

Opinnäytetyö (AMK)

LVI-insinööri

2018

Jarno Piippo

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN MITTAUS- JA SÄÄTÖMENETELMÄT

OPINNÄYTETYÖ (AMK) TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikan koulutusohjelma | LVI-insinööri

4.12.2018 | 35 sivua, 4 liitesivua

Ohjaaja: Juha Leimu

Jarno Piippo

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN MITTAUS- JA SÄÄTÖMENETELMÄT

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kartoittaa ja kehittää ilmanvaihtojärjestelmän säätö- ja mittaustyötä käytännön työelämässä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Assemblin Oy. Kartoitusta ilmanvaihtojärjestelmän säätötyön käytäntöjen ja säädettävyyden vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi toteutettiin mittaus- ja säätöalan ammattilaisille suunnatulla kyselyllä. Kyselyn tavoitteena oli selvittää, miten säätötyössä päästäisiin parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen.

Kyselyyn vastasi kahdeksan henkilöä. Vastausten mukaan esisäätöarvojen käyttö käytännön työelämässä on vähäistä, mutta kokemukset siitä ovat olleet positiivisia. Ajallisesti sitä ei ole koettu suhteellista säätöä nopeammaksi. Kyselyyn vastanneiden mielestä esisäätöarvojen käyttö voisi olla hyödyllistä yksinkertaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä.

Rakennusten ilmanvaihtojärjestelmien säätämisessä suhteellinen mittaus- ja säätötapa on yleisesti vakiintunut käytäntö, kun taas laskennallista eli esisäädettyä mittaus- ja säätötapaa ei juurikaan käytetä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää esisäätöarvojen hyödynnettävyyttä käytännön työelämässä. Tarve selvitystyölle pohjautui Assemblin Oy:n onnistuneeseen kokemukseen esisäätöarvoilla toteutetusta uudelleensäädöstä eräässä rakennuskohteessa. Myös alan ammattikirjallisuudessa suositellaan esisäätöarvojen käyttämistä. Selvitys tehtiin tarkastelemalla suhteellisella säädöllä toteutetun rakennuskohteen Pinus Kaarinan ilmanvaihtojärjestelmän mittauksia ja säätöä, jonka lopullisia säätöarvoja vertailtiin kohteen suunnittelijan määrittelemiin laskennallisiin esisäätöarvoihin. Tarkastelussa havaittujen ristiriitaisuuksien vuoksi tehtiin työmaalla tarkastusmittaukset, joiden perusteella toteutuneissa säädöissä havaittiin puutteita.

Kartoituksen ja selvitystyön perusteella Assemblin Oy:lle tehtiin ehdotus mittaus- ja säätötöiden tarkastamisen kehittämiseksi. Ehdotuksena on, että rakennuskohteissa aloitettaisiin säätötöiden systemaattinen tarkastus.

ASIASANAT:

ilmanvaihtojärjestelmä, sisäilmasto, säätötyö, esisäätö, suhteellinen säätö

Jarno Piippo

MEASURING THE VENTILATION SYSTEM AND ITS ADJUSTMENT METHODS

The purpose of this thesis was to survey and to develop the adjustment and measurement work of the ventilation system during the practical working life. This was commissioned by Assemblin Oy. To determine the practices of the adjustment work of the ventilation system and factors which affect the adjustability, an inquiry was carried out directed to the professionals of the measuring and adjustment field. The objective of the inquiry was to determine how the best possible result would be achieved in the adjustment work.

Eight people answered the inquiry. According to the responses, the use of pre-adjustment values during the practical working life is minor, but the experiences of using them have been positive. It was not temporarily regarded any faster than the relative adjustment. According to the respondents, the use of pre-adjustment values could be useful in simple ventilation systems.

In adjusting the ventilation systems of buildings, the relative measuring and adjusting way is a generally established practice, whereas the calculatory, in other words the pre-adjusted measuring and adjusting way, is not really being used. The objective of the thesis was to analyze the usefulness of the pre-adjustment values during the practical working life. The need for the report was based on the successful experience of Assemblin Oy of a readjustment that was carried out with using the pre-adjustment values in a building project. Also, in the professional literature of the field, the use of pre-adjustment values is recommended. The thesis is carried out by examining the measurements of the ventilation system of Pinus Kaarina, and the regulation parameters of the system that are carried out with using the relative adjustment. The actualized values are then compared to the calculatory pre-adjustment values determined by the designer of the ventilation system. Because of contradictions in the examination, the measurements were checked on site which showed that the adjustments had shortcomings.

Based on the report, a suggestion to develop the checking of measuring and adjustment work, was made to Assemblin Oy. The proposal is, that in the building projects, a systematic inspection of adjustment work would begin.

KEYWORDS:

ventilation system, indoor climate, measuring work, pre-adjustment, relative adjustment

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 YRITYKSEN ESITTELY	2
3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ RAKENNUKSESSA	3
3.1 Ilmanvaihtojärjestelmä	3
3.2 Epäpuhtauslähteet rakennuksessa	5
3.3 Ilmastointijärjestelmän ilmavirrat	6
3.4 Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus ja säätö	7
3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän suhteellinen tasapainotusmenetelmä	11
3.6 Tarpeenmukainen optimoitu ilmanvaihtojärjestelmä	15
3.7 LVV linjasäätöventtiilien esisäätöjenarvojen käyttö rakennuksessa	17
3.8 Ilmanvaihtojärjestelmän esisäätöarvojen käyttö rakennuksessa	17
4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄÄTÖTYÖN KÄYTÄNTÖJEN KARTOITUS	18
4.1 Kartoituksen tarkoitus	18
4.2 Kartoituksen toteuttaminen	18
4.3 Kartoituksen tulosten analysointi	19
5 PINUS KAARINA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄÄTÖTYÖN TARKASTELU	22
5.1 Mittausosion tarkoitus	22
5.2 Säättöiden mittauspöytäkirja, jonka säätömies toteuttanut	23
5.3 Tarkastusmittaukset 6.6.2018	24
5.4 Tulosten analysointi	26
6 LAADUKKAAMPIEN MITTAUS- JA SÄÄTÖTÖIDEN TOTEUTUS	31
7 POHDINTA	33
LÄHTEET	35

LIITTEET

Liite 1. Kartoituksen kyselylomake

KAAVAT

Kaava 1. Säädessä tarvittavia kaavoja. (Mäkelä, M. 2015, 99-100.)	Virhe.
Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
Kaava 2. säätöpeltien ja päätelaitteiden säädessä tarvittavia kaavoja. (Fläkt Woods 2016.)	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kaava 3. Mittausvirheen määrittely. (Heinonen, J. & Sandberg. 2014, 115.)	14

KUVAT

Kuva 1. Assemblin Oy osaaminen, elinkaari ja Lukuja. (Assemblin Oy. 2018a.)	2
Kuva 2. Ilmanvaihtojärjestelmä rakennuksessa. (Muokattu lähteessä Heinonen, J. & Sandberg 2016 esitettyä kuvaa.)	4
Kuva 3. Huoneen sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ja epäpuhtauslähteitä. (Muokattu lähteessä Heinonen, J. & Sandberg 2016 esitettyä kuvaa.)	5
Kuva 4. Ilmavirrat rakennuksessa. (Ympäristöministeriö 2012, 4)	6
Kuva 5. Esisäädetyin ilmanvaihtojärjestelmän esimerkki laskentapolun ja kanaviston numeroinnista painehäviöidenlaskentaa varten. (Muokattu lähteessä Holopainen ym. 2012 esitettyä kuvaa.)	9
Kuva 6. Esisäädetyin ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotuksen periaate (Muokattu lähteessä Holopainen ym. 2012 esitettyä kuvaa.)	10
Kuva 7. Suhteellisen säädön teoria esitetty kuvassa ja kuinka tulisi edetä ilmanvaihtokanaviston mittaus- ja säätötyössä. Mittaus- ja säätötavan toteutus on sama sekä tulo- että poistoilmakanavistossa. (Muokattu lähteessä Holopainen ym. 2012 esitettyä kuvaa.)	12
Kuva 8. Perustietoa hiilidioksidista CO ₂ (Muokattu lähteessä Vaisala 2010 esitettyä kuvaa.)	16
Kuva 9. Mittauspöytäkirja 24.5.2018 / Yritys: salainen	23
Kuva 10. Tarkistus mittaukset 6.6.2018 (Piippo, J. 2018)	24
Kuva 11. Tarkistus mittaukset 6.6.2018 (Piippo, J. 2018)	25
Kuva 12. Virhemarginaali pylväskaavio	26
Kuva 13. Tuloilmalaatikko ja venttiili	27
Kuva 14. Poistoilmalaatikko ja venttiili	27
Kuva 15. Kuva Fläkt Woods säätöopas (Fläkt Woods 2016.)	28
Kuva 16. Kalibrointitodistus (Turku, 2018)	30

TAULUKOT

Taulukko 1. Koko Ilmastointijärjestelmän sallitut mittavirheet. (Suomen standardisoimisliitto SFS- EN12599 2012, 22.)

15

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

LTO	Lämmön talteenotto
VAK	Valvonta-alakeskus
Pa	Paine = Pascal = (N/m ²)
LVISAK	Lämpö, vesi, ilma, sähkö, automatiikka ja kylmälaitteet
ppm	Miljoonasosa, [ppm], parts per million
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
K _v -arvo	Venttiilikohtainen kerroin

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa ja kehittää ilmastointijärjestelmän säätö- ja mittaustyötä käytännön työelämässä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Assemblin Oy. Tarve kehittämistyölle on lähtenyt Assemblin Oy:n eräässä rakennuskohteessa toteutusta ilmastointijärjestelmän uudelleen säätämisestä esisäätoarvoin. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän säätötyö toteutettiin uudelleen, koska mittaus- ja säätötöiden jälkeen oli havaittu ilmanvaihtokoneen kammiopaineen olevan huomattavasti suunnittelijan määrittämää laskennallista arvoa suurempi. Suunnittelijan laskemilla esisäätoarvoilla toteutetun uudelleen säädön jälkeen ilmamäärät päätelaitteilla olivat oikein, ja kammiopaine oli lähellä laskennallista arvoa. Uudelleen säätämisellä saavutettiin energiatehokkuutta eli käyttökustannukset pienenivät. Pienemmillä paineilla myös päätelaitteiden äänet pienenivät. Tämän uudelleen säädön perusteella haluttiin selvittää, olisiko esisäätojen käytöstä hyötyä käytännön työelämässä.

Rakennusten ilmanvaihtojärjestelmien säätämisessä suhteellinen mittaus- ja säätötapa on yleisesti vakiintunut käytäntö. Ilmanvaihtojärjestelmän laskennallista eli esisäädettyä mittaus- ja säätötappaa ei juurikaan käytetä. Kuitenkin ilmastointialan ammattikirjallisuudessa esisäätoarvojen käyttämistä suositellaan. Vesi- ja lämmitysjärjestelmien säädössä esisäätojen käyttö on vakiintunut käytäntö. (Holopainen ym. 2012, 122.)

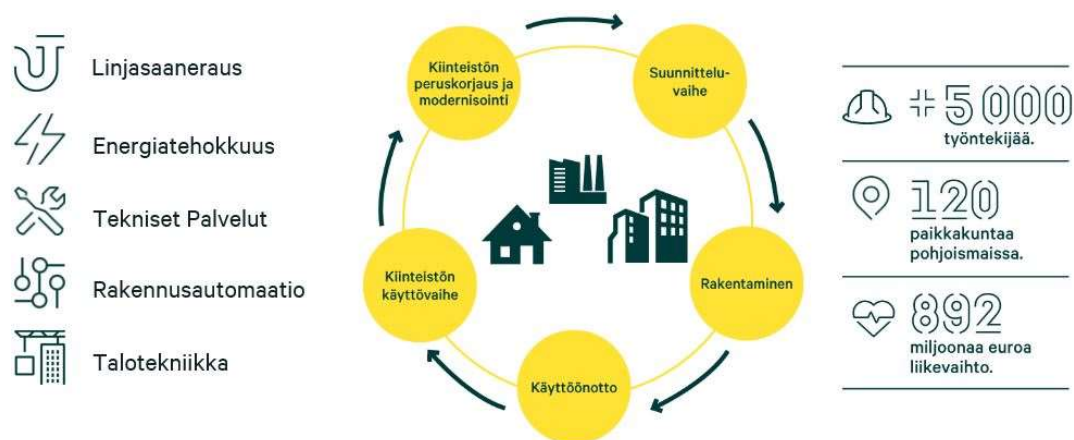
Opinnäytetyössä kartoitetaan ilmanvaihtojärjestelmän säätötyön käytäntöjä ja säädettävyyteen vaikuttavia tekijöitä mittaus- ja säätöalan ammattilaisten näkökulmasta. Tavoitteena on selvittää, miten säätötyössä päästäisiin parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella suhteellisella säädöllä toteutetun rakennuskohteen Pinus Kaarinan ilmanvaihtojärjestelmän mittausta ja säätöä vertailemalla kohteen suunnittelijan määrittämiä laskennallisia esisäätoarvoja toteutuneisiin suhteellisiin säätöarvoihin. Kartoituksen ja tarkastelun perusteella tehdään Assemblin Oy:lle ehdotus mittaus- ja säätötöiden tarkastamisen kehittämiseksi.

