



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Marina Savelainen

# Asumisviihtyvyyden parantaminen – palvelutuotteen rakentaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma, LVI-tekniikka

Opinnäytetyö

12.5.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Marina Savelainen Asumisviihtyvyyden parantaminen – palvelutuotteen rakentaminen 38 sivua + 8 liitettä 12.5.2020
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko toimitusjohtaja Petri Honka toimialajohtaja Mikko Kekkonen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja rakentaa LVI-alan yritykselle uusi ja toimiva palvelutuote. Palvelutuotteen lisäksi oli tarkoitus luoda yritykselle sisäiset toiminta- ja työohjeet. Palvelutuote kohdistettiin taloyhtiöille ja kiinteistöille, joilla on haasteita lämmitysverkoston toiminnan ja asumisviihtyvyyteen vaikuttavien tekijöiden kanssa.</p> <p>Palvelutuote on ollut yrityksellä käytössä vuosia, mutta toimintamalleja, palvelun sisältöä ja työohjeita ei ollut. Projektin aikana rakennettiin runko palvelulle. Kehitystyö aloitettiin selvittämällä työnjohdon ja asentajien tieto palvelutuotteen sisällöstä ja siitä, miten he nykypäivänä toimivat sekä mitkä ovat asiakkaiden toiveet palvelun sisällöstä. Selvitys tehtiin kirjallisena kyselynä LV-huolto-osastolle. Näitä tietoja hyväksikäyttäen laadittiin muun muassa työohjeita ja mittauspöytäkirjoja.</p> <p>Olosuhdemittauspalvelulle ja lämmönjakohuoneen kausihuollolle tehtiin uudet mittaus- ja tarkastuspöytäkirjat ja ne otettiin käyttöön niihin liittyvien työohjeiden kanssa. Kaikille LV-huollon työntekijöille tullaan alkukesän 2020 aikana järjestämään koulutustilaisuuksia solumuskumppaneiden tiloissa, jotta tulevana lämmityskautena työsuorittajilla on selvemmat toimintamallit.</p> <p>Opinnäytetyöhön on kerätty laaja lisäksi lämmitystekniikan ja ilmanvaihdon perusteisiin sekä lainsäädäntöön liittyvä teoriaosuus tämänhetkisten asiakaskohteiden näkökulmasta. Tätä osuutta on tarkoitus hyödyntää, kun tulevaisuudessa yritys rakentaa lisää työohjeita ja palvelun sisältöä asumisviihtyvyyden parantamiseksi.</p> <p>Projektin kokemukset osoittivat, että laadukkaana palvelutuotteen perustana on yhdenmukainen työjälki, ja siksi on tärkeää, että työohjeet ja toimintamallit ovat selkeät ja helposti noudatettavat. On huomioitava myös, että työnjohdon ja asentajien jatkuva kouluttaminen ja keskinäinen yhteistyö on tärkeää.</p>	
Avainsanat	olosuhde, asumisviihtyvyys, lämmitysverkosto, ilmanvaihto

Author Title Number of Pages Date	Marina Savelainen Development of the service product: improving the living comfort 38 pages + 8 appendices 12 May 2020
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Jyrki Viranko, Senior Lecturer Petri Honka, CEO Mikko Kekkonen, Branch Manager
<p>The purpose of this thesis was to develop and build new functioning service product and to create manuals for staff. The product was meant for properties that had challenges with heating system functions and with maintaining living comfort.</p> <p>The company had already offered service but without any manuals and content description, so the project started with a survey to the HVAC department staff: what they knew about the service, how they operate and what hopes the residents have for the service. Exploiting this data and literary sources such as legislation and information about heating technology, manuals and templates for recording measurements and inspections were created.</p> <p>New templates and manuals for two service products were launched in the project. The staff is to be trained this year.</p> <p>The thesis will be utilized when the company creates more operating manuals and develops the content of its services. The thesis showed that the foundation of a quality service is uniform work results. Therefore, it is vital to have clear manuals. The maintain the quality of the service, it is also important to have good cooperation between staff and ongoing training.</p>	
Keywords	apartment condition, living comfort, heating system, HVAC

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Asumisviihtyvyyteen vaikuttavat määräykset ja ohjeet	3
2.1	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 vuosina 1976–2012	3
2.2	Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta	5
2.3	Talotekniikkainfo	6
2.4	Asiakkaan ja asukkaan vaatimukset	6
3	Vesikiertoinen lämmitysverkosto	8
3.1	Vesikiertoinen patteriverkosto, 1- ja 2-putkijärjestelmä	8
3.2	Vesikiertoinen lattialämmitys	12
4	Kaukolämpökeskus	16
4.1	Kaukolämmitys	16
4.2	Lämmönjakokeskus ja sen osat	17
5	Ilmanvaihto	21
5.1	Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä	22
5.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	23
5.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	25
6	Palvelun rakentaminen ja tuotteistamisen aloittaminen	29
6.1	Kyselyt	30
6.2	Selvityksen läpikäynti ja seuraukset	30
6.3	Huoneistojen olosuhdemittauksilla käytettävät mittarit	32
6.4	Laitteistot ja lisätyösuoritteet olosuhdemittauksella	34
7	Yhteenveto	36
	Lähteet	37
	Liitteet (Liitteet vain työn tilaajan käyttöön).	

- Liite 1. Olosuhdemittauspöytäkirja
- Liite 2. Lämmönjakohuoneen huolto-/tarkastuskortti
- Liite 3. Kysymyspatteristo asentajille/työnjohdolle
- Liite 4. Selvitys tuloksista: työntekijöille järjestetystä kyselystä 22.2.-6.3.2020
- Liite 5. Olosuhdemittauspöytäkirja 2020
- Liite 6. Olosuhdemittauksen työohje 2020
- Liite 7. Lämmönjakohuoneen kausihuolto 2020
- Liite 8. Lämmönjakohuoneen kausihuollon työohje 2020

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoitus oli luoda Uudenmaan Lämpötekniikka Oy:lle (ULT) uusi palvelutuote ja tähän liittyvät yrityksen sisäiset toimintaohjeet sekä työnjohtajille, että asentajille. Opinnäytetyöstä haluttiin työkalu yrityksen työnjohdolle. Palvelu on tarkoitettu taloyhtiöille ja kiinteistöille, joilla on haasteita lämmitysverkoston toiminnan ja asumisviihtyvyyteen vaikuttavien tekijöiden kanssa. Palvelun luomisessa otettiin myös huomioon energiatehokkuuden parantaminen. Palvelun oli tarkoitus lisätä ULT:n palvelutarjontaa ja parantaa voimassa olevien sopimusasiakkaiden asiakastyytyväisyyttä. Tähän päästiin, kun rakennettiin palvelu, joka sisältää yhdenmukaiset toimintatavat yrityksessä ja kohteessa sekä tarvittavat laitteistot ja mittaukset. Lämmityskauden 2019–2020 yrityksen tilauskanta tämän kaltaisen palvelun osalta on ollut kasvussa, ja yrityksessä uskotaan, että kasvua on luvassa myös seuraavina lämmityskausina.

Yrityksen kokemuksen perusteella sopimusasiakkaiden kerros- ja rivitalokohteissa asumisviihtyvyyteen vaikuttavat huonelämpötilan lisäksi ilmanvaihto ja vetoisuuden tunne. Näihin asioihin oli tarkoitus keskittyä opinnäytetyön aikana. Näin saatiin aikaiseksi palvelu, jolla voidaan ratkoa sopimusasiakkaiden haasteita ja luoda uusia asiakassuhteita.

Opinnäytetyön raporttiosuus rakentuu teoriaosasta, käytännön ohjeistuksista ja loppupäätelmistä sekä tulevaisuuden suunnitelmista. Teoriaosassa käsitellään asumisviihtyvyyden vaatimuksia niin viranomaisen, taloyhtiön kuin asukkaankin näkökulmasta, sekä vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien, ilmanvaihdon ja kaukolämpökeskuksen toimintaperiaatetta lyhyesti. Käytännön ohjeistuksen osuudessa perehdytään ULT:n työntekijöiden kokemuksiin ja toimintamalleihin sekä luodaan pohjat yrityksen työnjohdon ja asentajien toimintoihin.

Opinnäytetyön lähteinä on käytetty alan kirjallisuutta, lainsäädäntöä ja yleisiä ohjeistuksia sekä ohjaavalta opettajalta saatuja tietoja, opiskelijan omaa tietämystä ja ULT:n henkilökunnalta kerättyä ammattitaitoa ja tietoa.

Uudenmaan Lämpötekniikka on vuonna 1997 perustettu kiinteistöjen LVI-tekniikkaan erikoistunut yritys. Yrityksen perustivat Petri Honka ja Marko Hiltunen, jotka edelleen toimivat yrityksessä. ULT tarjoaa taloteknisiä palveluita taloyhtiöille, liikekiinteistöille ja muihin isoihin kohteisiin. Tällä hetkellä yritys tarjoaa LVI-huolto- ja ylläpitotöitä, perussäätötöitä, kaukolämpötöitä ja putkiurakointia. Yrityksessä työskentelee 44 henkilöä, joista 35 on putkiasentajia ja 9 on työnjohdossa. ULT:stä opinnäytetyön työpaikkaohjaajina toimivat Petri Honka ja Mikko Kekkonen.

## 2 Asumisviihtyvyyteen vaikuttavat määräykset ja ohjeet

### 2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 vuosina 1976–2012

Vuonna 1976 Suomessa julkaistiin ensimmäiset rakennuksen ilmanvaihtoa koskevat määräykset, eli Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMk) osa D2 (1976) Rakennusten ilmanvaihto. Tämä määräys koski rakennustoimenpiteitä, joiden lupa oli haettu määräyksen voimaan tulopäivänä tai sen jälkeen. Kokoelmassa määrättiin, että jokaisessa rakennuksessa on turvattava tilakohtainen ja sen käyttötarkoituksen mukaan riittävä ilmanvaihto. Tässä ei kuitenkaan erikseen mainittu, että rakennuksessa on oltava koneellinen ilmanvaihto, tai edes koneellinen poisto. Tärkeintä määräysten mukaan ilmanvaihdon valinnassa oli se, että rakennuksen sisään tuleva ilma on riittävän puhdasta ja ettei ilmanvaihto (tai sen puute) aiheuta haittaa terveydelle tai rakennukselle. Ilmanvaihdon ilmamääriä tai raja-arvoja niille ei kokoelmassa määritelty. [1, s. 5–9.]

Vuoden 1976 voimaan tullut osa D2 (1976) kumottiin vuonna 1979, kun sisäasianministeriö julkaisi vuonna 1978 uuden RakMk osan D2 (1978) Rakennusten ilmanvaihto määräykset ja ohjeet. Tämän osan määräykset koskivat samoja rakennustoimenpiteitä kuin aikaisemman osankin. Uusi osa oli kuitenkin huomattavasti laajempi ja yksityiskohtaisempi kuin edeltäjänsä, jolloin tulkinnanvaraisuus jäi pienemmälle. Suurimmat muutokset olivat määräysten yhteyteen tulleet ohjeet sekä maininta ilmanvaihdon energiataloudellisuudesta. [2, s. 2–12.]

Vasta tammikuussa 1988 voimaan tullessa RakMk:n osassa D2 (1987) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet otettiin käyttöön muun muassa termit oleskeluvyöhyke ja rakennusten sisäilmasto. Tämä määräys kumosi aiemman D2 (1978) osan ja sen julkaisi ympäristöministeriö. Uudet määräykset koskivat tyydyttävää sisäilmastoa ja ilmanvaihdon järjestämistä uudisrakennuksissa. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitettiin huonetilan tiettyä osaa, eli käytännössä huoneen keskikohtaa seinistä, katosta ja lattiasta katsottuna. [3, s. 1–2]

Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan normaalisti sitä huonetilan osaa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8m:n korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 m:n etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista. [3, s. 2]

Rakennuksen sisäilmastolla tarkoitettiin sisäilmastotekijöitä, lämpöoloja, sisäilman puhautta ja äänitasoja. Lämpöoloille tuli määräykset, mitkä ottivat kantaa huonetilan oleskeluvyöhykkeen lämpötilaan ja viihtyvyyteen vaikuttaviin tekijöihin. [3, s. 2–3.]

