäminen olisi hyvä vaihtoehto.

RAU suunnitelmien laadulla on suora vaikutus automaation kustannuksiin. Suunnitelmiin tulevat korjaukset toteutetaan lähes poikkeuksetta muutos- ja lisätöinä, jolloin kustannus toteutuksesta on suurempi, kuin jos työ olisi kuulunut automaatiourakkaan. Pahimmassa tapauksessa suunnitelman virhe tai puute pyritään paikkaamaan halvimalla mahdollisella virityksellä, joka huonontaa koko järjestelmän laatua.

Suunnitelmien katselmointiin liittyvissä kommentteissa nousi esiin ajatus tarpeesta järjestää erillinen taloteknisiin järjestelmiin keskittyvä suunnittelupalaveri. Tällainen palaveri voitaisiin järjestää, kun eri tekniikoiden suunnittelijoilla on valmiina alustavat suunnitelmat ja ajatuksia kohteeseen soveltuvista ratkaisuvaihtoehtoista. Palaverissa voitaisiin arvioida ratkaisujen soveltuvuutta ja näin esimerkiksi valvojalla olisi parempi käsitys valittujen ratkaisujen valintaperusteista. Tällainen suunnittelupalaveri vähentäisi valmiiden suunnitelmien muutostarpeista ja katselmointiin käytettävää aikaa.

Aikatauluhaasteet sekä lisä- ja muutostyöt

Rakennusautomaatiojärjestelmien vaatimukset tulisi ottaa huomioon riittävän varhaisessa vaiheessa rakennushanketta, vaikka itse suunnittelu ja toteutus ovatkin hankkeen loppuvaiheessa. Tämä parantaa järjestelmäkokonaisuutta. Myös RAU urakoitsijan valinta tulisi tehdä riittävän ajoissa, koska urakoitsijan käyttämä ohjelmisto vaikuttaa toteutukseen.

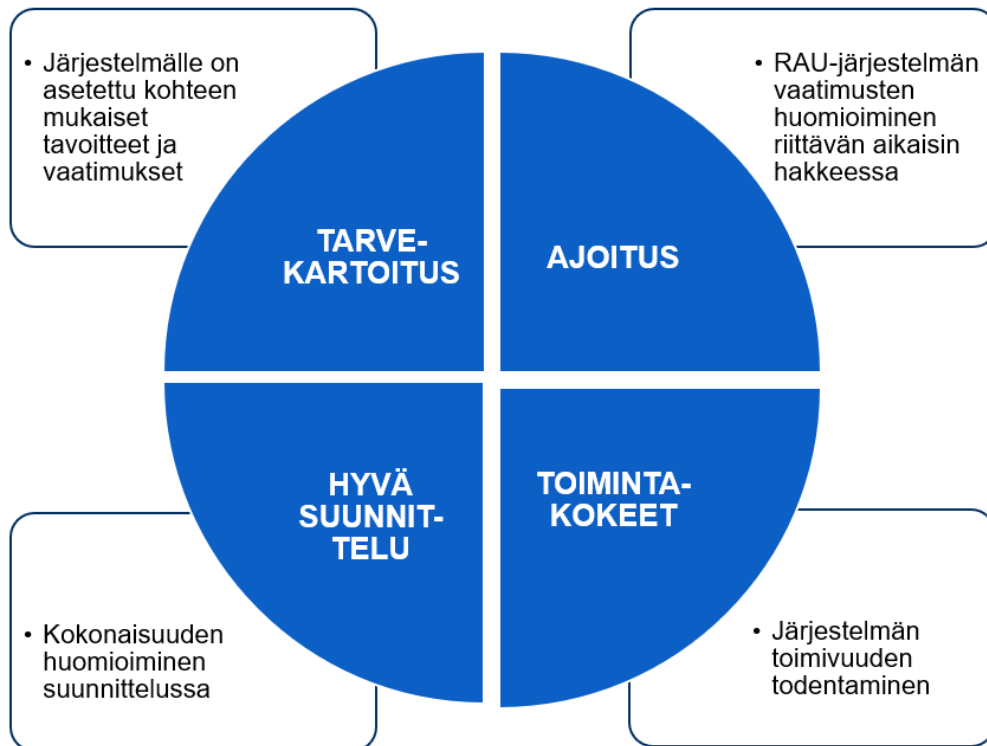
Kuten RAU suunnitelmien laadun niin myös aikataulutuksen kannalta on tärkeää, että kohteeseen tulevien eri järjestelmien lähtötiedot ovat rakennusautomaatio-suunnittelijan käytettävissä riittävän ajoissa, jotta aikaa jää katselmointiin ja yhteensovitukseen ennen urakkalaskentaa. Rakennusautomaation aikatauluhaasteet nähtiin usein johtuvan muiden tekniikoiden suunnittelussa tai toteutuksessa tapahtuneista viivästyksistä.