Opinnäytetyössä ei tarkastella ilmanvaihtojärjestelmän äänen tuottoa, lämpötiloja ja painehäviöitä.

2 YRITYKSEN ESITTELY

Organisaatio: Assemblin Oy on talotekniikassa täyden palvelun asennus-, huolto ja elinkaarikumppani, joka toimii Pohjoismaissa. Assemblin Oy suunnittelee, asentaa, huoltaa, käyttää ja kehittää talotekniikka järjestelmiä kaiken tyyppisiin kiinteistöihin. Yrityksen omistaa Triton pääomasijoitusyhtiö (Kuva 1.).

Kestävä kehitys: Turvallinen työympäristö, jota pyritään jatkuvasti kehittämään, ympäristö- ja ilmastovaikutusten huomioon ottaminen kaikessa toiminnassamme ja tasa-arvo ja yhdenvertaisuus lain noudattaminen yrityksessä.



Kuva 1. Assemblin Oy osaaminen, elinkaari ja Lukuja. (Assemblin Oy. 2018a.)

Arvot: Assemblin Oy toimii ammattimaisesti, toimimme yhdenmukaisesti, meillä on osaaminen ja olemme luotettavia.

Arvojen taustat: Yksi konserni – yksi kulttuuri ja samat tarpeet – samat ratkaisut.

Visio: Tavoitteena on olla Pohjoismaiden johtava asennus- ja palveluyritys sekä asiakkaiden ensisijainen yhteistyökumppani. (Assemblin Oy. 2018b.)

3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ RAKENNUKSESSA

Rakennuksen ilmanvaihto vaikuttaa merkittävästi ihmisen hyvinvointiin ja rakennuksen rakenteiden kuntoon. Tässä luvussa käsitellään ilmanvaihtojärjestelmän tarkoitusta, ilmapvirtojen kulkemista ilmanvaihtojärjestelmässä sekä energiatehokkaan ilmanvaihdon toteuttamista rakennuksissa. Onnistuneen ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisuuteen vaikuttaa olennaisesti järjestelmän oikeanlainen säätö ja käyttöönotto. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän Paras ja kallein ilmastointijärjestelmäkään ei ole tarpeenmukainen, ellei sitä ole mitattu ja säädetty oikein.

3.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

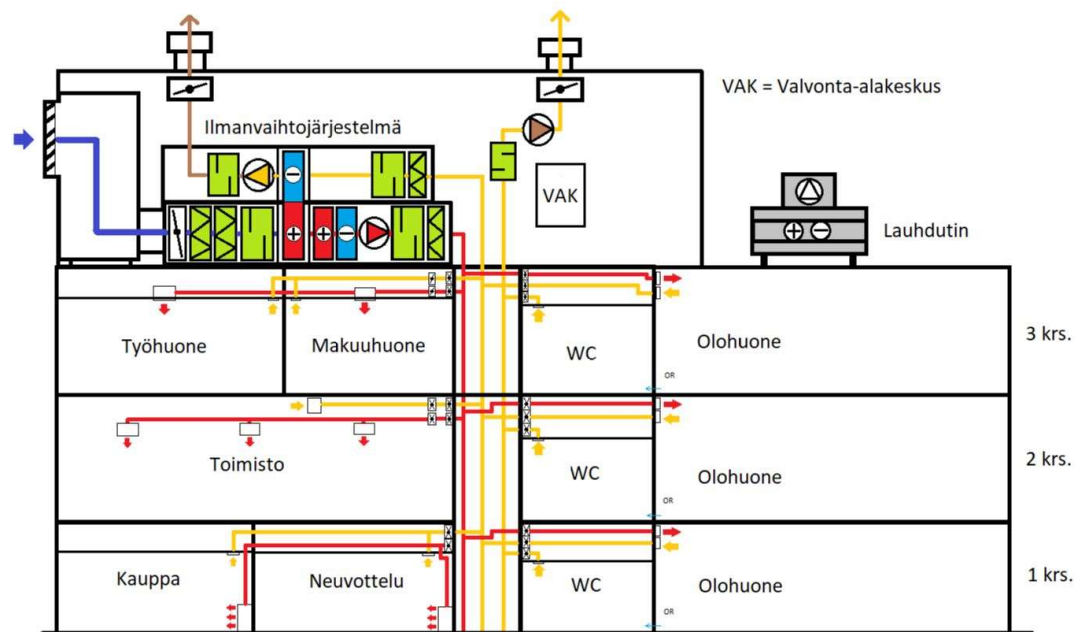
Ilmanvaihtojärjestelmän tarkoitus on poistaa rakennuksessa ja oleskelutiloissa sisäilmaan syntyviä epäpuhtauksia. Sisäilman epäpuhtauksien lähteenä ovat yleisesti ihmiset, asumisesta johtuvat eri toiminnot, rakennuksessa käytetyt materiaalit, ulkoilma ja joissakin rakennuksissa on otettava myös huomioon maaperästä syntyvä ja sisätiloihin kulkeutuva radon. Rakennusten ilmanvaihto vaikuttaa sekä suoraan että välillisesti olosuhteisiin, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja esimerkiksi asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa. Sisäilmaston epäpuhtauden ovat kemikaalisia yhdisteitä, joille henkilö altistuu rakennuksessa kolmesta eri tekijästä: ilmanvaihdesta, epäpuhtauspäästöistä ja altistuksen kestosta. (Sosiaali- ja terveysministeriö 1997, 16-17.)

Ilmanvaihtojärjestelmän merkitys

Asuin-, liike- ja muut rakennukset ovat ihmisten tärkeimpiä elinympäristöjä. Ihmiset viettävät suurimman osan, noin 80 – 90 % ajastaan sisätiloissa, joten rakennusten sisäolosuhteet ovat merkittävässä roolissa päivittäin. Ilmanvaihtojärjestelmällä pyritään kontrolloimaan sisäilmaston laatua rakennuksen sisällä. (Holopainen ym. 2012, 11) Toimiva ilmanvaihtojärjestelmä pitää rakennuksen huoneilman puhtaana ja ilman liikkeen hallittuna eri oleskeluvyöhykkeillä. Tämän lisäksi se pitää lämpötilan ja kosteuden suunnitelluissa arvoissa. (Ympäristöministeriö 2012, 3) Tällä tavalla pyritään muuttamaan sisällä vallitsevia ympäristötekijöitä, joilla vaikutetaan ihmisten terveyteen ja viihtyisyyteen sisätiloissa. Sisäilmasto-olosuhteet vaikuttavat vähintäänkin pitkällä aikavälillä myös rakennusten rakenteiden kuntoon. (Holopainen ym. 2012, 11)

Tekninen tila

Ilmanvaihtojärjestelmä sijaitsee yleensä teknisessä tilassa, jota kutsutaan myös konehuoneeksi. Ilmastointikonehuoneessa voi olla monta tulo- ja poistoilmakonetta tai konepareja kuten kuvassa 2. Teknisessä tilassa sijaitsee myös VAK eli valvonta-alakeskus tai taajuusmuuntaja, joilla koneita ohjataan. Konehuone pyritään yleensä sijoittamaan katolle, mutta se voidaan sijoittaa myös kerrokseen tai kellariin. Paloteknisesti katolla sijaitseva konehuone on turvallisin ratkaisu sekä raitisilman sisäänotto ja jäteilman ulospuhallus on helpompi toteuttaa. Rakennuksessa on yleensä paloteknisesti toteutettuja tekniikkakuiluja, joissa runkokanavat kulkevat rakennuksen eri kerroksiin ja tiloihin. Ilmanvaihtokone kuljettaa kanavistoja pitkin rakennusmääräysten D2 tai sisäilmastoluokitus S2 määrittelemät tulo- ja poistoilmamäärät eri tiloihin. LVI-suunnittelija valitsee tiloihin soveltuvat päätelaitteet, joilla tuloilma tuodaan ja poistoilma poistetaan eri tiloista. (Heinonen, J. & Sandberg 2016, 22-25.)



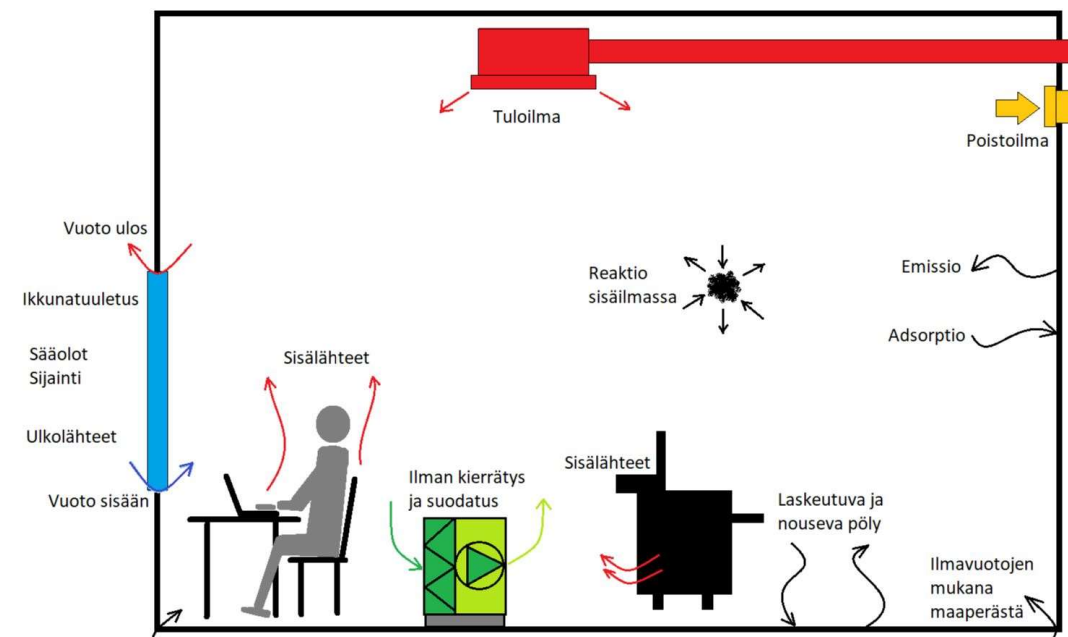
Kuva 2. Ilmanvaihtojärjestelmä rakennuksessa. (Muokattu lähteessä Heinonen, J. & Sandberg 2016 esitettyä kuvaa.)

3.2 Epäpuhtauslähteet rakennuksessa

Huoneilman puhtaus

Rakennusten suunnittelu ja rakentaminen on toteutettava siten, että sisäilma tulee täyttää rakennukselle suunnitellut ja määritellyt tasot. Sisäilmassa ei tule esiintyä terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, mikrobeja tai hiukkasia eikä myöskään muita viihtyvyyttä alentavia hajuhaittoja. (Ympäristöministeriö 2012, 6.)

Useat epäpuhtaudet ovat lähtöisin ihmisistä, ulkoilmasta sekä muista tilan käyttöön liittyvistä kiinteistä toiminnoista, jos epäpuhtauslähteiden eliminoiminen rakennuksessa ei ole mahdollista on ilmanvaihtojärjestelmän tehtävä vaihtaa rakennuksen sisäilmaa. Ihminen vaikuttaa epäpuhtauksien syntyyn omilla päivittäisillä toiminnoillaan, mutta myös monilla muilla tekijöillä on vaikutusta sisäilmaston laatuun, kuten kuvassa 3 on esitetty. (Heinonen, J. & Sandberg 2016, 59.)



Kuva 3. Huoneen sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ja epäpuhtauslähteitä. (Muokattu lähteessä Heinonen, J. & Sandberg 2016 esitettyä kuvaa.)