Huonelämpötilan oleskeluvyöhykkeen lämpötilan tulee olla hallittu niin, ettei viihtyisyys tai suorituskyky huomattavasti alene, eikä energiaa kulu tarpeettomasti. [3, s. 2]

Huonetilan oleskeluvyöhykkeellä ei saa esiintyä häiritsevää vetoa eikä muita viihtyvyyttä tai suorituskykyä huomattavasti alentavia lämpötilatekijöitä. [3, s. 3]

Lämmityskaudella asuinrakennuksen oleskeluvyöhykkeen ilman lämpötilojen ohjearvot määriteltiin RakMK:n osan D2 (1987) liitteessä 1, jonka mukaan muun muassa asuintilojen ilman lämpötilan ohjearvo oli 19–22 °C ja yhteisten tilojen esimerkiksi porrashuoneen ohjearvo oli 17 °C. Poistoilmaluokat eriteltiin myös ensimmäisen kerran RakMk:n osassa D2 (1987). Poistoilmaluokkia oli viisi. Niissä määriteltiin, miten jäteilmaa saa käyttää ja miten se tulisi johtaa ulos rakennuksesta. [3, s. 9]

Ympäristöministeriö julkaisi vuonna 2003 uuden RakMk:n osan D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet 2003. Uusi ohje kumosi RakMk osan D2 (1987). Tämän ohjeen tarkoituksena oli nykyaikaistaa aiemmin voimassa olleet määräykset ja ohjeet, sillä yli kymmenessä vuodessa yleinen ilmanvaihtotekniikka kehittynyt ja kansan tietoisuus sisäilman laadun vaikutuksista oli lisääntynyt. Nämä uudet määräykset koskivat niin ikään edeltäjien lailla uusien rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Aikaisemmissa määräyksissä sisäilmaston laadun tuli olla vähintään tyydyttävä. Vuoden 2003 määräyksessä tähän kiinnitettiin enemmän huomiota ja määrättiin, että kaikissa tavallisissa olosuhteissa oleskeluvyöhykkeellä tulee saavuttaa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. RakMk:n osan D2 luvussa 2.2 Lämpöolot määrättiin aikaisempaa tiukempi oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan suunnitteluarvo lämmityskaudelle, tämä oli 21 °C. Huonelämpötilalle asetettiin myös hyväksyttävä poikkeama suunnitteluarvosta  $\pm 1$  °C. [3, s. 2; 4, s. 1–4; 5, s. 12–13.]

Vuonna 2010 astui voimaan uusi RakMk:n osa D2 ympäristöministeriön toimesta. Tämän osan tarkoituksena oli olla helppolukuisempi kuin edeltäjänsä, mutta sisältöön ei tullut kuin pieniä lisäyksiä ja tarkennuksia. Ohjearvoihin ei juurikaan tullut muutoksia. [5, s. 19; 6, s. 1.]

Vuonna 2012 voimaan tullut uusi RakMk:n osa D2 julkaistiin, koska Euroopan unioni oli päättänyt uudesta energiapolitiikasta. Tästä uudesta osasta vastasi edeltäjänsä tavoin Suomen ympäristöministeriö. Tämä sisälsi muun muassa energiatehokkuuden lisäämisen ja kasvihuonepäästöjen vähentämisen. Merkittävin muutos vuoden 2012 osassa D2 oli, että ilmanvaihtoon liittyvä energiatehokkuus siirretään Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan D3. Mitoitusohjeiden ja ohjearvojen osalta 2012 vuoden määräyksiin ei tullut muutoksia. [5, s. 20–21; 7, s. 1.]

## 2.2 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta

Vuonna 2013 voimaan tuli uusi maankäyttö- ja rakennuslaki, jonka myötä rakentamista koskevat asetukset ympäristöministeriö päätti uudistaa vuoteen 2018 mennessä. Suurimpana syynä tähän muutokseen oli se, että sääntelyä haluttiin vähentää ja sitä haluttiin selkeyttää [8]. Tammikuun 1. päivänä vuonna 2018 astui voimaan uusi asetus uusien rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Tämä oli ympäristöministeriön asetus 1009/2017 (YMa 1009/2017). Uutta asetusta sovelletaan uuden rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa sekä rakennuksen laajenuksessa ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämisessä. Tärkeänä tavoitteena oli sisäilmaston ja ilmanvaihdon osalta, että sisäilmaston laatu säilyy samanlaisena kuin aikaisemmin eikä siitä saa tinkiä energiatehokkuuden vuoksi. Määräyksen mukaan suunnittelijoiden (pääsuunnittelijan, erityissuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan) on otettava tehtäviensä mukaisesti huomioon kaikki asiat, mitkä vaikuttavat rakennuksen sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon. [8; 9.]

Asetuksessa on määritelty rakennuksen huonelämpötilalle lämmityskauden suunnittelu- arvot sekä olosuhteet, mitkä eivät saa heikentää viihtyisyyttä rakennuksen suunniteltuna käyttöaikana. Huonelämpötilan suunnitteluarvona käytetään 21 °C:n lämpötilaa, mikä saa lämmityskauden suunnittelussa poiketa välillä 20–25 °C. [9.]

### 2.3 Talotekniikkainfo

Talotekniikkainfo on verkkosivusto, jossa on oppaita ympäristöministeriön talotekniikkaan liittyvien asetusten tueksi. Oppaat on rakennettu vuosina 2016–2018, jotta ne vastaisivat mahdollisimman tarkasti tämänhetkistä lainsäädäntöä. Oppaita ylläpitää Talotekninen teollisuus ja kauppa ry:n sisäympäristöryhmä, joka koostuu niin oppilaitoksista, asiantuntijoista kuin viranhaltijoistakin. [10]

Talotekniikkainfo päivitti ympäristöministeriön asetukseen 1009/2017 liittyvää Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opasta 11.6.2019. Oppaan tarkoitus on selkeyttää nykyistä lainsäädäntöä ohjeen muodossa, jotta alan toimijoilla ja viranomaisilla olisi yhtenäinen näkemys nykyisestä asetuksesta. Oppaan luvussa 2. Rakennuksen sisäilmasto käsitellään sisäilmaston suunnittelua, huonelämpötilojen suunnitteluarvoja, sisäilman laatua, sisäilman kosteutta ja valaistusolosuhteita. [11]

Ympäristöministeriön asetuksessa (YMa 1009/2017) huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvoksi on määrätty lämpötila 21 °C. Talotekniikkainfon opastavassa tekstissä käydään läpi, mitkä muut tahot tukevat näitä suunnitteluarvoja. Esimerkiksi sosiaali- ja terveysministeriö (STM) vahvistaa asetuksellaan 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveelliset olosuhteet, että kaikissa tilanteissa huonelämpötilojen tulee täyttää asetuksen vaatimukset. STM:n asetuksen 545/2015 liitteessä 1 määritellään huoneilman lämpötilalle toimenpiderajat lämmityskaudelle, ne ovat 18–26 °C. [11; 12.]

### 2.4 Asiakkaan ja asukkaan vaatimukset

Taloyhtiöiden tulee noudattaa kiinteistössään sen aikakauden maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä muihin asumisviihtyvyyteen liittyviä määräyksiä, jolloin rakennus on rakennettu. Tämä tulee ottaa huomioon, kun saneeraus- ja kunnostustöitä suunnitellaan ja toteutetaan. Kokemukseni mukaan kuitenkin kiinteistöjen omistajat haluavat noudattaa tiukempaa ja nykypäiväistä ohjeistusta vanhoissakin kiinteistöissä, esimerkiksi ennen vuotta 1988 rakennetuissa asuinkiinteistöissä halutaan oleskeluvyöhykkeen lämpötilan olevan +21 °C, vaikka määräyksiä tähän ei ole asetettu. [3, s. 9; 13.]

Energiatehokkuudesta ja ilmastonmuutoksesta puhutaan päivittäin. On selvää, että myös taloyhtiöillä on halu toimia vastuullisesti. Ne haluavat panostaan muun muassa lämmitykseen käytettävän energian tehostamiseen ja hillitä ilmastonmuutosta kuitenkin asumisviihtyvyydestä tinkimättä. Kokemukseni mukaan taloyhtiöt asettavat kiinteistöjensä huoneistoille tavoitelämpötilat. Ne ovat Sisäilmastoluokitus 2018 S1:n yksilöllisen ja S2:n hyvän sisäilman laatuluokituksien mukaisia lämpötiloja, eli 20–23 °C. Loppujen lopuksi tulee muistaa, että huoneistossa asuva asukas toimii viime kädessä mittarina, kenen mukaan lämpötilaa tulisi säätää [14, s. 13].

Jokainen ihminen kokee asumisviihtyvyyden lämpötilan, vetoisuuden tunteen ja ilmanvaihdon vaikutuksen eri tavalla. Viluiselle vanhukselle sisälämpötila 24 °C olisi optimi, kun taas muille tällainen sisälämpötila aiheuttaa tukaluuden tuntua. Tästä syystä on tärkeää, että huoneistoissa olisi huonekohtainen lämpötilan säätö. Taloyhtiöiden ja asukkaiden olisi hyvä pohtia myös yhdessä sisäilman lämpötilaan vaikutuksia niin asumisterveyden kuin energian kulutuksenkin kannalta. Lisääntynyt energian kulutus vaikuttaa koko kiinteistön asumiskustannuksiin, eli esimerkiksi huoneistojen kuukausivuokraan. Yhden lämpötila-asteen nostolla tavanomaisesta huonelämpötilasta on jo 4–5 %:n lisääntynyt vaikutus kiinteistön energiankulutukseen. On todettu, että sisäilmaoireiden määrä lisääntyy jopa 50 % kun sisäilman lämpötila nousee yli 24 °C. [14, s. 13.]

### 3 Vesikiertoinen lämmitysverkosto

Tässä luvussa käsitellään vesikiertoisen patteriverkoston ja lattialämmitysverkoston perustoimintaperiaatteita lyhyesti sekä verkostoihin liittyviä varusteita ja materiaaleja ja näiden vaikutusta verkoston toimivuuteen. Tarkoituksena ei ole käsitellä kaikkia mahdollisia yksittäisiä putkivarusteita, vaan vain niitä, jotka ovat olleet isoimmassa roolissa, kun taustatyötä ULT:n sopimusasiakkaiden kohteissa on tehty.

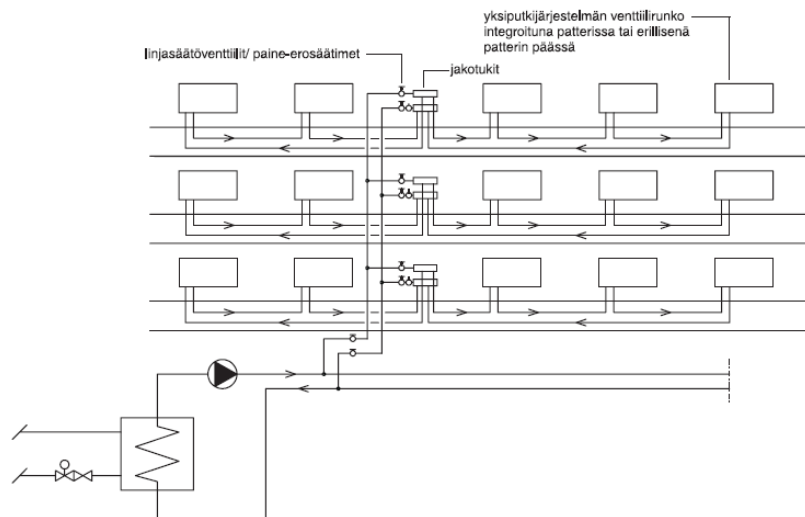
#### 3.1 Vesikiertoinen patteriverkosto, 1- ja 2-putkijärjestelmä

Vesikiertoisessa patterilämmityksessä vesi lämpenee esimerkiksi kaukolämmön lämmönsiirtimessä, josta kierrätetään kiertovesipumpun avulla putkistoa pitkin lämmityspattereille. Tätä lämmityspattereille menevää lämmintä vettä kutsutaan yleisesti menovedeksi. Lämmityspattereiden, eli radiaattoreiden tai konvektoreiden tai niiden yhdistelmien, tehtävänä on luovuttaa veden mukana tullut lämpöenergia huonetilaan. Yleisimmin käytettyjä lämmönluvottimia ovat levyradiaattorit. Lämmön luovutuksen jälkeen jäähtynyt vesi palaa takaisin lämmönlähteelle uudelleen lämmitettäväksi. Tätä jäähtynyttä palavaa vettä kutsutaan paluuvodeksi. Vesikiertoisessa patteriverkostossa putkimateriaaleina käytetään muuan muassa kierteytettävää teräsputkea, kuparia, happidiffuusiosuojattua muovi- tai komposiittiputkea. [14, s. 103; 15, s. 51.]

