



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Sami Kakkonen

# Luovutusvaiheen LVI-tekeminen prosessi toimitilarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

30.3.2021

Tekijä Otsikko	Sami Kakkonen Luovutusvaiheen LVI-tekniinen prosessi toimitilarakentamisessa
Sivumäärä Aika	31 sivua + 2 liitettä 30.3.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	yliopettaja Aki Valkeapää talotekniikkapäällikkö Petri Konttila
<p>Insinöörityön aiheena oli käydä läpi ja selventää rakennushankkeen luovutusvaiheen LVI-tekniisiä töitä ja niiden eri vaiheita. Nykyrakentamisessa talotekniikka lisääntyy jatkuvasti, joten yhteensovitusta rakennuspuolen kanssa on lisättävä entisestään. Tarve työlle lähti siitä, että varsinkin isommissa toimitilarakennushankkeissa talotekniset järjestelmät ovat osittain myöhästyneet rakennuksen luovutusaikataulusta. Insinöörityössä käydään läpi hankkeen luovutusvaiheen suunnittelua ja LVI-tekniisiä tehtäviä järjestelmien loppuun saattamisen osalta.</p> <p>Tutkimusmenetelminä työssä olen käyttänyt alan kirjallisuutta, asetuksia ja lainsäädäntöä. Luovutusvaiheen sisältöä, kulkua ja asioiden dokumentointia olen tutkinut kirjallisena tutkielmana. Osana insinöörityötä haastattelen eri organisaatioiden alan ammattilaisia, joilla on monipuolista kokemusta rakennushankkeiden kaikista vaiheista. Haastattelujen ja omien kokemusten pohjalta olen koonnut tietoa yleisestä käyttöönotosta lämmitys-, jäähdytys-, viemäri- ja käyttövesijärjestelmistä, joita olen täydentänyt mm. Suomen ympäristöministeriön säädöksillä ja asetuksilla.</p> <p>Tämän insinöörityön tavoitteena on parantaa rakennushankkeiden TATE-valvontaa ja tuoda taloteknistä näkyvyyttä rakennuspuolen tietoisuuteen. Tähän insinöörityöhön on koottu huomioitavia asiakohtia luovutusvaiheesta ja käyttöönotoista. Isossa kuvassa talotekniinen suunnittelunohjaus hankkeen alusta saakka parantaa kohteen loppuunsaattamista aikataulussa ja vähentää ylimääräistä yhteensovitusta toteutuksen aikana. Tämän työn on tarkoitus olla apuna rakennushankkeilla LVI-järjestelmien valvonta- ja koordinoititehtävissä työskenteleville henkilöille.</p>	
Avainsanat	luovutusvaihe, käyttöönotto, LVI, talotekniikka

Author Title	Sami Kakkonen The HVAC Process at Handover Phase of Business Premises
Number of Pages Date	31 pages + 2 appendices 30 March 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Aki Valkeapää, Principal Lecturer Petri Konttila, MEP Manager
<p>The aim for this final year project was to improve the supervision of building services in construction projects and make the construction business aware of the various HVAC systems. The final year project studied all HVAC tasks and their steps relevant at the handover phase of a construction project. This thesis aimed to emphasize the importance of scheduling and planning HVAC tasks to avoid an ever more common situation where all systems are not complete and operating as intended at the handover phase of a project.</p> <p>Relevant literature, decrees, and legislation were studied for the thesis. Furthermore, professionals from different organizations with diverse experience from different construction projects in the HVAC industry were interviewed. This thesis discussed the commissioning of domestic water, sewage, heating and cooling systems on the basis of the interviews and acts and decrees of the Finnish Ministry of the Environment.</p> <p>The thesis established that guidance in HVAC planning at the beginning of construction projects help to manage the schedule at all production phases and decreases the amount of extra work needed to coordinate building services and construction. The thesis can be utilized by professionals working as HVAC supervisors and coordinators in construction projects.</p>	
Keywords	handover phase, deployment, HVAC, building services

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Luovutusvaiheen määritelmä	2
3	Dokumentaatio	4
3.1	Dokumentointi	5
3.1.1	TATE-luovutusmateriaali	6
3.1.2	TATE-huoltokirjamateriaali	6
3.2	Arkistointi	7
4	Toiminnanvarmistus	8
5	Aikataulusuunnittelu	9
6	Järjestelmien käyttöönotto	10
6.1	Käyttöönottomenetelmät	11
6.1.1	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	11
6.1.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	12
6.1.3	Ilmanvaihtojärjestelmät	14
6.1.4	Rakennusautomaatio	16
6.1.5	Laiteautomaatio	18
6.2	Yhteiskoeikäytöt	21
6.3	Viranomaistarkastukset	22
6.4	Käyttäjän laitteistoperehdytys	23
7	Haastattelut	24
7.1	Haastattelujen tarkoitus ja sisällön purku	24
7.2	Haastattelujen yhteenveto	27
8	TATE-tiimin toimintaperiaatteet takuuajana	28
9	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

## Liitteet

Liite 1. Koekäyttöjen seurannassa seurattavat pisteet järjestelmätyypeittäin

Liite 2. Haastattelukysymykset – Luovutusvaihe

## Lyhenteet

BREEAM	eurooppalainen rakennuksen ympäristöluokitus
HVAC	heating, ventilation and air conditioning
IMS	ilmamääräsäädin tai ilmavirtasäädin
IV	ilmanvaihto
KVR	kokonaisvastuurakentaminen
LEED	Yhdysvalloissa kehitetty rakennuksen ympäristöluokitus
LTO	lämmöntalteenotto
LVI	lämmitys-, vesi- ja ilmanvaihtojärjestelmät
PKN	puhallinkonvektori
RAU	rakennusautomaatio
RTS	eurooppalaisiin standardeihin pohjautuva ympäristöluokitus, joka on kehitetty Suomen kaltaisiin olosuhteisiin
SPR	sprinkler- laitteisto
TATE	talotekniikka
ToVa	toiminnanvarmistus
VAK	valvonta-alakeskus
vipu	lyhenne sanoista vika- ja puutelistat
VSS	väestönsuoja

## 1 Johdanto

Toimitilojen rakennushankkeissa talotekniikka on tärkeä osa rakennuksen kokonaisuutta. Asuntohankkeisiin verrattuna toimitilahankkeissa erilaista talotekniikkaa on lähes kaksinkertaisesti. Tekniikan paljouden takia aikataulussa saattaa olla haastavaa pysyä erinäisten viivästysten, puutteiden ja epäselvyyksien takia. Monessa hankkeessa luovutusvaiheen kaikkia taloteknisiä toimenpiteitä ei ole saatu suoritettua ennen aikataulun umpeutumista. Tällöin työt on suoritettava takuuajalla operoivassa kiinteistössä, mikä hidastaa työn tekoa huomattavasti. Kun rakennus luovutetaan asiakkaalle, tulee taloteknisten kokeiden ja käyttöönottojen olla tehtynä, jotta voidaan todeta, että rakennus toimii suunnitelmien ja asiakkaan vaatimusten mukaan.

Insinööri työ on toteutettu pääosin kirjallisuustutkielmana. LV-järjestelmien käyttöönottoja olen avannut omien kokemusten sekä haastattelujen pohjalta. Työssä korostetaan luovutusvaiheen aikataulusuunnittelun sekä dokumentaation tärkeyttä toimitilahankkeissa. Tässä työssä on esitetty mahdollisia ongelmakohtia LVI-järjestelmien käyttöönotoista ja niihin erilaisia ratkaisuja sekä toimenpiteitä.

Osana insinööriä haastattelin alan ammattilaisia kolmesta eri yrityksestä ja roolista. Haastattelukysymyksissä pureduin suurimpiin ongelmakohtiin rakennuksen luovutusvaiheesta. Vastausten pohjalta olen koonnut näihin ratkaisuja sekä korjausehdotuksia.

Työn tilaajana toimii YIT Suomi Oy. Insinööri työ tavoitteena on selkeyttää eri luovutusvaiheen työtehtäviä ja yleisimpiä kompastuskiviä. Yhtenä suurimpana tavoitteena on tuoda taloteknisiä toimenpiteitä luovutusvaiheesta esille rakennuspuolen henkilöstölle. Insinööri työssä tuotan sisältöä ja näkökulmia YIT:n TATE-tiimin toimintaperiaatteisiin rakennushankkeen luovutusvaiheesta sekä takuuajasta.

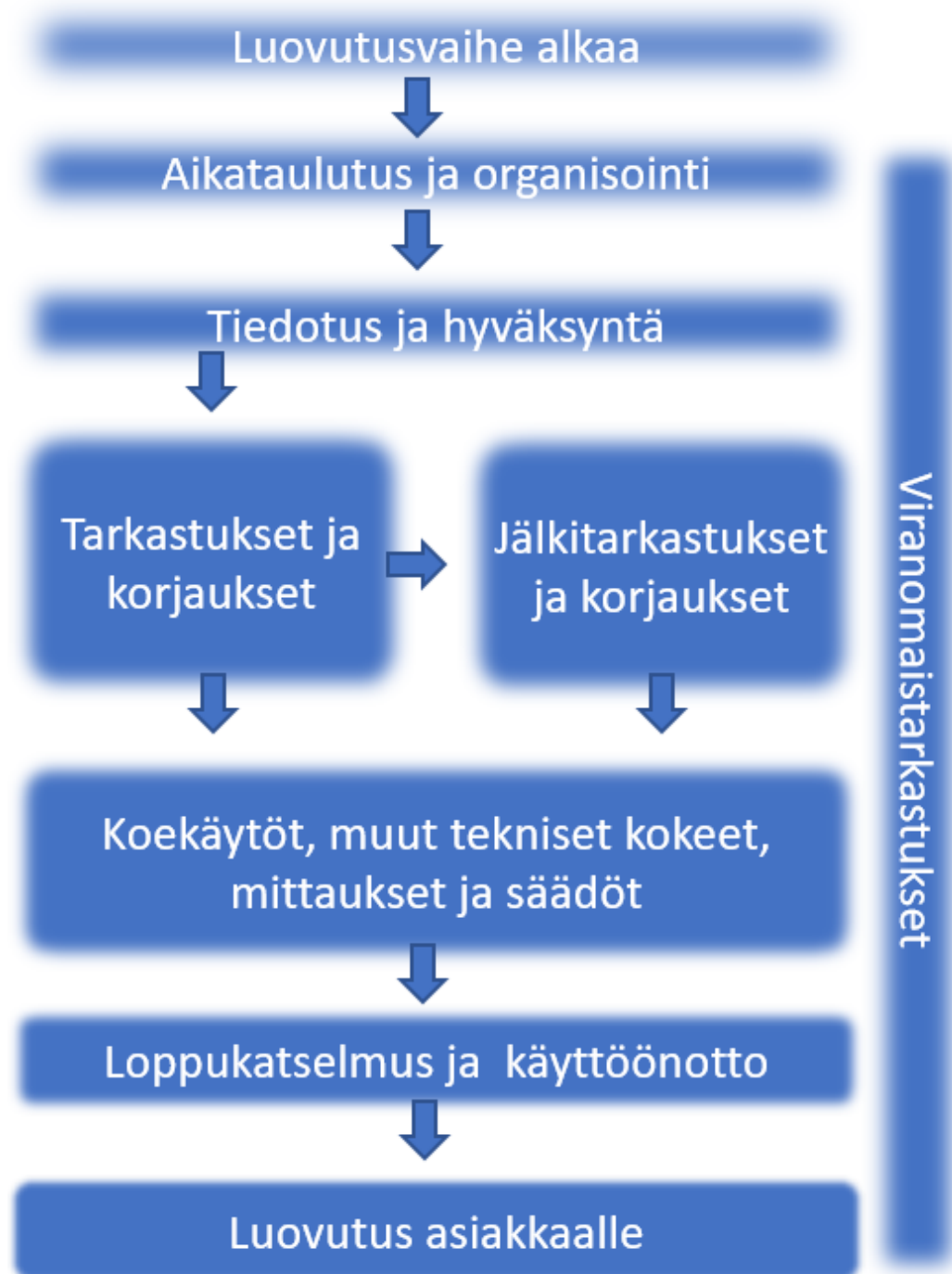
## 2 Luovutusvaiheen määritelmä

Rakennushankkeen luovutusvaihe on ajanjakso tuotantovaiheen lopussa, jolloin rakennustekniset työt ovat lähes valmiit ja taloteknisten järjestelmien ja niiden osien tarkastuksia sekä testauksia on päästy aloittamaan. Luovutusvaiheessa järjestelmät todetaan käyttökelpoisiksi, otetaan käyttöön sekä näkyvillä olevat asennukset/työt saatetaan luovutuskuntoon. Riippuen rakennushankkeen koosta ja rakennuksen talotekniikan laajuudesta, luovutusvaihe voi kestää viikkoja tai jopa kuukausia. Se ei yleensä sido koko rakennushankkeeseen, vaan voi alkaa esimerkiksi rakennuslohkoittain tai -kerroksittain.