3.3 Ilmastointijärjestelmän ilmavirrat

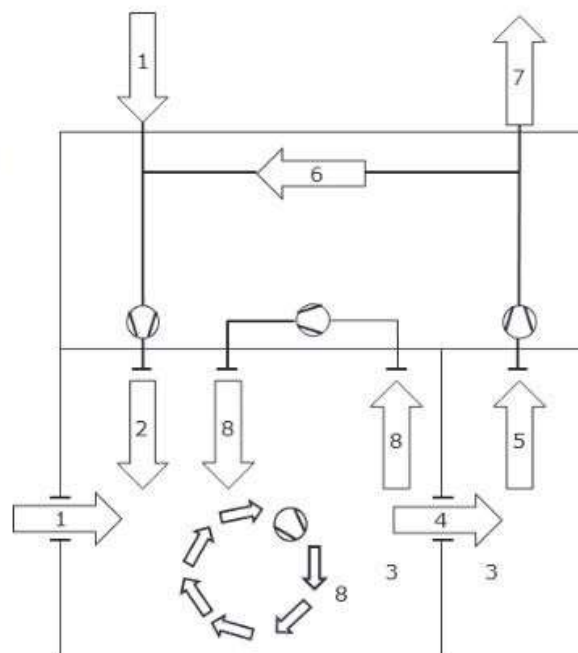
Rakennusten ilmavirrat ja käsitteet

- raitisilma / outdoor air. (Ulkoilmaa, joka käsitellään ilmanvaihtokoneessa)
- tuloilma. / supply air. (Huoneeseen tuleva käsitelty tuloilma)
- siirtoilma. / transfer air, transferred air. (Huonetilasta toiseen huonetilaan johdettava ilmaa)
- poistoilma. / extract Air. (Huonetilasta poisjohdettavaa ilmaa)
- palautusilma. / recirculated air, return air. (Poistoilmaa useammasta tilasta, joka kierrätetään uudelleen tuloilmaksi. Poistoilman laadun oltava samanarvoista tai parempaa kuin tuloilma, jotta se on mahdollista toteuttaa)
- jäteilma. / exhaust air. (Rakennuksesta ulos johdettavaa poistoilmaa)
- kierrätysilma. / circulated air. (Ilmaa, joka palautetaan samaan huonetilaan)
- sisäilma / indoor air, internal air. (Huonetilan ilmaa, joka on määritelty Ympäristöministeriö 2012 ja Sisäilmastoluokitus 2008).

(Ympäristöministeriö 2012, 3-4; Heinonen, J. & Sandberg 2016, 60.)

Ilmavirrat rakennuksessa

1. Ulkoilma
2. Tuloilma
3. Sisäilma
4. Siirtoilma
5. Poistoilma
6. Palautusilma
7. Ulospuhallusilma
8. Kierrätysilma



Kuva 4. Ilmavirrat rakennuksessa. (Ympäristöministeriö 2012, 4)

3.4 Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus ja säätö

Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätömenetelmät

- päätelaitteissa ja tasauslaatikoissa säätöelin ja paine-ero mittausletkuista
- venttiilin säätöasentoa muuttaen ja mittauspaine-eron perusteella on valmistajan mallikohtainen taulukko tai kalibrointikäyrästä, jolla mittaus ja säätö toteutetaan tai laskennallisesti K_v -arvoa käyttäen.
- huoneilmavirrat anemometritorvella ja huppumittarilla
- kanaviston ilmavirrat säätöpeltien ja virtaussäätimien asennon ja paine-eron mukaan
- kanaviston ilmavirtojen mittaus mittalaitteesta esim. mittarengas tai Iris.
- kanaviston ilmavirtojen keskinopeuden mittauksella joko Pitot-putkella ja painemittarilla tai kuumalanka anemometrillä
- kokonaisilmavirrat Ilmanvaihtokoneelta mittauspisteestä tai runkokanavasta Pitot putkimittauksella.

(Heinonen, J. & Sandberg 2014, 115-116):

Mittaus- ja säätötöiden toteutustavat

Ilmanvaihtojärjestelmää voidaan säätää käytännössä kahdella eri tavalla. Molemmilla tavoilla mittaus ja säätö pitäisi teoriassa onnistua yhtä hyvin.

Ilmanvaihtojärjestelmän esisäädetty tasapainotusmenetelmä

- jokaiselle säätöpellille ja venttiilille asetetaan laskennalliset esisäätöarvot LVI-suunnittelijan määrittelemät esisäätöarvot. Tämä on harvinaisempi ja vähemmän käytetty menetelmä ilmanvaihtojärjestelmän säädössä (Holopainen ym. 2012, 116-118.)
- Ilmanvaihtoasentajan tai säätöalan ammattilaisen on asetettava esisäätöarvot säätöpellille/virtaussäätimille ennen mittaus- ja säätötöiden aloittamista.

Ilmanvaihtojärjestelmän suhteellinen tasapainotusmenetelmä

- jokainen venttiili ja haarakanava säädetään suhteessa toisiinsa nähden (Holopainen ym. 2012, 119.)
- Ilmanvaihtoasentajan tai säätöalan ammattilaisen on asetettava säätöpellit/virtaussäätimet täysin auki ennen mittaus- ja säätötöiden aloittamista.

Seuraavissa luvuissa esitetään teoria näiden eri säätömenetelmien toteuttamiseen.

Ilmanvaihtojärjestelmän laskennallinen tasapainotusmenetelmä eli esisäädetty järjestelmä

Esisäädetty tasapainotusmenetelmä on painehäviölaskentaan perustuvaa mitoitusta, jolla säätöpelleille/virtaussäätimille ja venttiileille/päätelaitteille määritellään samat kokonaispaine-arvot. Ilmanvaihtokanaviston painehäviölaskennassa tulee esiin ongelmia, kuten paineen riittäminen jokaiselle päätelaitteelle. Ilmastointijärjestelmän suunnitteluarvoista määritetään **jatkuvuusyhtälön** avulla ilmanvaihdon tilavuusvirrat ja ilmannonpeudet eri kanavan osissa. Eri laskentapolkua pitkin laskettuna kokonaispaine-eron arvon tulee olla jokaisessa kanavan pisteessä sama. Kokonaispaine-ero säädetään oikeaksi säätöpellin/virtaussäätimen ja venttiilin/päätelaitteiden vastuskerrointa/ K_v -arvoa muuttamalla, jotta sama paine-ero toteutuu laskentapolun jokaisessa säätöpisteessä. Tarvittava säätöpellin/virtaussäätimen ja venttiilin/päätelaitteen paine-ero saadaan vaikeimman linjan eli kokonaispaine-eroltaan suurimman laskentapolun ja tarkasteltavaan laskentapolun kokonaispaineen erotuksella (Kuva 5.). (Holopainen ym. 2012, 118.)

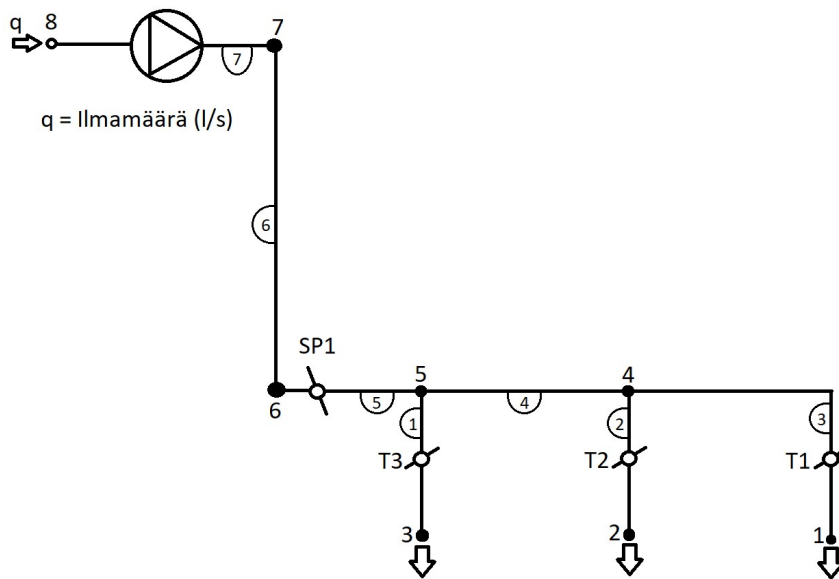
Jatkuvuusyhtälö

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

ρ = Ilman tiheys [kg / m³]

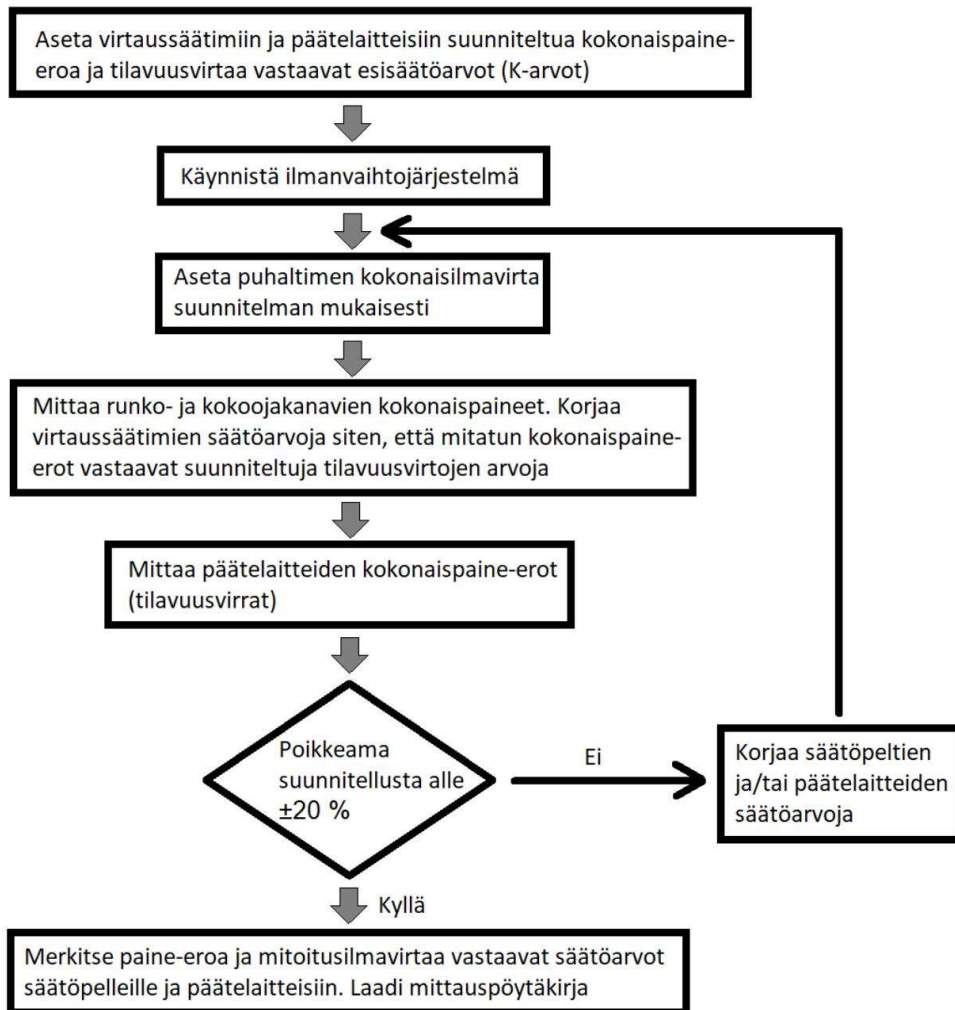
A = Poikkipinta-ala [m²]

v = Virtausnopeus [m / s]



Kuva 5. Esisäätetyn ilmanvaihtojärjestelmän esimerkki laskentapolun ja kanaviston numeroinnista painehäviöidenlaskentaa varten. (Muokattu lähteessä Holopainen ym. 2012 esitettyä kuvaa.)

Painehäviölaskennan jälkeen säätöpeltiin/virtaussäätimiin ja venttiiliin/päätelaitteisiin asetetaan laskennalliset esisäätöarvot, joiden avulla ilmastointijärjestelmän tilavuusvirrat tasapainotetaan. Käyttöön otossa puhaltimen kokonaisilmavirta asetetaan suunnitelmien mukaiseksi ja toteutuneet ilmanvaihtokanaviston kokonaispaineet sekä virtaussäätimien ja päätelaitteiden paine-erot mitataan. Jos paine-erot poikkeavat merkittävästi laskennallisista esisäätöarvoista, tulee poikkeaman syy aina selvittää. Mitoitettu kokonaispaine-ero tulee olla alle 20 %, joka vastaa noin 9 %:n tilavuusvirran poikkeamaa. Jos taas mitattu poikkeama on vähäinen, tehdään esisäätöihin tarvittavat korjaukset. Lopulliset säätöarvot tulee merkitä säätöpelteihin/virtaussäätimiin, venttiileihin/päätelaitteisiin ja ilmanvaihtopiirustuksiin. Suoritettua ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätötyöstä tulee aina tehdä mittauspöytäkirja (Kuva 6.). (Holopainen ym. 2012, 118.)