Lämmityspattereiden avulla huonetilaan tuodaan lämpöä. Patterit asennetaan yleisimmin huonetilan ulkoseinille ja/tai ikkunoiden alle. Patterit luovuttavat lämpöenergiaa huoneilmaan. Lämmennyt ilma nousee ylös ikkunaan pitkin ja ottaa mukaansa ikkunasta alaspäin valuvaa kylmää ilmaa. Tällä estetään ikkunoista tulevan kylmän ilman aiheuttama vedon tunne lattioilla. [14, s. 103.]

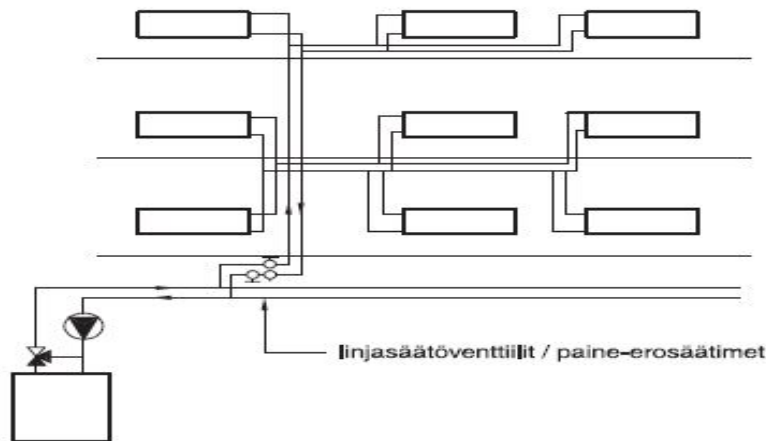
Vesikiertoisia patteriverkostoja voidaan rakentaa 1- tai 2-putkijärjestelmiksi. Nykyään 2-putkijärjestelmä on yleisimmin Suomessa käytetty verkostomuoto, mutta esimerkiksi 70- ja 80-luvuilla on voitu rakentaa myös 1-putkijärjestelmiä. Nykyhetkenä 1-putkijärjestelmä ei ole käytössä uudisrakentamisessa. Kuvassa 1 on esitetty 1-putkijärjestelmän toimintaperiaate, siinä menovesi kiertää jakotukin kautta sarjaan kytketyille pattereille. Tämän

järjestelmän haasteena on se, että vesi kiertää patterista toiseen käymättä välillä lämmönlähteellä ja näin ollen kiertävän veden lämpötila alenee sen saavuttaessa viimeisen patterin. [16, s. 2.]



Kuva 1. 1-putkijärjestelmän toimintaperiaate yhdistettynä 2-putkijärjestelmän runkolinjaan. [16, s. 3].

2-putkijärjestelmä eroaa nimensä mukaisesti 1-putkijärjestelmästä. Siinä yhden putken sijaan jokaiselle patterille viedään oma meno- ja paluun veden virtausputki (kuva 2). Nämä meno- ja paluun veden putket yhdistetään runkolinjoihin. Tällä ratkaisulla jokaiselle lämmönluovuttimelle riittää saman lämpöistä vettä, kun verkosto on tasapainotettu oikein virtaamillaan.



Kuva 2. 2-putkijärjestelmän toimintaperiaate. [16, s. 3].

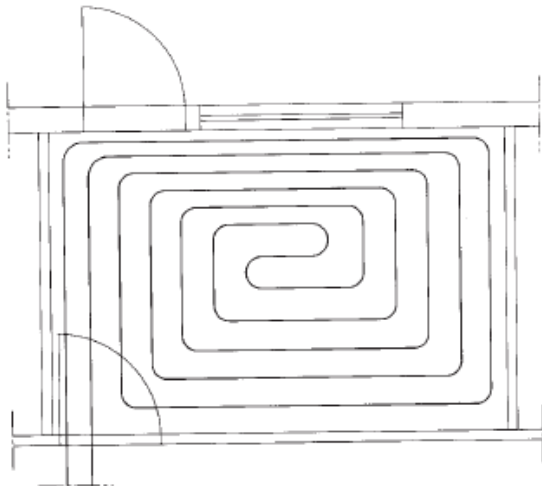
### Patterin varusteet ja linjasäätöventtiilit

Patterin varusteina käytetään erilaisia termostaattisia patteriventtiileitä ja sulkuliittimiä. Näiden lisäksi lämpöpatterit varustetaan ilmaruuvilla ja umpitulpalla. Termostaattisen patteriventtiilin tarkoitus on ohjata patterille saapuvan menoveden virtamaa omavoimaisesti aistimalla huoneilman lämpötilaa pitääkseen tämän haluttuna. Patteriventtiilissä on esisäätöarvo, minkä tarkoituksena on raja venttiilin läpi kulkevan menoveden maksimi virtaama. Patteriventtiilin tarkoitus on myös toimia menoputken sulkuventtiilinä tarpeen vaatiessa. Sekä menoputken että paluuputken on oltava tarvittaessa suljettavissa ja paluuputki varustetaan sulkuliittimellä. Omavoimaisina termostaattiosina käytetään muun muassa kiinto- ja irtoantureita. Osina voidaan käyttää myös lukittavia käsipyöriä, jotka eivät ole termostaattiosia. [14, s. 106–109]. Mikäli patteriverkostoon on päässyt/jäänyt ilmaa, eivät patterit toimi tarkoituksen mukaisesti. Tämän vuoksi pattereissa tulee olla ilmaruuvi. Sen avulla patterissa oleva ilma saadaan pois, ja patterin lämmönluovutus toimii oikein. Toinen syy, miksi lämmityspatteri ei toimi oikein ja lämmitä huonetilaa, voi olla verkostoon jäänyt lika tai roska. Tämä pieni irtokappale on voinut tukkia meno- tai paluuputkessa olevan venttiilin ja näin ollen häiritsee virtaamaa. Roska on voinut jäädä patteriventtiilissä olevan karan väliin ja estää venttiiliä sulkeutumasta, jolloin huonetilaan saattaa tulla yllämpöä.

Hyvän asuinviihtyvyyden ja energiatehokkaan lämmityksen takaamiseksi koko lämmitysverkoston tulisi toimia tasapainossa. Jokaisen patteriventtiin tulee olla niiden esisäätöjen avulla säädetty suunnitelmien mukaisiin arvoihin, jotta patterille tuleva virtaama on riittävä lämmittääkseen huonetilan. Virtaama ei saa olla liian suuri tai liian pieni. Lämmitysverkostoa säädetään myös paluuv veden nousurunkoihin asentavilla linjasäätöventtiileillä. [14, s. 85]. Linjasäätöventtiilissä oleva esisäätöarvo asetetaan lämpöverkoston suunnitelmissa mainittuun arvoon joko suoraan tai mittaamalla suunnitelmien mukainen virtaama ja saamalla näin haluttu arvo.

### 3.2 Vesikiertoinen lattialämmitys

Lattialämmityksessä lattian sisälle asennetaan putkikierukka, jota pitkin lämmönlähteeltä (esimerkiksi kaukolämmön lämmönvaihtimelta) virtaava lämminvesi kulkee menopuolen jakotukin kautta jokaisen huonetilan putkikierukan läpi lämmittäen lattian ja sitä kautta huonetilan. Lattialämmityksen putket asennetaan tiheämmällä asennusvälillä huoneiston kylmien rakenteiden lähelle (kuva 3.) esimerkiksi ikkunoiden alle ja ulkoseinille, kuin huoneiston keskelle. Tällaisella asennustavalla taataan, että saadaan enemmän lämpöä huoneiston kylmempiin kohtiin ja tilaan tasaisempi lämpö. Jäähdytynyt vesi palaa paluupuolen jakotukille, josta se siirtyy takaisin lämmönvaihtimeen lämmitettäväksi. Lattialämmitystä voidaan pitää fysiologisesti ihanteellisena lämmitysmuotona, koska lämpö saadaan jakautumaan tasaisesti ja vedottomasti. Lattialämmityspotkina käytetään esimerkiksi happidiffuusiosuojalla varustettua muoviputkea tai muovipinnoitettua kupariputkea. [14, s. 156–163; 17, s. 2].

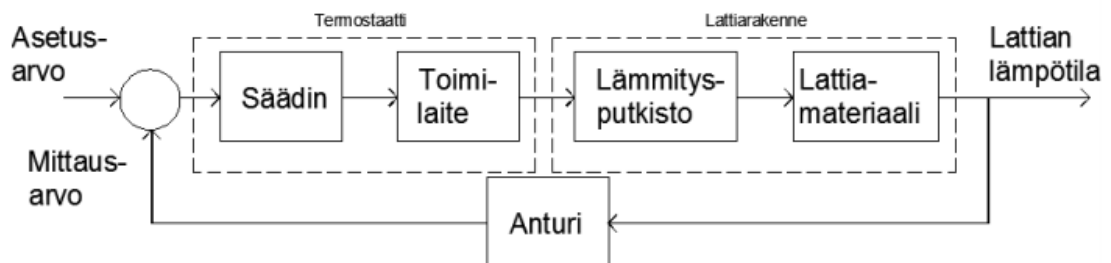


Kuva 3. Lattialämmityspiiri, jossa ikkunan alla on tiheämpi asennusväli [17, s.3].

## Lattialämmitysverkoston varusteet

Pääosin lattialämmitysverkostot rakennetaan jakotukijärjestelmällä. Lämmönsiirtimeltä lämmin menovesi tulee runkoputkessa menupuolen jakotukille, josta se lähtee omana piirinään jokaiseen huonetilaan. Menojakotukissa on jokaiselle lämmityspiirille oma säätöventtiili ja mahdollisesti linjasäätöventtiili. Paluujakotukissa on jokaiselle piirille oma sulkuventtiili ja mahdollisesti termostaattinen toimilaitte. Toimilaitetta ohjaa huonesäädin. Säätöventtiilien avulla lämmitysverkostolle suoritetaan perussäätö. Perussäädön ideana on taata jokaiseen huonetilaan tarvittava lämpöenergia oikean vesivirran määrällä. Linjasäätöventtiilillä määritetään jakotukille tuleva vesivirta riittäväksi. [15, s. 70–71; 18, s. 2–4.]

Lattialämmitystä säädetään säätölaitteella, minkä ideana on automaattisesti ohjata huonetilan lämmöntarvetta huoneeseen tuodun lämpötehon avulla. Kuvassa 4 on esitetty periaatteellisesti lattialämmityksen säätökaavio. Huonetilassa oleva lämpötila-anturi lähettää huonetilan lämpötilatietoja säätimelle, mikä vertaa mitattua arvoa säätimelle asetettuun arvoon. Säädin toimittaa tämän jälkeen viestin toimilaitteelle. Toimilaitte avaa tai sulkee jakotukin venttiiliä riippuen siitä, tarvitaanko huonetilaan lämpötila vai ei. [18, s. 19].



Kuva 4. Periaatteellinen säätökaavio [18, s. 19].