Luovutusvaihe tulee olla tarkoin aikataulutettu ja organisoitu, jotta kaikki talotekniikan järjestelmätyöt kykenevät toteuttamaan tarvittavat testaukset ja toiminnanvarmistukset määräaikaan mennessä. Luovutusvaiheen aikataulu laaditaan yhdessä suunnittelijoiden ja lopputöihin osallistuvien urakoitsijoiden kesken tarpeeksi ajoissa, jotta urakoitsijat voivat alkaa aikatauluttaa ja resursoida omia töitä. Luovutusvaiheen alkaessa urakoitsijoiden täytyy alkaa viimeistään dokumentoimaan kaikki toteutetut isot työkokonaisuudet. Näitä työkokonaisuuksia ovat mm. painekokeet, verkostojen huuhtelut, eri laitteiden koe-käytöt, laitevalmistajien huollot sekä mittaus-, säätö- ja viritystyöt.

Luovutusvaihe päättyy, kun tilaaja on hyväksytysti pitänyt vastaanottotarkastuksen ja kaikki virhe- ja puutelistat on korjattu urakoitsijoiden toimesta sekä kaikki viranomais-tarkastukset on suoritettu hyväksytysti. Luovutusvaiheen dokumentaatio luovutetaan tilaajalle tarkastettavaksi sopimuksen mukaan tai viimeistään ennen loppukatselmusta kohteesta riippuen. Luovutusvaiheen jälkeen alkaa ylläpitovaihe ja takuu-aika. Urakanalaisia töitä takuu-aikana tulee pyrkiä välttämään jo pelkällä toteutusvaiheen aikataulutuksella sekä työvaiheiden resursoinnilla. Kuvassa 1 on esitetty Riku Kolhosen ja Anssi Kosken-vesan [1] mukainen taloteknisten järjestelmien luovutusohjelmakaavio.



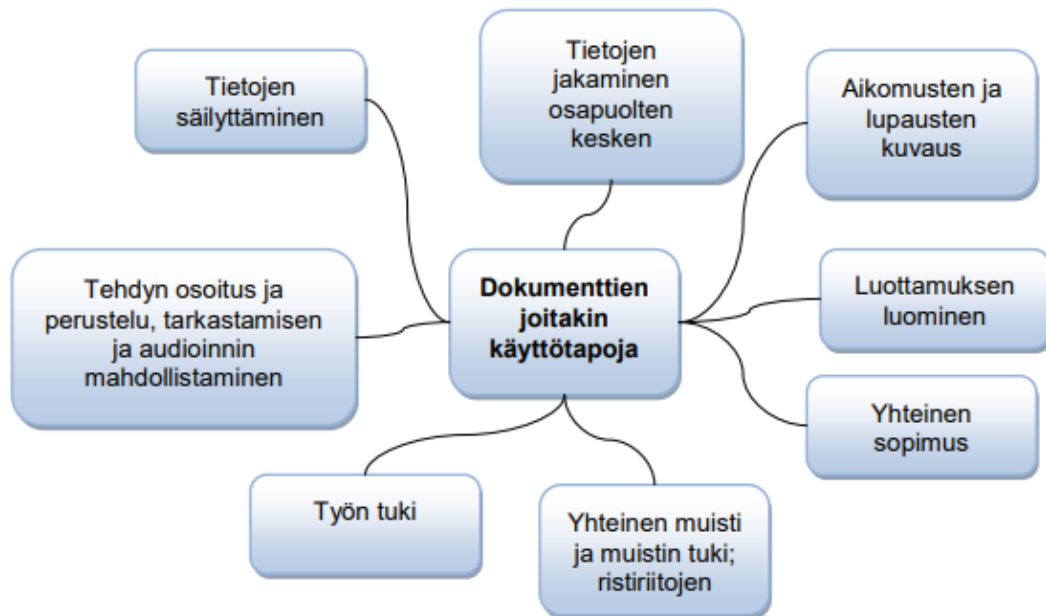


Kuva 1. TATE-järjestelmien luovutusohjelmakaavio [1]

### 3 Dokumentaatio

Asioiden dokumentoinnilla tarkoitetaan päätösten, tapahtumien tai asioiden saattamista muotoon, jolla ne pystytään viemään muiden tietoon sekä arkistoitavaksi myöhempää käyttö varten. Rakennushankkeen dokumentaatio on erittäin tärkeää osapuolten oikeusturvan kannalta. Dokumenttien tärkeys korostuu silloin, kun oikeanlaiselle dokumentille tai kirjaukselle olisi tarvetta mahdollisissa riita- tai vastuutilanteissa. Projektin dokumentaation avulla voidaan myös palata eri työvaiheisiin lähi- tai kaukokenneisyydessä, joiden pohjalta voidaan arvioida työn onnistumista sekä kehittää toimintatapoja tulevia kohteita ajatellen. [2] Nykyrakentamisessa suositaan yhä enemmän sähköistä dokumentaatiota. Tämä mahdollistaa mm. työsuoritusten dokumentoinnit hyvinkin nopeasti ja vaivattomasti. Sähköisessä dokumentaatioissa on otettava huomioon kaikille selkeät kansiorakenteet ja dokumentaatioalustan kantokyky suurissa hankkeissa.

Matti Vuoren tekemässä esityksessä, *125 pointtia dokumentoinnista (2010)*, on koottu kattavasti dokumenttien käyttötapoja. Hän on esityksessään listannut mm. huonoja dokumentointikäytäntöjä, käyttäjäkokemuksia sekä dokumentoinnin epäsuoria vaikutuksia. Epäsuorana vaikutuksena dokumentointi lisää organisaation näkyvyyttä työyhteisössä. Dokumentit kantavat mukana organisaation historiaa, korostavat brändiä ulkoisesti ja sisäisesti dokumentointityyleillä ja kasvattavat luottamusta yritysmaailmassa ja käyttäjissä. Huonoissa käytännöissä on mainittu muun muassa, ettei sivumäärä korvaa laatua, pelkoa on siitä, että dokumentti vuotaa vääriin käsiin, dokumenttien teosta puuttuu yhteistyö sekä että dokumentteja pimitetään siten, että sisältöä ei uskalleta tarkastaa tai sisältöä ei tarkastuteta kenelläkään ennen kuin se on valmis. Käyttäjälähtöisessä dokumentoinnissa tasalaatuisuus on tärkeää. Se kuvastaa, että dokumentointityyli on tarkoin harkittu ja että eri dokumenttien ulkoasut ovat samankaltaisia. Lukijoiden suhde muuttuu, jos yhdenkin dokumentin ulkoasu tai tyyli eroaa muista. Nykypäivänä on entistä tärkeämpää tuottaa yhteisöllistä dokumentaatiota siten, että yhteisöllä on siihen kommentointimahdollisuus. [3] Kuvassa 2 on esitetty Matti Vuoren esityksestä kaavio dokumenttien käyttötavoista.



Kuva 2. Dokumenttien joitakin käyttötapoja, Matti Vuori [3]

### 3.1 Dokumentointi

Dokumentoinnissa pitää ottaa huomioon dokumenttien rakenne ja sisältö. Ne pitää olla selkeästi tulkittavissa, ja niissä tulee käydä ilmi vähintään seuraavat asiat [4, s. 3]:

- Sen yhtiön tai organisaation nimi, jonka työntekijä on asiakirjan tehnyt.
- Asiakirjan tekijän nimi (vaihtoehtoisesti työn suorittanut henkilö tai siitä vastuussa oleva henkilö).
- Asiakirjan sisältöä kuvaava nimi ja otsikointi.
- Päivämäärä, jolloin asiakirja on tehty.
- Päivämäärä, jolloin asiakirjan sisällön tehtävät ovat tapahtuneet.
- Tarvittava sisältö työn suoritukseen liittyen.
- Sivunumerointi ja sivujen lukumäärä.
- (Paikka hyväksyjän nimelle, allekirjoitukselle ja allekirjoituspäivämäärälle).

### 3.1.1 TATE-luovutusmateriaali

Luovutusmateriaali on yleensä sähköinen asiakirjakansio, joka luovutetaan tilaajalle ja/tai käyttäjälle rakennuksen valmistuttua. Tämä asiakirjakansio pitää sisällään käytettyjen laitteiden laitevalmistajien tuotekortit ja käytettyjen rakennusmateriaalien tiedot ja hyväksynnät. Myös huoltokirja sekä huolto-ohjeet ovat osana luovutusmateriaalia. Luovutusmateriaali sisältää loppupiirustukset, joihin on viety urakoitsijoiden tekemät rakennusaikaiset muutokset esim. putkireiteissä tai -materiaaleissa, kytkentäkaavioissa tai ilma-/nestevirtaamissa. Näiden suunnitelmien tulee olla niin ajantasaiset, jossa rakennus luovutusajankohtana on ollut. Tilaaja tai rakennuttaja määrittelee, millä laajuudella luovutusmateriaali tulee olla kerätty hankkeen aikana ja mikä luovutusmateriaali tulee luovuttaa tulostettuina mapeissa ja mikä sähköisesti projektipankkiin.

Pääurakoitsija hankkii tai laatii projektipankin ja kansiorakenteen, johon urakoitsijat tallentavat luovutusmateriaalia, pöytäkirjoja ja raportteja hankkeen aikana. Urakoitsijoiden tulee aloittaa luovutusmateriaalin dokumentointi jo hankintavaiheessa. Tällöin kaikki hankkeen aikana tehdyt laite- ja materiaalihankinnat ovat ajantasaisia koko toteutuksen ajan. Kaikista laite- ja materiaali muutoksista tulee olla päivätty kirjaus luovutusaineistossa.

### 3.1.2 TATE-huoltokirjamateriaali

Huoltokirja on kiinteistön käyttäjän työkalu, joka auttaa ja opastaa ylläpitämään rakennuksen käyttökelpoisuutensa mahdollisimman hyvin sen koko elinkaaren ajan. Vuoden 2000 alusta huoltokirja on ollut pakollinen niille kiinteistöille, joita käytetään pysyvään asumiseen tai työskentelyyn. Huoltokirjan laadintaa aloittaessa on tärkeää sopia kaikkien siihen osallistuvien osapuolten kesken vastuujaosta ja nimetä huoltokirjan kokoamisesta vastaava henkilö. Vastaavalla henkilöllä tulisi olla riittävän asiantuntemus kiinteistön hoidosta, huollosta ja kunnossapidosta. [5]

Taloteknisiä asiakkoita [6] huoltokirjassa ovat

- tilojen tavoiteolosuhteet (lämpötilatavoite kesällä ja talvella, ulkoilmavirta ja äänitasot)

- ohjeelliset toiminta-arvot (säätökäyrät, meno- ja paluuveden lämpötilat, verkostojen paineet, IV-järjestelmän toiminta-ajat sekä lämmityksen/jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ohjaukset, jotta tavoiteolosuhteet saadaan toteutumaan)
- LVI-järjestelmien yleiskuvaukset (erityisjärjestelmien toimintaselostukset kuten kylmätekniikka, pumppaamot, kaasujärjestelmät, LTO-järjestelmät, varavoimakoneet ja uima-allaslaitteistot)
- käyttökatavoitteet ja kunnossapitajaksot (laitevalmistajien ohjeet tuotteiden ja materiaalien käyttöiästä ja huoltoväleistä)
- konekortit (laiteluettelon laitteiden ja kojeiden tuotetiedot ja mahdolliset varaosatiedot laiteposition mukaisesti laadittuna, esim. pumput, pumppaamot, LTO-laitteet, IV-suodattimet, puhaltimet, kalusteet ja komponentit)
- poikkeustilanneohjeet (ohjeet vaaratilanteita varten kuten sähkön- tai lämmönjakelun keskeytyminen, pumppujen pysähtyminen, IV-koneen jäätymisvaara tai palovaarahälytys)
- rakennuksen paikantamispäiirustukset (järjestelmän kannalta kriittiset laitteet ja muut osat piirrettynä pohjakuviin, jotta ylläpitohenkilökunta löytävät ne tarvittaessa)
- vaikutusaluepiirustukset (IV-koneiden palvelualuekaaviot, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän sulkukaaviot, käyttövesi sulkukaaviot).

Kaikki kaaviot tulee esittää selkeästi ja tarvittaessa pidettävä opastus ylläpitohenkilökunnalle huoltokirjan sisällöstä ja käytöstä. Mikäli hankkeessa on käytetty useita eri valmistajia samasta tuotekategoriasta, täytyy näiden eroavien tuotteiden sijainnit selventää huoltokirjan paikantamispäiirustuksiin.