Kuva 6. Esisäädetyin ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotuksen periaate (Muokattu lähteessä Holopainen ym. 2012 esitettyä kuvaa.)

Laskennallisen tasapainotuksen edellytyksenä on mittauksen ja säädön alkaessa, että työmaalla on oltava ajan tasalla olevat viimeiset työpiirustukset suunnittelijalta. Asennetuista kanavistosta on oltava työpiirustukset, jossa on kanaviston kokonaispaineet sekä säätöpeltien/virtaussäätimien ja venttiileiden/päätelaitteiden tilavuusvirtoja ja kokonaispaine-eroja vastaavat viimeisimmän suunnitelman mukaiset esisäätöarvot.

Laskennallisen tasapainotusmenetelmän käyttöön perustuva ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotus ei ole kovin yleistä kanaviston tilavuusvirtojen tasapainotuksessa, vaikka menetelmän käyttäminen on yleistä vesikiertoisten lämmitysverkostojen tasapainotuksessa. Kanaviston säätöpeltien/virtaussäätimien ja venttiileiden/päätelaitteiden esisäätöarvojen käyttö tulisi olla osana ilmanvaihtojärjestelmien tasapainotuksen suunnittelua – samalla

periaatteella kuin linjasäätö- ja patteriventtiilien suunnitelmien esisäätöarvojen käyttö vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien tasapainotuksessa. (Holopainen ym. 2012, 122.)

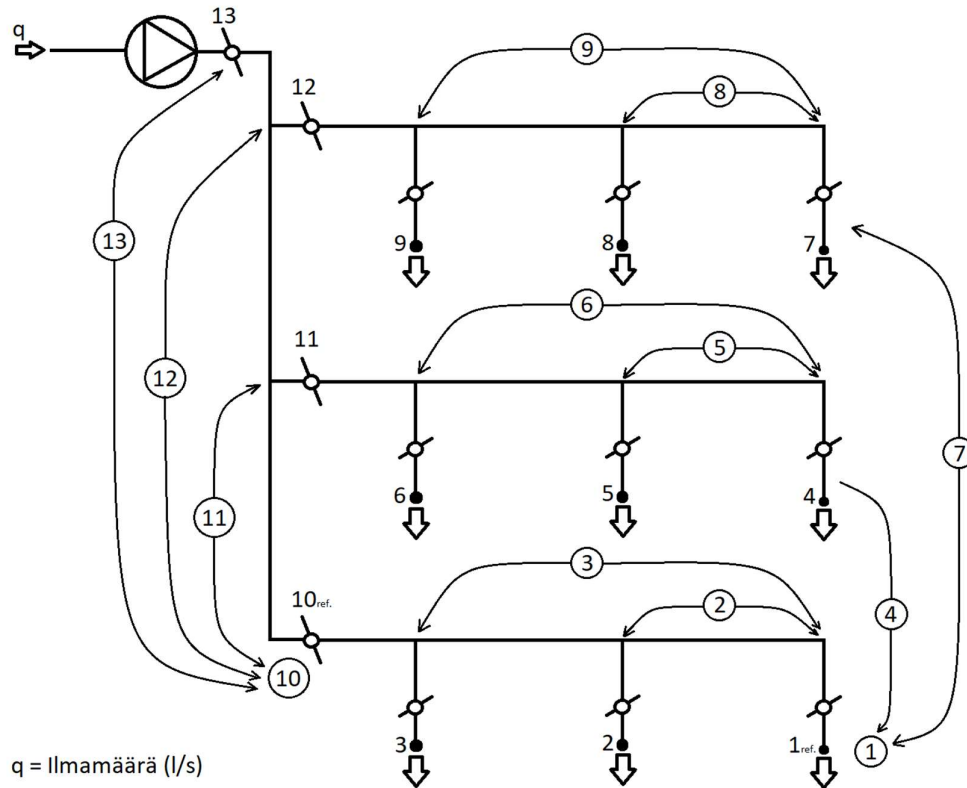
3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän suhteellinen tasapainotusmenetelmä

Suhteellinen tasapainotus pohjautuu suhteellisuusperiaatteeseen: asettaessa tilavuusvirtoja kahden eri kanavaosuuksien 1. ja 2. välillä, joissa on mahdollisesti eri tilavuusvirrat, tulisi tilavuusvirtojen keskinäinen suhde säätöpellissä/virtaussäätimissä ja venttiileillä/päätelaitteilla pysyä likimain samana. ($\gamma = q_1 / q_2$). Poistoilmakanavassa mittaukset tulee tehdä ylävirran puolelta ja tuloilmakanavassa alavirran puolelta. Tilavuusvirtojen keskinäinen suhde ei ota huomioon kitkapainehäviön muutosta, mutta tämän vaikutus kokonaispaineeseen on yleensä pieni. (Holopainen ym. 2012, 119.)

Ilmanvaihtokanaviston tilavuusvirrat tasapainotetaan ($\xi = q_m / q_d$) venttiileiden/päätelaitteiden ja säätöpeltien/virtaussäätimien avulla ensiksi yhtä suuriksi toisiinsa nähden ($\xi = 1$). Tämän jälkeen asetetaan poisto- ja tuloilmavirrat suunnitelmien mukaiseksi muuttamalla puhaltimien pyörimisnopeutta tai kuristamalla säätöpellistä/virtaussäätimestä, jotta kokonaisilmavirta saadaan kohdilleen. (Holopainen ym. 2012, 119.)

Suhteellisen säädön toteutus: Ilmanvaihtokanaviston asennusvaiheessa tulee kaikki kanaviston säätöpellit/virtaussäädin ja venttiili/päätelaite asettaa auki-asentoon. Mitataan venttiilien/päätelaitteiden tilavuusvirrat. Mitatuista q_m ja suunnitelluista q_d tilavuusvirroista lasketaan suhde ($\xi = q_m / q_d$) (*mitoitetaan suhteellisilla tilavuusvirroilla*). Tilavuusvirtojen säätö aloitetaan vaikeimman linjan viimeisestä venttiilistä/päätelaitteesta, jossa on suurin painehäviö. Tämä venttiili/päätelaite on niin sanottu referenssiventtiili (1_{ref}), jonka täytyy olla täysin auki säädön alkaessa kuten kuvassa 7. Tämän jälkeen tarkastellaan referenssiventtiilin/päätelaitteen viereistä venttiili/päätelaitetta (2). Säädetään venttiilin/päätelaitteen (2) suhteellinen tilavuusvirta samaan suhteelliseen arvoon kuin referenssiventtiili/päätelaitteen (1_{ref}). Säätötyötä jatketaan venttiili/päätelaite (3-9) kerrallaan, jossa jokaista verrataan suhteellisesti aina referenssiventtiilin/päätelaitteeseen (1_{ref}). Kun päätelaitteet on suhteellisesti säädetty toisiinsa nähden, siirrytään säätämään säätöpeltien tilavuusvirtoja (10-13). Seuraava vaihe aloitetaan aina referenssihaaran tai referenssiventtiilin/päätelaitteen lähimmästä säätöpellistä/virtaussäätimestä (10), jota verrataan referenssiventtiiliin (1_{ref}). Edetään säätöpelti/virtaussäädin (11-12) kerrallaan ilmanvaihtokonetta kohti, kunnes kaikki säätöpellit/virtaussäätimet säädetty. Säätöpellistä/virtaus-

säätimestä (13) säädetään kokonaisilmavirta oikeaksi. Kuvassa 7 on oletettu, että ilmanvaihtokoneessa ei ole taajuusmuuntajaa puhaltimen portaattomaan pyörimisnopeuden säätöön. (Holopainen ym. 2012, 121.)



Kuva 7. Suhteellisen säädön teoria esitetty kuvassa ja kuinka tulisi edetä ilmanvaihtokanaviston mittaus- ja säätötyössä. Mittaus- ja säätötavan toteutus on sama sekä tulo- että poistoilmakanavistossa. (Muokattu lähteessä Holopainen ym. 2012 esitettyä kuvaa.)

Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätötöiden toteuttamisen edellytykset

Ennen kuin aloitetaan suorittamaan mittaus- ja säätötöitä, seuraavien asioiden täytyy olla kunnossa. Ilmanvaihtokanaviston tulee olla kokonaisuudessaan valmis ja puhdas, sekä tiiveyskoe suoritettuna. Ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien laitteiden täytyy olla toimintakunnossa. Rakennuksen kaikki sisä- ja ulko-ovet sekä ikkunat tulee olla suljettuina aina säädön ja mittauksen aikana. Rakennuksessa voi olla useita ilmanvaihtokoneita, joten ilmanvaihdon vaikutusalueen rajaaminen tulee ottaa huomioon. Rakennuksen läheisyydessä tuulen ylittäessä 10 m/s mittauksia ei voida suorittaa. (Holopainen ym. 2012, 124.)

Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätöitä tekevällä henkilöllä tulee olla

- (esisäädetty) ajan tasalla olevat viimeisimmät suunnitelmat ilmanvaihtokanaviston painelaskelmista, jossa on esitetty kokonaispaineet, sekä säätöpeltien/virtaussäätimien ja venttiileiden/päätelaitteiden kokonaispaine-erot, tilavuusvirrat ja esisäättöarvot
- äänilaskelmat
- laitevalmistajien taulukot ja kalibrointikäyrät säätöä varten
- kokemusta säätö ja mittaustöistä
- tarpeeksi työaikaa.

(Holopainen ym. 2012, 121)

Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätöitä suorittaessa kanaviston tulee olla

- mitoitettu ja toteutettu oikein
- asianmukaisilla venttiileillä/päätelaitteilla
- jokaisessa haarakanavassa on säätöpelti/virtaussäädin
- vähintään tiiveysluokkaa B (D2 2003)
- riittävästi äänenvaimennettu (Työ ei ota tämän enempää kantaa ääniin)
- riittävästi kiinteitä mittauslaitteita, joista voidaan mitata luotettavasti tilavuusvirtoja.

(Holopainen ym. 2012, 121)

Mittauslaitteiden kalibrointi

Mittalaitteen kalibrointia ovat kaikki toimenpiteet, joilla tähdätään mittauslaitteiden virheiden tunnistukseen. Kalibroinnin yksi tärkeä ominaisuus on sen jäljitettävyys: kalibrointi tulee olla kansainvälisten laboratorioden mittanormaaleihin jäljennettävä ja todettavissa. Kalibroinnilla varmistetaan laitteen tarkkuus valmistajan määräysten mukaiseksi. Mittalaitteen kalibrointi tulee suorittaa tietyin väliajoin hyväksytyissä kalibrointilaitoksissa: Mekaanisten antureiden ja mittalaitteiden kalibrointi tulee suorittaa vähintään yhden kerran kahdessa vuodessa, sekä elektroniset anturit ja mittalaitteet vähintään kerran vuodessa. Elektronisten mittauslaitteiden pikakalibrointi tehdään jokaisen mittaussarjan alussa ja siitä tulee tehdä merkintä mittauspöytäkirjaan. (Holopainen ym. 2012, 113.)

Mittausvirheen määrittely

Mittauksissa täytyy ottaa huomioon, että ei päästä kovinkaan tarkkoihin mittaustarkkuuksiin. RAKMK D2 vaatimuksen mukaan tilan suunniteltujen ilmavirtojen on oltava 20 % rajoissa ja rakennuksen kokonaisilmavirtojen ilmanvaihtojärjestelmässä vastaavasti 10 % rajoissa. (Halminen ym. 1994, 109; Heinonen, J. & Sandberg. 2014, 115.)

$$m = \sqrt{C_1 \cdot m_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3 + \dots + C_n \cdot m_n}$$

Kaava 1. Mittausvirheen määrittely. (Heinonen, J. & Sandberg. 2014, 115.)

m = Mittauksen suhteellinen epätarkkuus [%]

m_1 = Mittalaitteen suhteellinen epätarkkuus [%]

m_2 = Mittausmenetelmän suhteellinen epätarkkuus [%]

m_3 = Mittarin lukemisesta johtuva suhteellinen epätarkkuus [%]

m_n = Mahdollinen muu virhe [%]

$c_{1..n}$ = on kerroin, jotka jo ehkä sisältyvät mittauslaitteen virheeseen, esim. mittarenkaan kerroin on $C_1 = 0,5$, jos valmistaja sitä ole mahdollisesti huomioon.