Haastateltavat olivat hyvin yksimielisiä siitä, että harvoin RAU-suunnitelmille ilmenee lisä- tai muutostarpeita järjestelmän vaatimusten näkökulmasta. Suunnitteluvaiheessa saadaan siis järjestelmälle asetetut tavoitteet määriteltä. Lisä- ja muutostöiden määrä kasvaa suunnitelmien ollessa epäselvät tai ristiriitaiset muiden suunnitelmien kanssa.

4.2.2 Suunnitteluohjeen kehitystarpeet

Tärkein RAU suunnittelun tai toteutuksen vaihe

Asiantuntijahaastatteluissa kerättiin asiakokonaisuuksia, joita haastateltavat pitivät tärkeinä hyvän ja toimivan rakennusautomaatiojärjestelmän aikaansaamiseksi. Alla olevaan kuvaan 11 on koostettu ko. havaintoja.



KUVA 11. Rakennusautomaationprojektin tärkeimmät vaiheet

Suurimmat kehityksen kohteet ja parannus tarpeet

Haastatteluissa korostui näkemys, että rakennuttajan tulisi kiinnittää huomiota automaatiojärjestelmän kokonaisuuteen ja elinkaareen, jotta saadaan tehokkaasti toimiva ja helposti ylläpidettävä järjestelmä. Eräs haastateltava kiteytti tämän toteamalla, että rakennuttajan tahtotilana tulisi olla nykyaikaisen järjestelmän tekeminen, jolloin vältetään juuttumasta ajatukseen, että jokainen VAK:n liittypiste maksaa. Konkreettisenä esimerkkinä kokonaisuuden huomioimisesta tuli haastatteluissa esille tilanteessa, jossa lämpimän käyttöveden kierron paluuputkessa ei ole lämpötilamittausta, jolloin ei pystytä laskemaan käyttövedenjäähdytymää. Investointi tähän lämpötila-anturiin olisi rakennusvaihteessa melko pieni, mutta hyöty energiatehokkuutta tarkasteltaessa suuri.

Kustannukset ja mahdolliset säästökohteet

Asuinkiinteistöjen rakennushankkeissa rakennusautomaation osuus kustannuksista on hyvin pieni, koska järjestelmät ovat vielä melko yksinkertaisia. Nykyisen suunnitteluohjeen perusteella suunnitellusta automaatiojärjestelmästä tulee tyyppillinen asuinkiinteistön järjestelmä ja siten tarpeeseen nähden riittävä. Jos nykyisestä ohjeesta lähdetään karsimaan asioita, kärsii järjestelmän laatu enem-

män kuin mitä ovat kustannussäästöinä saavutetut hyödyt. Koska asuinkiinteistöjen automaatiojärjestelmistä löytyy hyvin paljon kohteiden välistä samankaltaisuutta, suunnittelua helpottaisi ja tehostaisi tilaajan valmiiden mallikaavioiden käyttö. Tällä saataisiin myös parannettua suunnitelmien laatua. Näillä kaikilla edellä mainituilla tekijöillä saataisiin aikaan kustannussäästöjä. Mallikaavioiden käyttömahdollisuus tuli esille monessa asiantuntijahaastattelussa.

Mallikaavioita suunniteltaessa tulee huomioida kohteiden käyttötarkoitus, se millaisissa kohteissa kaavioita tullaan hyödyntämään. Suunnittelun painopisteet saattavat vaihdella kohteittain. Joissakin kohteissa halutaan korostaa määräystenmukaisuutta, joissakin elinkaariajattelua sekä järjestelmien helppoa käytettävyyttä.