### 3.2 Arkistointi

Kun urakasuoritus on hyväksytty, rakennuttaja tai urakoitsija itse määrittelee, missä muodossa ja mittakaavassa urakan aikaisia asiakirjoja arkistoidaan. Arkistointi on nykyään helppoa, kun suurin osa dokumentaatiosta on urakan valmistuessa jo valmiiksi sähköisessä muodossa projektipankissa. Loppuarkistoinnissa on kuitenkin otettava huomioon dokumenttien vaivaton löytäminen yhdestä paikasta rakennuksen käytön aikana. Arkistoinnilla saattaa olla paljon hyötyä rakennuksen käyttöä aikana, kuten rakennuttajan tai urakoitsijan oikeusturvan kannalta taloudellisissa riitatilanteissa. Dokumenteista voi myös olla hyötyä rakennuksen käyttäjälle mahdollisissa saneerauksissa ja muutostöissä. [4]

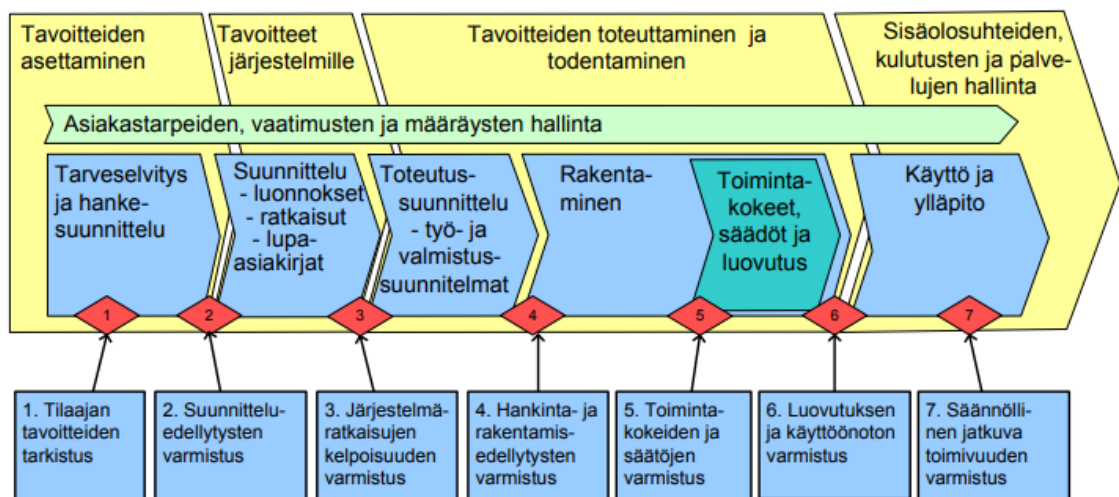
## 4 Toiminnanvarmistus

Toiminnanvarmistus eli ToVa on yhden työryhmän prosessi, jonka tavoitteina on varmistaa tilaajan asettamien rakennusvaatimusten toteutuminen ja rakennustyön laatu. Se on edellytyksenä useiden kansainvälisten ympäristösertifikaattien (LEED, BREEAM, RTS) lisäpisteisiin. Toiminnanvarmistus-prosessin avulla rakennuksen energiatehokkuus paranee, joka laskee sen käyttökustannuksia pitkällä aikavälillä. Prosessin myötä varmistetaan, että rakennuksen huolto- ja ylläpitohenkilökunta saa sopimusten mukaisen käyttökoulutuksen ja tarpeelliset tiedot järjestelmistä energiatehokasta ylläpitoa varten. [8]

ToVa-prosessi etenee hankkeessa päävaiheittain kuvan 3 mukaisesti. Ensimmäisessä vaiheessa kootaan ToVa-organisaatio ja budjetoidaan tehtävät. Tässä vaiheessa myös perehdytään tilaajan ja käyttäjien tavoitteiden määrittelyyn ja tarkistamiseen. Toisessa vaiheessa asetetaan suunnittelutavoitteet ja määritellään suunnittelun lähtötietoja, jotka ovat myös suunnittelusopimusten laadinnan perusteena. Kolmannessa vaiheessa ToVa-prosessissa keskitytään suunnitteluratkaisuihin, joilla on saavutettava tavoiteltu sisäilmastoluokitus sekä energiatehokkuus. Järjestelmien välinen integrointi ja vaihtoehtoiset ratkaisut korostuvat tässä vaiheessa. Lopuksi tarkistetaan suunnitelmien valmius rakennusluvan hakemiseksi. [9]

Neljännessä vaiheessa on varmistettava, että työ-, valmistus-, ja asennuspiirustukset työselityksineen ovat kunnossa urakkakyselyjä sekä hankintoja varten. Varmistetaan, että detaljisuunnittelu on huomioitu työmaalla urakoitsijan toimesta ja hankintoja tehtäessä. Tässä vaiheessa hanketta ohjataan energiatehokkaasti tilaajan tavoitteisiin ja parannellaan toimintatapoja hankkeen edetessä. Rakentamisen kannalta jokaisen urakoitsijan tulee helposti löytää projektipankista sisäilmastoon ja energiatehokkuuteen vaikuttavat asiakirjat. Viimeistään neljännessä vaiheessa on päätettävä, millä mittareilla rakennuksen toimivuutta tullaan arvioimaan ja mitä fyysisiä mittauksia tämä vaatii. Viidennessä vaiheessa pääpaino ToVa:lla on loppukokeissa, viimeistelytyöissä sekä luovutukseen valmistautumisessa. Urakoitsijoiden loppuaikataulut ja yhteiset toimintakoesuunnitelmat ovat tärkeimpiä asioita. Loppukokeilla ja koekäytöillä varmistetaan, että kaikki järjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla ja rakennuksessa saavutetaan tavoiteltu sisäilmasto. Tässä vaiheessa on myös varmistettava luovutusasiakirjojen sekä huoltokirjan asianmukainen sisältö. [9]

Kuudennessa vaiheessa varmistetaan rakennuksen toimivuusvaatimusten täyttyminen ja suunnitelmallinen toimivuus. Tässä vaiheessa osana toimivuuden varmistusta pyritään havaitsemaan korjausta vaativat virheet ja puutteet normaalin laadunvarmistuksen keinoin. ToVa-prosessi painottuu sisäilmastoon ja energiatehokkuuteen sekä huolto- ja ylläpitohenkilökunnan kouluttamiseen ja perehdyttämiseen, jotta rakennuksen pitkäikäisyys voidaan varmistaa. Seitsemännessä vaiheessa ToVa-prosessi keskittyy kiinteistön käyttöönottoon liittyviin toimenpiteisiin huoltokirjan osoittamina ajankohtina. Tässä vaiheessa huolto- ja ylläpitohenkilökunnan tulee olla riittävästi perehdytetty kiinteistöön. Rakennusautomaatiosta saadaan tärkeää mittausdataa sisäilmastosta ja energiatehokkuudesta, joiden pohjalta kiinteistön kulutuksia ja häviöitä säädetään kohti energiatehokkaampaa rakennusta. Keskeistä koko ToVa-prosessissa on kuvassa 3 kuvattujen päävaiheiden välinen tiedonsiirto sekä suoritettavien tehtävien dokumentointi. Erityistä huomiota tulee myös kiinnittää hankkeen aikana tuleviin suunnitelmien revisiomuutoksiin ja niiden onnistumisiin. [9]



Kuva 3. ToVa-prosessikuvaus [9]

## 5 Aikataulusuunnittelu

Hankkeen rakennuttaja tai heidän edustajansa laatii alustavan laadunvarmistussuunnitelman sekä määrittää periaatteet. Kunkin suunnittelualan vastaava suunnittelija osallistuu laadunvarmistussuunnitelman täydentämiseen ja täsmentämiseen omalta osalta.

Suunnitelmassa on myös huomioitava mahdolliset käyttäjän ja/tai tilaajan erillishankinnat. Kunkin urakoitsijavalinnan jälkeen heidän edustajansa täydentävät laadunvarmistusryhmää ja tarvittaessa täsmentävät laadunvarmistussuunnitelmaa. Urakkamuodosta riippuen urakoitsijavalinnat voivat tapahtua vaiheittain. Kun laadunvarmistusryhmä on koottu, suunnitelma hiotaan haluttua lopputulosta vastaavaksi asiakirjaksi, jonka avulla pyritään varmistamaan rakennuttajan ja tilaajan hankkeelle asettamien tavoitteiden toteutuminen. Käyttäjän tai tilaajan edustajien osallistuminen laadunvarmistuskokouksiin on suotavaa ja mahdollisten erillislaitetoimittajien kutsuminen kokouksiin arvioidaan tarpeen mukaan. Laitetoimittajilla on enemmän tietoa toimittamistaan laitteista ja järjestelmistä, kuin urakoitsijalla, jolloin heidän kantansa laitteiden käyttöönottoimenpiteistä voi positiivisesti vaikuttaa järkevämpään aikataulutukseen. [7]

Oleellisimpana osana laadunvarmistussuunnitelmaa on aikataulu, jonka mukaisesti eri toimenpiteitä suoritetaan urakoitsijakohtaisesti ja yhdessä. Aikataulua laatiessa on tärkeää eritellä kaikki suoritettavat tehtävät mahdollisimman yksityiskohtaisesti ja suunnitella tehtävien suoritusajankohdat hankkeen edistymisen mukaisesti. Eri tekniset järjestelmät ja urakkasuoritukset valmistuvat ajallisesti viikkojen tai muutaman kuukauden aikana, joten se kannattaa hyödyntää hankkeen loppuun saattamisen vaiheistamisessa. Mahdollisimman yksityiskohtainen ja joustava aikataulu mahdollistaa toimenpiteiden etenemisen seurannan ja virheisiin puuttumisen tarpeeksi ajoissa. Aikataulussa tulee olla varattu riittävästi aikaa urakkasuoritusten virheiden ja puutteiden korjaamiselle, jotta vältytään laadunvarmistuksen edellyttämien testausten suorittamista kiireellä ja hankkeen kokonaisuikataulu huomioon ottaen liian myöhään. Pahimmassa tapauksessa viimeisimpänä tehtävät kriittiset testaukset ja koekäytöt on suoritettava rakennuksen hallinnanluovutuksen jälkeen moninkertaisella työmäärällä, jos lainkaan. [7]

## 6 Järjestelmien käyttöönotto

RYL 2002:n mukaan [10] rakennuksen luovutuksen yhteydessä taloteknisten järjestelmien on oltava sopimusasiakirjojen mukaisia ja toimittava niissä määritellyllä tavalla. Järjestelmien suunnitelmien mukaisuutta todennetaan koko rakennushankkeen ajan ja niiden tuloksia kirjataan katselmus- ja tarkastuspöytäkirjoihin. Kaikkien käytettävien fyysis-



ten mittausinstrumenttien on oltava kalibroituina mittaushetkellä. Kalibroinneista urakoitsijalla täytyy olla esittää asiakirjat. Kaikista mittauksista tulee laatia pöytäkirja ja hyväksyttää rakennuttajalla tai tilaajalla. [10]

## 6.1 Käyttöönotton menetelmät

Käyttöönotton menetelmissä käyn läpi eri vaiheita LVI-järjestelmien valmiiksi saattamisessa. Rakennusautomaatiota en avaa syvällisesti, vaan pintapuolisesti LVI-tekniikkaan liittyvistä asioista. Laiteautomaatioon olen kasannut muutamista eri laitteista käyttöönotossa huomioitavia asioita. Otsikoiden alla käyn lyhyesti läpi, mitä tehtäviä ja tarkastuskohtia valvontatyötä suorittavalla henkilöllä on näihin järjestelmiin liittyen.

### 6.1.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien käyttöönotto voi alkaa, kun putkiasennukset ovat kokonaan tai osissa valmiina koeponnistukselle. Koeponnistus suoritetaan pääosin putkistoille, mutta siihen on hyvä ottaa myös mukaan lämmitys- tai jäähdytyslaitteet, jotta verkosto saadaan testattua kokonaisuudessaan. Samalla kun verkostoa täytetään ensimmäistä kertaa koeponnistukselle, se on syytä huuhdella tarpeeksi huolellisesti, jotta rakennusaikainen pöly ja liitoksiin jääneet jäysteet eivät tuki verkoston säätöventtiileitä tai niiden mittayhteitä. Huuhtelu on suoritettava vähintään verkostojen runkoputkistoille ja siten, että kaikki verkostossa olevat säätöventtiilit ovat täysin auki. Rakennusaikaista pölyä kertyy varastoinnin yhteydessä putkien sisälle, mikäli putken päitä ei ole suojattu rakennusaikana. Koeponnistus suoritetaan putkistolle niin monta kertaa, että vuotoja ei enää havaita ja järjestelmä voidaan todeta kestäväseen verkostopainetta. Toimenpiteistä tulee laatia pöytäkirja urakoitsijan toimesta.