(Heinonen, J. & Sandberg. 2014, 115.)

Sallitut mittausepävarmuudet	
Suure	Epävarmuus*)
Ilmavirta huoneesta/huoneeseen	± 15 %
Ilmastointijärjestelmän kokonaisilmavirta	± 10 %
Tuloilman lämpötila	± 2 °C
Suhteellinen kosteus	± 15 % RH
Ilman nopeus oleskeluvyöhykkeellä	± 0,05 m/s
Ilman lämpötila oleskeluvyöhykkeellä	± 1,5 °C
A-painotettu äänenpainetaso oleskeluvyöhykkeellä	± 3 dBA
*) Tämä eurooppalainen standartti ei määrittele itse suunnitteluarvojen epävarmuuksia. Tulos on hyväksytty vain, jos suunnitteluarvo on mittausepävarmuuden alueella.	

Taulukko 1. Koko Ilmastointijärjestelmän sallitut mittavirheet. (Suomen standardisointiliitto SFS- EN12599 2012, 22.)

3.6 Tarpeenmukainen optimoitu ilmanvaihtojärjestelmä

Sisäilmaston laadun takaaminen

Hyvä sisäilmaston laatu voidaan toteuttaa pienemmällä energiankulutuksella, kun ilmanvaihtojärjestelmä hoitaa ilmanvaihdon rakennuksessa syntyvien epäpuhtauksien mukaan. Käytännössä mitoitusperusteina käytetään RAKMK D2 ja Sisäilmastoluokitus 2008 kokemuseräistä tietoa. (Holopainen ym. 2012, 12.) Ulkoilmavirta tulee olla vähintään $0,35 \text{ (dm}^3\text{/s) /m}^2$ ja Ilmanvaihtokertoimen tulee olla vähintään 0,5 1/h rakennuksen kaikissa tiloissa. (Sisäilmastoluokitus 2008, 10). Rakennuksessa pitää olla oikein mitoitettu ilmanvaihtojärjestelmä, joka takaa laadukkaan sisäilman – energiatehokkuutta ei tule missään tapauksessa tavoitella sisäilman laadun kustannuksella. Tämä tarkoittaa käytännössä ratkaisua, joka mittaa reaaliajassa kosteus- ja hiilidioksidipitoisuuksia ja ohjaa ilmanvaihtoa näiden tietojen mukaan. (Energiatehokas koti 2016.)

CO₂ lähetin - hiilidioksidilähetin

Rakennus tulisi aina toteuttaa tarpeenmukaisella ilmanvaihtojärjestelmällä, jossa mitataan hiilidioksidipitoisuuksia CO₂-lähettimillä. Ihmisten tuottama hiilidioksidimäärät kohoavat rakennuksessa ihmismäärän lisääntyessä. Ilmanvaihtojärjestelmään sijoitetut CO₂-lähettimet mittaavat hiilidioksidipitoisuuksia ja ohjaavat ilmavirtoja tarpeen mukaan. Ilman CO₂ mittausta Ilmanvaihtojärjestelmä toimii oletetun kuorman tai ajastuksen mukaan. Kun ilmanvaihtojärjestelmää ohjataan CO₂-lähettimillä, voidaan sisäilma pitää tarpeenmukaisena kuluttamatta turhaa energiaa liialliseen ilmanvaihtoon. (Vaisala 2010.)

Hiilidioksidi ja tarpeenmukainen energiatehokas ilmanvaihto rakennuksessa

- hyvä sisäilma saavutetaan säätämällä ilmanvaihtojärjestelmää tarpeen mukaan
- energiaa säästyy, kun optimoidaan ilmamäärät vastaamaan todellista tarvetta
- hiilidioksidimittaus varmistaa hyvän sisäilman laadun ihmismääristä riippumatta
- riittämätön ilmanvaihto kasvattaa hiilidioksidimäärän korkeaksi
- korkea hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä ja heikentää työtehhoa. (Vaisala 2010.)

Perustietoa hiilidioksidista

- Hiilidioksidia (CO₂) mitataan tilavuuden miljoonasosissa (ppm)
- Tyypillinen ulkoilman hiilidioksidipitoisuus: 350 - 450 ppm CO₂
- Yksilöllinen sisäilmasto: 750 ppm CO₂ (S1-luokka)
- Hyvä sisäilmasto: 900 ppm CO₂ (S2-luokka)
- Tyydyttävä sisäilmasto: 1200 ppm CO₂ (S3-luokka ja D2)

Kuva 8. Perustietoa hiilidioksidista CO₂ (Muokattu lähteessä Vaisala 2010 esitettyä kuvaa.)

3.7 LVV linjasäätöventtiilien esisäätöjenarvojen käyttö rakennuksessa

Rakennuksen lämmitys- ja vesipuolenjärjestelmien säädössä esisäätöjen käyttö on arkipäivää. Rakennusten vesimäärien säädöistä noin 90% toteutetaan esisäätöjä hyväksi käyttäen. Esisäädöt toteutuvat vesipuolella melko hyvin, kunhan on uusimmat päivitetty suunnitelmat ja esisäätöarvot käytössä. Lämmitys- ja vesipuoli on niin sanottu suljettu järjestelmä, jonka säädössä käytetään linjasäätöventtiiliä. Tällä menetelmällä saadaan oikeat virtaamat oikeisiin paikoihin painehäviöistä riippumatta. Kiertovesipumppu myös voi olla pienempi, kun linjasäätöventtiileitä käytetään oikein.

IMI Hydronic engineering on alansa johtava linjasäätö- ja patteriventtiilien valmistaja. Alkuperäinen idea lämmitysverkostojen säätämisestä syntynyt vuonna 1953 jolloin yrityksemme nimi oli Tour & Agenturer. Valmistimme maailman ensimmäisen linjasäätöventtiilin vuonna 1957 ja patentti astui voimaan 1962. Linjasäätöventtiiliä on kehitetty ja tällä hetkellä on menossa kahdeksas sukupolvi venttiilistä. Esisäätöä on käytetty jo noin 60 vuotta rakennusten LVV-mittauksessa ja -säädössä. (Mäkinen. 2018.)

3.8 Ilmanvaihtojärjestelmän esisäätöarvojen käyttö rakennuksessa

Rakennusten ilmanvaihtojärjestelmien laskennalliseen esisäätöön perustavaa säätö ja mittaus menettely ei ole yleistynyt tasapainotus tapana rakennuksissa, vaikka menetelmä on käytössä yleisesti vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien tapapainotuksessa. (Holopainen ym. 2012, 119.) Rakennuksissa ilmastointijärjestelmä on pääosin hyvin suunniteltu ja mitoitettu, laitevalinnat ja asennustyöt laadukkaasti tehty, mutta rakennuksen käyttöönoton yhteydessä ilmanvaihtojärjestelmän säätö jää tekemättä tai säädetään puutteellisesti. Ilmavirtojen säätötöitä voidaan helpottaa, jos ilmanvaihtokuvaan olisi merkitty ilmavirtojen lisäksi esisäätöarvot ja venttiilillä toteutuva paine-ero. (VTT Expert Services Oy. 2014.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja tasapainotus kirjassa sekä VTT tekemässä raportissa oltiin sitä mieltä, että ilmanvaihdossa tulisi myös käyttää esisäätöarvoja. (Holopainen ym. 2012, 119; VTT Expert Services Oy. 2014.)

4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄÄTÖTYÖN KÄYTÄNTÖJEN KARTOITUS

4.1 Kartoituksen tarkoitus

Tämän opinnäytteen tarkoituksena oli kartoittaa ilmanvaihtojärjestelmän säätö- ja mittaus- ja mitaustyötä käytännön työelämässä. Tavoitteena oli selvittää, miten säätötyössä päästäisiin parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Kartoituksen avulla haettiin ymmärrystä ongelmiin, joita mittaus- ja säätöalan ammattilaiset kokevat töissään. Kartoituksesta saatua tietoa hyödynnetään ilmanvaihtojärjestelmän säädön ja mittauskäytäntöjen parantamiseksi Assemblin Oy:ssä.

Mitä selvitetään?

Kyselykartoituksen tavoitteena oli löytää paras tapa mitata ja säätää ilmanvaihtojärjestelmää rakennuksessa. Kartoituksella selvitettiin mittaus- ja säätöalan ammattilaisten kokemuksia eri säätömenetelmien toimivuudesta sekä eri valmistajien säätöpeltien ja päätelaitteiden vaikutuksesta mittauksen ja säädön käytännön toteutukseen. Lisäksi pyrittiin löytämään keinoja mittaus- ja säätöalan ammattilaisten kokemuksesta ja osaamisesta johtuvien tasoerojen kaventamiseksi.

Kysymykset, joihin tämä selvitys pyrkii löytämään vastaukset:

1. Esisäädetyin vs. suhteellisesti säädetyin järjestelmän säädettävyyden rakennuksessa?
2. Ilmanvaihtojärjestelmän säätöpeltien ja päätelaitteiden säädettävyyden rakennuksessa?
3. Miten kaventaa mittaus- ja säätöalan ammattilaisten osaamisesta johtuvia tasoeroja?

4.2 Kartoituksen toteuttaminen

Kartoitus ilmanvaihtojärjestelmän säätötyön käytäntöjen ja säädettävyyteen vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi toteutettiin mittaus- ja säätöalan ammattilaisille suunnatulla kyselyllä. Kyselyn kohderyhmäksi valikoitui Varsinais-Suomen alueelta 10 ammattihenkilöä, joiden valinta tehtiin hyödyntämällä omia kontakteja työelämästä. Ennen kyselyn lähettämistä kysyttiin osallistujien halukkuus vastata kyselyyn.

Kysely toteutettiin lomakkeella, jossa oli kysymyksiä Ilmanvaihtojärjestelmän säätöön ja mittaukseen liittyen. Kyselykartoituksen kysymykset tein hyödyntämällä omaa työelämästä saatua käytännön kokemusta.

Kysely lähetettiin kohderyhmäläisille sähköpostitse. Vastaukset saatiin sähköpostitse.

4.3 Kartoituksen tulosten analysointi

Kyselylomake lähetettiin kymmenelle Varsinais-Suomen alueella toimivalle mittaus- ja säätötoita tekeväälle ammattilaiselle, vastaus saatiin kahdeksalta henkilöltä. Vastaus prosentti oli 80 %.

Vastaaajien työkokemus mittaus- ja säätötoista oli 3-40 vuotta. Kaikki kertoivat käyttävänsä työssään suhteellista säätöä. Käytössä olivat Swema:n tai TSI:n mittalaitteita.

Ilmanvaihtokoneen vaikutus mittaus- ja säätötoihin

Kyselyyn vastanneet pitivät ilmanvaihtokoneen säädettävyyttä ja käytettävyyttä tärkeänä ominaisuutena säätötoiden onnistumisen kannalta. Ketään vastanneista ei ota normaalisti ilmanvaihtokoneiden lohkoista paineita mittauspöytäkirjaan. Siihen kirjataan vain kammiopaineet ja tieto siitä, millä taajuuksilla ilmamäärät on säädetty. Tilanteissa missä ilmamäärät eivät riitä, vain kaksi kyselyyn vastanneista ottaisi vain silloin lohkojen paineet myös mittauspöytäkirjaan.

Laskennallinen esisäätö käytännössä

Esisäädettyä järjestelmää oli säätänyt vain kaksi kyselyyn vastanneista. Heidän kokemuksensa esisäädetyistä järjestelmistä olivat seuraavanlaiset:

- "Toimii hyvin esim. suurissa halleissa. Yksinkertaiset järjestelmät, muissa tilanteissa ei käyttäisi esisäätöjä."
- "Aika toimivalta vaikutti, mutta vaatii asentajalta erittäin tarkkaa kuvien noudattamista. Käytännössä ei nopeuta säätötyötä merkittävästi."

Säätöpeltien vaikutus mittaus- ja säätötoihin

IRIS säätöpelti

Kyselyyn vastanneiden mukaan IRIS säätöpellit ovat oikein asennettuna luotettavia, helppoja säätää, mahtuu pieneen tilaan ja hyvät mittaussyhteet/-ominaisuudet säätöpelissä, jos suojaetäisyys toteutuu. Huonoina puolina mainittiin hinta, aiheuttaa joissakin tapauksissa ääntä, eikä saa aina kuristettua tarpeeksi ja ilmavirta voi mennä kanavassa haaran ohi, jos pelti asennettu väärin.