Toimintakokeet ja takuuajan seuranta

Todella monessa haastattelussa korostettiin toimintakokeiden merkitystä. Hyvän suunnittelun ja huolellisen toteutuksen merkitys kariutuu, jos järjestelmän toimivuuden todentaminen jätetään tekemättä. Toimintakokeille tulisi varata riittävästi aikaa sen jälkeen, kun kaikki järjestelmät ovat valmiit ja toimintakunnossa. Ennen toimintakokeita tulisi järjestelmille antaa myös hiukan aikaa tasoittua, jolloin asenusten vaikutukset järjestelmään minimoituvat.

Vaikka toimintakokeissa havaitaan iso osa RAU-järjestelmän vioista, tulee muistaa, että toimintakokeet testaavat vain järjestelmän hetkellistä toimintaa. Kohteen käyttöönoton jälkeen tulisikin järjestelmien seuranta jatkaa tehostettuna koko takuuajan, jolloin havaitaan säätöjen ja asetusarvojen oikeellisuus sekä ohjausten toiminnan tarkoituksenmukaisuus. Tämän tyyppiseen pitkäaikaiseen valvontaan hyvä työkalu on Trend-seuranta. Trend-seurannan avulla kerätään järjestelmistä mittaustietoa, jonka perusteella piirretyistä kuvaajista pystytään seuraamaan järjestelmän käyttäytymistä sekä havaitsemaan puutteet ja poikkeamat. Trend-seurannan ja vikadiagnostiikan hoitamisesta sovitaan tyyppillisesti etävalvomon kanssa.

Tyypilliset virheet rakennusautomaatiossa

Rakennusautomaatiosuunnittelussa yleisin kompastuskivi todettiin olevan suunnittelijan tyypittämän laitteen ominaisuuksien tarkastaminen automaation näkökulmasta. Järjestelmän suunnittelija, esimerkiksi LVI-suunnittelija, mitoittaa ja määrittelee RAU-järjestelmään liitettäville laitteelle vaatimukset eli tyypittää laiteluetteloihin tulevat laitteet. Tässä yhteydessä suunnittelija määrittelee millaisia hälytys-, tilatieto-, ohjaus-, säätö- tai mittauspisteitä laitteilta vaaditaan, jotta niillä saadaan toteutettua halutun lainen RAU-järjestelmä. Usein kuitenkin urakointivaiheessa urakoitsija haluaa vaihtaa laitteen toiseen vastaavaan tuotteeseen. Laitetta vaihdettaessa ei laitevaihdosta välttämättä hyväksytetä suunnittelijalla, joka tarkastaisi vaihdetun laitemallin soveltuvuuden niin automaatioon kuin esimerkiksi virtaustekniikan kannalta. Vaihtoehtoisesti suunnittelija ei laitevaihdoksen yhteydessä tai alun perinkään ole ehtinyt paneutumaan riittävästi laiteominaisuuksiin, jolloin epähuomiossa on tullut hyväksytyksi vääränlainen tuote. Tyypillisesti tällainen virhe ilmenee EC-moottoreiden valinnan kanssa. Tämä haaste tuli esille todella monessa haastattelussa.

4.2.3 Vapaa sana

Yhteistyön ja tiedon liikkumisen merkitys

Vaikka haastattelukysymyksissä kysyttiin yhteistyöstä, otettiin monesti vapaan sanan -osuudessa esille yhteistyön ja tiedon liikkumisen tärkeys. Taloteknisten ratkaisujen teknistyessä RAU-suunnittelulta vaaditaan enemmän erikoisosamista järjestelmien yhteensopivuudesta, prosessien toiminnasta sekä kokonaisuuden hallinnasta. Tämä lisää enenevässä määrin järjestelmärajojen ylittävän yhteistyön ja tiedon liikkuvuuden merkitystä. Aiemmistä rakennushakkeista ja kohteiden ylläpidosta saatuja, niin hyviä kuin huonojakin, kokemuksia ja havaintoja tulisi hyödyntää tehokkaammin.

RAU-järjestelmien käytettävyys

Automaatiojärjestelmän valinnassa kannattaa hinnan lisäksi painottaa käytettävyyttä. Hankintahinnaltaan edullinen järjestelmä saattaa tulla kalliiksi, jos järjestelmän säätöä, trendien seurantaa tai hälytysten ohjelmointia varten joudutaan

käyttämään paljon työtunteja tai pyytämään apua pieniinkin muutoksiin järjestelmän ohjelmoijalta.

