



IV-katsastusoppaan vertailu muihin tutkimusohjeisiin

Elina Manelius

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2023

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

MANELIUS, ELINA
IV-katsastusoppaan vertailu muihin tutkimusohjeisiin

Opinnäytetyö 48 sivua
Joulukuu 2023

Opinnäytetyössä tarkasteltiin ilmanvaihdon katsastusoppaan sisältöä suhteessa muihin ilmanvaihtoon liittyviin tutkimus- ja tarkastusohjeisiin. Työssä selvitettiin, toimiiko IV-kuntotutkimusketju, eli toimiiko IV-katsastus lähtötietona muille tarkemmille kuntotutkimuksille vai sisältävätkö ohjeet päällekkäisiä osioita. Työssä lisäksi arvioitiin, pystytäänkö määräaikaisella IV-katsastuksella ylläpitämään rakennuksen hyviä sisäilmaolosuhteita vai vaaditaanko tätä varten tarkempien kuntotutkimusten toteutusta.

Tarkastelu tehtiin osittain kirjallisuustutkimuksena olemassa oleviin ohjeisiin perehtyen ja osittain case-tutkimuksena, jossa yhteen kiinteistöön toteutettiin ilmanvaihdon katsastus ja verrattiin sen tuloksia aiemmin tehtyyn kuntotutkimukseen.

Opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen perusteella katsastusopas todennäköisesti yhtenäistää katsastustoimintaa oppaan sisältämien yksityiskohtaisten menetelmäkuvausten vuoksi. Ilmanvaihdon tutkimusohjeissa on kuitenkin päällekkäisyyksiä ja ohjeistuksia sekä kuntotutkimusketjua tulisi selkeyttää. IV-katsastuksella on potentiaalia korvata ja täydentää muita tutkimusohjeita.

Edellytyksenä iv-katsastuksen laajemmalle hyödyntämiselle muiden tarkempien kuntotutkimuksen lähtötietona on sen raportoinnin kehittäminen. Ilmanvaihdon tutkimusalan kehitys vaatii myös tutkijoiden koulutuksen kehittämistä.

Asiasanat: ilmanvaihto, kuntotutkimus, katsastus, iv-katsastusopas, kuntoarvio

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Systems

MANELIUS ELINA

Comparison of the ventilation inspection guide with other research instructions.

Bachelor's thesis 48 pages
December 2023

The thesis examined new ventilation inspection guide in relation to other research and inspection guidelines related to ventilation. The object was to investigate whether the chain of investigations work. In other words, does the ventilation inspection serve as a starting point for other more detailed examinations or whether the instructions contain overlapping sections. It was also assessed whether the periodic ventilation inspection would be able to maintain the building's good indoor air conditions, or whether a more detailed condition survey would be required for this.

The inspection was carried out partly as a literature study, familiarizing with the existing guidelines, and partly as a case study. An air exchange inspection was carried out in one property and its results were compared with a condition study carried out previously.

Based on the observations made in the thesis, the inspection guide is likely to unify the inspection activities due to the detailed method descriptions contained in the guide. However, there are overlaps in the ventilation research guidelines. Therefore, the chain of investigations should be clarified. The ventilation survey has the potential to replace and supplement other research guidelines.

In order to use the ventilation inspection as the starting point for other more detailed examinations the reports must be developed. The development of researchers' training is also vital.

Key words: ventilation, condition assessment, condition analysis, building inspection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	6
2.1	Ilmanvaihtojärjestelmien tyypit	6
2.2	Ilmanvaihdon historia	6
2.2.1	Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä.....	7
2.2.2	Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä	8
2.2.3	Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä	10
2.3	Ilmanvaihtojärjestelmien merkitys sisäilmaongelmissa	11
2.4	Ilmanvaihtojärjestelmiin liittyvät määräykset ja asetukset	12
3	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN HOITO JA HUOLTO	14
3.1	Ilmanvaihtokoneet.....	14
3.2	Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja säätö.....	15
4	ILMANVAIHTOTUTKIMUSTEN TASOT	16
4.1	Kuntoarvio.....	17
4.2	IV-katsastus	18
4.3	Sisäilmakatsastus	21
4.4	Tutkimukset sisäilmateknisten kuntotutkimusten yhteydessä	23
4.4.1	Olosuhdearvioinnin yhteydessä tehtävät iv-tutkimukset	25
4.5	IV-kuntotutkimuksen perusosa.....	26
5	IV-KATSASTUKSEN VERTAILU MUIHIN TUTKIMUSOHJEISIIN.....	29
5.1	Kuntoarvion ja IV-katsastuksen vertailu	29
5.2	Sisäilmakatsastuksen ja IV-katsastuksen vertailu	30
5.3	Sisäilmateknisen kuntotutkimuksen vertailu IV-katsastukseen	32
5.4	Olosuhdearvioinnin vertailu iv-katsastukseen	33
5.5	IV-kuntotutkimuksen perusosan vertailu IV-katsastukseen	34
6	IV- KATSASTUKSEN CASE-TUTKIMUS	37
6.1	Kohteen yleiskuvaus	37
6.2	Katsastuksen suoritus	37
6.3	Katsastuksen tulokset	38
6.4	Kuntotutkimuksen keskeisimmät havainnot	39
6.5	IV- katsastuksen ja kuntotutkimuksen vertailu case-kohteessa	40
6.6	IV-katsastuksen tarkoituksenmukaisuuden tarkastelu.....	41
7	YHTEENVETO	43
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tutkimusten toteutukseen on julkaistu useita erilaisia ohjeita ja oppaita viimeisen 15 vuoden aikana. Viimeisimpänä ohjeena on vuonna 2022 julkaistu ilmanvaihdon katsastusopas, jonka tavoitteena oli yhtenäistää katsastussisältö, pätevyysvaatimukset ja raportointi (Terveet Tilat 2028).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella ilmanvaihdon katsastusoppaan sisältöä suhteessa muihin ilmanvaihtoon liittyviin tutkimus- ja tarkastusohjeisiin. Työssä selvitetään, toimiiko IV-kuntotutkimusketju, eli toimiiko IV-katsastus lähtötietona muille tarkemmille kuntotutkimuksille vai sisältävätkö ohjeet päällekkäisiä osioita. Työssä pohditaan myös, pystytäänkö määräaikaisella IV-katsastuksella ylläpitämään rakennuksen hyviä sisäilmaolosuhteita vai vaaditaanko tätä varten tarkempien kuntotutkimusten toteutusta.