Kun koeponnistukset on suoritettu, voidaan verkosto täyttää ja poistaa sinne kuulumaton ylimääräinen ilma. Täyttöjen yhteydessä on varmistettava, että vesi pääsee myös paisunta-astiaan ja astiaan on asetettu verkostoon sopiva esipaine. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä verkostojen täyttöjen jälkeen alkaa vesivirtojen mittaus- ja säätötyöt. Mittaus- ja säätötyöillä säädetään verkostot tasapainoon suunnittelijan määrittämällä ar-

voilla, jotta jokaiselta lämmitys- ja jäähdytyslaitteelta saadaan sille suunniteltu teho tuotettua. Säättöurakoitsija asettelee säätöventtiileille virtaama-arvot ja lukitsee ne sekä jättää jokaiselle venttiilille tietokilven, jossa on esitetty venttiilin säätöarvot ja -asento. Tällöin venttiilistä huomaa kauempaa, että se on jo kertaalleen säädetty. Rakennuksen kaikki venttiilit tulee säätää ja saadut arvot dokumentoida lopulliseen mittapöytäkirjaan. Verkostojen säätöjen yhteydessä urakoitsija asettaa myös kiertovesipumpuille toiminta-arvot ja asentaa arvokilvet kaikkiin pumppuihin.

Rakennushankkeella valvontatöissä olevan henkilön pitäisi olla mukana ainakin ensimmäisissä koeponnistuksissa sekä verkostojen huuhteluissa. Valvojan hyväksynnän jälkeen verkosto voidaan täyttää ja ottaa käyttöön säätötöitä varten. Mittaus- ja säätötöissä valvojan täytyy pistotarkastaa pieni osa säädetyn venttiilin mittapöytäkirjasta sekä venttiilikilvestä ja verrata niissä olevia arvoja suunnittelijan arvoihin. Mikäli hän havaitsee suuria eroavaisuuksia virtaamissa ja venttiilin asennoissa, täytyy säättöurakoitsijaa huomauttaa asiasta. Toiminnanvarmistusvalvontaa suorittavan henkilön täytyy ohjata töiden suuntaa, mikäli havaitsee jotain virheitä ja puutteita käyttöönottojen aikana.

Kun urakoitsija on suorittanut verkostojen säädöt ja tehnyt itselle luovutukset, ToVa-valvojan on syytä kiertää kaikki lämmitys- ja jäähdytyslaitteet lämpökameralla tai vaihtoehtoisesti pintalämpötilamittarilla ja todeta niiden suunnitelmien mukainen toiminta. Näillä kierroksilla havaitut virheet ja puutteet tulee ilmoittaa urakoitsijalle mahdollisimman pian korjausta varten. Mittauksista tehdään laitteiden positiomerkeillä listamuotoinen taulukko mitatuista lämpötiloista. Lämpökameralla tehdystä kierroksesta tehdään lämpökuvausraportti, jossa myös joka laitteelle on annettu positiomerkintä. Tästä dokumentista täytyy vähintään käydä ilmi mittaushetkellä verkoston menoveden lämpötila, ajankohta, mittauksen tekijä ja mahdolliset kommentit. Tärkeää lämpötilamittauksissa on käyttää samanlaisten laitteiden mittauksissa samaa instrumenttia, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia.

### 6.1.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Vesijärjestelmien käyttöönotot alkavat verkoston huuhtelulla. Huuhtelulla vältytään rikkomasta lopullisia kalusteita, mikäli putkistossa olisi jotain sinne kuulumatonta. Käyttövesiverkoston huuhtelun jälkeen tulee tehdä koeponnistus putkistolle. Koepaineet tulee

suorittaa aina kalustesuluille asti, jotta varmistutaan siitä, että rakenteiden sisällä ei havaita vuotoja. Putkiston koeponnistus suoritetaan niin monta kertaa, kuin on tarvetta. Koeponnistuksen jälkeen alkaa vesijärjestelmien kalustaminen malliasennusten mukaisesti. Malliasennukset on voitu suorittaa jo hankkeen aikaisessa vaiheessa, ja ne hyväksyvät rakennuttajan tai tilaajan edustaja. Kalustamisen tasoa tulee seurata jatkuvasti, jotta tilaajan asettama laatutaso säilyy. Urakoitsijan on myös testattava veden saanti ja säädettävä nestevirrat hätäjähdytyslaitteistoille esim. kylmälaitehuoneisiin, varavoimahuoneisiin sekä muuntamoihin. Kalustamisen yhteydessä tai sen jälkeen suoritetaan lämpimän käyttöveden kierron nestevirtojen ja kiertovesipumppujen säädöt. Rakennusten lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmän avulla saamme täytettyä Suomen ympäristöministeriön asetuksen [11, 6 §] lämpimän käyttöveden saatavuudesta vesikalusteelta. Asetuksen mukaan lämmintä vettä on saatava kalusteesta 20 sekunnin kuluessa ja sen on oltava 55–65 °C:n lämpöistä. Kiertovesijohto on säädettävä myös siksi, että jatkuva virtaama ei saa olla liian suuri. Ympäristöministeriön asetuksen RakMK D1:n mukaan [12, s. 13] suurin sallittu jatkuva virtaus kuparijohdossa saa olla 1 m/s, mutta yleisesti lämpimän kiertojohdon mitoitusarvona käytetään arvoa 0,5 m/s. Liiallinen virtausnopeus aiheuttaa nopeampaa putkiston kulumista ja tällöin vaikuttaa sen elinikään.

Rakennuksen viettoviemärijärjestelmät eivät vaadi varsinaista käyttöönottoa. Kun liityntä kaupungin tai kunnan viemärijärjestelmään on tehty, on se valmis otettavaksi käyttöön. Urakoitsijan on kuitenkin syytä kuvata kriittisimmät viettoviemäriin alueet kuten suurtauluskeittiöt, väestönsuojat sekä kaikki valujen sisään jäävät viemäriin hajotukset. Ennen viettoviemäriin kuvausta tulee viemäriin päästä kaataa muutama litra vettä, jotta kuvauksen yhteydessä näkyvät selkeämmin notkahtaneet putkiosuudet ja muut epäkohdat, jos vesi seisoo putkessa.

Rakennuksen paineviemärijärjestelmät otetaan käyttöön painekokeilla. Urakoitsija suorittaa painekokeet koko putkilinjalle ja dokumentoi tulokset luovutusaineistoon. Paineviemäreissä tulee kiinnittää erityistä huomiota putken kannakointiin ja siihen, miten putki käyttäytyy paineiskuissa, kun pumppu käynnistelee ja pysähtelee. Metallisissa paineviemäreissä tulee käyttää putkimateriaalille oikeanlaista hitsausaamamateriaalia ja tarvittaessa suojakaasua, jotta voidaan taata sauman pitävyys. Muovisten paineviemärien liitokset tulee tehdä osien valmistajien ohjeiden mukaan.

Käyttövesiverkostojen käyttöönotoissa ToVa-valvojan tulee olla tietoinen suoritettavista painekokeista ja olla mukana vähintään ensimmäisellä kerralla. Valvontatehtävissä olevan henkilön on oltava mukana katselmoimassa vesikalusteiden malliasennukset tilaajan kanssa, jotta vältetään epäkohdilta lopullisen kalustamisen yhteydessä. Urakoitsijan toimittamasta nestevirtojen mittapöytäkirjasta tulee tarkastaa, ovatko virtaamat suunnitelmien mukaisia. Kun kalustusvaihe on ohi, ToVa-valvoja yhdessä tilaajan kanssa käyvät pistokokein eri kerroksia läpi vesikalusteiden osalta, jotta tilaajan määrittelemä laatuaste toteutuu. Tässä katselmuksessa mitataan eri kerroksista vesikalusteista saatava virtaama ja verrataan sitä suunniteltuihin arvoihin. Samalla testataan, täyttyykö ympäristöministeriön asetus siltä osin, että kalusteelta saadaan lämmintä vettä 20 sekunnissa. Viemärijärjestelmissä ToVa-valvoja tarkastaa viettoviemäreiden kuvausraportit sekä paineviemäreiden koeponnistuspöytäkirjat. Kaikista pöytäkirjoista ja raporteista laaditaan tarvittaessa virhe- ja puutelistat urakoitsijoille tarkastettavaksi.

### 6.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ennen IV-järjestelmän käyttöönottovaiheen aloittamista on todettava, ettei rakennus tai ilmanvaihtokanavisto ole keskeneräinen niiltä osin, että se vaikuttaisi ilmavirtoihin, painesuhteisiin tai siirtoilman virtaussuuntiin [16]. Ilmanvaihtojärjestelmien käyttöönoton laajuus riippuu rakennushankkeen alkuvaiheessa määritellystä sisäilmastoluokituksista. Vaativimmissa luokissa tehdään laajemmin kanaviston tiiveyskokeita, säätöjä, puhtaus-tarkastelua ja IV-koneen energiatehokkuuden mittausta ja seuranta. Talotekniikkainfon oppaan [16] mukaan tehdasvalmisteisille kierresaumakanaville ja osille tehdään tiiveys-tarkastelu 20 prosentin osuudelta. Oppaan mukaan kantikkaiden kanavien, kappaleiden ja kammioiden tiiveys on tarkastettava 100-prosenttisesti. Myös rakennusaineisten kanavien tiiveys tulee tarkastaa 100-prosenttisesti, ja niiden sisäpuolisesta pintakäsittelystä ei saa vapautua rakennusaineista emissioita tuloilmaan. Lisäksi pinnoitteen tulee kestää koko muun järjestelmän suunniteltu käyttöikä. [10, s. 150.]

Ilmavirtojen säädöt voi aloittaa vasta, kun rakennus on siivottu pölyttömäksi. Jos säädöt aloittaa ennen pölyttömyssiivousta, suodattimet sekä poistokanavisto täyttyvät pölystä. Tällöin suodattimet on vaihdettava ja kanavisto nuohottava ennen lopullista käyttöönottoa ja luovutusta. Säädöt täytyy aina tehdä puhtailla alkuperäisillä suodattimilla ja yleis-

simmän käyttötilanteen mukaisella käyttöajalla tehostamattomalla ilmavirralla. Tarpeenmukaiselle ilmanvaihdolle säädöt on suoritettava suunnittelijan määrittämässä eri skenaarioissa, esimerkiksi IMS-laitteet minimillä, normaalilla, tehostuksella jne. [16]. Ilmavirrat täytyy säätää jokaiselta päätelaitteelta, ellei toisin sovita. Säättöjen yhteydessä asetellaan IV-koneille niiden toteutuneet ilmamäärät, joilla suunnitellut arvot on saavutettu. Kaikki säätöihin liittyvät arvojen asetellut ja muutokset täytyy dokumentoida mittapöytäkirjan muotoon.

Jos aikataulu säätöille näyttää huolestuttavalta ja säädöt eivät pääse alkamaan ajoissa, kannattaa harkita säättöjen aloittamista ennen pölyttömyysivouksia. Tämä tulee aiheuttamaan paljon lisäkustannuksia, mutta voi silti olla edullisempi toteuttaa, kuin aloittaa säätötyöt myöhässä. Säättöitä voi olla hankala tehdä operoivassa liikekiinteistössä. Nämä riskiarviot on tehtävä hyvissä ajoin.

