



Ulla Pylkkönen

# LVI-järjestelmien toimintakokeet ja jälkiseuranta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

10.4.2023

## Tiivistelmä

Tekijä: Ulla Pylkkönen  
Otsikko: LVI-järjestelmien toimintakokeet ja jälkiseuranta  
Sivumäärä: 26 sivua  
Aika: 10.4.2023

Tutkinto: rakennusmestari, LVI (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: rakennusalan työnjohto  
Ammatillinen pääaine: LVI-tekniikka  
Ohjaajat: tekninen päällikkö Urpo Lampinen  
lehtori Jyrki Viranko

---

Opinnäytetyön tilasi ARE Oy:n PMO-yksikkö. Työn tavoitteena on esittää AREn Sensus® -järjestelmään liittyvien toiminnantarkastusten, toimintakokeiden, säätö- ja mitaustöiden sekä jälkiseurannan eri työvaiheet.

Aluksi työssä käsitellään LVI-järjestelmien perusteita ja toimintakokeiden suorittamista lyhyesti. LVI-järjestelmät on rajattu vain ARE Sensuksessa käytettäviin järjestelmiin. Työssä kerrotaan ARE Sensus -järjestelmän toiminnasta. Sen jälkeen työssä käsitellään ARE Sensus -järjestelmään liittyvien toiminnantarkastusten ja toimintakokeiden etenemistä sekä niihin liittyviä työvaiheita kuten säätö- ja mittaus. Lopuksi kerrotaan jälkiseurannasta sekä siinä huomioitavia asioita.

Opinnäytetyössä käytettiin pohjatietona ARE Sensus -järjestelmästä olemassa olevaa materiaalia sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Lisäksi tietoa on kerätty osallistumalla toimintakokeisiin, toiminnantarkastuksiin ja jälkiseurantaan sekä keskustelemalla ARE Sensus -asiantuntijoiden kanssa.

Työn lopputuloksena saadaan toiminnantarkastuksiin ja toimintakokeisiin selkeät ohjeet ARE Sensus -järjestelmästä. Opinnäytetyön on tarkoitus selkeyttää perehdyttämistä toimintakokeiden tekemiseen. Lisäksi on haluttu saada kaikki tarvittava tieto ARE Sensus -järjestelmän käyttöönotosta koottua yhteen.

Avainsanat: talotekniikka, toimintakokeet, toiminnantarkastukset

## Abstract

Author: Ulla Pyökkönen  
Title: Performance tests and post-monitoring of the HVAC system  
Number of Pages: 26 pages  
Date: 10 April 2023

Degree: bachelor of Construction Management  
Degree Programme: construction Site Management  
Professional Major: HVAC Engineering  
Supervisors: Urpo Lampinen, technical manager  
Jyrki Viranko, senior lecturer

---

The aim of this Bachelor's thesis was to depict the deployment of building services system and create instructions for the implementation of the deployment for ARE Sensus®. The ultimate target was to clarify the introductions to ARE Sensus deployment and gather all necessary information in on place.

First, a short review of the fundamentals of HVAC systems was collected, then operational audits and tests including specifications on measurement and control assignments related to system deployment, were looked into. In addition, the monitoring of HVAC systems was briefly discussed.

Information for this thesis was gathered from industry-specific literature and from available information on the ARE Sensus system. Furthermore interviews were conducted with experts on ARE Sensus. In addition, information was collected by monitoring the phases of ARE Sensus implementation and deployment.

The thesis resulten in systematic instructions to performing operational inspections and tests as well as adjustment and measurement assignments for ARE Sensus deployment.

Keywords: HVAC system, operational test

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	LVI-Järjestelmät	2
2.1	Lämmitys	2
2.1.1	Lämmitysjärjestelmät	2
2.1.2	Säteilylämmitys	2
2.2	Jäähdytys	3
2.3	Ilmanvaihto	4
2.4	Lämmöntalteenotto	5
3	Toimintakokeet	6
3.1	Urakoitsijan toimintatarkastukset	6
3.2	Toimintakokeet	7
3.3	Säätö ja mittaus	8
4	ARE Sensus	9
4.1	IV-kone ja matalaenergiakeskus	10
4.2	Lämmitys- ja jäähdytys-säteilypaneelit	13
4.3	ARE Sensus -järjestelmänohjaus	15
5	ARE Sensus-järjestelmänkäyttöönnotto	16
5.1	Käyttöönnottoa edeltävät työvaiheet	16
5.2	Toimintatarkastus	16
5.3	Toimintakokeet	16
5.4	Säteilypaneelien toiminnantarkastus	19
5.5	Säätö ja mittaus	20
5.6	Toimintakokeiden dokumentointi	22
6	Jälkiseuranta	23
7	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

## **Lyhenteet**

LTO: lämmöntalteenotto

LVI: lämmitys, vesi, ilma

MEK: matalaenergiakeskus

TATE: talotekniikka

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on LVI-järjestelmien toiminnantarkastamiseen, toimintakokeisiin, säätöön sekä jälkiseurantaan liittyvät työvaiheet ja menetelmät. Työn tilaajana toimii ARE Oy. ARE Oy on suomalainen talotekniikka-alan yritys, joka tarjoaa palveluita koko kiinteistön elinkaarelle uudiskohteiden talotekniikkaurakoinnista ylläpitoon ja huoltoon sekä edelleen modernisointiin ja korjausrakentamiseen.

Tässä työssä käsitellään ensin LVI-järjestelmiä. Työssä esitettävät järjestelmät on rajattu vain ARE Sensuksessa käytettäviin järjestelmiin. LVI-järjestelmien lisäksi työssä käsitellään toimintakokeisiin ja säätö- ja mittaustöihin liittyviä työvaiheita sekä niiden yleistä ohjeistusta. Lopuksi työssä perehdytään ARE Sensus-järjestelmän toimintaan, toiminnantestaukseen, toimintakokeisiin sekä jälkiseurantaan.

ARE Sensus on Suomessa kehitetty LVI-järjestelmä, jonka toiminta perustuu ilmaisenergioiden hyödyntämiseen. ARE Sensuksessa yhdistyvät rakennusten tarvitsemat lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmät. ARE Sensus on toteutettu 53:ssa eri kohteessa. Parhaiten se soveltuu toimistoihin, kouluihin sekä hotelleihin.

Työssä on käytetty aiheesta tehtyä kirjallisuutta sekä ARE Oy:lta saatuja materiaaleja ARE Sensus-järjestelmän toiminnasta. Lisäksi tietoa on hankittu osallistumalla toiminnantestauksiin sekä toimintakokeisiin keskeneräisessä kohteessa.

Työn lopputuloksena tulisi saada ARE Oy:n käyttöön yhtenäiset, selkeät ohjeet toiminnantarkastusten sekä toimintakokeiden suorittamisesta ARE Sensus-järjestelmälle.

## 2 LVI-järjestelmät

### 2.1 Lämmitys

#### 2.1.1 Lämmitysjärjestelmät

Lämmityksen tarkoitus on ylläpitää rakennuksissa viihtyisät ja terveelliset lämpöolot, sillä sen merkitys terveyden ja työntuottavuuden kannalta on suuri. Lämmitysjärjestelmät mitoitetaan lämmitystarpeen perusteella, johon vaikuttaa rakennus- sekä ilmanvaihtotekniikka, sää ja tavoitellut lämpöolot. Lämmitysjärjestelmän osia ovat lämmöntuotanto, lämmönjakelu ja lämmönluovutus. Rakennuksissa on yleensä lämmönjakokeskus, jossa lämmöntuotanto tapahtuu. Lämmönjakelulla tarkoitetaan lämmöntuotannossa tuotetun lämmön siirtoa lämmönluovuttimille. Lämmönluovuttimia ovat esimerkiksi lämmityspatterit, jotka siirtävät lämpöä ympäristöön. Lämpöä voidaan siirtää ympäristöön kolmella eri tavalla: johtumalla nesteen tai kaasun mukana, ympäröiviin pintoihin säteilemällä tai konvektiona nesteen virratessa lämmönluovuttimille, jotka luovuttavat lämpöä ilmaan.

Vesikeskuslämmitys on Suomen yleisin lämmöntuotto tapa. Vesikeskuslämmityksessä lämpöä tuotetaan joko kaukolämpövoimalassa taikka lämmönjako- tai kattilahuoneessa, josta lämpö jaetaan vesikiertoisilla putkilla lämmönluovuttimille. (1, s.1–9.)

#### 2.1.2 Säteilylämmitys

Säteilylämmitys tapahtuu katossa olevien lämmityspaneelien avulla. Säteilylämmön siirto kattopaneeleissa on kokonaislämmönsiirrosta noin 65–70 %. Säteilylämmitys sopii hyvin rakennuksiin, joiden tiloista halutaan muutosjoustavat. Säteilylämmityspaneelit katossa mahdollistavat esimerkiksi väliseinien siirron paremmin kuin yleisesti käytettävät seinillä olevat lämmityspatterit. Toinen etu säteilylämmityksessä on, että lämmönsiirtopinta on suurempi kuin pattereissa,

jolloin säteilylämmityksessä voidaan hyödyntää matalalämpöä, koska säteilypaneelin pintalämpötilan ei tarvitse olla korkea. (1, s. 182–183.)

Säteilypaneeli luovuttaa lämpöä säteilemällä paneelille johdetun veden lämmön huonetilaan. Säteilylämmitys muuttuu lämmöksi osuessaan johonkin pintaan tai ihmiseen. Toisin kuin muut lämmitystavat säteilylämmitys ei lämmitä ilmaa. Säteilylämmitystä voi verrata auringon lämmittävään vaikutukseen, minkä vuoksi ihminen ei koe vedontunnetta säteilylämmityksellä toteutetuissa tiloissa. (2.)

## 2.2 Jäähdytys

Jäähdytystä käytetään parantamaan sisäolosuhteita. Toimistot ja liikerakennukset tarvitsevat jäähdytystä lähes koko vuoden, sillä tietokoneet, valaistus, muut sähköiset laitteet ja auringon säteily nostavat huonelämpötilaa, joka vaikuttaa rakennusten viihtyvyyteen. Jäähdytykseen voidaan käyttää koneellista jäähdytystä, kaukojäähdytystä tai vapaajäähdytystä. (3.)

Suurissa rakennuksissa käytetään yleisimmin liuoslauhdutteisia vedenjäähdytyskoneita, jotka palvelevat rakennuksen kaikkia eri jäähdytysverkostoja. Vedenjäähdytyskoneeseen kuuluu rakennuksen ulkopuolella oleva nestejäähdytin, josta saadaan talviaikaan vapaajäähdytyslaitteella kylmää vettä jäähdytysjärjestelmiä varten. (4, s. 315–316.)

Kaukojäähdytyksen tuotanto ja jakeluperiaate on sama kuin kaukolämmöllä (4, s. 319). Kaukojäähdytyksen tuottamiseen voidaan käyttää jäähdytyskompressoireita, hukkalämpöä sekä luonnosta saatavaa vapaajäähdytysenergiaa. Kaukojäähdytysverkostossa kiertävä vesi pumpataan tuotantolaitokselta rakennusten kaukojäähdytyksen jakokeskukselle, josta jäähdytysteho jaetaan lämmönsiirtimien avulla rakennuksen jäähdytysverkostoon. (5.)

Vapaajäähdytys tarkoittaa ilmaisenergioiden, kuten luonnon omien energiavarojen hyödyntämistä jäähdytyksessä. Sitä voidaan käyttää ilma- sekä vesikiertoisissa järjestelmissä. Ilmakiertoisissa järjestelmissä käytetään ulkoilman viileyttä

asentamalla IV-koneeseen ulkoilmanlämmönsiirrin. Vapaajäähdytys ulkoilmalla tarvitsee toimiakseen alle 16 °C:n lämpötilan. (6.)

### 2.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on toteutettava siten, että se palvelee rakennuksen käyttötarkoitusta ja rakennuksessa on terveellinen, viihtyisä sekä turvallinen sisäilma oleskeluvyöhykkeellä. Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda rakennukselle riittävästi ulkoilmavirtaa sekä poistaa rakennuksesta liikaista sisäilmaa. (7, s. 37.)

Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät ovat ilmanvaihtojärjestelmiä, joita ohjataan koneellisesti automatiikalla. Ilmanvaihtojärjestelmässä voi olla yhdistettyjä tulo- ja poisilmakoneita tai erillisiä tulo- tai poistoilmakoneita. Tuloilma ja poistoilma täytyy mitoittaa yhtä suuriksi.

Tuloilmakoneen tehtävä on tehdä tuloilmasta halutunlaista automatiikan avulla. Automatiikka ohjaa tuloilmakonetta mittaamalla ilmanvaihtojärjestelmän vaatiman kammiopaineen, säätämällä puhaltimen kierrosnopeutta ja säätämällä lämpötilaa, jotta oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan tavoitellut olosuhteet. Tuloilmakoneita voidaan muokata kohteen vaatimustason mukaan halutunlaisiksi. Tavallisesti tuloilmakoneessa on ainakin

- ulkoilmasäleikkö
- ulkoilmapelti
- suodatin
- lämmityspatteri
- puhallin
- äänenvaimennin
- tuloilmapelti
- lämmöntalteenotto.

Kohteen mukaan tuloilmakoneessa voi myös olla levylämmönsiirrin, pyörivä lämmöntalteenottokiekko, vesikiertoinen LTO, jäähdytyspatteri, lämpöpumput

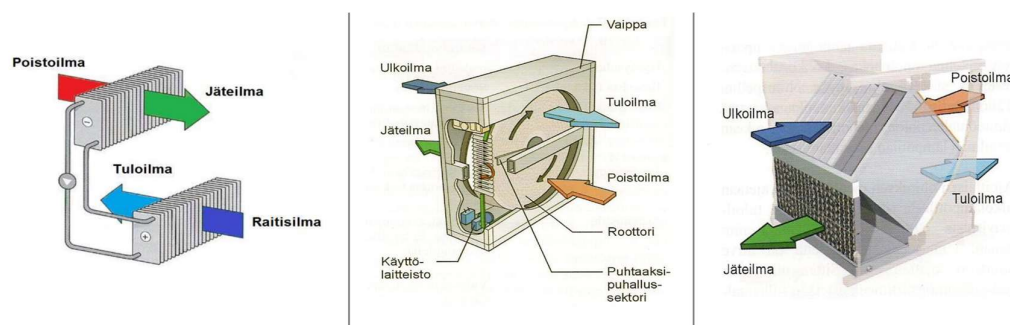
tai sekä näiden järjestelmien vaatimat putkistot ja pumput. Tuloilmakoneen tulee olla tiivis, siten ettei koneessa ole vuotoja. (7, s. 89–90.)

Poistoilmakoneen tarkoitus on poistaa likaista ilmaa rakennuksesta. Poistoilmakoneessa on yleensä poistoilmapuhallin, suodatin, lämmöntalteenottolaite ja ulospuhalluslaitteet. (7, s. 129.) Ilmanjako täytyy suunnitella siten, että ilman epäpuhtaudet kulkeutuvat poistoilman päätelaitteita kohti (8).

## 2.4 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenottolaitteilla saadaan hyödynnettyä suuri määrä rakennuksen poistoilman sisältämästä lämpöenergiasta. Koska tuloilma tulee rakennuksen ulkopuolelta, tarvitaan sen lämmittämiseen energiaa. Lämmintä poistoilmaa taas siirretään rakennuksesta ulos, joten lämpöenergia menee hukkaan, jos ilmanvaihtokoneessa ei ole tuloilman ja poistoilman välissä LTO-laitetta.

Nestekiertoisessa LTO-järjestelmässä tulo- sekä poistoilmaan on asennettu la- mellipatterit, jotka yhdistyvät putkilla, joissa kiertää jäätymätön neste (vesi- glykoli). Tuloilmapatterilta tuleva liuos jäähdyttää poistoilmaa samalla, kun liuos lämpenee jäähdytyspatterissa, jonka jälkeen liuos menee tuloilmapatteriin. Pyö- rivässä talteenottokennossa tulo- ja poistoilma on johdettu vierekkäin kennoon, jolloin poistoilma mennessään kennon läpi lämmittää kennoa, joka pyöriessään siirtää lämmön tuloilman puolelle. Levylämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilma siir- tyy levyjen välissä. Lämpö siirtyy alumiinilevyjen läpi poistoilmasta kylmään tu- loilmaan. (7, s. 101–108.) LTO-laitteet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Vasemmalta oikealle: vesikiertoinen LTO, pyörivä LTO, kiekko LTO (9).

### 3 Toimintakokeet

Toimintakokeissa varmistetaan, että talotekniikkajärjestelmät ja laitteet toimivat suunnitelmien mukaan. Toimintakokeet suoritetaan työmaan loppuvaiheessa. Jokaiselle kohteelle tehdään oma toimintakoesuunnitelma riippuen kohteen laajuudesta sekä järjestelmien vaativuudesta. Toimintakokeissa testataan laitteiden ja järjestelmien toimivuutta muuttamalla säädön asetusarvoja tai muuttamalla venttiilien asentoa. Jos mittaukset eivät ole toimintakokeita tehdessä sopivia toimintapisteen tarkastusta varten, voidaan antureiden asetusarvoja myös muuttaa. (10, s. 6.) Toimintakokeiden aikataulut ja järjestäminen on pääurakoitsijan vastuulla. Yhteiset toimintakokeet urakoitsijoiden, valvojen sekä pääurakoitsijan kanssa ovat tärkeitä laadunvarmistamiseksi.

Riippuen toimintakokeiden laajuudesta niihin osallistuvat

- pääurakoitsijan edustaja
- rakennuttajan edustaja, eli valvojat
- putkiurakoitsija
- ilmanvaihtourakoitsija
- automaatiourakoitsija
- sähköurakoitsija
- suunnittelijat.

#### 3.1 Urakoitsijan toimintatarkastukset

Ennen rakennuttajan toimintakokeita talotekniikkaurakoitsijat tekevät LVI-järjestelmille omat toimintatarkastukset. Talotekniikkaurakoitsijat tekevät yhdessä pääurakoitsijan kanssa toimintatarkastussuunnitelman. Samalla laaditaan toimintakoesuunnitelma, jota pääurakoitsija tarkentaa toimintatarkastusten jälkeen. Toimintatarkastussuunnitelman täytyy olla rakennuskohteeseen yksilöity ja järjestelmäkohtainen. Toimintatarkastussuunnitelman hyväksyvät

pääurakoitsija, talotekniikkaurakoitsijat sekä rakennuttajan TATE-valvojat. Tarvittaessa myös TATE-suunnittelija voi kommentoida toimintatarkastussuunnitelmaa. Toimintatarkastuksessa talotekniikkaurakoitsija käy läpi asentamiensa talotekniikkajärjestelmien suunnitelmien mukaisen toiminnan. (11, s. 6.)

Ennen toimintatarkastusta täytyy asennustapatarkastukset sekä tiiveys- ja painekokeet olla hyväksytysti suoritettuna. Myös tilojen puhtauden täytyy olla asiakirjoissa sovitulla tasolla. Toimintatarkastuksiin laaditaan etukäteen lista testattavista toiminnoista ja laitteista, mikä helpottaa tarkastusten etenemisen seuraamista.

TATE-urakoitsija laatii suorittamistaan toimintatarkastuksista pöytäkirjan, jota käytetään pohjana toimintakokeissa. Pöytäkirjaan merkitään tarkastetut järjestelmät ja laitteet sekä niissä havaitut puutteet. Toimintatarkastuksissa huomautetut puutteet korjataan välittömästi. Hyväksytysti suoritettujen toimintatarkastukset ovat edellytys rakennuttajan toimintakokeille. (12.)

### 3.2 Toimintakokeet

Toimintakokeet voidaan suorittaa, kun urakoitsijan toimintatarkastukset on hyväksytty ja sovittu puhtausluokka on saavutettu rakennuksessa. Toimintakokeille kannattaa varata riittävästi aikaa. Toimintakokeiden laajuus määritellään urakoitsijoiden toiminnantarkastusten perusteella. Toimintakokeet voidaan suorittaa pistokoemaisesti, mikäli urakoitsijoiden tekemät toimintatarkastukset ovat olleet riittävän kattavat, hyvin dokumentoidut, eikä puutteita ole juurikaan havaittu. TATE-valvojat vastaavat toimintakokeista sekä huolehtivat, että toimintakokeissa noudatetaan toimintakoesuunnitelmaa. Mikäli pistokoemaisissa toimintakokeissa havaitaan puutteita urakoitsijan tekemiin toiminnantarkastuksiin, TATE-valvojalla on oikeus keskeyttää toimintakokeet tai muuttaa ne yksilöidyiksi järjestelmä ja toimintakohtaisiksi testauksiksi. Suoritetuista toimintakokeista laaditaan pöytäkirja. (10, s. 6.) Toimintakokeissa laitteiden toimintaa seurataan asennuspaikalla sekä valvontapäätteeltä.

### 3.3 Säätö ja mittaus

Kun toimintakokeet on suoritettu siinä laajuudessa, että LVI-järjestelmä toimii automaation ohjaamana sekä varolaitetoiminnot ovat normaalissa käytössä, voidaan aloittaa järjestelmän säätötyö. LVI-järjestelmien ja laitteiden toiminta tulisi säätää asennuksia vastaavien suunnitelmien mukaiseksi. (11, s. 7.) Verkostojen säädölle ja mittaukselle täytyy varata riittävästi aikaa.

Nestekiertoisissa verkostoissa mitataan yleensä kaikista mittausyhteillä varustetuista linjasäätöventtiileistä paine-ero sekä virtaus. Säätö- ja mittaustyöstä laaditaan pöytäkirja, jonka hyväksyy LVI-suunnittelija. Linjasäätöventtiileihin laitetaan kyltti, jossa on esitetty mitattu virtaus, paine-ero sekä esisäätöarvo. Mittausten jälkeen suoritetaan tarkastusmittaukset pistokokein (13)

Ilmavirtojen säätö- ja mittaustöiden aloitus edellyttää, että tilat on puhdistettu pölystä eikä pölyviä töitä enää tehdä. Ilmanvaihtokoneiden, kammioiden sekä kanavistojen täytyy olla rakentamisen ajan suojattuna siten, etteivät rakennuspöly tai muut epäpuhtaudet kulkeudu laitteiden sisään. Ennen säädön ja mittauksen aloitusta tarkistetaan koneiden kammioiden sekä kanavien puhtaus. (11, s. 7.) Rakennuksessa tulee olla tehtynä ilmantiiveysmittaus ennen säätö ja mittaustöiden aloitusta. Säätöä tehdessä rakennuksen ovet ja ikkunat tulisi olla kiinni. Päätelaitteet asetetaan ilmanvaihtosuunnitelmissa esitettyihin arvoihin. Ilmavirtojen säätö tehdään yleisimmän käyttötilanteen mukaisella käyttöajan tehostamattomalla ilmavirralla. Säätölaitteiden asetukset laitetaan eri vuodenaikojen keskimääräisiä olosuhteita vastaaviin käyttötilanteisiin. Kun mittaukset on suoritettu, niistä laaditaan pöytäkirja, jonka LVI-valvoja sekä suunnittelija tarkastaa. (10, s. 7.)

## 4 ARE Sensus®

ARE Sensus® on Suomessa kehitetty talotekninen järjestelmä, jossa yhdistetään rakennuksen tarvitsevat lämmitys-, jäähdytys- sekä ilmanvaihtojärjestelmät energiaa säästävästi. Sen toimintaperiaate on kehitetty Tekesin Sensus-tekno-logia ohjelmassa vuosina 1997–1999. Kumppaneina kehityksessä ovat olleet

- Teknillinen korkeakoulu
- Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu
- Kungliga tekniska högskola, Tukholma
- Equa Simulation
- Metropolia AMK ja Porin AMK
- Työterveyslaitos
- VTT
- konsultteja ja laitevalmistajia
- kiinteistön omistajia ja käyttäjiä.

ARE Sensus on toteutettu 53:ssa eri kohteessa: toimistoissa, hotelleissa sekä oppilaitoksissa. Järjestelmä soveltuu uusiin sekä saneerattaviin rakennuksiin.

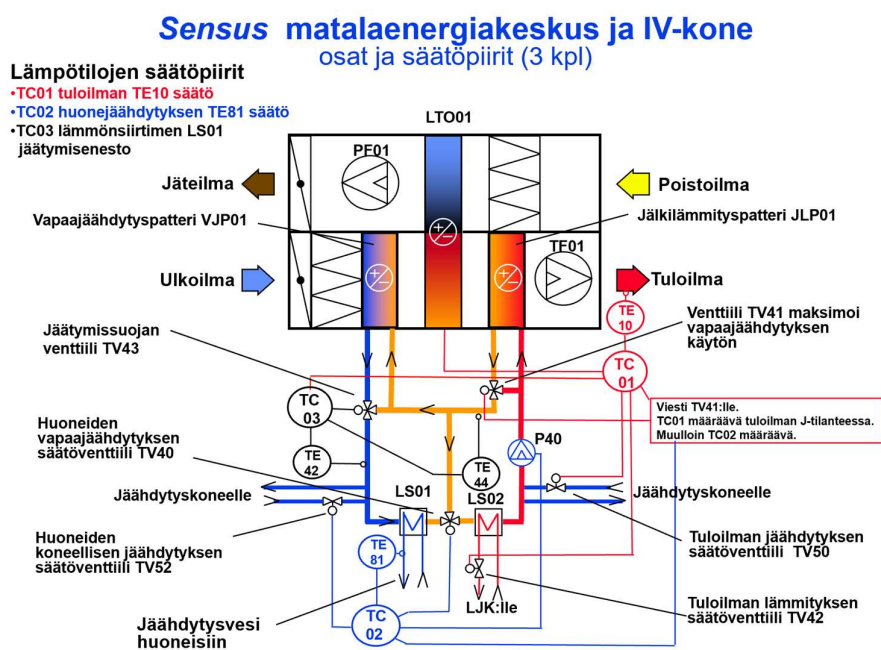
ARE Sensus hyödyntää ja kierrättää rakennuksesta syntyviä ilmaisenergioita. Sen matalaenergiakeskus hyödyntää hukkalämpöä lämmitykseen sekä ulkoilman viileyttä jäähdytykseen. ARE Sensus on ympäristöystävällinen talotekninen ratkaisu, jonka avulla voidaan säästää jopa 25 % rakennuksen ostoenergiasta sekä pienentää rakennusten hiilijalanjälkeä. ARE Sensusen avulla voidaan saneerattavissa kohteissa jopa nostaa ympäristösertifikaattiluokitusta. ARE Sensusessa voidaan myös hyödyntää uusiutuvia energianlähteitä kuten aurinkoenergiaa, kalliolämpöä tai energiapaaluja. (14.)

ARE Sensus -järjestelmässä tilojen lämmitys ja jäähdytys toteutetaan useimmiten kattosäteilijöillä, joten järjestelmä on erittäin huomaamaton sekä parantaa kiinteistöjen muunneltavuutta tulevaisuudessa. Kattosäteilijöiden ansiosta tiloissa ei myöskään synny vedon tunnetta, vaan lämpötila pysyy tasaisena eikä

ilmastoinnista synny ääntä. Kattosäteilijöiden lämmitystä ja jäähdytystä voidaan ohjata tilakohtaisesti. (15.)

#### 4.1 IV-kone ja matalaenergiakeskus

ARE Sensus -IV-koneeseen on yhdistetty matalaenergiakeskus, joka jäähdyttää säteilypaneelien jäähdytysvettä viileällä ulkoilmalla ja samalla hyödyntää rakennuksen yllämpöä tuloilman lämmittämiseen. Kuvassa 2 on esitetty IV-koneen ja matalaenergiakeskuksen laitteet.



Kuva 2. ARE Sensus-matalaenergiakeskus ja IV-kone (16).

IV-koneessa on kaksi patteria, joista toinen on vapaajähdytyspatteri ennen lämmöntalteenottoa ja toinen jälkilämpätyspatteri lämmöntalteenoton jälkeen. Molemmissa pattereissa on nesteinä 35-prosenttinen tai 40-prosenttinen vesietyleeniglykoli, riippuen kohteen sijainnista. Jälkilämpätyspatterin tehtäviä on lämmittää tuloilma talvella sekä vapaajähdytyksen ja hukkalämmön hyödyntäminen tuloilman lämmityksessä. Vapaajähdytyspatteri jäähdyttää säteilijöiden

tarvitseman jäähdytysveden ulkoilman ollessa viileä. Kesällä molemmat patterit jäähdyttävät tuloilmaa sarjassa.

ARE Sensus IV-koneen toimintoja ovat

- tuloilman suodatus
- lämmöntalteenotto poistoilmasta talvella
- tuloilman lämmitys talvella
- huoneiden jäähdytysveden vapaajäähdytys viileällä ulkoilmalla
- huoneiden jäähdytysveden koneellinen jäähdytys kesällä
- tuloilman koneellinen jäähdytys kesällä
- ilmavirtojen säätö ulkoilman lämpötilan mukaan, kanavapaineen asetusarvoa pudotetaan kylmällä säällä hiukan.

IV-koneen lähellä on matalaenergiakeskus, jossa ovat järjestelmän tarvitsemat lämmönsiirtimet, venttiilit, anturit, ja kiertopumput (kuva 3). Matalaenergiakeskusta sekä IV-konetta ohjataan automatiikalla.



Kuva 3. ARE Sensus-matalaenergiakeskus

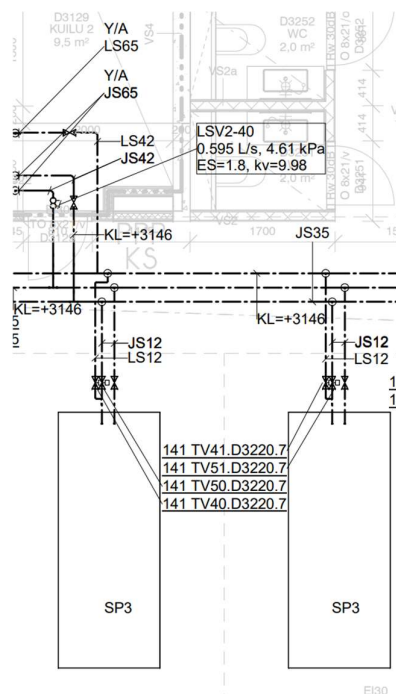
Matalaenergiakeskuksen tarkoitus on ohjata rakennuksen energiavirtoja keskitetysti. Tavanomaisessa talotekniikkajärjestelmässä tiloja lämmitetään ja jäähdytetään eri järjestelmillä. Ilmanvaihtoa lämmitetään yhdellä ja jäähdytetään toisella järjestelmällä. Matalaenergiakeskus yhdistetään lämmitys- sekä jäähdytysjärjestelmiin. Automaatio ohjaa ARE Sensus -järjestelmään tarvittaessa lämmitystä tai jäähdytystä lämmönjako- ja jäähdytyskeskukselta. Matalaenergiakeskukselta lähtevät säteilijäverkostoon lämmitys- ja jäähdytysmenoputket ja säteilijäverkostosta tulee yhteinen paluuputki takaisin matalaenergiakeskukselle.

(16.)

## 4.2 Lämmitys- ja jäähdytys-säteilypaneelit

ARE Sensus on tavallisista lämmitys- ja jäähdytysverkostoista poiketen kolmi-putki järjestelmä. Verkostossa on jäähdytyksen menopotki, lämmityksen menopotki sekä yhteinen paluuputki, sen sijaan tavallisissa järjestelmissä lämmityksellä ja jäähdytyksellä on omat meno- ja paluuputkensa. Säteilypaneelit voidaan asentaa alakattoon tai alaslaskettavina erillisinä komponentteina. Jokaisessa rakennuksen kerroksessa lämmitys, jäähdytys ja paluuputket jakautuvat säteilypaneelleille. Myös jokaisessa kerroksessa on paluuputkessa oma

linjasäätöventtiili. Jäähdytysputki on aina suoraan säteilypaneelille menevä, sillä siinä on isompi virtaama. Tällä pyritään välttämään suuria kertavastuksia, jotka aiheuttavat virtaukseen isomman painehäviön. Lämmitysputkessa taas on pienempi virtaama. Putket yhdistyvät toisiinsa venttiilin jälkeen, jonka säteilypaneelissa on vain yksi piiri. Putkien kytkentä on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Paneelin kytkentäperiaate LVI-toteutuspiirustuksessa

Lämmityksessä ja jäähdytyksessä on yleensä jokaiselle säteilijälle oma venttiili, jolle asetetaan suunnitelmien mukainen esisäätöarvo sekä omat toimilaitteet. Kuvassa 5 on esimerkki säteilijöille käytettävästä venttiilistä, jossa on kahdeksan eri esisäätöarvoa.



Kuva 5. Patteriventtiili

Säteilijöiden toimilaitteet voidaan myös kytkeä ryhmään. Säteilijöissä voi olla myös pelkästään jäädytys keskivyöhykkeen tiloissa, joissa ei ole lämmitystarvetta. Toimilaitteisiin merkitään ovatko ne jäähdytyksen vai lämmityksen toimilaitetta. Säteilijöiden toimilaitteet on liitetty automatiikkaan. Toimilaitteet näkyvät kuvassa 6.



Kuva 6. Lämmitys- ja jäähdytysventtiilien toimilaitteet

Säteilijöiden lämmitystä ja jäähdytystä pystytään säätämään yksilöllisesti, ellei säteilijöitä ole kytketty ryhmään, jolloin säteilijöillä on yhteinen toimilaitte.

### 4.3 ARE Sensus -järjestelmänohjaus

IV-koneen ja matalaenergiakeskuksen venttiileitä, pumppuja sekä huonesäteilijöiden toimilaitetta ohjataan ja antureiden mittaustietoja luetaan automaatiolla. Automaatiourakoitsija asettaa käyttöliittymään venttileille, pumpuille ja antureille raja-arvot sekä asetukset eri toiminnoille. Käyttöliittymässä näkyy myös ulkolämpötila, rakennuksen eri kerrosten lämpötilat, kosteudet ja kastepistelämpötilat.

Lisäksi käyttöliittymään asetetaan aikaohjelmat. Ilmanvaihtokoneella ei yleensä ole omaa aikaohjelmaa, mutta riippuen muun rakennuksen ilmanvaihdon ohjauksen toteutuksesta voidaan myös IV-koneelle tehdä oma aikaohjelma. Ilmanvaihto käynnistetään kaksi tuntia ennen tilojen normaalin käytön alkamista ja ilmanvaihto pysäytetään tunti normaalin käyttöajan päättymisestä. IV-koneella ja matalaenergiakeskuksella on erilaisia käyttöasetuksia säästä ja vuodenajasta riippuen.

Rakennuksen kerrokseen sijoitetaan lisäaikapainikkeet, joiden avulla voidaan avata kerroksen ilmanvaihtopellit oman aikaohjelman ulkopuolella. IV-kone käynnistyy peltien avautuessa ja pysähtyy peltien sulkeutuessa.

Aamujäähdytyksessä IV-koneen kaikki kerrospellit ohjautuvat auki. Aamujäähdytys käynnistyy, jos huoneiden keskilämpötila on yli 24 °C. Aamujäähdytyksellä on oma aikaohjelma, joka voi käynnistää koneen vain touko-elokuussa. Järjestelmä toimii samalla tavalla aamujäähdytyksessä kuin normaalissa päiväkäytössä.

IV-kone voidaan pysäyttää huoltoa varten valvontapääteeltä. (16.)

## 5 ARE Sensus -järjestelmänkäyttöönotto

### 5.1 Käyttöönottoa edeltävät työvaiheet

Kun matalaenergiakeskukset tulevat työmaalle, käy ARE Sensus -asiantuntija varmistamassa laitteiden oikeat sijainnit sekä suunnitelmien mukaisen asennuksen. Myös säteilypaneelien sekä MEK:ien kytkentöjä on hyvä käydä seuraamassa, jotta vältetään väärinkytkennoitä. Kun säteilypaneelit ja IV-kone sekä MEK on asennettu, suoritetaan järjestelmille painekokeet sekä järjestelmät ilma- taan niin kuin tavallisetkin LVI-järjestelmät ennen toiminnantestauksia. (17.)

### 5.2 Toimintatarkastus

Toiminnantarkastus suoritetaan kuten tavanomaisissa järjestelmissä, ennen toimintakokeita. Toiminnantarkastukset kattavat koko ARE Sensus -järjestelmän. IV-koneelle ja MEK:ille tehdään toiminnantarkastus ennen säteilypaneelien toiminnantarkastusta. Toiminnantarkastuksiin ja toimintakokeisiin tehdään erillinen aikataulu ja toiminnantarkastussuunnitelma yhteistyössä pääurakoitsijan kanssa. Toiminnantarkastuksessa järjestelmän eri asetukset ja venttiilien asetukset testataan ja varmistetaan niiden suunnitelmien mukainen toiminta. Jos huomataan puutteita, ne täytyisi korjata ennen toimintakokeita. Toiminnantarkastuksen suorittaa AREn Sensus -asiantuntija toiminnantarkastussuunnitelman mukaan. Suoritetuista toiminnantarkastuksista laaditaan pöytäkirja, johon listataan ilmi tulleet puutteet. Pöytäkirjat lähetetään muille TATE-urakoitsijoille, valvojille ja pääurakoitsijalle. (17.)

### 5.3 Toimintakokeet

Toimintakokeet suoritetaan, kun toiminnantarkastukset on tehty ja ARE Sensus -järjestelmässä ei ole puutteita. Poikkeuksena normaalista käytännöstä ARE Sensus -järjestelmän toimintakokeet pitää ARE Sensus -asiantuntija, eikä LVI-valvoja. Toimintakokeisiin osallistuvat AREn Sensus -asiantuntija, automaatiourakoitsija,

rakennuttajan edustaja sekä LVI-valvoja. Toimintakokeiden laajuus on aina ARE Sensuksen osalta 100 %. (17.)

Toimintakokeissa käydään läpi IV-koneen ja MEK:in asetukset sekä suunnitelmien mukainen toiminta. IV-koneen testattavat toiminnot ovat

- seisonta-aika
- tuloilman lämmitys talvitilanteessa
- säteilypaneelien jäähdytysveden lämpötilan säätö
- tuloilman koneellinen jäähdytys
- aamujäähdytys
- säteilypaneelien lämmitysveden lämpötilan säätö
- varatoiminnot ja lukitukset.

Toimintakokeet kannattaa tehdä edellä mainitussa järjestyksessä, jotta asetusten muuttaminen olisi mahdollisimman sujuvaa. Kaikki toiminnot tarkastetaan valvontapäätteeltä sekä paikalla IV-koneelta ja MEK:iltä, jotta voidaan todeta etteivät toiminnot ole ristiriidassa keskenään. Jos ulkona on pakkasta toimintakokeita pidettäessä, täytyy kiinnittää huomiota siihen, ettei IV-koneen tuloilman lämpötila laske liikaa, jotta lämmönsiirtimet eivät jäädy. Jokaisen asetuksen muutoksen kohdalla tarkastetaan, ovatko venttiilit, pumput, puhaltimet sekä säätöpellit oikeissa toimintapisteissä (18.)

Toimintakokeet aloitetaan seisonta-ajan testauksella pysäyttämällä IV-koneen turvakytkimestä. Seisonta-ajan testauksessa paluunesteen lämpötilaa nostetaan. Ulkoilmapellit täytyy muistaa tarkastaa avaamalla IV-koneen ovi ja varmistamalla, että pellit ovat kokonaan kiinni.

Seuraavaksi testataan tuloilman lämmitystoiminto talvitilanteessa. IV-kone käynnistetään ja jäähdytysveden sekä tuloilman lämpötilan asetusarvoa nostetaan. Kun tuloilman lämmitys on todettu toimivan talvitilanteessa suunnitelmien mukaan, siirrytään testaamaan säteilijöiden jäähdytysveden lämpötilasäätö.

Jos toimintakoetta tehtäessä ulkolämpötila on alle 0 °C, täytyy tarkkailla jäätymissuojan lämpötilaa, ettei se laske liian alas, mikä johtaa lämmönsiirtimien jäätymiseen. Säteilijöiden jäähdytystilanne ohjataan muuttamalla huoneiden koneellisen jäähdytyksen säätöventtiiliin avautumislämpötilaraja 5 °C alemmaksi kuin ulkolämpötila. Huoneiden jäähdytysveden asetusarvoksi asetetaan sama lämpötila kuin ulkolämpötila. Huonejäähdytysveden ja jäätymissuojan asetusarvo lasketaan 5 °C alemmaksi kuin ulkolämpötila. Tuloilman lämpötilaa nostetaan siten, että kerrosten palopellit eivät laukea.

Seuraavaksi testataan tuloilman koneellinen jäähdytys. Jos ulkona on kylmä, täytyy huomioida ulkolämpötila, ettei huoneet jäähdy liikaa. Tulo- ja poistoilma pudotetaan 20 %:iin, jos ulkolämpötila on alle 0°C. Tuloilman lämpötilan asetusarvo sekä jäähdytyksen tuloilmaventtiiliin avautumislämpötilaraja asetetaan 5°C alemmaksi kuin ulkolämpötila. Tämän jälkeen suljetaan jäähdytysmenoputken toimilaite nostamalla auki/kiinni-asetusarvo yli ulkolämpötilan.

Aamujäähdytyksen testaus täytyy suorittaa nopeasti, jos ulkolämpötila on matalampi kuin jäätymissuojan raja-arvo, jottei jäätymissuoja laukea. Aamujäähdytyksen testaus aloitetaan asettamalla aikaohjelma siten, että IV-kone pysähtyy. Yöjäähdytyksen aikaohjelma asetetaan niin, että IV-kone voi käydä. Yöjäähdytyksen käyntiluparaja lasketaan alle ulkolämpötilan sekä käynnistyksen sisälämpötilaraja asetetaan alle todellisen sisälämpötilan. Tämän jälkeen yöjäähdytyksen tuloilman lämpötilan asetusarvo nostetaan yli ulkolämpötilan sen verran, että LTO pyörii 100 %: teholla.

Aamujäähdytyksen jälkeen testataan säteilypaneelien lämpötilan säätö. Säteilypaneelien lämmitysveden säätö ei ole riippuvainen IV-koneen käyntitilasta. Lämmitysveden asetusarvoa nostetaan, paitsi jos ulkona on tarpeeksi kylmä ja asetus on valmiiksi korkea, eikä sitä tarvitse muuttaa. Sen jälkeen tarkastetaan, että ulkolämpötila on alempi kuin kesäsulkuventtiiliin avautumislämpötila on.

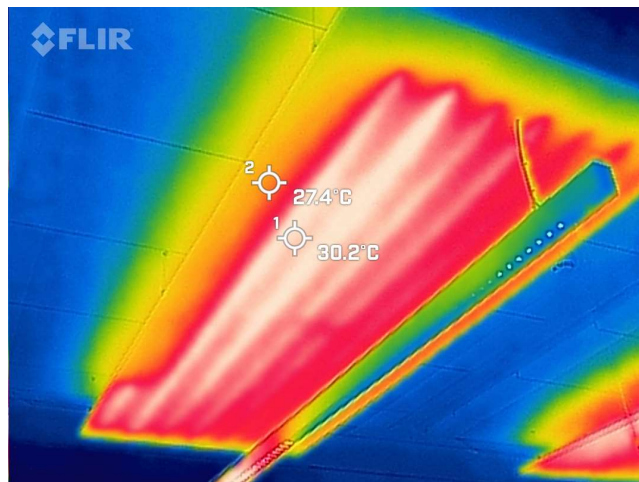
Kun käyntitilat on testattu, seuraavaksi tarkastetaan koneen hälytykset ja vara-toiminnot. Kun toimintakokeet on suoritettu, palautetaan IV-koneen asetusarvot normaaleiksi. (18.)

#### 5.4 Säteilypaneelien toiminnantarkastus

Kun IV-koneen toimintakokeet on suoritettu ja varmistettu järjestelmän toimivuus, voidaan alkaa tarkastamaan säteilypaneeleita. Säteilijöiden toimilaitteiden täytyy olla paikoillaan sekä ohjattavissa automaatiolla, jotta säteilijöitä voidaan tarkastaa. Toiminnantestaukset voidaan suorittaa myös vaiheittain, jos kaikkia toimilaitteita tai säteilijöitä ei ole asennettu. Kaikki huonesäteilijät tarkastetaan kuvaamalla lämpökameralla eri asetuksilla:

- lämmitys- ja jäähdytystoimilaitteet kiinni
- jäähdytystoimilaitteet auki -> lämmitystoimilaitteet kiinni
- lämmitystoimilaitteet auki -> jäähdytystoimilaitteet kiinni.

Toiminnantestauksissa varmistetaan säteilypaneelien suunnitelmien mukainen toiminta. Jos toiminnantestauksissa huomataan puutteita, suoritetaan vaa-dittavat korjaustoimenpiteet välittömästi, minkä jälkeen säteilijät tarkastetaan uudestaan. Puutteina voivat esimerkiksi olla irti tai huonosti kiinni olevat lämmitys- tai jäähdytys toimilaitteet, ilmataskut tai tukokset putkissa sekä väärin kyt-ketyt putket. Jos säteilijöiden putket on kiinnitetty pistohitsauksella, ne voivat myös olla osittain irti, mikä heikentää säteilijän lämmönluovutusta (kuva 7).



Kuva 7. Säteilypaneeli, jossa ensimmäinen putki on irronnut pistohitsauksesta.

Toiminnantestauksista tehdään raportti, johon listataan puutteet, jos sellaisia huomattiin. Lisäksi raporttiin liitetään lämpökameralla otettuja kuvia paneeleista eri tilanteissa ja todetaan niiden toiminta. Raportti välitetään LVI-valvojalle, putkiurakoitsijalle, automaatiourakoitsijalle sekä tarvittaessa sähköurakoitsijalle ja LVI-suunnittelijalle. (17.)

## 5.5 Sääto ja mittaus

Verkostojen sääto ja mittaus voidaan aloittaa toimintakokeiden ja huonesäteilijöiden toiminnantarkastusten jälkeen. Vesivirtojen ja ilmamäärien säädön ja mittauksen suorittaa säätöihin- ja mittauksiin erikoistunut aliurakoitsija. AREn Sensus-asiantuntija ohjeistaa ja on mukana säädöissä ja mittauksissa tarvittaessa. Urakoitsija tekee suorittamistaan säädöistä ja mittauksista mittauspöytäkirjan. Mittauspöytäkirjan mukaan asetellaan pumppujen ja puhaltimien pyörimisnopeudet sekä verkostojen paine-erot.

Sääto ja mittaus aloitetaan IV-koneen pattereiden kiertopiirien pumpusta P40. Pumpulle P40 mitataan minimivirtaama ja maksimivirtaama, jotka selviävät suunnitelmista. Linjasäätoventtiilien esisäädöt on hyvä pitää mahdollisimman auki, jotta tulos olisi luotettava. Luotettavan tuloksen paine-ero on noin 3–4 kPa. Linjasäätoventtiilien virtaamatiedot sekä pumpun pyörimisnopeudet kirjataan mittauspöytäkirjaan.

Matalaenergiakeskuksen jäähdytysvirtaamat säädetään pienentämällä linjasäätoventtiileiden esisäätöä mahdollisimman vähän luotettavan tuloksen varmistamiseksi. Kaukojäähdytyskeskuksen pumpun paine-ero asetellaan mittausten mukaan. Matalaenergiakeskuksen venttiilit TV50 ja TV52 sekä kahden jäähdytyspaluuputken linjasäätoventtiilit säädetään siten, että virtaamat ovat samat jokaisessa linjasäätoventtiilissä. Ensin mitataan linjasäätoventtiilit TV50 ja TV52 Jäähdytyspaluuputken linjasäätoventtiilien esisäätöä joudutaan todennäköisesti pienentämään paljon. Mittauksessa kannattaa käyttää kahta mittaria, jotta saadaan helpoiten sama tulos kaikkiin linjasäätoventtiileihin. Sama esisäätöarvo ei takaa samaa virtaamaa jokaisessa venttiilissä. Matalaenergiakeskukselta

kaukokylmäkeskukseen lähtevän putken linjasäätöventtiilin esisäätöä pienennetään vain, jos virtaamia ei muuten saada tasapainoon. (19.)

Säteilypaneeleille asetetaan esisäätöarvot suunnitelmien mukaan lämmitys- ja jäähdytysventtiileille. Jokaisessa rakennuksen kerroksessa on paluuputkessa linjasäätöventtiili, joka jätetään täysin auki ja kokonaisvirtaamat säädetään matalaenergiakeskukselta. Matalaenergiakeskukselta säädetään pumpun P80 paine-eroasetus ja lämmitys- sekä jäähdytysmenoputkissa olevat linjasäätöventtiilit. Säädetävällä pumpun P80 paine-ero saadaan mahdollisimman alhaiseksi, kun vältetään linjasäätöventtiilien esisäädön laittamista pienelle. Säteilijöillä virtaamat tasoittuvat niiden suuren painehäviön takia, ja säteilijöiden väliset paine-erot poistetaan säteilijöiden venttiilien esisäädöillä.

Säteilijöiden mittaus aloitetaan jäähdytyksestä. Matalaenergiakeskukselta varmistetaan, että lämmönjakokeskukselta tuleva venttiili on kiinni, jottei lämmönjakokeskuksen pumppu häiritse mittauksia. Venttiili sijaitsee TV80:n viereisessä putkessa. Lisäksi suljetaan säteilijöille menevä lämmitysmenoputken venttiili. Kokonaisvirtaama mitataan jäähdytysmenoputkesta olevasta linjasäätöventtiilistä. Linjasäätöventtiilin esisäätöä pienennetään mahdollisimman vähän luotettavan tuloksen saamiseksi. Pumpun P80 kierrosnopeus säädetään virtaaman mukaan. Pumpun paine-eron asetusarvoksi tulee yleensä noin 35–40 kPa.

Kun kokonaisvirtaama on mitattu, mitataan kerroshaarojen linjasäätöventtiilit pienentämällä esisäätöä vain sen verran, että saadaan mittaustulos. Kun linjasäätöventtiili on mitattu, avataan esisäätö täysin auki. Jäähdytyksen meno- ja paluuputken paine-eron täytyy pysyä samana mitattaessa lämmitystä, tarvittaessa pumpun kierrosnopeutta voidaan muuttaa.

Säteilijöiden lämmitys säädetään ja mitataan samalla tavalla kuin jäähdytys. Suljetaan säteilijöiden jäähdytysmenoputki sekä TV80:n vieressä oleva venttiili, jolloin lämmönjakokeskuksen pumppu häiritse mittauksia. Mitataan kokonaisvirtaama lämmitysmenoputkesta olevasta linjasäädöstä, minkä jälkeen mitataan kerroshaarat ja jätetään linjasäätöventtiilien esisäädöt kerroksissa kokonaan

auki. Kaikkien mitattujen linjasäätöventtiilien virtaamat kirjataan mittauspöytäkirjaan. Myös pumpun P80 kierrosnopeus ja paine-ero sekä meno- ja paluuputkien paine-erot merkitään pöytäkirjaan. (20.)

ARE Sensus -lämmityspääverkoston säädössä ja mittauksessa ei ole muita poikkeuksia normaaliin säätötapaan kuin, että jäähdytysmenoputken sulkuventtiin täytyy olla kiinni mittausten ajan, jottei vesi pääse virtaamaan jäähdytysputkeen. (21.)

Sensus-IV-koneen ilmamäärät säädetään ja mitataan normaalin tapaan.

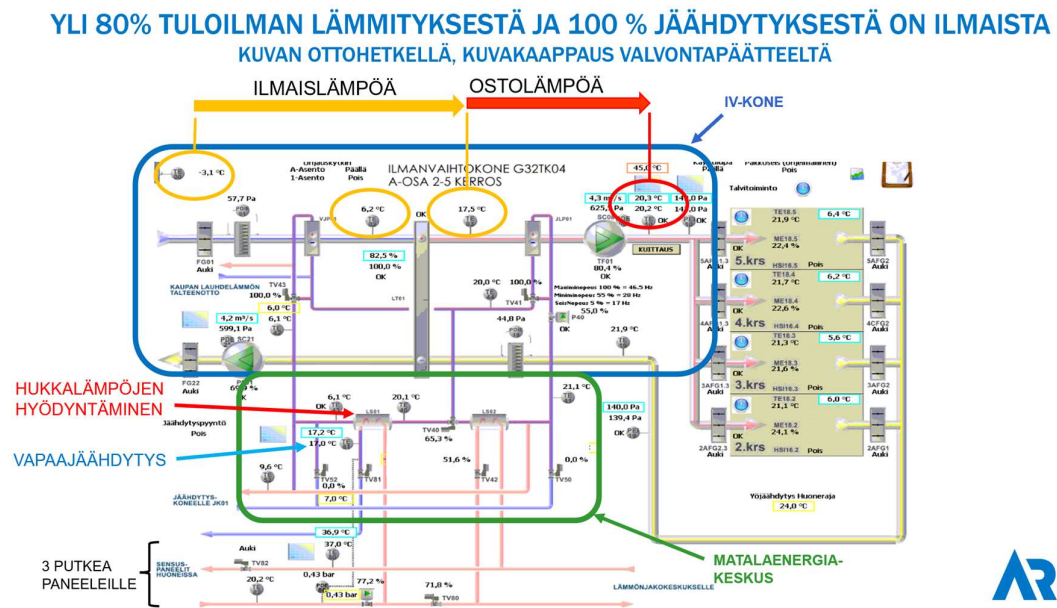
## 5.6 Toimintakokeiden dokumentointi

Suoritetuista toiminnantestauksista, toimintakokeista sekä mittauksesta ja säädöstä tehdään pöytäkirjat. Toimintakoepöytäkirja on valmis listaus toiminnoista, joita testataan. Toimintakoepöytäkirjassa on jokainen laite listattuna, joita testataan. Jokaisen toiminnon ja laitteen kohdalle merkitään, toimivatko nämä suunnitelmien mukaisesti. Toiminnantarkastuspöytäkirjat voidaan tehdä vain puutteiden osalta. Suoritettujen toimintakokeiden jälkeen täytyisi olla seuraavat asiakirjat:

- vesivirtojen säätö- ja mittauspöytäkirja
- ilmavirtojen säätö- ja mittauspöytäkirja
- toimintakoepöytäkirja
- IV-koneen ja MEK:n toiminnantarkastuspöytäkirja
- säteilijöiden toiminnantarkastuspöytäkirja. (17.)

## 6 Jälkiseuranta

Kun ARE Sensus -järjestelmä on luovutettu asiakkaalle, järjestelmää seurataan etänä vähintään takuuajan. Järjestelmän toimintaa seurataan ainakin vuoden-aikojen muutosten mukaan, jotta pystytään varmistamaan ARE Sensus -järjestelmän virheetön toiminta. Useimmiten ARE Sensus -järjestelmää seurataan tiheämmin. Kuvassa 8 on seurantatilanne valmistuneessa kohteessa, jossa on kuvattuna ARE Sensus -järjestelmän näkymä valvontapääteeltä.



Kuva 8. ARE Sensus -järjestelmän toiminta valvontapääteellä.

IV-koneen ja MEK:n asetusarvoja voidaan muokata käytön aikana, jos asiakkaalla on esimerkiksi tullut muutoksia tilojen suunniteltuun käyttöön. Tiloihin voi tulla esimerkiksi lisäjähdytyksen tarvetta, jos toimistohuoneeksi tarkoitettu tila muutetaan call centeriksi tai muuksi tilaksi, jossa on paljon lämmönlähteitä.

Lisäksi voidaan tarkkailla myös huonesäätimien mittauksia. Jos asiakas huoneilmanlaadun huonontuneen, lisätään huonemittaukset trendikäyrään ja seurataan, onko tilan käyttötarkoitus muuttunut suunnitellusta. (17.)

## 7 Yhteenveto

Huolellisesti tehdyt toiminnantestaukset, toimintakokeet sekä säätö- ja mittaus takaavat LVI-järjestelmien moitteettoman toiminnan. Rakentamisen viimeistelyvaiheen aikataulus ja urakoitsijoiden töiden yhteensovitus on erittäin tärkeää, jotta säätö- ja mittaustyöt ja toimintakokeet onnistuvat sekä niiden suorittamiseen on riittävästi aikaa. Jos toimintakokeet tai säätö- ja mittaustyöt viivästyvät, voidaan puutteita ja virheitä joutua korjaamaan luovutuksen jälkeen, mikä tuo haasteita töiden suorittamiseen. On siis tärkeää muistaa varata tarpeeksi aikaa näiden töiden suorittamiseen, jotta talotekniset järjestelmät voidaan todeta toimivan suunnitelmien mukaan.

Kiinteistöjen omistajia kiinnostaa yhä enemmän LVI-ratkaisut, jotka ovat energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä. Järjestelmiä kehitetään jatkuvasti hyödyntämään uusiutuvia sekä ilmaisenergioita. Kiinteistöjen omistajat ja rakennuttajat ovat valmiita sijoittamaan enemmän rakennusvaiheessa taloteknisiin järjestelmiin, jos käytössä niistä saadaan parempi rahallinen hyöty irti.

Opinnäytetyön tarkoitus oli tutustua ARE Sensus -järjestelmän toimintaan ja sen käyttöönoton liittyviin työvaiheisiin. Lopputuloksena saatiin ohjeet toiminnantarkastusten, toimintakokeiden sekä säätö- ja mittaustöiden suorittamiseen. Ohjeiden on myös tarkoitus toimia koulutusmateriaalina uusille työntekijöille. Opinnäytetyön sisältö kasattiin alan kirjallisuudesta ja ARElta saaduista ARE Sensus -materiaaleista. Lisäksi haastateltiin AREn Sensus -asiantuntijoita sekä seurattiin käyttöönottoa rakenteilla olevassa kohteessa.

Lukijalle työssä kerrotaan LVI-järjestelmien perusteita sekä toiminnantarkastusten, toimintakokeiden ja säätö- ja mittaustöiden suorittamisesta. Lisäksi työssä syvennyttään ARE Sensus -järjestelmän toimintaan ja sen käyttöönoton työvaiheisiin.

## Lähteet

- 1 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. Uudistettu painos. Helsinki. Suomen LVI-Liitto ry.
- 2 Ratkaisut. Verkkoaineisto. Itula. <<https://www.itula.fi/ratkaisut>> Luettu 25.2.2023
- 3 Kiinteistöjen kaukojäähdytys. 2010. LVI 34-10462. Rakennustieto Oy.
- 4 Sandberg, Esa. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus, ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki. Talotekniikka-Julkaisut.
- 5 Tuomenoja, Markku. 5.3.2020. Hukkalämmöstä jäähdytystä- mitä on kaukokylmä? Verkkoaineisto. Afry. <<https://afry.com/fi-fi/artikkeli/hukkalammosta-jaahdytysta-mita-kaukokylma>> Luettu 27.2.2023
- 6 Vapaajäähdytys vai kompressorijäähdytys. Verkkoaineisto. Swegon. <<https://www.swegon.com/fi/oppaat/tekniikat/vapaajaahdytys-vai-kompressorikylma/>> Luettu 6.3.2023
- 7 Sisäilmasto ja ilmavaihto opas. 2021. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/8-ilmanvaihto> > Luettu 10.3.2023
- 8 Korkala, Tapio. 2020. Ilmanvaihto hoito ja huolto. 8. uudistettu painos. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.
- 9 Sandberg, Esa. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmä, ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki. Talotekniikka-Julkaisut.
- 10 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, Tehtävät ja dokumentointi. 2018. LVI 03-10631. Rakennustieto Oy.
- 11 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely, prosessi kuvaus. 2018. LVI 03-10630 Rakennustieto Oy.
- 12 Toimintakoeohje ver 1.2. Helsingin Kaupunki. 2019. Verkkoaineisto. <[https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/Att/Toimintakoeohje\\_ver1\\_2.pdf](https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/Att/Toimintakoeohje_ver1_2.pdf)> Luettu 15.2.2023
- 13 Nestekiertoiset lämmitys- ja jäähdytysverkot virtauksien säätö. 2022. RT 103452. Rakennustieto Oy. S.9

- 14 ARE Sensus Verkkoaineisto. ARE. <<https://www.are.fi/talotekniikkaurakointi/are-sensus/>> Luettu 5.3.2023
- 15 Energiaviisas ARE Sensus. ARE Oy. Yrityksen sisäinen dokumentti. Vantaa. Luettu 12.3.2023
- 16 ARE Sensus ilmastointikoneen toimintaselostus. 20.5.2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. ARE Oy
- 17 Lampinen, Urpo. 2023. Tekninen päällikö, ARE Oy. Vantaa. Haastattelut 2023.
- 18 ARE Sensus toimintakoepöytäkirja. 2023. Yrityksen sisäinen dokumentti. ARE Oy. Luettu 11.3.2023
- 19 IV-koneiden nestevirtojen säätöohje. Vantaa. Yrityksen sisäinen dokumentti. ARE Oy. Luettu 11.3.2023
- 20 ARE Sensus paneeliverkoston säätöohje. 16.11.2012. Vantaa. Yrityksen sisäinen dokumentti. ARE Oy. Luettu 11.3.2023
- 21 ARE Sensus lämmityspääverkoston säätöohje. 30.4.2009. Vantaa. Yrityksen sisäinen dokumentti. ARE Oy. Luettu 11.3.2023