Tarkastelu tehtiin osittain kirjallisuustutkimuksena olemassa oleviin ohjeisiin perehtyen ja osittain case-tutkimuksena, jossa yhteen kiinteistöön toteutettiin ilmanvaihdon katsastus ja verrattiin sen tuloksia aiemmin tehtyyn kuntotutkimukseen.

Opinnäytetyössä keskitytään julkisten rakennusten ilmanvaihtojärjestelmiin toteuttaviin katsastuksiin, katselmuksiin ja kuntotutkimuksiin. Tutkimusten ulkopuolelle rajataan asuin- ja teollisuuskiinteistöt.

2 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

2.1 Ilmanvaihtojärjestelmien tyypit

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmiä ovat painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä sekä koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä.

2.2 Ilmanvaihdon historia

Painovoimainen ilmanvaihto oli tavallisin ilmanvaihtojärjestelmä 1900-luvun puoliväliin saakka kaikissa suomalaisissa rakennustyypeissä (Kuuluvainen ym., 2018). 1800-luvun jälkipuoliskolle asti poistoilmalaitteina olivat tulisijat ja tuloilma tuli tilaan tahattomasti ulkovaipan epätiiviykskohdista ja ikkunatuuletuksella. Tulisijain toimimista ilmahormeina tehostettiin 1800-luvun loppupuolella kakluunien yläosiin muuratuilla venttiileillä. Lisäksi keittiöihin ja kylpyhuoneisiin alettiin rakentamaan erillisiä poistoilmahormeja. (Mikkola & Kuuluvainen 2021)

1800-luvun lopulta 1930-luvulle, kun siirryttiin uunilämmityksestä keskuslämmitykseen, käytettiin huonekohtaista painovoimaista ilmanvaihtoa, jolloin kaikkiin huoneisiin järjestettiin omat poistoilmahormit ja tuloilmaventtiilit seinälle. 1930-luvulta 1950-luvulle käytettiin huoneistokohtaisia siirtoilmajärjestelmiä, joka toimi läpivirtausperiaatteella, eli poistoilmahormi sijaitsi likaisissa tiloissa ja tuloilmaventtiili puhtaissa tiloissa. 1960-luvulla käyttöön otettujen säästötoimien myötä järjestelmästä karsittiin tuloilmaventtiilit, minkä vuoksi järjestelmä toimi puutteellisesti. (Mikkola & Kuuluvainen 2021)

Painovoimaisesta ilmanvaihdosta siirryttiin koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään 1940-luvulta alkaen. Yleisimmillään koneellinen poistoilmanvaihto oli 1960–1970-luvuilla. Suomessa ensimmäinen höyrykäyttöinen ilmanvaihtopuhallin toteutettiin tosin Kirurgiseen sairaalaan jo 1880-luvulla. Asuinkerrostaloihin ensimmäiset poistopuhaltimella varustetut niin sanottu yhteishormijärjestelmät tulivat 1940-luvulla. Raitisilma tuotiin koneellisessa poistoilmanvaihdossa sisään huonetilaan ikkunoiden ja ovien rakojen sekä muiden epätiiviykskohtien kautta.

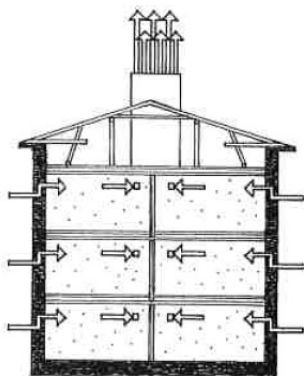
Lisäksi käytettiin lämpöpatterin yläpuolelle, ikkunapenkin alle sijoitettuja rakovehtiilejä. Rakovehtiilejä sijoitettiin myös ikkunan yläkarmiin tai ilmaa otettiin sisään yläkarmiin tehtyjen reikien kautta. (Kerrostalo 1940–1960).

Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä alkoi yleistyä julkisissa kiinteistöissä 1970-luvulla energiakriisin myötä. Pientaloissa ja asuinkiinteistöissä järjestelmä muuttui yleisimmäksi järjestelmäksi vasta 2000-luvun taitteessa.

2.2.1 Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä

Painovoimaisessa järjestelmässä ilmanvaihto perustuu sisä- ja ulkoilman tiheuseron ja ilmareitin korkeuseroon muodostamaan ilman virtaukseen. Ilman tiheusero muodostuu, kun sisä- ja ulkoilman välillä on lämpötilaero. Myös tuulen nopeudella on vaikutusta. Rakennuksen poistoilmanvaihto järjestetään rakennuksen keskelle sijoitetun hormin välityksellä. Korvausilma tulee tilaan ulkovaipan epätiiviysskohdista ulko- ja sisätilan välisen paine-eron seurauksena. Myös ikkunatuuletuksella on ollut tärkeä osa riittävän ilmanvaihtuvuuden ylläpitämisessä. (Sandberg 2014 osa 1).

Paine-eron puuttuminen on yksi painovoimaisen ilmanvaihdon isoimmista haasteista. Tilanne syntyy, kun ilmapirtaa aiheuttavaa paine-eroa ei synny lämpötilaeron puuttumisen tai tuulettomuuden vuoksi. Poistoilmahormeissa voi myös esiintyä takaisinvirtausta, kun hormiin päin tuulee tai kun ulkolämpötila on sisälämpötilaa korkeampi. Myös erillispoistojen (liesituuletin) ja tulisijan käyttö voi aiheuttaa takaisinvirtausta. Ilmanvaihdon mittaaminen on painovoimaisessa järjestelmässä vaikeaa pienten paine-erojen vuoksi ja koska mittausajankohtana vallitsevat olosuhteet vaikuttavat tuloksiin. Painovoimaisen ilmanvaihto korvausilma tulee tiloihin yleisimmin lämmittämättömänä, mikä voi heikentää tilojen lämpöviihtyvyyttä. Järjestelmää ei pystytä myöskään varustamaan lämmöntalteenotolla. Painovoimainen ilmanvaihto vaatii myös käyttäjältä venttiilien säätämistä vallitsevien olosuhteiden mukaan. (Kuuluvainen ym. 2018)



Painovoimainen ilmanvaihto ja keskuslämmitys.

KUVA 1. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate kerrostalossa (Neuvonen ym. 2019).