## Mukavuuslattialämmitys

Asuinhuoneistoihin voidaan asentaa myös patterilämmityksen ja lattialämmityksen yhdistelmiä. Näistä yhdistelmistä yksi suosituimmista on niin sanottu mukavuuslattialämmitys. Huoneiston muissa tiloissa, paitsi kosteissa tiloissa toimii vesikiertoinen patterilämmitys, mutta kylpyhuoneeseen ja saunatiloihin sekä mahdollisesti wc-tilaan asennetaan vesikiertoinen lattialämmitys. Mukavuuslattialämmityksen ideana on se, että kosteiden tilojen lattia tuntuu mukavalta paljaan jalan alla sekä poistaa tilassa olevan kosteuden esimerkiksi suihkun jälkeen tai pyykkien kuivumisen yhteydessä. Tämän ei ole tarkoitus toimia huoneiston lämmitysjärjestelmänä, vaan nimensä mukaisesti mukavuuslattialämmityksenä. Teknisesti mukavuuslattialämmitys voidaan rakentaa samalla tavalla kuin koko huoneiston lattialämmitys, eli kiinteistön lämmönjakokeskuksesta otetaan sekä patteriverkostolle, että lattialämmitysverkostolle omat piirit, joissa molemmissa on omat lämmönvaihtimet. Tämän version (versio 1) avulla molempia verkostoja voidaan ohjata automatiikan avulla, jolloin ne eivät ole riippuvaisia toisistaan. Omat verkostot mahdollistavat sen, että esimerkiksi kesäaikana, kun asuntoa ei haluta lämmittää pattereiden avulla, voidaan lämmitysverkosto sulkea ja jättää kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys päälle kosteuden poiston takia.

Mukavuuslattialämmitys voidaan rakentaa myös lämmitysverkoston yhteyteen, eli niin sanotusti varastetaan lämmitysverkostosta. Tässä versiossa (versio 2) lattialämmityksen runkolinjat kytketään lämmitysverkostoon ja lattialämmityksessä virtaavan menoveden lämpötilaa ohjataan moottoriventtiilillä. Moottoriventtiili päästää lattialämmityspiiriin lämmitysverkostosta halutun lämpöistä menovettä. Moottoriventtiiliä ohjaa automatiikka, mihin on säädetty mukavuuslattialämmityksen menoveden tavoitelämpötilat. Ohjetiedoston LVI 13-10261 mukaan menoveden lämpötilan suositusarvo 35–50 °C ja lattian pintalämpötilan 25–27 °C [17, s. 4]. Lattialämmityksen menoveden lämpötilan tulee olla huomattavasti matalampi kuin patteriverkoston, koska liian kuuma lattia tuntuu paljaan jalan alla kuumalta ja epämiellyttävältä. Tämän asennustavan haaste on, että mukavuuslattialämmityspiiri sulkeutuu kesällä, jos patteriverkoston lämmitys suljetaan ja kesä aikana kylpyhuoneen laattalattia tuntuu erityisen kylmältä paljaalle jalalle. Haasteena ovat myös leudot talvet. Kun patteriverkostossa kiertää ”haalean” lämpöinen menovesi, eli noin 28–35 °C, ei tämä lämpö riitä lämmittämään ja kuivattamaan kylpyhuoneita riittävästi, vaan lattia tuntuu kylmältä ja ilma kostealta.

Kokemukseni mukaan huoneistojen asukkailla on virheellinen käsitys mukavuuslattialämmityksestä. Useassa sopimuskohteessamme, joissa on ollut versiolla 2 rakennettu mukavuuslattialämmitys kylpyhuoneisiin, ovat asukkaat kuvitelleet mukavuuslattialämmityksen lämmittävän asuntoja pattereiden tapaan. Osalle asukkaista tulee yllätyksenä, että kylpyhuoneiden lattia ei olekaan yhtä lämpimän tuntuinen kesällä kuin talvella. Version 2 hyötynä koen olevan vain kustannussäästöt sekä suunnittelussa, asennuksessa että tarvikehankinnassa.

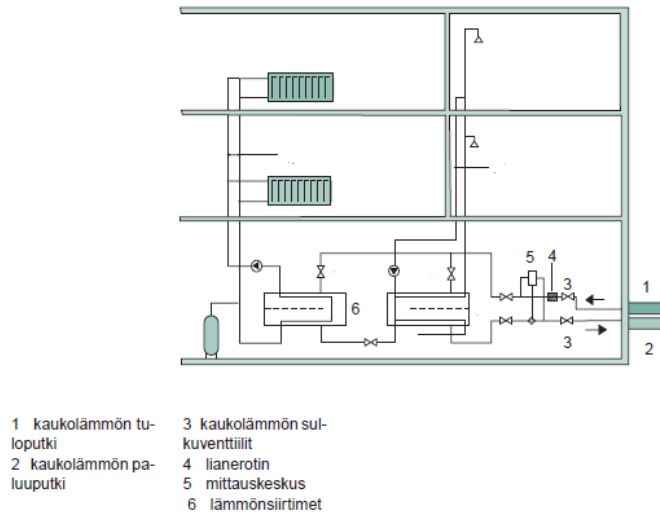
## 4 Kaukolämpökeskus

Tässä luvussa käsitellään kaukolämpökeskuksen toimintaperiaate, kiinteistön kaukolämpölaitteiston eri osia ja niiden toimintaa sekä näiden vaikutusta lämmitysverkostoon. Kaukolämpökeskuksen perustoimintaperiaate ja osien toiminta/vaikutus on tärkeänä osana tätä opinnäytetyötä, koska Uudenmaan Lämpötekniikka on pääkaupunkiseudulla ja läntisellä Uudellamaalla merkittävä kaukolämpökeskusten asentaja ja huoltaja. Tällä hetkellä kaikki ULT:n LV-huollon sopimusasiakkaiden kohteet kuuluvat kaukolämmön jakelun piiriin.

### 4.1 Kaukolämmitys

Kaukolämmitys on nykyään Suomen yleisin rakennusten lämmitysmuoto. Se on ollut Suomessa asuinrakennuksissa käytössä aina vuodesta 1953 alkaen, kun nykymuotoinen vesikiertoinen kaukolämpölaitos otettiin Espoon Tapiolassa käyttöön ja sama vuonna ensimmäinen asiakas liitettiin lämpöverkkoon. Kaukolämmityksessä lämpö tuotetaan paikkakuntaakohtaisesti vaihtoehtoisilla polttoaineilla, esimerkiksi maakaasulla tai öljyllä, sekä yhteistuotannossa sähkön kanssa. Siinä voidaan käyttää hyväksi teollisuuden tuotannossa syntyvää hukkalämpöä. Nykyisin kaukolämmön tuotannossa keskitytään käyttämään uusiutuvia polttoaineita ja ainakin pääkaupunkiseudulla energialaitokset pyrkivät täysin hiilineutraaliin kaukolämpöön 2020-luvulla [15, s. 71; 19; 20.]

Kaukolämpölaitoksen tuottama lämpö kuljetetaan pumpatun veden avulla kiinteistöön maan alla olevia putkia pitkin suljetussa piirissä. Kaukolämpölaitokselta kiinteistöön lähtevän kuumaa veden lämpötila on enintään 120 °C, yleensä 65–115 °C. Kesäisin lämpöä tarvitaan vain käyttöveden lämmittämiseen, joten kaukolämpöveden lämpötila on huomattavasti alhaisempi kuin kovilla pakkasilla talvella, jolloin lämpöä tarvitaan kiinteistön lämmitykseen käyttöveden lämmittämisen lisäksi. Kun lämmin kaukolämpövesi saavuttaa kiinteistön kaukolämpökeskuksen se kulkee kaukolämmön lianerottimen läpi kiinteistön kaukolämpökeskuksen lämmönvaihtimeen ja palaa jäähtyneenä takaisin kaukolämpölaitokseen paluuputkea pitkin. Kuvassa 5 on kuvattu kaukolämmityksen toimintaperiaate. Kiinteistöjen lämmitysverkostossa ei kierrä kaukolämpövesi, vaan sen avulla lämmitetty lämmitysverkoston vesi. [15, s. 71–72; 21, s. 3.]



Kuva 5. Kaukolämmityksen toimintaperiaate [21, s. 3]

#### 4.2 Lämmönjakokeskus ja sen osat

Lämmönjakokeskukset ovat tehdasvalmisteisiä alajakokeskuksia, joita eri laitevalmistajat valmistavat. Kokonaisuus sisältää lämmönsiirtimet, erilaiset säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta-astiat, varoventtiilit, osan putkistosta sekä mittarit että venttiilit. Kiinteistöjen lämmönjakokeskukset ovat merkittävässä osassa kiinteistön lämmitysjärjestelmää. Suomessa lämmönjakolaitteiston osat luokitellaan painelaitteiksi, ja kiinteistön lämmitysjärjestelmä on pääsääntöisesti suljettu paisuntajärjestelmä [15, s. 51; 21, s. 3].

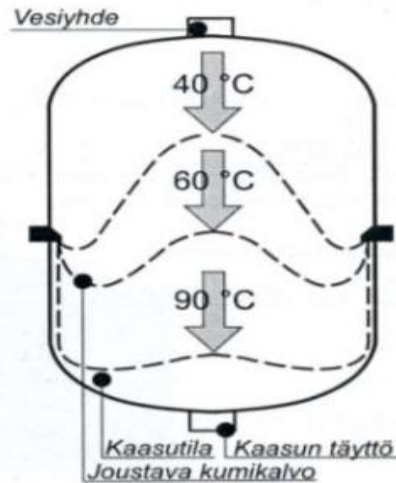
Lämmönjakokeskuksessa on yleensä vähintään kaksi lämmönvaihdinta, toinen on lämmitys-/patteriverkostolle ja toinen käyttövesiverkostolle. Keskukseen voidaan asentaa tarvittaessa myös ilmanvaihdon lämmitykselle oma lämmönvaihdin. Lämmitysverkoston lämminvaihtimessa kuuman kaukolämpöveden mukana tulevan lämpöenergia siirtyy lämmityspiirissä olevaan menoveteen kaukolämpöveden jäähtyessä. Lämmönsiirtoon tarvittava lämmitysteho riippuu lämmitettävän kiinteistön lämmön tarpeesta, minkä vuoksi suunnittelijan tulee mitoittaa jokainen lämmönsiirrin oikein. Yleisimmin käytetty lämmönvaihdin on ruostumattomasta teräksestä tai haponkestävästä teräksestä valmistettu levylämmönsiirrin. [21, s. 3.]

Lämmönjakokeskuksen putkistoihin asennetaan erilaisia säätölaitteita, joiden avulla säädetään kaukolämpölaitokselta tulevan kaukolämpöveden virtaamaa. Lämmitysverkostossa kiertävän veden lämpötila on oltava riittävä suhteessa huoneistojen tavoitelämpötilaan nähden, ja huoneistojen lämpötilan tulee pysyä tasaisena ulkolämpötilan vaihteluista huolimatta [21, s. 3]. Säätölaitteiden lisäksi lämmönjakokeskuksen lämmitysverkoston kiertovesipumpulla on merkittävä rooli huoneistojen lämpötilan ja kiinteistön energian kulutuksen kannalta.

Lämmitysverkoston kiertovesipumpun tärkein tehtävä on kierrättää lämmitysverkoston vettä verkostossa sekä voittaa verkossa olevat virtausvastukset. Lämmitysverkoston eri kohdat ja putkistovarusteet aiheuttavat painehäviöitä verkoston pumpun aikaan saamalle paineelle, eli paine pienenee, mitä kauempana pumpua ollaan. Pumpun on tuotettava verkostoon riittävä nostokorkeus (eli riittävä paineen tuotto), jotta painehäviöt voitetaan. Riittävä paine ja virtaama saavat huoneistojen lämmönluovuttimet toimimaan oikein. Oikein mitoitettu ja asennettu kiertovesipumppu kierrättää huoneistosta palavaa lämmitysverkoston paluuvettä lämmönvaihtimen kautta takaisin huoneistoihin. Jäähtynyt paluuvesi ottaa kuumasta kaukolämmöstä lämpöenergian lämmönvaihtimessa ja muuttuu lämpimäksi menovedeksi ja jatkaa matkaan huoneiston lämmönluovuttimeen. [21, s. 3.]