Rakennusautomaatio omana kokonaisuutena

Haastatteluissa tuli esille näkemyksiä, joiden mukaan rakennusautomaation suunnittelu ja toteutus nähtiin toteutuvan paremmin, jos rakennusautomaatio pidetään omana kokonaisuutenaan, eikä esimerkiksi LVI:n alaisuudessa. Erityisesti tämä nähtiin ongelmaksi urakointipuolella, jossa automaatio on useimmiten putki- tai IV-urakan alla. Tämän käytännön myötä RAU-urakoitsijan valinta jää usein liian myöhäiseksi, jolloin urakoitsijan mahdollisuudet vaikuttaa valittuihin ratkaisuihin jää vähäiseksi. Tässä toimintamallissa korostuu myös riski siitä, että muiden urakoitsijoiden töiden viivästyessä, jää RAU:n toteutukselle ja erityisesti toimintakokeille suhteettoman lyhyt aika, jonka seurauksena järjestelmän laatu kärsii.

Tietoturva

Rakennusautomaation tietoturvallisten yhteyksien muodostamiseen tulee kiinnittää tulevaisuudessa enemmän huomiota. Suunnitteluohjeeseen tulisi lisätä maininta tietoturvasta, jotta se huomioidaan riittävällä laajuudella. Tietoturvaan liittyvää vastuunjakoja pitäisi selkeyttää, jolloin esimerkiksi kohteen käyttöönottovaiheessa sen liittäminen etävalvomoon tapahtuu jouhevasti.

Tulevaisuuden varautuminen

Muutamassa haastattelussa tuli esille näkemyksiä siitä, miten suunnitteluohjeistuksessa olisi paremmin varautua tulevaisuuden vaatimuksiin. Tällä ei suinkaan tarkoitettu, että pitäisi lähteä mukaan kaikkiin uusien tekniikoiden mahdollistamiin ratkaisuihin, vaan sellaista varautumista ettei nykyisellä ohjeella rajata järjestelmien mukautettavuutta.

Tähän asti rakennusautomaatioon kytketyt järjestelmät ovat olleet omia, erillisiä järjestelmiään, joiden yhteydet muihin järjestelmiin ovat olleet vähäisiä. Tulevaisuudessa kaikki kiinteistöjä ohjaavat ja niistä tietoa keräävät järjestelmät (talotekniikka-, sähkö- ja turvajärjestelmät) tulevat integroitumaan samoihin verkkoihin ja palveluihin, jolloin erilaiset tavat ohjata ja optimoida järjestelmiä lisääntyvät. Ohjeista tulisi suunnata tällaisen kehyksen mahdollistaviin ratkaisuihin.

4.2.4 Yhteenveto asiantuntijahaastatteluiden tuloksista

Asiantuntijahaastatteluista nousivat esille tähän kappaleeseen koostetut näkemykset RAU-suunnitteluohjeistuksen kattavuudesta sekä parannustarpeista. Havainnot perustuvat asiantuntijoiden kokemukseen työskentelystä sekä YH Kotien kohteiden kanssa, että yleisempään kokemukseen alasta.

Näkemyksiä suunnitteluohjeesta ja sen parantamisesta:

- Nykyohjeistuksesta selviää hyvin rakennuttajan suunniteltaville järjestelmille asettamat laatutasovaatimukset, ja sen perusteella saadaan tyypillinen asuinkiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä. Ominaisuuksien karsinnalle tai lisäyksille ei nähty perusteita. Ohjetta tulisi kehittää siihen suuntaan, että nykyisellä ohjeistuksella mahdollistetaan varautuminen tulevaisuuden vaatimuksiin.
- Suunnittelun ohjeistuksessa tulisi painottaa enemmän toimivan kokonaisuuden huomioimista suunnittelussa, jotta jokaiselle kohteelle saadaan juuri kyseiseen kohteeseen soveltuvimmat ratkaisut.
- Ottamalla käyttöön mallikaaviot nopeutetaan RAU suunnittelua, vähennetään virheitä ja säästetään kustannuksia.
- Tietoturvan huomioiminen ja siihen liittyvän vastuunjaon selkeyttäminen jo suunnitteluvaiheessa parantaa valmiin kohteen rakennusautomaation tietoturvaa.

