



Mikael Lesch

Talotekniikkajärjestelmien käyttöönottoprosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

30.11.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Mikael Lesch Talotekniikkajärjestelmien käyttöönottoprosessin kehittäminen 46 sivua 30.11.2021
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	yliopettaja Rauno Holopainen talotekniikkajohtaja Timo Kekkonen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Congrid -laadunvarmistustyökalun soveltuvuutta käyttöönottoprosessin dokumentointiin. Tavoitteena oli myös laatia kattava kuvaus talotekniikkajärjestelmien käyttöönottoprosessista, jota voidaan käyttää hankkeiden käyttöönotto-suunnitelmien pohjana.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin niiltä osin, että saimme kehitettyä kattavan ja tarkan kuvauksen käyttöönottoprosessista, jota voimme käyttää eri hankkeiden käyttöönottosuunnitelmien pohjana. Lisäksi voimme kouluttaa uusia talotekniikkajärjestelmien käyttönottajia tai ohjata konsultteja toimimaan meidän ohjeiden mukaisesti, jotta heidän laadunvarmistus on meidän vaatimalla tasolla.</p> <p>Congrid on sovelluksena erittäin hyvä apu rakennushankkeissa. Toimintakokeita pidettäessä on virheet ja puutteet helppo dokumentoida saman sovelluksen avulla. Nämä virheet ja puutteet voidaan lähettää sovelluksen avulla suoraan ao. aliurakoitsijalle, jotka saavat sen käyttämäänsä sovellukseen. Sovelluksen ongelmana on kuitenkin sen kanssa työskentelyyn käytetty aika. Tarkastuskohtia tehtäessä tapahtuu useita mikrotapahtumia, jotka kestävät useita sekunteja ja kun näitä tapahtumia on jopa satoja, vie sovelluksella työskentely paljon aikaa. Siksi Congrid ei sovellu käyttöönottoprosessin dokumentointiin tällä hetkellä.</p> <p>Käyttöönottoprosessi on tärkeä osa rakennushanketta ja sillä varmistetaan talotekniikkajärjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta. Kun prosessi on kuvattu selkeästi ja tarpeeksi kattavasti, tietävät rakennushankkeisiin ryhtyvät, että heidän käyttämänsä järjestelmät on tarkastettu ja todettu toimiviksi.</p>	
Avainsanat	talotekniikka, käyttöönottoprosessi, Congrid, laadunvarmistustyökalu

Author Title Number of Pages Date	Mikael Lesch Development of Commissioning Process of Building Services Engineering Systems 46 pages 30 November 2021
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Instructors	Rauno Holopainen, Principal Lecturer Timo Kekkonen, CEO of Building Services Engineering
<p>The goal of this final year project was to establish the suitability of the quality assurance application Congrid for the building services engineering commissioning process. In addition, the aim was to develop a comprehensive description of the commissioning process.</p> <p>To study the suitability of Congrid, functional test were conducted. The tests showed that error documentation with it is easy, and information about the errors can be sent via the application directly to the subcontractors. Moreover, the test reports produced by Congrid are easy to read. However, using the application is time consuming due to the several micro-events, taking several seconds, when ever tasks are added to a checklist. Therefore, Congrid is not currently suitable for documenting the commissioning process, as using an Excel file is considerably faster.</p> <p>The thesis were succeeded in developing a comprehensive and accurate description of the commissioning process. The description can be used as a basis for the commissioning plans of various projects. New commissioners of building services engineering can be easily trained with the commissioning process description.</p>	
Keywords	building services engineering, commissioning process, Congrid, quality assurance tool

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimusmenetelmä	1
2.1	Tutkimuksen tavoite	2
2.2	Tutkimusmenetelmät	2
3	Laadunvarmistustyökalu Congrid	2
4	Käyttöönottoinsinöörin tehtäväkuvaus	9
4.1	LVIAS-suunnitelmien suunnittelunohjaus	9
4.2	Käyttöönottoprosessin koordinointi	11
5	Käyttöönottoprosessi	11
5.1	Käyttöönottoprosessin suunnittelu ja aikataulus	13
5.2	Laite- ja materiaalihyväksyntä	13
5.3	Malliasennukset	14
5.4	Laite- ja asennustapatarkastukset	16
5.5	Paine- ja tiiviyskokeet	18
5.6	Putkistojen huuhtelu ja puhtauden tarkastus	20
5.7	Aliurakoitsijoiden toimintatarkastukset	22
5.8	Varotoimintojen toimintakokeet	23
5.9	Järjestelmien virtauksien säätötyöt	23
5.10	Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys	24
5.11	Pääurakoitsijan toimintakokeet	25
5.12	Mittaukset	28
5.12.1	Huonemittaukset	28
5.12.2	Huonelämpötilojen mittaukset	30
5.12.3	Huoneiden äänen painetasojen mittaus	30
5.12.4	Muut tavoitearvot	31
5.12.5	SFP-luvun mittaus ja laskenta	32
5.12.6	Ilmanvaihdon lämmön talteenottolaitteen hyötysuhteen mittaus	37

5.12.7	Lämpöpumpun lämpökertoimen mittaus	37
5.12.8	Pumppaamoiden virtausmittaukset	37
5.12.9	Pikapalopostien virtausmittaukset	37
5.12.10	Vesikalusteiden virtausmittaukset	37
5.12.11	Tilojen paine-eromittaukset	38
5.13	Koekäyttö ja kuormituskokeet	39
5.13.1	Jännitekatkotesti	41
5.13.2	Yhteiskoekäyttö	41
5.14	Käyttöönoton tulevaisuus	43
6	Päätelmät	44
	Lähteet	46

Lyhenteet

Congrid	Laadunvarmistussovellus
LVI	Lämmitys, vesijohto ja ilmanvaihto
LVIAS	Lämmitys, vesijohto, ilmanvaihto, automaatio ja sähkö
RAU	Rakennusautomaatio
RT	Rakennustieto
RT-kortti	Rakennustietokortti
SRV	SRV Rakennus Oy
TATE	Talotekniikka

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin SRV Rakennus Oy:n talotekniikkaosastolle. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää yrityksen rakennushankkeiden talotekniikkajärjestelmien käyttöönottoprosessia, luoda käyttöönottoinsinööreille yhtenäinen toimintatapa ja kehittää työkaluja hankkeiden toteutukseen. Samalla parannetaan yhteistyötä yrityksen suunnittelunohjaus- ja talotekniikkahankintaryhmän kanssa. Aikaisemmin nämä ryhmät ovat olleet erillään toisistaan, eikä ryhmien välillä ole oikeastaan ollut minkäänlaista kommunikointia. Parantamalla yhteistyötä saamme vähennettyä kustannuksia toteutusvaiheessa sekä tehokkuutta suunnitteluun ja laitevalintoihin.

Tarkoituksena on tehdä käyttöönottoprosessista kertova kuvaus, joka esitellään hankkeiden tarjousvaiheessa rakennushankkeiden tilaajille. Tällä tavoin tilaajat saavat tarkan tiedon siitä, mitä käyttöönottoinsinööri tekee hankkeessa käyttöönottoprosessin aikana ja mitä etuja siitä on. Samalla tätä käyttöönottoprosessin kuvausta voidaan käyttää pohjana hankkeiden käyttöönottosuunnitelmissa.

Käyttöönottoprosessin dokumentointia varten on tarkoitus kokeilla laadunvarmistussovellusta Congridia, jota käytetään hankkeiden rakennustöiden laadunvalvontaan. Tämän avulla saisimme kaikki käyttöönottoprosessista tuotetut dokumentit yhteen alustaan kaikkien osapuolien nähtäväksi. Työkalun käyttö nopeuttaisi toteutusvaiheessa aliurakoitsijoiden virhe- ja puutekorjauksia, ja tämä lisäisi mahdollisuutta virheettömään luovutukseen sekä onnistuneeseen käyttöönottoprosessiin.

2 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön päätavoitteena on kehittää ja tuottaa perusteellinen kuvaus käyttöönottoprosessin toteuttamisesta. Käyttöönottoprosessia sovelletaan RT-kortista RT 10-11301 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, joten on tärkeätä, että prosessi on kuvattu selkeästi ja selitetty syyt RT-kortista poikkeaviin menetelmiin.

2.1 Tutkimuksen tavoite

Tavoitteena on selvittää laadunvarmistussovelluksen Congridin soveltuvuutta käyttöönottoprosessin dokumentointia varten. Tällä hetkellä käytössä on excelpohjaiset dokumentointityökalut, joista lopullisten käyttöönottodokumenttien tuottaminen on työlästä ja aikaa vievää. Congridia käytetään malliasennusten, asennustapatarkastusten, vika- ja puutelistojen tekemiseen, ja se mahdollistaa käyttöönottoprosessin dokumenttien saamiseen yhteen alustaan. Kaikilla hankkeen Congridia käyttävillä osapuolilla on halutesaan pääsy näihin dokumentteihin.

Congridissa on laadunvarmistusosio, johon on mahdollista tehdä itse omia laadunvarmistuspöytäkirjapohjia. Tämän avulla olisi mahdollista tuottaa selkeälukuisia toiminta-koepöytäkirjoja.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Congridin soveltuvuuden selvittämiseksi käyttöönottoprosessin dokumentointia varten otettiin käyttöön tämä sovellus ja tuotettiin haluttuja dokumentteja.

3 Laadunvarmistustyökalu Congrid

SRV:n hankkeissa on aina käytössä laadunvarmistustyökalu Congrid, ja siksi käyttöönottoinsinöörien on helppo siirtää käyttöönottoprosessi tälle samalle alustalle. Congridin pääasialliseen käyttöön kuuluu virheiden ja puutteiden kirjaaminen tietokantaan, josta ne on helppo osoittaa oikealle aliurakoitsijalle korjattavaksi.

Käyttöönottoprosessin dokumentointi voidaan siirtää Congridin laadunvarmistusosioon, joka on täysin muokattavissa juuri sellaiseksi kuin käyttöönottaja sen haluaa. Kuvassa 1 on esitetty Congridin laadunvarmistusosio, johon on lisätty rakennuskohteen toimintakohteiden tarkastuskohdat.

Koti > 2792 Jätkäsaaren peruskoulu > Laatu

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi	Mallikatselmus (Tarkastus)	Raudoitustarkastus (Tarkastus)	Katselmus (Tarkastus)
50 Toimintakokeet	0		0
51 Lämmönjakopaketin kenttälaitteiden asennustaparakastus	0		0
52 Lämmönjakopaketti	0		1
53 Ilmanvaihtokoneen kenttälaitteiden asennustaparakastus	1		0
54 Ilmanvaihtokone I201TK/PK, 201 Opetustilat	0		1
55 Ilmanvaihtokone I202TK/PK, 202 Opetustilat	0		1
56 Ilmanvaihtokone I203TK/PK, 203 Opetustilat	0		1
57 Ilmanvaihtokone I204TK/PK, 204 Opetustilat	0		1
58 Ilmanvaihtokone I205TK/PK, 205 Juhlasali/ruokasali	0		1
59 Ilmanvaihtokone I206TK/PK, 206 Käsiyö	0		1
60 Ilmanvaihtokone I207TK/PK, 207 Kotitalous	0		1
61 Ilmanvaihtokone I208TK/PK, 208 Komponentteikkiö	0		1
62 Ilmanvaihtokone I209TK/PK, 209 WC:t	0		1
63 Ilmanvaihtokone I210TK/PK, Porras ja Hissi	0		1
64 Ilmanvaihtokone I211TK/PK, Porras ja Hissi	0		1
65 Ilmanvaihtokone I212TK/PK, Porras ja Hissi	0		1
66 Ilmanvaihtokone I213TK/PK, Porras ja Hissi	0		1
67 Ilmanvaihtokone I214TK/PK, Tekniset tilat	0		1
68 Ilmanvaihtokone I230TK/PK, Erillispoistot, Tekninen työ	0		1
69 Ilmanvaihtokone I231TK/PK, Erillispoistot, Purunpoisto	0		2
70 Ilmanvaihtokone I232TK/PK, Erillispoistot, Luonnontiede	0		1

Kuva 1. Toimintakokeiden tarkastukset Congridin laadunvarmistusosiossa.

Hankaluuksia aiheuttaa valmiin tarkastuspöytäkirjapohjan muokkaaminen jälkikäteen eikä tarkastuspohjia pysty kopioimaan projektista toiseen. Suunnitteluun keskittyneet yritykset käyttävät suunnitelmiensa pohjana kirjastoa, josta ne valitsevat sopivan suunnitelman eri järjestelmien osille. Tämä tarkoittaa sitä, että saman yrityksen eri kohteiden suunnitelmat ovat lähes samanlaisia. Sovelluksen työskentelyyn käytettyä aikaa saataisiin lyhennettyä, mikäli tarkastuspohjien kopioiminen projektista toiseen olisi mahdollista. Kuvassa 2 on esimerkki tarkastuspohjasta.

Tarkastuspohja

Ilmanvaihtokone I201TK/PK 1 Yleistä
 Järjestysnumero: 1, ID: 2425001

54 Ilmanvaihtokone I201TK/PK, 201 Opetustilat
 Katselmus

Tarkastusten tavoitemäärä
 Tavoitemäärää ei ole asetettu!