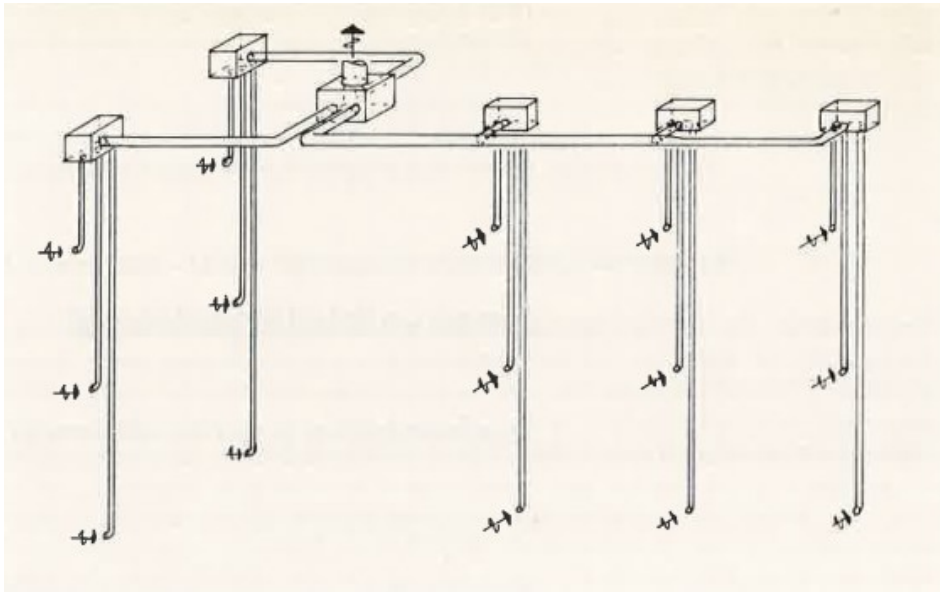
2.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä poistoilma ohjataan tiloista poistoilmaventtiileiltä poistoilmakanavien välityksellä vesikatolla sijaitseville huippuimureille. Poistoilma aiheuttaa rakennukseen alipaineen, jonka seurauksena rakennukseen tulee korvausilmaa vaipan läpi helpoimman reitin kautta, yleisimmin ulkoseinällä sijaitsevista korvausilmaventtiileistä tai ikkunoiden rakoveintiileistä. (Sandberg 2014).

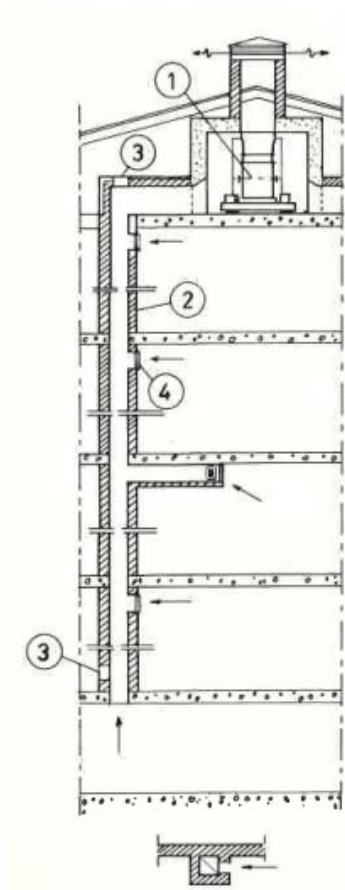
Puhaltimet ovat tyypillisesti 2-kierrosnopeuksisia, jolloin puhallinta voidaan käyttää isommalla kierrosnopeudella tai pienemmällä, joka on n. 2/3-osaa isommasta nopeudesta. (Sandberg 2014 osa 1).

Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän haasteena on riittävän korvausilmareitin järjestäminen siten, että tilojen lämpöviihtyvyys ei kärsisi. Korvausilma tulee tilaan useimmiten lämmittämättömänä, jolloin vedon muodostuminen on todennäköistä. Lisäksi huippuimurien äänenvaimennus on usein ollut riittämätöntä, joten imurin melu on muodostunut häiritseväksi. (Sandberg 2014 osa 1).

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä ei myöskään ole lämmöntalteenottoa, mikä heikentää järjestelmän energiatehokkuutta. Tosin energiatehokkuutta on parannettu, toteuttamalla järjestelmään lämmöntalteenotto jälkikäteen asennettavalla poistoilmalämpöpumpulla.



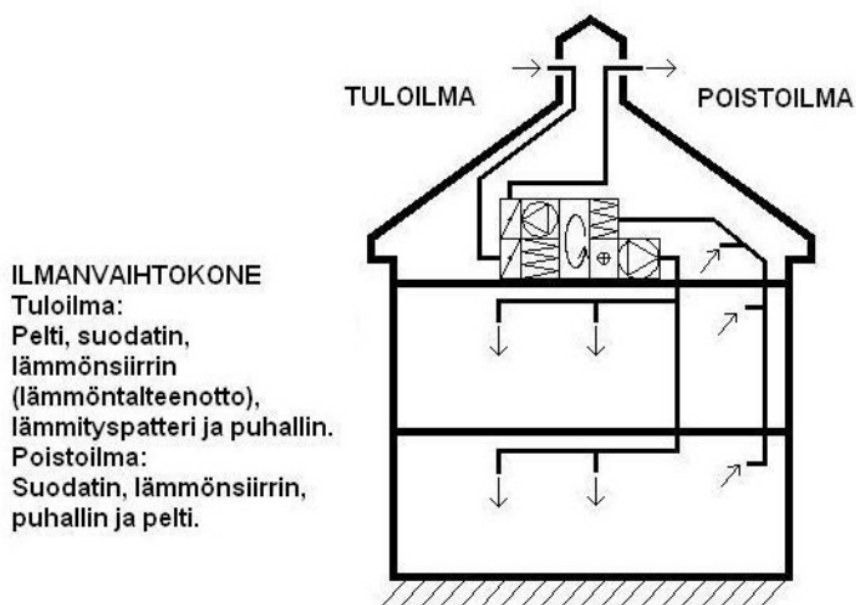
KUVA 2. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate, kun poistoilmanvaihto on toteutettu erilliskanavajärjestelmänä (Mäkiö ym. 2016).



KUVA 3. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate, kun poistoilmanvaihto on toteutettu yhteiskanavajärjestelmänä (Mäkiö ym. 2016).