Näkemyksiä suunnitteluprosessin ja toteutuksen parantamiseksi:

- Rakennusautomaatiojärjestelmien vaatimukset huomioiminen riittävän varhaisessa vaiheessa rakennushanketta, parantaa järjestelmäkokonaisuutta.
- Panostaminen hyvään suunnitteluun ja laadukkaisiin suunnitelmiin auttaa parantamaan järjestelmän toimivuutta ja tuottaa kustannustehokkuutta. Suunnitelmien laatua saadaan parannettua kiinnittämällä huomiota suunnitelmien katselmointiin ja sen oikea-aikaisuuteen. Erillisen suunnittelupalaverin järjestäminen talotekniikan ja rakennusautomaation järjestelmille toisi parempaa näkyvyyttä ratkaisujen valintaperusteille ja sitä kautta nopeuttaisi suunnitelmien katselmointia.

- Rakennusautomaation vastaanotto ja toimintakokeet tulisi tehdä erityisen huolellisesti, jotta pystytään varmentamaan järjestelmien suunnitelmanmukaisuus.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntijahaastatteluiden perusteella on pääteltävissä, että rakennusautomaation suunnittelussa on joitakin alalla laajalti esiintyviä ongelmia, koska saman kaltaisia haasteita löytyi niin YH Kotien kohteiden RAU-suunnittelussa kuin aiheesta tehdyissä selvityksissä. Tällaisia havaintoja ovat mm. kokonaisuuden huomioiminen suunnittelussa, rakennusautomaatiojärjestelmien huomioiminen riittävän aikaisessa vaiheessa rakennushanketta sekä toimintakokeiden merkitys.

Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät soveltuivat hyvin suunnitteluohjeen kehittämiseen ja tutkimustuloksista saatiin näillä menetelmillä luotettavia. Kirjallisuustutkimuksen perusteella tehtiin havaintoja alan yleisistä haasteista ja asiantuntijahaastatteluilla päästiin pureutumaan työnteettäjän toimintaympäristössä kohdatuihin kehityskohteisiin.

Kirjallisuustutkimuksessa käytettyä tutkimustietoa on melko hyvin saatavilla, koska esimerkiksi rakennusautomaation vaikutuksia sisäilmaongelmiin ja energiatehokkuuteen on tutkittu paljon. Moni tutkimuksista käsittelee palvelurakennuksia, mutta siitä huolimatta suunnittelun haasteissa on havaittavissa samankaltaisuuksia.

Haasteena haastatteluiden tulkinnassa oli hahmottaa, mitkä haastateltavien näkemyksistä olivat nimenomaan YH Kotien kohteiden kautta muodostuneita ja mitkä perustuivat haastateltavan yleisempään kokemukseen alasta. Toki, tällä problematiikalla ei ollut suurta merkitystä tutkimuksen tavoitteen kannalta, jossa haluttiin kerätä näkemyksiä ja kokemuksia kehitysehdotusten löytämiseksi. Myös haastatteluja ohjaavien kysymysten asettelu olisi voinut olla yksityiskohtaisempi, jolloin vastauksetkin olisivat olleet tarkempia, konkreettisiin ongelmiin pureutuvia. Nyt saadut vastaukset olivat melko yleisellä tasolla.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa rakennusautomaatiosuunnittelun tärkeimmät vaiheet ja osatekijät asuntorakentamisessa. Samalla pyrittiin kirkastamaan rakennuttajaorganisaation ymmärrystä siitä, mihin rakennusautomaatiota tarvitaan ja mitä sillä voidaan saavuttaa. Työn toisena tavoitteena oli kartoittaa kirjallisuusselvityksen avulla rakennusautomaation suunnittelun yleisimpiä ongelmakohtia sekä selvittää kyselytutkimuksen avulla YH Kotien rakennusautomaatiota koskevan suunnitteluohjeistuksen kattavuus sekä kerätä parannustarpeet ja kehitysehdotukset.