1.01 Kaikki toimintaselostuksessa mainitut aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa sekä valvomografiikalta että alakeskuspääteeltä.
 Järjestysnumero: 2, ID: 2425002

1.02 Ilmanvaihtokone puhdistettu sisältä
 Järjestysnumero: 3, ID: 2425003

1.03 Taajuusmuuttajat parametroitu
 Järjestysnumero: 4, ID: 2425004

1.04 Puhaltimien pyörimissuunnat tarkistettu
 Järjestysnumero: 5, ID: 2425005

1.05 Laitemerkinnät
 Järjestysnumero: 6, ID: 2425006

1.06 Pumpun pyörimissuunta ja asennustapa tarkistettu
 Järjestysnumero: 7, ID: 2425007

2 Ohjaukset
 Järjestysnumero: 8, ID: 2425015

2.01 Tuloilmakoneen käyntiä ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmän aika- ja tapahtumaohjelmilla.
 Järjestysnumero: 9, ID: 2425016

2.02 Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjatessa tuloilmapuhaltimen (TF01) ja poistoilmapuhaltimen (PF01) käyntiin ohjataan raitis- ja poistoilmapellit (FG01, FG11) auki ja asetellun ajan (esim. 60s) kuluttua ohjataan puhaltimen taajuusmuuttajat (SC01, SC02) päälle.

Kuva 2. Esimerkki tarkastuspohjasta ja sen tarkastuskohdista.

Pöytäkirjapohjia tehtäessä tapahtuu Congridissa useita mikrotapahtumia, joita ei voi välttää. Tämä vie ylimääräistä aikaa pöytäkirjapohjia tehtäessä. Näitä mikrotapahtumia ovat esimerkiksi erinäköisten ikkunoiden aukeaminen, joita joutuu odottamaan useita sekunteja. Kuvassa 3 on yksi näistä ikkunoista. Näiden ikkunoiden aukeaminen on välttämätöntä sovelluksen toimivuuden kannalta, sillä muuta tapaa esimerkiksi tarkastuskohtien lisäämiselle ei ole.

Live Havainnot Listat

Tarkastuskohta - Ilmanvaihtokone I201TK/PK54
Ilmanvaihtokone I201TK/PK, 201 Opetustilat / Katselmus

Kohdan tunniste

6

Kohdan tunniste auttaa erottamaan eri mittaus ja tarkastuskohtat. Tunnistetta ei käytetä järjestämiseen.

Käyttöliittymän järjestysnumero

48

Järjestysnumeroa käytetään mittaus- ja tarkastuskohtien järjestämiseen. Arvoa ei näytetä käyttäjälle mittauksista tai tarkastuksista tehdessä vaan sitä käytetään ainoastaan järjestämiseen.

Nimi

Uusi tarkastuskohta

OK Peruuta

5.12 Mittauksista laitevika.
Järjestysnumero: 47, ID: 2425062

+ Tarkastuskohta

Kuva 3. Uusia tarkastuskohtia lisättäessä joutuu odottamaan useita sekunteja lisäysikkunan aukeamiseen.

Toimintakokeiden suorittaminen sovelluksen avulla on erittäin helppoa ja miellyttävää. Koska sovellusta voi käyttää tablettitietokoneella, ei ole tarvetta pitää toimintakokeita tuloiteiden tai kannettavan tietokoneen avulla. Sovelluksen käyttö on helppoa, ja ulkoasu on yksinkertainen. Kuvissa 4 ja 5 on kuvakaappaukset tablettitietokoneelta, jolla sovellusta käytetään toimintakokeiden aikana.

16.46 pe 29.10. 73%

Lämmönjakopaketin toimintakoe

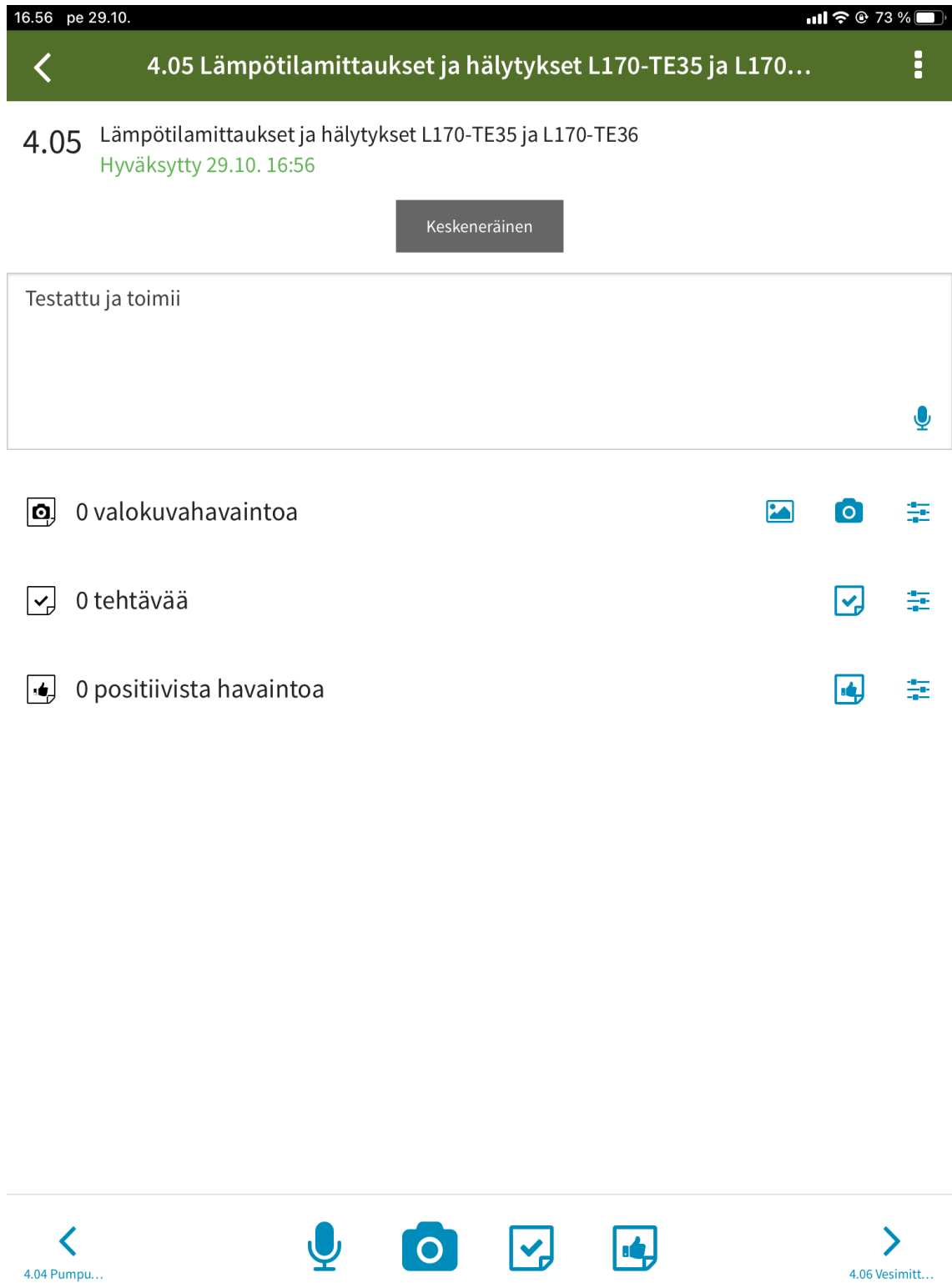
Kohdat
Muistiinpanot
Lisätiedot
⚙️

<input type="checkbox"/>	2.01 Lämpötilamittaus G100-TE00 Keskenäinen. Väliaikainen, reikäpuute,	>
<input type="checkbox"/>	3 Kaukolämpö Keskenäinen.	>
<input checked="" type="checkbox"/>	3.01 Lämpötilamittaukset ja hälytykset L171-TE31 ja L171T-E32 Hyväksytty 29.10. 16:44. Testattu ja toimii	>
<input type="checkbox"/>	3.02 Energiankulutusmittaukset Keskenäinen. Ei suunnitelmissa, selvitetään tarve	>
<input type="checkbox"/>	4 Lämminkäyttövesi Keskenäinen.	>
<input checked="" type="checkbox"/>	4.01 Asetusarvo L170-TE35 [+58°C] Hyväksytty 29.10. 16:44. Testattu ja toimii	>
<input type="checkbox"/>	4.02 Säättöpiirin stabiilisuus (hananaukaisukoe) Keskenäinen.	>
<input checked="" type="checkbox"/>	4.03 Säättöventtiilien säätö - L170-TV35.1 ja L170-TV35.2 Hyväksytty 29.10. 16:44. Testattu ja toimii	>
<input type="checkbox"/>	4.04 Pumpun L170-P01 indikointi ja hälytys Keskenäinen. Pumpun hälytys toimii, indikointi testataan kun pumpu pyörii	>

Katselmus, Lämmönjakopaketti
RAKENNUS, RAKENNUS, 1B

Aseta valmiiksi

Kuva 4. Kuvakaappaus tablettitietokoneen käyttöliittymästä.



Kuva 5. Sovelluksessa on mahdollista kommentoida sekä liittää kuvia ja korjaustehtäviä tarkastuskohtiin.

Sovelluksen avulla toimintakoepöytäkirjoista tulee helppolukuisia. Aina kun aloitetaan toimintakoe ja avataan uusi tarkastus, rekisteröi sovellus tarkastuksen alkamisajankohdan sekä sijaintia käyttäen sen hetkisen säätiedon. Tämä on asia, jota ei aina muisteta ottaa huomioon toimintakokeita pidettäessä, ja on siksi erittäin hyödyllinen. Kuvassa 6 on esimerkki valmiista toimintakoepöytäkirjasta. Näiden ominaisuuksien lisäksi on valmis pöytäkirja mahdollista lähettää suoraan ao. henkilöiden sähköpostiin, josta heidän on mahdollista tarkastella valmista pöytäkirjaa heti toimintakokeen päätyttyä.

2792 Jätkäsaaren peruskoulu
Työ 2792
SRV Rakennus Oy

Toimintakoe Ilmanvaihtokone I210TK/PK,
Porras ja Hissi
Laatutarkastus 318
RAKENNUS, RAKENNUS, IV, B.401 IV-KH
29.10.2021, Viikko 43



Pvm.	Työvaihe / Tarkastus	Alue	
29.10.2021	63 Ilmanvaihtokone I210TK/PK, Porras ja Hissi / Katselmus	RAKENNUS, RAKENNUS, IV, B.401 IV-KH	Mikael Lesch

Hyväksyjät	Osallistujat
Mikael Lesch	Mikael Lesch, SRV

Status	Kuvaus
✓	1. Yleistä 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✓	1.01. Ilmanvaihtokone puhdistettu sisältä 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✓	1.02. Laitemerkinnät 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✓	1.03. Valvontajärjestelmä ohjaa tuloilmakonetta aikaohjelman mukaan 1/2 ja 1/1 nopeudelle säätöviestillä 5V ja 10V. 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✓	1.04. Säädettävä termostaatti kytkee etulämmityspatterin päälle, kun ulkoilmanlämpötila alittaa asetetun arvon. 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✓	1.05. Käyttöpaneelilta pystytään ohjaamaan konetta, muuttamaan asetusarvoja, tarkastelemaan mittausarvoja ja nähdään hälytykset. 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✓	1.06. Käyttöpaneeli asennetaan koneen viereen suojattuun paikkaan. 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty
✗	1.07. Tuloilmakone ei voi käydä mikäli IV-hätäseis on voimassa. IV-hätäseislukitus ei toimi 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✗ Hylätty Keskeneräinen -> Hylätty
✓	1.08. Yleishälytys 29.10.21 16:38 Mikael Lesch: ✓ Hyväksytty Keskeneräinen -> Hyväksytty

Lisätietoja	Sää 29.10.2021
Tapahtumat 29.10.21 16:37 Mikael Lesch: ☉ Odottaa	 Sää kello 16:37 Täysin pilvistä Lämpötila: 10.4 °C Tuuli: 7.4 m/s

Kuva 6. Esimerkki valmiista toimintakoepöytäkirjasta.