2.2.3 Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä

Nimensä mukaisesti koneellisessa tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmässä sekä tulo- että poistoilmanvaihto järjestetään koneellisesti. Järjestelmä alkoi yleistyä 1970-luvun energiakriisin myötä. Tuloilman tuominen tiloihin vedottomasti vaati sen lämmittämistä. Tällöin saatiin myös lisättyä tuloilmaan suodatusta. Tuloilman lämmittäminen tuli lämmön talteenotolla edullisemmaksi, joten poistoilmaan järjestettiin lämmöntalteenotto. (Sandberg 2014 osa 1). Tosin aluksi koneellista tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmää on toteutettu runsaasti myös ilman lämmöntalteenottoa erityisesti rakennuksissa, jossa poistoilma on likaista (esim. keittiöt ja tuotantolaitokset).



KUVA 4. Koneellisen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate (Koulu-rakennus.fi).

1970-luvulta lähtien koneelliset tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmät ovat hiljalleen kehittyneet. Puhaltimien moottorit ovat parantuneet hyötysuhteiltaan. Lämmöntalteenottolaitteet ovat tehostuneet ja nestekiertoisten lämmöntalteenottojärjestelmien sekä ristivirtasiirtimien rinnalle ovat tullut regeneratiiviset roottorit sekä vastavirtasiirtimet. Suodattimien erotusaste on parantunut ja ilmanvaihtolaitteiden muodostaman äänen hallinta on parantunut. Järjestelmän puhdistettavuuteen kiinnitetään koko ajan enemmän huomiota. (Sandberg 2014 osa 1)

Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä voidaan toteuttaa vakioilmavirtajärjestelmänä ja muuttuvailmavirtaisena järjestelmänä. Puhaltimien käyntitehoja voidaan säätää ilmamääräsääteisesti tai kanavapainemittauksiin perustuen. Aluksi koneellisissa tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmissä käytettiin 2-nopeuspuhaltimia ja puhaltimia käytettiin vakiopyörimisnopeudella. Tällaisten järjestelmien heikkoutena on ollut se, että järjestelmän painehäviöiden kasvaessa ilmavirrat pienentyvät herkästi, mikä johtaa ilmamäärien riittämättömyyteen ja epätasapainoon. Sittemmin on yleistynyt puhaltimien portaaton ohjaus esim. taajuusmuuntajalla kanavapainemittaukseen perustuen.

Nykyiset energiatehokkuusvaatimukset ohjaavat yhä useammin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon käyttöön erityisesti julkisissa kiinteistöissä, joissa käyttöaste vaihtelee vuorokaudenajan ja vuodenajan mukaan runsaasti. Energiatehokas rakentaminen on parantanut 2000-luvun alkupuolelta lähtien rakennusten myös tiiviyttä, mikä asettaa uudenlaisia vaatimuksia ilmavaihdon tasapainoisuudelle. Painesuhteiden hallitsemisesta tulee yhä haastavampaa verrattuna 1900-luvun puolella rakennettuihin rakennuksiin, joissa ilmatiiviysvaatimuksia ei vielä juuri-kaan esiintynyt. (Sandberg 2014 osa 1)

Edellä mainittu kehityssuunta ilmanvaihtojärjestelmissä asettaa jatkuvasti suurempia vaatimuksia automaatiojärjestelmien suunnittelulle, asennukselle ja seurannalle. Myös kiinteistön huolto on olennaisessa roolissa ilmanvaihtojärjestelmien toiminnan kannalta.

2.3 Ilmanvaihtojärjestelmien merkitys sisäilmaongelmissa

Ihmiset viettävät n. 90 % ajastaan sisätiloissa. Sisätilojen ilman laatu muodostuu rakenteiden, kalusteiden, sisätiloissa tapahtuvan toiminnan yhteisvaikutuksesta. Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa toiminnasta ja ympäristöstä aiheutuvat epäpuhtaudet tai pitää niiden pitoisuudet matalalla tasolla. Ilmanvaihdolla on siten keskeinen rooli terveyshaittojen vähentämisessä. (Sandberg 2014 osa 1)

Inkinen kartoitti kandidaatintyössään sisäilmaongelmissa tapahtuneita muutoksia lähivuosisikymmenien aikana. Työssä tehdyn kirjallisuustutkimuksen perusteella

1990-luvun merkittävimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat olivat riittämätön ilmanvaihto ja tunkkaisuus. Samat ongelmat ovat selvityksen perusteella olleet merkittävimpänä häirtana koulurakennuksessa myös 2010-luvulla. (Inkinen 2022)

2.4 Ilmanvaihtojärjestelmiin liittyvät määräykset ja asetukset

Ensimmäinen ilmanvaihdon suunnittelijoiden ohjeistus laadittiin vuonna 1954, kun Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet julkaistiin. Ohjetta päivitettiin vuonna 1966. Ensimmäiset ilmanvaihtoa koskevat rakentamismääräykset ilmestyivät vuonna 1978 ja niitä on sen jälkeen päivitetty vuosina 1987, 2003, 2010 ja 2012, kunnes 2017 astui voimaan Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihdosta. (Koulurakennus.fi)

Vuonna 2015 voimaan tullut asumisterveysasetus määrittää vaatimuksia asuntojen ja muiden oleskelutilojen ilmanvaihdolle ja fysikaalisille altistumistekijöille. (545/2015)

TAULUKKO 1. Luokkahuoneiden ilmanvaihdon minimi-ilmanvaihdon määräys- ja ohjetasot eri vuosina. Taulukon lähteenä on käytetty kyseisiä määräyksiä ja ohjeita. Määräysarvot on tummennettu taulukossa.