Lämmönjakokeskukset ja kiinteistöjen lämmitysjärjestelmät ovat nykypäivänä pääosin suljettuja paisuntajärjestelmiä. Suljetussa lämmitysverkostossa lämpötilavaihtelut vedessä aiheuttavat veden lämpölaajenemista verkostossa tämän fysikaalisten ominaisuuksien takia. Tämän vuoksi lämmönjakokeskukseen lämmitysverkoston paluupuolelle asennetaan paisunta-astia. Paisunta-astiana toimii yleensä kalvopaisunta-astia. Teräksisen kalvopaisunta-astian sisällä on kalvo tai pussi, minkä toisella puolella on lämmitysverkoston vesi ja toisella puolella yleensä typpeä. Typpikaasun avulla paisunta-astiaan muodostetaan esipaine. Paisunta-astian tarkoitus on yksikertaisesti ottaa vastaan verkoston lämpötiloista johtuvat lämpölaajenemiset ja pitää verkoston paineen vaihtelu tasaisena, jotta muut verkoston osat eivät kärsi laajentumisesta. Kuvassa 6 on esitetty paisunta-astian ja sen kalvon toiminta verkoston eri lämpötiloissa läpileikkauksena [22, s. 37]. Paisunta-astian yhteyteen asennetaan varoventtiili. Varoventtiilin tarkoitus on päästää verkostoon syystä tai toisesta muodostunut ylipaine pois. Ylipaine voi johtua esimerkiksi siitä, että verkostoa huollon yhteydessä täytetty likaa, ja paine verkostossa

on noussut. Varoventtiilin avautumispainne määräytyy verkoston rakennepaineen ja paisunta-astian esipaineen mukaan. Avautumispaineen tulee aina olla vähintään 0,5 bar enemmän kuin verkoston rakennepaineen.



Kuva 6. Kalvopaisunta-astian toimintaperiaate [22, s. 37]

Lämmönjakokeskuksen paineastia vaatii enemmän huoltoa ja seuraamista verrattuna muihin keskuksen laitteisiin. Paineastian kalvon kimmoisuus heikkenee ajan kuluessa, joten paineastiassa olevaan esipainetta tulee seurata suositusten mukaan vähintään kerran vuodessa. Jos esipaine on vähemmän kuin suunnittelija on paineeksi suunnitellut, tulee esipaine asettaa typpikaasun avulla uudelleen suunnittelun mukaisiin arvoihin. Jos esipainetta ei ole lainkaan, eli paisunta-astian täyttöventtiilistä tulee vettä, voidaan olettaa astian sisällä olevan kalvon rikkoontuneen. Paisunta-astian rikkoontuminen voidaan havaita myös lämmitysverkostossa olevien pattereiden tihentyneellä ilmauksen tarpeella, tai se voi olla syy muuhun verkoston kierron häiriöön. Rikkoontunut paisunta-astia uusitaan uudella samankokoisella astialla ja sen esipaine asetetaan suunnitelmien mukaisiksi. Paisunta-astian toimivuuden voi tarkastaa kahdella erilaisella työsuoritteella. Niin sanotuksi pikatestiksi kutsutaan toimenpidettä, jossa paisunta-astian kaasutilan täyttöventtiiliin neulaa painetaan pienellä työkalulla esimerkiksi talttapää ruuvinmeisellillä. Jos tämän venttiiliin kautta tulee vettä, on kaasutila täyttynyt vedellä kalvon rikkoontumisen vuoksi. Jos venttiilistä tulee kaasua, on kalvo ehjä. Paisunta-astian toimivuuden tarkastamisen yhteydessä voidaan myös tarkastaa paisunta-astian esipaineen oikeelli-

suus. Tässä työsuoritteessa paisunta-astia tyhjennetään verkoston vedestä ja painemittarilla mitataan astian sisältämän kaasun paine (bar). Paineen pitää olla suunnitteluarvojen mukainen. Mittaamisen jälkeen paisunta-astia täytetään jälkeen verkoston vedellä.

## 5 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa koskevassa luvussa käsitellään kerros- ja rivitalo- ja huoneistojen ilmanvaihtoa asumisviihtyvyyden ja huoneistojen olosuhteiden näkökulmasta. Kappaleessa kerrotaan lyhyesti ilmanvaihtojärjestelmien perustoimintaperiaatteita sekä siihen liittyviä varusteita ja materiaaleja, ja miten ne vaikuttavat ilmanvaihdon toimintaan. Kuten luvussa 3 Vesikiertoinen lämmitysverkosto, ei tässäkin kappaleessa käsitellä kaikkia mahdollisia ilmanvaihdon eri muotoja ja tarvikkeita, vaan vain sellaisia, joita ULT:n sopimusasiakkaiden kohteissa on törmätty, kun taustatyötä on tehty.

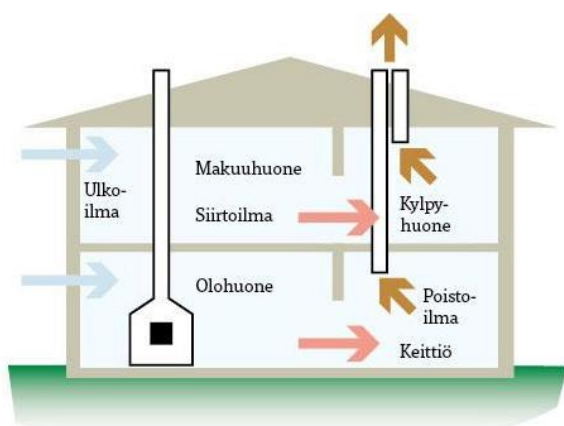
Nykyään rakennusten sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon kiinnitetään enemmän huomioita kuin esimerkiksi 70-luvulla, jolloin RakMk:n osan D2 sisäilmaston laaduksi riitti tyydyttävä taso [1, s. 6]. Vuonna 2018 asetetussa uudessa asetuksessa YMa1009/2017 määrätään ilmanvaihdosta ja sen järjestelmistä asetuksen luvussa 3. Tämän asetuksen mukaan ilmanvaihto on toteutettava niin, että se on terveellinen ja turvallinen, sekä sen laatu tuntuu viihtyisältä. Toisin kuin 70-luvulla, tänäpäivänä YMa määrää asuinhuoneistojen riittävän ulkoilmavirran vähimmäismitoitussarvot ja asunnoista poistettavan sisäilman tehokkuuden. Asetuksessa myös määrätään, että tulo- ja poistoilmavirtoja on voitava tehostaa vähintään 30 prosenttia suunnitelluista käyttöajan ilmavirroista. Kuten moni muukin tekniikan ala on kehittynyt 40 vuodessa, myös ilmanvaihtojärjestelmät ovat kehittyneet ja mahdollistavat nykyajan vaatimusten mukaisen sisäilmaston laadun asuinkiinteistöissä. [9]

Asuinrakennuksen ilmanvaihto on tärkeässä roolissa asumisviihtyvyyden kannalta. Ilmanvaihdon tulee toimia yhdessä lämmitysjärjestelmän kanssa tasapainossa niin, että se ei esimerkiksi poista liikaa lämmitettyä sisäilmaa ja näin ollen aiheuta esimerkiksi lattioilla vedon tunnetta ja lisää huoneiston lämmityskustannuksia. Ilmanvaihdon tulee kuitenkin olla riittävä, jotta se pystyy kierrättämään sisäilmaa poistamalla hiilidioksidipitoisen (CO<sub>2</sub>) ilman ja korvaamalla tämän hapekkaalla tuloilmalla. Hyväksi sisäilman CO<sub>2</sub> -pitoisuuden enimmäisarvoksi on määrätty, että se saa olla hetkellisesti 800 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus [9]. Ilmanvaihto pitää huolen myös huoneiston sisäilman kosteuspitoisuudesta. Liian korkea sisäilman suhteellinen kosteuspitoisuus on haitaksi rakennukselle, ja se heikentää merkittävästi asumisviihtyvyyttä. Sopiva huonetilan suhteellinen kosteuspitoisuus talviaikaan on 20-40 %. Ilmanvaihto tulee olla rakennettu niin,

että se estää ulkoilmasta tulevien epäpuhtauksien, esimerkiksi katupölyn, kulkeutumisen rakennuksen sisäilmaan.

### 5.1 Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmät voidaan luokitella painovoimaiseen ilmanvaihtoon, koneelliseen poistoilmanvaihtoon sekä koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon. Painovoimainen ilmanvaihto toimii nimensä mukaisesti painovoiman avulla. Sen käyttövoima perustuu pääosin sisä- ja ulkoilman välillä olevien lämpötilaerojen ja tuulen aiheuttamaan paineroon. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa rakennusten likaisiin tiloihin (esimerkiksi kylpyhuoneisiin ja wc-tiloihin) asennetaan poistoilmaventtiilit, joista jokaisesta lähtee oma ilmapaihtohormi aina katon yläpuolelle asti. Painovoimainen ilmanvaihto vaatii toimiakseen myös korvausilmaa, jota tulee huoneistoon seiniin tai ikkunoihin asennettujen korvausilmaventtiilien kautta. Kuvassa 7 on esitetty yksinkertaistettu painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate. [15, s. 83; 23.]



Kuva 7. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate [23].

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa haasteita aiheuttaa heikko säädettävyys ja riippuvuus ulkoilman lämpötiloista. Talvipakkasilla ulko- ja sisäilman lämpötilojen erojen ollessa isot toimii painovoimainen ilmanvaihto liian tehokkaasti. Tämä saa aikaan helposti vedon tunnetta lattiapinnoilla. Lämmitysenergian kulutus on myös merkittävästi suurempaa muihin ilmanvaihtojärjestelmiin verrattuna, koska painovoimaisessa ilmanvaihdossa sisäilman

lämpöenergia poistuu hormoneja pitkin suoraan ulkoilmaan, sitä ei oteta talteen ja uudelleen hyödynnettäväksi. Kesäaikana huoneiston ja ulkoilman lämpötilaerot ovat pienet, joten paine-ero lämpötilojen välillä on pieni. Näin ollen poistoilman virtausta ei synny.

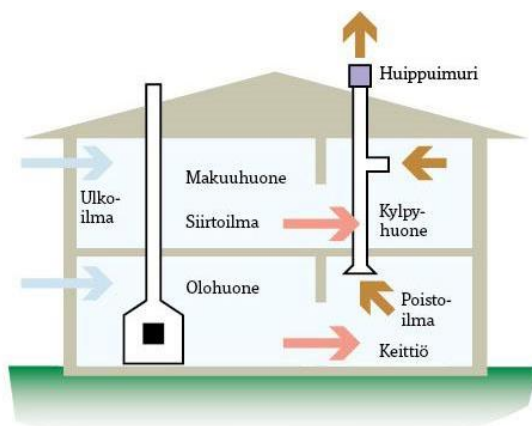
Painovoimaisessa ilmanvaihdossa tärkeimmät järjestelmän osat ovat korvausilmaventtiilit ja poistoilmahormit. Korvausilmaventtiilit voidaan asentaa ikkunoihin, seiniin tai esimerkiksi ikkunan alle lämmityspatterin taakse. Nykyisin seiniin asennettavissa korvausilmaventtiileissä on ulkoilman suodatus, ja niissä oleva termostaatti säättää venttiilin avautumistarvetta ulkoilmanlämpötilan mukaan. Markkinoilta on myös saavilla korvausilmaventtiilejä, joissa on ulkoilman lämmityspatteri mukana. Tällä hallitaan kylmän ulkoilman aiheuttamaan vedon tuntua lattioilla.

Painovoimaista ilmanvaihtoa on käytetty aina 70-luvun loppuun saakka asuinrakennuksissa. Nykyään koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on suosituin ilmanvaihtojärjestelmä. Niin kuin muutkin trendit aikaisemmilta vuosi kymmeniltä myös painovoimainen ilmavaihto on tulossa takaisin. Uusimman YM asetuksen mukaan sen käyttö ei ole kiellettyä, mutta sen on noudettava samoja määräyksiä suunnittelun, mitattavuuden, käyttönoton ja huollon näkökulmasta kuin muidenkin ilmanvaihtojärjestelmien. Suomen LVI-liitto SuLVI ry. on tehnyt 2018 jopa oppaan nykyhetken painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Oppaassa otetaan kantaa tämän päivän vaatimuksiin sekä esitellään nykyaikaisia tekniikoita painovoimaisen ilmanvaihdon toimintavarmuuteen, kuten hormien vedonparantajia ja auringolla lämmitettäviä hormoneja. [24, s. 1–12.]