Rakennusautomaatio on aiheena laaja kokonaisuus ja sisältää runsaasti teknisiä yksityiskohtia. Suunnitteluohjeistuksen kannalta relevantin taustateorian rajaaminen oli haasteellista, mutta lopulta teorian rajauksessakin onnistuttiin melko hyvin.

Opinnäytetyön tutkimusosuudelle asetetut tavoitteet saavutettiin erinomaisen hyvin. Asiantuntijahaastatteluun valitut yhteistyökumppanit olivat hyvin yhteistyöhaluisia ja näkivät aiheen tarkastelun tarpeelliseksi. Asiantuntijahaastattelujen pohjalta koostetut kehitysehdotukset saivat positiivisen vastaanoton työnteettäjältä. Etenkin tulosten pohjalta käydyn keskustelun katsottiin tuovan lisäarvoa yritykselle sekä luovan pohjan RAU suunnittelun ohjeistuksen kehittämiseksi.

Opinnäytetyön tekijän omakohtainen, epävirallinen tavoite työlle oli lisätä tietämystä, asiantuntemusta sekä kartuttaa kokemusta rakennusautomaatiosta ja sitä kautta tuoda lisäarvoa tutkinnolle. Myös tässä tavoitteessa onnistuttiin hyvin.

Haastatteluja tehdessä ilmeni, että isännöinnissä olevien kohteiden lämmönjaon perusparannustöiden yhteydessä uusitaan myös kohteen automaatio ja tähän ei ole käytössä varsinaista suunnitteluohjetta. Hyvä jatkotutkimuksen aihe olisikin selvittää, miltä osin uudisrakentamiseen tarkoitettu automaation suunnitteluohjeistus soveltuu saneerauskohteisiin.

LÄHTEET

Björkroth, M., Pitkänen, P. & Eskola, L. 2015. Rakennusautomaatiojärjestelmän merkitys ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamissa sisäilmaongelmissa. Sisäilmastoseminaari 2015, 259 – 264.

Eskola, L., Björkroth, M., Merkiö, J. & Syrjälä, J. 2015. Rakennuksen painesuhteiden hallinta. Rakennusfysiikkaseminaari 2015 – Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut, 319 – 324.

European Commission. 2018. Communication from the commission - A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. Luettu 3.1.2019. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15011-2018-INIT/en/pdf>

Heikkilä, T. 2008. BACnet Foorum Helsinki - Avoimen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. Luettu 9.12.2018. <https://docplayer.fi/2259742-Bacnet-foorum-helsinki.html>

Heinonen, J., Holmberg, R., Hyvärinen, K., Hänninen, R., Jokinen, L., Kauppinen, K., Keinonen, P., Koivula, U., Koskela, U., Korkinen, E., Kosonen, R., Laine, T., Liljeström, K., Lönnström, J., Mustakallio, P., Mäkinen, P., Nykvist, A., Paasio, I., Pessi, P., Pettersson, H., Pihlajamaa, P., Railio, J., Rantama, M., Ripatti, H., Sahlstén, T., Sandberg, E. (toim.), Silvan, J., Sundman, T. L., Säteri, J., Tammivaara, H., Valkeapää, A., Vuolle, M. 2014a. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät – ilmastointitekniikka osa 1. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Heinonen, J., Holmberg, R., Hyvärinen, K., Hänninen, R., Jokinen, L., Kauppinen, K., Keinonen, P., Koivula, U., Koskela, U., Korkinen, E., Kosonen, R., Laine, T., Liljeström, K., Lönnström, J., Mustakallio, P., Mäkinen, P., Nykvist, A., Paasio, I., Pessi, P., Pettersson, H., Pihlajamaa, P., Railio, J., Rantama, M., Ripatti, H., Sahlstén, T., Sandberg, E. (toim.), Silvan, J., Sundman, T. L., Säteri, J., Tammivaara, H., Valkeapää, A., Vuolle, M. 2014b. Ilmastointilaitoksen mitoitus: Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Herranen, J. 2017. Energiatehokkuus rakennusautomaatiota käyttäen. Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

Härkönen, P., Mikkola, J., Piikkilä, V. (toim.), Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T., Sulku, J. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät – ST-käsikirja 17. 3. uusittu painos. Espoo. Sähköinfo Oy.