	Luokkahuone	
	l/s/m ²	l/s/hlö
Normaaliohje v. 1954	1,7	-
Normaaliohje v. 1966	1,7	4,2
1978	3 ¹⁾	-
1987	3	6
2003	3	6
2012	3	6
545/2015	3	6 ²⁾
Asumisterveysasetus	-	6 ²⁾

1) 2 l/s/m², jos on mahdollisuus tuuletukseen välituntien aikana

2) 4 l/s/hlö voidaan sallia, jos varmistetaan siitä, etteivät sisäilman epäpuhtauspitoisuudet tai lämpötila nouse niin suuriksi, että ne aiheuttavat terveyshaittaa taikka kosteus nouse niin suureksi, että se voisi aiheuttaa 5 §:ssä tarkoitettua mikrobikasvun riskiä

3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN HOITO JA HUOLTO

LVI-teknisten järjestelmien kunnon jatkuvalla seurannalla on keskeinen merkitys rakennuksen käyttäjän turvallisuudelle, terveydellisille oloille, energiankulutukselle sekä rakennuksen pitkäaikaiskestävyydelle (Sandberg 2014 osa 2). Tästä syystä Maankäyttö- ja rakennuslaissa 117 i §:ssä velvoitetaan, että rakennukselle laaditaan käyttö- ja huolto-ohje. Ohjeen laatimisesta vastaa rakennushankkeeseen ryhtyvä. Käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten.

3.1 Ilmanvaihtokoneet

Ilmanvaihtojärjestelmän osalta käyttö- ja huolto-ohje sisältää pääasiassa järjestelmäosien huolto-ohjeet. Ilmanvaihtokoneiden valmistajilla on omat huolto-ohjeensa ja suositeltavat huoltovälit. Seuraavassa on esimerkki erään konevalmistajan toimittaman tulo-poistokoneen huolto-ohjeen sisällöstä ja huoltoväleistä (Koja.fi):

- Sulkupellin huolto 6 kk välein
 - o Toimilaitteiden, vipujen, käyttöakselien toiminnan testaus, vipumeکانismien voitelu öljyllä, tiivisteiden tarkistus, puhdistus tarvittaessa
- Suodatintoiminnon huolto 6 kk välein
 - o Suodattimien vaihto, tiiviiden varmistus, paine-eromittareiden toiminnan varmistus, kotelon puhdistus
- Lämmityspatterin huolto ennen lämmityskauden alkua
 - o Liitännöjen tiiviiden tarkastus, patterin puhdistus, patterin ilmaus ja jäätymissuojatermostaatin toiminnan tarkastus, vedenpoiston toiminnan tarkistus ja puhdistus
- Pyörivän lämmöntalteenottotoiminnon huolto 6kk välein
 - o Lämmönsiirtopintojen tarkistus ja puhdistus, harjatiivisteiden kunnon tarkistus ja tarvittaessa vaihto, vetohihnan kireyden tarkistus ja tarvittaessa vaihto, roottoriin suoruuden varmistus vatupassilla
- Pyörivän lämmöntalteenottotoiminnon huolto 12 kk välein

- Vetomoottorin tarkistus ja vaihteiston voitelu, kierrosluvun säädön toiminnan varmistaminen, pyörimisvahdin toiminnan varmistaminen
- Levylämmönsiirtimen huolto 6 kk välein
 - Lämmönsiirtopintojen puhtauden varmistaminen ja tarvittaessa puhdistus, pellistön toiminnan varmistaminen, vedenpoiston toiminnan tarkistus ja puhdistus
- Puhaltimen huolto 6 kk välein
 - Puhaltimen puhtauden varmistaminen, tärinäeristimien kunnon varmistus, sähkökaapelien kunnon varmistus, puhaltimien esteettömän toiminnan varmistaminen, kiilahihnapyörien ja kiilahihnojen kuluneisuus, tarkistetaan hihnojen linjaus ja kireys, puhallinkammion puhdistus, oikean pyörimissuunnan varmistaminen, huoltoluukun tiivisteiden kunnon tarkistus
- Mittareiden tarkistus
 - letkujen kunnon tarkistus, mittareiden nollauksen varmistus,
- Äänenvaimennuksen huolto
 - Äänenvaimenninlamellien pintojen kunnon tarkistaminen ja puhdistus

3.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja säätö

Ilmanvaihtokanavien puhdistuksesta on säädetty sisäasiainministeriön asetuksessa 802/2001. Asetuksen mukaan kerran vuodessa tulee puhdistaa ammatti- maisten ruuanvalmistuspaikkojen ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot sekä ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot, jotka ovat tilassa missä ilmanvaihtokanaviin kertyy runsaasti herkästi paloa levittäviä aineita. Viiden vuoden välein tulee puhdistaa sairaaloiden, vanhainkotien ja suljetun rangaistuslaitoksen sekä päivähoitolaitoksen, koulun, hotellin, lomakodin, asuntolan ja ravintolan ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot.

Ilmanvaihto mitataan ja säädetään kuntoon rakennuksen luovutusvaiheessa. Tämän jälkeen mittaukset ja säädöt ovat tarpeen kanavien puhdistuksen jälkeen ja mikäli järjestelmässä esiintyy viitteitä ilmanvaihdon epätasapainoisuudesta.

4 ILMANVAIHTOTUTKIMUSTEN TASOT

Perinteisesti kiinteistön korjaustoimien oikea-aikaisuus on varmistettu säännöllisillä kuntoarvioilla. Kiinteistön kuntoarvion toteuttamisesta on laadittu ensimmäinen RT-kortti jo vuonna 1998 ja sitä on päivitetty vuosina 2012 ja 2019 (RT 103097). Vuonna 2016 on Suomen LVI-liiton (SuLVI ry:n) toimesta julkaistu ilmanvaihdon kuntotutkimusohjeet (IVKT 2016), joilla selvitettiin miten IV-järjestelmä vastaa nykyisen ja suunnitellun käytön vaatimuksia.

Ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan merkitykseen sisäilmaolosuhteiden hallinnassa on myös vähitellen herätty. Vuonna 2016 julkaistussa kosteus- ja sisäilma-tekniikan kuntotutkimuksen oppaassa on ohjeistettu myös ilmanvaihtojärjestelmien toiminnan tarkasteluun (Ympäristöopas 2016). IV-tekniikan tutkimuksille asetetaan vaatimuksia myös sisäilmaongelmaselvitysten yhteydessä toteutettavassa olosuhdearvioinnissa (Isokääntä & Rautiala 2022). Viime vuosina on myös ryhdytty panostamaan kiinteistön ennaltaehkäisevään sisäilmatoimintaan toteuttamalla kiinteistöihin sisäilmakatsastuksia, joissa on suuri painoarvo IV-tekniisten järjestelmien toiminnan varmistamisessa (Heikkinen 2016).