## 5.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

1960-luvulla asuinrakennuksissa otettiin käyttöön painovoimaisen ilmanvaihdon ohella koneellinen poistoilmanvaihto. Koneellisen poistoilmanvaihdon toiminta perustuu poistoilman koneelliseen tehostamiseen esimerkiksi huippuimurilla tai poistoilmaventtiiliin liitettävällä poistoilmapuhaltimella [15, s. 83]. Tässä ilmanvaihtojärjestelmässä painovoimaisen ilmanvaihdon tavoin korvausilman merkitys on suuri. Huippuimurin avulla tehostetaan poistoilmaa, jolloin huoneistoon syntyy pieni alipaine ja korvausilmaventtiilien kautta huonetilaan kulkeutuu ulkoilmaa. Huippuimuri tai poistoilmapuhallin voidaan säätää jatkuvatoimiseksi, ne voidaan säätää toimimaan eri tehokkuuksilla eri vuorokau-

den aikoina tai ne voidaan kytkeä esimerkiksi tilan valojen kanssa toimimaan samanaikaisesti. [23] Kuvassa 8 on esitetty yksinkertaista koneellisen poistoilmanvaihdon toimintaperiaate.



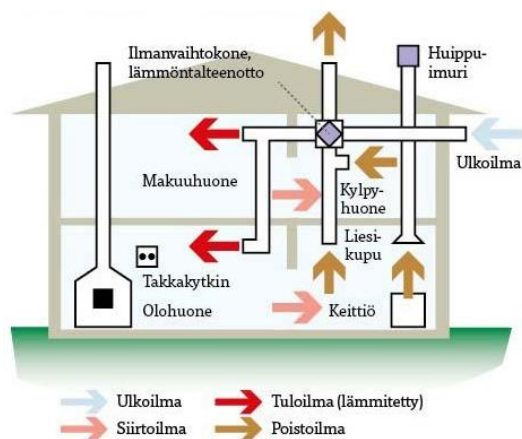
Kuva 8. Koneellisen poistoilmanvaihdon toimintaperiaate. [23.]

Koneellisen poistoilmanvaihdon hyödyt painovoimaiseen ilmanvaihtoon on se, että koneellinen poistoilmanvaihto on säädettävissä. Säädettävyys helpottaa hallitsemaan ulkoilman ja sisäilman lämpötilaerojen aiheuttamien paine-erojen suhdetta. Kesä helteillä saadaan tehostettua poistoilman virtaamaa, mitä ei pelkässä painovoimaisessa ilmanvaihdossa tapahtuisi. Myös sisäilman äkillinen kosteuspitoisuuden nousu esimerkiksi kylpyhuonetiloissa saadaan poistettua tehokkaasti huippuimurin avulla. Tämä parantaa tilan sisäilman laatua ja estää kosteuden tiivistymisen esimerkiksi rakenteisiin. Talvipakkasilla tämä on tärkeää, koska pakkasen jäähdyttää ulkoseinien rakenteita ja rakennuksen sisällä oleva kosteus tiivistyy kylmään pintaan. Mikäli rakennuksessa on talvella ylipainetta suhteessa ulkoilmaan, kulkeutuu tiivistynyt kosteus rakenteisiin ja voi aiheuttaa rakenteisiin kosteusvaurioita. Asumisviihtyvyyden kannalla kosteuden poisto on tärkeää, sillä huoneistojen asukkaat haluavat saada esimerkiksi pyykki nopeasti kuivattua kylpyhuonetiloissa sekä suihkun jälkeisen kosteuden pois asunnosta. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa kääntöpuolena asumisviihtyvyyden kannalta on se, että tehokas poistoilmanvaihto saa helposti aikaan vedon tunteen lattiapinnoilla. [15, s. 83.] Se ottaa ulkoa olevaa ilmaa korvausilmaventtiilien kautta suoraan ja liian tehokkaana ollessaan aiheuttaa vedon tuntua huonetilaan.

Koneellisen poistoilmavaihdon haasteita on toisaalta riittämätön korvausilman saanti [23] ja lämpöenergian hyötykäytön puuttuminen. Korvausilmaventtiilien määrän ollessa riittämätön tai venttiilin ollessa tukittu pyrkii koneellinen poistoilmavaihto ottamaan korvausilman sieltä, mistä se sen saa. Tämä tarkoittaa, että koneellinen poistoilmavaihto imee korvausilmaa rakenteista tai niiden liitoksien läpi, jolloin korvausilman laatu voi olla huonoa. Koneelliseen poistoilmavaihtoon ei voida rakentaa esimerkiksi lämmöntalteenottojärjestelmää (LTO), vaan huoneistosta pois johdettava lämmin sisäilman johdetaan suoraan ulos. Poistoilman sisältämä lämpöenergia hukataan suoraan ulkoilmaan. Koneellinen poistoilmavaihtojärjestelmä ei vastaa nykyhetken energiantehokkuuskysymykseen sellaisenaan, joten nykypäivän rakentamisessa sitä ei suosita.

### 5.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto

1980-luvulla Suomessa yleistyi koneellisen tulo- ja poistoilmavaihdon käyttö asuinrakennuksissa, eli koneellinen ilmanvaihto. Tässä järjestelmässä sekä tulo-, että poistoilmaa ohjataan koneellisesti. Kerrostaloissa koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Jokaiseen huoneistoon voidaan asentaa oma ilmanvaihtokone tai se voidaan keskittää rakennuskohtaiseksi. Koneellisessa tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmässä käytetään lämmöntalteenottoa parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ja laskemaan rakennuksen lämmityksestä syntyviä kustannuksia. Koneellisen tulo- ja poistoilmavaihdon peruseräite on yksinkertainen, mutta se on tuonut mukaan uusia termejä ilmanvaihdon saralle. Aikaisemmin puhuttiin vain rakennusten poisto- ja siirtoilmasta sekä ulkoilmasta, mutta tämän järjestelmän myötä ilmanvaihdon termistöön tulivat LTO ja tuloilma. [23] Kuvassa 9 esitetään koneellisen ilmanvaihdon toimintaperiaate.



Kuva 9. Koneellisen ilmanvaihdon toimintaperiaate. [23.]

Koneellisessa ilmanvaihdossa kylmä ulkoilma johdetaan rakennukseen ulkoilmasäleiköstä lähtevän ulkoilmakanavan kautta ilmanvaihtokoneelle. Ilmanvaihtokoneessa kylmä ulkoilma suodatetaan ja lämmitetään LTO-laitteistossa sekä johdetaan tuloilmakanavaa pitkin huoneiston niin sanottuihin puhtaisiin tiloihin, esimerkiksi makuuhuoneisiin. Tuloilma muuttuu huoneistossa siirtoilmaksi. Siirtoilma liikkuu huoneistossa puhtaista tiloista esimerkiksi ovirakojen kautta likaisiin tiloihin. Huoneiston likaisissa tiloissa, esimerkiksi kylpyhuoneessa, siirtoilma muuttuu poistoilmaksi, ja se imetään poistoilmakanavaa pitkin LTO-laitteistoon kennostoon, josta poistoilman sisältämä lämpöenergia siirtyy kylmään ulkoilmaan. Lämmöntalteenottolaitteistossa lämmin poistoilma ja kylmä ulkoilma eivät sekoitu keskenään, vaan laitteiston lämpöenergia siirtyy lämpimästä kylmään. Kun poistoilmasta on otettu lämpöenergia talteen, se johdetaan jäähdytettynä takaisin ulkoilmaan vesikaton yläpuolelle tai huoneistokohtaisessa ratkaisussa käytetään seinäpuhallusventtiiliä. Koneellisessa ilmanvaihdossa käytetään myös huippuimuria esimerkiksi liesituulettimelta lähtevän poistoilmakanavan päässä, jolloin saadaan tehostettu poistoilmavaihtoa ruuanlaiton aikana. [23]

Koneellisen ilmanvaihdon hyötyjä on sen muunneltavuus ja säädettävyys sekä lämpöenergian talteenotto ja sen hyödyntäminen. Mikäli kerrostalossa jokaiseen asuntoon asennetaan oma ilmanvaihtokone, on asukkaalla mahdollisuus säätää ilmanvaihdon tehokkuutta tarpeensa mukaisesti. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sen, että asukkaiden ollessa pois asunnostaan ilmanvaihto voidaan säätää minimaaliseksi, kun taas samaan aikaan naapurissa olevilla lasten syntymäpäiväjuhlilla ilmanvaihto voidaan asunnossa

säätää tehokkaammalle. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on myös parempi ratkaisu esimerkiksi siitepölyallergiasta kärsivälle asukkaalle, koska ulkoilman suodatetaan aina ennen sen muuttumista tuloilmaksi. Koneellisessa ja painovoimaisessa ilmanvaihdossa tuloilma on aina ulkoilmaa. Koneellisen ilmanvaihdon yhteydessä olevan LTO-laitteiston hyöty on hyvä energiatehokkuuden näkökulmasta, sen hyötysuhde on 55–65 %. Tästä syystä lämmöntalteenottojärjestelmät tulivat uusiin tai niihin verrattaviin rakennusluvan alaisiin hankkeisiin pakollisiksi vuonna 2003 ilmestyneessä RakMk:n osassa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2003. Kokoelman määräyksessä 4.1.2. sanotaan, että poistoilmasta on otettava talteen lämpöä vähintään 30 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. [4, s. 17; 15, s. 91; 23.]

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa haasteeksi tulee muun muassa rakennuksen ilmanvaihdon suunnitelmien heikkous rakennusten tilamuutosten yhteydessä, sekä asukkaiden tietämättömyys ilmanvaihtolaitteiston huoltovaateista. Rakennuksen tilamuutosten yhteydessä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon suunnitelmat saattavat jäädä vajaiksi, jolloin esimerkiksi tulo- ja poistoilmaventtiileille suunnitellut ilmavirrat eivät ole riittäviä muuttuneelle tilalle tai ilmavirrat pääsevät tarpeettomasti sekoittumaan. Esimerkiksi sisäseiniä poistettaessa, saattavat ennen eri tiloissa olleet tulo- ja poistoventtiilit olla nyt samassa tilassa ja liian lähellä toisiaan. Tämä johtaa ilmanvaihdon häiriintymiseen.

Haasteeksi osoittautuu taloyhtiön asukkaiden tietämättömyys omista velvollisuuksistaan ilmanvaihtolaitteiston huoltoa kohtaan. Asuntokohtaisessa ilmanvaihtolaitteistossa esimerkiksi asukkaalla on velvollisuus huolehtia ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihdoista. Suodattimien säännöllisen vaihdon laiminlyönti tai niiden poistaminen kokonaan voi rikkoa ilmanvaihtolaitteiston.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa kuten myös koneellisessa poistoilmanvaihdossa taloyhtiöiden huoltoyhtiöillä on tärkeä rooli. Tulo- ja/tai poistoilmakanavien ja venttiilien säännöllinen puhtaanapito on tärkeää, jotta kanavissa kulkeva ilma on puhdasta eikä virtausmääriin tule esteitä. Taloyhtiöiden ja/tai niiden huoltoyhtiöiden tulee huolehtia sekä kanaviston että venttiilien säännöllisestä ja riittävästä puhdistustaajuudesta.

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon lisäksi voidaan käyttää ilmastointia ja ilmanvaihdon lämmitystä. Ilmastointi toimii kuten koneellinen ilmanvaihto, mutta lämmöntalteenottolaitteiston yhteyteen tulee jäähdytyspatteri ja ilmankostutin [23]. Näin ollen huoneiston sisäilmaan johdettava tuloilma voidaan jäähdyttää esimerkiksi kesähelteillä halun lämpöiseksi ja taas talvella kuivan ulkoilman kosteuspiitoisuutta saadaan lisättyä, jolloin huoneilan tuloilma tuntuu mukavalta ja lämpöisemmältä kuin kuiva tuloilma. Ilmastoinnin avulla huoneiston sisäilman lämpötila ja kosteuspiitoisuus saadaan pidettyä halutulla tasolla ulkolämpötilan muutoksista riippumatta.

## 6 Palvelun rakentaminen ja tuotteistamisen aloittaminen

Uudenmaan lämpötekniikka Oy on tarjonnut sopimusasiakkailleen lämmönjakohuoneiden tarkastus- ja huoneistojen olosuhdemittauspalvelua noin neljän vuoden ajan. Idea palveluun on lähtenyt erään suurimman sopimusasiakkaan kanssa tehdystä yhteistyöstä, ja tarkastettavien kiinteistöjen/huoneistojen määrä on kasvanut moninkertaiseksi viime vuosien aikana. Opinnäytetyön tehtävänä on saada rakennettua myytävä ja tasa-laatuinen palvelutuote. Palvelun tarkoitus valmistua lämmityskauden 2019–2020 ja kevään/kesän 2020 aikana, jotta se saadaan käyttöön tulevaksi 2020–2021 lämmityskaudeksi. Koska yrityksellä ei ollut selkeää linjaa tarkastusten tekemiseen eikä riittävää ohjeistusta asentajille, oli palvelun luominen aloitettava niin sanotusti alusta pitäen.