Järnström, h., Kouvusaari, R., Saari, M. 2017. Ilmanlaadun hallinta rakennushankkeen eri vaiheissa. Raportti VTT-S-06675-17. VTT Expert Services Oy. Tiilaaja Rakennusteollisuus RT ry. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ajankohtaista/ajankohtaista-liitteet/2018/vtt-s-06675-17-rt-sisailman-laadun-hallinta-191217.pdf>

Kauppinen, T., Laitinen, A., Peltonen, J & Pietiläinen J. 2015. Rakennusautomaation ja monitoroinnin avulla parempaan toimivuuteen ja sisäympäristöön.

Rakennusfysiikkaseminaari 2015 – Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut, 299-304.

KNX. 2019. Kansainvälinen KNX-standardi. Verkkodokumentti. Luettu 15.4.2019. <http://www.knx.fi/index.php?k=224571>

Kukkonen, E. 2016. Hallitsemattomat paine-erot voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia. Sisäilmauutiset. Luettu 5.3.2019. <https://www.sisailmauutiset.fi/tutkimus/hallitsemattomat-paine-erot-voivat-aiheuttaa-sisailmaongelmia/>

Kukkonen, P., Hyvärinen, J., Saari, M., Nyman M. 2015. Rakennusautomaatio rakentamisen säätelyssä. Raportti VTT-S-04488-15. VTT Expert Services Oy. Tilaaja Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. <http://www.stul.fi/Download.ashx?id=e9571810-fe28-4c35-8ce6-5abbc1e6bcca&type=1&attachment=True&version=635832619391030000>

Liedes, R., Piikkilä, V., Sahala A., Sahlstén, T., Sulku, J. 2017. Kiinteistöjen valvomojärjestemät – ST-käsikirja 22. Espoo. Sähköinfo Oy.

Litiu, A., Beuhorry, R., Brook, B., Corgnati, S., D'Oca, S., Fabi, V., Fuhrmann, K-D., Keel, M., Kranz, H., Kurnitski, J., Liedes, R., Schoenenberger, P., Ullmann, R., 2016. No.22: Introduction to building automation, controls and technical building management. Luettu 5.12.2018
REHVA. https://www.rehva.eu/fileadmin/guidebooks/GB22_presentation.pdf.

LVI-kortti 40-10250. 1996. Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohje. Rakennustietosäätiö.

M-Bus -järjestelmän suunnitteluohjeet 2009. 2009. Saint-Gobain Pipe Systems Oy. Verkkodokumentti. Luettu 30.3.2019. <https://docplayer.fi/19168901-Suunnitteluohjeet-2009.html>

Ojanen, T. & Airaksinen, M. 2016. Energiatohokkuusvaatimukset ja rakennusterveys. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Luettu 15.3.2019. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2016-AK-82964.pdf>

Rehva. 2018. The European Smart Readiness Indicator (SRI) for Buildings – in the making, get involved! The REHVA European HVAC Journal 6/2018 s. 47-52 https://www.rehva.eu/fileadmin/REHVA_Journal/REHVA_Journal_2018/RJ6/RJ1806_WEB.pdf

Rosberg, A. 2016. Sähköinen talonmies on kiinteistöhallinnan nykypäivää. Automaatioväylä 6/2016, 16–18.

Seppänen, O. 2018a. Seppäsen blogi: Uusittu energiatohokkuusdirektiivi luo paineita rakennusautomaatiojärjestelmille. <https://www.finvac.org/blogi/?k=energiatohokkuusdirektiivi>. Luettu 9.12.2018

Seppänen, O. 2018b. Seppäsen blogi: ”Rakennusten älyindikaattori tulee - oletko valmis?” Luettu 9.12.2018 <https://www.finvac.org/blogi/2018/10/16/26748/?page2>

Seppänen, O. 2018c. Ehdotus rakennusten älyratkaisuindikaattoriksi. Talotekniikka 8/2018, 45–47.

Tosibox. 2019. User Manual. Verkkodokumentti. Luettu 15.3.2019.
https://www.tosibox.com/uploads/2019/03/Lock_Key_Manual_en.pdf

RT 07-11299. 2018. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustieto Oy.