Valtioneuvoston Terveet Tilat 2028 -toimenpideohjelmassa toteutettiin selvitys Suomen julkisen ja yksityisen rakennuskannan sisäilmanlaadusta, nykytilanteesta ja kehityksestä. Ohjelman tavoitteena on tervehdyttää julkiset rakennukset. SisäNyt-hankkeessa kunnille toteutetussa kyselytutkimuksessa todettiin, että 70 % vastaajista pitää ilmanvaihdon ongelmia melko tai erittäin yleisenä syynä sisäilmaongelmille (Salmela ym., 2019). Kyseisen selvityksen seurauksena lähdettiin Terveet Tilat 2028 toimenpideohjelmassa vuonna 2020 kehittämään ilmanvaihtojärjestelmien tarkastustoimintaa ja laadittiin ilmanvaihdon katsastusopas. Oppaan laatimisen yhteydessä määritettiin myös ilmanvaihtojärjestelmän tarkastusmenettelyjen tarkkuustasot, jotka on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastusmenettelyjen tarkkuustasot.

Tarkastuskohde	Taso 1: Katsastus	Taso 2: Tarkastus	Taso 3: Tutkimus
Asiakirjat	1	1	1
Kunto ja toiminta	1, 2, 3 ja 4	+ 4 ja 5	+ 6
Käyttö ja huolto	1, 2 ja 3	+ 4 ja 5	4 ja 5
Puhtaus ja hygienia	1, 2 ja 3	3	+ 4
Paloturvallisuus	1, 2, 3	3	+ 6
Sisäympäristö	1, 2, 3 ja 4	+ 5 ja 7	+ 8
Energiätehokkuus	1	+ 2, 3 ja 4	+ 5 ja 6

1. Asiakirjoihin tutustuminen
2. Käytöstä ja ylläpidosta vastaavien henkilöiden haastattelu ja käyttäjäpa-laute
3. Aistinvarainen havainnointi
4. Aistinvaraisen havainnoinnin varmistaminen mittauksilla tai automaatiosta saatavilla tiedolla
5. Seurantamittaus tai automaatiosta saatava trendiseuranta
6. Toimintakoe
7. Käyttäjäkysely
8. Sisäilmastokysely

Seuraavassa on kuvattu olemassa olevien ilmanvaihdon tutkimusohjeiden sisällöt työmäärältään ja kattavuudeltaan nousevassa järjestyksessä.

4.1 Kuntoarvio

Kuntoarvion tavoitteena on saada kokonaiskuva kiinteistön teknisestä kunnosta ja energiataloudesta, jotta kunnossapitotoimet voidaan ajoittaa oikein. Toteutus perustuu aistinvaraisiin havaintoihin ja lähtötietoasiakirjoihin. Toimitilakiinteistöihin toteutettavia kuntoarvioita ohjataan seuraavilla RT-korteilla:

- RT 103097 Toimitilakiinteistön kuntoarvio Kuntoarvioijan ohje
- RT 103098 Kiinteistön kuntoarvio Kuntoluokan määräytyminen
- RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot

Kunnossapitotarveselvitys on asunto-osakeyhtiölain 6 luvun 3 § mukaan taloyhtiöille pakollinen ja tästä syystä taloyhtiöt teettävät usein kuntoarvion, jonka perusteella kunnossapitotarveselvitys voidaan laatia. Vaikka selvitys ei julkisille kiinteistöille ole lakisääteinen, on se yksi osa suunnitelmallista kiinteistönpitoa ja tästä syystä kuntoarvioita tilataan myös julkisiin kiinteistöihin.

Kuntoarviossa käydään IV-tekniikan osalta perusteellisemmin läpi kanavistot, tulo- ja poistoilmakoneet varusteineen sekä rakennusautomaatiojärjestelmät. Pistokoemaisia tarkastuksia tehdään ilmanvaihdon päätelaitteisiin sekä korvausilmareitteihin. (RT 103097)

Aistinvaraisten tarkastusten lisäksi kuntoarviossa voidaan toteuttaa huonelämpötilojen mittauksia, poistoilmavirtojen mittauksia päätelaitteista ja rakennusautomaatiojärjestelmien toiminnan arviointia. Ongelmakohtia voidaan selvittää havainnoimalla ilman liikkeitä ja painesuhteita, avaamalla tarkastusluukkuja sekä rakennusautomaatiojärjestelmän asetusten avulla. Sisäolosuhteista ja järjestelmien toimivuudesta havainnoidaan huonelämpötiloja, ilman laatua, vaihtuvuutta ja epäpuhtauksia. (RT 103097)

Kuntoarvion tulosten perusteella laaditaan kiinteistölle pitkän tähtäimen suunnitelma, eli PTS. Kuntoarvion kiinteistötarkastuksen yhteydessä havainnoidaan myös kiinteistönhoitoa ja ylläpitoa ja annetaan siihen liittyviä parannustoimenpiteitä. (RT 103097)

4.2 IV-katsastus

Ilmanvaihdon katsastus on vakiosisältöinen määräajoin toteutettava tutkimus, jolla tarkastetaan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmien kunto, toiminta ja puhkaus (Holopainen 2022). Opas laadittiin vuosien 2020-2022 välillä Ympäristöministeriön rahoittamassa hankkeessa osana Terveet Tilat 2028 ohjelmaa. Hankkeen toteuttajana toimi FINVAC ry yhteistyössä Metropolia, Sisäilmayhdistys, SuLVI ja VVC Föreningen i Finland.

Katsastusoppaan tavoitteena on yhtenäistää ilmanvaihtojärjestelmien katsastustoimintaa, katsastajien osaamisvaatimuksia ja katsastuksista toteutettavaa raportointia. Katsastuksella varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelman mukainen toiminta.