Määrätietoisempi palvelun rakentaminen aloitettiin syksyllä 2019 ennen lämmityskauden alkua, jolloin yhdessä muiden työnjohtajien kanssa tutustuttiin aikaisempien vuosien aikana tehtyihin tarkastuksiin ja niiden pöytäkirjoihin, työtilauksiin sekä muuhun palveluun liittyvään materiaaliin. Tämän jälkeen oli aika siirtyä kentälle asentajien kanssa ja selvittää, että minkälaisia erilaisia työtilauksia he saavat, miten he toimivat kohteessa sekä mitä kaikkea he tietävät asumisviihtyvyydestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Näiden käyntien aikana saatiin selvitettyä, että käytössä ollut huoneistojen olosuhdetarkastusten mittauspöytäkirja oli vajavainen ja että asentajilla oli hyvin erityyppiset tiedot huoneistoissa tehtävistä tarkastuksista sekä niihin liittyvistä työsuoritteista. Käynneillä selvisi myös, että osa asentajista tekee lämmönjakohuoneessa aivan erillisen lämmönjakohuoneen tarkastuksen ennen asuntotarkastusta ja osa tarkistaa lämmönjakohuoneen vain muutamien tietojen osalta tai ei käy lämmönjakohuoneessa ollenkaan.

Marraskuun 2019 aikana tehtiin huollon työnjohtajien kanssa uusi mittauspöytäkirja (liite 1) ja tästä järjestettiin huoneistojen olosuhdemittauksia tekeville kuudelle asentajalle koulutustilaisuus. Lämmönjakohuoneen tarkastuslomake päätettiin ottaa työn alle, mutta sen uusiminen ei ole ensimmäinen tehtävä. Käytössä oleva lämmönjakohuoneen tarkastuspöytäkirja on opinnäytetyön liitteenä 2.

Uudessa mittauspöytäkirjassa oli kohdat huoneiston tilojen lämpötilamittauksille ja vetoisuusien tarkastukselle, pattereiden toiminnan tarkastamiselle ja sen työsuoritteille sekä

huoneiston poistoilmanvaihdon tarkastukselle. Nämä asiat olivat jo vanhassa mittauspöytäkirjassa. Uutena asiana mittauspöytäkirjaan tuli olosuhdemittauksen yhteydessä tehtävä lämmönjakokeskuksen tarkastus. Koettiin tärkeänä, että samaan mittauspöytäkirjaan tulee tiedot muun muassa ulkolämpötilasta, kellonaika, lämmitysverkoston menojen ja paluuvien lämpötilasta sekä verkoston paineesta ja tiedot näiden suunnitteluarvoista.

Koulutustilaisuudessa kävi ilmi myös, että asentajat jakavat huoneistojen asukkaille ohjeita lämmityksen toiminnasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Yrityksellä oli käytössä neljä erilaista asukasohjetta samasta asiasta, joten tuli järkeväksi tehdä näistä yksi yrityksen näköinen ja helppolukuinen asukasohje. Asukasohjeen suunnittelu ja tekeminen jää kesälle 2020, jolloin se on valmis ennen seuraavaa lämmityskautta.

## 6.1 Kyselyt

Helmi-maaliskuussa 2020 kaikille huollon LV-asentajille ja työnjohdolle järjestettiin kyselyt, jossa haluttiin tarkemmin tietää lämmityskauden aikana tehtyjen huoneistojen olosuhdemittausten ja lämmönjakohuoneen tarkastusten sisältöä sekä laajuutta, asentajien tietämystä ja koulutustarvetta lämmitystekniikasta, sekä työsuoritteiden tärkeyttä. Kaikille huollon 19 asentajalle ja LV-huollon työnjohdolle jaettiin 17 kysymyksen kysymyspatteristo (liite 3). Kysymyksiä jaettiin yhteensä 23 henkilölle. Kysymykset rakennettiin yhdessä yrityksen johdon ja huollon työnjohdon kanssa. Vastausaikaa työntekijöillä oli kaksi viikkoa ja he saivat jättää vastaukset nimettömänä niin halutessaan. Vastauksia saatiin määräaikaan mennessä yhteensä 21 kappaletta. Liitteessä 4 on selvitys kyselyn tuloksissa (liite 4). Selvitys annettiin yrityksen johdon ja huolto-osaston toimialajohtajan kommentoitavaksi ja heidän kanssaan järjestettiin kokous asiasta.

## 6.2 Selvityksen läpikäynti ja seuraukset

Kokouksen tarkoitus oli käydä tulokset läpi sekä luoda niin sanotut askelmerkit palvelutuotteen rakentamiselle ja seuraaville tavoitteille. Kokouksessa nousi esille seuraavia asioita, jotka yritys haluaa nyt ensimmäisenä ottaa työn alle. Näitä asioita olivat muun

muassa työnjohdon ja asentajien toivomat lisäkoulutukset, lämmönjakohuoneen tarkastuslomakkeen uusiminen ja palvelun nimen vaihtaminen kausihuolloksi sekä kirjallinen työohje että huoneistossa tehtäville olosuhdemittauksille uusi mittauspöytäkirja ja kirjallinen työohje. Kokouksessa ideoitiin myös, että kevään/kesän 2020 aikana suunnitellaan mittauspöytäkirjan sähköistämistä matkapuhelimeen tai tablettiin sopivan muotoon.

Toivottuja lisäkoulutuksia tullaan järjestämään työnjohdolle ja asentajille muun muassa eri pumppuvalmistajien toimesta ja mittareiden käytöstä. Pumppukoulutuksiin lähetetään lähtökohtaisesti työnjohto, joiden tehtävänä on rakentaa yksinkertaiset ohjeet pumpuista asentajien käyttöön. Asentajille rakennettavista ohjeista tehdään yleispätevät, jotta pumpun mallista tai merkistä riippuen asentajan olisi helppo saada selville pumpun toimintaan liittyvät perusasiat. Ohjeeseen tulee lisäksi yleisohje pumpputekniikasta. Työnjohdon koulutuksen ja työohjeen valmistumisen jälkeen yritys haluaa itse kouluttaa asentajat pumppujen toimintaan. Nämä asentajakoulutukset järjestetään pienryhmissä kentällä sopimusasiakkaiden lämmönjakohuoneissa.

Olosuhdemittausten mittauspöytäkirja (liite 5) rakennettiin uudelleen sekä sen täydentämiseen ja mittauksen tekemiseen tehtiin työohje (liite 6). Huoneistossa tehtävän olosuhdemittauksen yhteydessä tehdään muutamat työsuoritteet kohteen lämmönjakohuoneessa. Yrityksen tahtotila olosuhdemittauksen tekemiseen on, että riippumatta työtilauksen sisällöstä tietyt työsuoritteet tehdään aina asunnossa ja lämmönjakohuoneessa. Oli sitten tilaajan huoli asunnossaan kylmät lattiat, kylmät patterit tai sisäilman tuntuminen kylmältä, suoritetaan kohteessa aina samat mittaukseen sisältyvät työsuoritteet, niin huoneiston osalta kuin lämmönjakohuoneenkin osalta. Mittauspöytäkirjaan tuli useita muutoksia ja lisäyksiä edelliseen verrattuna. Tämän mittauksen työohje kirjoitettiin kokonaan, koska yrityksellä ei ollut sellaista käytössä. Kyselyn perusteella työohjeelle on ollut tarve, koska osa kyselyn vastaajista piti nykyistä toimintamallia sekavana. Työohjeessa on kerrottu yksinkertaisesti jokaisen työsuoritteen toimintamalli. Työohje tullaan esittelemään asentajille ennen seuraavan lämmityskauden alkua ja jokaisen asentajan kanssa käydään työohje läpi opastetusti kohteessa.

Lämmönjakohuoneen tarkastukselle rakennettiin uusi tarkastuspöytäkirja sekä sen täydentämiseen ja työsuoritteille työohje. Lämmönjakohuoneen tarkastus tarkoittaa läm-

mönjakokeskusten kausihuoltoa. Huollon aikana huoltoasentaja tarkastaa kaikki lämmönjakokeskuksen laitteet ja osat. Uudessa tarkastuspöytäkirjassa (liite 7) otetaan huomioon patteriverkoston lisäksi käyttövesiverkoston ja mahdolliset muut kiinteistön lämmitysverkostot. Työohjeessa (liite 8) kerrotaan yksinkertaisesti, että mitä kussakin tarkastuskohdassa tulee tehdä. Loppukevään 2020 aikana yritys määrittää 2–4 huoltoasentajaa, jotka alkavat tekemään näitä lämmönjakohuoneen kausihuoltoja. Jokaisen asentajan kanssa käydään tekemässä opastettu kausihuolto sopimusasiakkaan kohteessa. Kentällä tapahtuvan koulutuksen tavoite on saada kaikkiin työsuoritteisiin samat toimintamallit, ja mahdollisten epäselvyyksien toivotaan tulevan esille niin sanotussa kenttätöissä. Niin kuin olosuhdemittausten työohje, on tämäkin työohje yrityksellä olemassa ensimmäistä kertaa. On siis selvää, että molemmat työohjeet tulevat jo tämän vuoden aikana muuttumaan ja kehittymään.

### 6.3 Huoneistojen olosuhdemittauksilla käytettävät mittarit

Merkittävässä roolissa huoneistojen olosuhdemittausten tarkastuksilla on LV-asentajan ammattitaidon lisäksi erilaiset mittarit. Mittareiden tärkein tehtävä on olla luotettava työkalu asentajalle sellaisessa työsuoritteessa, jonka lopputulosta ihminen ei voi havainnoida tai määrittää. Huoneistojen olosuhdemittauksilla LV-asentajilla on käytössä IR-lämpötilamittari, ilman lämpötilamittari, lämpökamera ja ilmanvaihdon pääteventtiilien virtaamamittari. Tällä hetkellä huolto-osaston 19 LV-asentajasta kuusi tekee lämmityskauden aikana täysipäiväisesti olosuhdemittauksia huoneistoissa, joten näillä kaikilla asentajilla on oheisen listan mukaiset mittarit. Yritys on varannut myös työnjohdon käyttöön luetellut mittarit ja toimistolla säilytetään lisäksi muutamia varamittareita. Mittareiden käytöstä ja niillä mittaamisesta tehtiin yksinkertaiset ja lyhyet ohjeet asentajien käyttöön. Mittareiden käyttöohjeet tulee olosuhdemittausten työohjeen yhteyteen (liite 6). Myös asentajille järjestetään mittalaitetekoulutuksia työnjohdon toimesta tarpeen mukaan, mutta kuitenkin ennen seuraavan lämmityskauden alkua kaikkien asentajien kanssa käydään mittareiden käyttö läpi. Näillä kirjallisilla ohjeilla ja koulutustoimenpiteillä varmistutaan, että mittaustapahtuma on aina samanlainen ja näin ollen tulokset ovat luotettavia.

IR-lämpötilamittarin (infrared radiation) toimintaperiaate on yksinkertainen. Mittarilla mitataan kohteen pintalämpötilaa ilman kontaktia. Se mittaa kohteen tuottamaa infrapu-

nasäteilyä, eli lämpösäteilyä anturin avulla ja muuttaa sen lämpötilaksi. Mittaamisen helpottamiseksi mittarista lähtee punainen laserosoitin. Tärkeintä IR-mittarilla muistaa, että mittariin on asetettu oikein emissiokerroin ja mittausetäisyys kohteesta on mittarin mukainen.

Sisäilman lämpötilamittarilla mitataan huoneiston oleskeluvyöhykkeen lämpötilaa ilmasta. Käytettävät sisäilman lämpötilamittarit voivat olla esimerkiksi termoelementtimittareita. Lämpötilan mittaus tällaisella mittarilla perustuu lämpösähköilmiöön kahden eri metallin liitoskohdassa. Liitoskohta muodostaa tuntoelimen, minkä mittaustulos on lähes lineaarinen lämpötilan suhteen. Tällaisten mittareiden etu on niiden tarkkuus. Tärkeintä sisäilman lämpötilan mittauksessa on muistaa, että mittaus tehdään huoneiston oleskeluvyöhykkeeltä ja, että mittaja ei aiheuta virhettä omalla toiminnallaan. [25, s. 4–5.]