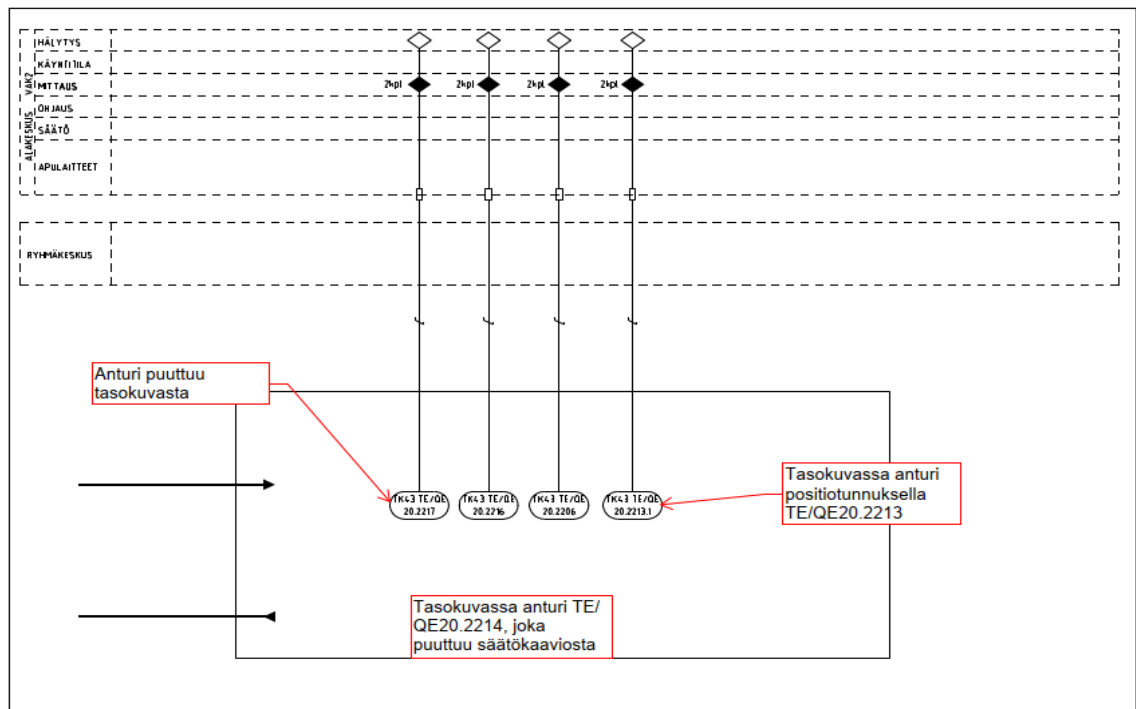
Congrid on monipuolinen ja hyödyllinen työkalu hankkeiden laadunvarmistukseen, mutta tällä hetkellä se ei sovi käyttöönottoprosessin dokumentointiin, koska dokumentoinnin tekeminen kestää pitempään kuin Excelillä tehtäessä. Tekemällä tiivistä yhteistyötä Congridin kanssa on mahdollisuus saada sovellus toimimaan nopeammin ja siten käytökelpoiseksi käyttöönottoprosessin dokumentointiin. Congridissä on monta todella hyödyllistä ja työntekoa helpottavaa toimintoa, että se sopisi käyttöönottoprosessin dokumentointiin mainiosti.

4 Käyttöönottoinsinöörin tehtävänkuvaus

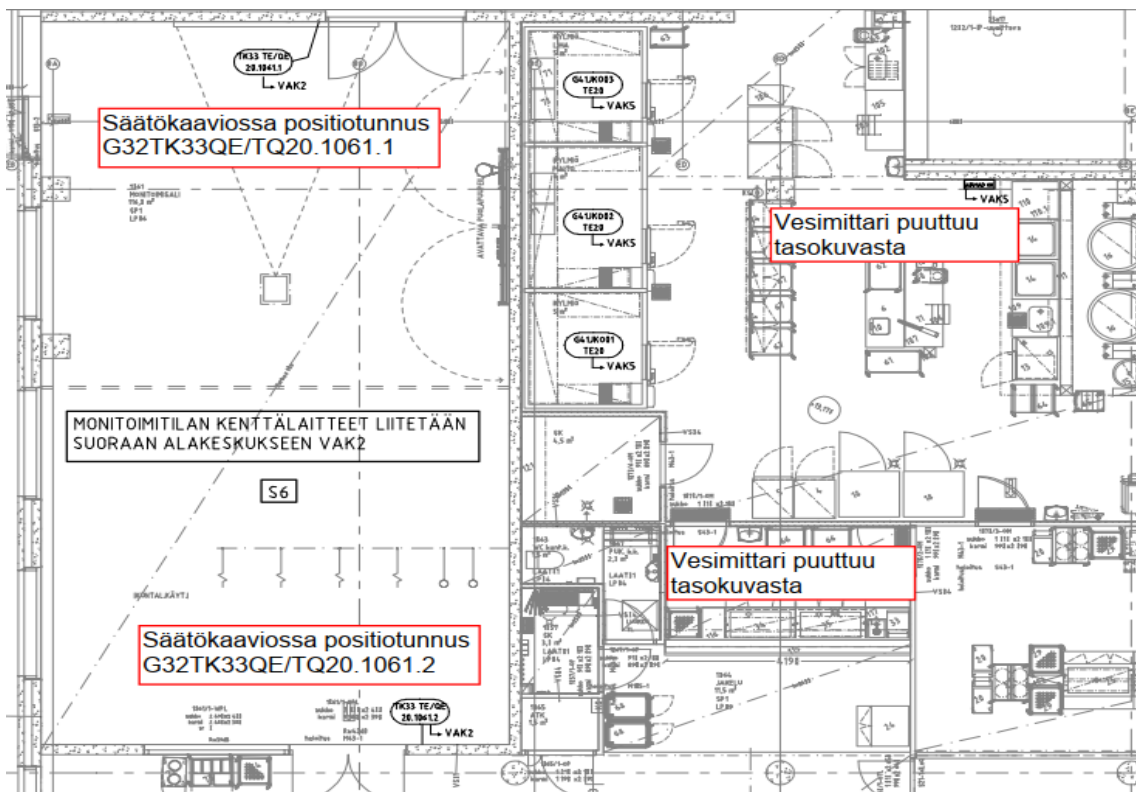
Vuonna 2017 SRV Rakennus Oy siirtyi ulkopuolisten konsulttien käytöstä omien käyttöönottoinsinöörien hyödyntämiseen rakennushankkeiden taloteknisten järjestelmien käyttöönotossa. Käyttöönottoinsinöörin tehtäviin kuuluu LVIAS-suunnitelmien suunnittelunohjaus hankkeiden alussa sekä toimintakokeiden ja yhteiskoekäytön koordinointi. Käyttöönottoinsinööreillä on rakennusautomaatiotausta ja kattava ymmärrys talotekniikan LVI- ja sähköjärjestelmistä.

4.1 LVIAS-suunnitelmien suunnittelunohjaus

LVIAS-suunnitelmien suunnittelunohjaukseen kuuluu pääasiassa rakennusautomaatio-suunnitelmien läpikäynti ja kommentointi suunnittelijoille. Yrityksessä on erillinen suunnittelunohjauksen työryhmä, joka keskittyy pääasiassa LVI- ja sähkösuunnitelmien suunnittelunohjaukseen ja käyttöönottoinsinöörit tekevät tiivistä yhteistyötä heidän kanssaan. Nämä suunnitelmat käydään läpi kaikkien talotekniikka-alojen kesken ja varmistetaan ettei poikkeavuuksia ole. Näillä toimenpiteillä saadaan vähennettyä toteutusvaiheen ongelmia ja haasteita sekä lisätyökustannuksia. Suunnitelmien läpikäynnin lisäksi käyttöönottoinsinööri antaa neuvoja ja kokemuksia eri LVIS-kojeista ja -laitteista, joita kannattaa välttää ja niitä, joita kannattaa käyttää. Myös järjestelmätarpeet, alakeskusten sijoittelut, kommunikointiväylätarpeet ja eri palvelu- ja jakelualueiden kommentit tuodaan esille, ja annetaan neuvoja ja kokemuksia näiden valintoihin. Kuvissa 7 ja 8 on esimerkkejä kommentoiduista suunnitelmista, jotka on lähetetty suunnittelijalle.



Kuva 7. Kommentoitu ilmanvaihdon säätökaavio.



Kuva 8. Kommentoitu RAU-tasopiirustus.

Kun suunnitelmaluonnokset on kommentoitu ja suunnittelijat saaneet viimeistelyä ne hankintasuunnitelmiksi, pystyy käyttöönottoinsinööri tekemään ensimmäisen hahmotelman käyttöönottoaikataulusta. Tätä hahmotelmaa käytetään yleis- ja sisävalmistusaikatauluissa toimintakoevaiheen aikataulutarpeen arviointiin.

4.2 Käyttöönottoprosessin koordinointi

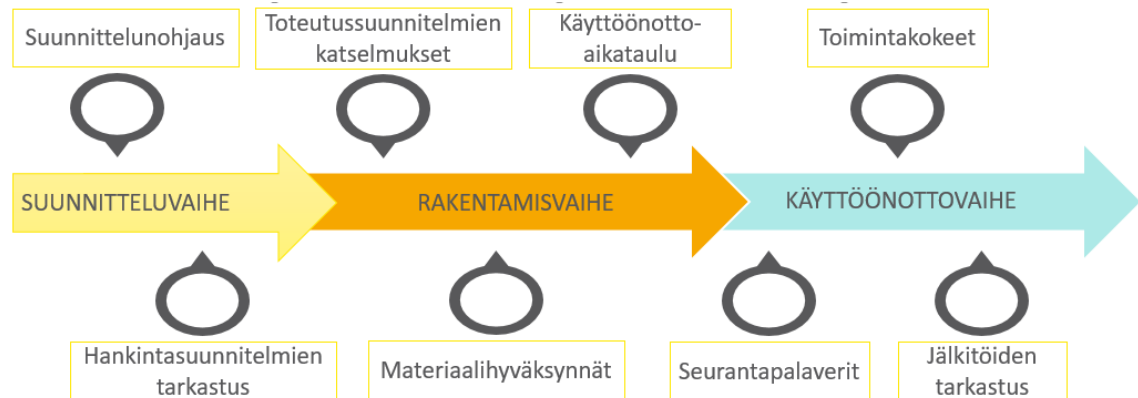
Rakennushankkeen toteutusvaiheen edettyä sisävalmistusvaiheeseen käyttöönottoinsinööri aloittaa käyttöönottoprosessin aikataulun valmistelun rakennushankkeen talotekniikkaorganisaation kanssa. Käyttöönotto on tärkeä osa rakennushanketta, ja siksi sille on oltava tarpeeksi aikaa rakennushankkeessa. Kehityshankkeen kannalta on tärkeätä viedä käyttöönottoinsinöörin näkemys käyttöönottoprosessin aikataulusta jokaisen rakennushankkeen organisaation tietoon.

Taloteknisten järjestelmien valmistuttua käyttöönottoinsinööri koestaa lähes kaikki talotekniikkajärjestelmät yhdessä talotekniikka-aliurakoitsijoiden kanssa. Tällä hetkellä käyttöönottoinsinöörin toimintakokeisiin käyttämät työkalut ovat hieman alkeelliset, ja toimitatavat riippuvat tekijästä. Hankkeiden onnistuneen valmistumisen kannalta on oleellista, että käyttöönottoinsinöörin käyttämät työkalut ovat selkeät ja helppokäyttöiset. Suuri osa käyttöönottoinsinöörin työajasta menee toimintakoepöytäkirjojen laatimiseen, joten on tärkeää, että pöytäkirjat saadaan toteutettua helposti ja nopeasti tarkastuksien jälkeen.

5 Käyttöönottoprosessi

Käyttöönottoprosessin tarkoituksena on varmistaa suunnitelmien mukainen toteutus, laatutaso ja rakennushankkeen tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Rakentamis- ja käyttöönottovaiheessa rakennuttaja, suunnittelijat ja TATE-toteuttajat suorittavat tavoitteen saavuttamiseksi yhteistyössä jatkuvaa, systemaattista ja ennakoivaa laadunvarmistusta osana hankkeen käyttöönottoprosessia. (2, s. 1.)

SRV:n käyttöönottoprosessissa on sovellettu RT-korttia RT 10-11301 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely (1). Kuvassa 9 on esitetty käyttöönottoprosessi janakaaviona.



Kuva 9. Käyttöönottoinsinöörin käyttöönottoprosessin janakaavio.

SRV:n käyttöönottoprosessiin kuuluvat seuraavat vaiheet ja niiden valvonta ja tarkastelu toteutetaan yhteistyössä käyttöönottoinsinöörin ja kohteen talotekniikkaorganisaatioon kuuluvien asiantuntijoiden kanssa:

- käyttöönottoprosessin suunnittelu ja aikataulutus
- laite- ja materiaalihyväksynnät
- malliasennukset
- laite- ja asennustapatarkastukset
- kanavistojen sekä putkistojen paine- ja tiiviyskokeet
- putkistojen huuhtelu ja puhtauden tarkastus
- aliurakoitsijoiden toimintatarkastukset
- varotoimintojen toimintakokeet
- järjestelmien ilma- ja vesivirtauksien säätötyöt

- mittaukset
- RAU-järjestelmän parametrien asettelu ja viritys
- pääurakoitsijan toimintakokeet
- koekäyttö ja kuormituskokeet. (2, s. 3.)

5.1 Käyttöönottoprosessin suunnittelu ja aikataulutus

Käyttöönottoinsinööri tuottaa yhdessä hankkeen talotekniikkaorganisaation kanssa toimintakoematriisin, jonka avulla saadaan aikataulutettua käyttöönoton eri vaiheita. Tämä matriisi toimii työkaluna hankkeen talotekniikkaorganisaatiolle toimintakokeita edeltävien töiden valvontaan ja loppuunsaattamiseen.