Ilmanvaihdon katsastuksessa tarkastetaan seuraavia kohtia:

- Asiakirjojen olemassaolo ja paikkansapitävyys:
 - o ilmanvaihtopiirustukset, säätö- ja toimintakaaviot
 - o Mittaus- ja säätö- sekä kanavien nuohouspöytäkirjat
 - o Huoltosuunnitelman vertailu toteutuneeseen huoltoon
- Ilmanvaihtokonehuoneet:
 - o Puhtaus ja siisteys, sisäilman laatu, lämpöolot, äänitasot
 - o Konehuoneen sisäpuoliset pinnat
 - o Koneiden huollettavuus
 - o Lumen ja veden kulkeutuminen koneille, kammioiden viemäroinnit, lattiakaivojen toiminta
 - o Koneiden ohjaus, tuloilman lämpötilat
- Ilmanvaihtokoneet koneen käydessä
 - o Koneiden tunnuksot ja palvelualueet
 - o Koneiden ja kanavistojen tiiveys, kannakoinnit, kanavavarusteet, läpivientien tiiviys, lämmön- ja paloeristeiden kunto
 - o Kiinteiden mittareiden toiminta
 - o Suodattimien paine-ero
 - o Lämmöntalteenottolaitteiden ja pattereiden putkistojen, pumppujen, venttiilien toiminta
- Ilmanvaihtokoneet kone pysäytettynä
 - o Ulkoilmapeltien ja muiden säätöpeltien toiminta
 - o Lämmöntalteenottolaitteiden ja pattereiden kunto
 - o Kammioiden puhtaus ja siisteys sekä huoltoluukkujen toiminta
 - o Puhaltimien toiminta
 - o Mittareiden kalibrointitarve
 - o Suodatinluokat, suodattimien tiiveys ja oikea asennus
 - o Ulko-, tulo-, poisto- ja ulospuhallusilmakanavien puhdistustarve
- Ulkoilma- ja ulospuhallusilmalaitteet sekä erillispoistot
 - o Kanavaliitosten tiiveys
 - o Erillispoistojen toiminta
 - o Ulkoilma- ja ulospuhalluslaitteiden puhtaus ja etäisyys kattopin-
nasta ja epäpuhtauslähteistä. Lumen kulkeutuminen.
- Huonetilat:
 - o Kanavistojen kunto ja tiiveys, kanavaeristeiden kunto

- Päätelaitteiden toiminta, puhtaus, epäpuhtauslähteet
- Ilmavirtojen tasapainon aistinvarainen arviointi, ilmanjaon toiminta
- Jäähdytyslaitteiden puhdistustarve
- Sisäilman laadun arviointi (lämpö, ääni, haju), ilmanvaihdon riittävyys

4.3 Sisäilmakatsastus

Sisäilmakatsastus on alun perin Senaatti-kiinteistöjen kehittämä määräaikainen katsastusmalli rakennuksen sisäilmateknisten riskien havaitsemiseen. Sisäilmakatsastuksessa tarkastellaan rakenteita ja ilmanvaihtoa sisäilmapainotteisesti ja kuntoarviotyypillisesti. Sisäilmakatsastus on otettu käyttöön myös muiden kiinteistöomistajien toimesta. Tampereen Tilapalvelut on laatinut muun muassa oman sisäilmakatsastusmallin, joka pohjautuu Senaatti-kiinteistön malliin (Tampereen Tilapalvelut 2022). Vuonna 2023 Senaatti-kiinteistöt on edelleen kehittänyt sisäilmakatsastuksesta uuden version, jossa katsastus on laajennettu koskemaan koko LVI-tekniikkaa ja sähköjärjestelmiä.

Sisäilmakatsastuksessa rakennusten sisätilat ja ulkoalueet kierretään siten, että saadaan riittävä yleiskuva järjestelmien toiminnasta. Sisätilat katselmoidaan pistokoeluonteisesti ja tilatyypeittäin (Tampereen Tilapalvelut 2022):

Sisäilmakatsastuksen tutkimussisältö koostuu ilmanvaihtotekniikan osalta seuraavista osa-alueista (Tampereen Tilapalvelut 2021):

- Järjestelmien lähtötietojen ja kiinteistöhoidon tietojen arviointi
 - o Arvioidaan lähtötietojen perusteella toimiiko ilmanvaihtojärjestelmä, pysyykö kiinteistön lämpötilat hallinnassa, onko huollot ja vastaukset palvelupyyntöihin suoritettu, löytyykö kohteesta ajantasapiirustukset
- Patterilämmitys
 - o Arvioidaan pattereiden säädettävyyttä, termostaattien kuntoa, pattereiden vuotoja, lämpötilojen seuranta
- Puhaltimet
 - o Tarkastetaan konevaipan kunto ja kiinnitysmekanismit, puhaltimien jalustat ja vaimennuskumien kunto, Kiilahihnakäyttöjen kunto ja huoltohistoria, puhallinpyörän ja -kammion puhtaus, ohjaus- ja syöttökaapeloinnit läpivienteineen
- Suodattimet
 - o Tarkastetaan suodattimien vaihtoväli, likaisuus, tiiveys, huoltoluukun tiiveys, lumen ja veden pääsy suodattimille

- Ilmastoinnin patterit
 - o Tarkastetaan huoltoluukkujen sijoitus, vedenpoiston toimivuus, lamellien kunto, toimilaitteiden kunto, jäähdytyspatterin jälkeisiä merkkejä pisaroinnista, merkkejä jäätymisestä
- Äänenvaimentimet
 - o Tarkastetaan vaimennusmateriaalin laatu ja kunto, päällysteiden kunto, puhdistettavuus
- Säättöjärjestelmät
 - o Tarkastetaan ohjataanko koneita käsikytkimillä, nähdäänkö puhaltimien toiminta-arvoja koneen yhteydestä, onko kone rakennusautomaatiassa
- Ulkosäleiköt ja ulkoilmalaitteet
 - o Tarkastetaan raitisilmakammion materiaalit, tiiveys ja vedenpoiston toimivuus, kammioiden ja säleikköjen puhtaus, etäisyydet ilmanlaatua pilaaviin laitteistoihin
- Kanavat
 - o Arvioidaan kanavien tiiviyttä, eristeiden kuntoa, puhtautta, kanaviston nuohoushistoriaa
 - o Arvioidaan palopeltien toimintaa, säätöpeltien riittävyttä, ilmamääräsäätimien toimintaa, äänenvaimentimien kuntoa
- Päätelaitteet
 - o Arvioidaan vastaako päätelaitteet tilan käyttötarkoitusta ja onko sijoittelu sopiva. Tarkastellaan puhtaus- ja kuitulähteiden olemassaolo.
 - o Arvioidaan ilmamäärien riittävyttä tilojen käyttäjämääriin nähden
- Puhallinkonvektorit ja jäähdytyspalkit
 - o Arvioidaan laitteen puhtautta ja kuntoa, huonesäätimien toimintaa ja kondenssivesien viemäröinnin toimivuutta.
 - o Arvioidaan jäähdytystehojen riittävyttä
- Rakennuksen painesuhteet
 - o Arvioidaan rakennuksen painesuhteita ja ilmanvaihdon käytön ajan ulkopuolen toimintaa
- Aisitut sisäilmaolosuhteet
 - o Arvioidaan sisäilman laatua ja lämpöoloja sekä valaistus- ja ääniolosuhteita