Kertasäätöpelti ns. Läppäpelti

Kertasäätöpeltejä vastaajat pitivät edullisina, luotettava ja toimii aina. Niiden huonoina puolina mainittiin heikko säätötarkkuus, suurimmissa kanava koossa voi alkaa väpättää ja tulee ääntä ongelmia sekä ei ole mittayhteitä säätöpelissä, jolloin otettava Pitot mittausta kanavasta.

Päätelaitteet

Kyselyyn vastanneiden mukaan päätelaitteissa on valmistajasta riippuen suuria laatueroja. Suurten valmistajien, kuten Fläkt Woods ja Halton ovat laadukkaita, mutta kalliita, hyviä ja helppoja säätää ja mitata. Tärkeimpänä kyselyyn vastaajat pitivät suunnittelijan tekemää oikeaa päätelaite mitoitus ja venttiilin valintaa.

Tulo- ja poistoilmalaatikoiden säätö- ja mittausominaisuuksien koettiin olevan nykyäänä hyvällä tasolla isoilla päätelaitteiden valmistajilla. Tulo- ja poistoilmalaatikot ovat äänen kannalta hyvä ratkaisu, koska laatioissa on pienet paineet.

Kyselyyn vastanneet ovat säätäneet ja mitanneet monilla eri valmistajien päätelaitteilla, mutta Fläkt Woods ja Halton erottuvat edukseen kyselyssä.

Ilmanvaihtokanavien ja päätelaitteiden asennuksetta johtuvat ongelman

Kyselyyn vastanneiden kokemukset mittaus- ja säätötoiden onnistumiseen asennuksesta johtuvat tekijät. Asentajan noudatettava suunnitelmaa ja asennetaan kanavat kerralla kunnolla ja päätelaitteiden valmistajien ohjeiden mukainen asennus. Ongelmallisena vastanneet näkivät asentajien tekemät muutokset kanaviston ilman suunnittelijan konsultointia, päätelaitteiden suositusten vastainen asennus, liian lyhyet suojaetäisyydet ja asentajan ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan ymmärryksen taso puutteellinen.

Kartoitettuja ongelmia mittaus- ja säätötöissä

Kyselyyn vastanneiden mukaan yleisiä ongelmia säätö- ja mittaustöissä on liian monimutkaiset ja tekniset ilmanvaihtojärjestelmät, liian vähän säätöpeltejä, väärin mitoitetut kanavistot, päätelaitteet ja ilmanvaihtokoneet, sekä liian tiukat aikataulut.

Kyselyyn vastanneet halusivat mittaus- ja säätötöiden sujuvuuden parantamiseksi kehittää ja parantaa: piirustuksien läpikäynti säätömiehen, työnjohdon ja asentajan kanssa ennen projektin aloitusta, Ilmanvaihtokoneiden tulisi olla käyttäjäystävällisiä, helposti säädettäviä ja selkeät käyttöohjeet, realistiset aikataulut säätöön ja mittaukseen, säätöpeltejä riittävästi ja päätelaitteet mielellään yhdeltä samalta toimittajalta.

Sana vapaa, johon vastasi kolme henkilöä ja vastauksissa mainittuja asioita:

Henkilö 1: "Säätötöitä tehtävä suhteellisesti ns. avoimella säädöllä, jotta ilmanvaihtokoneet toimivat optimitalanteessa ja äänet pysyvät kurissa."

Henkilö 2: "Hienoa, että kehitellään uusia laitteita, mutta tulisi olla myös käytännössä toimivia laitteita."

Henkilö 3: "Nyky päivän suunnittelu on todella surkeaa ja suunnittelijat ammattitaidottomia. Vastuuta ei kanneta ja virheille kohautetaan olkapäitä. Suunnitelmat tuotetaan ilmeisesti jollain ohjelmilla ja kukaan ei tarkista lopputulosta. Työmaalla ongelmat kaatuvat säätömiehen niskaan. Sellaiseen ei olisi nyky päivän aikatauluilla säätömiehillä aikaa."

5 PINUS KAARINA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SÄÄTÖTYÖN TARKASTELU


5.1 Mittausosion tarkoitus

Alkuperäinen suunnitelma oli tehdä Pinus Kaarinan ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätö sekä suhteellisesti että esisäädetyllä tavalla ja mitata työssä kuluvaa aikaa, toteutuksen sujuvuutta, sekä vertailla eri säätömenetelmin saavutettua lopputulosta. Työ oli tarkoitus toteuttaa yhdessä säätötyöstä vastaavan aliurakoitsijan kanssa. Työmaan ongelmista ja niistä aiheutuneista rakennusaikataulujen muutoksista johtuen säätötyötä ei voitukaan suorittaa suunnitellulla tavalla. Sovitusta poiketen aliurakoitsijalta saatiin vain mittauspöytäkirjat toteutetuista säädöistä (Kuva 10.).

Mittauspöytäkirjaa tarkastellessani ja työmaalla venttiilien toteutuneita esisäättöarvoja vertailllessani havaitsin esisäättöarvoissa ristiriitaisuuksia verrattuna kohteen suunnittelijan määrittelemiin esisäättöarvoihin. Tämän vuoksi sovittiin, että kohteessa tehdään tarkastusmittaukset.

Tarkastusmittaukset suoritettiin kalibroidulla Swema 3000 -ilmamäärämittarilla yhdessä kokeneen säätöalan ammattilaisen kanssa. Mittaustulokset kirjattiin Excel-taulukkoon. Mittaustulosten perusteella todettiin, että säätö- ja mittaus työ oli toteutettu puutteellisesti. (Kuva 11. ja 12.).

5.2 Säättöiden mittauspöytäkirja, jonka säätömiestoteuttanut

24.5.2018 

Ari Oksanen

Yritys		ILMANVAIHTOLAITOKSEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA											
Rakennus: Kiint. Oy Hes-Pro Formaali		Mittari: Swema air 300											
Osoite: Lämmittäjänkatu 1 20780 Kaarina		Pvm: 24.5.2018											
		Tekijä: Salainen											
Tulolima		Poistoilma											
Tila	N:o	Laitte	Kpl	Koko	Mitattu	Vaadit.	Lukitus	Laitte	Kpl	Koko	Mitattu	Vaadit.	Lukitus
Tk2Pk2													
Keittiö	107	Rhkb	2	200	114	120		Hpkb	2	200	120	120	
Neuvottelu	106	Rhkb	2	200	150	150		Hpkb	2	250	158	150	
Showroom	103	Rhkb	8	160	400	400		Hpkb	3	315	420	400	
Käytävä		Rhkb	1	125	26	30		Hpkb	1	160	30	30	
Neuvottelu	105	Rhkb	3	250	250	250		Hpkb	2	315	250	250	
Aula	102	Rhkb	6	125	200	200		Hpkb	3	200	210	200	
Noutovarasto	121	Rhkb	3	125	100	100		Hpkb	3	125	100	106	

Kuva 9. Mittauspöytäkirja 24.5.2018 / Yritys: salainen

5.3 Tarkastusmittaukset 6.6.2018

Kaarina Pinus		Tarkastusmittauksen arvot			Suunnittelu arvot			Virhe max ±10%	
Tila:	Päätelaite	Kv	Mit.Es.arvo	qm(l/s)	Paine (Pa)	Es.arvo	qv(l/s)	Paine (Pa)	qm/qv(%)
Keittiö	T1 200/315	30,8	1,6	34	1,2	1,8	60	3,8	-40 %
	T2 200/315	30,8	4,8	56	3,3	1,6	60	3,8	-7 %
	P1 200/315	43,2	0,9	36	0,7	2,3	60	1,9	-40 %
	P2 200/315	43,2	0,8	39	0,8	2,3	60	1,9	-36 %
Neuvottelu 1.	T1 200/315	30,8	5	67	4,7	2,8	75	5,9	-11 %
	T2 200/315	30,8	4,9	75	6	2,3	75	5,9	1 %
	P1 250/400	63,8	1	67	1,1	0,7	75	1,4	-11 %
	P2 250/400	63,8	0,5	49	0,6	0,6	75	1,4	-34 %
Showroom	T1 160/250	19,9	5	50	6,3	2,4	50	6,3	0 %
	T2 160/250	19,9	4,9	47	5,5	2,4	50	6,3	-7 %
	T3 160/250	19,9	5	52	6,7	2,4	50	6,3	3 %
	T4 160/250	19,9	4,9	44	5	2,4	50	6,3	-11 %
	T5 160/250	19,9	4,1	53	7,1	2	50	6,3	6 %
	T6 160/250	19,9	4,9	47	5,6	2	50	6,3	-6 %
	T7 160/250	19,9	4,3	53	7,2	2	50	6,3	7 %
	T8 160/250	19,9	5	54	7,3	2	50	6,3	8 %
Käytävä	P1 315/400	63,8	0,9	53	0,7	1,1	133	4,3	-60 %
	P2 315/400	63,8	5	254	15,8	1	133	4,3	91 %
	P3 315/400	63,8	5	309	23,5	0,9	134	4,4	131 %
	T1 125/200	10,6	5	25	5,6	1,8	30	8,0	-16 %
Neuvottelu 2.	P1 160/250	31,5	0,9	10	0,1		30	0,9	-67 %
	T1 250/400	67,2	1,9	82	1,5	2	84	1,6	-2 %
	T2 250/400	67,2	1,5	97	2,1	1,9	83	1,5	17 %
	T3 250/400	67,2	2,3	88	1,7	1,9	83	1,5	6 %
	P1 315/400	63,8	2,1	83	1,7		125	3,8	-33 %
P2 315/400	63,8	1,9	88	1,9		125	3,8	-30 %	

Kuva 10. Tarkastusmittaukset 6.6.2018 (Piippo, J. 2018)

Kaarina Pinus		Tarkastusmittauksen arvot				Suunnittelu arvot			Virhe max ±10%
Tila:	Päätelaite	K _v	Mit.Es.arvo	q _m (l/s)	Paine (Pa)	Es.arvo	q _v (l/s)	Paine (Pa)	q _m /q _v (%)
Aula	T1 125/200	10,6	3,4	33	9,5	2,3	33	9,7	-1 %
	T2 125/200	10,6	4,6	35	11,2	1,6	33	9,7	7 %
	T3 125/200	10,6	3	34	10	2,3	33	9,7	2 %
	T4 125/200	10,6	4,7	37	12,5	2,3	33	9,7	14 %
	T5 160/200	10,6	2,5	31	8,4	2,6	34	10,3	-10 %
	T6 160/200	10,6	3,3	34	10	2,6	34	10,3	-1 %
	P1 200/315	43,2	4,3	122	8	2,9	66	2,3	85 %
	P2 200/315	43,2	0,8	33	0,6	3	67	2,4	50 %
	P3 200/315	43,2	3,5	36	0,7	3	67	2,4	46 %
Noutovarasto	T1 125/200	10,6	3,2	30	8,1	2,3	33	9,7	-9 %
	T2 125/200	10,6	1,9	31	8,8	2,3	33	9,7	-5 %
	T3 125/200	10,6	4,2	31	8,4	2,6	34	10,3	-10 %
	P1 125/200	24,4	5	29	1,4	2,3	33	1,8	-13 %
	P2 125/200	24,4	0,8	20	0,7	2,3	33	1,8	-38 %
	P3 125/200	24,4	1,2	20	0,7	2,7	34	1,9	-40 %

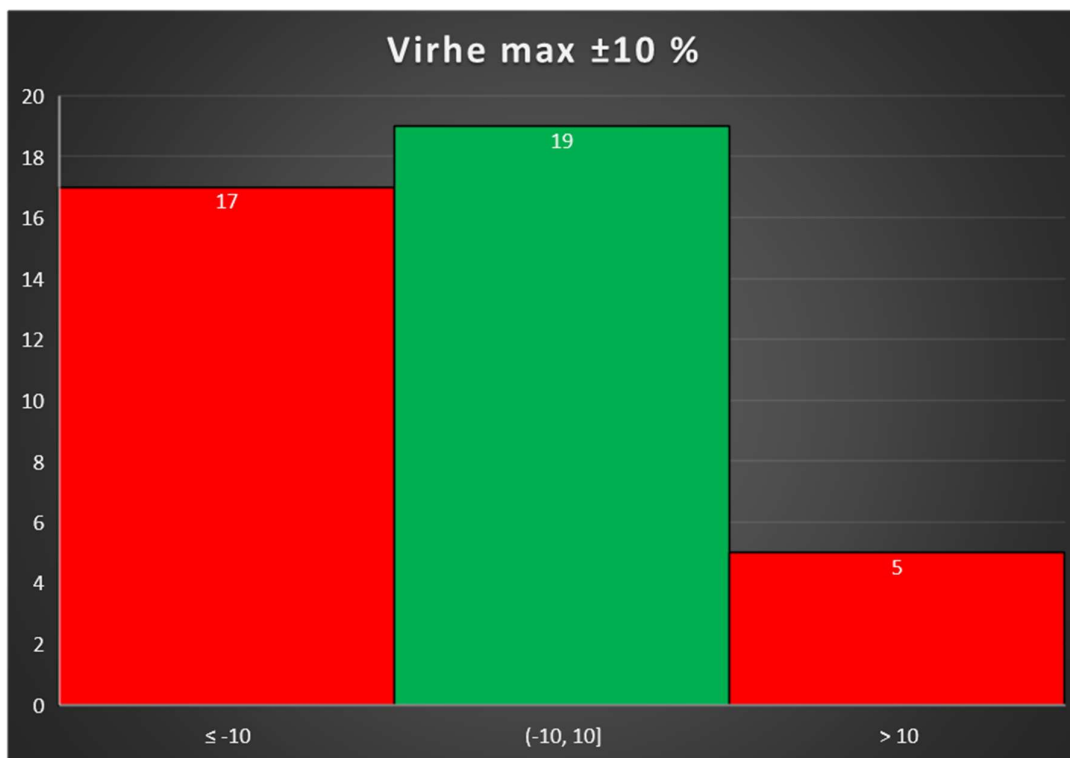
Kuva 11. Tarkastusmittaukset 6.6.2018 (Piippo, J. 2018)

5.4 Tulosten analysointi

Pinus Kaarinan työmaalla havaittujen aliurakoitsijan suorittamien mittaus- ja säätötöiden puutteellisuudet todennettiin tarkastusmittauksin kalibroidulla Swema 3000 -painemittarilla. Tarkastusmittaukset (Kuva 10. ja 11.) näyttivät todeksi sen, että mittauksissa oli suuria puutteita verrattuna saman tilan esisäätöarvoissa esisäätöarvoihin.