5.2 Laite- ja materiaalihyväksyntä

LVIA-töiden laadunvarmistuksen ensimmäinen vaihe on asennuksiin valittavien tuotteiden hyväksyttäminen, tarkastaminen ja hyväksyntä. Aliurakoitsijan tulee hyväksyttää kaikki ko. työvaiheessa käyttämänsä tuotteet suunnittelijalla ennen kunkin asennustyövaiheen aloittamista. Aliurakoitsija esittää vaaditut asiakirjat hyväksyttävistä tuotteista urakoitsijalle, joka asiakirjat tarkastettuaan välittää ne tarkastettavaksi LVIA-valvojalle ja LVIA-suunnittelijalle. Tuotteita voidaan käyttää, kun LVIA-suunnittelija ja rakennuttajan LVIA-valvoja ovat hyväksyneet ne. (1, s. 4.)

Laite- ja materiaalihyväksyttämällä on tarkoitus varmistaa, että aliurakoitsijoiden esittämät materiaalit, laitteet, järjestelmät ja asennustavat täyttävät vaatimukset, jotka ovat esitetty suunnitelma-asiakirjoissa. Aliurakoitsijoiden on hyväksyttävä urakoitsijalla ja rakennuttajalla kaikki taloteknisten järjestelmien laitteet, materiaalit ja asennustavat. Aliurakoitsijat toimittavat laite- ja materiaalihankintoihin liittyvän tuotehyväksyntädokumentaation tarkastettavaksi rakennuttajan talotekniikkavalvojille, -suunnittelijoille ja urakoitsijan talotekniikkaorganisaatiolle. Toimitetut ja hyväksytyt dokumentit arkistoidaan projektipankkiin, josta urakoitsija kokoaa luovutuskirjamateriaalin. (2, s. 5.)

Mikäli aliurakoitsija ehdottaa hyväksyttäväksi laitetta, joka poikkeaa suunnitelmista, tulee aliurakoitsijan korvata kaikki muutoksesta aiheutuvat kustannukset suunnittelijoille ja muille aliurakoitsijoille. Tällä tavoin on mahdollista vähentää ongelmia käyttöönottoprosessin myöhemmässä vaiheessa, jos hankitut laitteet poikkeavat suunnitelmista.

5.3 Malliasennukset

Hankkeen talotekniikkaorganisaatio organisoii malliasennukset, mikäli malliasennuksille on tarvetta, ja se edistää toteutusta. Helpoin tapa malliasennuksille on toteuttaa mallihuone, jossa jokainen aliurakoitsija vuorollaan suorittaa malliasennuksensa.

Malliasennusten tarkoituksena on varmistaa toistuvissa asennuksissa käytettävien tuotteiden asennustapaa ja -työn laatua. Hankkeen talotekniikkaorganisaatioon kuuluva projektihoitaja dokumentoi hyväksyttävän asennustavan ja malliasennuksen sijaintipaikan Congridin avulla. Aliurakoitsijat esittävät malliasennukset hyväksyttäväksi ennen kuin aloittavat lopullisen asennustyön. Aliurakoitsijat huolehtivat, että asennuksissa noudatetaan hyväksytyjä malliasennuksia. Näillä yhteisillä malliasennuksilla sovitaan aliurakoitsijoiden kesken, millaista suoritusjärjestystä, töiden laatua ja asennustapaa heidän tulee noudattaa toistuvissa suorituksissa. (2, s. 5.)

Seuraavista asennuksista tehdään normaalisti malliasennus:

- putkisto ja niiden kannakointi
- kanavisto ja niiden kannakointi
- vesi- ja viemärikalusteista
- pikapaloposti
- eristys
- radiaattorin asennus
- puhallinkonvektori

- jäähdytyskatot ja -palkit
- oviverhokoneesta
- IV-kone, mahdolliset taajuusmuuttajat ja säätölaitteet
- rakennusautomaation kenttälaite esim. huonesäädin
- palopelti
- sähkön kytkentärasia. (1, s. 4.)

Kuvassa 10 on Congridiin tehdyn kattosäteilijän toimilaitteiden asennuksen malliasennus.



Kuva 10. Kattosäteilijän toimilaitteiden malliasennus. Malliasennus dokumentoitiin Congridiin.

5.4 Laite- ja asennustapatarkastukset

Muissa kuin malliasennuksiin liittyvissä asennuksissa aliurakoitsija noudattaa asennustöiden tarkastuksista sovittua menettelytapaa. Aliurakoitsijat suorittavat asennustapatarkastuksia oman itse laaditun ja hyväksytyyn laadunvarmistussuunnitelman mukaisesti. Asennustapatarkastuksia tehdään tarvittaessa järjestelmäosittain vaiheistaen. (2, s. 5.)

Laite-, materiaali- ja asennustapatarkastuksiin sisältyvät mm. seuraavat asiat:

- laitteiden ja materiaalien kunto, jotka ovat toimitettu työmaalle sekä kuormakirjat ja tuotteiden vastaavuus hyväksyntöihin
- toimitettujen tuotteiden oikea suojaus ja varastointi (säältä ja pölyltä)
- suunnitelmien mukaiset asennukset (vastaavat suunnitelmia)
- kannakoinnit
- laitteet, materiaalit ja asennukset ovat käytettävissä, huollettavissa, korjattavissa ja vaihdettavissa
- viemäreiden ja muiden putkistojen kallistukset
- tyhjennys- ja ilmanpoistoyhteet
- suuret asennusvälit eristyksiä varten
- lämpö-, palo- ja kondenssieristys
- viemäreiden ja kanavistojen puhdistettavuus
- asennustodistukset (esim. palopelleistä)
- asennetut tuotteet vastaavat hyväksytyjä tuotteita. (1, s. 5.)

Kuvassa 11 on esimerkki tuuletusviemäriin hyväksytystä kannakoinnista.



Kuva 11. Tuuletusviemärin kannakointien asennustapatarkastus. Hyväksytyt asennukset.

Työmaalle toimitetut tuotteet tarkastetaan heti aliurakoitsijan toimesta, kun ne on purettu kuljetusvälineistä. Aliurakoitsijat tekevät jatkuvasti asennustapa- ja asennustarkastuksia asennustöiden edistymisen mukaan. Tarkastuksissa vertaillaan asennuksia suunnitelmiin ja asennusohjeisiin sekä hyväksytyihin malliasennuksiin. Tärkeintä on, että töiden asentajilla ja tarkastajilla on aina käytössään uusimmat suunnitelmat ja asennusohjeet. (1, s. 5.)

Aliurakoitsija tekee kaikista tarkastuksista muistion tai pöytäkirjan, jossa kuvataan tarkastetut asiat. Mikäli havaitaan puutteita, on niistä hyvä ottaa valokuvia ja liittää ne tarkastusmuistioon. Peittyvät asennukset on tarkastettava ennen niiden peittämistä. Myös piha-alueen ja alapohjan alapuoliset viemärit videokuvataan sovitun laajuuden mukaisesti. (1, s. 5.)

Asennustapatarkastukset suoritetaan tarvittaessa rakennuttajan valvojan läsnä ollessa. SRV:n talotekniikkaorganisaatio laatii tarvittavan dokumentaation tarkastuksesta Congridiin, ja tämä toimii myös osana aliurakoitsijan oman työn tarkastusveloitteen toteuttamista. Aliurakoitsijan oman työn tarkastuksesta käytetään termiä itselleluovutus. (2, s. 5.)

5.5 Paine- ja tiiviyskokeet

Putkistojen painekokeet, ilmanvaihtokanavistojen tiiviyskokeet sekä jäte- ja hulevesiviemäreiden tiiviydet voidaan todeta, kun asennukset ovat edenneet niin pitkälle, että niitä on järkevä suorittaa. Putkistojen ja ilmanvaihtokanavistojen, jotka eristetään ja peitetään rakenteilla, tiiviys pitää todeta ennen niiden peittämistä. (1, s. 5.)

Vaikka putkiverkosta joudutaan usein koepainamaan osissa, jokaisen järjestelmän koko putkiverkosto koepainetaan kokonaisuudessaan lopuksi kaikkien asennustöiden valmistuttua. Ilmanvaihtokanaviston tiiviyttä ei tarvitse testata 100-prosenttisesti. (1, s. 5.)

Sopimusasiakirjoissa, kuten LVI-työselostuksessa, määrätään paine- ja tiiviyskokeiden laajuus ja suoritustapa LVI-järjestelmittäin (2, s. 6.) Suoritustavoissa on huomioitava, että paineelliset putkistot koepainetaan vedellä tai jäätymättömällä nesteellä. On myös huomioitava, että koepaineessa käytettävä neste ja sen lämpötila tulee olla tasoittunut putkiston ympäristön lämpötilaan ennen painekokeen aloitusta. Jäte- ja hulevesiviemäreiden tiiviyskokeessa noudatetaan *SFS 3113*, *SFS 3114* ja *SFS-EN 1610* -standardeja. Ilmanvaihtokanaviston tiiviyskoe suoritetaan standardin *SFS-EN 12599* mukaan ja standardin *SFS-EN 14239* mukaan lasketaan kanavien pinta-alat. (1, s. 5.)

Aliurakan aloituskokouksessa sovitaan ajankohdat, jolloin aliurakoitsija suorittaa tiiviysmittaukset ja painekokeet. Sopimusasiakirjoissa on asetettu tiiviysvaatimukset eri LVI-järjestelmille, ja nämä vaatimukset on todennettava sopimusasiakirjoissa esitetyllä tavalla. Koestettavan LVI-järjestelmän tai sen sovitun osan liitosten on oltava näkyvissä tiiviysmittausten ja painekokeiden aikana. (2, s. 5–6.)

Tiiviysmittauksia ja painekokeita voidaan tehdä joko koko verkoston laajuisena tai osissa. Kuvassa 12 pidetään kahden tunnin mittaista osapainekoea lämmitysputkistolle. Rakenteiden sisään jääville ja eristettäville verkostojen osille tehdään osapainekokeet työn edistymisen ja aikataulun mukaan. Nämä osat tiiviys- ja painekoestetaan ennen asennusten peittämistä. Ne LVI-järjestelmien osat, jotka eivät läpäise koetta, tiiviys- tai painekoestetaan uudelleen vikojen ja vuotokohtien korjauksien jälkeen. (2, s. 5–6)



Kuva 12. Lämmitysputkiston osapainekoe. Painekokeessa pidettiin putkistossa 6 baarin paine kahden tunnin ajan.

SRV:n talotekniikkaorganisaatio valvoo tiiviysmittauksia ja painekokeita. Aliurakoitsija laatii pöytäkirjan tiiviysmittauksista ja painekokeista, jotka TATE-valvoja vahvistaa allekirjoituksellaan. (2, s. 5–6.)

5.6 Putkistojen huuhtelu ja puhtauden tarkastus

Tiiviys- ja painekokeiden jälkeen koestettut LVI-järjestelmien osat huuhdellaan puhtaaksi sopimusasiakirjoissa määritetyillä menetelmillä. Ennen huuhteluiden aloitusta aliurakoitsija laatii toteutussuunnitelman huuhtelusta, joka tulee hyväksyttäväksi rakennuttajalla tai hänen edustajallaan. (2, s. 6.)

Kaikki uudet verkostot, jotka otetaan rakennusaikaiseen ja lopulliseen käyttöön, on huuhteltava ja puhdistettava ennen käyttöönottoa, jotta putkistosta saadaan poistettua epäpuhtaudet, hienojakoiset aineet ja mahdolliset rasvat. Rakennuttaja valvoo verkostojen huuhtelua ja puhdistusta ja hyväksyy suorituksen. Mikäli verkostoja joudutaan ottamaan käyttöön useassa osassa, on verkostojen osat puhdistettava erikseen ennen pääverkkoon liittämistä. (1, s. 6.)

Suunnitelmissa määritellään ilmanvaihtokanavistojen puhtauskriteerit ja toteutussuunnitelmat. Puhtaus tarkastetaan, mikäli on syytä epäillä, että kanavistojen puhtaus ei vastaa puhtausluokkaa P1. (1, s. 6.) Kuvassa 13 on nähtävissä selvää epäpuhtautta ilmanvaihtokanavistossa.



Kuva 13. Ilmanvaihtokanavistoa tarkasteltaessa havaittiin epäpuhtauksia.

Rakennuksen viemärit videokuvataan, jotta niiden suoruus, tiiviys ja puhtaus saadaan todennettua. LVI-suunnitelmissa määritellään videokuvauksen suorittaja, suoritustapa ja

laajuus. Maaperään upotettavien viemäreiden kuvaus suoritetaan putkistojen peittäminen jälkeen. Upotettujen viemäreiden kuvauksista laaditaan yksityiskohtaiset raportit. Näistä raporteista selviävät kuvauskohteet, laajuus, ajankohta ja suorittaja. Tarvittaessa tehdään myös kartta, josta selviävät kuvauskohdat. (2, s. 6.)