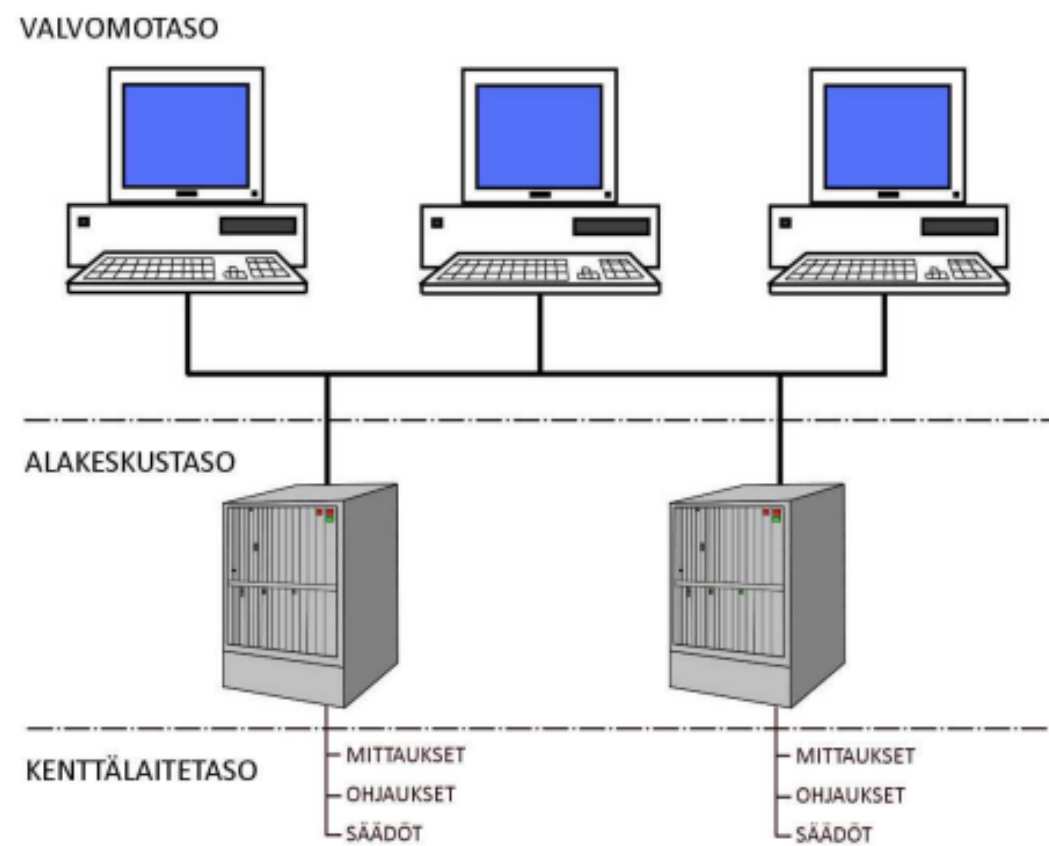
SFS-EN 12097-standardin mukaan [17] ilmanjakojärjestelmä tulee suunnitella, valmistaa ja asentaa siten, että sisäpintojen ja komponenttien puhdistaminen on mahdollista. Asennustöiden loppuvaiheessa on suotavaa, että urakoitsija kiertää rakennuksen kanavistoa kriittisiltä osin nuohousluukkujen sijoittelun suhteen. Varsinkin ravintolakeittiöissä alakatto on valmiiksi niin täynnä tekniikkaa, että suunniteltu nuohousluukun paikka voi olla käytännössä mahdoton toteuttaa tai sen luokse ei pääse. Nuohousluukut tulee sijoittaa paikkoihin, joissa nuohouksen pystyy toteuttamaan mahdollisimman suurelle alueelle kanavistossa. Rasvakanavien pesun kannalta on suotavaa lisätä pystynousun pohjakulmaan pesuaineen tyhjennysyhde, josta aineet saadaan pois kanavasta. Tästä asiasta kannattaa konsultoida suunnittelijaa ja mielellään katselmoida toteutus.

ToVa-valvojan täytyy luovutusvaiheen aikana tarkastaa urakoitsijan kanaviston tiiveyspöytäkirjat sekä mittaus- ja säätöpöytäkirjat. Valvojan on oltava mukana asennustapa-tarkastuksissa päätelaitteiden ja hajottimien osalta. Aikataulun seuranta on tärkeää IV-järjestelmän käyttöönotoissa. Kun kaikki ilmastointikokeet on säädetty, vuorossa ovat tarkastusmittaukset, jotka suoritetaan tilaajan valvojan tai edustajan läsnä ollessa pistokokein jokaisesta IV-koneesta. Näissä täytyy olla ToVa-tiimistä edustajia mukana. Jos tarkastusmittauksissa esille tulevat arvot täsmäävät mittauspöytäkirjoihin, tilaajan edus-

taja kuittaa mittaus- ja säätötyöt hyväksytyksi. Mikäli kohteessa täytyy suorittaa äänitasmittauksia, ToVa-valvojan on osallistuttava niihin urakoitsijan kanssa. Kaikki mittaukset tulee dokumentoida luovutusaineistoon.

#### 6.1.4 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu kolmesta tasokokonaisuudesta. Mittalaitteet ja instrumentit ohjaavat laitteita kenttätasolla. Alakeskustason kautta mitta- ja säätötiedot tuodaan valvomotasolle, josta järjestelmiä voidaan ohjata, seurata ja tuottaa historia trendikäyriä eri pisteiden toiminnasta. Valvomotasolla voidaan muuttaa esimerkiksi laitteiden parametreja vastaamaan haluttua toimintatapaa, seurata niiden käyttötunteja ja ajastetusti ohjelmoida joidenkin laitekokonaisuuksien testauksia ja koekäyttöjä. Kuvassa 4 on esitetty rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkiatasot.



Kuva 4. RAU-järjestelmähierarkia [18]

RAU-järjestelmien alakeskuksia ja kenttälaitteita koskevia asennustapa- ja laitetarkastuksia suoritetaan vaiheittain koko rakennushankkeen toteutusvaiheen aikana. Tarkastuksissa verrataan toteutunutta järjestelmää hyväksytyihin työpiirustuksiin. Tarkastetaan esimerkiksi, sisältyvätkö kaikki laitteet ja järjestelmät laitetoimituksiin, laitevalintojen oikeat tekniset vaatimukset ja asennusolosuhdevaatimukset, onko järjestelmien laitteet sijoitettu käytön ja prosessin toimivuuden kannalta oikein ja täyttävätkö laitteiden asennukset sekä materiaalit asiakkaan ja viranomaisten vaatimukset. [9, s. 117.]

Asennustarkastuksissa tarkastellaan laitevalintoja ja kentällä olevia laitemerkintöjä sekä valvomon grafiikalla olevia laitemerkintöjä. Laitekohtaisia tarkasteluja ovat niiden mekaaninen ja sähköinen toiminta järjestelmäkokonaisuudessa, mitta-antureiden kalibrointi, laitteiden sijoittelu helposti huollettavaan ja mittausteknisesti toimivaan paikkaan sekä hälyttäviltä laitteilta hälytysten testaus valvomon grafiikalle asti. Säättökaavioista täytyy testata niiden toiminnallisuus, laitteiden pyöriminen ja toimiminen oikeaan suuntaan sekä sisään- ja ulostulot. [9, s. 117.]

RAU-järjestelmän ohjelmointi tulee suorittaa urakka-asiakirjojen määrittämässä laajuudessa, ja siitä tulee tarkastaa raja-arvojen sekä käyttö- ja aikaohjelmien toimivuus suunnitelmien mukaan. Urakoitsijan täytyy myös tarkastaa säätöpiirien porrastuksien, kompensointikäyrien ja keskiarvolaskelmien toimivuus halutulla tavalla. Lisäksi valvomon grafiikka ja sen oheislaitteiden tulee olla tarkastettu niiden toiminnan kannalta. Ohjelmoinnin viimeisenä tarkastuksena on rakennusautomaatiojärjestelmien liitynnät ulkoisiin järjestelmiin, kuten eri laitteiden omiin automaatiojärjestelmiin. [9, s. 117] Tässä vaiheessa paikalle tulee tarvittaessa kutsua myös laitevalmistajan edustaja.

RAU-järjestelmien käyttöönotoissa ToVa-valvoja yhdessä RAU-urakoitsijan kanssa valvovat järjestelmien suunnitelmien mukaista toimintaa. Urakoitsijan tuottamien tarkastusten ja kokeiden dokumentaatio pitää käydä ToVa-ryhmässä läpi, minkä jälkeen ne voidaan todeta toimiviksi. Riippuen laitehankinnoista ToVa-valvoja on tarvittaessa mukana eri laitevalmistajien kutsumisessa paikan päälle. Lopullisesti rakennuksen automaatiojärjestelmä hyväksytään käyttöönotettavaksi tilaajan loppukatselmuksessa, kun yhteiskoekäytöt on suoritettu hyväksytysti.

### 6.1.5 Laiteautomaatio

Rakennusten talotekniikka kehittyi jatkuvasti valtavasti harppauksin. Uusien innovaatioiden ja tuotekehitysten ansiosta laitevalmistajat kehittävät jatkuvasti uusia tuotteita markkinoille. Tuotekehitysten ansiosta laitevalmistajilla on tuotteissaan yhä enemmän omaa ”laiteälyä” eli laiteautomaatiota. Urakoitsijoiden tulee olla perillä siitä, mitä eri toimintoja, liitäntöjä, kytkentöjä ja vaatimuksia laitteilla tulee olla jo niitä hankittaessa. Nämä tiedot ovat suunnittelijoiden määrittämät ja yhteensovittamat. Lisäksi laitteiden oman automaation takia niiden käyttöönottoon tulee väkisin lisää välivaiheita ja tarkastuskohtia. Nämä ylimääräiset välivaiheet tulee ehdottomasti ottaa huomioon käyttöönottojen tehtävä- ja aikataulusuunnittelussa.

Monet laitteet ovat suoraan jänniteohjattuja suoraan rakennusautomaation mittauspisteen mukaan. Kun laitetta ohjataan automaatiolla, asetusten ja parametrien tulee olla suunnitelmien mukaiset sekä rakennusautomaatiossa että ohjattavalla laitteella. Mikäli näin ei ole, voivat nämä kaksi erillistä automaatiojärjestelmää toimia omanaan, jolloin laitteella ei päästä sille suunniteltuun toimintaan.

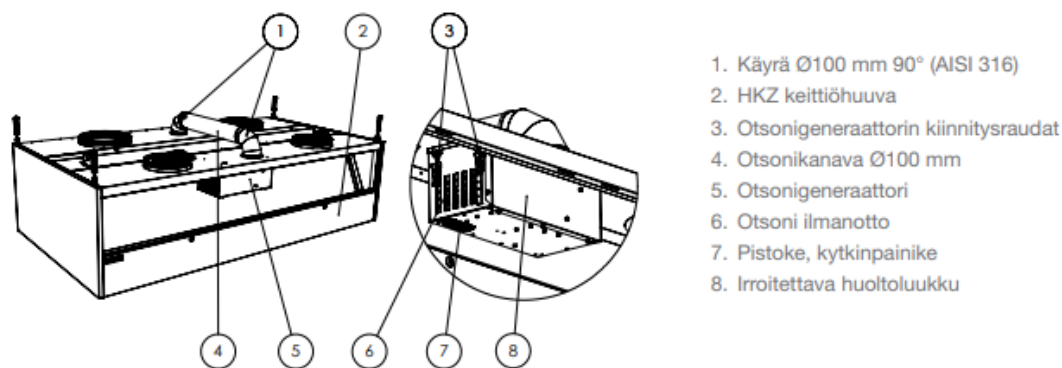
Ilmamääräsäätimet ovat automaattisia säätöpeltejä, jotka säätävät ilmamäärän tarpeen mukaiseksi sen palvelemassa tilassa tai alueella. Ohjausmahdollisuuksia näille laitteille ovat yleisimmin analoginen jänniteviesti sekä Modbus-väyläohjaus. [13] Nämä laitteet ovat yleistyneet kaikessa toimitilarakentamisessa Suomessa, kun rakennuksille haetaan entistä enemmän erilaisia ympäristösertifikaatteja. Yleisin ohjaustapa IMS-laitteille on hiilidioksidi- tai lämpötilaohjaus. Useissa markkinoilla olevissa ilmamääräsäätimissä on omat ilmamääräparametrit, jotka saattavat sekoittaa automaatiojärjestelmät. Ilmamääräparametrit voi asettaa laitteelle tai kiinteistön RAU-järjestelmään. Ne tulee olla asetettu suunnittelijan määrittämällä tavalla, jolloin suunnitellulla ohjausjännitteellä saadaan laitteelta suunniteltu ilmamäärä. IMS-laitteita suunnitellessa ja asennettaessa on otettava erityisesti huomioon laitteiden suojaetäisyydet kanaviston mutkista ja haaroista. Mikäli suojaetäisyyksiä ei ole asennuksen yhteydessä huomioitu, kanavistoon voi säätimen kohdalle syntyä ilmapyörre, joka häiritsee laitteen mittausta. Laitteelle tulee olla asetettuna RAU:n säätöjännite ja ilmamäärien toimintarajat suunnitelmien mukaan. IV-urakoitsijan tulee asettaa ilmamääräsäätöjen yhteydessä IMS-laitteiden toimintarajat ja dokumentoida ne tilaajalle. Kuvassa 5 on esitetty yhden laitevalmistajan ilmamääräsäädin.





Kuva 5. Lindab UltraLink -ilmavirtasäädin [13]

Melko uusia laitteita markkinoilla ovat myös rasvahuuvien otsonaattorit. Otsonaattori on huoleton ja turvallinen tapa rasvakanavien puhtaanapitoon ja lievittämään suurtalouskeittiöiden tuottamaa hajuhaittaa. Se tuottaa otsonia, joka muuttaa kanavistossa kulkevan rasvan hapeksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi. Tämän reaktion aikana muodostuu myös kivennäisaineita ja erittäin hienojakoista silikaattipölyä, joka ei tartu kanavistoon vaan kulkee ilmavirran mukana ulos. [14] Otsonaattorin esimerkkitapauksessa käytän ETS NORDin rasvahuuvaotsonaattoria, joka ei rakennusautomaatiosta vaadi kuin käyntilupa- ja hälytyskärjet. Muuten nämä laitteet toimivat täysin itsenäisesti ja ovat riippuvia vain niiden omasta ohjelmistosta. Tämän takia laitteiden hankkijan on huolehdittava laitevalmistaja tai hänen valtuutettu edustajansa ottamaan laitteet käyttöön oikeilla työkaluilla. Tarvittaessa myös pitää päivittää laitteen ohjelmistoa. Tämä esimerkkilaitte tarvitsee toimiakseen oikean alipaineen poistokammioon, joka tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa IV-koneiden kokonaisilmamäärissä. Laitevalmistajan ja urakoitsijan täytyy käydä yhdessä läpi laitteen lopulliset asetukset suunnittelijan kanssa, jotta se saadaan toimimaan halutulla tavalla. Urakoitsijan tulee asennusvaiheessa varmistaa laitteen ohjeidenmukainen asennus. Otsonaattori ei missään nimessä saa tuottaa otsonia keittiön oleskeluvyöhykkeelle. Kuvassa 6 on esitetty ETS NORDin rasvahuuvan otsonointijärjestelmä.