Tämä ei ole käytännössä mahdollista, koska painehäviöt eivät voi olla niin suuret vierekäisissä kanavien haaroissa, jotta esisäädöissä olisi noin suuria heittoja. Oikein säädettyinä esisäädöt pitäisi olla päätelaitteilla lähes samat. Esisäädöistä tai venttiilin asennosta määritellään venttiilikohtainen Kv kerroin (Kuva 13. ja 14.) josta pystytään laskemaan kaavalla (Kuva 15.) venttiilikohtainen ilmamäärä.

LVI-suunnittelijan määrittelemien päätelaitteiden ilmamäärät ja tarkastusmittauksen tulosten perusteella voitiin todeta, että yli puolessa venttiileistä rakennusmääräyksen salliva $\pm 10\%$ heitto ylittyi. Kuten kuvasta (Kuva 12.) näkyy, 19 kpl päätelaitteita oli säädetty oikein ja 22 kpl on säädetty väärin.

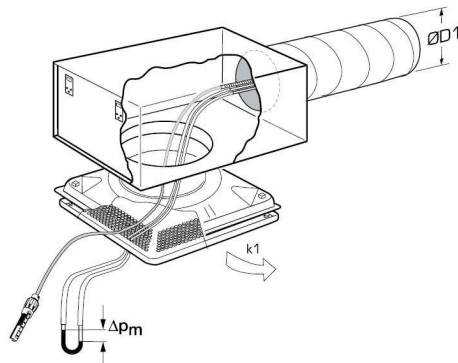


Kuva 12. Virhemarginaali pylväskaavio

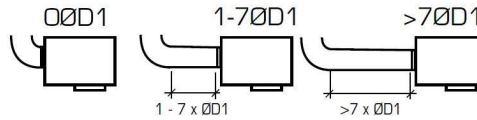
Mittauksissa käytetyt tulo- ja poistoilmalaatikoiden k-arvot:

RHKB, RHOB (RHKH, RHOH + ATTC)

10/2011 lähtien

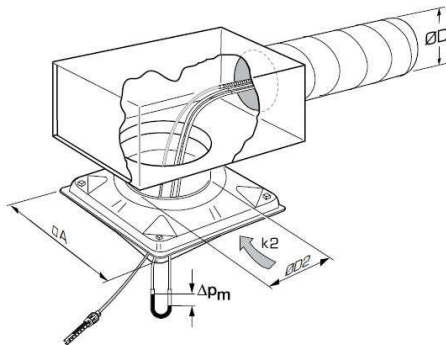


ØD1	0ØD1	$1-7\text{ØD1}$	$>7\text{ØD1}$
100	6,0	6,3	5,9
125	10,1	10,6	10,1
160	17,1	19,9	17,3
200	27,0	30,8	27,9
250	47,1	48,8	39,9
315	65,9	67,2	64,1



Kuva 13. Tuloilmalaatikko ja venttiili

HPKB (HPKH + ATTC)



ØD2	A	k2 0 mm	k2 12 mm
160	425	13,0	16,6
160	595	14,4	16,0
200	425	16,1	25,0
200	595	20,4	24,4
250	595	25,6	31,5
315	595	33,1	43,2
400	595	41,2	63,8

Kuva 14. Poistoilmalaatikko ja venttiili

HPKB kuva on virheellinen, koska mittaus tulee tehdä laatikon sisällä olevasta mittapistestä (kuva 14). (Heinonen, J. & Sandberg 2016, 71.)

$$q_v = k \times \sqrt{\Delta p_m} \quad \Delta p_m = (q_v / k)^2$$

Kuva 15. Kuva Fläkt Woods säätöopas (Fläkt Woods 2016.)

Pitot-putki mittaus

$$v = \sqrt{\frac{2x\Delta P}{\rho}}$$

ΔP = dynaaminen paine, 5 pistemittaus [Pa] = [N / m²]

ρ = Ilman tiheys [kg / m³]

Kaava 2. Pitot mittauksen kaava. (Mäkelä, M. 2015, 99-100.)

Mittaukset Pinus kaarina

q_v = Vaadittu ilmamäärä (l/s)

q_m = Mitattu ilmamäärä (l/s)

P_m = Paine mitattu (Pa)

Mittaukset TK2/PK2 kunnossa:

- q_v tulo IV-koneelta = +1250 l/s
- q_m tulo IV-koneelta Pitot = +1197 l/s
- q_m tuloilmalaatikot yht. = +1221 l/s
- q_v poisto IV-koneelta = +1250 l/s
- q_m poisto tulo IV-koneelta Pitot = +1197 l/s
- q_m poistoilmalaatikot yht. = +1221 l/s
- 19 kpl tuloilmalaatikoita RHKB virhearvon $\pm 10\%$ sisällä

Mittaukset TK2/PK2 puutteellisia:

- q_v poistokanavan haara Konehuoneessa 315mm = -280 l/s
- q_m poistokanavan haara Konehuoneessa 315mm Pitot = -164 l/s
- 6 kpl tulolaatikoita RHKB virhearvon $\pm 10\%$ ulkopuolella
- 16 kpl poistolaatikoita HPKB virhearvon $\pm 10\%$ ulkopuolella

Huoneiden suunnittelut ja toteutuneet kokonaisilmamäärät (l/s):

- Keittiö	Suunniteltu = +120/-120.	Toteutunut = +90/-75
- Neuvottelu 1.	Suunniteltu = +150/-150.	Toteutunut = +142/-116
- Showroom	Suunniteltu = +400/-400.	Toteutunut = +401/-616
- Käytävä	Suunniteltu = +30/-30.	Toteutunut = +25/-10
- Neuvottelu	Suunniteltu = +250/-250.	Toteutunut = +267/-171
- Aula	Suunniteltu = +200/-200.	Toteutunut = +204/-189
- Noutovarasto	Suunniteltu = +100/-100.	Toteutunut = +92/-69

Analyysi säätö- ja mittaustyöstä:

TK2/PK2-koneesta lähtevät tulo- ja poistoilman kokonaisilmamäärät olivat paikallaan Pitot-mittauksella. Tuloilman RHKB-laatikot (Kuva 13.) olivat melko hyvin kohdallaan, muutamaa virhearvon ylitystä lukuun ottamatta. Poistoilmalaatikot HBKP olivat kaikki sallitun virhearvon ulkopuolella. Tulo- ja poistolaatikoiden ilmavirrat on laskettu (kuvan 15.) kaavoilla. Konehuoneen poistoilman 500 mm runkokanavasta lähtevästä 315 mm haarassa kanavan kokonaisilmavirta vaadittu -280 l/s ja mitattu Pitot-putkella -164 l/s. (Kaava 2.) Mittaustulosten ja niistä tehdyn yhteenvedon perusteella voitiin todeta, että mitta- ja säätötyöt on suoritettu puutteellisesti.

Mittauksissa käytetyn Swema 3000 -painemittarin kalibroitodistus. Mittauksia voi suorittaa vain kalibroiduilla laitteilla ollakseen vertailu kelpoiset eri mittareiden kanssa. (Kuva 15.)



KALIBROINTITODISTUS no: K058- 14724

Laite Swema Saadettynä
 Tyyppi 3000 paineanturi Ei saadetty
 Sarjanumero 689619
 Tilaaja ARE Oy
 Juhana Herttuan Puistokatu 21 Mittarin kunto
 20100 TURKU Hyvä

Ilman lämpötila 22 °C
 Ilman kosteus 34 %RH
 Ilmanpaine 1003 mbar
 Päiväys 3.11.2017

Tarkistanut

Olli Ruonti

Vertailulaitteet

Nestemanometri E.Schiltknecht 612 a no:26317

Mikromanometri TT550S, laite 11.2, sn 6236, kalibroitu Jormita Oy 1.3.2017, tod. K058-13833

Referenssi /

Jäljitettävyys

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on arvioitu ja laskettu julkaisun EA-4/02 mukaisesti. Laajennettu epävarmuus on laskettu kertomalla yhdistetty standardiepävarmuus kattavuuskertoimella $k=2$, mikä vastaa 95 % vaihteluväliä normaalijonnalle

Kalibroitimenetelmä

Paine tuotetaan painepumpulla, jonka vertailumittarina käytetään nestemanometriä

Paine Pa	Mittarin lukema	Korjaus Pa	Mitta-alue	Epävarmuus ± Pa
20,00	20,0	0,0		0,5
50,00	49,9	0,1		0,5
100,0	99,5	0,5		0,5
200,0	199,5	0,5		0,6
300,0	299,7	0,3		0,8
400,0	399,2	0,8		1,0
500,0	499,2	0,8		1,3
1000,0	999,0	1		2,4
1500,0	1498	2		3,6

Sivu 1/1

JORMITA Oy

Osoite: Kirjokannenkatu 11, 20660 LITTOINEN
 Puhelin: 02-2433854
 Kotisivu: www.jormita.fi

Y-tunnus no: FI 08814332
 Kotipaikka Kaarina

Kuva 16. Kalibroitodistus (Turku, 2018)

6 LAADUKKAAMPIEN MITTAUS- JA SÄÄTÖTÖIDEN TOTEUTUS

Kyselykartoituksen tulosten perusteella laadukkaana mittaus- ja säätötyön toteuttamiseksi tulisi ilmanvaihtojärjestelmissä käyttää laadukkaita koneita, päätelaitteita ja säätöpeltejä, sekä taata tarvittava työaika mittaus- ja säätötöiden toteutukseen. Mittaus- ja säätötyön suorittajan tulisi olla kokenut ja luotettava, jotta saadaan laadukas lopputulos asiakkaalle.

Mittausosiosta saatujen tuloksen mukaan mittauspöytäkirjakäytäntöä tulisi muuttaa Assemblin Oy:n oman mittauspöytäkirjan kaltaiseksi, jotta voidaan varmistaa kaikkien tarkastusten yhdenmukainen laatu. Joskus alirakoitsijoiden mittauspöytäkirjat voivat olla puutteellisia, kuten tässä tapauksessa. Tarkastusta ei voida suorittaa, jos mittauspöytäkirjassa ei ole ilmoitettu tai otettu ylös K_v -arvoja, paineita ja lukitusta/esisäätoarvoja venttiilikohtaisesti.

Mittaus- ja säätötyöpätevyyden voi saada kolmen päivän kestäväällä LVI-liitto SuLVI ry:n ja Amiedun yhdessä järjestämällä kurssilla. Kurssille osallistumisen edellytys on kahden vuoden työkokemus, joka on todistettava esimiehen allekirjoittamalla työtodistuksella.