Lämpökameran toiminta perustuu samaan toimintaperiaatteeseen kuin IR-lämpötilamittarin toiminta. Lämpökameralla mitataan tutkittavan kohteen esimerkiksi rakennuksen seinän tai lämpöpatterin pintalämpötilajakaumaa. Kaikki pinnat lähettävät sähkömagneettistasäteilyä eli IR-säteilyä. Säteilyn voimakkuus riippuu kohteen pintalämpötilasta. Tämän takia lämpökameran tuottamassa lämpökuvassa kohteen eri pintalämpötilat näkyvät eri tummuusasteina tai eri väreinä. Kuten IR-mittaria käytettäessä myös lämpökameran käytössä tulee muistaa, että kameraan tulee olla asetettu oikea emissiokerroin ja mittausetäisyyden, sekä mittauskulman tulee olla oikeat.

Ilmanvaihdon ilmavirtaamia kanaviston pääteventtiileistä voidaan mitata erilaisilla menetelmillä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi paine-eroon perustuvalla menetelmällä Pitot-putkella tai ilmavirran nopeusmittaus suoraan venttiilistä siipipyöranemometrillä. Siipipyöranemometrin toiminta perustuu laitteistossa olevan laakeroidun siipipyörän pyörimisnopeuteen ilmavirran vaikutuksesta. Laitteiston avulla saadaan ilman virtausnopeus tietoon. Nykypäivän laitteistossa on myös ominaisuus, että mittari muuttaa virtausnopeuden ilmavirran ilmamääräksi. Näin saadaan suoraan selvillä venttiilin kautta tulevan tai poistuvan ilmavirran määrä ja voidaan verrata tätä suunnittelu- tai tavoitearvoihin. Tärkeintä siipipyöranemometrin käytössä on, että venttiilin suulle asetettava kartio asettuu tiiviisti venttiiliin ja siipipyörän pyörimisnopeus tasoittuu. [25, s. 8.]

## 6.4 Laitteistot ja lisätyösuoritteet olosuhdemittauksella

Lämmityskauden aikana 2019–2020 olosuhdemittausten yhteydessä huomattiin, että kiinteistöjen lämmityksen ongelmat olivat yleensä laajempia kuin vain yksittäinen kylmä huoneisto. Tämä tarkoitti, että asentajien tulee hallita erilaisten laitteiden käyttöä ja työsuoritteita, jotta lopputulos lämpimästä kiinteistöstä olisi kaikkia osapuolia tyydyttävällä tasolla. Tässä käsitellään muutamia erilaisia työsuoritteita ja laitteita, jotka kuluneen lämmityskauden aikana osoittautuivat hyödyllisiksi. Näistä laitteista ja työsuoritteista tullaan kesän 2020 aikana laatimaan työohjeet, jotta ne ennen seuraavaa lämmityskautta asentajien ja työnjohdon käytettävissä. Tässä luvussa käydään lyhyesti eri huoltotyösuoritteita ja laitteiston toimintatapoja. Tämä luku tulee toimimaan runkona kesän 2020 aikana tehtäville työohjeille.

Pattereiden ilmausta pidetään yhtenä tärkeimpänä pattereiden huoltotyönä. Patterit ilmataan siinä olevan ilmausruuvien kautta siihen soveltuvalla työkalulla, eli ilmaruuvien avajalla. Pattereissa oleva ilma on yleisesti suurin syy lämmityspattereiden heikkoon toimivuuteen.

Mikäli perinteinen ilmaus ei auta, voidaan patteria tai siihen kiinnittyviä lämpölinjoja niin sanotusti letkuttaa. Letkutuksessa letkun toinen pää kiinnitetään patterin venttiiliin joko menopuolelle tai paluupuolella, ja toinen pää laitetaan viemäriin. Mikäli letku kiinnitetään menopuolen patteriventtiiliin, saadaan poistettua ilmaa runkolinjoista, mutta ei patterista. Jos halutaan letkun avulla poistaa ilmaa runkojen lisäksi myös patterista, tulee letku kiinnittää paluupuolen venttiiliin. Kiinnittämisen jälkeen patteriventtiili avataan, ja verkostossa olevan paineen avulla vesi poistuu verkostosta. Tässä on tärkeää, että verkoston paineet eivät pääse laskemaan liian alas, joten verkostoa on täytettävä täyttöventtiilin kautta lämmönjakokeskuksella. Ilmauksella saadaan poistettua helposti patteriin tai sen läheisyyteen jäänyttä ilmaa. Letkun avulla taas saadaan pidemmältä matkalta poistettua verkostossa oleva ilmaa. Letkua käytettäessä tulee muistaa, että ilma liikkuu verkostossa aina ylöspäin. Ennen letkutuksen aloitusta on hyvä sulkea muut verkoston linjat, jotta liikkeelle saatu ilma tulee patterista ulos sieltä, mistä sen halutaan tulevan. Letkutuksen yhteydessä yleensä havaitaan, että lämmitysverkostossa oleva kiertovesi on erittäin likaista. Likainen verkoston vesi saadaan pois verkostosta huuhtelemalla kuten let-

kutuskin tehdään. Likainen verkoston vesi voidaan poistaa. Huuhtelussa kuten letkuttamisessakin on tärkeää edetä järjestelmällisesti ja sulkea aina ne linjat, joita ei haluta huuhteltavan.

Perinteisen verkoston huuhtelun lisäksi voidaan käyttää sykehuuhtelulaitteistoa. Sykehuuhtelua käytetään myös sellaisissa kohteissa, joissa verkosto on erittäin likainen ja kohteeseen on tulossa patteriventtiilien ja termostaattien vaihtourakka. Sykehuuhtelulaitteiston toiminta periaate perustuu kavitaatioon. Laitteisto tekee veden ja paineilman avulla putkistoon kavitaation. Kavitaatio irrottaa putkien ja pattereiden sisäpinnoilta aikojen saatossa kertyneet epäpuhtaudet ja kivetymät. Sykehuuhtelulaitteisto asennetaan lämmönjakokeskukseen lämmitysverkon pumpun tilalle huuhtelun ajaksi.

Alipaineilmanpoistinta käytetään yleensä kohteissa, joiden lämmitysverkostoissa on ollut haasteita toimivuuden kannalta ja verkostoa on jouduttu täyttämään ja/tai tyhjentämään useaan otteeseen joko osittain tai kokonaan. Alipaineilmanpoistin poistaa lämmitysverkon vedessä olevan sitoutuneen ilman alipaineen avulla. Alipaineilmanpoistin kytetään lämmönjakohuoneeseen lämmitysverkon paluupuolelle ja sen annetaan yleensä toimia useampi viikko.

## 7 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli rakentaa Uudenmaan lämpötekniikka Oy:lle uusi palvelutuote, Olosuhdemittaukset kiinteistössä. Palvelutuote oli ollut yrityksellä käytössä jo muutamia vuosi, mutta selkeitä toimintamalleja, palvelun sisältöä ja työohjeita ei ollut. Projektin aikana lämmityskaudella 2019–2020 päästiin jo hyvää vauhtiin palvelun rakentamisen kanssa. Koko LV-huolto-osastolle järjestettiin kysely, jonka vastauksena saatiin selvitys työntekijöiden tietotaidosta, kokemuksesta ja kehitystarpeista. Näitä tietoja hyväksikäyttäen tullaan vielä vuoden 2020 aikana rakentamaan lisää työohjeita ja toimintamalleja sekä kouluttamaan henkilökuntaa. Tarkoituksena on, että tätä opinnäytetyötä hyödynnetään niin työjohdossa kuin asentajien keskuudessakin näitä toimia tehdessä. Opinnäytetyöhön on kerätty laaja lämmitystekniikan ja ilmanvaihdon perusteisiin sekä lainsäädäntöön liittyvä teoriaosuus tämänhetkisten asiakaskohteiden näkökulmasta. Tätä osuutta on tarkoitus hyödyntää, kun tulevaisuudessa yritys rakentaa lisää työohjeita ja palvelun sisältöä asumisviihtyvyyden parantamiseksi.

Olosuhdemittauspalvelulle ja lämmönjakohuoneen kausihuollolle on nyt tehty ensimmäiset selvät askelmerkit. Uudet mittaus- ja tarkastuspöytäkirjat otetaan käyttöön yhdessä niihin liittyvien työohjeiden kanssa. Kaikille LV-huollon työntekijöille tullaan alkukesän 2020 aikana järjestämään koulutustielaisuuksia sopimuskumppaneiden tiloissa, jotta tulevana lämmityskautena työsuorittajilla on selvemmat toimintamallit.

Kesällä 2019 opinnäytetyön alkaessa tavoitteeni oli, että keväällä 2020 yrityksellä on uusi palvelutuote. Opinnäytetyön sisältämän laajan aihealueen myötä totesimme, että kaikkea ehditä saamaan valmiiksi ennen kevättä 2020. Opinnäytetyöstä jätettiin pois muun muassa esite palvelutuotteesta. Se tullaan tekemään myöhemmässä vaiheessa, samalla kun aloitetaan palvelun markkinointi.

## Lähteet

- 1 Rakennusten ilmanvaihto, määräykset. 1975. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Sisäasianministeriö. Finlex.
- 2 Rakennusten ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. 1978. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Sisäasianministeriö. Finlex.
- 3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. 1987. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. Finlex.
- 4 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. 2003. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. Finlex.
- 5 Hämäläinen, Petro. 2017. Rakentamismääräyskokoelman D1- ja D2-osien muutokset vuosilta 1976-2012. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2010. 2008. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. Finlex.
- 7 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. Finlex.
- 8 Kalliomäki, Pekka. 2018. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Turku: Lounais-Suomen sisäilmapäivät 2018. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.avi.fi/documents/10191/10237474/13112018+sis%C3%A4ilmap%C3%A4iv%C3%A4%20Kalliom%C3%A4ki+YM+asetus+sis%C3%A4ilmastosta+ja+ilmanvaihdosta.pdf/8da238e7-eea9-4f25-9042-a6d75b8aa5e4>>. Luettu 1.2.2020
- 9 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. 2017. Ympäristöministeriö. Finlex.
- 10 Ylläpito. 2020. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/yllapito>>. Luettu: 1.2.2020
- 11 Huonelämpötilojen suunnitteluarvot. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Verkkoaineisto. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/4-ss-huonelampotilojen-suunnitteluarvot>>. Luettu: 1.2.2020

- 12 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriö. Finlex.
- 13 Maankäyttö- ja rakennuslaki.1999. 132/1999.
- 14 Harju, Pentti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. 4. painos. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky.
- 15 Harju, Pentti. 2014. Talotekniikan perusteet 2. 2. painos. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky.
- 16 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2003. RT 52-10797. Rakennustieto Oy.
- 17 Vesikiertoinen lattialämmitys.1996. LVI 13-10261. Rakennustieto Oy
- 18 Leppiniemi, Jani. 2012. Lattialämmityksen suunnitteluohjeistus. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 19 Kaukolämpö. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia, vapaa tietosanakirja. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaukol%C3%A4mp%C3%B6>>. Luettu 15.2.2020.
- 20 Hiilineutraali kaukolämpö Espooseen 2020-luvulla. 2020. Fortum. <<https://www.fortum.fi/espoo>>. Luettu: 15.2.2020.
- 21 Lämmitys kaukolämmöllä. 2005. RT 52-10859. Rakennustieto Oy.
- 22 Vartela, Taavi. 2017. Energianlaskentajärjestelmän laajentaminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 23 Ilmanvaihtojärjestelmät. 2020. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat>>. Luettu 16.2.2020.
- 24 Kuuluvainen, Leino; Lindberg, Ben-Roger; Lylykangas, Kimmo; Mikkola, Juulia; Sainio, Jukka; Vuolle Mika. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto-opas. Verkkoaineisto. Suomen LVI-liitto SuLVI ry. <<https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2018/08/Painovoimaisen-ilmanvaihdon-opas.pdf>>. Luettu 16.2.2020
- 25 LVI-laitosten mittaukset. 1999. LVI-014-10290. Rakennustieto Oy