1. Käyrä Ø100 mm 90° (AISI 316)
2. HKZ keittiöhuuva
3. Otsonigeneraattorin kiinnitysraudat
4. Otsonikanava Ø100 mm
5. Otsonigeneraattori
6. Otsoni ilmanotto
7. Pistoke, kytkinpainike
8. Irroitettava huoltoluukku

Kuva 6. ETS NORD -rasvahuuvan ja otsonaattorijärjestelmän esittely [15]

Vakioilmastointikoneissa ja pienissä paketti-ilmanvaihtokoneissa on nykypäivänä lähes kaikissa omat käyttöliittymät ja -paneelit. Näissä laitteissa on paljon omia toimintoja, ja niiden asetuksien sekä parametrien asetellut tapahtuvat tämän käyttöpaneelin kautta. Vakioilmastointikoneita käytetään yleensä muuntamoiden ja kriittisten sähkötilojen jatkuvaan tarpeenmukaiseen jäähdytykseen. Paketti-ilmanvaihtokoneita käytetään isoissa rakennuskohteissa toissijaisten tilojen ilmanvaihtoon kuten porraskäytävät tai poistumistiekäytävät. Laittevalmistajat ovat laatineet näiden laitteiden käyttöönotosta ja yleisestä käytöstä kattavia käyttöohjeita. Urakoitsijoiden täytyy käydä nämä ohjeet läpi huolellisesti ja toimia sen mukaan laitteen käyttöönotossa, mikäli hankintasopimuksessa ei ole sovittu laittevalmistajan suorittavan käyttöönoton.

Älykkäiden laitteiden käyttöönoton dokumentointi on suotavaa, sillä siten voidaan todentaa, että kolmas osapuoli on suorittanut käyttöönoton ja todennut laitteen toimivaksi. Kaikilla tässäkin mainituilla laitteilla on useita sisäisiä vikakoodeja ja hälytyksiä, joihin urakoitsijoiden täytyy reagoida niiden ilmetessä. Laitteiden hankkijan velvollisuus on tilata viallisille laitteille laittevalmistajan kautta huolto. Vikoja voi olla esimerkiksi tehtaalla väärin kasattu laite tai laitetoimitus, väärin parametroitu laite tai viallinen piiri- tai ohjauskortti. Työmaalla vioittuneet laitteet ovat ostajan vastuulla. Materiaalivahinko ja käyttöönotto vastuunjako eritellään tarkemmin hankintasopimuksessa.

## 6.2 Yhteiskoekäytöt

Yhteiskoekäytöissä testataan useiden eri järjestelmien toimivuutta yhtäaikaaisesti. Tarkoituksena näissä testauksissa on todeta järjestelmien toimivuus halutulla tavalla ja kartoittaa tilanteita, joissa jotkin järjestelmät toimisivat ristiriidassa keskenään. [7, s. 9.] Yhteiskoekäytöissä LVIS-järjestelmiä ohjataan rakennusautomaation avulla ja toteutetaan eri skenaarioita käsin ohjattuna tai aikaohjattuna noin 1–2 viikon ajan. Koekäyttöjen aikana rakennuksessa ei saa tehdä sellaisia töitä, jotka haittaavat tai estävät laitteiden tai järjestelmien normaalia toimintaa. Tällaisiksi töiksi luetaan sähkökatkoja vaativat sähkötyöt sekä säätö- ja viritystyöt. [4, s. 18.]

Koekäyttöjen ajalta voidaan toteuttaa järjestelmien seuranta valvomon grafiikalta. Seurannan ajanjakso määritellään ToVa-kokouksissa, ja siinä tapahtuvat toimenpiteet tulee dokumentoida tarkasti. Seurannassa asetetaan mittauspisteitä jatkuvaan tiedon tallentamiseen sovituksi ajanjaksoksi. Erilaisia seurantapistettä järjestelmätyypeittäin on esitetty liitteessä 1. Tarkassa dokumentoinnissa seurantapistettä täytyy tuoda selkeästi esille ja niistä tuotettujen grafiikkojen on oltava skaalattu lukukelpoisiksi. Järjestelmien seurannan tavoitteena on tuottaa ajanjaksolta analysoitavat tulosteet, jotka käydään yhdessä ToVa-organisaatioissa läpi. Tulosteiden pohjalta ryhdytään vaadittaviin toimenpiteisiin järjestelmien loppuunsaattamisen osalta. [4, s. 18.]

Seurannassa tärkeimpiä asioita on todeta [4, s. 18] että

- asetellut sisäolosuhteet toteutuvat
- koko LVI-järjestelmä toimii suunnitellusti
- yksittäiset laitteet toimivat oikein
- missään tilassa ei saa ilmetä samanaikaista lämmitystä ja jäähdytystä
- sähköjärjestelmät kuten valaistuksenohjaus, lämmitykset jne. toimivat tarpeen mukaan tai optimaalisesti
- energian kulutuksen on oltava oikeassa suhteessa järjestelmän ja laitteiden energian säästön toimintaedellytyksiin
- järjestelmissä tai laitteissa tapahtuvat virheet voidaan todeta ja paikallistaa, myös silloin kun rakennuksessa ei ole valvontaa tai miehitystä.

### 6.3 Viranomaistarkastukset

Viranomaistarkastukset on määritelty rakennusluvassa ja rakennusvalvonnan aloituskokouksessa. Rakennusvalvontaviranomaiset ilmoittavat niistä tarkastuksista, jotka he tulevat tekemään. Näiden tarkastusten pitämisen ajankohdan sopii vastaava työnjohtaja rakennusvalvontaviranomaisten kanssa. Viranomaisen voi ulkoistaa tarkastustehtäviä kolmannella osapuolella, jos tämä taho ja rakennuttaja antavat siihen suostumuksen. Urakoitsija laatii pöytäkirjat kaikista viranomaistarkastuksista, jonka itse viranomaisen allekirjoittaa hyväksytyksi. [4]

Viranomaistarkastuksia pidetään aina mahdollisimman pian, kun jokin tarkastusta vaativa aihekokonaisuus on saatu valmiiksi. Ne tulee olla suoritettuna ja tarkastuspöytäkirjat laadittuna ennen rakennuttajan vastaanottotarkastusta. Pääurakoitsija vastaa siitä, että kaikki rakennusluvassa ja rakennusvalvonnan aloituskokouksessa määritellyt viranomaistarkastukset on suoritettu ennen rakennuksen käyttöönottoa ja loppukatselmusta. Viranomaistarkastuksissa havaitut käyttöönoton esteenä olevat virheet ja puutteet tulee korjata vastaanottotarkastukseen mennessä. Viranomaistarkastuksia voivat olla

- KVV-loppukatselmus (kiinteistön vesi- ja viemärijärjestelmät)
- IV-loppukatselmus (kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmät)
- palotarkastus (palo-osastointi, palokuormat, automaattinen sammutuslaitteisto, pelastusajoneuvojen pelastustiet, hätäuloskäynnit, hätäuloskäyntivalaistus, poistumistieopasteet, paloilmaisimet, savunpoisto, alkusammutuskalusto)
- terveystarkastus (sisäilman laatu, melu)
- hissitarkastukset
- VSS-tarkastukset
- sähköjärjestelmien käyttöönottotarkastus mittauksineen
- sähkölain edellyttämien erityistilojen kuten lääkintätilojen ja räjähdysvaarallisten tilojen tarkastus (tarkastetaan ennen käyttöönottoa kolmannen osapuolen toimesta, sen suorittaa tarkastuslaitos tai valtuutettu tarkastaja)
- sähkölaitteiden varmennustestaukset (suoritetaan normaalihankkeissa 3 kk käyttöönoton jälkeen)

Pääurakoitsija vastaa sammutuslaitteiston, savunpoistolaitteiston/-järjestelmän sekä merkki- ja turvavalaistuksen erillistarkastusten suorittamisesta kolmannella osapuolella. [4]

#### 6.4 Käyttäjän laitteistoperehdytys

Tärkeänä toimenpiteenä luovutusvaiheen loppuvaiheessa on käyttäjän (useassa tapauksessa rakennuksen tai tilan vuokralainen, huolto- tai ylläpito-yhtiö,) laite- ja järjestelmäperehdytys. Rakennuttaja tai hänen edustajansa pitää rakennuksen ylläpitohenkilökunnalle mukaan lukien heidän esimiehellensä laaja-alaisen katselmuksen sekä koulutuksia rakennuksen järjestelmistä ja laitteista. Kriittisistä ja hälytysherkistä laitteista pidetään koulutuksia paikan päällä, jotta vältetään esimerkiksi ylimääräisiltä laitevaurioilta käytön aikana ja palohälytyksiltä palolaitteiston kuukausitestien aikana. Koulutustilanteissa käydystä laitteista rakennuttaja laatii askel askeleelta -ohjeistuksen myöhemmin luettavaksi ja opeteltavaksi. Rakennuttaja kutsuu tarvittaessa laitevalmistajan paikalle pitämään koulutusta. Näiden koulutustilaisuuksien jälkeen jatkokoulutusvastuu siirtyy ylläpitohenkilökunnan kärki- tai esimiehelle. Sopimuksilla voidaan aina vaikuttaa kunkin osapuolten vastuisiin ja niiden pituuksiin.

Vuokralaisten laitteistoperehdytykset toimitilarakentamisessa pidetään aina sopimuksen mukaan kohteesta riippuen. Liikekiinteistö- ja liiketilavuokralaiset ensisijaisesti perehdyttää kiinteistön omistaja tai ylläpitohenkilökunta, mutta mahdollisesti ensimmäisen perehdytyskerran pitää rakennuttaja sopimuksen mukaan tilan hallinnanluovutuksen yhteydessä. Liikekiinteistössä vuokralaisille opastetaan käyttämään mm. valaistuksen ohjauksia, ovipuhelinjärjestelmiä, IV-ohjauspainikkeita, tilakohtaisen lämmityksen säätöpaneeleita tai -painikkeita, jätekuilujärjestelmiä, pakastimien ja kylmiöiden ohjauksia sekä turvajärjestelmiä. Liiketiloiissa vuokralaiset tulee opastaa käyttämään muun muassa valaistuksen ohjauksia, huuvien tehostuksen lisäaikapainikkeita, rulla- ja erikoisovia sekä kaasu- ja sammutuslaitteistoa. Tarvittaessa perehdytetylle taholle laaditaan ohjeasiakirja laitteiden käyttöoppaista ja toiminnasta mahdollisten henkilöstömuutosten varalta. Liiketilavuokralaisten perehdytys toisen kerran kuuluu kiinteistön vastuulle. Paloturvallisuuden liittyvät perehdytykset ja opastukset tekee palolaitoksen palopäällikkö ensisijaisesti kiinteistölle ja sen ylläpidolle.

Rakennuksen loppukäyttäjät tai huoltohenkilöstön edustajat kuittaavat koulutusohjelman mukaisen käytönopastuksen suoritetuksi tilaisuuden jälkeen. Koulutukset pidetään usein monivaiheisesti, ja koulutuksen osia voi jäädä vastaanoton jälkeiselle ajalle. [7, s. 9.]

## 7 Haastattelut

Haastattelin kolmea alan ammattilaista, jotka työskentelevät eri yrityksissä eri rooleissa. Vallitsevasta koronatilanteesta johtuen haastattelut on suoritettu sähköpostin välityksellä. Tässä osiossa koostan lyhyesti haastattelukysymysten vastaukset yhteen. Haastattelukysymykset on eritelty liitteessä 2. Haastattelujen yhteenvedossa on muutamiin ongelmiin esitetty korjausehdotuksia.

### 7.1 Haastattelujen tarkoitus ja sisällön purku

Haastattelujen tarkoituksena oli tuoda insinööriyöhön alan ammattilaisten kommentteja ja näkökulmia luovutusvaiheen aihepiiristä. Tavoitteena on tuottaa luovutusvaiheen ongelmiin liittyvää ideologiaa, joiden pohjalta voidaan tulevaisuudessa tehdä johtopäätöksiä toteutusta varten.

Ensimmäisessä kysymyksessä käsiteltiin suunnittelijoiden läsnäoloa luovutusvaiheessa. Vastauksissa yhtenevä näkemys oli, että jo työmaan varhaisessa vaiheessa suunnittelijan työmaakäynteihin ja katselmuksiin tulisi panostaa enemmän. Aiemmassa vaiheessa havaitut puutteet toteutuksen suunnitelmien mukaisuudesta on helpompi korjata. Luovutusvaiheessa suunnittelijan läsnäoloa ei vastausten perusteella nykymalliin tarvitsisi lisätä luovutusvaiheessa. Suunnittelija on kuitenkin mukana tekemisessä ToVa-organisaation kautta, ja hänen on pystyttävä olemaan taustatukena koko prosessin ajan. [19; 20; 21.]

Toisessa kysymyksessä aiheena oli rakennuspuolen ja talotekniikan yhteensovitus. Kaikilla vastaajilla oli samanlainen näkemys yhteensovituksesta. Rakennuspuolen työt eivät tahdita tate-töitä, vaan ne sanelevat ne. Rakennuspuolen kiire korostuu siten tate-puolella moninkertaisena kiireenä. Alkuvaiheen viivästyksiin ei reagoida, eikä ajatella talotekniikan kannalta, mitä loppuvaiheessa tapahtuu. Tate-urakoitsijat joutuvat jatkuvasti

lisäämään resursseja, eikä tämä ole kustannustehokasta kenellekään. Kun työresursseja lisätään, materiaalikuormia joudutaan lisäämään ja silloin törmätään varastointiongelmien työmaalla. Materiaalien paljoudesta johtuen niitä joudutaan jatkuvasti siirtämään eri asentajien tieltä pois. Tehtaalla tehtävien elementtiseiniä läpivientejä puuttuu, tai ne eivät osu oikeaan korkoon. Näistä johtuen viivästyksiä syntyy, kun ei päästä aikataulussa työvaiheisiin. Jotkut rakennuspuolen urakoitsijat työskentelevät mentaliteetilla: ”oma urakka valmiiksi”, jolloin tate-puolella saattaa joutua jonkun työn tekemään useaan kertaan rakenteiden ummistusten tai muun johdosta. Samalla omat urakat venyvät, koska talotekniikka on vain pakko saada asennettua suunnitelmien, vaatimusten ja hyvän asennustavan mukaisesti. Jo arkkitehtisuunnittelupöydällä on virheitä taloteknisten kuilujen kokoluokissa. Nykyisillä asennusvaatimuksille riittävään kannakointiin ja eristykseen tulee varata riittävästi tilaa. Lisäksi kunnollisia huoltotasoja ei oteta huomioon ja tekniikan huoltomahdollisuudet jätetään arvailujen varaan. [19; 20; 21.]

Kolmas kysymys liittyy luovutusvaiheen dokumentoinnin tärkeyteen. Vastauksissa painotettiin rakennuksen huoltokirjan kasaamisen tärkeyttä varhaisessa vaiheessa ja yhte-neväisesti joka urakoitsijan osalta. Laitteiden ja järjestelmien käyttöönottopöytäkirjat koettiin erittäin tärkeiksi. Niihin tulee tuoda mahdollisimman paljon tietoa laitteen asetuksista ja toiminta-arvoista. Näiden avulla voidaan laite rikkoutuessa vaihtaa, ja uusi laite käyttöönottaa samoilla parametreilla. Mikäli dokumentaatiota ei kohteesta löydy, saattaa tilanne johtaa uusiin käyttöönototestauksiin. Myös eri ympäristösertifikaatteja pystytään hakemaan pelkällä dokumentaatiolla rakennuksen käytön aikana. Luovutusvaiheen dokumentoinnilla ei nähty olevan mitään huonoja vaikutuksia. [19; 20; 21.]

Neljäs kysymys käsittelee laitevalmistajien osallistamista käyttöönottoihin. Kannanotto oli selkeä, tämän asian tulisi olla vaatimuksena jo urakkalaskentavaiheessa. Vastauksissa painotettiin, että ei ole olemassa henkilöä, joka osaisi käyttöönottaa kaikkien laitevalmistajien laitteet oikein kohteesta riippumatta. Laitevalmistajat osaavat hallita omia laitteitaan kaikista parhaiten ja ymmärtävät täysin, miten laitteet toimivat. Urakoitsijan suorittamassa käyttöönotossa voi jäädä monia toimintoja huomioimatta laitteen omalta käyttöliittymältä. Laitteita hankkiessa sopimukseen tulisi sisällyttää sen käyttöönotto. Tämä kasvattaa kustannuksia laitteille, mutta on halvempi ratkaisu kuin myöhemmin ti-

lattu käyttöönotto. Mikäli laitteet liittyvät rakennuksen RAU-järjestelmään, RAU-urakoitsijan on oltava paikalla samanaikaisesti käyttöönotossa, jotta kaikki suunnitellut toiminnot laitteelta tulee testatuksi. [19; 20; 21.]

Viidennessä kysymyksessä käsiteltiin järjestelmien käyttöönottoa osissa tai kokonaisuudessaan. Käyttöönotoissa vastauksissa oltiin enemmän järjestelmien osissa käyttöönoton kannalta. Osissa käyttöönotoissa rakennustyöt tulisi myös aikatauluttaa näiden mukaan. Esimerkiksi pölyttömyysiivoukset tietyn IV-koneen palvelualueelle, jolloin voidaan aloittaa mittaus- ja säätötyöt kyseisen koneen osalta. Jos rakennuslohkoja halutaan ottaa käyttöön kerralla, tulee tämän lohkon talotekniset työt tahdittaa oikein, ettei lohkon käyttöönotoissa ole puuttuvia asennuksia. Tämä on haastavaa, mutta huolellisella suunnittelulla toteutettavissa. Joka tapauksessa loppuvaiheessa järjestelmä pitää testata kokonaisuudessaan, ja tälle tulisi varata riittävästi aikaa. Useasti tämä aika käytetään vielä rakentamiseen. [19; 20; 21.]

Kuudes kysymys rakennusten ympäristösertifikaattien asettamiin haasteisiin. Haastateltavat kertovat, että näitä asioita käsitellään hankkeen varhaisessa vaiheessa ja aikataulu suunnitellaan riittäväksi, mutta toteutuksen aikana aikataulu luovutusvaiheelta syödään osittain pois. Aikataulusuunnittelussa tulisi enemmän huomioida sertifikaattien vaatimukset, kuten rakennuksen sisäilman puhtausluokat. Korkeampaan puhtausluokkaan tulee varata enemmän aikaa käyttöönotoille kuin alhaisempaan, kun toimenpiteitä tehdään enemmän. Lisääntyvän tekniikan ja vaatimusten takia rakentaminen on muuttunut pienempiin tekniikan erikoisaloihin. Näitä ovat mm. palokatkot, palo- ja äänieristykset, kanakointi ja paloalueiden rajat. Näiden yhteensovittamista tasokuvien kanssa pitäisi parantaa. [19; 20; 21.]

Seitsemännessä kysymyksessä sai vapaasti kertoa Suomen suunnittelun tasosta. Vastajat olivat yksimielisiä siitä, että nykyrakentamisessa raha ohjaa liikaa suunnittelua, yhtä lailla kuin toteutustakin. Halvimmalla tarjouksella voittaa tarjouskilpailun. Taloteknistä suunnittelua häiritsee myös jatkuva kiire. Suunnitelmien loppuun saattaminen jää kesken, kun alkavat jo uudet projektit. Kohteiden suunnitteluvastaavien toiminta on ollut myös moitittavaa. Palavereissa sovittuja asioita on pimitetty suunnitelmia tekeville ryhmäisiltä ja tehtyjä suunnitelmia ei tarpeeksi tarkkaan tarkasteta ennen toteutukseen



lähtöä. Lisäksi suunnitelmia piirtävät usein harjoittelijat sekä kokemattomat, jolloin perusasian tuntemus on hukassa. Tämän takia on ehdottoman tärkeää vastaavan suunnittelijan tarkastaa tuotokset. Suunnittelualojen yhteensovituksen tuntuva jäävän vain tekniikan sijoittelun tasolle tasokuvassa ja 3D-mallissa. Detaljitason yhteensovitus on vaja-vaista. Jollekin laitteelle suunnitellut toiminnot ilmenevät vain toisen suunnitelmista, ja toisella on taas eri tiedot laitteen toiminnasta. [19; 20; 21.]

## 7.2 Haastattelujen yhteenveto

Taloteknisten järjestelmien suunnittelussa suunnittelijoiden tulisi enemmän ja varhaisemmassa vaiheessa olla mukana itse toteutuksessa, vaikka katselmuksien ja työmaakierrosten kautta. Esimerkkinä KVR-urakassa pääurakoitsijan tulisi panostaa yhtä lailla suunnittelun ohjaukseen kuin asennusten toteutuksen valvomiseen talotekniikan suhteen. Suunnittelun ohjausta tulisi valvoa tenttaamalla suunnitteluvastaavaa yhteensovitusvaatimuksilla muiden suunnittelualojen kanssa. Suunnittelijat on syytä ottaa mukaan huoltokirjan laatimiseen, sillä he ovat alusta alkaen mukana laitteiden hyväksynnöissä.

Rakennus- ja talotekniikkapuolen yhteensovitusta koko hankkeen ajalta pitäisi kasvat-  
taa. Nykyrakentamisessa tarvitaan yhä enemmän taloteknistä osaamista jo hankekehitys-  
vaiheessa. Työmaan aikataulujen pitäisi olla toteutettavissa tate-urakoitsijoille, ja ra-  
kennuspuolen viivästykset pitäisi kirjata kiinni rakennuspuolen itse. Talotekniset rakenne-  
vaatimukset tulee ottaa entistä tehokkaammin huomioon, kuten kannakoinnit, eristykset  
ja huoltomahdollisuudet. Rakennusten sertifiointista johtuvat vaatimukset on huomioi-  
tava jo hankekehitys- ja suunnitteluvaiheessa. Tärkeintä on tiedostaa se, että vaativam-  
malla kokonaisuudella on vaativampi käyttöönotto.

Järjestelmien käyttöönotto osissa on tehokkaampaa ajallisesti. Kokonaisuudessaan  
käyttöönotto aiheuttaa luovutusvaiheessa turhan paljon kiirettä ja paniikkia urakoitsi-  
joissa. Laitteiden käyttöönottoissa on ehdottoman tärkeää käyttää laitevalmistajia, joilla  
on tarpeellinen tietotaito laitteiden sisäisestä tekniikasta ja toiminnasta. Kaikkien raken-  
nusautomaatiolla ohjattavien laitteiden käyttöönottoissa tulee olla myös RAU-urakoitsija  
mukana.

## 8 TATE-tiimin toimintaperiaatteet takuuajana

Rakennushankkeen valmistuttua jatkotöiden vetovastuun ottaa pääurakoitsijan takuutiimi yhdessä vastaavan työnjohtajan kanssa. Kohteen laajuudesta riippuen tämä taho arvioi osaltaan, onko TATE-tiimin osallistuminen takuutöihin tarpeellista. Mikäli kohteessa on takuuajan alkaessa vielä taloteknisiä urakan aikaisia töitä tekemättä, tulee TATE-valvojan osallistua kohteen valmiiksi saattamiseen.

Takuuajana urakoitsijoilla on velvollisuus korjata urakan aikaisia virheitä ja puutteita. Näitä ovat mm. urakkasuorituksen aikaiset asennusvirheet ja laitteiden rikkoutumiset tai vioittumiset. Järjestelmien parametrien muutokset eivät ole takuun alaisia töitä, mikäli näin ei ole sopimuksessa sovittu. Käytön takia rikkoutuneet laitteet ja komponentit eivät myöskään kuulu takuun piiriin. Mikäli kiinteistön ylläpito on laiminlyönyt huoltosopimusta ja jokin laite on rikkoutunut sen vuoksi, kustannukset eivät kuulu enää pääurakoitsijan vastuusiin.

TATE-tiimin rooli rakennushankkeen kahden vuoden takuuajana on koordinoita talotekniset urakoitsijat suorittamaan sopimuksen mukaisia toimenpiteitä niille sovittuina määräaikoina. Urakoitsijoille tulee samalla toimittaa myös tilaajan tai vuokralaisen laatimat vipu-listat. Mikäli kohteessa havaitaan takuuajana suunnittelusta johtuvia virheitä ja puutteita, KVR-urakkamuodossa korjausvastuu on pääurakoitsijalla. Näiden töiden koordinointi suunnittelijan ja lopullisen työn suorittajan kanssa kuuluu TATE-valvojan tehtäviin takuuajana. Lisäksi ympäristösertifioiduissa rakennuksissa TATE-valvojan tehtäviin kuuluu suorittaa kohteessa sertifikaatin vaatimat vuositarkastukset. Vaihtoehtoisesti nämä tarkastukset voi myös teettää ulkopuolisella konsultilla, kuitenkin sertifikaatin velvoittamalla tavalla.

Kaikkia urakoitsijoita tulee velvoittaa toimittamaan raportti kohteessa tehdyistä takuutoimenpiteistä. Raportin pohjalta TATE-valvojan täytyy vähintään pistokoeluentoisesti tarkastaa kohtia, joihin toimenpiteitä on suoritettu. Kun raportin mukaiset toimenpiteet on tarkastettu tehdyksi, TATE-valvoja luovuttaa asiakirjat tilaajalle, joka omalta osalta tarkastaa dokumentaation. 10-vuotisvastuun alaiset työt 2-vuotisen takuuajan jälkeen täyttyy yksilöllisesti arvioida yhdessä vastaavan työnjohtajan sekä takuutiimin kanssa.

Tärkeimpänä asiana TATE-tiimin sisällä on viedä kohteissa havaitut suurimmat virheet ja puutteet muiden tiimijäsenten tietoisuuteen. Näin vältetään samojen virheiden toistuminen tulevissa kohteissa ja osataan ennaltaehkäistä niitä tehokkaammin.

## 9 Yhteenveto

Rakennushankkeen luovutusvaihe on taloteknisesti monimutkainen prosessi. Tämän loppuun saattaminen kunnollisesti vaatii huolellista aikataulusuunnittelua sekä kaikkien urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden osallistumista. ToVa-organisaation luominen ajoissa kuuluu pääurakoitsijan tai hänen edustajansa tärkeimpiin tehtäviin luovutusvaiheeseen mentäessä. Tämän organisaation täytyy päivittää aikataulua jatkuvasti ja yhteensovittaa omia tekemisiään. Urakoitsijoiden, suunnittelijoiden ja TATE-valvojen vastuita on painotettu tarkastuksissa ja käyttöönotoissa. Viranomaistarkastukset ovat luovutusvaiheen tärkeimpiä toimenpiteitä rakennuksen lopullista hyväksyntää silmällä pitäen.

Insinööriyössä onnistuttiin tuomaan esille yksityiskohtaisia toimenpiteitä taloteknisten järjestelmien loppuun saattamiseksi laitetasolla. Esimerkiksi laitevalmistajien osallistamiseen oli monia eri syitä. Haastattelut avasivat lisää ongelmakohtien laajuutta suomalaisessa rakennusteollisuudessa.

Tässä insinööriyössä on viitattu SFS-standardeihin, RYL 2002:een, Suomen rakentamismääräyskokoelmaan sekä RT-kortiston ohjeisiin järjestelmien loppuun saattamisesta. Niiden pohjalta on laadittu toimenpiteitä, joita ToVa-valvojat joutuvat suorittamaan luovutusvaiheen aikana. Luovutusvaiheen ongelmakohtiin on tuotu korjausehdotuksia mm. käyttöönotto sekä haastattelut- osiossa.

Dokumentaation tärkeys rakennushankkeilla on kasvavassa osassa. Tekniikan lisääntyessä dokumentaatiota täytyy myös lisätä järjestelmille ja laitteille aseteltujen parametrien osalta. Työssä on tuotu esille rakennuksen huoltokirjan sisältö, ja aika milloin sen kerääminen pitäisi aloittaa.

## Lähteet

- 1 Kolhonen, Riku & Koskenvesa, Anssi. 2015. Talotekniikan aikataulutus. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040504.pdf>>. Luettu 1.2.2021.
- 2 Salmi, Miikka. 2016. Työmaan aikainen dokumentointi ja arkistointi saneerauskohteissa. Opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Vuori, Matti. 2010. 125 pointtia dokumentoinnista. Verkkoaineisto. <[https://www.mattivuori.net/julkaisuluettelo/liitteet/satavartti\\_pointtia\\_dokumentoinnista.pdf](https://www.mattivuori.net/julkaisuluettelo/liitteet/satavartti_pointtia_dokumentoinnista.pdf)>. Luettu 3.2.2021.
- 4 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, Tehtävät ja dokumentointi. 2018. RT 10-11302. Rakennustieto Oy.
- 5 Pirinen, Auli & Kukkonen, Esko. 2015. Rakennuksen huoltokirjan laadinta ja hyödyntäminen. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020601.pdf>>. Luettu 4.2.2021.
- 6 Ovaskainen, Jukka. 2013. Insinööriyö. Huoltokirjan laadintaprosessin kehittämisen LVI-suunnittelussa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 7 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, Prosessikuvaus. 2018. RT 10-11301. Rakennustieto Oy.
- 8 Ani, Greete. 2019. Toiminnanvarmistus keskeisenä osana taloteknistä valvontaa ja laadunvarmistusprosessia. Diplomityö. Aalto Yliopisto. Aalto-doc tietokanta.
- 9 ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. 2007. Verkkoaineisto. VTT. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>>. Luettu 14.2.2021
- 10 Talotekniikka RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002, Osa 1. Helsinki: Rakennustieto Oy. RTS. LVI-Keskusliitto ry. Sähkötietao ry.
- 11 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 2017. 1047/2017.
- 12 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma, Osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.

- 13 UltraLink ilmavirtasäädin. 2020. Verkkoaineisto. Lindab Oy. <<https://itsolution.lindab.com/LindabWebProductsDoc/PDF/Documentation/ADS/fin/Technical/FTCU.pdf>> . Luettu 1.3.2021.
- 14 Rasvanpoisto-otsonaattori. OZO-R800. Verkkoaineisto. Zaila Oy. <<http://zaila.fi/r800.pdf>> . Luettu 1.3.2021.
- 15 OZ 2.0 otsonaattorin asennus- ja huolto-ohje. 2016. Verkkoaineisto. ETS NORD Oy. <[https://www.etsnord.fi/wp-content/uploads/2016/10/RDM-01\\_Otsonaattori\\_asennus\\_k%C3%A4ytt%C3%B6\\_fi.pdf](https://www.etsnord.fi/wp-content/uploads/2016/10/RDM-01_Otsonaattori_asennus_k%C3%A4ytt%C3%B6_fi.pdf)>. Luettu 1.3.2021.
- 16 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2018. Ohjetiedosto. Talotekniikkainfo.
- 17 SFS-EN 12097. Rakennusten ilmanvaihto. 2007. Kanaviston puhdistettavuuden edellyttämät vaatimukset kanavaosille. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 18 Pirhonen, Tero. 2011. Kiinteistöautomaation peruselementit ja -toiminnot sekä kiinteistöautomaatioprojektin toteutus. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 19 Lindholm, Tony. 2021. Asennuspäällikkö. ARE Oy. Sähköpostihaastattelu. 3.3.2021.
- 20 Uotila, Jari-Pekka. 2021. Projektipäällikkö, talotekniikka. SOK Kiinteistöissä. Sähköpostihaastattelu. 10.3.2021.
- 21 Leppänen, Pasi. 2021. LVIA-asiantuntija. Insinööritoimisto Leppänen Oy. Sähköpostihaastattelu. 10.3.2021.

## Koekäyttöjen seurannassa seurattavat pisteet järjestelmätyypeittäin (Lähde: RT-kortisto, RT 10-11302)

### Tulo/poistoilmakone

- Ulkoilman lämpötila (°C)
- Tuloilman lämpötila jälkeen lto-laiteosan (°C)
- Sisäänpuhalluslämpötila (°C)
- Huonelämpötilat (°C)
- Hiilidioksidipitoisuus CO<sub>2</sub>
- Poistoilman lämpötila (°C)
- Poistoilman lämpötila kostuttimen jälkeen (0C)
- Kierrätys-/ ulko-/ jäteilmapellin asento (%)
- Tulo-/ poistoilmapuhaltimen käyntitila/-nopeus (1/1, 2/3, %)
- Lämmityspatterin moottoriventtiin asento (%)
- Jäähdytyspatterin moottoriventtiin asento (%)
- LTO-roottorin pyörimisnopeus (%) / hyötysuhde
- Ko. vaikutusalueen muiden poistoilmapuhaltimien käyntitilat
- Ko. koneen vaikutusalueella olevien ilmamääräsäätimien tila tai asento (%).

### Tuloilmakoneilmakone

- Ulkoilman lämpötila (°C)
- Sisäänpuhalluslämpötila (°C)
- Huonelämpötilat (°C)
- Tuloilman lämpötila sekoituksen jälkeen (°C)
- Tuloilman lämpötila lto-patterin jälkeen (°C)
- Poistoilman lämpötila (°C)
- Kierrätys-/ ulko-/ jäteilmapellin asento (%)
- Tulo-/ poistoilmapuhaltimen käyntitila/-nopeus (1/1, 2/3, %)
- Lämmityspatterin moottoriventtiin asento (%)
- Lto-patterin moottoriventtiin asento (%)
- Lto-verkoston paluuveden lämpötila (%)
- Ko. vaikutusalueen muiden poistoilmapuhaltimien käyntitilat
- Ko. koneen vaikutusalueella olevien ilmamääräsäätimien tila tai asento (%).

### Lämmönjakokeskus

- Ulkolämpötila
- Patteriverkoston säätöventtiin asento (%)
- Ilmanvaihtoverkoston säätöventtiin asento (%)
- Patteriverkoston menoveden lämpötila (°C)
- Ilmanvaihtoverkoston menoveden lämpötila (°C)
- Kaukolämpöveden tulolämpötila (°C)
- Kaukolämpöveden paluulämpötila (0°C).

### Maalämpöverkosto (lämpöpumppu)

- Maahan menevän nesteen lämpötila (°C)
- Maasta palaavan nesteen lämpötila (°C)
- Maanesteen kiertonestepumpun käyntitila/-nopeus (taajuus %)
- Lämpöpumpulta lähtevän nesteen lämpötila (°C)
- Lämpöpumpulle palaavan nesteen lämpötila (°C)
- Lämmitys- / lämpöpumppuverkoston 3-tieventtiin tilatieto (%)
- Lämpöpumpun (pumppujen) sähkön ottoteho (W) tai kulutus (kWh)
- Lämpöpumpun (pumppujen) käyntituntilaskenta (h).

**Maakylmäverkosto**

- Maahan menevän nesteen lämpötila (°C)
- Maasta palaavan nesteen lämpötila (°C)
- Maanesteen kiertonestepumpun käyntitila/-nopeus (taajuus %).

**Jäähdytysvesiverkosto**

- Ulkolämpötila
- Menoveden lämpötila (°C)
- Paluuveden lämpötila (°C)
- Pumpun käyntitila/-nopeus (taajuus %)
- Kompressoreiden käyntitila (käy/seis).

**Lämmöntalteenotto/lauhdutusverkosto**

- Menoveden lämpötila (°C)
- Paluuveden lämpötila (°C)
- Pumpun käyntitila (käy/seis).

**Valaistus**

- Valojen ohjaustila ryhmittäin (päällä, pois)
- Jos valaistusvoimakkuuden mukaisia ohjauksia, niin valovoimakkuuden mittaustieto.

**Sähkölämmitykset**

- Ulkolämpötila
- Lämmitysten ohjaustila ryhmittäin (päällä, pois).

**Em. järjestelmien asetusarvot**

- Järjestelmäkohtaisen säätöprosessin asetusarvot.

## Haastattelukysymykset – Luovutusvaihe

1. Onko nykyrakentamisessa suunnittelijat tarpeeksi mukana luovutusvaiheessa? Mitä parannettavaa? (aikataulutus, taustatuki, työmaakerrokset, katselmukset, yhteensovitukset)
2. Onko rakennuspuolen ja talotekniikan yhteensovitus kohtuullisella tasolla omista projekteissasi? Jotain ongelmia? (viivästykset, aikataulujen kurominen, ennenaikaiset ummistukset, rakenneaineiset kuilut)
3. Luovutusvaiheessa asioiden dokumentoinnin tärkeys. Miksi on tärkeää? Onko haittoja? (pöytäkirjat, laitteiden parametrien asettelu)
4. Pitäisikö laitevalmistajia osallistaa enemmän heidän omien laitteiden käyttöönottoihin? Mitä hyötyjä tästä olisi? Tai haittoja? (otsonaattorit, IMS:it, VIK:it, pienet pakettikoneet)
5. Järjestelmien käyttöönotto osissa vai kokonaisuudessaan? Molempien kokonaisuuksien haittoja ja hyötyjä. Voisiko suunnittelun perustana olla mahdollisuus osissa käyttöönottoon? Vai tahdittaako rakennustyöt aikataulun kulkua liikaa?
6. Rakennusten sertifiointit aiheuttaa lisääntyvää monimutkaista tekniikkaa, joka tietää enemmän välivaiheita käyttöönotoissa. Otetaanko näitä asioita tarpeeksi esille alkuperäisessä- että luovutusvaiheen aikataulusuunnittelussa ja henkilöresursoinnissa? (työnjohdon vajeus, asentajien vajeus, jatkuva kiire)
7. Vapaa sana: suunnittelun taso Suomessa