Kurssi pitää sisällään:

Ilmanvaihdon mittausten perusteet (1pv)

- Ilmamäärien mittaamisen periaatteet ja menetelmät
- Mittalaitteisiin perehtyminen ja käytännön harjoitukset
- Kokonaisilmavirtojen mittaaminen kanavasta, säätöpellistä ja venttiileistä

Suhteellinen säätö ja kanaviston tasapainotus (1pv)

- Suhteellisen säädön teoriaa ja käytännön harjoituksia
- Mittauspöytäkirjojen laadinta

Harjoituksia ja koe (1pv)

- Käytännön harjoituksia
- Tentti
- Käytännön koe: ilmavirtojen mittaus ja säätää

(SuLVI ja Amiedu 2017)

Kurssin hyväksytyt suorittaminen antaa luvan mitata ja säätää kaikkia mahdollisia rakennuksia. Tässä tulee suuri ristiriita, koska kohteet vaihtelevat helposta omakotitalosta erittäin haastaviin sairaaloihin ja tehtaisiin tehtäviin mittaus- ja säätötöihin. Koulutus ei anna valmiutta haastaviin kohteisiin ja vaatii kokeneen säätöalanammattilaisen, jolla on tarvittava osaaminen ja taito toteuttaa onnistunut mittaus- ja säätötyö rakennuksessa.

Toinen mittaus- ja säätötöiden laatuun vaikuttava haaste käytännön työelämässä on se, että yleinen käytäntö mittaus- ja säätötöiden tarkastaminen perustuu usein ainoastaan työn toteuttaneen säätömiehen tilaajalle toimittamiin mittauspöytäkirjoihin. Työn tilaaja ei pääsääntöisesti tee tarkastusmittauksia. Tarkastusmittauksia voidaan joutua tekemään kohteissa rakennuttajan tai rakennustarkastajan niitä vaatiessa.

Tässä opinnäytetyössä tehdyn selvityksen tulosten perusteella ehdotan Assemblin Oy:lle, että mittaus- ja säätötöiden yhteydessä tehtäisiin mahdollisia pistokokeita/tarkastusmittauksia, jossa esim. 5-10 % venttiileistä tarkistettaisiin paikan päällä. Tällä tavalla voisimme olla varmempia lopputuloksesta ja se viestisi myös asiakkaallemme, että välitämme lopputuloksesta. Tämä olisi turva mittaus- ja säätötyön ammattilaiselle ja yritykselle ongelmatilanteissa. Assemblin Oy:n aliurakoitsijat käyttävät usein omaa mittauspöytäkirjaa, joka voi olla puutteellinen. Mittauspöytäkirjan tarkastus olisi luotettavampaa, jos se jatkossa tehtäisiin Assemblin Oy:n omalle jo olemassa olevalle mittauspöytäkirjalle, jolloin takuuajana tehdyt muutokset olisi myös helpompi havaita selkeämmästä ja tarkemmasta mittauspöytäkirjasta.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön aihe muodostui Assemblin Oy:ssä havaitusta tarpeesta tutkia laskennallisen esisäädön vs. suhteellisen mittaus- ja säätötyön käytäntöjä rakennuksissa. Assemblin Oy oli saanut Lappeenrannassa sijaitsevassa virastotalon kohteessa laskennallisen esisäädön käytöstä positiivisia tuloksia. Laskennallinen esisäädön käyttö on edelleen vähäistä rakennusten säätömenetelmänä. Assemblin Oy:ssä haluttiin selvittää, voidaanko tulevaisuudessa laskennallisesta esisäätöjä käyttäen saada apua kokemattomille mittaus- ja säätötöiden ammattilaisille ja nopeuttaa mittaus- ja säätötöiden suorittamista.

Kyselykartoituksessa kaikki vastanneet, mittaus- ja säätöalan ammattilaiset, kertoivat käyttävänsä suhteellista säätömenetelmää päivittäisissä töissään. Kaksi mittaus- ja säätöalan ammattilaista kahdeksasta oli mitannut ja säätänyt laskennallisilla esisäädöillä rakennuksia. He pitivät menetelmää toimivana, jos kanavat olivat tarkasti tehty piirustusten mukaan ja ilmanvaihtojärjestelmä oli yksinkertainen. Vastanneet kokivat suhteellisen säätömenetelmän käytön nopeammaksi tai yhtä nopeaksi kuin esisäädetty menetelmä. Kyselykartoituksen tulosten luotettavuuteen voi kuitenkin vaikuttaa säätömiesten halu varmistaa omaa työtä. On mahdollista, että esisäätöä ei haluttaisi käytettävän, jos sen arvellaan vähentävän ammattitaitoisten säätömiesten tarvetta.

Prosessina opinnäytetyön tekeminen oli haastavaa, mutta kiinnostavaa ja ammatillisesti hyvin kehittäväää. Opinnäytetyötä aloittaessani minulla ei ollut paljoakaan käytännön tietoa ja kokemusta ilmanvaihtojärjestelmän mittaus- ja säätötöistä. Kirjallisuuteen perehtymällä sain asiasta teoreettisen osaamisen, joka auttoi ymmärtämään ilmanvaihtojärjestelmän eri säätömenetelmät ja niiden menetelmien hyödyntämisen rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän säädössä ja mittaamisessa.

Opinnäytetyön edetessä alkuperäistä suunnitelmaa jouduttiin muuttamaan, koska työmaan aikataulu ei antanut mahdollisuutta toteuttaa säätötyön tekemistä suunnitellusti sekä suhteellisella menetelmällä että esisäätöarvoilla. Tarkoituksena oli vertailla eri säätömenetelmiä ja niiden nopeutta, tarkkuutta ja lopputulosta. Koska tämä ei onnistunut, tehtiin vertailu rakennuskohteen toteutuneiden mittaustulosten ja laskennallisten esisäätöarvojen välillä. Näitä vertailemalla havaittiin huomattavia ristiriitaisuuksia, joten työmaalla päätettiin tehdä ilmanvaihtojärjestelmän tarkistusmittaukset. Tarkistusmittaukset työmaalla tukivat päätelmää, että säätötyöt oli puutteellisesti suoritettu.

Pinus Kaarinan kohteessa toteutui aikatauluongelma, joka tuli esille myös kyselykartoituksessa. Aikataulun vaikutus mittaus- ja säätötöihin on merkittävää työn onnistumisen kannalta.

Opinnäytetyössä tehdyn selvitystyön perusteella voidaan todeta, että ilmanvaihtojärjestelmien mittaus- ja säätö käytäntöjä olisi tarpeellista muuttaa Assemblin Oy:llä. Aliura-koitsijat tulisi jatkossa käyttää Assemblin Oy:n omaa mittauspöytäkirjaa, josta selviää ilmamäärä, K_v -arvot, paine, ja esisäätöarvo/lukitus venttiilikohtaisesti. Pistokokeita/tarkastusmittauksia tulisi ottaa n. 5-10 % venttiileistä säätötöiden valmistuttua. Tämä takaisi laadukkaamman ja luotettavamman lopputuloksen rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän säätötoissa.

Tässä opinnäytetyössä ei päästy toteuttamaan suhteellisen ja laskennallisen mittaus- ja säätömenetelmän vertailua käytännössä. Tekemäni kartoitus ja mittaukset, jotka toteutin tässä opinnäytetyössä antaa kuitenkin perusteluja sille, että käytännön vertailu kannattaisi toteuttaa tulevaisuudessa. Siitä saataisiin konkreettista näyttöä, toimiiko laskennallisen esisäädön rakennuksien mittauksessa ja säädössä. Vertailun toteuttaminen käytännössä edellyttää väljää työmaan aikataulua, sekä mittaukset toteuttavan yrityksen sitoutumista työn suorittamiseen.

LÄHTEET

- Assemblin Oy. 2018a. Yritys. Viitattu 19.4.2018. <https://fi.assemblin.com>
- Assemblin Oy. 2018b. Yritys. Viitattu 19.4.2018. <https://fi.assemblin.com/meista>
- Energiatehokas koti. 2016. Viitattu 12.6.2018. https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/energiatehokas_ilmanvaihto_ja_jaahdytys
- Fläkt Woods. 2016. Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas. Viitattu 6.6.2018. <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=499f84d7-c4f2-421e-9b44-741b6332af09>
- Halminen, E.; Kuvaja, O. & Köttö, R. 1994. Ilmastointiteknikka. Helsinki: Saarijärven offset Oy.
- Harju, P. 2014. Talotekniikan mittauksia, säätöjä ja automatiikkaa. 3. painos. Kouvola: Penan Tieto-Opus Oy.
- Heinonen, J. & Sandberg, E. 2016. Ilmastointiteknikka: Osa 1, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät: perustietoa ilmastointiteknikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. 2. painos. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy.
- Heinonen, J. & Sandberg, E. 2014. Ilmastointiteknikka: Osa 2, Ilmastointilaitoksen mitoitus: opastusta sisäilmaston, ilmastointilaitoksen järjestelmien, tilailmastoinnin, kanavistojen, koneiden sekä jäähdytys- ja rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluun ja mitoitukseen. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy.
- Holopainen, R.; Pasanen, P.; Railio, J.; Säteri, J. & Virranta, P. 2012. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja tasapainotus: tavoitteena hyvä ja energiataloudellinen sisäilmasto. 2. painos. Helsinki: Opetushallitus 2012.
- Mäkelä, M. 2015. Tekniikan kaavasto: matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. 14. painos. Tampere: Amk-kustannus: Tammertekniikka 2005.
- Mäkinen, J. 2018. IMI Hydronic engineering. Haastattelu 15.6.2018.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 1997. Sisäilmaohje: asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö: Edita.
- SuLVI ja Amiedu. 2017. Suomen LVI-liiton toteama IV-mittauksen pätevyys 2017. Viitattu 8.6.2018 https://www.sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IV-mittauksen_patevyys_2017.pdf
- SFS-EN12599, 2012. Rakennusten ilmanvaihto: Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien luovutukseen liittyvät testimenettelyt ja mittausmenetelmät. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- Vaisala. 2010. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon optimointi alkaa mittausteknologiasta. Viitattu 19.5.2018. (<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/DCV-Technology-selection-application-note-B210864FI-A-LoRes.pdf>)
- VTT Expert Services Oy. 2014. Energiatehokkaan pientalon ilmanvaihto-opas. Viitattu. 1.6.2018. http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/Pientalon%20ilmanvaihto-opas.pdf
- Ympäristöministeriö. 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma: Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kartoituksen kyselylomake

Jarno Piippo
ATEKNS14

Ilmanvaihtojärjestelmän säätö- ja mittaustöiden kyselytutkimus:

Opinnäytetyön tarkoitus on parantaa töiden sujumista ja kehittää menetelmää, joka olisi hyödyksi säätö- ja mittaustöissä. Tutkimuksen kannalta olisi toivottavaa, että perustelisit vastauksesi mahdollisimman hyvin.

-Kauanko olet tehnyt ilmanvaihdon säätö- ja mittaustöitä?

-Säätömenetelmät jota käytät työssäsi?

-Mitä mittalaitteita käytät työssäsi?

-Ilmanvaihtokoneen vaikutus säätö- ja mittaustyöhön?

Jarno Piippo
ATEKNS14

-Oletko säätänyt ja mitannut ilmastointijärjestelmää, jossa on käytetty esisäättöarvoja IRIS säätöpelleillä?

Ympyröi vaihtoehto.

Kyllä / Ei

Mitä mieltä ja miten koit ilmanvaihtojärjestelmän säädön ja mittauksen, joka oli toteutettu esisäädöin?

Säätöpeltien ominaisuudet säädössä ja mittauksessa.

-IRIS säätöpelti

Edut:

Haitat:

Jarno Piippo
ATEKNS14

-Kertasäätöpelti

Edut:

Haitat:

-Koetko tarpeelliseksi ottaa ilmanvaihtokoneiden eri lohkoista paineet pöytäkirjaan?

-Päätelaitteiden vaikutus säätö ja mittaustyöhön?

-Mitä mieltä olet tulo- ja poistolaatikoiden säätöelimistä säätö- ja mittausominaisuuksista?

Jarno Piippo
ATEKNS14

-Ilmastointikanavien ja päätelaitteiden asennuksesta johtuvat ongelmat mittaus- ja säätötoihin?

-Mitä muita yleisiä ongelmia liittyy säätö- ja mittaustöihin?

-Onko olemassa ilmanvaihtokoneita, säätöpeltejä tai päätelaitteita, joita tulisi välttää käyttämästä, jotta säätö- ja mittaustyö olisi vaivatonta ja ilmanvaihtojärjestelmästä optimaalisesti toimiva?

-Mitä asioita itse haluisit kehittää ja parantaa, jotta säätö- ja mittaustyöt sujuisivat paremmin?

-Sana vapaa.

Tarkasta vielä, että muistit perustella joka vastauksen.

Kiitos!