5.7 Aliurakoitsijoiden toimintatarkastukset

Aliurakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset voidaan aloittaa, kun mm. laitteet ovat lopullisesti asennettu ja sähköurakoitsija on suorittanut laitteistokohtaiset käyttöönottotarkastukset ja -mittaukset. Ennen pääurakoitsijan toimintakokeita, suorittavat aliurakoitsijat TATE-laitteiden toimintatarkastukset yhdessä. Aliurakoitsijat tarkistavat toimintatarkastuksissaan, että kaikki TATE-laitteet ja -järjestelmät ovat toteutettu ja toimivat suunnitelmien mukaisesti. (1, s. 6.)

Talotekniikkaurakoitsijoiden yhteisissä toimintatarkastuksissa on rakennusautomaatiourakoitsijalla (RAU) merkittävä rooli eri taloteknisten järjestelmien rajapintojen toteuttajana. Tämän vuoksi RAU-urakoitsijalle suositellaan aliurakoitsijoiden koordinoitavastuu toimintatarkastuksien ajaksi. Rakennusautomaatiourakoitsija laatii tarvittaessa toimintatarkastussuunnitelman pääurakoitsijan johdolla. Toimintatarkastussuunnitelman tulee perustua pääurakoitsijan laatimaan toimintakoesuunnitelmaan. (2, s. 6.)

RAU-urakoitsijan laatiman toimintatarkastussuunnitelman tulee olla rakennuskohteeseen yksilöity. Suunnitelman tulee olla vaiheittainen ja järjestelmäkohtainen, ja sitä kommentoidaan ja se hyväksytään pääurakoitsijan, rakennuttajan TATE-valvojan ja tarvittaessa TATE-suunnittelijoiden toimesta. (2, s. 6.)

RAU-urakoitsija tekee asentamiensa laitteiden ja järjestelmien toimintatarkastukset pääurakoitsijan koordinoimassa kokonaisuutta. Toimintatarkastuksissa RAU-urakoitsija käy järjestelmällisesti läpi yksityiskohdittain, että talotekniikkajärjestelmät ja laitteet toimivat suunnitelmien mukaisesti. (2, s. 6.)

Toimintatarkastukset tulee suorittaa etukäteen valmistettujen tarkastuslistojen pohjalta. Näin saadaan selkeä käsitys tarkastusten laajuudesta ja saadaan kohdistettua tarkastukset haluttuihin kohteisiin ja toimintoihin. Tarkastuslistojen avulla voidaan seurata työn suoritusta ja ennakoida seuraavia vaiheita tarkastustoimissa. (2, s. 6.)

Virheiden ja puutteiden korjaamiseen ryhdytään heti, kun toimintatarkastukset on saatu päätökseen. Tarvittaessa tarkastettujen järjestelmien virheet ja toiminnallisuuspuutteet voidaan yksilöidä tarkastuslomakkeista ja täydentää muistiinmuotoon. RAU-pistelistaukset on riittävä dokumentointitapa, koska niistä käyvät ilmi kaikki sen hetken puutteet ja esteet. RAU-pistelistaat ovat myös osa RAU-urakoitsijan luovutusaineistoa ja ne tallennetaan sovitulla tavalla luovutusaineistoon. (2, s. 6.)

Toimintatarkastusten avulla saadaan varmistettua järjestelmien ja tuotteiden toimivuuden toimintakokeisiin (2, s. 6.) Onnistuneiden toimintatarkastusten ja mahdollisten virheiden ja puutteiden korjauksen jälkeen aloitetaan järjestelmien mittaus- ja säätötyöt.

5.8 Varotoimintojen toimintakokeet

Varotoimintojen toimintakokeilla tarkoitetaan lähinnä rakennuksen ilmanvaihtokoneiden varotoimintojen koestusta. Näillä toimintakokeilla pystytään varmistamaan, että ilmanvaihtokoneiden jäätymisvaaratermostaatti, lämmityspatterin pumpun pysähtyminen ja mahdollinen palovaara kanavistossa pysäyttävät ilmanvaihtokoneen. Tämä on etenkin tärkeää, kun aloitetaan mittaus- ja säätötyöt ennen toimintakokeiden aloitusta.

5.9 Järjestelmien virtauksien säätötyöt

Säätötyön aloittamiselle on edellytyksenä, että säädettävälle järjestelmälle on pidetty toimintatarkastukset, jotta järjestelmä voi toimia automaation ohjaamana. Myös varolaitteiden toimintakokeiden tulee olla hyväksytysti suoritettu ja varolaitteiden tulee olla normaalissa käytössä.

Aliurakoitsijoiden toimintatarkastusten ja mahdollisten varotoimintojen toimintakokeiden jälkeen aloitetaan putkiverkostojen ja ilmanvaihtokanavistojen virtausten sekä tilojen

päätelaitteiden virtauskuvioiden säätö aliurakoitsijan toimesta suunnitelmien mukaisiin arvoihin. Säätöihin ja mittauksiin tarvittavat mittalaitteet ovat aliurakoitsijan hankinnassa, ja nämä laativat myös pöytäkirjat mittauksista. Rakennuttaja valvoo säätö- ja mittaus-työtä, ja hyväksyy toteutuksen. (1, s. 7.)

Järjestelmien säätötyöt aloitetaan mahdollisimman pian verkostojen valmistuttua, ilmanvaihtojärjestelmien palvelualueiden puhtauden varmistuttua ja hyväksytyjen aliurakoitsijoiden toimintatarkastusten jälkeen. Näin on mahdollista tehdä toimintakokeet valmiiksi mitatuilla ja säädetyillä järjestelmillä. (2, s. 7.) Verkostojen säätötöiden aloittamiseen vaaditaan, että verkostot on kytketty, huuhdeltu, täytetty ja ilmattu (1, s. 7.) Etenemällä käyttöönottoprosessissa tässä järjestyksessä varmistetaan, että esim. ilmanvaihtokone on mitoituksen mukainen ja ilmavirrat saavutetaan palvelualueella. Samalla varmistetaan siitä, että mittaukset saadaan tehtyä ennen kohteen luovutusta, koska normaalisti kohde luovutetaan hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen lyhyen aikataulun sisällä.

Verkostojen säätötyöt tehdään suunnittelijoiden laskennan mukaan. Ennen ilmavirtojen säätö- ja mittaus-työn aloittamista on saatava projektin puhtauskoordinaattorilta ja TATE-valvojilta lupa töiden aloitukselle. Puhtauskoordinaattorin tulee varmistaa, että palvelu-alueen tilat ja kanaviston sisäpuolet ovat puhtaat. Puhtautarkastukset kirjataan puhtauskoordinaattorin tarkastusasiakirjoihin. Rakennuksen ilmantiivysmittaus pyritään tekemään ennen ilmavirtojen säätöä ja mittaus-työtä. Mikäli kohteeseen ei ole suunniteltu paine-eromittaus-työtä rakennuksen ulkovaipan yli tai tila- ja vyöhykekohtaista paine-eromittaus-työtä, täytyy nämä paine-eromittaukset sisällyttää aliurakoitsijalle. (2, s. 7.)

5.10 Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys

Jotta RAU-urakoitsija voi asettaa lopulliset käyttöönottoasetukset rakennusautomaatiojärjestelmään, täytyy LVI-järjestelmien ilma-, vesi- ja liuosvirrat olla säädetty. RAU-urakoitsija saa lopulliset asetusarvot muiden aliurakoitsijoiden mittaus- ja säätöpöytäkirjoista. Lopullisten asetusarvojen asettelut ja viritykset ovat tärkeitä, jotta säätöpiirit toimivat tarkasti ja säädettävissä suureissa ei ole jatkuvaa värähtelyä ja huojuntaa. (2, s. 7.)

Viritysten onnistuminen todennetaan trendiajoilla eri säätöpiireistä, jotka hyväksytään TATE-valvojen toimesta. Hyväksytyt trendiajot tallennetaan RAU-urakoitsijan toimesta hankkeen luovutusaineistoon. (1, s. 7.)

Mikäli sopimusasiakirjoissa vaaditaan rakennusaikainen kosteuden ja materiaalipäästöjen tehotuuletus jo rakennusaikana, huolehtii RAU-urakoitsija siitä, että ilmanvaihto toimii täydellä teholla mittaus- ja säätötöiden valmistuttua. RAU-urakoitsija tekee myös tarvittavat väliaikaiset ohjelmoinnit, jotta ilmanvaihto tiloihin, joissa on tarpeenmukainen ilmanvaihto, saadaan pakko-ohjattua maksimiteholle. Nämä ohjaukset palautetaan suunnitelman mukaiseksi vastaanottotarkastuksen yhteydessä tai erikseen sovittuna aikana. RAU-urakoitsija dokumentoi valvomografiikkaan tärkeiden laitteiden asetusarvot, jotta muutoksia tehdessä tiedetään alkuperäinen suunnitelmien ja mittaustöiden mukainen asetusarvo. (2, s. 7.)

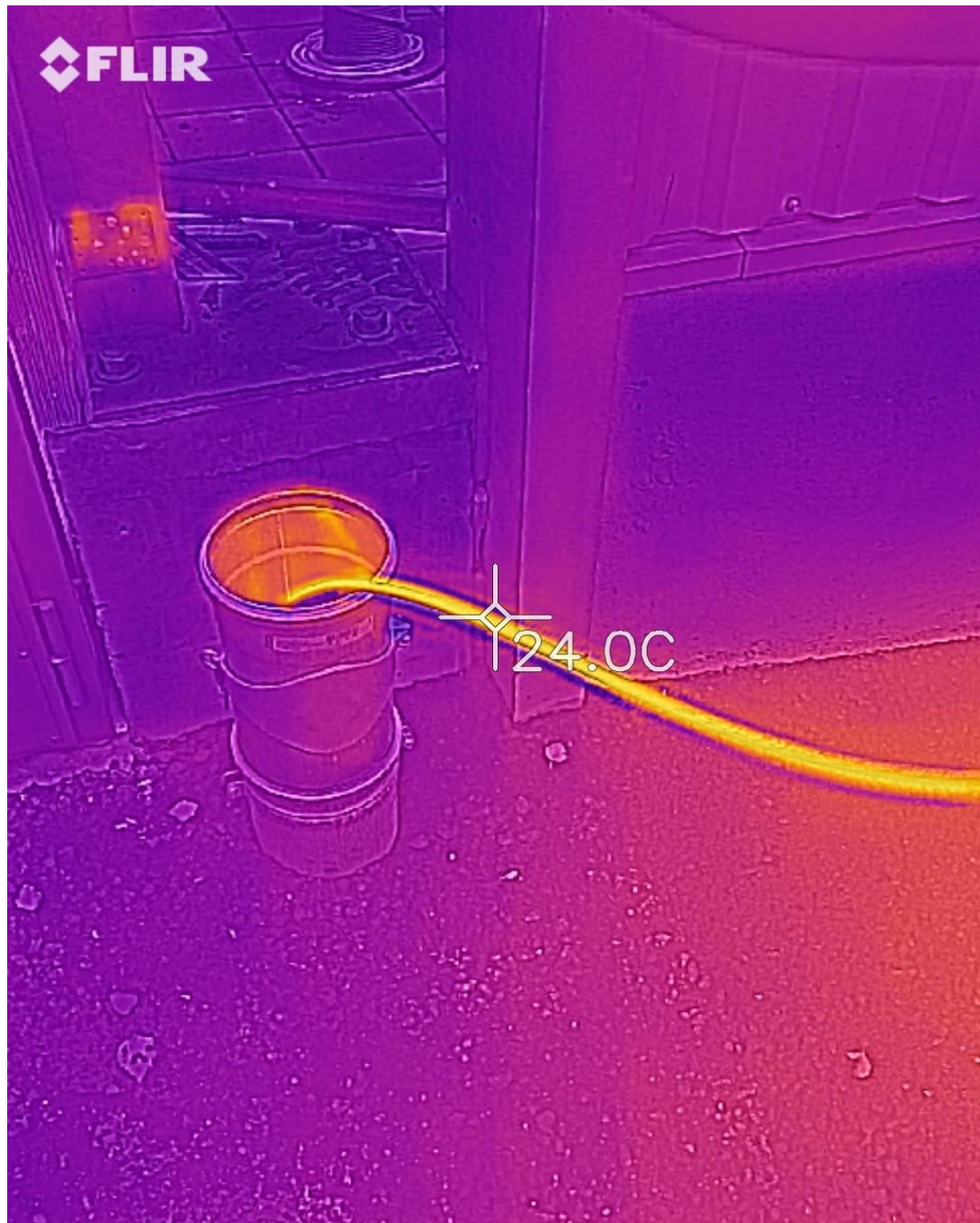
5.11 Pääurakoitsijan toimintakokeet

Pääurakoitsija koordinoi ja suorittaa yhdessä TATE-urakoitsijoiden kanssa kohteen toimintakokeet. Ennen toimintakokeiden aloitusta tulee kaikkien tilojen puhtausluokkien olla sopimuskirjoissa vaaditulla tasolla. (2, s. 6.)

Pääurakoitsija pyrkii suorittamaan toimintakokeensa hyvässä yhteistyössä rakennuttajan kanssa, jotta rakennuttajan ei tarvitse pitää omia toimintakokeitaan pääurakoitsijan toimintakokeiden jälkeen. Yhdistämällä pääurakoitsijan ja rakennuttajan toimintakokeet voimme lyhentää ja nopeuttaa käyttöönottoprosessia. Tällä tarkoitetaan sitä, että rakennuttajan edustaja osallistuu pääurakoitsijan toimintakokeisiin, joissa rakennuttaja pystyy todentamaan pääurakoitsijan toimintakokeiden sisällön ja laatutason.

Laadunvarmistusaikataulussa on suunniteltu toimintakokeiden eri vaiheille riittävästi aikaa. Toimintakokeista vastaa pääurakoitsijan käyttöönottoinsinööri. Hän vastaa, että kaikki toimenpiteet tehdään suunnitelmien mukaisesti ja riittävällä tasolla. Toimintakokeiden laajuuteen sisältyvät kaikki LVIA-järjestelmät ja ne sähköjärjestelmät, joissa on rajapintoja rakennusautomaatiojärjestelmään. Muiden sähköjärjestelmien toimivuus todetaan käyttöönottomittauksilla ja kolmannen osapuolen varmennustarkastuksessa. Toi-

mintakokeissa tarkastetaan kaikki toiminnot, jotka esitetään toteutussuunnitelmien toimintaselostuksissa. Kuvassa 14 varmistetaan sulanapitojärjestelmän toiminta. Se on yksi esimerkki rakennusautomaatiojärjestelmään yhdistetystä sähköjärjestelmästä. (2, s. 6.)



Kuva 14. Sulanapitojärjestelmien toimintakokeissa varmistettiin sulanapitokaapeleiden toiminta lämpökameran avulla.

Käyttöönottoinsinööri tuottaa toimintakokeita varten toimintakoepöytäkirjat järjestelmitäin, joista ilmenevät kaikki siihen järjestelmään liittyvät toiminnot, jotka koestetaan. Kaikki pöytäkirjat luovutetaan rakennuttajalle.

Toimintakokeita ei suoriteta pistokoemaisesti, vaan kaikki järjestelmätoiminnot koestetaan. Toimintakokeita suoritetaan vaiheittain kohteen valmistumisen tahdissa. Yhteiskoekäytölle ja jännitekatkotestille on erilliset ohjelmat, joissa esitetään niiden suoritustavat (2, s. 6–7.)

Toimintakokeilla varmistetaan järjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta. Toimintakokeiden jälkeen on jätävä riittävästi aikaa yhteiskoekäytölle, jossa varmistetaan kohteen toimivuus yhtenä kokonaisuutena (2, s. 6–7.)



Kuva 15. Palopelti ei sulkeutunut testin aikana.

5.12 Mittaukset

Aliurakoitsijat mittaavat järjestelmien virtaussäätöjen jälkeen kaikki ne järjestelmien toimintaan tai sisäilmastoon liittyvät suureet, joille on asetettu tavoitearvot ja vaatimukset suunnitelma-asiakirjoissa. Mitattavia suureita ovat mm. äänitasot, tuloilman lämpötilat, hyötysuhteet, SFP-luvut jne. (2, s. 7.)

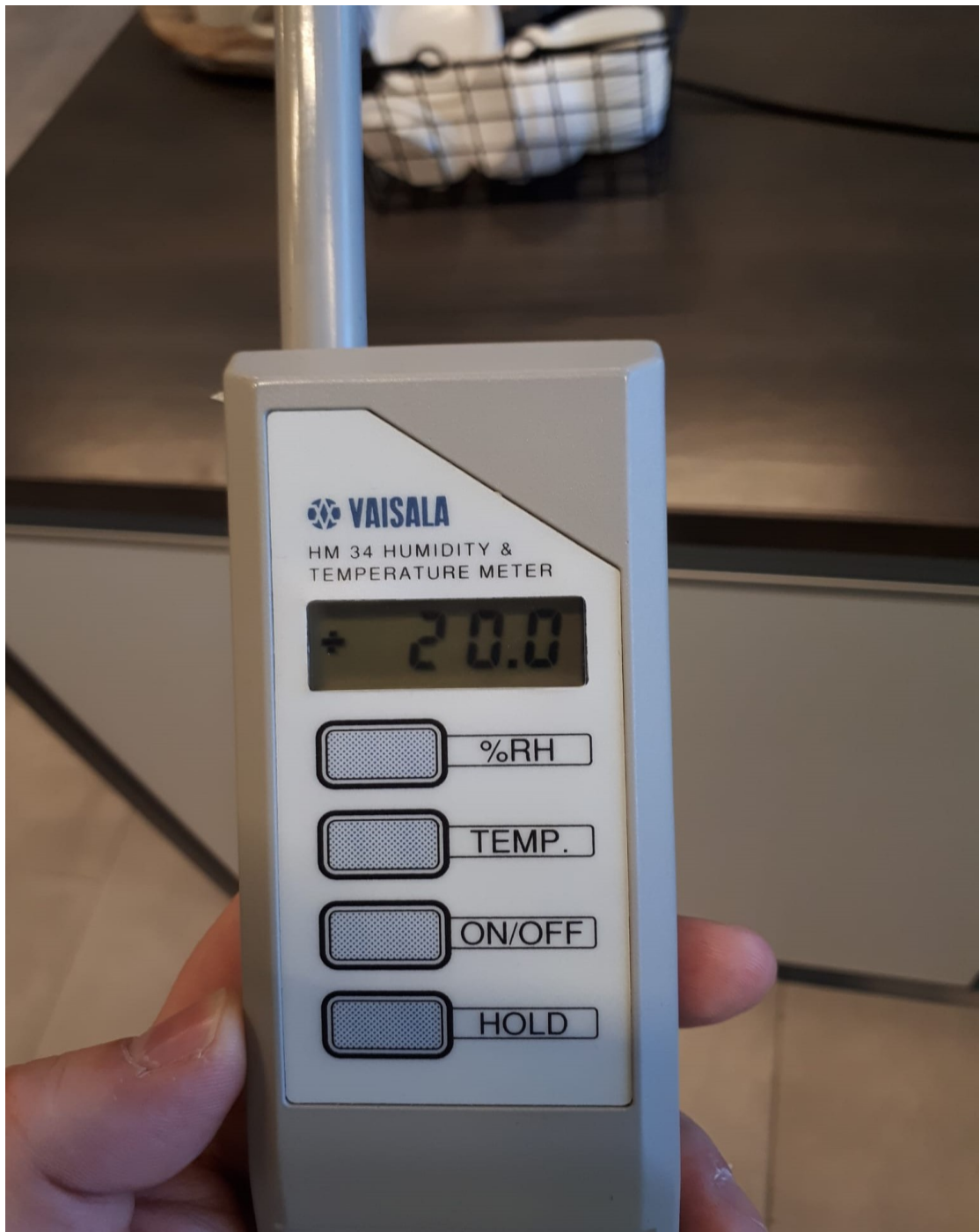
Aliurakoitsijan tekemät mittaukset ja säädöt tarkastetaan rakennuttajan johdolla hänen harkitsemassa laajuudessa. Tarkastusmittaukset suoritetaan aliurakoitsijan mittalaitteilla rakennuttajan läsnä ollessa tai rakennuttaja voi halutessaan tehdä tarkastusmittaukset omilla mittalaitteillaan. (2, s. 7.)

Tarkastusmittausten tuloksia vertaillaan aiemmin esitettyihin tuloksiin, ja mikäli mittaus-tulokset poikkeavat sallittua enemmän, aliurakoitsija korjaa säätöjä, kunnes mittaus-tulos täyttää vaatimukset. (2, s. 8.)

Mittaukset suoritetaan voimassaolevan standardin tai suunnittelijan ohjeen mukaan.

5.12.1 Huonemittaukset

Mittaukset tehdään rakennuksen oleskeluvyöhykkeellä eri oleskelupisteissä standardien *EN ISO 7730 (7)* ja *EN 15251 (8)* mukaisesti. Oleskelupisteitä ovat riippuen tilan käyttötarkoituksesta mm. työpisteet, istuma- ja nukkumapaikat tms. Mikäli oleskelupisteitä ei ole tiedossa, voidaan mittaukset tehdä keskeltä tilaa tai vyöhykettä, mutta kuitenkin sieltä, mihin voidaan odottaa tai havaitaan lämpöolosuhteiden ääriarvoja. Mittaukset suositellaan tehtäväksi pään, keskikehon ja nilkan tasolta, ts. seisovien henkilöiden kohdalla 1,7 m:n, 1,1 m:n ja 0,1 m:n korkeudella lattiasta. (1, s. 8.) Kuvassa 16 mitataan ravintolatilän huonelämpötilaa keskikehon korkeudelta.



Kuva 16. Kuvassa mitataan ravintolatilain huonelämpötilaa vyötärön korkeudelta Vaisalan HM34 lämpötila- ja kosteusmittarilla.

5.12.2 Huonelämpötilojen mittaukset

Ennen kohteen vastaanottoa mitataan huonelämpötilat standardin *SFS-EN 12599* (9) mukaan ja tarvittaessa tai erikseen sovittaessa silloin, kun rakennus on normaalikäytössä. Lämmityskauden huonelämpötilamittaukset tehdään talviolosuhteissa, joissa sisä- ja ulkolämpötilojen erotus on vähintään puolet mitoituslämpötilaerosta, pilvisellä tai puolipilvisellä säällä. Kesäkauden mittaukset tehdään vastaavalla lämpötilaerotuksella, eli silloin kun ulkolämpötila on +23,5 °C tai enemmän, ja sää on kirkas tai puolipilvinen. (1, s. 8.)

5.12.3 Huoneiden äänen painetasojen mittaus

Talotekniikkajärjestelmien aiheuttamien äänien painetasot mitataan standardin *SFS-EN 12599* (9) mukaan kohteen jokaisessa huonetilassa. Erityistä tarkkuutta vaativat huoneet, joissa äänitasot ovat normaalia matalammat, esim. päiväkotien lepo huoneet. Mittaukset suoritetaan työajan ulkopuolella, jotta saadaan vähennettyä taustamelun vaikutus mitattuihin arvoihin. (1, s. 8.)

Näitä mittauksia ei pidä sekoittaa kohteen rakennusteknillisiin akustiikkamittauksiin. Kuvassa 17 mitataan likaisten ja WC-tilojen äänitasoja. Näissä tiloissa äänitasovaatimukset eivät ole yhtä tiukkoja kuin hiljaisissa huoneissa.



Kuva 17. Äänitasojen mittaukseen käytettävä laite. Kuvanottohetkellä mitattiin likaisten ja WC-tilojen äänitasoja.

5.12.4 Muut tavoitearvot

Edellä mainittujen mittauksien lisäksi esitetään standardissa *SFS-EN 12599* (9) menettelyt ilman nopeuden ja kosteuden mittaukseen huonetilassa (1, s. 8.) Nämä mitataan rakennuttajan niin vaatiessa.

5.12.5 SFP-luvun mittaus ja laskenta

SFP-luku on ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, ja sillä kuvataan ilmanvaihtojärjestelmän käyttämä sähkötehon määrä yhden ilmakehän siirtämiseen sekunnissa. SFP-luku lasketaan LVI-ohjeen *LVI 30-10529* (3) kuvien 1–3 mukaan tai suunnittelijan antamalla laskukaavalla. (3, s. 2.)

SFP-luvulla ilmoitetaan ”ilmanvaihdon sähkönkäytön hyötysuhde” eli mitä pienempi luku on, sitä pienemmällä sähköteholla ilmanvaihtokone kuljettaa ilmaa. SFP-luku on apuväline, jonka avulla ilmanvaihtojärjestelmä saadaan toteutettua haluttuun sähkötehokkuustason arvoon. Näin voidaan estää ilmanvaihtojärjestelmien toteutuminen, jotka ovat käyttökustannuksiltaan epäedulliset. (3, s. 2.)

SFP-luku voidaan määritellä kokonaiselle ilmanvaihtojärjestelmälle (kuva 18), yksittäiselle ilmanvaihtokoneelle (kuva 19) ja yksittäiselle puhaltimelle (kuva 20.)

$$SFP = \frac{P_{\text{tulo}} + P_{\text{poisto}} + P_{\text{apulaitteet}}}{q_{\text{max}}}$$

missä

- SFP** = ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m³/s)
- P_{tulo}** = tuloilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW
- P_{poisto}** = poistoilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW
- P_{apulaitteet}** = taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten LTO-pumppujen ja -moottorien ottama sähköteho
- q_{max}** = mitoittava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta, m³/s.

Kuva 18. Koko ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon laskentakaava (3).

Jakamalla koko ilmanvaihtojärjestelmän yhteenlasketun sähköverkosta ottaman sähkötehon koko ilmanvaihtojärjestelmän mitoitusjäte- tai mitoitusulkoilmavirralla (suuremmalla ilmavirralla) saadaan laskettua rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. (3, s. 2.)

$$SFP = \frac{P_{\text{tulo}} + P_{\text{poisto}} + P_{\text{apulaitteet}}}{q_{\text{max}}}$$

missä

SFP = ilmapuhaltimen omaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tulo} = tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

P_{poisto} = poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

P_{apulaitteet} = taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten LTO-pumppujen ja -moottorien ottama sähköteho

q_{max} = koneen ilmavirroista suurempi (tulo tai poisto) m³/s.