Uusitalo, S. 2016a. Rakennusautomaatiojärjestelmän kenttälaitteet. Sääto- ja rakennusautomaatio toimitiloissa -opintojakson oppimateriaali. PDF-dokumentti. Tabula. TAMK. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 13.12.2018. <https://tabula.tamk.fi/mod/resource/view.php?id=834741>.

Uusitalo, S. 2016b. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. Sääto- ja rakennusautomaatio toimitiloissa -opintojakson oppimateriaali. PDF-dokumentti. Tabula. TAMK. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 13.12.2018. <https://tabula.tamk.fi/mod/resource/view.php?id=834741>.

Uusitalo, S. 2016c. Rakennusautomaation dokumentointi. Sääto- ja rakennusautomaatio toimitiloissa -opintojakson oppimateriaali. PDF-dokumentti. Tabula. TAMK. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 13.12.2018. https://tabula.tamk.fi/pluginfile.php/1072977/mod_resource/content/1/Rakennusautomaatio%20rakennushankkeessa.pdf

Viestintävirasto Kyperturvallisuuskeskus. 2018. Suojaamattomia automaatiojärjestelmiä suomalaisissa verkoissa 2018. Luettu 3.1.2019. https://legacy.viestintavirasto.fi/attachments/cert/tietoturvakatsaukset/Erityisraportti_suojaamattomia_automatiolaitteita_suomalaisissa_verkoissa_2018.pdf

YH Kodit Oy. 2018. YH Kodit rakennuttajana. Luettu 13.12.2018.
<https://www.yhkodit.fi/yh-kodit/rakennuttajana/>

Ympäristöministeriö. 2017a. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luettu 30.1.2019. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

Ympäristöministeriö. 2017b. 1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Luettu 7.1.2019.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BAAD7DB92-F571-4766-A3F1-BFF63383191B%7D/133875>

LIITTEET

Liite 1. Asiantuntijahaastattelujen kysymykset

Kuka olet? Missä roolissa toimit/mistä vastaat?

NYKYTILANNE:

- Miten hyvin tunnet nykyisen ohjeistuksen? Sovellatko sitä roolissasi?
- Mitä hyvää nykyisessä ohjeistuksessa?
- Nykyinen ohjeistus on melko kevyt, mitä siitä mieltä?
- Onko työtilaajalla riittävä ymmärrys rakennusautomaatiosta ja sen asettamista vaatimuksista? Esim. rakennuttajalla, pääurakoitsijalla?
- Onko rakennuttajalla/LVI-suunnittelijoilla/pääurakoitsijalla riittävä ymmärrys rakennusautomaatiosta ja sen asettamista vaatimuksista?
- Onko eri järjestelmien suunnittelijoilla riittävä ymmärrys
 - o millaisia ohjaustarpeita suunnitelluilla järjestelmillä on?
 - o miten ohjaus on tarkoitus toteuttaa?
 - o miten se näkyy omassa työssäsi
- Onko yhteistyö eri suunnittelijoiden välillä riittävää/sujuvaa?
- Onko RAUn eri työvaiheiden valvonta mielestäsi riittävää?
- Miten suunnitelmien katselmukset hoidetaan?
- Onko aikataulutuksessa haasteita?
- Ilmeneekö rakennushankkeissa usein tarvetta lisä- ja muutostöille? Aiheuttaako nämä haasteita resurssoinnin tai kustannusten näkökulmasta.

KEHITTÄMISTARPEET;

- Missä mielestäsi on RAU järjestelmään liittyvien töiden suurimmat kehityksen kohteet? Miten parantaisit näitä? Mitä erityisesti haluaisit parannettavan?
- Onko RAU järjestelmän työvaiheissa varaa kustannusten tehostamiseen? Vaatiiko joku vaihe lisää resurssointia?
- Mikä RAU järjestelmän suunnittelu/toteutusvaiheista on tärkein? Mihin kannattaa panostaa? Missä voidaan tehdä suurimmat virheet
- Tulisiko suunnitelmien laadunvarmistusta parantaa?

Suunnittelijoille:

Tuntuuko RAU:n suunnittelu haasteelliselta? Jos, niin mikä sen aiheuttaa?

Huolto&isännöinti:

Onko perehdytys kohteen vastaanotossa riittävää? Onko dokumentaatio riittävän selkeä?

VAPAA SANA: