Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sauli Teeri

LVIA-järjestelmät, toimintakokeet ja luovutusvaiheen tarkastukset asuinkerrostaloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikka
Insinöörityö
13.3.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sauli Teeri LVIA-järjestelmät, toimintakokeet ja luovutusvaiheen tarkastukset asuinkerrostaloissa 48 sivua + 3 liitettä 13.3.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	LVI-asiantuntija Tapio Korpi lehtori Jarmo Tapio

Opinnäytetyö toteutettiin SRV Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntotuotannon talotekniikkaosastolle. Työn tavoitteena oli esitellä LVIA-teknisten järjestelmien toimintaa ja periaatteita ja luovutusvaiheen mittaus- ja säätötöitä sekä toimintakokeita ja niiden edeltäviä töitä.

Insinöörityön pohjatietona käytettiin pääasiassa aiheisiin liittyvää kirjallisuutta, kuten LVI-kortistoa. Tietoa kerättiin lisäksi alan asiantuntijoilta, joilta saatiin hyväksi havaittuja, kokemusperäistä tietoa. Työssä käytettiin lähteinä myös koululuentojen ja eri yritysten esitysmateriaaleja.

Työn alussa käsiteltiin LVIAJ (lämpö-, jäähdytys-, ilmanvaihto-, vesi-, viemäri- ja rakennusautomaatio) -järjestelmien perusteet lyhyesti. Aiheiden rajaukset tehtiin koskemaan vain tyypillisiä asuinkerrostalokohteita, joten mitään erikoisratkaisuja ei tässä työssä käsitelty muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Toisena asiana työssä käytiin läpi taloteknisten töiden loppuunsaattamista ja töiden aikataulutus, jonka avulla päästiin sujuvasti kolmanteen asiaan, joka oli LVIA-töiden mittaukset ja säädöt sekä toimintakokeet testauksineen. Lopuksi vielä käsiteltiin tarvittavia viranomaistarkastuksia ja muita kohteen luovutuksessa huomioitavia asioita.

Työn lopputuloksena saatiin yrityksen sisäiseen käyttöön LVIA-järjestelmistä perusteet kattava ja toimintakokeisiin ohjeistava paketti, jonka avulla työpaikallamme voidaan perehdyttää esimerkiksi sähköalan asiantuntijoita LVIA-tekniikan perusteisiin siltä osin, kuin asuinkohteessa on tarpeellista käytännön työn kannalta.

Avainsanat	talotekniikka, toimintakokeet, tarkastukset, mittaukset

Author Title Number of Pages Date	Sauli Teeri Building Systems, Functional Tests and Inspections in Apartments 48 pages + 3 appendices 13 March 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Tapio Korpi, HVAC Project Manager Jarmo Tapio, Senior Lecturer

The aim of this Bachelor's thesis was to introduce the operation and principles of various building services systems, as well as the measurements and adjustments to be done at the end of a construction project. A further goal was to introduce various functionality tests and tasks to be done prior to the tests. Information for the thesis was collected from literature, such as the rules and regulations governing HVAC engineering. Furthermore, experienced professionals were interviewed.

The result of the thesis was an information package about the basics of HVAC systems. Moreover, a set of instructions on how to prepare for functional tests and successful delivery was created for a company, to be used especially by the electrical professionals who wish more knowledge about HVAC systems.

This thesis can be used by people who wish to learn more about the tasks of a HVAC supervisor on apartment construction sites. The thesis also introduces various building services systems and assists in the choice of a correct system for a project.

Keywords	building services, function tests, inspections, measurements

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

2 Talotekniset järjestelmät 2

2.1 Lämmitysjärjestelmät 2
2.1.1 Kiinteistön lämmöntuotanto 2
2.1.2 Kiinteistön lämmönjako 4
2.2 Kiinteistön jäähdytysjärjestelmät 10
2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät 15
2.3.1 Asuntojen ilmanvaihto 15
2.3.2 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto 19
2.3.3 Muiden tilojen ilmanvaihto 21
2.3.4 Savunpoisto ja palonrajoitus 22
2.4 Vesi- ja viemärijärjestelmät 24
2.5 Rakennusautomaatiojärjestelmät 24
2.5.1 Väylä- ja ohjaustekniikka 25
2.5.2 Mittausjärjestelmät 26
2.5.3 Etäyhteydet ja hälytystenvälitys 27

3 Toimintakokeiden ja testausten aikataulutus 28

3.1 Toimintakokeita edeltävien töiden ohjaaminen 28
3.2 TATE-töiden luovutusaikataulu ja koestuslistat 30

4 Testaukset ja tarkastukset 31

4.1 Urakoitsijan tekemät mittaus- ja säätötyöt 31
4.2 Taloteknisen valvojan tarkistukset ja mittaukset 34
4.3 Toimintakokeet 35
4.4 Viranomaistarkastukset 36

5 Luovutusmateriaali ja käytönopastus 39

5.1 Käytönopastus ja huollon ohjeet 39

5.2 Luovutuskuvat ja -materiaalit 40

6 Rakennuttajan taloteknisen valvojan tehtävät yleisesti 41

7 Yhteenveto 43

Lähteet 45

Liitteet

Liite 1. Asuntojen lämmönjakopaketin esimerkkikytkentäkaavio

Liite 2. Keskitetyn IV-koneen esimerkkisäätökaavio

Liite 3. Hajautetun IV-koneen esimerkkisäätökaavio

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena ovat asuinkerrostalojen vesi-, lämpö-, ilmanvaihto- ja automaatiojärjestelmien toiminnan tarkastamiseen ja säätämiseen liittyvät toimenpiteet kohteen luovutusvaiheessa. Työn tarkoituksena on käydä läpi yleisesti kerrostalokohteissa olevia LVI-järjestelmiä, niiden mittaus- ja säätötöitä sekä testausta. Työssä käsitellään myös taloteknisten järjestelmien luovutuksen edeltäviä asioita ja toimenpiteet, joilla onnistuneeseen luovutukseen päästään. Työssä perehdytään myös taloteknisen valvojan tehtäviin hankkeen luovutusvaiheessa sekä valmistautumisesta viranomaistarkastuksiin.

Työn tavoitteena on saada aikaan LVI-laitteiden toiminnasta ja testauksesta yleiset ohjeet yrityksen sisäiseen käyttöön ja perehdytysmateriaalia sähköpuolen ihmisten tietämyksen lisäämiseksi LVI-järjestelmien periaatteista. Työn tavoite on myös käydä läpi luovutusvaiheen ja LVI-järjestelmien toimintakokeita edeltävien töiden valmistuminen ja eri luovutusvaiheen tarkastuksien ja mittaus sekä säätötöiden periaatteita ja toteutusta. sekä näiden tavoitteenmukaista aikataulua. Tavoitteena on myös käsitellä LVI-valvojan tehtäviä rakennusprosessin aikana painottuen luovutusvaiheeseen ja käyttöönottoon.

Työssä käsitellään eri LVI-järjestelmiä toimintaperiaatteista lähtien sekä LVI-valvojan tehtäviä hankkeessa. Teoriaosuuden tarkoituksena on antaa yleiskuva järjestelmistä ja mahdollisista vaihtoehdoista, joita asuinkohteissa on käytetty. Eri järjestelmien toiminnan testaukset, mittaukset ja säätötyöt sekä luovutusvaiheen jälkeiset huolto- ja takuutyöt ovat käsiteltävien asioiden joukossa. Työ on pyritty rajaamaan vain asuinkerrostalokohteissa yleisesti käytettyihin järjestelmiin ja asioihin. Rajauksessa on myös huomioitu työn tarkoitus toimia taloteknisen valvojan ohjeena.

Opinnäytetyö tehdään SRV Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntotuotannon taloteknikkaosaston toimeksiantona. SRV yhtiönä toimii rakennushankkeiden kokonaistoteuttaja. Yhtiön toimenkuvaan kuuluu erilaisten rakennushankkeiden toteutus sairaaloista kouluihin ja asuinkerrostaloista kauppakeskuksiin. SRV toimii asuntorakentamisen puolella pääasiassa pääkaupunkiseudulla, mutta yrityksellä on asuntorakentamista myös muissa kasvukeskuksissa, kuten Turussa, Tampereella, Jyväskylässä ja Oulussa. Yhtiön visiona on luoda paras asiakaskokemus kaupunkikeskusten rakentajana, ja

näistä on esimerkkinä Helsingin Kalasataman keskus REDI sekä Tampereen mittava Kansi ja areena-hanke. SRV Rakennuksen emoyhtiö SRV Yhtiöt Oyj työllistää Suomessa ja Venäjällä yli 1000 henkilöä.

2 Talotekniset järjestelmät

Talotekniset järjestelmät koostuvat kiinteistön ja sen tilojen teknisistä järjestelmistä ja laitteista. LVI-järjestelmät ovat suuri osa talotekniikasta, jolla hoidetaan kiinteistön ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys sekä vesi ja viemäröinti [1]. Nämä ovat myös tämän osion käsiteltävät aiheet rakennusautomaation lisäksi, joka toimii päätekijänä kaiken tekniikan ohjauksessa.

2.1 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmillä hoidetaan asuintilojen lämmityksen pitäminen suunnitellussa lämpötilassa lämmityskauden aikana.

2.1.1 Kiinteistön lämmöntuotanto

Asuinkerrostalokiinteistön lämmöntuotanto voidaan hoitaa joko liittymällä ulkopuolisen toimittajan lämmönlähteeseen eli kaukolämpöön tai hoitaa lämmöntuotanto paikallisesti esimerkiksi maalämmöllä. Näiden lisäksi lisälämmitysenergiaa voidaan tuottaa pienissä määrin muun muassa aurinkokeräimillä tai jäteveden lämmöntalteenotolla.

Kaukolämpö

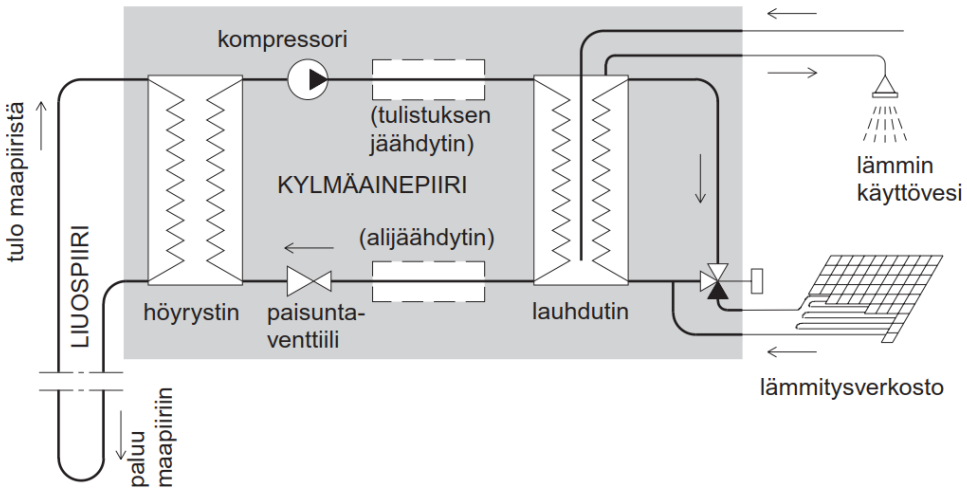
Rakennetuilla kaupunkialueilla on nykyisin pääasiassa aina kaukolämpöä saatavilla, koska kaukolämpö on taloudellisinta juuri tiheästi rakennetuilla alueilla. Tästä syystä kaukolämmitys on Suomessa yleisin rakennusten lämmitysmuoto, joka kattaa lähes 95 % asuinkerrostalojen lämmityksestä [2]. Kaukolämmön toiminta perustuu kiinteistöön kaukolämpöputkiston kautta pumpattavan kuuman veden (lämpötilan vaihtelu ulkolämpötilan mukaan välillä +65…+115 °C) jakamisesta asiakkaan kiinteistössä sijaitsevassa

lämmönjakokeskuksessa siirtimien kautta eri lämmityksen kiertopiireille ja lämpimän käyttöveden valmistukseen. Lämmönjakokeskuksen läpi virrannut vesi palaa lämmön luovuttaneena takaisin lämmönmyyjän tuotantolaitokselle. Kaukolämpöä tuotetaan nykyisin pääosin CHP-voimaloissa (Combined Heat and Power), eli yhdistelmävoimalaitoksissa, jossa sähköntuotannosta vapautunut lauhdelämpö on ohjattu kaukolämpöverkkoon. [2; 3, s. 3.] Helenin tuotantolaitoksissa Helsingissä käytetään kaukolämmön tuotannossa polttoaineina vielä pääosin kivihiiltä ja maakaasua, mutta myös erilaiset hukkalämmön pumppulaitokset ovat yleistymässä ja uusiutuvat biopolttoaineet (pelletti ja biokaasu) [4].

Kaukolämpöön liitettävän talon lämmitysten mitoittamista ja toteuttamista varten on Energiateollisuus ry tehnyt *Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet* –julkaisun, jota käyttämällä varmistetaan lämmönmyyjän hyväksymä ja käyttäjän kannalta toimiva lämmitysjärjestelmä.

Maalämpö

Paikallisesti kiinteistössä voidaan tuottaa lämpöenergiaa hyödyntäen geotermistä lämpöä, eli maalämpöä. Maalämmössä ajatuksena on kierrättää lämmönsiirtonestettä syvällä maaperässä, yleensä muutaman sadan metrin syvyisissä energiakaivoissa, jossa neste sitouttaa maaperän lämpöä itseensä. Maan sisällä lämmennyt neste pumpataan takaisin maanpinnalle ja lämpöpumppuun, jossa lämpöpumpun kompressorin avulla saadaan tuotettua lämpöä lämmönsiirtimen läpi eri käyttötarkoituksiin. [5.] Kuvassa 1 on esitetty maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate.



Kuva 1. Maalämpöjärjestelmän periaate [6, s. 2].

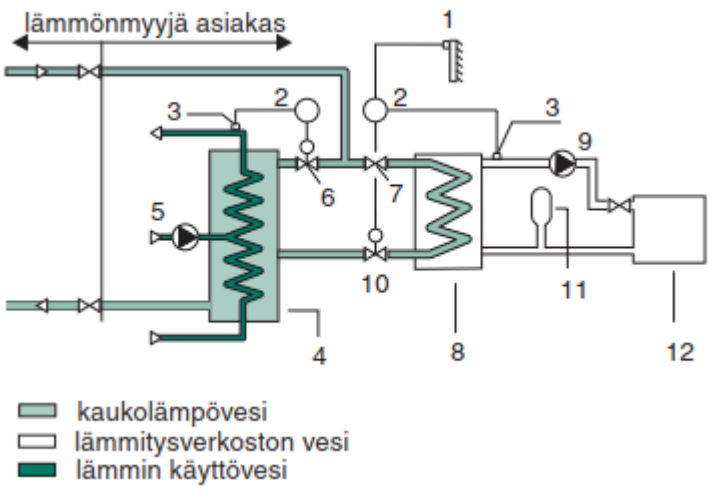
Kuten kuvasta havaitaan, koostuu maalämpöjärjestelmä kolmesta erillisestä osiosta, lämmönlähteen keruupiiristä (vesi-glykoli), lämmönsiirron kylmäainepiiristä (kylmäaine) ja lämmönkäytön lämmitysverkostoista (vesi).

2.1.2 Kiinteistön lämmönjako

Lämmön jakaminen kiinteistön eri lämpö tarvitseviin pisteisiin tapahtuu kaukolämmitteisessä talossa aina lämmönjakokeskuksen kautta, jossa on kaikki siirtoon tarvittavat laitteistot yhteen koottuna.

Lämmönjakokeskus koostuu pääasiassa seuraavista erillisistä komponenteista (numeroitu kuvassa 2):

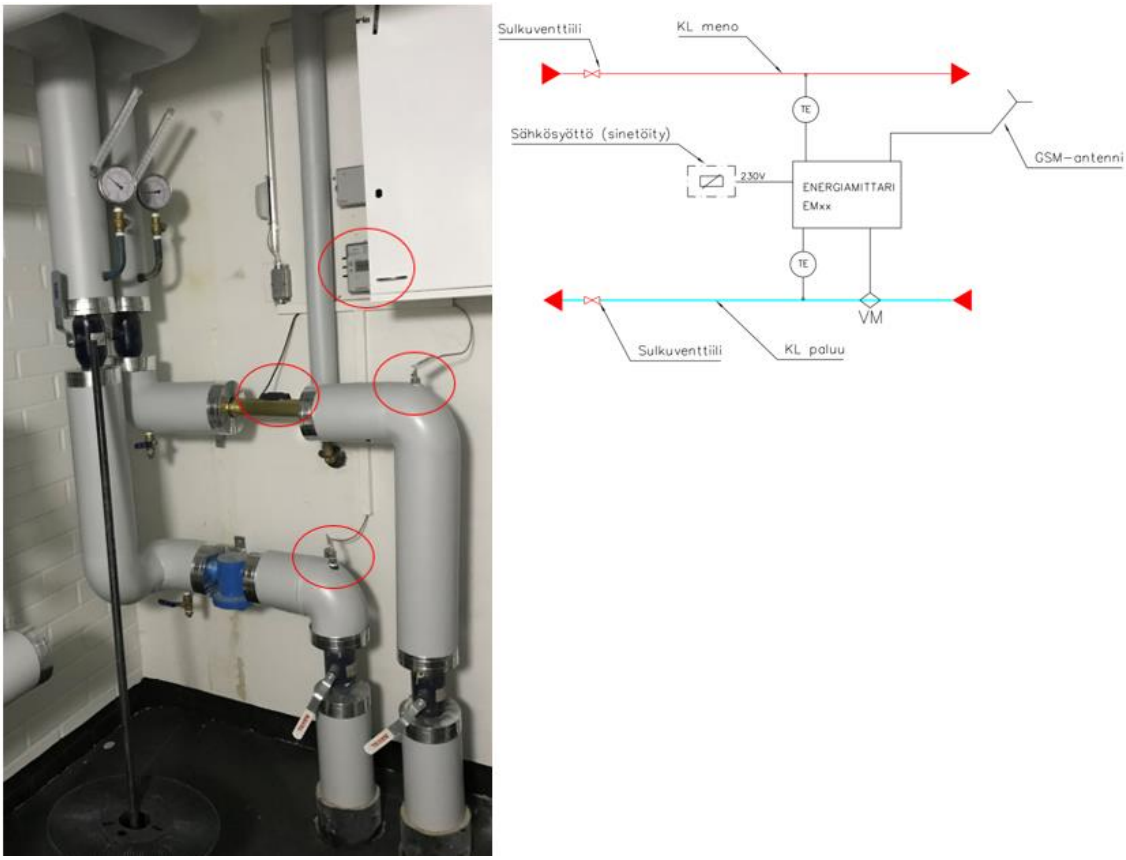
- lämmönsiirtimet (4)
- säätölaiteet (moottoriventtiilit) (6 ja 10)
- kiertovesipumput (5 ja 9)
- paisunta- ja varolaitteet (suljetut järjestelmät) (11)
- mittarit (3), sulkuventtiilit (7) ja putkistot
- säätökeskus (2). [3, s. 3.]



Kuva 2. Lämmönjakokeskuksen perusrakenne [3, s. 3].

Liitteen 1 mallikaaviossa on esitetty tarkemmin lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio ja automaation säädöt, ohjaukset ja hälytykset [7].

Lämmönmyyjän kaukolämpöputkissa tuodaan lämmitetty vesi kiinteistön lämmönjakokeskuksen ensiöpuolelle, jossa jokaisen lämmityspiirin säätöventtiilien avulla säädetään lämmönsiirtimen läpi virtaavan veden määrää. Kaukolämpöveden virtaaman säädöllä saadaan toisiopuolen menoveden lämpötila säädettyä halutun asetusarvon mukaiseksi. Lämmönmyyjän vastuulla on toimittaa ensiöpuolelle kaukolämpöenergian mittari, jonka mittaus perustuu kulutettuun lämpötehoon virtaaman ja ensiöpuolen meno- ja paluulämmön lämpötilaeroon perusteella. [3, s. 4.] Kuvassa 3 on esitetty lämmönmyyjän energiamittaus todellisuudessa ja periaatekaaviona.



Kuva 3. Kaukolämpöputkisto tuotu asuinkiinteistöön. Kaukolämmön mittauksen osat ympyröity punaisella.

Lämmönjakopaketin toisiopuoli koostuu tarvittavasta määrästä lämmönsiirtimiä ja niiden lämmitysverkoston kiertopiirejä. Normaalisti paketti koostuu vähintään kahdesta verkostosta, lämpimän käyttöveden verkostosta ja tilojen lämmityksen verkostosta (patteri- tai lattialämmitys). Näiden lisäksi melko yleisesti käytössä on myös ilmanvaihdon lämmityksen verkosto, jos asuntoja palvelee keskitetty ilmanvaihtokone. Näiden lisäksi voi olla eri verkostoja esimerkiksi kuivauspattereille tai mukavuuslattialämmitykselle. [8.]

Suljetuissa verkostoissa käytetään lämpölaajenemisestä johtuvan nestetilavuuden kasvun ja paineen varmistamisen takia paisuntasäiliötä, joka toimii varatilavuutena, jos verkoston nestetilavuus kasvaa. Paisuntajärjestelmä varustetaan varoventtiileillä, joka mitoitetaan maksimissaan verkon ylimmän käyttöpaineen mukaan, käytännössä aina vähän alhaisemmaksi. Varoventtiilin kautta siis puretaan hallitusti mahdollisen verkostopaineen aiheuttama verkoston ylitäyttyminen, ennen kuin kasvanut verkostopaine rikkoo putkistojen liitoksia, lämmönsiirrintä tai muita verkoston osia. Paisuntasäiliön sijoitus on

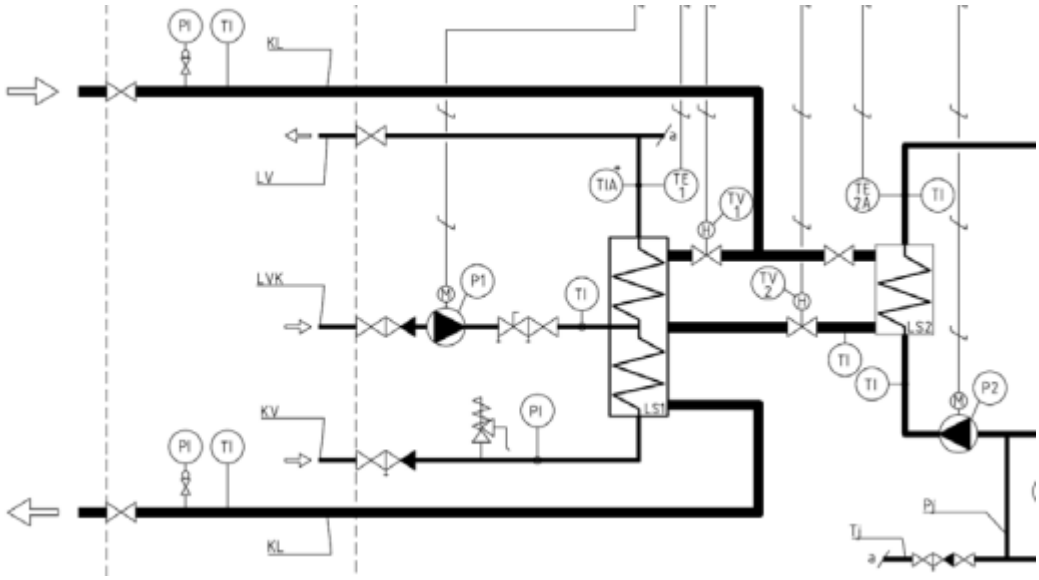
normaaleissa lämmitysverkoissa pumpun imupuolella lämmönjakopaketin yhteydessä. [9, s. 6–7; 10.]

Lämmin käyttövesi

Lämmin käyttövesi tuotetaan kylmävesijohdosta saatavalla vedellä, joka kuljetetaan käyttöveden lämmönsiirtimen läpi omaan putkistoonsa. Lämpimän käyttöveden lämpötilan minimiarvo verkostossa on annettu *Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärilaitteistosta,* ja se on +55 ºC [11, s. 3.] Koska lämpötila lämminvesikalusteella pitää olla asetuksen mukaisesti +55 astetta, on lämpimän käyttöveden lämpötilasäädön asetusarvona käytettävä suurempaa arvoa, esimerkiksi +57…+58ºC. Näin on siitä syystä, että säätöpiirin lämpötilaa ohjaava menoveden lämpötila-anturi on sijoitettuna lämmönjakopakettiin lämmönsiirtimen välittömään läheisyyteen, joten lämminvesiputkiston eristyksistä huolimatta voidaan olettaa pienimutoisia lämpöhäviöitä lämmönsiirtimeltä käyttöpisteeseen. [12.]

Asetuksessa on annettu minimilämpötilan lisäksi myös käyttövesiverkostolle maksimilämpötila +65 ºC, jota korkeampaa lämpötilaa lämminvesikalusteesta ei missään tilassa sallita. Myös lämpimän veden saannin viivettä on rajoitettu asetuksessa, eli lämminvesikalusteesta tulee saada asetuksen mukainen minimilämpötila vähintään 20 sekunnissa. [11, s. 3.] Tämän varmistamiseksi suunnitellaan lämpimälle vedelle kiertojohto, joka nimensä mukaisesti kierrättää lämmintä käyttövettä, jolloin vesi ei jää putkistoihin jäähtymään asuntojen sisäisiä jakojohtoja lukuun ottamatta. Kiertovesijohtoon asennetaan kiertopumppu, joka mitoitetaan verkoston lämmönluovutuksen perusteella. Kiertojohdon mitoituksen ohjeena käytetään lämmönsiirtimelle palaavan veden lämpötilana +55 ºC:ta. Mitoituksessa on lisäksi varmistettava, ettei veden virtausnopeus ylitä missään verkoston osassa yli 1,0 m/s. [13, s. 58.]

Kuvassa 4 on esitetty suuremmissa kohteissa käytettyä käyttövesisiirtimen välisyöttökytkentää. Lämmitys- ja IV-verkostoista palaava kaukolämpövesi hyödynnetään vielä käyttöveden siirtimessä KL-paluuveden jäähtymän parantamiseksi. [13, s. 29.]



Kuva 4. Käyttöveden välisyöttökytkentä [13, s. 34].

Käyttöveden säätäminen poikkeaa hyvinkin paljon muista lämmityspiireistä, koska virtaamamuutokset tapahtuvat nopeasti ja huippukuormia tulee vain piikkeinä. Tästä johtuen käyttöveden säätöventtiilin auktoriteetti, eli venttiilin painehäviön suhde käytettävissä olevaan paine-eroon tulee olla mahdollisimman suuri. Jos venttiilin k_v-arvosta, eli ensiöpuolen virtaaman ja säätöventtiilin mitoituspaine-eron neliön osamäärästä tulee suurempi kuin 6,3, joudutaan säädettävyyden varmistamiseksi lisäämään toinen säätöventtiili ensimmäisen rinnalle. [9.]

Lämmityspatteriverkosto

Perinteinen tapa hoitaa asuintilojen lämmitys on käyttää vesikiertoisia lämmityspattereita eli radiaattoreita, joilla verkostossa kiertävän veden lämpö saadaan patterin pinnasta säteilemällä siirrettyä huoneilmaan [8]. Joissain tapauksissa käytetään asuinhuoneiden lämmittämiseen myös konvektoripattereita, jonka periaatteena toimii kiertävän huoneilman lämmittäminen. Tämä on yleistä, kun tilaa on vähän ja ikkunat suuret. [14.]

Patteriverkoston mitoituslämpötiloiksi suositellaan 45–30 ºC, mutta tämä johtaa yleensä liian suuriin patterikokoihin, jolloin käytännön haitat ovat saatavia hyötyjä suuremmat. K1 antaa mahdollisuuden käyttää myös verkoston mitoituslämpötiloina 60–30 ºC, jolloin saadaan samat lämpötehot ulos fyysisesti pienemmälläkin patterilla. Huoneistokohtaiset

patterit varustetaan termostaattisilla patteriventtiileillä, joilla asukas pystyy hienosäätämään patterin lämpöä. Verkoston kokonaissäätö tehdään linjasäätöventtiileillä ja kiertopumpun virtaaman säädöllä. Verkosto rakennetaan yleensä kaksiputkijärjestelmällä, joten jokaiselle patterille virtaavan veden lämpötila on lähestulkoon sama. [13, s. 8; 15.]

Patteriverkoston lämpötilan asetusarvoa säädetään ensiöpuolen säätöventtiilin avulla rajoittamalla kaukolämpöveden virtaamaa. Asetusarvona käytetään kiinteän asetusarvon sijasta ulkolämpötilan mukaan muuttuvaa asetusta. Tällä tarkoitetaan siis säätökäyrää. [13; 15.] Patterinverkoston menoveden lämpötilaa ohjaava lämpötilansäätökäyrä on esitetty kuvassa 5 [8].

Kuva 5. Esimerkki patteriverkoston säätökäyrästä vyöhykkeellä 1.

Lattialämmitysverkosto

Lattialämmitysverkostolla voidaan hoitaa tilojen primäärilämmitys patteriverkoston sijasta, osan tilojen lämmitys patteriverkoston rinnalla tai pelkästään mukavuustekijänä esimerkiksi märkätiloissa mukavuuslattialämmityksenä. Jos lattialämmitystä käytetään sekä mukavuuslämmitykseen että päälämmönlähteenä, olisi säädettävyyden kannalta suositeltavaa rakentaa molemmille omat verkostonsa. Jos molemmille piireillä on yhteinen verkosto, tulee primäärilämmityksessä käytettävät piirit olla suljettavissa säätöventtiileillä. Myös kiertopiirin pumppu tulee olla nopeusohjattu tai käytettävä kahta pumppua rinnan, että saadaan piiriin tarvittu pienempi virtaama kesäkauden ajaksi.

Lattialämmityksen piirin lämpötilat vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Jos lattialämmitystä käytetään tilojen lämmittämiseen, käytetään verkoston mitoituslämpötiloina 35–30 ºC:ta ja pelkässä mukavuuslattialämmityksessä 30–25 ºC:ta. Lattialämmityspiireissä tulee käyttää ohjelmallista tai termostaattista ylilämpösuojaa, joka pysäyttää verkoston kiertopumpun asetetut maksimilämpötilan ylityttyä. Arvoksi on annettu K1:n esimerkissä +50 ºC. Tämän arvon ylityttyä lattian pinta on jo epämiellyttävän kuuma, ja lämpö voi vahingoittaa rakenteiden materiaaleja. [13, s. 8; 16, s. 7.]

Ilmanvaihdon lämmitysverkosto

Ilmanvaihdon lämmityksellä on tarkoitus pitää tilojen tuloilman lämpötila halutussa asetusarvossaan. Tuloilman lämmityspattereina voidaan käyttää sekä vesikiertoisia että sähkökäyttöisiä pattereita. Normaalissa tulo-poistoilmakoneessa käytetään poistoilman lämmöntalteenottolaitteen apuna vähintäänkin LTO:n jälkeistä lämmityspatteria. Jos IV-koneessa käytetyn lämmöntalteenottolaitteen oma huurteensulatus toimii vain tiettyyn ulkoilman lämpötilaan asti, voidaan ulkoilma esilämmittää myös lämmityspatterilla ennen LTO:ta.

Ilmanvaihdon lämmityspatterit mitoitetaan nykyisin lämpötiloilla 50–30 ºC, mutta IV-lämmitysverkostoon ajettavan veden säätökäyränä voidaan käyttää vastaavaa patteriverkoston kanssa, eli 60–30 ºC. Ilmanvaihtoverkoston lämpötilan tasainen ajaminen aiheuttaa säätämisessä ongelmia ilman kunnollista veden kiertoa, koska lämmöntarve vaihtelee välillä nopeastikin ja toisinaan taas lämmityspatterin venttiili on täysin suljettuna, kun LTO pystyy pitämään tuloilman sisään puhalluksen asetusarvossan. [13.]

2.2 Kiinteistön jäähdytysjärjestelmät

Asuinkerrostalokohteissa jäähdytysjärjestelmien rakentaminen on ainakin vielä melko harvinaista. Jos jäähdytysjärjestelmä kuitenkin rakennetaan, se johtuu yleensä kahdesta syystä. Joko yhteä syynä on asuinviihtyisyyden kasvattaminen. Tämä on yleisempää arvokkailla alueilla ja arvokiinteistöissä.

Toinen syy jäähdytykselle on sen määräystenmukainen tarve. Ympäristöministeriön asetuksessa *rakentamisen energiatehokkuudesta* on annettu luokan 2 eli yli kaksikerroksisten asuinkerrostalojen huonetilojen maksimilämpötilaksi aikavälillä 1. kesäkuuta – 31. elokuuta 27 celsiusastetta. Tämän arvon saa ylittää kyseisellä aikavälillä maksimissaan 150 astetunnilla. Rakennuksen lämpötilalaskenta tulee tehdä tarkoitukseen sopivalla huonelämpötilan simulointiohjelmalla, esimerkiksi IDA ICE:llä. [17.] Astetunti (ºCh) lasketaan yksinkertaisesti vähentämällä huoneen maksimilämpötila +27 ºC simuloidusta lämpötilasta ja kertomalla se kuluneella ajalla. Esimerkkinä: huonelämpötilaksi on simuloitu +30 ºC 10 tunnin ajaksi, +29 ºC 30 tunnin ajaksi ja +28 ºC 50 tunnin ajaksi, muuna aikana lämpötila on raja-arvolla tai alle. Tästä saadaan simuloinnin tulokseksi 140 astetuntia, ja rakennus olisi määräysten mukainen eikä näin vaatisi tilojen jäähdytystä. Koska simuloinnissa otetaan huomioon koko rakennus, voidaan astetuntien ylittyessä parantaa tulosta tarkastelemalla muun muassa ikkunoita, lisäämällä ikkunoihin sälekaihtimet ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Asuinrakennuksissa harvoin tarvitsee turvautua aktiiviseen jäähdytysratkaisuun, vaan astetuntirajat saadaan alitettua edellä mainituilla kustannustehokkaammilla ratkaisuilla. [18.]

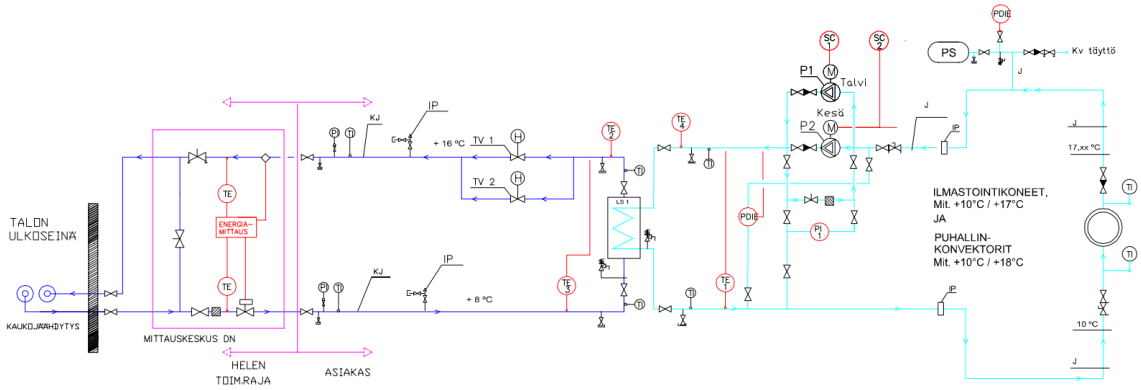
Asuinkiinteistössä jäähdytys tuotetaan joko ulkoisesti tuomalla ”kylmää taloon” eli liittymällä energiamyyjän kaukojäähdytysverkkoon tai paikallisesti koneilla tuottamalla tarvittava kylmäteho, joka voidaan jakaa eteenpäin joko suoralla tai välillisellä jäähdytysjärjestelmällä.

Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytys hankitaan paikalliselta energiamyyjältä samaan tapaan kuin kaukolämpö. Kaukojäähdytystä tarjoavia myyjiä oli vuonna 2018 yhteensä 11, ja kaikkien liittyjien sopimusteho kasvoi vuodesta 2017 vajaasta 300 MW:sta 330 MW:iin. Kaukojäähdytys on ekologisesti kestävä tapa tuottaa jäähdytysenergiaa, koska yli 90 % energiasta tuotetaan energialähteillä, jotka jäisivät muuten käyttämättä. [19.]

Kaukojäähdytyksen rakenne on lähes vastaava kaukolämmön kanssa. Kaukojäähdytyksen sydämenä toimii kiinteistöön sijoitettava jäähdytyskeskus, minne energianmyyjä liittää kaukojäähdytysputkensa sekä mittauskeskuksen. Muilta osin jäähdytyskeskus tulee kiinteistön hankintana ja sisältää ensiöpuolen säätöventtiilit (tehon mukaan 1–4 venttiiliä

rinnan siirrintä kohden), lämmönsiirtimet, toisiopuolen kiertovesipumput, venttiilit, paisuntajärjestelmän ja putkistot. [20.] Helenin kaukojäähdytysverkostossa käytetään ensiöpuolen mitoituslämpötiloina +8/+16 ºC ja toisiopuolella +10/+18 ºC [21].



Kuva 6. Kaukojäähdytyskeskuksen periaatteellinen kytkentäkaavio asuinrakennuksissa [22].

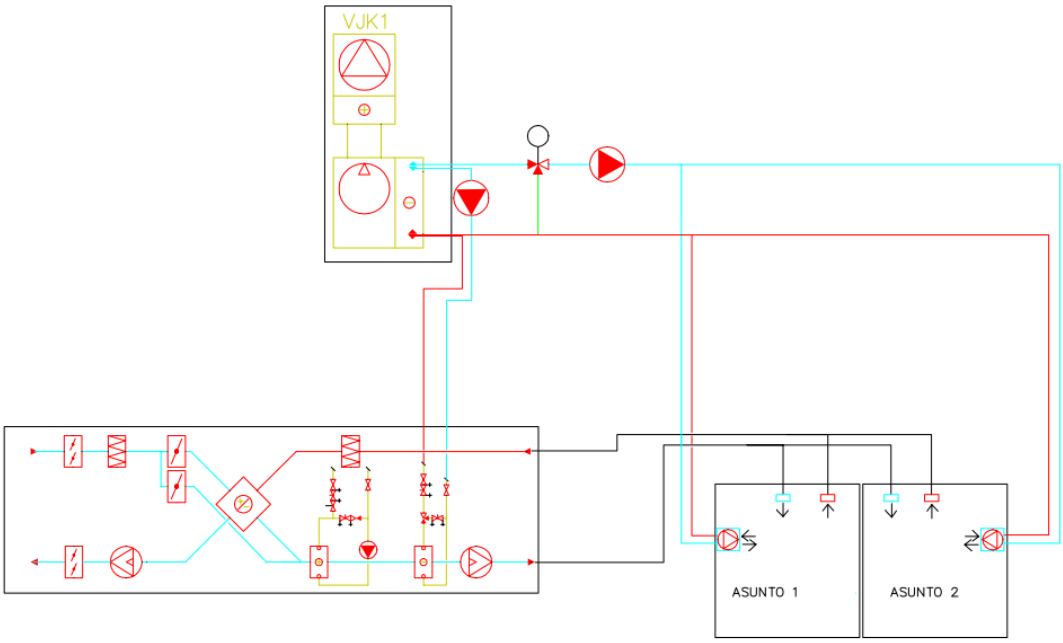
Kuvan 6 esimerkissä on käytetty kahta pumppua jäähdytyspiirissä. Tämä on tarpeellista tilanteissa, joissa jäähdytystehontarve vaihtelee ulkolämpötilojen mukaan. Esimerkiksi asuinkerrostalo, jonka asuinhuoneistojen jäähdytysventtiilit suljetaan tietyn ulkolämpötilan jälkeen, mutta rakennus sisältää myös ympäri vuoden jäähdytettäviä liiketiloja tulee varustaa isolla kesäajan pumpulla (mitoitus maksimi) ja pienemmällä talvipumpulla (mitoitus vain liiketilat). Kahden pumpun tarve voidaan välttää valitsemalla säädettävä pumppu, jonka virtaamaa saadaan pienennettyä tarpeen mukaan. Yhden pumpun käytössä tulee kuitenkin aina LVI-suunnittelijan varmistaa pumpun sopivuus maksimi- ja minimitilanteessa. [21; 22.]

Paikallinen tuotanto

Jäähdytysteho voidaan paikallisesti tuottaa välillisellä jäähdytyksellä, jolloin kylmätekninen kiertoprosessi toteutetaan omalla piirillä (kiertävänä nesteenä kylmäaine) ja höyrystimen läpi luovutetaan kylmäteho vesipiirille, josta lämmönsiirtimen kautta viilennetty vesi käytetään ilman jäähdyttämiseen. Välillisessä jäähdytyksessä käytetään usein keskitettyjä ilma- tai nestelauhdutteisia vedenjäähdytyskoneita tai valmiita kylmävesiasemia, joilla voidaan viilentää keskitetyn ilmanvaihtokoneen tuloilmaa, tai hajautetussa ilmanvaihdossa asuntokohtaisten koneiden tuloilman viilennyspattereita, puhallinkonvekto-

reita tai jäähdytyspalkkeja. Myös lattiaviilennys ja säteilypaneelit ovat mahdollisia toteuttaa. [23.] Kuvassa 7 on esitetty periaatekaavio vedenjäähdytyskoneesta, joka palvelee keskitetyn IV-koneen jäähdytyspatteria ja asuntokohtaisia puhallinkonvektoreita. Tuloilman jäähdytykselle ja puhallinkonvektoreille on omat verkostonsa.

Välillisen jäähdytyksen etuna on pienet kylmäainetäytöt, koska kylmäaine kiertää vain vedenjäähdytyskoneen omassa piirissä. Jäähdytyspattereissa kulkeva neste on viilennettyä vettä tai vesi-glykoliseosta, jos lauhdutin on ulkoasenteinen ja näin vuototilanteissa ei synny vaaraa kylmäaineiden kanssa. [23; 24.]



Kuva 7. Periaate vedenjäähdytyskoneella toteutetusta asuntojen viilennyksestä.

Koska vedenjäähdytyskoneen kylmätekninen prosessi tapahtuu laitteen sisällä tai korkeintaan pienien etäisyyksien päässä voidaan jäähdytysverkoston kokoa kasvattaa. Tuotettua kylmää voidaan jakaa eteenpäin pitkiäkin matkoja, kunhan jäähdytysputkien eristys on hyvä, koska toisin kuin suorahöyrysteisissä järjestelmissä, välillisissä jäähdytysnesteen lämpötilaero meno- ja paluuvedessä ei ole kovinkaan suuri. Esimerkiksi tuloilmakoneen jäähdytyspatterinveden mitoituslämpötila on VJK:ta käytettäessä 7/12 ºC, ja jäähdytyspalkkien lämpötila on jonkin verran korkeampi, noin 15/18 ºC, koska kondensoinnin takia matalampi lämpötila tekisi ongelmia palkin pintaan tiivistyvästä vedestä.

Puhallinkonvektoreille mitoituslämpötiloina voidaan käyttää kumpaa tahansa edellä mainituista riippuen konvektorin rakenteesta, onko se kondensoiva vai kondensoimaton. [23; 24.]

Vedenjäähdytyskoneita on saatavilla myös vapaajäähdytyksellä, jonka ideana on hyödyntää luonnollista kylmän lähdettä, kuten ulkoilmaa. Vapaajäähdytys on Suomen olosuhteissa käyttökelpoinen tilanteissa, joissa jäähdytystehon tarve on myös talvellakin, jolloin kylmää ulkoilmaa voidaan hyödyntää kylmäaineesta poistettava lämpökuormaan. [25]. Tällaisia tilanteita voi asuinrakennuksissa tulla vastaan, jos asuntojen yhteydessä on liiketiloja tai toimistoja.

Suoralla keskitetyllä jäähdytyksellä voidaan hoitaa esimerkiksi keskitetyn ilmanvaihtokoneen tuloilman jäähdytys niin, että kylmäpiirissä kulkeva kylmäaine johdetaan suoraan höyrystymään viilennyspatterille, eikä käytetä muita lämmönsiirtimiä tai väliaineita. Tätä kutsutaan keskitetyksi suorahöyrystykseksi. Suorahöyrystyksessä kiertävä kylmäaine kulkeutuu höyrystymisen jälkeen esimerkiksi vesikatolla sijaitsevalle lauhdutinkompressorille, joka poistaa tuulettimien avulla lämpöä kylmäaineesta ennen uudelleen puristusta. Suorahöyrysteisiä keskitettyjä jäähdytyksiä ei yleensä käytetä isoissa, yli kuution ilmamäärissä, koska jäähdytyksen säädettävyys ei ole tarkka ja voi näin vaikuttaa tuloilman lämpötilan säädettävyyteen negatiivisesti. [23; 24.]

Hajautettuna suorajäähdytystä käytetään pääsääntöisesti asunto/tilakohtaisissa Split-viilennyskoneissa. Split- tai multisplit-laitteissa järjestelmä koostuu yhdestä tai useammasta sisäyksiköstä, jonka läpi huoneilmaa kierrätetään. Sisäyksikössä kylmäaine höyrystyy huoneilmaan viilentäen. Järjestelmän toinen osa on ulkoyksikkö, joka koostuu lauhduttimesta ja kompressorista. Split-koneistot voidaan rakentaa myös lämpöpumppumallilla, jolloin lämmityskaudella laitetta voidaan hyödyntää lämmityskäytössä. Tällöin laitteen sisäinen 4-tieventtiili kääntää kylmäteknisen prosessin kiertosuunnan ja kylmäaine höyrystyy ulkoilmassa ja lauhtuu sisäyksiköllä. [23.]

Suorahöyrysteisiä hajautettuja järjestelmiä voidaan käyttää myös muun muassa toimistotiloissa, joissa yhden ulos asennetun lauhdutinkompressorin perässä voi olla useita puhallinkonvektoreita. Näissä kylmätehon säätäminen tapahtuu laitekohtaisesti konvektorin kylmäainevirtaamaa säätämällä tai ilmavirran muuttamista puhallinta säätämällä.

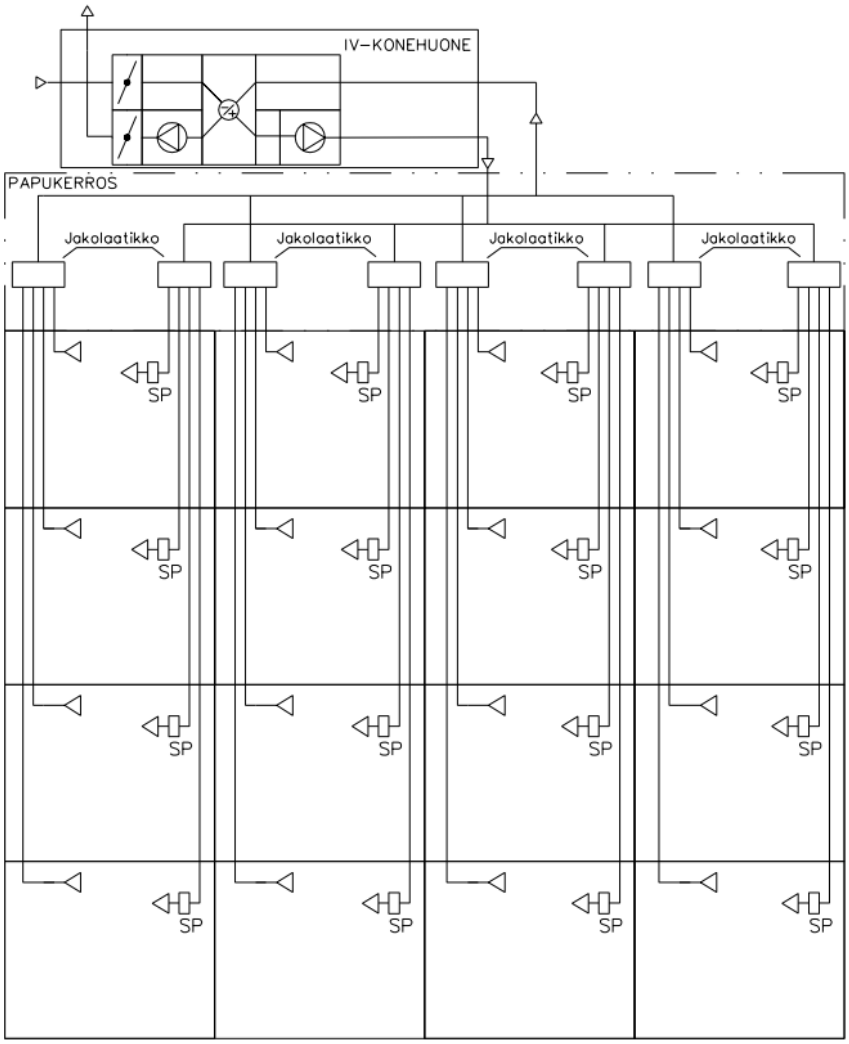
2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmien avulla hoidetaan asuntojen terveellinen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Asuntokohteiden pääilmanvaihtojärjestelmät voidaan jakaa kahteen leiriin riippuen siitä, onko jokainen asunto varustettu omalla ilmanvaihtokojeella vai onko useita asuntoja, yleensä koko porras tai koko talo, varustettu yhdellä yhteisellä ilmanvaihtokoneella. Asuntojen lisäksi myös kaikki muut rakennuksen tilat tulee olla suunniteltuna ilmanvaihdolle määräysten mukaisesti.

2.3.1 Asuntojen ilmanvaihto

Asuntojen ilmanvaihto voidaan toteuttaa keskistetysti yhdellä tai useammalla ilmanvaihtokoneella. Keskitetyn ilmanvaihdon tarkoituksena on palvella useita eri huoneistoja, jolloin ilmanvaihtokone voi olla keskitettynä porraskohtaisesti tai pienemmissä kohteissa myös talokohtaisesti. Keskitetyssä ilmanvaihdossa yhteiselle koneelle tulee vain yksi ulkoilma ja yksi jäteilmakanava. Asuntoihin puhallettava tuloilma ja poistettava poistoilma jaetaan vesikatolla IV-kokoojalaatikoiden sisällä huoneistokohtaisiin kanaviin, joiden kautta ilmavirrat saadaan kanavoitua asuntoihin esimerkiksi talotekniikkahormien tai erillisten nousukanavien kautta. [26.] Ilmavirtojen jako voidaan tehdä myös niin sanotulla jakotukkimenetelmällä, eli koneesta tulevasta runkokanavasta otetaan ”oksat” jokaiselle lähtevälle kanavalle. Jakotukkimenetelmää käytettäessä täytyy varmistaa erityisen tarkkaan lähtevien kanavien puhdistusmahdollisuudet. [27.]

Keskitetty kone sijoitetaan normaalisti talon katolle IV-konehuoneeseen, jolloin ulkoilman otto ja jäteilman puhallus saadaan tehtyä lyhyillä kanavavedoilla. Kuvassa 8 on esitetty periaate keskitetyn IV-järjestelmän toteuttamisesta. Asuntojen nousukanavat yhdistetty vesikatolla kokoojalaatikoihin, joihin liitetään runkokanavat. Kokoojalaatikon kannen tulee jäädä vesikaton eristekerroksen yläpuolelle, jolloin huolto- ja puhdistustyöt saadaan tehtyä. Jokaisen asunnon tulokanavaan asennetaan säätöpelti, jotta IV-kanaviston säätö on mahdollista. [26.]



Kuva 8. Ilmanvaihdon periaate käyttäen keskitettyä järjestelmää.

Keskitettyä konetta käytettäessä ei yleensä ole mahdollista säätää asuntokohtaisesti ilmamääriä pois lukien IMS-järjestelmät. Tällöin rakennuskohtaisesti on voitava ohjata ilmavirtoja vähintään 30 % suuremmiksi käyttöajan ilmavirroista [28]. Tämä tulee huomioida IV-konetta suunniteltaessa ja hankittaessa sekä kanavointeja mitoittaessa. Luokan 2 asuntokohteissa (yli 2-kerroksiset talot) ilmanvaihdon käyttöajat ovat 24 tuntia vuorokaudessa vuoden jokaisena päivänä, joten ilmanvaihdon pienentäminen on kielletty keskitetyissä järjestelmissä. [17; 28.]

Useasti myös keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä on mahdollista tehostaa poistoilmanvaihtoa liesikuvun tehostusläpällä. Nykyvaatimusten mukaan ilmavirtojen tulee olla

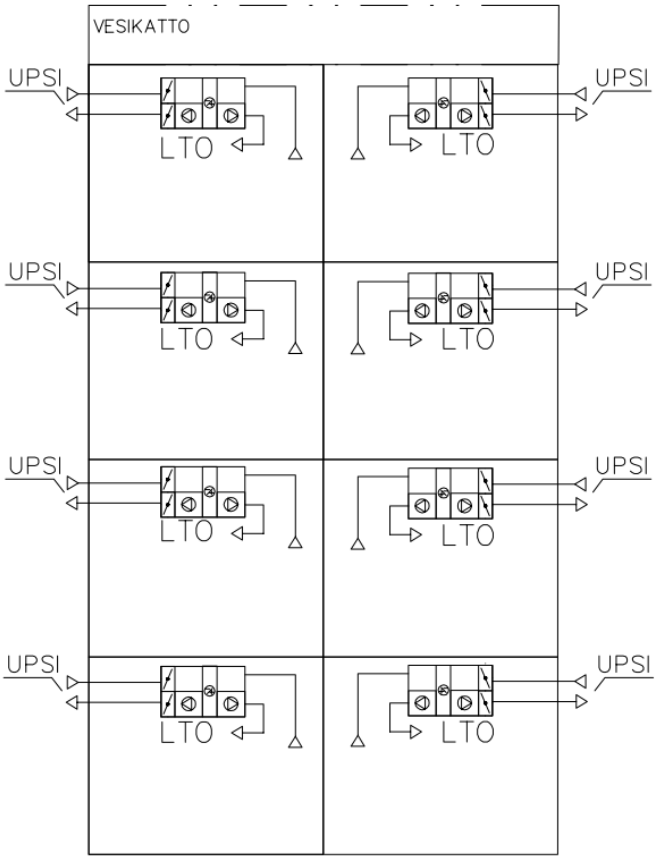
tasapainossa tehostustilanteessa, joten liesikuvun tehostuksen tulee ohjata myös tuloilman tehostusta. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi ylimääräisellä tuloilmalaitteella, jota ohjataan moottoripellillä. [27; 29.]

Liitteessä 2 on esitetty esimerkinomaisesti säätökaavio keskitetystä asuntoja palvelevasta ilmanvaihtokoneesta [30]. Puhaltimien ohjaus on toteutettu kanavapainesäädöllä. Ilmanvaihtokone on varustettu vastavirta-LTO:lla ja sähkökäyttöisellä ulkoilman esilämmityspatterilla. Lämmöntalteenottolaitteen tehoa ohjataan kahdella lohkopellillä ja yhdellä ohituspellillä. Jälkilämmityspatteri on vesikiertoinen ja varustettu omalla kiertovesipumpulla, säätöventtiilillä ja shuntti-piirillä eli kiertolenkillä. IV-koneen ohjaus ja säätö tapahtuvat koneen omalla ohjaussäätimellä, mutta vastaavat ohjaukset voitaisiin toteuttaa myös rakennusautomaatiojärjestelmän kautta. Esimerkkikaavio on melko tyypillinen ratkaisu asuntokohteiden pääilmanvaihtokoneeksi, jos käytetään ”pakettikonetta”, eli tehdasvalmista ratkaisua, johon kytketään yleensä vain sähkösyötöt.

Tuloilman jälkilämmityspatterit voivat olla myös sähkökäyttöisiä. Tuloilman jälkilämmityksessä käyttöaste on kuitenkin Suomen olosuhteissa suuri, että lähes poikkeuksetta päädytään keskitetyissä koneissa käyttämään vesikiertoista jälkilämmityspatteria. Tähän vaikuttavat käytönaikaiset kustannukset ja vaikutus rakennuksen energiatodistukseen. [27.]

Ilmanvaihto asunnoissa voidaan toteuttaa myös hajautettuna. Hajautettu ilmanvaihto tarkoittaa järjestelmää, jossa eri tilojen ilmanvaihto hoidetaan useilla, huomattavasti pienemmillä ilmanvaihtokoneilla. Yleisesti asuntokohteissa hajautettu ilmavaihto tarkoittaa asuntokohtaista iv-järjestelmää, jossa jokainen asunto varustetaan omalla lämmöntalteenotolla varustetulla tulo-poistoilmakoneella. Kuvassa 9 on esitetty periaate hajautetusta ilmanvaihdosta. [26.] Asuntokohtaisessa järjestelmässä on määräysten mukaisesti mahdollista imeä ulkoilma sisään ja puhaltaa jäteilma ulos myös julkisivusta, jos vaaditut etäisyydet ja ilman virtausnopeudet täytyvät [28]. Tähän ratkaisuun on kehitelty yhteistä ulkoilman ja jäteilman seinäpuhalluslaitetta, josta otetaan yhdestä laitteesta sekä ilma sisään, että ulos. Yhtenä esimerkkinä tällaisesta laitteesta on Climeconin valmistama UPSI [31].

Jos määräysten vaatimia arvoja ja etäisyyksiä ei onnistuta täyttämään, joudutaan vähintäänkin poistokanavoinnit jälleen viemään vesikatolle, mikä nostaa ilmanvaihtotöiden kustannuksia. Tällaisia tilanteita voi tulla eteen, jos vierekkäin on paljon pieniä asuntoja, naapurirakennus on lähellä tai arkkitehtuuriset syyt estävät julkisivupuhalluksen. [27.]



Kuva 9. Hajautetun ilmanvaihdon periaate.

Asuntokohtaisten koneiden etuna on paremmat säätömahdollisuudet asunnon sisällä verraten keskitettyyn järjestelmään. Normaalisti puhaltimen nopeuksia pystyy säätämään joko erillisestä ohjauspaneelista tai liesikuvun valintapainikkeista. Koneiden käyttöönotto ja mittaus- ja säätötyöt ovat myös helpot verraten keskitettyyn, koska asuntojen IV-koneet ovat tehdasvalmiita pakettikoneita ja vaikuttavat vain yhden huoneiston ilmamääriin. [26.]

Asuntokohtaisilla koneilla voidaan myös saavuttaa energiasäästöjä, koska asuntokohtaisesti ilmamäärää on luvallista pienentää enintään 60 % käyttöajan ilmamääristä [28]. Tämä on yleensä toteutettu ilmanvaihtokoneen omalla ”POISSA”-tilalla, joka automaattisesti pienentää puhaltimien pyörimisnopeutta ja näin säästää energiaa pitämällä ilmanvaihdon ylläpitotasolla. [32.]

Liitteessä 3 on esitelty hajautetun järjestelmän IV-koneen säätökaavio [33]. IV-kone on varustettu sähköisillä etu- ja jälkilämmityspattereilla, vastavirta-LTO:lla ja kesäohituspellillä. Puhaltimien pyörimisnopeutta ohjataan keittiön liesikuvusta tai erilliseltä ohjainpaneelilta. Koneissa huomioitava kondenssiviemäröinti, koska levylämmönsiirtimeen muodostuu olosuhteista riippuen huurretta, joka sulaessaan tulee ohjata viemäröintiin.

Asuntokohtaisissa koneissa on tuloilman jälkilämmitys lämmöntalteenoton jälkeen hoidettu pääsääntöisesti sähköisellä patterilla. Hajautetussa järjestelmässä vesikiertoinen järjestelmä tarkoittaisi kasvavia putkiasennuksia sekä lisää huoltokohteita, jos jokaisen asunnon lämmityspatterille asennettaisiin säätöventtiilit asuntokohtaisen ilman lämpötilan säätöä varten. [27.]

2.3.2 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon tuloilman lämpöä tulee pääosan vuodesta nostaa ulkoilmasta suuremmaksi [28]. Tähän on kehitetty ratkaisuiksi erilaisia lämmöntalteenottojärjestelmiä, joissa lämpimän poistoilman lämpö saadaan osittain siirrettyä takaisin puhallettavaan tuloilmaan. Lämmöntalteenottojärjestelmät jaetaan seuraaviin kategorioihin:

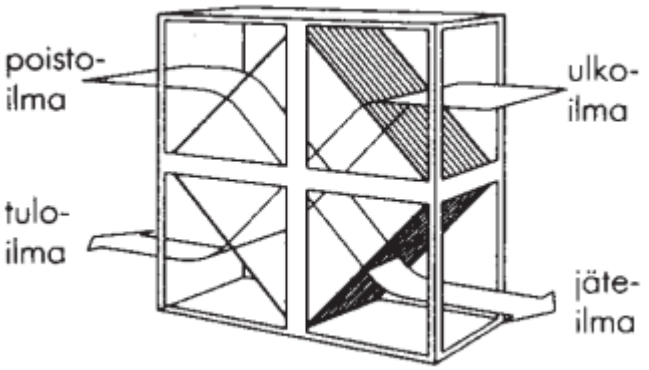
- Rekuperatiiviset levylämmönsiirtimet, eli risti- ja vastavirta-LTO:t.
- Regeneratiiviset lämmönsiirtimet, eli pyörivät LTO:t.
- Nestekiertoiset lämmönsiirtimet. [34.]

Edellä mainituista lämmönsiirrintyypeistä yleisesti asuntokohteissa käytetään vasta- tai ristivirta lamellilämmönsiirtimiä. Näiden etuna asuntokäytössä on huoltovapaus ja hyvä lämpötilahyötysuhde. Ecodesign 2018 -vaatimusten mukaan nestekiertoisten lämmöntalteenottolaitteiden lämpötilahyötysuhteen tulee olla vähintään 68 % ja muilla LTO muodoilla vähintään 73 %. [36.]

Asuntokäytössä pyörivät lämmönsiirtimet rajaa käytännössä kokonaan pois vaatimus, jonka mukaan luokan 3 poistoilma, esimerkiksi WC-tilojen poistoilmaa saa olla maksimissaan 5 % kokonaispoistoilmamäärästä, jos käytetään lämmöntalteenottolaitetta, jossa voi siirtyä epäpuhtauksia tulopuolen ja poistopuolen välillä. [29.] Kuitenkin muussa käytössä pyörivät lämmöntalteenottolaitteet ovat käyttökelpoisia hyvän lämpötilahyötysuhteen ja huurtumattomuuden takia. Pyöriviä lämmöntalteenottolaitteita voidaankin käyttää esimerkiksi toimistotiloissa, tai tiettyjen tilojen omina koneinaan, kuten jätehuoneissa tai lämpimissä parkkihalleissa [29].

Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa ei ole vaarana ilmojen sekoittuminen tulo- ja poistoilma välillä, koska ilmavirrat eivät kohtaa miltään osin toisiaan vaan lämmönsiirto tapahtuu kanavissa olevien lämmönsiirtimien läpi ja siitä väliainetta pitkin (vesi-glykoliseos). Poistoilmapatteri voi kuitenkin huurtua, jos kiertävän liuoksen lämpötilaa ei ohjata kastepisteohjauksella ja patterin pintalämpötila pääsee laskemaan laskennallisen kastepisteen alapuolelle. Tästä syystä myös nestekiertoiset LTO:t varustetaan huurteensulatusautomatiikalla. Nestekiertoista lämmöntalteenottoa voidaan käyttää missä tahansa tilassa ja myös silloin, kun tulo- ja poistopuhallin ovat sijoitettuna fyysisesti eri tiloihin. [27; 34.]

Ristivirta- ja vastavirtalevylämmönsiirtimien toimintaperiaate on molemmissa sama, erona näissä on vain vastavirtasiirtimen pidempi muoto, jolloin vastakkaiset virtaukset ovat pidempään kosketuksissa toisiinsa. Kuvassa 10 olevasta ristivirtalämmönsiirtimen periaatteesta näkee, kuinka poisto- ja jäteilma sekä tulo- ja ulkoilma risteävät lämmönsiirtimen sisällä. Siirtimen rakenteena on ohuita lamellilevyjä, joista joka toisessa ilma kulkee poispäin ja toisessa sisäänpäin. Lamellilevyissä poistoilma luovuttaa ulkoilmalle lämpöenergiaansa. [34.]



Kuva 10. Ristivirtalämmönsiirrin [34].

Johtuen levylämmönsiirtimien toimintaperiaatteesta ja rakenteesta on asuinkäytössä suurena riskinä talviaikana LTO-kuution huurtuminen ja siitä johtuva jäätyminen. Talviaikaan kun ulkoilma on huomattavasti pakkasella ja poistoilma on edelleen lämmintä ja kosteaa, aiheuttaa tämä lamellien huurtumista jäteilmalohkossa. Tästä johtuen IV-konevalmistajat ovat lisänneet perinteisen LTO-lohkosulatuksen lisäksi myös ulkoilman esilämmityksen osaksi huurteensulatusohjausta. Ilmanvaihtokoneen esilämmityspatteria käytetään vastavirta levylämmönsiirtimillisissä koneissa nostamaan kovilla pakkasilla ulkoilman lämpötilaa ennen lämmöntalteenottolaitetta. Esilämmityspatteri voi olla liitettynä rakennuksen lämmitysverkostoon ja lämmönsiirtimen kautta lämmitetään esilämmityskiertopiirin pakkasenkestävää nestettä. Useasti esilämmityksessä käytetään myös sähköistä ilmapatteria, koska esilämmityksen käyttö loppujen lopuksi melko pieni vuotuisesti, joten sähkönkulutus ei ole merkittävä tekijä. [37.]

2.3.3 Muiden tilojen ilmanvaihto

Muiden asuinrakennuksen tilojen, kuten kellaritilojen, porrashuoneiden, pesuloiden, talosaunojen tai jätehuoneiden, ilmanvaihto tulee myös hoitaa määräysten osoittamalla tavalla. Porrashuoneissa ja usein myös muissa kellaritiloissa riittää pelkkä koneellinen poistoilmavirta, koska ulkoilma otetaan korvausilmana ulko-ovien ovisäleiköistä tai siirtoilmana muista tiloista. Näin ollen porrashuonetta ei ole välttämätöntä varustaa erillisellä tulo-poistoilmanvaihtokoneella vaan pelkkä poistopuhallin riittää. Porrashuoneen poistopuhaltimina käytetään yleensä vesikatolle asennettavia, säädettäviä huippuimureita ja

poistoilmaventtiilit asennetaan ylimmän kerroksen kattoon, josta poistetaan porrashuoneen lämmin ilma. Porrashuoneen poistopuhallin voidaan normaalisti asuntokohteissa kanavoida myös palvelemaan hissikuilun ilmanvaihtoa. Näin tehdään siksi, että poistettavat ilmamäärät ovat verrattain pieniä ja puhaltimissa riittää tehoa. Yhdistämällä hissin ja porrashuoneen poistokanavat tulee hissin kanava varustaa säätöpellillä ilmavirtojen säätöä varten. [35.]

Talosaunat ja pesulat voidaan varustaa yhteisellä koneella, koska käytettävä poistoilmaluokka on sama. Talosaunan ilmanvaihdon ohjaus on kuitenkin syytä toteuttaa tilan käytön mukaan tehostettuna, jotta saunomisen yhteydessä tulevat kosteuskuormat saadaan tuuletettua pois. Lämpimän jätehuoneen ilmanvaihto tulee toteuttaa omalla ilmanvaihtokoneella, tai käytettäessä pelkkää poistopuhallusta on poistokanavointi tehtävä omanaan. [29; 35.]

Ryömintätiloissa ja tuulettuvissa alapohjissa tulee olla koneellinen poistoilmanvaihto, ettei kesäaikainen lämmin ja kostea ilma kondensoidu alapohja rakenteisiin. Jos poistopuhallinta käytetään myös haitallisten kaasujen, kuten radonin poistoon, tulee kanavointi hoitaa omanaan vesikatolle asti, jonne asennetaan huippuimuri. [35; 38.]

2.3.4 Savunpoisto ja palonrajoitus

Ilmanvaihtojärjestelmien alalajina on myös erilliset savunpoistojärjestelmät, joiden tarkoituksena on tulipalotilanteessa hoitaa savukaasujen poistaminen tiloista ja näin mahdollistaa pelastustyöt ja evakuoinnit. Normaali asuntokohteissa savunpoisto hoidetaan vain ikkunoilla tai luukuilla, jotka ovat manuaalisesti avattavia. Ainoastaan porrashuoneen savunpoisto hoidetaan kaukolaukaisuna, koska savunpoistoluukku sijoitetaan korkeimmalle porrastasanteelle, jota kautta savukaasut saadaan painovoimaisesti poistumaan. Ikkunan koon tulee olla 1 m^2. [39.]

Ilmanvaihtojärjestelmän paloturvallisuutta säädeltiin vanhassa *Rakentamismääräyskokoelman osassa E7 Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus,* jossa annettiin ohjeistukset ilmanvaihtolaitteistojen paloturvalliselle käytölle. Vuonna 2017 voimaantulleiden asetusten myötä IV:n paloturvallisuus jäi kuitenkin pois omana osionaan. [40.]

Rakennuksen ilmanvaihto on pystyttävä pysäyttämään keskitetysti, yleensä uloskäytävällä olevasta IV-hätäseis-painikkeesta, jota painamalla kiinteistön ilmanvaihtolaitteistot sammuvat joko fyysisesti tai vähintäänkin ohjelmallisesti.

Jos ilmanvaihtokanava kulkee yhden tai useamman osastoidun palo-alueen läpi kuitenkaan avautumatta niihin, riittää kanavan paloeristäminen sen sijaan, että asennettaisiin osastoinnin rajalle palopellit. Paloeristetyn kanavan palonkestävyysajan tulee olla vähintään puolet kyseisen osastoivan rakennusosan ajasta. Jos kanavasta on kuitenkin avautuminen kahteen tai useampaan palo-osastoon, tulee osastoinnin rajalle asentaa palopelti, joka vastaa kestoisuudeltaan lävistettävää rakennetta. [40.]

Vaikka asuinhuoneistot ovat normaalisti kaikki omia palo-osastojaan, voidaan silti niiden osalta käyttää yhteisiä keskitettyjä IV-koneita ja kanavia ilman, että jokaisen asunnon kanavat tulisi varustaa palopelleillä, jos seuraavat ehdot täyttyvät:

- Pystykanavan pinta-ala korkeintaan 200 cm^2 (d = 160 mm).
- Käytetään kuristimeksi tyyppihyväksyttyä kuristinta.
- Kuristimen läpivirtaama korkeintaan 42 dm^3/s.
- Ilman maksimipaine-ero kuristimen yli 100 Pa. [40.]

Koska kanavakoko ja maksimi-ilmavirrat sekä paine-erot tulevat normaalissa kerrostalossa helposti vastaan, on yleisesti helpompaa kanavoida jokaisen asunnon tulo- ja poistokanavointi koko pystynousun osalta. Tällä ratkaisulla vältytään mahdollisista ongelmista. [27.]

Muissa tiloissa savunpoistolle ja palonrajoitukselle on omia vaatimuksiaan, kuten autohalleissa ja maanalaisissa tiloissa sekä muissa poikkeustapauksissa voidaan joutua käyttämään savunpoistoon automaattista koneellista savunpoistoa. Tällöin järjestelmään kuuluvat savunpoistopuhaltimet ja luukut sekä niiden ohjauskeskus. Palonrajoituksena voidaan käyttää myös automaattisia sammutusjärjestelmiä, kuten sprinkleriä, mutta nämä ovat asuntokohteissa melko harvinaisia, ja tästä syystä niitä ei käsitellä tässä työssä sen enempää.

2.4 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Vesi- ja viemäröintijärjestelmä koostuu käyttövedestä ja jäte-, sade- sekä hulevesiviemäröinnistä sekä muista mahdollisista viemäröineistä ja erottimista. Vesi- ja viemärijärjestelmissä ei pääsääntöisesti ole juuri muita teknisiä laitteita käytössä kuin mahdolliset pumppaamot viemärivesille.

Pumppaamoita käytetään viemäröityjen vesien pumppaamiseen, kun rakennuksen viemäröintejä ei voida tehdä viettoviemärinä ja alin viemäripiste on vesilaitoksen ilmoittaman padotuskorkeuden alapuolella. Pumppaamon on rakenteeltaan oltava maanpaineen kestävä ja vesitiivis. Pumppaamosta ei saa aiheutua ympäristöön hajuhaittoja, ja jätevesipumppaamon osalta on järjestettävä myös tuuletus. [11.]

Pumppaamoiden osalta on tärkeää, että laitteistot koekäytetään, ja niistä saadaan riittävä määrä tarpeellisia hälytyksiä. Pumppaamon käynnistys, pysähtyminen, ristiriidat ja pinnankorkeushälytykset tulee varmistaa ennen laitoksen käyttöönottoa. [12.]

Käyttövedessä voidaan myös joutua käyttämään erillistä paineenkorotusta, jos rakennuksen vesipisteistä ei saada tarvittavia virtaamia. Paineenkorotuksessa käyttöveden painetta nostetaan verkkoon kytkettyjen pumppujen avulla riittävän suureksi, että vaikeimmankin vesikalusteen virtaama on suunnitelmien mukainen. Vastavuoroisesti joskus on tarve käyttää paineen alennusta, jos paine jakojohdossa on yli 500 kilopascalia. Tällöin käytetään paineenalennusventtiiliä. [11; 12.]

2.5 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaatiojärjestelmällä hallitaan nykyisin pääosaa kiinteistön LVIS-järjestelmistä, ja toimiva RAU-järjestelmä on edellytyksenä hallitulle ja energiatehokkaalle kiinteistölle.

2.5.1 Väylä- ja ohjaustekniikka

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu asuntokohteissa tyypillisesti yhdestä tai useammasta näytöllisestä keskusyksiköstä, valvonta ala-keskuksesta (VAK). VAK:ssa on tietokone (CPU), joka on ohjelmoitu suorittamaan halutut kiinteistön ja laitteiden ohjaukseen tarvittavat prosessit, näiden lisäksi järjestelmien säädöt on visualisoitu, jolloin asioiden havainnointi helpottuu. Kuvassa 11 on esimerkki näytöllisestä ala-asemasta.

Kuva 11. Fidelixin FX-ala-asema näytöllä [41].

Alakeskus koostuu useista eri I/O-moduuleista, joihin voidaan kytkeä erilaisia pisteitä:

- DI – digital input, kärkitieto, hälytys.
- DO – digital output, päälle/pois, ohjaus.
- AI – analog input, vastusarvo tai jännite/virtaviesti, mittaus.
- AO – analog output, jänniteviesti, säätö. [42.]

Alakeskuksen keskusyksikön kautta ohjataan ja ohjelmoidaan kaikki prosesseissa tarvittavat säätö- ja aikaohjaukset, energiakulutusten käsittelyt ja hälytykset.

Itse ohjattavat ja mittaavat kenttälaitteet ovat hajautettuna eri puolille kiinteistöä. Asuinrakennuksen osalta eniten automaatiojärjestelmän perässä olevia laitteita löytyy lämmönjakopaketilta ja ilmanvaihtokoneesta. Nämäkin laitteet voidaan rakentaa omilla ohjaussäätimillä, jolloin itse säätöprosessi tapahtuu koneella itsenäisesti ja rakennusautomaatioon viedään vain halutut ohjaukset, säädöt, indikoinnit tai hälytykset. Kaapelointi voidaan hoitaa joko pistekohtaisella määrällä johdinpareja tai mahdollisuuksien mukaan jollain molempien laitteiden tukemalla kenttäväylällä, esimerkkisi Modbus tai BACnet. [43.]

Kenttälaitteet koostuvat mittauspuolella pääasiassa eri lämpötilamittauksista sekä ilman ja nesteen painemittauksista. Myös ulkovalojen ohjauksessa tarvitaan valoisuuden mittausta. Toimilaitteita käytetään ohjaamaan ja säätämään venttiileitä eri nestekiertopiireissä tai peltejä ilman kulun rajoittamiseen. Myös teknisempiä laitteita ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmästä. Oikosulkumoottorilla varustettujen puhaltimien taajuusmuuttajia ja EC-tasavirtamoottoreita säädetään jänniteviestillä suoraan rakennusautomaatiosta. [42.]

2.5.2 Mittausjärjestelmät

Nykyaikaisissa taloissa rakennusautomaatiota hyödynnetään enenevissä määrin myös erilaisten mittausten keräämiseen ja käsittelyyn. Mittauksia otetaan yleisesti kulutuksista, kuten kiinteistön vedestä, kaukolämmöstä, kaukokylmästä ja eri sähkölaitteista. Vaikka mittarit ovat normaalisti kaikki luettavissa myös fyysisesti, tarjoaa rakennusautomaatiojärjestelmä suoraan lukemat yhteen paikkaan koottuna ja mahdollisuuden trendien, eli kulutuskäyrien seuranataan.

Monesti mittausjärjestelmät voivat olla myös kiinteistön omasta automaatiojärjestelmästä erillisiä mittariväyliä, joissa on omat keskusyksiköt ja tiedonsiirrot. Esimerkkinä tästä on asuntojen vedenmittaus, johon on saatavilla useiden toimijoiden omat vesimittarit ja keskusyksiköt. Usein nämä tiedot on kuitenkin mahdollista viedä myös rakennusautomaatioon. [42.]

Yleisesti käytetty mittarointiväylä on M-Bus, jossa kaikki mittarit kytketään toisiinsa väylä- tai tähtitopologialla. Mittarit kytketään siis ketjussa toisiinsa tai jokainen suoraan väylään.

Jokaisella mittarilla on oma rekisterinumero, jonka perusteella järjestelmän keskusyksikkö ”MASTER” löytää oikean mittarin väylältä ja osaa kommunikoida oikeaan paikaan. [44, s.11.] Yleensä asuinkerrostalossa pärjätään yhdellä väylällä, johon voidaan liittää vesimittarit ja mahdolliset sähkönkulutuksen alamittarit sekä lämpömäärämittarit. Kiinteistön laskutusmittauksia ei normaalisti saada liitettyä väylälle, vaan sähkö-, kaukolämpö- ja vesitoimittajan mittareista saa vain pulssilähdön seurantaa varten.

Väylien käyttö mittauksissa on suotavaa, koska mittaustiedot luetaan väyläpohjaisissa mittareissa suoraan mittarin omasta rekisteristä, eikä näin vaarana ole pulssimittarien tapaan kulutustietojen katoamista [42].

2.5.3 Etäyhteydet ja hälytystenvälitys

Tärkeänä osana hyvin toimiva rakennusautomaatiota on kiinteistön oman kunnon tarkkailu. Siten mahdollisten poikkeamien varalta kiinteistöautomaatio pystyy välittämään tiedon muuttuneista tilanteista, ja näin huolto pystyy nopeasti reagoimaan asioihin. Alakeskukset varustetaan tätä varten vähintäänkin hälytyksensiirtolaitteella, kuten SMS-modeemilla tai internetyhteydellä ja etäkäytöllä, jolloin kiinteistön tilaa voidaan seurata menemättä paikan päälle itse kohteeseen.

Rakennusautomaatiosta tulevat hälytykset on usein jaettu kolmeen luokkaan niiden kiireellisyydestä riippuen:

- A-luokka – VAARA / HÄTÄ
- B-luokka – VIKA
- C-luokka – HUOLTO.

Näistä A-luokkaan kuuluvat hälytykset ovat kriittisiä kiinteistön toiminnan ja terveellisyyden kannalta, ja niihin pitää reagoida välittömästi. Esimerkkinä A-luokan hälytys voisi olla ilmanvaihtokoneen jäätymisvaaratermostaatin laukeaminen tai lämmityspiirin pumpun pysähtyminen sekä yleisesti ottaen kriittisten laitteiden ristiriitahälytykset. [8; 44.]

B-luokan vikahälytys on usein toimenpiteitä vaativa tai vähintäänkin seurattava asia, tällaisia voisi olla esimerkiksi lämpötilojen asetusarvojen suuri pitkäaikainen poikkeama.

Näiden vikatilanteiden syyt on tarpeen selvittää pikaisesti, mutta akuuttia vaaraa asukkaille tai kiinteistön kunnolle ei ole. [8.]

C-luokan hälytykset ovat huoltoa vaativia, mutta eivät akuutteja asioita, kuten suodattimen ylärajahälytys, jolloin huoltomies osaa tilata uudet suodattimet ja vaihdattaa ne. Näitä hälytyksiä ei yleensä viedä jatkohälytykseen, vaan nämä kuitataan, kun huolto käy tarkistamassa valvomon hälytyslokin. [8; 44.]

3 Toimintakokeiden ja testausten aikataulutus

Aikataulutukseen liittyy kohteen toimintakokeita edeltävien töiden kuntoon saattaminen sekä luovutusvaiheen muiden töiden tarkastusten yhteensovitus. Edeltävien töiden aikataulutus ja seuranta ovat yhteispeliä kaikkien osapuolten kesken.

3.1 Toimintakokeita edeltävien töiden ohjaaminen

Toimintakokeita edeltävien töiden ohjaamisella tarkoitetaan tässä työssä eri aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan luovutusvaiheen töiden aikatauluttamista ja seurantaa. Prosessi lähtee normaalisti käyntiin käymällä osapuolten kanssa yhdessä läpi kohteen tekniset ja toiminnalliset järjestelmät, eri urakoitsijoiden tarpeet omien osuuksiensa hoitamiseksi ja muiden avustavien ja edeltävien töiden selvittäminen. Näiden lähtötietojen pohjalta luodaan aikataulu ja kuittauslomake, jota seuraamalla päästään aloittamaan teknisten järjestelmien toimintakokeet riittävän ajoissa.

Yleisesti asuinkerrostalokohteessa on hyväksi havaittu pitää urakoitsijoiden kesken edeltävien töiden aikataulupalaveri 3–4 kuukautta ennen kohteen vastaanottoa. Suuremmissa kohteissa, joissa testattavaa on enemmän kuin peruskohteessa tai jotka sisältävät poikkeavia järjestelmiä (esim. turva-, kulunvalvonta- tai sprinkleri-järjestelmiä), voi olla tarpeen pitää edeltävien töiden palaverit jo yli puoli vuottakin ennen vastaanottoa.

Ennen palaverin pitämistä tulee kohteen käyttöönottajalla olla näkemys omasta testausaikataulustaan ja kohteen luovutusaikataulusta. Kun tiedetään luovutusajankohta, voi-

daan lyödä lukkoon tulevat toimintakoepäivät. Tästä lähtee rakentumaan edeltävien töiden aikataulutus. Aikataulua on hyvä lähteä rakentamaan valmistumisen kannalta käänteisessä järjestyksessä, koska ainoa päivä, joka lähes varmasti kohteen rakennusvaiheessa tiedetään, on kohteen vastaanottopäivä.

Edeltävien töiden aikataulutuksessa ja niiden ohjaamisen onnistumisessa on tärkeintä saada urakoitsijat sisäistämään omat työnsä ja niiden viivästymisen vaikutukset muiden urakoitsijoiden töihin, eli yhteensovittamisen tärkeys. Lisäksi hyvissä ajoin tehdyn aikataulutuksen tuloksena urakoitsijoille annetaan mahdollisuus resursoida omat työntekijänsä sen mukaan, että luovutusvaiheen testaukset saadaan ajallaan suoritettua. Esimerkkinä ahtaassa lämmönjakohuoneessa on mahdotonta yrittää paikata rästiin jääneitä työtunteja lisäämällä asentajia lopussa, koska tilaan ei yksinkertaisesti mahdu töitä tekemään kuin rajallinen määrä ihmisiä.

Periaatteena edeltävien töiden ohjaamisessa valvotaan, että sovitut työvaiheet eri osapuolilla tulee tehdyksi sovitussa ajassa, jolloin seuraavaa urakoitsija pääsee suorittamaan omat työnsä. Käytetään niin sanottua tikapuuaikataulua, jolloin seuraavalle askelmalle (työvaiheelle) päästään, kun edellinen on kuitattu kyseisen kohdan vastaavan työnjohtajan toimesta tehdyksi. Tämän toiminnan sujuessa voidaan varmistaa jokaiselle urakoitsijalle vapaana oleva työalue ja jokaiselle sovittu aika työn oman osuuden kuntoon saamiseen.

Esimerkki työkohteen vaiheistuksesta

Lämmönjakopaketti (hakasuluissa vastuu-urakoitsija)

- Lämmönjakohuone rakennusteknisesti kunnossa [RU].

- Putkityöt valmiit virtausnuolineen, paisuntojen esipaineet, verkostopaineet oikeat. Verkostonhuuhtelut, -täytöt ja -ilmaukset tehty [PU].

- Sähkötyöt valmiit, lämmönjakopaketilla ja KL-mittauksella sähköt, tilan valaistus kunnossa [SU].

- Automaatiotyöt valmiit, toimilaitteet ja anturit asennettu ja kytketty, säätöohjelmat tehty selostuksen mukaan. Ulkolämpötila-anturia asennettu ja kytketty [AU].

- Vesivirtaamat mitattu ja säädetty, paineet kunnossa ja pumput aseteltu [PU].

- Paketin viritys ja urakoitsijoiden omat testaukset [AU + PU].

- Tilaajan testaus [TILAAJA].

- Puutteiden korjaus ja jälkitarkastus [URAKOITSIJAT + TILAAJA].

- Valmis järjestelmä.

Edeltävien töiden ohjaaminen ja aikataulun toiminta riippuvat paljon kohteen urakoitsijoista. Jos urakoitsijoita ei saada toimimaan sovitun mukaisesti, aikataulut eivät pidä, ei kuitata tehtyjä töitä tai kuitataan työt jotka ovat vielä tekemättä, on koko aikataulun laadinta mennyt hukkaan. Kyseisissä kohteissa on havaittu myös paljon töiden valmiiksi saattamisen vaikeuksia ja toimintakokeiden viivästymisiä ja lukuisia turhia työmaakäyntejä, koska asiat eivät ole edenneet niin kuin pitäisi. Näiden kokemusperäisten tietojen myötä on selvää, että edeltävien töiden ohjaaminen ja urakoitsijoiden sitouttaminen sovittuun ohjelmaan, on avain aikataulun mukaisiin testauksiin.

3.2 TATE-töiden luovutusaikataulu ja koestuslistat

Tate-töiden luovutusaikataulu voidaan tehdä siinä vaiheessa, kun toimintakokeita edeltävien töiden aikataulu on tehty. Luovutusaikatauluun tulee vain pääkohdat toimintakokeita edeltävien töiden aikataulusta, kuten pölyttömyys siivoukset ilmanvaihdon käynnistämistä varten. Luovutusaikatauluun tulee saada mahdollisuuksien mukaan lisättyä kaikkien viranomaistarkastusten ja käytönopastusten päivämäärät sekä sovitut toimintakoepäivät. Tate-luovutusaikataulussa merkitään myös valvojan ja urakoitsijoiden omien tarkastuksien ajankohdat, jolloin loppuvaiheen työt osataan myös muiltakin osin saattaa ajoissa loppuun ja itselle luovutukset tehdä riittävän varhain.

Myös ennen varsinaisia toimintakokeita on tarpeellista ja järkevää tehdä tulevien testausten koestuslistat jo hyvissä ajoin ennen edeltävissä töissä sovittuja urakoitsijoiden omia testauksia ja itselle luovutuksia. Koestuslistojen aikaisella tekemisellä niitä voidaan hyödyntää jo urakoitsijoiden omissa testauksissa ja näin saadaan vielä varmistettua, että järjestelmien testaus olisi myöhempiä rakennuttajan toimintakokeita varten kunnossa.

TATE-luovutusaikataulun rakenteen tulee olla selkeä ja helposti luettava sekä eri osapuolten vastuut ja tehtävät tulee olla selkeästi havaittavissa. Aikataulu toimii myös muistilistana tulevista tarkastuksista ja mittauksista.

4 Testaukset ja tarkastukset

Ennen kohteen luovutusta on sekä urakoitsijalla että rakentajan talotekniseellä valvojalla useita tarkastuksia ja mittauksia suoritettavana.

4.1 Urakoitsijan tekemät mittaus- ja säätötyöt

Tate-urakoitsijoiden oman työn mittaus- ja säätötyöt ovat oleellinen osa kohteen onnistuneessa luovutuksessa. Taloteknisten urakoitsijoiden omat mittaukset ja säädöt ovat myös viranomaisten suuntaan pakolliset, joten näiden tulee olla aina hyväksytysti tehty, ennen viranomaistarkastuksia.

Ilmanvaihto

Ennen rakennuksen käyttöönottoa on huolehdittava ilmanvaihdon osalta siitä, että ilmanvaihtolaitteiston tiiveys on mitattu, ilmamäärät on mitattu ja säädetty sekä ilmanvaihtolaitoksen sähkötehot mitattu ja laskettu ominaissähköteho eli SFP-luku. [28.]

Ennen mittaus- ja säätötöitä ja koneen käynnistämistä on varmistuttava koneen ja kanaviston sekä palveltavien tilojen puhtaudesta. Ilmanvaihtokoneen osalta tulisi olla tehtynä toimintakokeet laitteelle, missä varmistetaan oikea toiminta. Myös rakennuksen ilmatiiviysmittaus tulee olla tehtynä ennen säätötöiden aloittamista. [29.]

Ilmamäärien säätö suoritetaan säätämällä huoneistojen päätelaitteet ja säätöpellit LVI-suunnittelijan painehäviölaskelmassa saatujen esisäätöarvojen mukaisiksi [44, s. 135]. Tämän jälkeen käynnistetään puhallin ja asetetaan siihen pyörimisnopeus, että painohäviöllisesti vaikeimman kanavan päätelaitteista saadaan mitoitusvirtaamat. Tämän jälkeen mitataan kaikki päätelaitteet ja merkitään tulokset pöytäkirjaan, venttiilien säätöihin ei kosketa. Ensimmäisen mittauskierroksen jälkeen pyritään säätämään säätöpeltien avulla kanavat tasapainoon. Tämän jälkeen säädetään haarakanavat ja säädetään puhaltimen kierrosnopeus sopivalle tasolle. Lopuksi säädetään kaikkien huoneiden päätelaitteet. Säätöjen jälkeen käydään vielä tarkastusmittauksella jokainen päätelaite läpi ja kirjataan arvot mittauspöytäkirjaan. [46.] Ilmamäärämittauksissa perussäätö tehdään käyttäen mitoitusilmavirtaa, asuntokohteissa tulee ilmamäärien tarkastukset tehdä myös käyttäen tehostusilmavirtaa [29].

Mittauksista toimitetaan pöytäkirja, johon on merkitty käytetyn mittalaitteen tyypit sekä ulkoiset olosuhteet kuten ulkolämpötila, ilmankosteus, tuulen nopeus ja suunta sekä ilmanpaine. Näiden lähtötietojen lisäksi pöytäkirjaan merkitään jokaisesta päätelaitteesta mitatut ja suunnitellut ilmavirrat, päätelaiteen malli ja säätöarvo sekä painehäviö. [29.] Ilmanvaihtokoneelle annetaan myös kokonaisilmamäärät, taajuusmuuttajien säätöarvot ja kanavapaineet. Mittaukset tehdään kaikista ilmanvaihtokoneista ja poistopuhaltimista sekä myös mahdollisista savunpoistopuhaltimista.

Riippuen siitä, onko kohteessa asuntokohtainen vai keskitetty ilmanvaihto, ovat mittausten toleranssit suunnitelluista arvoista seuraavat:

- Järjestelmäkohtainen poikkeama +/- 10 %.
- Huoneistokohtainen poikkeama +/- 10 %.
- Huonekohtainen poikkeama +/- 20 %.
- Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho +/- 10 %. [28.]

Ominaissähkötehon laskennassa sähköurakoitsija mittaa ilmanvaihtolaitteistoista sähkötehot ja ilmoittaa nämä ilmanvaihtourakoitsijalle, joka laskee näistä SFP-luvut ja tekee pöytäkirjan [29].

Vesi ja lämpö

Urakoitsijan tehtävänä on huolehtia, että verkostojen painekokeet on tehty sekä lämmityspuolella, että käyttövedessä. Painekokeessa verkosto täytetään vedellä ja testipaine on tavallisesti 1 000 kPa käyttövesiverkostossa. [40.] Muiden verkostojen koepaineena käytetään 1,3 kertaa verkostoon suurinta käyttöpainetta [45, s. 5]. Käyttövesiverkostot tulee myös huuhdella ennen käyttöä [11].

Vesilaitteiston paineet ja virtaamat tulee mitata ja säätää, jotta vesikalusteilta saadaan suunnitelmien mukaiset virtaamat. Myös lämpimän käyttöveden kiertojohdon virtaamat säädetään vastaamaan suunniteltuja arvoja, ja lämpimän käyttöveden odotusaika ei ylity. [11.]

Suljettujen kiertopiirien vesivirtojen mittaukset tehdään säätämällä linja- ja kertasäätöventtiilit LVI-suunnitelmien mukaisilla esisäätöarvoilla sekä pumppujen nostokorkeus sekä virtaama varmistetaan [27].

Patteriverkoston osalta LV-urakoitsijan tulee säätää verkoston linjat tasapainoon ja keliolosuhteiden mukaan tehdä varsinainen lämmönsäätö, jos kohteen luovutus osuu lämmityskaudelle ja ulkoilman keskilämpötila on vähemmän kuin –5 ºC [47]. IV-verkoston säädössä tarkistetaan kiertopumppujen pyörimisnopeudet ja mitataan virtaamat linjasäätö- ja kertasäätöventtiilejä säätämällä. Myös mahdollinen glykolipiirin virtaaman mittaus ja säätö kuuluvat tehtäviin. Kaikista mittauksista tulee tehdä pöytäkirjat.

Automaatio

Automaatiourakoitsijan tehtävänä on varmistaa kaukolämpölaitteistojen viritys ja yleinen toimintakunto säädön osalta. Vesivirtojen säätämisen jälkeen tehtävästä virityksestä tehdään virityspöytäkirja ennen kaukolämpölaitteiston lopputarkastusta. Virittäjän tarkastettavaksi kuuluvat anturien kalibrointi, toimintapisteiden ja säätöparametrien asettelut ja säätöjen raja-arvojen asettelut. [13, s. 47.] Ilmanvaihtolaitteiden osalta automaation tulee pyytää IV-mittauspöytäkirjoista säätöarvot taajuusmuuttajille ja EC-moottorillisten huippuimureiden jänniteviestiä varten. Automaatiourakoitsijan tulee myös varmistaa virityksen yhteydessä, ettei säätöpiireihin jää huojuntaa ja asetusarvot ovat oikeat. [45, s. 7.]

4.2 Taloteknisen valvojan tarkistukset ja mittaukset

Kohteen taloteknisen valvojan tehtävänä on varmistaa osaltaan kohteessa tehtyjen mittausten ja säätöjen paikkansapitävyys tekemällä pistokoeluontoisesti testauksia ja mittauksia urakoitsijoiden tekemistä mittauksista.

Ennen mittaus- ja säätötöitä on valvojan tehtävänä varmistua urakoitsijan kanssa ilmavaihtolaitteiston ja tilojen puhtaudesta. Puhtaustarkistus tehdään silmämääräisesti ja pistokoeluontoisesti avaamalla asuntojen päätelaitteita ja ottamalla niistä sorminäyte. Puhtaustarkistus dokumentoidaan ja annetaan IV-koneelle käynnistämislupa. Jos puhtaustarkistuksessa paljastuu puutteita, on urakoitsija velvollinen puhdistamaan ja nuohoamaan kanavat ennen uutta tarkastusta. Puhtaustarkistus dokumentoidaan.

Kun vesivirtojen ja ilmamäärien mittauspöytäkirjat on saatu, voidaan suorittaa valvojan tarkistusmittaukset. Tarkistusmittauksien tarkoituksena varmistua, että saadut mittaus ja säätöarvot ovat oikeita ja paikkansapitäviä. [45.] Ilmamäärissä mittaukset on syytä tehdä muutamasta huoneistosta eri puolelta rakennusta ja vesivirtojen mittauksessa jokaisen verkoston muutamasta linjasäätöventtiilistä.

Myös äänimittauksien tarkistus kuuluu valvojan tehtäviin. Äänimittaukset olisi syytä ajoittaa aikaiseen aamuun tai myöhäiseen iltaan, jolloin vältytään mittausta häiritseviltä tekijöiltä. Äänimittausten tarkoituksena on varmistaa, ettei ilmanvaihdon tai muun tekniikan ääni aiheuta asuntoihin melua yli sallittujen rajojen. Uusimman *Ympäristöministeriön asetuksen* mukaisesti asuntokohteen jatkuvan laajakaistaisen äänen keskiäänitaso on 28 dB ja keittiötilassa 33 dB. [48.] Jos äänimittauksessa ei päästä alle rajojen, tulee varmistaa taustamelun määrä ja siirtää mittausajankohta hiljaisempaan aikaan.

Taloteknisen valvojan tehtäviin kuuluu myös tarkastusmittausten lisäksi urakoitsijoiden mittauspöytäkirjojen ja muiden asiakirjojen hyväksyminen.

4.3 Toimintakokeet

LVI-järjestelmien toimintakokeissa testataan tarvittavilta osin kaikki toiminalliset ja automaatio-ohjauksen perässä olevat laitteet ja laitteistot. Varmin tapa suorittaa testaukset on testata kaikki kojeluetteloiden laitteet ja säätökaavioiden pisteet, jolloin voidaan varmistua siitä, että kaikki kohteessa on toimintakunnossa.

Ennen kohteen toimintakokeiden aloittamista tulee eri urakoitsijoiden toimintakokeita edeltävien töiden olla tehtynä ja urakoitsijoiden väliset yhteistoimintakokeet pidetty. Vaikka kohteen LVI- ja sähkövalvojat ovat työmaa-aikaisessa valvonnassa suorittaneet asennustapatarkastuksia ja katselmuksia, on kuitenkin vielä syytä ennen toimintakokeita käydä asennusteknisesti testattavat laitteistot läpi ja kirjata koestuspöytäkirjaan mahdolliset poikkeamat.

Toimintakokeet suoritetaan asuinkohteessa pääosin yhdessä tai useammassa erässä, riippuen miten toimintakoeaikataulutus on tehty edeltävien töiden ja luovutusaikataulun suunnittelun yhteydessä. Asuinkerrostalokohteen toimintakokeissa ovat pääosassa kaksi suurempaa kokonaisuutta, lämmönjakokeskus ja asuntoja palveleva keskitetty ilmanvaihtokone. Näiden pohjalta yleensä jaotellaan toimintakoepäivät, eli päivä 1, lämmönjakopaketti ja alakerran valvonta-alakeskuksen pisteet ja päivä 2, eli ilmanvaihtokone ja yläkerran muut pisteet.

Toimintakokeista tehdään järjestelmä, kaavio tai laitekohtainen tarkastusosio, joka toteutetaan esimerkiksi rasti ruutuun periaatteella. Käytetyt asetusarvot kirjataan koestusmuistioon, jotta myöhemmin voidaan osaltaan tarkistaa käytetyt asetukset. Seuraavassa lueteltuna tarkastuskohdat käyttöveden lämmönsiirtimen testaamiselle:

- Lämpimän käyttöveden asetusarvo +58 ºC asetettu.
- Menoveden lämpötilamittaus täsmää.
- Menoveden lämpötilan alarajahälytys +52 ºC (viive 2 min).
- Menoveden lämpötilan ylärajahälytys +65 ºC (viive 2 min).
- Kiertovesipumppu käy aina.
- Kiertovesipumpun tilan indikointi ja ristiriitahälytys.
- Säätöventtiiliin säätö ja käsikäyttö.

- Kuormituskoe, virtaama 50 % mitoitusvirtaamasta, hetkellinen poikkeama asetusarvosta: +7 ºC / –10 ºC, jatkuva huojunta +/- 2 ºC.
- Toimilaitteet ja anturit merkitty.

Koska monia testattavia arvoja ei pystytä muuttamaan joko ulkoisten olosuhteiden tai hitaiden muutosten takia, on yleisesti testauksissa käytetty asetusarvojen ohjelmallisia muutoksia. Muutosten tarkoitus on aiheuttaa häiriötä säätöjen normaalitoimintoihin ja saada aikaan haluttuja ohjauksia, säätötoimia tai hälytyksiä. Kaikki muutokset tulee tarkistaa sekä alakeskuksen näytöltä että myös fyysisesti kentältä, kuten venttiilin tai sulkupellin asento. Vain tällä tavoin voidaan varmistua laitteen ja ohjauksen yhtenäisestä toiminnasta.

Testauksien yhteydessä tulee myös varmistaa, että hälytysten siirtoyhteys ja mahdollinen etävalvomo ovat yhteydessä vastanottajaansa. Tätä varten tulee olla tiedonsiirtoyhteydet avattuna, joko mobiilisti tai kiinteällä yhteydellä. Hyväksytysti pidettyjen toimintakokeiden jälkeen tulee järjestelmät jättää suunniteltuihin tiloihinsa ja varmistaa asetusarvojen oikeellisuus ja hälytysviiveet.

Koska toimintakokeissa testataan kaikkien toiminnallisten laitteiden pisteet ja toiminnat, vaatii toimintakokeiden pitäminen käyttöönottajalta osaamista koko talotekniikan alalta, sähköstä ja automaatiosta.

4.4 Viranomaistarkastukset

Ennen kohteen luovutusta on LVI-urakoitsijoiden pidettävä paikallisen rakennusvalvontaviranomaisen ja energialaitoksen sekä mahdollisesti paloviranomaisen kanssa tarvittavat katselmukset ja toimitettava testaus- ja mittauspöytäkirjat pyydetyistä järjestelmistä. Normaalisti ennen kohteen käyttöönottoa tulee olla seuraavat taloteknisiin urakoitsijoihin vaikuttavat tarkastukset suoritettuna:

- KVV-loppukatselmus

- IV-loppukatselmus

- kaukolämmön lopputarkastus

- erityinen palotarkastus. [49.]

Näiden lisäksi tulee olla järjestelmien huolto- käyttöohjeet olla laadittuna ja rakennusaikaiseen laadunvarmistukseen käytetty tarkastusasiakirja asianmukaisesti täytettynä ja kuitattuna. Myös mahdolliset sähkölaitteisto ja erikoisjärjestelemät, kuten sprinkler, tulee olla tarkastettu kolmannella osapuolella. [49.]

KVV-loppukatselmuksessa LV-urakoitsijalla tulee olla rakennusluvan määräämät katselmukset pidettynä ja leimattuna, ja kaikki määrätyt tarkastukset on oltava pidetty ja dokumentoitu sekä varmistettu rakennusvaiheesta vastaavan allekirjoituksella. [50.] Kuva 12 on Espoon KVV-tarkastusten muistilistasta lopputarkastukseen.

KVV Ulkopuoli	Sisäpuolen viemärit	Sisäpuolen vesijohdot
Liittyminen (vesi, jätevesi- ja sadevesiviemäri)	Pohja viemärit	Jakojohdot
Putkikaivantojen perustaminen	Viemärit kerroksissa	Kytkentäjohdot
Jätevesiviemärit (putket, kaivot jne.)	Katon sadevesiviemäröinti	Sulku- ja säätöventtiilit
Sadevesiviemärit (putket, kaivot jne.)	Erottimet	Pumput
Vesijohdot	Pumppaamot	Kannakointi
Putkielementit	Paloeristeet	Lämmöneristeet
Putkikaivantojen eristys ja täyttö	Lämmöneristeet	Vuodonilmaisimet
Ulkoviemäreiden kuvaus	Ääneneristeet	Painekokeet
Suunnitelmien mukaisuus	Viemäreiden kuvaus	Verkoston huuhtelu
Muut KVV asiat	Kalusteet ja lattiakaivot	Lämpimän käyttöveden valmistus
Palo-osastointi asiat	Suunnitelmien mukaisuus	Kiertojohdon laitteet (patterit jne)
Läpiviennit	Kannakointi	Kalusteet
Käyttö- ja huolto-ohjeet		Virtaamien säätö ja mittaus
Väestösuojan KVV-laitteet		Koekäyttö ja toimintakokeet
Lämmitysjärjestelmä		Suunnitelmien mukaisuus

Kuva 12. KVV-lopputarkastuksen rakennusvaiheiden tarkastuslomake [50].

IV-loppukatselmuksessa IV-urakoitsijalla tulee olla omat vastaavat dokumentoinnit hoidettuna kuin KVV-tarkastuksessa. Tarkastusasiakirjan tulee olla kunnossa ja täytettynä. Muistilista tarkastukseen on esitetty kuvassa 13. [51.]

Ilmanvaihtotyöt
Kanavien asennus ja kannakointi
Työaikainen suojaus
Puhdistusluukut
Kanaviston tiiveys
Äänenvaimentimet
Lämmön- ja paloeristeet
Palopellit
Läpiviennit
Päätelaitteet
Raitisilmasäleiköt
Ulospuhalluslaitteet
Ilmanvaihtokoneet ja niiden vaatimat huoltotilat
Kanaviston puhdistus ennen käyttöä
Virtausmittaukset ja säädöt
Äänimittaukset
Toimintakokeet
Suunnitelmien mukaisuus

Kuva 13. IV-lopputarkastuksen rakennusvaiheiden tarkastuslomake [51].

Kaukolämpölaitteiston lopputarkastuksessa lämmönmyyjä varmistaa yhdessä laitoksen toimittaneen urakoitsijan kanssa kaukolämpölaitteiston määräystenmukaisuuden ja tarkistaa säätöventtiilien ja lämmönsiirrinten toiminnan kuormituskokeella. Myös lämmönjakopaketin virityspöytäkirja tulee olla tehtynä lopputarkastukseen. Lopputarkastuksessa käydään myös läpi lämmönjakopaketin loppudokumentoinnit ja käyttö- ja huolto-ohjeet. Hyväksytylle paketille tehdään valmistumispöytäkirja ja se toimitetaan lämmönmyyjälle. [13, s. 48.]

Kohteen erityiseen palotarkastukseen mennessä on ilmanvaihtolaitteistojen osalta oltava kunnossa mahdolliset savunpoistopuhaltimet luukkuineen ja pelteineen. Puhaltimista tulee olla mitattuna ilmamäärät ja järjestelmän tulee olla kokonaisuudessaan testattu, näistä tehdään myös pöytäkirjat. [52, s. 5.] Normaalin ilmanvaihdon osalta tulee olla ilmanvaihtolaitteistot toimintakunnossa ja IV-hätäseis-painike asennettuna ja testattuna. Kanavien paloeristykset tulee olla tehtynä suunnitelmien mukaisesti ja palopellit asennettuna ja asennuksista laadittu asennustodistus. Palopeltien koekäytöistä ja IV-kanavien nuohouksesta on tehty kunnossapito-ohjelma huoltokirjaan. [52, s. 7.]

5 Luovutusmateriaali ja käytönopastus

Kohteen onnistuneen käytön aloittamiseksi valmistumisen jälkeen on myös luovutusmateriaalien ja loppukuvien sekä huollon opastusten oltava ajan tasalla ja kunnossa.

5.1 Käytönopastus ja huollon ohjeet

Ennen kohteen luovutusta ja rakennusvalvonnan käyttöönottotarkastusta tulee talotekniisistä järjestelmistä pitää käytönopastus kiinteistön edustajille. Yleensä käytönopastus pidetään valitun huoltoyhtiön henkilöille. Käytönopastuksen sisältö on pääasiassa eri taloteknisten järjestelmien läpikäyntiä ja perehdytystä laitteisiin ja niiden käyttöön.

Käytönopastukseen tulisi varata riittävästi aikaa, että koulutuksen vastaanottavilla henkilöillä olisi aikaa pureutua kerrottaviin asioihin. Käytönopastuksessa tulee urakoitsijoiden toimesta esitellä omat laitteensa, niiden suunnitelmienmukainen toiminta, normaalit huoltotoimenpiteet ja mahdolliset muutettavat säätöarvot tai asetukset. Myös toimintaohjeet ongelmatilanteista laitteiden toiminnan kanssa ja ongelmien eteenpäin ilmoittamisesta. [53.]

Kokemusperäisten tulosten jäljiltä voidaan todeta, että vaikka huoltoyhtiölle pidetään käytönopastukset ja laitteista toimitetaan erikseen käyttö- ja huolto-ohjeet, olisi erilliselle huollon oppaalle tarvetta. Monissa luovutuksen jälkeisissä pienissä ongelmissa koituu rakentajalle paljon turhia takuukäyntejä, koska perusasioiden hallinnassa on käyttäjän puolella ongelmia. Etenkin nykyaikaisissa taloissa, kun pääosaa taloteknisistä järjestelmistä ohjataan rakennusautomaation kautta, tulisi järjestelmän käytölle olla perusteelliset ”rautalanka”-ohjeet, joiden avulla pystyttäisiin välttämään pääosa käytönaikaisista ongelmista.

Huollon ohjeiden laatimista vaikeuttaa se, että eri automaatiojärjestelmät ovat jokseenkin erilaisia ja yleispätevän ohjeen tekeminen olisi haastavaa. Kuitenkin yleisimpiä LVI-laitteiden hälytyksiä ja niihin reagointia voidaan ohjeilla saada paremmin hallintaan. Esimerkkinä ilmanvaihtokone on pysähtynyt IV-verkostohäiriön vuoksi. Ratkaisuna tulee tarkistaa seuraavat asiat:

- Onko verkoston paineet laskeneet?
- Onko verkoston säätöventtiilissä ongelmaa?
- Onko verkon stabiilisuudessa ongelmaa?
- Onko lämmitysverkon pumppu toiminnassa?

Jos näistä löytyy vika, voidaan ongelma joko ratkaista lisäohjeilla tai ainakin voidaan antaa konsultointia etänä. Näin voidaan välttyä turhilta takuukäynneiltä, jos viaksi paljastuu vain alentunut verkoston paine ja verkoston täytöllä saadaan prosessi taas kulkemaan.

5.2 Luovutuskuvat ja -materiaalit

Kohteen luovutuksen lähestyessä, kun asennukset ovat pääosin valmistuneet, tulee kaikki rakennusaikaiset muutokset eli LVI-urakoitsijan ylläpitämät tarkekuvat eli ”punakynäkuvat” toimittaa LVI-suunnittelijalle puhtaaksi piirrettäväksi. LVI-suunnittelijan vastuulle kuuluu hoitaa korjattujen kuvien hyväksyttäminen paikallisella rakennusvalvontaviranomaisella ja saada näihin leimat. Leimatut kuvat toimitetaan rakennusvalvonnan verkkopalveluun (lupapiste.fi) ja toimitetaan vähintään kaksi sarjaa paperisina luovutettavalle taloyhtiölle sekä sähköisessä muodossa sovittuun paikkaan.

Loppukuvissa tulee olla korjattuna kaikki rakentamisen aikana tehdyt muutokset, ja laitteet tulee esittää niin kuin ne on todellisuudessa asennettu ja säädetty. Luovutuskuviin sisältyvät normaalisti pohjapiirustukset ja kojeluetteloiden lisäksi säätökaaviot sekä pisteluettelot. Työseostukset voidaan liittää loppukuviin, mutta tämä ei ole pakollista. LVI-loppukuvissa tulee esittää laitteiden todelliset tuotetiedot. [53.]

Loppukuvien lisäksi urakoitsijan tulee luovuttaa kaikkien toimittamiensa laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet sekä kaikki vaaditut pöytäkirjat, kuten vesivirtojen mittaukset, painekokeet, ilmamääräsäädöt ja muut pöytäkirjat, joilla varmennetaan rakennettujen järjestelmien määräysten ja vaatimustenmukaisuus. Käyttö- ja huolto-ohjeet toimitetaan kansiossa kasattuna pakettina, joka toimitetaan myös sähköisesti arkistoitavaksi. Luovutusmateriaali sisältää ainakin,

- kaikkien mittausten, säätötöiden ja testausten pöytäkirjat

- laitekohtaiset konekortit
- laitteiden esiteet ja käyttö- ja huolto-ohjeet suomeksi käännettyinä
- mahdolliset raportit ja videot viemärien kuvauksista
- kanavien puhtaustarkistuspöytäkirjat
- tarvittavat erillistakuutodistukset. [53.]

Yleensä tätä huoltokirjaksi kutsuttua kokonaisuutta koordinoi rakennuttajan edustaja, jonka kautta urakoitsijat toimittavat tarvittavat loppumateriaalit.

6 Rakennuttajan taloteknisen valvojan tehtävät yleisesti

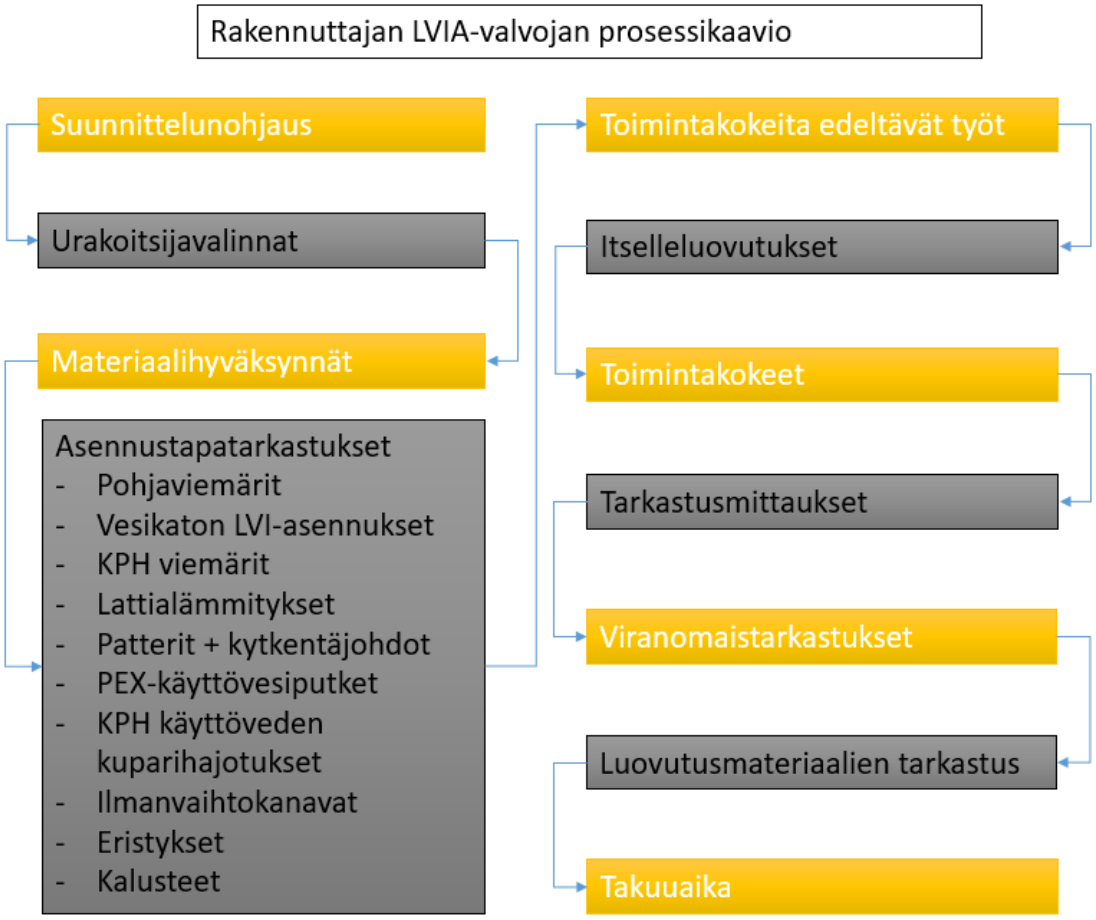
Rakennusprosessin aikana rakennuttajan taloteknisen valvojan tehtäväkuvaukset ovat yleisellä tasolla kerrottu esimerkiksi *Rakennustiedon LVI-kortissa 03-10531* [54]. Parhaassa tapauksessa tehtävät alkavat jo suunnitteluvaiheessa, jolloin päästään vaikuttamaan käytettyihin suunniteluratkaisuihin. Valvontatöissä valvojan pääpaino on työmaan laadullisessa valvonnassa, mutta sopimuksesta riippuen siihen voi sisältyä myös esimerkiksi aikataulullista valvontaa, työmaan turvallisuuden valvontaa ja taloudellista valvontaa [54, s. 2–3].

Kuvassa 14 on esitetty taloteknisen valvojan prosessikuvaus kohteessa, missä valvojan tehtävät alkavat jo suunnittelunohjauksesta. Suunnittelunohjaukseen kuuluu osallistua yhdessä suunnittelijan ja rakennuttajan kanssa LVI-järjestelmien periaatteellisten ratkaisujen valintaan ja kommentoida myöhemmin erikoissuunnittelijan tekemät suunnitelmat. Valmiiden suunnitelmien jälkeen valvoja osallistuu taloteknisten urakoitsijoiden valintaan tarjouslaskentavaiheessa.

Urakoitsijavalintojen jälkeen alkaa työmaavaihe käytettävien materiaalien hyväksyttämisessä. Materiaalivalinnoissa urakoitsijan esittämät materiaalit tarkistetaan valvojan ja suunnittelijan toimesta ja varmistetaan niiden suunnitelmien- ja määräystenmukaisuus. Kohteen edetessä valvonnan yleiskuvana on työmaakierrokset ja eri urakkavaiheiden sisältämät asennustapatarkastukset. Näistä pääkohdat asuinkohteessa on esitetty myös kuvassa 14.

Työmaavaiheen loppuosassa tullaan tämän työn pääaiheeseen, eli toimintakokeisiin valmistautumiseen, itselle luovutuksiin eli oman työn tarkastuksiin ja itse toimintakokeisiin. Testausten jälkeen valvojan tehtäväksi jää vielä suorittaa tarkastusmittaukset aiemmin käsitellyissä laajuuksissa sekä osallistua tarvittavilta osin viranomaistarkastuksiin.

Vielä ennen kohteen vastaanottoa ja rakennusprosessin päättymistä tulee tarkastaa urakoitsijalta saadut luovutusmateriaalit ja suunnittelijoiden toimittamat luovutuskuvat. Vastaanoton jälkeen valvoja osallistuu takuuaikaisiin ongelmiin ja tarvittaessa konsultoi kiinteistöhuollon ja isännöinnin suuntaan.



Kuva 14. Prosessikaavio LVIA-valvojan tehtävistä

7 Yhteenveto

Taloteknisten järjestelmien moitteeton toiminta on edellytys terveelle, turvalliselle ja viihtyisälle asumiselle. Järjestelmien merkitys kiinteistöissä on kasavanut merkittävästi viimeisten vuosikymmenten aikana, eikä kehitykselle näy loppua, koska kehitys vie jatkuvasti uusiin tekniikoihin ja älykkäisiin ratkaisuihin. Toimivien järjestelmien takana on aina onnistunut rakennusprosessi, jossa on eri osapuolten töiden yhteensovitukset saatu osumaan nappiin ja järjestelmät on päästy säätämään ja testaamaan ajoissa ja lopullisilla mittausarvoilla. Onnistuneen rakentamisen ja käyttöönoton jälkeen myös järjestelmien käytön ja huollon tulee olla sillä tasolla, että niistä saadaan jatkossakin kaikki irti.

Rakentamisen loppuvaiheen aikana on selväsi tarvetta taloteknisten urakoitsijoiden ja muun rakennustyön yhteensovitukselle ja aikataulutukselle, jolla varmistetaan järjestelmien riittävän aikainen valmistuminen ja haluttu lopputulos laadun osalta. Kohteiden luovutusten jälkeen pienetkin puutteet aiheuttavat enemmän päänvaivaa, kuin ne olisivat rakentamisen aikana tuottaneet, joten puhtaat testauslistat vähentävät myös takuuajan turhia käyntejä kohteessa. Toimivilla ja testatuilla järjestelmillä annetaan myös hyvät lähtökohdat rakennuksen käyttäjillä asua hyvin toimivassa rakennuksessa.

Insinöörityön tarkoituksena oli käydä läpi asuinkerrostalon käyttöönottoprosessia sekä esitellä yleisimpiä taloteknisiä järjestelmiä, joita normaaleissa asuinkohteissa tulee vastaan. Työn tarkoituksena oli myös toimia tukena ja yleistietona käyttöönottajillemme, joille eivät välttämättä LVI-järjestelmien perusteet ole täysin tuttuja. Työn sisältö kasattiin pääsääntöisesti alan määräyksistä ja ohjeista sekä käyttäen paljon kokemusperäistä tietoa ja käytännössä hyväksi havaittuja tapoja. LVI-suunnittelua ja -laitteiden toimintaa ohjataan paljon asetusten ja määräysten avulla, joten näiden käyttäminen työn päälähteenä on käytännössä välttämätöntä, kun avataan järjestelmien perusteita.

Työssä tarjotaan lukijalle yhteenvetona eri LVI-järjestelmien periaatteet ja mahdollisia huomioitavia asioita. Lisäksi työssä käsitellään rakentamisen loppuvaiheen töiden yhteensovittamisen ja aikataulutuksen tapoja ja urakoitsijoiden ohjaamista. Lopuksi on läpikäyty huoltotöitä tukeva osio, josta työtä on tarkoitus jatkaa tämän insinöörityön jälkeen.

Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet ja onnistuttiin kasaamaan periaatteet kattava tietopaketti yrityksen sisäiseen käyttöön LVI-teknisistä järjestelmistä perehtymättömille. Myös käyttöönottoprosessin ja toimintakokeita edeltävien töiden sekä LVI-valvonnan tehtävien läpikäynnissä saatiin tarvittavat tiedot kerättyä kasaan.

Lähteet

1 Talotekniset järjestelmät. 2013. Verkkoaineisto. Ympäristöhallinto. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI> Luettu 8.12.2018.

2 Sulamäki, Hanna. 2018. Luentokalvo. Kiinteistökohtainen lämmöntuotanto, kaukolämpö. Espoo, Metropolia AMK.

3 Kaukolämmitys. 2006. LVI 10-10398. Rakennustieto Oy.

4 Energialähteet. Verkkoaineisto. Helen. <https://www.helen.fi/yritys/energia/energiantuotanto/energianlahteet/> Luettu 20.12.2018.

5 Miten maalämpö toimii. 2019. Verkkoaineisto. Thermia. <http://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/> Luettu 18.2.2019.

6 Lämpöpumput. 2002. LVI 11-10332. Rakennustieto Oy.

7 CADS 18 mallikirjasto. Mallikaavio. 2019. Kymdata Oy.

8 Talotekninen järjestelmäkuvaus. 2018. Ohjetiedosto. SRV Rakennus Oy.

9 Sulamäki, Hanna. 2018. Luentokalvo. Lämmitystekniikka 2. Painesuhteet pumppukiertoisessa lämmitysverkostossa. Espoo, Metropolia AMK.

10 Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. 2011. LVI 11-10472. Rakennustieto Oy.

11 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoista. 1047/2017. Helsinki, Ympäristöministeriö.

12 Vesi- ja viemärilaitteistot -opas. 2018. Ohjetiedosto. Talotekniikkainfo.

13 Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet, K1/2013. 2014. Helsinki, Energiateollisuus ry.

14 Konvektori vs radiaattori. Verkkoaineisto. Cleverheating, Purmo. <http://cleverheating.fi/konvektori-vs-radiaattori/> Luettu 19.1.2019.

15 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI 12-10343. Rakennustieto Oy.

16 Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996. LVI 13-10261. Rakennustieto Oy.

17 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 1010/2017. Helsinki, Ympäristöministeriö.

18 Liljeström, Kimmo; Vuolle, Mika. Kesäajan huonelämpötilojen hallinta. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140303.pdf> Luettu 27.12.2018.

19 Energiavuosi 2018, Kaukolämpö. 2019. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2018_-_sahko.html> Luettu 18.1.2019.

20 Valkeapää, Aki. 2018. Luentokalvo. Jäähdytysjärjestelmät, Rakennusten kaukojäähdytys. Espoo, Metropolia AMK.

21 Rakennusten kaukojäähdytys, yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet, J1/2014. 2014. Helsinki, Energiateollisuus ry.

22 Salmi, Jussi. Kaukojäähdytyksen järjestelmäohje. 2019. Verkkoaineisto. Helen Oy.<https://www.helen.fi/globalassets/jaahdytys/ammattilaiset/kaukojaahdytys/kaukojaahdytyksen_jarjestelmaopas.pdf> Luettu 19.1.2019.

23 Valkeapää, Aki. 2018. Luentokalvo. Jäähdytysjärjestelmät. Rakennusten jäähdytys. Espoo, Metropolia AMK.

24 Svahn, Timo. 2015. Luentokalvo. LVI-suunnittelu II. Jäähdytysjärjestelmät. Espoo, Aalto-yliopisto.

25 Vapaajäähdytys. 1989. LVI 61-10151. Rakennustieto Oy.

26 Säteri, Jorma; Innanen, Seppo. 2016. Luentokalvo. Ilmastointitekniikka. Asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmät. Espoo, Metropolia AMK.

27 Ainetdin, Niko. 2019. LVI-asiantuntija, SRV Rakennus Oy. Espoo. Haastattelut 2018–2019.

28 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 1009/2017. Helsinki, Ympäristöministeriö.

29 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2018. Ohjetiedosto. Talotekniikkainfo.

30 Intervent materiaalipankki. 2019. Verkkoaineisto. Intervent Oy. <https://intervent.fi/materiaalipankki.html> Luettu 3.3.2019.

31 Climecon UPSI tuotesivu. 2019. Verkkoaineisto. Climecon Oy. <https://www.climecon.fi/tuotteet.php?k=616168.> Luettu 4.3.2019.

32 Swegon CASA smart tuotesivu. 2019. Verkkoaineisto. Swegon Oy. <http://www1.swegon.com//fi/Swegon-Home-Solutions/Tuotteet/Lisavarusteet/Ohjaustekniikka/CASA-Smart/> Luettu 4.3.2019.

33 Swegon materiaalipankki. 2019. Verkkoaineisto. Swegon Oy. <http://www1.swegon.com/fi/Swegon-Home-Solutions/Tuotteet/Ilmanvaihtolaitteet/Vastavirtakennoiset-W-sarja/CASA-W3/> Luettu 4.3.2019.

34 Keskusilmastointikoneen osien valinta ja mitoitus. 1990. LVI 31-10172. Rakennustieto Oy.

35 Asuntoilmanvaihto-opas, ilmanvaihtojärjestelmät. 2008. Ohjetiedosto. Ympäristöhallinto.

36 Tietopaketti IV-koneiden ekosuunnitteluvaatimuksista. 2018. Verkkoaineisto. Koja Oy. <http://www.koja.fi/uploads/images/pdf/Tietopaketti%20ekosuunnitteluvaatimuksista.pdf> Luettu 5.2.2019.

37 Keskustelut laitevalmistajien kanssa. 2019. Keskustelut. Fläktwoods ja Koja.

38 Radonin torjunta. 2012. LVI 37-10513 Rakennustieto Oy.

39 Savunpoisto rakennuksista. 2015. Ohjetiedosto. Helsingin kaupunki, Rakennusvalvontavirasto.

40 Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. 2018. Ohjetiedosto. Talotekniikkainfo.

41 Fidelix keskusyksiköt tuotesivu. 2019. Verkkoaineisto. Fidelix Oy. <https://www.fidelix.fi/tuotteet/#keskusyksikot> Luettu 25.2.2019.

42 Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. ST-käsikirja 17. Espoo, Sähkötieto ry.

43 Tapio, Jarmo. 2018. Luentokalvo. Rakennusten automaatiojärjestelmät. Huoneistokohtainen automaatio. Espoo, Metropolia AMK.

44 Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö. Kouvola, Penan Tieto-Opus Ky.

45 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely, tehtävät ja dokumentointi. 2018. LVI 03-10631. Rakennustieto Oy.

46 Korpi, Tapio. 2019. LVI-asiantuntija, SRV Rakennus Oy. Espoo. Haastattelut 2018–2019.

47 Lämmitysverkoston säätö. 1994. LVI 41-10230. Rakennustieto Oy.

48 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. 796/2017. Helsinki, Ympäristöministeriö.

49 Loppukatselmuksen muistilista. 2019. Verkkoaineisto. Espoon kaupunki, rakennusvalvonta. < https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Rakentaminen/Rakennusvalvonta/Tyomaaaikainen_toiminta/Kayttoonotto_ja_loppukatselmus> Luettu 3.3.2019.

50 KVV-töiden muistilista ja tarkastusasiakirjan malli. 2019. Verkkoaineisto. Espoon kaupunki, rakennusvalvonta. < https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Rakentaminen/Rakennusvalvonta/Tyomaaaikainen_toiminta/Vastaavat_tyonjohtajat/Rakennustyon_aikaiset_lomakkeet_ja_ohjei(8284)> Luettu 3.3.2019.

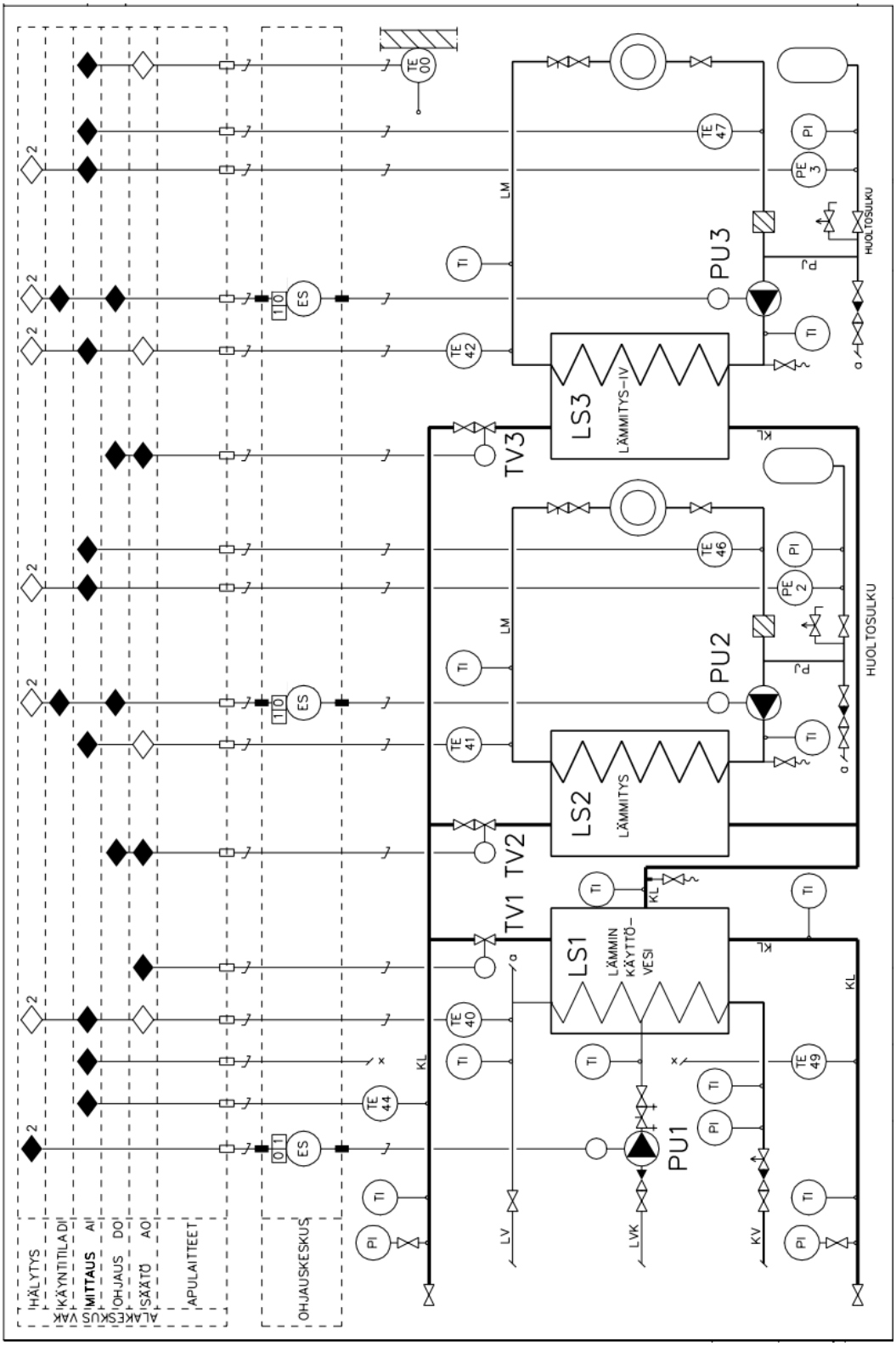
51 IV-työn muistilista ja tarkastusasiakirjan malli. 2019. Verkkoaineisto. Espoon kaupunki, rakennusvalvonta. < https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Rakentaminen/Rakennusvalvonta/Tyomaaaikainen_toiminta/Vastaavat_tyonjohtajat/Rakennustyon_aikaiset_lomakkeet_ja_ohjei(8284)> Luettu 3.3.2019.

52 Ohje vastaaville työnjohtajille erityistä palotarkastusta varten. 2014. Menetelmäohje. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos.

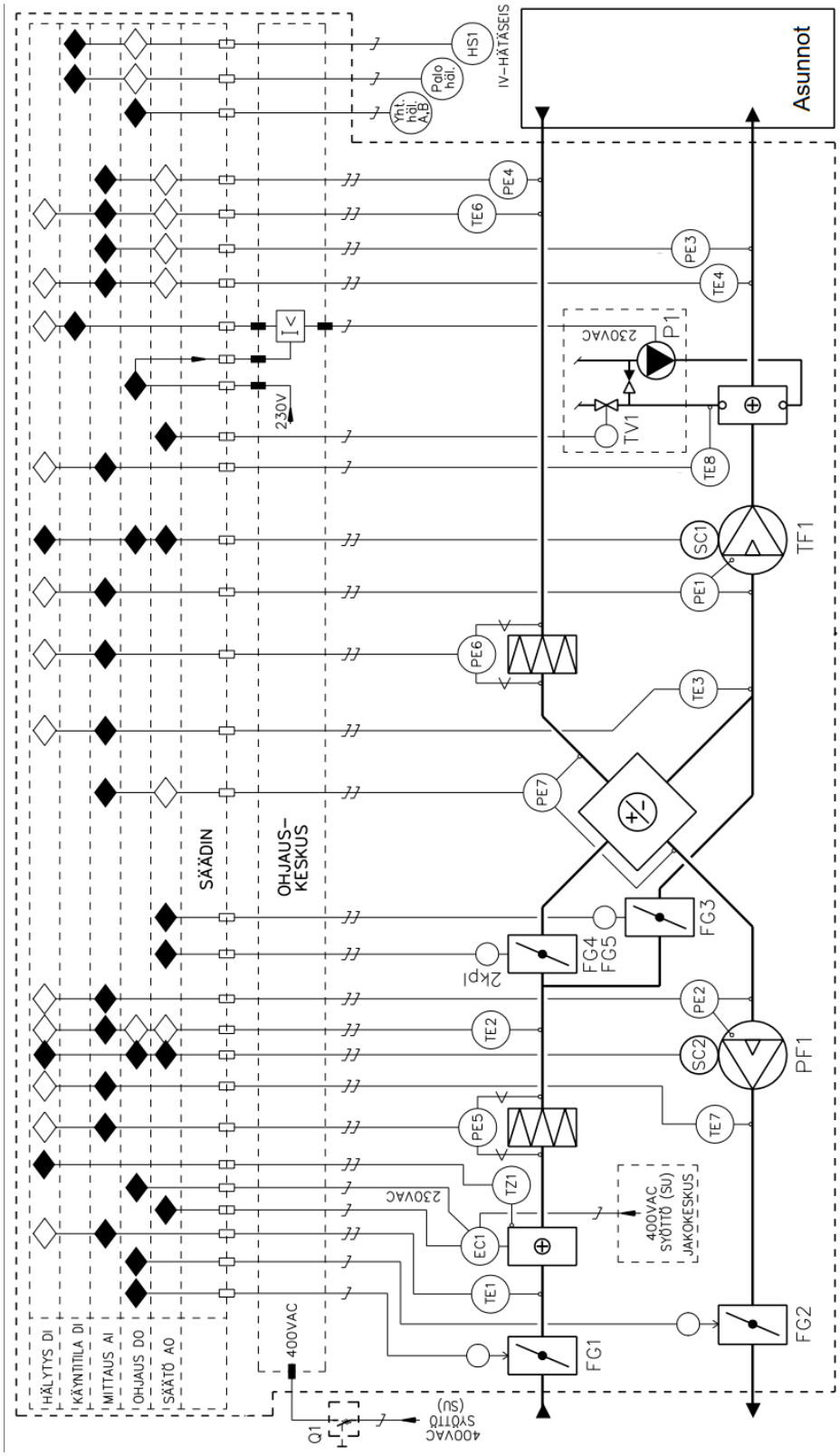
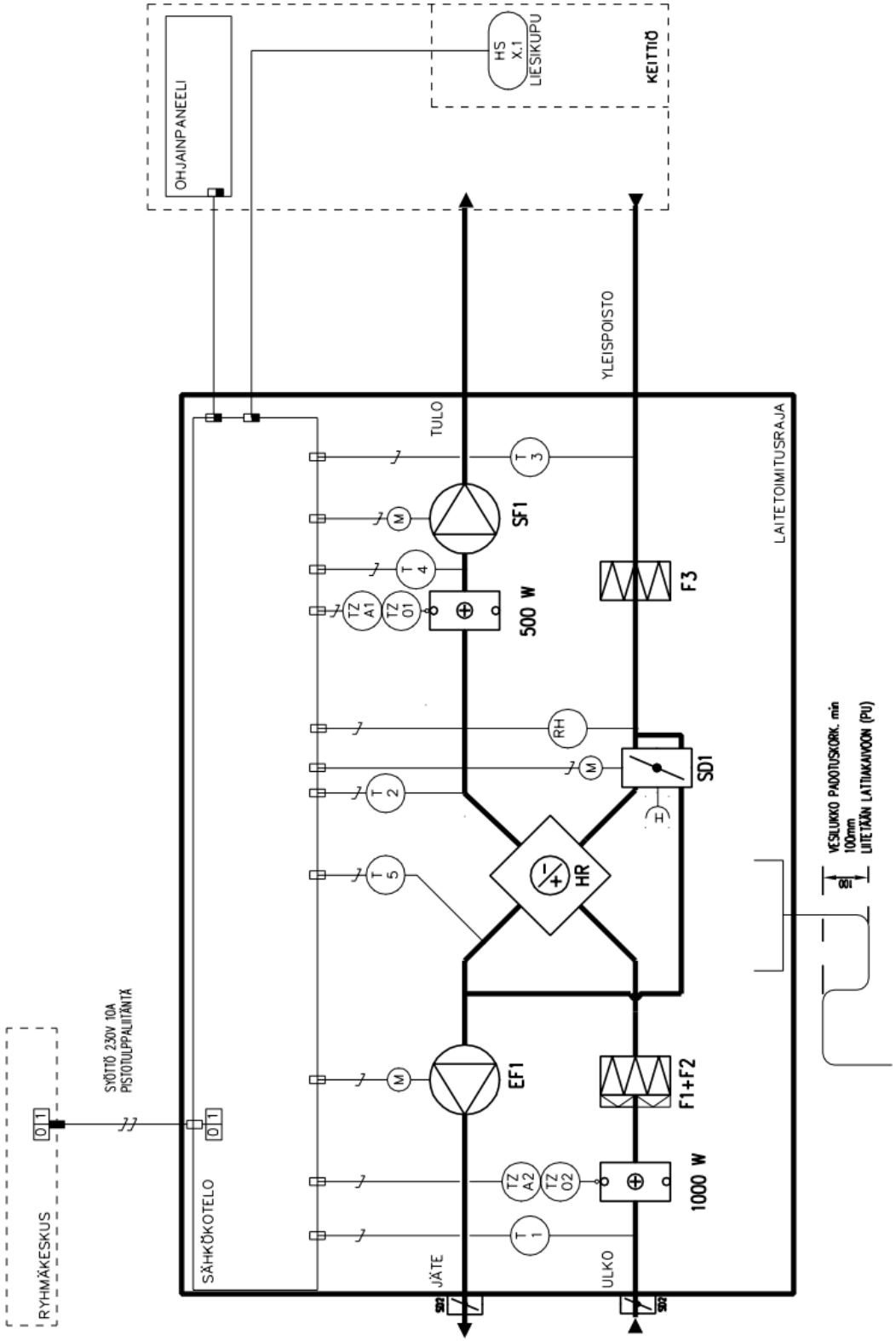
53 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely, prosessikuvaus. 2018. LVI 03-10630. Rakennustieto Oy.

54 Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo. 2013. LVI 03-10531. Rakennustieto Oy.

Asuntojen lämmönjakopaketin esimerkkikytkentäkaavio



Keskitetyn IV-koneen esimerkkisäätökaavio



Hajautetun IV-koneen esimerkkisäätökaavio