Kuva 19. Yksittäisen ilmapuhaltimen omaissähkötehon laskentakaava (3).

Yksittäisen ilmanvaihtokoneen SFP on puhaltimien ja apulaitteiden yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho jaettuna koneen suuremmalla ilmavirralla. Ilmanvaihtokoneen ottama sähköteho lasketaan mitoitusilmavirralla, puhtailla suodattimilla ja kuivien lämmönsiirtimien painehäviöllä. (3, s. 2.)

$$SFP = \frac{P_{\text{puhallin}} + P_{\text{apulaitteet}}}{q}$$

missä

SFP = puhaltimen omaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{puhallin} = puhaltimen ottama sähköteho, kW

P_{apulaitteet} = taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden ottama sähköteho

q = puhaltimen ilmavirta m³/s.

Kuva 20. Yksittäisen puhaltimen omaissähkötehon laskentakaava (3).

Yksittäisen puhaltimen SFP saadaan laskemalla yhteen puhaltimen ja mahdollisten apulaitteiden sähköverkosta ottama sähköteho jaettuna puhaltimen mitoitusilmavirralla (3, s. 2.)

Sähkötehon mittaaminen käy luontevimmin käyttämällä mittaria, joka ei vaadi johtimien irrottamista. Mittauslaitteen täytyy olla sellainen, että se mittaa samanaikaisesti virran, jännitteen sekä vaihekulman ja laskee sekä näyttää verkosta otettavan sähkötehon. Kuvassa 21 käytetään mittauksessa Fluken dataloggeria, joka kykenee mittaamaan kaikki

kolme vaihetta samanaikaisesti ja laskee verkosta otettavan sähkötehon mittaamalla virran, jännitteen sekä vaihekulman jokaisesta vaiheesta erikseen. (3, s. 5.) Kuvan 22 kaltaista pihtimittaria ei tule käyttää, koska se ei laske moottorin vaihekulmaa.

Vaikka ohje *LVI 30-10529* (3) on julkaistu jo vuonna 2013, lasketaan ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku usein edelleen väärin. Suunnittelijat antavat yleensä SPF-luvun laskentaan kaavan, josta puuttuu ilmanvaihtojärjestelmän apulaitteiden ottama sähköteho, vaikka se pitäisi laskea em. ohjeen mukaan myös. Kun SFP-luku lasketaan pelkästään puhaltimien ottaman sähkötehon mukaan, saadaan pienempi SFP-luku ja pienempi luku on tässä tapauksessa parempi asia. Pienemmällä luvulla tarkoitetaan, että ilman liikuttamiseen kulutetaan vähemmän sähköä, vaikka todellisuudessa kulutusta on enemmän. Tällöin ilmanvaihtokoneet ovat oikeasti hyötysuhteeltaan heikompia, kuin mitä tarjotaan. Tietävätkö laitetoimittajat, miten toimittajien laitteiden SFP-luku tulisi laskea vai tekevätkö ne sen tarkoituksella?



Kuva 21. Ilmanvaihtokoneen ottama sähköteho mitataan Fluken dataloggerilla ilmanvaihtokonekohtaisesta sähkökeskuksesta.



Kuva 22. Kuvan kaltaista virtapihtimittaria ei tulisi käyttää ilmanvaihtokoneen ottaman sähkötehon mittaamiseen.

5.12.6 Ilmanvaihdon lämmön talteenottolaitteen hyötysuhteen mittaus

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteiston hyötysuhteen mittausta varten täytyy mitata molempien tulevien ilmvirtausten ja molempien lähtevien ilmvirtausten lämpötilat. Tarkempi mittaustapa löytyy suunnittelijan ohjeesta. (1, s. 8.)

5.12.7 Lämpöpumpun lämpökertoimen mittaus

Lämpöpumpun lämpökerrointa varten on mitattava keruupiirin ja lämmönluovutuspiirin virtaukset, tulo- ja menolämpötilat sekä keruupiirin nesteen pitoisuus (1, s. 8.)

5.12.8 Pumppaamoiden virtausmittaukset

Mittaamalla säiliön halkaisija, käynnistys- ja pysäytysraja sekä pumpun käyntiaika voidaan määrittää pumppaamon virtaus (1, s. 8.)

5.12.9 Pikapalopostien virtausmittaukset

Pikapalopostin virtaus voidaan määrittää laskemalla vettä säiliöön ja mittaamalla säiliön täyttymiseen kulunut aika. Myös säiliön tilavuus tulee mitata. (1, s. 8.)

5.12.10 Vesikalusteiden virtausmittaukset

Vesikalusteiden virtaukset mitataan laskemalla vettä rakovirtaukseen perustuvalla mitta-asteikolla varustetulla mitta-astialla. (1, s. 8.) Kuvassa 23 mitataan WC-tilan vesihanauksen virtaus.



Kuva 23. WC-tilan vesihanavan virtauksen mittaus mitta-astialla, jossa on mittapato.

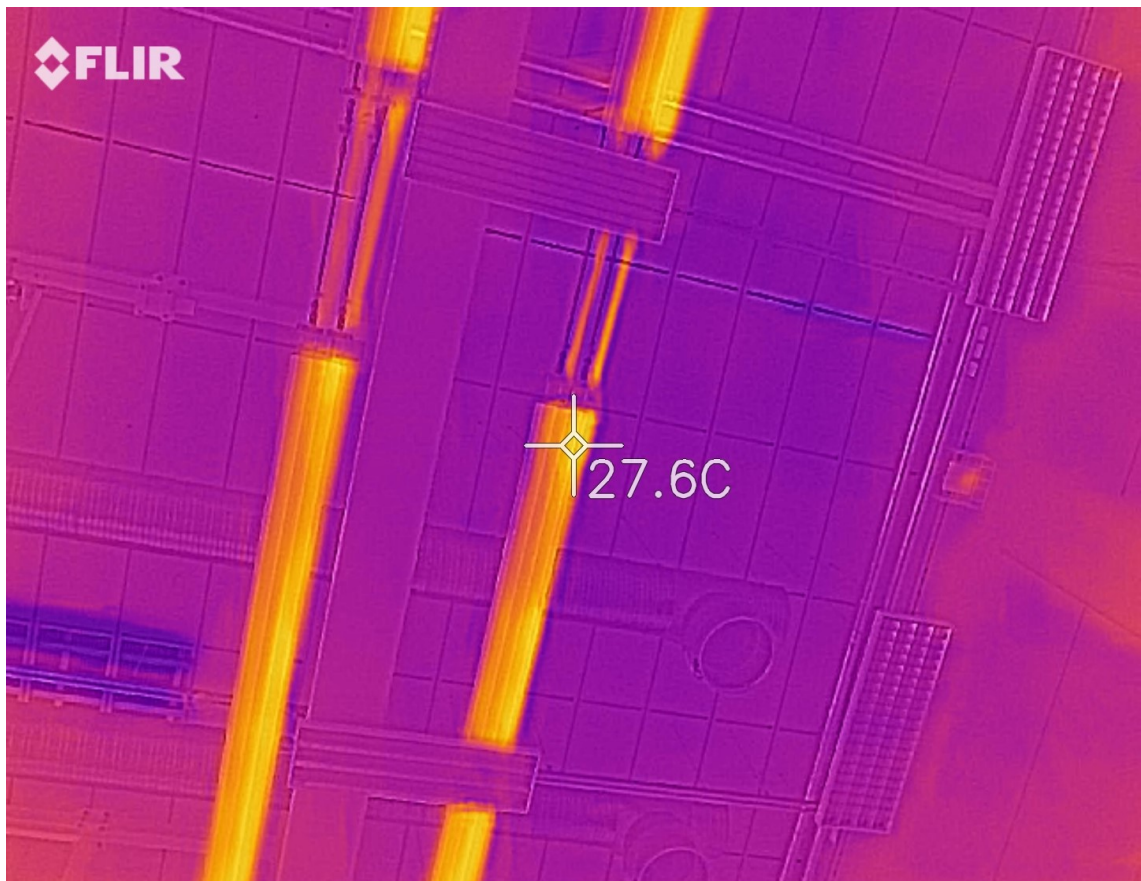
5.12.11 Tilojen paine-eromittaukset

Tilojen väliset paine-eromittaukset tehdään joko kertaluonteisesti tai tallentavilla laitteilla. Suunnittelija määrittää suunnitelmissa kaikki mitattavat tilat. Tallentavalla paine-erolähetinjärjestelmällä saadaan kerättyä dataa, josta voidaan nähdä, ovatko paine-erot hallinnassa käytön aikana vai eivät. Ulkovaipan ja huoneen välinen paine-ero mitataan pisto-koeluonteisesti silloin, kun ilmanvaihtojärjestelmä on päällä ja pois päältä. (1, s. 8.)

5.13 Koekäyttö ja kuormituskokeet

Urakoitsija ja suunnittelijat laativat yhteistyössä rakennuttajan johdolla kohdelaitokselle koekäyttöohjelman. Taloteknisissä suunnitelmissa määritellään ne tilat, joihin kuormituskokeet suoritetaan. Aliurakoitsijat osallistuvat ohjelman toteutukseen ja tarvittaessa sen laadintaan. (2, s. 7.)

Kuormituskokeilla varmistetaan TATE-järjestelmien toiminta yhtenä kokonaisuutena toiminta- sekä koekäyttöohjelman mukaisissa vaihtuvissa kuormitusolosuhteissa. Kuormituskokeet voidaan aloittaa säätöjen ja mittausten, hyväksytyjen toimintakokeiden sekä rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelun ja laitteiden viritysten jälkeen. (2, s. 7.)



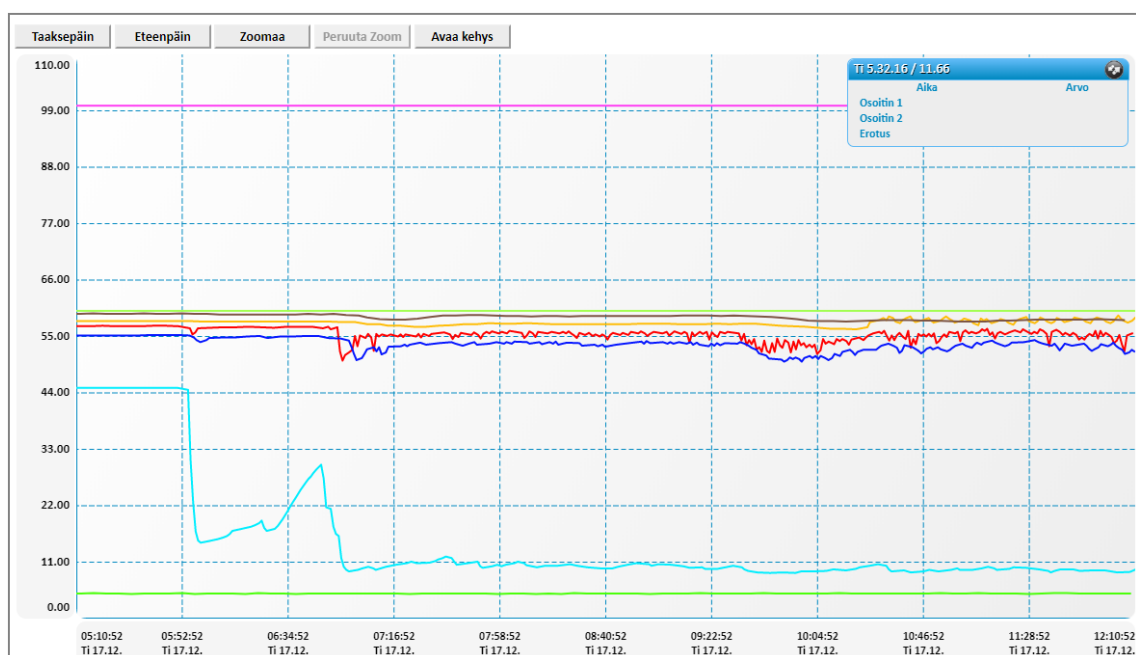
Kuva 24. Kuvassa varmistetaan lämpimän veden kierto kattosäteilijöissä korkeassa liikuntahallissa lämpökameran avulla. Lämpökameranä toimii FLIRONE PRO, joka liitetään puhelimeen USB-liittimen avulla.

Koekäytettäviä järjestelmiä ovat

- ilmastointijärjestelmä
- lämmöntuotantojärjestelmät
- jäähdytysjärjestelmät
- savunpoistojärjestelmä
- ylipaineistusjärjestelmä
- vakioilmastointikoneet
- kylmiöt ja pakastetilat (1, s. 9).

Koekäyttö toteutetaan siten, että kaikki LVI-, sähkö- ja automaatiolaitteet käynnistetään toimimaan suunnitelmien mukaisesti automaattisesti rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaamana. Koekäyttö pidetään erikseen sovittuna ajankohtana, se kestää yhtäjaksoisena vähintään 5 vrk ja järjestelmät toimivat aikaohjelman mukaan. Koekäytön aikana rakennuksen rakennusaikaisen kosteuden ja materiaalipäästöjen tehotuuletus keskeytetään. Rakennuksessa ei saa tehdä töitä, jotka aiheuttavat keskeytyksiä tai häiritsevät laitteiden ja järjestelmien normaalia toimintaa. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi sähkötyöt, jotka aiheuttavat sähkökatkoja, sekä viritys- ja säätötyöt. (1, s. 18.)

Koekäytön seuranta tallennetaan rakennusjärjestelmän trendihistorian avulla ja tulostetaan välittömästi kokeen päätyttyä. Seurantaan asetetaan laite- ja järjestelmätyypeille oleellimmat säätö-, ohjaus- ja mittauspisteet. Pisteiden tiedonkeruuväliksi asetellaan 10 minuuttia ellei muuta sovita. (1, s. 18.) Kuvassa 25 tarkastellaan lämpimän käyttöveden seurantapiiriä.



Kuva 25. Lämpimän käyttöveden trendiseuranta.

5.13.1 Jännitekatkotesti

Jännitekatkotestissä todennetaan kohteen sähkö- ja turvajärjestelmien toimivuus sähkökatkon aikana ja sen jälkeen. Testissä tarkastetaan esim. turvavalistus, hätäpoistumistievalistus, varavoimalaitteet, savunpoistojärjestelmä, paloilmoitinjärjestelmä, muita järjestelmiä akuilla jne. Jännitekatkotesti tehdään avaamalla pääkytkin pääkeskuksesta testiohjelmassa määritellyksi ajaksi. (2, s. 7.)

5.13.2 Yhteiskoeikäyttö

Yhteiskoeikäytön tarkoituksena on koeikäyttää kohdelaitosta yhtenä kokonaisuutena.

Yhteiskoeikäytössä tarkasteltavat järjestelmät:

- Tarkastetaan ja asetetaan ulkolämpötilamittaus seurantaan.
- Tarkastetaan, että lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä pystyy tuottamaan sääolosuhteisiin sopivaa lämmitys- tai jäähdytysnestettä. Vaateena on, että verkostot

on mitattu ja säädetty sekä viritetty. Seurantaan liitettäviä säätöpiirejä ja niiden pisteet ovat

- Lämpimänkäyttöveden säätöpiiri (venttiilimoottorin säätöviesti, menolämpötila-anturin mittaustieto, kierron lämpötila-anturin mittaustieto ja pumpun käyntitilapiste.)
 - Lämmitysverkostojen säätöpiirit (ulkolämpötila-anturin mittaustieto, säästöventtiilimoottorin säätöviesti, menoveden lämpötila-anturin mittaustieto, paluueden lämpötila-anturin mittaustieto, verkoston painemittauksen mittauspiste, verkoston yli paine-eromittauksen mittauspiste, pumpun säätöviesti.)
 - Jäähdytysverkostojen säätöpiirit (ulkolämpötila-anturin mittaustieto, venttiilimoottorin säätöviesti, menoveden lämpötila-anturin mittaustieto, paluueden lämpötila-anturin mittaustieto, verkoston painemittauksen mittauspiste, verkoston yli paine-eromittauksen mittauspiste, pumpun säätöviesti.)
- Tarkastetaan, että ilmanvaihtokoneet pystyvät hyödyntämään lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän tuottamaa lämmitys- tai jäähdytysnestettä ja tuottamaan siten vaikutusalueelleen suunnitelman mukaista tuloilmaa. Vaateena on, että kaikki ilmanvaihtokoneet ovat käynnissä yhtäaikaaisesti, jotta saadaan kuormitettua lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmää suunnitellusti. Myös ilmanvaihtokoneiden ilmamäärien tulee olla mitattuina, säädettyinä ja aseteltuina. Seurantaan liitettäviä säätöpiirejä ja niiden pisteet ovat
- Tuloilmalämpötilan säätöpiiri (ulkolämpötila-anturin mittaustieto, tuloilmalämpötila-anturin mittaustieto, poistoilmalämpötila-anturin mittaustieto, lämmityspatterin paluuesilämpötila-anturin mittaustieto, lämmityspatterin säästöventtiilimoottorin säätöviesti, jäähdytyspatterin lämpötila-anturin mittaustieto, jäähdytyspatterin säästöventtiilin säätöviesti.)
 - Tuloilman kanavapaineen säätöpiiri (tuloilman kanavapaineen mittaustieto, tuloilmapuhaltimen säätöviesti, tuloilmapuhaltimen tilatieto.)

- Poistoilman kanavapaineen säätöpiiri (poistoilman kanavapaineen mittaustieto, poistoilmapuhaltimen säätöviesti, poistoilmapuhaltimen tilatieto.)
 - Tuloilmamäärän säätöpiiri (tuloilmamäärän mittaustieto, tuloilmapuhaltimen säätöviesti, tuloilmapuhaltimen tilatieto.)
 - Poistoilmamäärän säätöpiiri (poistoilmamäärän mittaustieto, poistoilmapuhaltimen säätöviesti, poistoilmapuhaltimen tilatieto.)
- Tarkastetaan, että ilmanvaihtokoneiden palvelualueella saadaan toteutettua sinne vaaditut olosuhteet ilmanvaihtokoneiden tuottaman tuloilman ja huonesäätöön liittyvien järjestelmien avulla. Vaateena on, että palvelualueet ovat normaalissa tilassa sekä ovet, ulko-ovet ja -ikkunat ovat kiinni. Seurantaan liitettäviä säätöpiirejä ja niiden pisteet ovat
 - Huonesäätöpiiri (ulkolämpötila-anturin mittaustieto, huonelämpötila-anturin mittaustieto, huonehiilidioksidimittauksen mittaustieto, lämmitysjärjestelmän säätöventtiilimoottorin säätöviesti, jäähdytysjärjestelmän säätöventtiilimoottorin säätöviesti, tehostusilman säätölaitteen säätöviesti.)
 - Tarkastetaan Ilmanvaihdon hätäpysäytyksen toiminta.
 - Tarkastetaan ilmanvaihdon lämmitysverkostohäiriön toiminta.

5.14 Käyttöönoton tulevaisuus

Kehittämällä käyttöönottoprosessia jatkuvasti voidaan varmistaa taloteknisten järjestelmien toimivuus tulevaisuudessakin. Kehitys ei koske pelkästään toimintatapoja, vaan myös taloteknisiä järjestelmiä. Käyttöönototehtävät ovat mielenkiintoisia, koska lähes päivittäin tulee vastaan uusia järjestelmiä, laitteita tai toimintatapoja, joista oppii uusia asioita. Maailmalla tapahtuu jatkuvaa laitekehitystä, minkä vuoksi ei voi jäädä kiinni vanhoihin hyviksi totuttuihin tapoihin. Maailman kehittyessä eteenpäin täytyy prosessia kehittää samaan suuntaan.

6 Päätelmät

Talotekniikkajärjestelmien käyttöönottoprosessin tavoitteena on varmistaa järjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta ja laatutaso. Käyttöönottoinsinöörin tehtäviin kuuluu LVIAS-suunnitelmien suunnittelunohjaus hankkeiden alussa sekä toimintakokeiden ja yhteiskoekäytön koordinointi. Käyttöönottoinsinöörin tehtävänkuvana on laaja ja edellyttää tekijältä teoreettista ja käytännön osaamista LVIAS-järjestelmistä.

Suunnittelun ohjauksessa keskitytään vahvasti löytämään kaikki virheet suunnitelmista ennen toteutuksen aloitusta, jotta projektin toteutusvaiheessa vältetään ylimääräisiltä kuluilta. LVIS-suunnittelunohjausryhmä tekee tiivistä yhteistyötä käyttöönottoinsinöörien kanssa ja kysyy kokemuksia useista eri LVI-, rakennusautomaatio- ja sähköjärjestelmistä sekä niiden laitteista.

Käyttöönottoprosessissa tarkastetaan rakennuksen lähes koko talotekniikkajärjestelmä ja sen osakokonaisuudet. Näillä tarkastuksilla varmistetaan järjestelmien toiminta eri kuormitustilanteissa. SRV poikkeaa normaalista käyttöönottoprosessin järjestyksestä, koska on katsottu, että järjestelmien tarkastelu ja testaus valmiina kokonaisuutena on tärkeämpää, kuin keskeneräisten tarkastelu. Kun verkostojen ja kanavistojen virtausmittaukset on saatu tehtyä ennen toimintakokeita, voidaan varmistaa muut järjestelmät ja niiden laitteiden olevan suunnitelmien mitoituksien mukaiset. Tämän lisäksi jää vielä aikaa korjaustoimenpiteisiin, sillä kohteet yleensä luovutetaan tilaajille heti onnistuneiden toimintakokeiden jälkeen.

Congrid ei soveltunut käyttöönottoprosessin tehtäviin, koska sovelluksen kanssa työskentely vei huomattavasti enemmän aikaa kuin Excelillä työskentely. Ajankäyttöä pidentivät sovelluksessa tapahtuvat mikrotapahtumat, esimerkiksi tarkastuskohtien lisääminen tapahtuu avattavan ikkunan kautta ja tämän ikkunan aukeamisessa kestää useita sekunteja. Tarkastuskohdan selitteen lisäyksen jälkeen tarkastus tallennetaan, ja tarkastuskohta ilmestyy tarkastuslistaan. Tässäkin tapahtumassa kestää useita sekunteja. Kun näitä tapahtumia on jopa satoja, moninkertaistuu odottamiseen käytetty aika merkittävästi.

Sovellus on kuitenkin kätevä, ja siinä on paljon hyödyllisiä ominaisuuksia, joita voi hyödyntää käyttöönottoprosessin dokumentoinnin laadun parantamiseen. Yksi mielenkiintoisimmista ominaisuuksista on säätietojen rekisteröinti tarkastuksen aloituksen yhteydessä. Mikäli tarkastukseen käytettävässä laitteessa on sijainti päällä, on sen avulla mahdollista kirjata pöytäkirjaan sen hetken säätiedotus. Tämä on asia, jota ei muisteta ottaa huomioon lähes koskaan. Myös toimintakoepöytäkirjan välitön lähetys sähköpostiin tarkastuksen päätyttyä on hyvä ominaisuus. Tällä ominaisuudella saa vähennettyä aikaa, jota kulutetaan pöytäkirjojen tulostamiseen PDF-tiedostoiksi ja lähettämiseen ao. henkilöille.

Käyttöönottoprosessin kuvausta voidaan tulevaisuudessa käyttää hankkeiden käyttöönottosuunnitelman pohjana, joka antaa hankkeen tilaajille selkeän ohjeen käyttöönottoprosessista. Tämän lisäksi uusien käyttöönottajien kouluttaminen on helpompaa ja konsulttien opettaminen talon tavoille onnistuu helpommin.

Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku on jo pitkään laskettu puhaltimien ottamasta sähkötehosta ottamatta huomioon apulaitteiden sähkönkulutusta. Tällä laskentatavalla ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvusta saadaan todellisuutta pienempi ja tällöin ilmanvaihtokoneet ilmoitetaan olevan hyötysuhteeltaan parempia, mitä ne todellisuudessa ovat. Tämä saa käyttöönottajan ajattelemaan, tietävätkö laitetoimittajat, miten SFP-luku lasketaan oikein. Kuluttajan kannalta tämä on huono asia, sillä kuluttaja maksaa tällöin ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksesta suunniteltua enemmän.

Lähteet

- 1 Mälkönen, Timo; Hyvärinen, Juhani; Laakso, Tomi; Launiainen, Minna; Mäkinen, Juha-Ville; Äyräväinen, Mikko; Ojala, Martti; Pulkkinen, Harri; Sainio, Erkki; Pulliainen, Marko. 2018. RT 10-11301. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanotomenettely, Tehtävät ja dokumentointi. Helsinki; Rakennustietosäätiö RTS:n asettama toimikunta TK88 Talotekniikan vastaanotto.
- 2 Mälkönen, Timo; Hyvärinen, Juhani; Laakso, Tomi; Launiainen, Minna; Mäkinen, Juha-Ville; Äyräväinen, Mikko; Ojala, Martti; Pulkkinen, Harri; Sainio, Erkki; Pulliainen, Marko. 2018. RT 10-11302. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanotomenettely, Prosessikuvaus. Helsinki; Rakennustietosäätiö RTS:n asettama toimikunta TK88 Talotekniikan vastaanotto.
- 3 Pulliainen, Marko. 2013. LVI 30-10529. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. Rakennustieto Oy.
- 4 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2003. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma on D2. Ympäristöministeriö.
- 5 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma on D3. Ympäristöministeriö.
- 6 Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. 2012. Ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma on D5. Ympäristöministeriö.
- 7 SFS-EN ISO 7730. 2006. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005)
- 8 EN 1251. 2008. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lightning and acoustics.
- 9 SFS-EN 12599. Rakennusten ilmanvaihto. Ilmastointi ja ilmastointijärjestelmien luovutukseen liittyvät testimenettelyt ja mittausmenetelmät.