4.4 Tutkimukset sisäilmateknisten kuntotutkimusten yhteydessä

Kun kiinteistössä epäillään esiintyvän sisäilmaongelmiin viittaavaa oireilua, suoritetaan kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset (Ympäristöopas 2016). Ilmanvaihtojärjestelmä on olennaisessa roolissa sisäilmaolosuhteiden muodostumisessa. Mikäli ilmanvaihtojärjestelmä ei toimi tarkoituksenmukaisella tavalla, heikentyy epäpuhtauksien poistuminen rakennuksesta ja raittiin ulkoilman saanti. Oppaan mukaan ilmanvaihdon merkitys liittyy seuraaviin tekijöihin:

- 1) Ilmamäärien riittävyys ja ilman jakautuminen
- 2) Ilmanvaihtojärjestelmän toimiminen epäpuhtauslähteenä
- 3) Ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen painesuhteisiin ja rakenteellisiin il-mavuotoihin

Kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten yhteydessä toteutettavat ilmanvaihtotekniset tutkimukset koostuvat seuraavista osa-alueista:

- 1) Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastuksessa selvitetään:
 - a. järjestelmän tyyppi
 - b. koneet palvelualueittain
 - c. koneiden ja erillispuhaltimien ohjaustapa
 - i. rakennusautomaatioon ja ohjaavien antureiden toimintaan tulee kiinnittää huomiota
 - d. laitteiden ikä ja kunto
 - i. palautusilmaa käytettäessä ulkoilman riittävyys
 - ii. mahdollisen pyörivän lämmönsiirtimen vuodot tulo- ja poistoilman välillä
 - e. suodattimien edellinen vaihtoajankohta
 - i. suodatustason riittävyys ja suodattimien tiiviys
 - f. ilmanjakotapa ja sen toimivuus huonetiloissa
 - i. vastaako ilmanjako ja ilmamäärät nykyistä käyttötarkoitusta
- 2) Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastaminen
 - a. kanavien puhtauden tarkastaminen
 - i. ohjekortin LVI 39-10409 mukaan ja/tai

- ii. kuvaaminen sisäpuolisesti videokameralla
 - b. ilmanvaihtojärjestelmän osien ja laitteiden puhtauden tarkastaminen
 - i. Ulkoilmasäleiköt ja -kammiot
 - ii. suodattimet iv-koneissa ja puhallinkonvektoreissa
 - iii. lämmönsiirtimet
 - iv. puhaltimet
 - v. kondenssivesialtaat
 - vi. kostutuslaitteet
 - vii. äänenvaimentimet ja niiden pinnan eheys
 - viii. viemäröinnin toiminta
- 3) Ilmamäärien mittaaminen
- a. huonetilojen tulo- ja poistoilmamäärät päätelaitteista
 - b. ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmamäärät
 - c. mitattujen ilmamäärien vertailu suunniteltuihin ilmanvaihtomääriin, rakentamisajankohdan määräystasoon
 - d. siirtoilmareittien ja mahdollisten korvausilmareittien riittävyys
- 4) Painesuhteiden mittaaminen
- a. suositeltavaa tehdä jatkuvatoimisena pitkäaikaisseurantana

Lisäksi:

- 5) Sisäilman lämpötila ja ilmankosteuden mittaus 1-2 viikon pitkäaikaisseurantana
- a. Lasketaan kosteuslisä ja ilmankosteuden mittaustulosten perusteella arvioidaan ilmanvaihdon riittävyttä rakenteiden toiminnan kannalta tiloissa joissa kosteudentuotto on suurta
 - b. lämpötilamittauksilla arvioidaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toimivuutta
- 6) Hiilidioksidipitoisuus
- a. lyhytaikaisena tilojen käytön aikana tai pitkäaikaisena seurantamittauksena. Kohonnut hiilidioksidipitoisuus kuvaa riittämätöntä ilmanvaihtoa
- 7) Tuloilmajärjestelmän toimimista kuitulähteenä voidaan arvioida ottamalla näytteitä geeliteippimenetelmällä kanavien pinnoilta tai suodatinnäytteellä

Ympäristöopas 2016 mukaan ilmanvaihtojärjestelmän tutkimukset on kuvattu tarkemmin IV-kuntotutkimusoppaassa.

4.4.1 Olosuhdearvioinnin yhteydessä tehtävät iv-tutkimukset

Kun rakennuksessa epäillään esiintyvän sisäilman laatua heikentäviä ja tilojen käyttäjille oireita aiheuttavia tekijöitä, toteutetaan rakennukselle olosuhdearvointi Työterveyslaitoksen ohjeen perusteella (Isokääntä, P ym. 2022). Olosuhdearvioinnilla muodostetaan kokonaiskuva sisäilman laadusta ja olosuhteista sekä arvioidaan toimenpidetarvetta ja korjausten kiireellisyyttä sisäilman laadun ja olosuhteiden näkökulmasta.

Arviointi koostuu rakennus- ja ilmanvaihtoteknisten tekijöiden arvioinnista sekä epäpuhtauslähteiden, vuotoilman ja sisäilman laadun ja olosuhteiden arvioinnista. Tutkimusten perusteella saadaan kokonaiskuva:

- ilmastointijärjestelmästä ja sen yleiskunnosta, toimivuudesta, puhtaudesta ja riittävydestä
- järjestelmästä johtuvista paine-eroista ja niiden vaikutuksista vuotoilman kulkeutumisriskiin
- järjestelmästä johtuvista kosteuden tiivistymisriskeistä järjestelmäosiin tai rakenteisiin
- tilojen ilmanvaihtuvuudesta ja sisäilman aistinvaraisesta laadusta
- järjestelmästä johtuvista fysikaalisten tekijöiden mittaustarpeista, kuten sisäilman lämpö- ja kosteusolosuhteet, ulkoilmavirta ja ääniolosuhteet
- mahdollisista järjestelmän epäpuhtauslähteistä ja niistä kulkeutuvien biologisten ja kemiallisten tekijöiden mittaus- ja näytteenottotarpeista
- mahdollisista ilmastointijärjestelmään liittyvistä korjaustarpeista sisäilman laadun ja olosuhteiden parantamiseksi

Seuraavia mittauksia tehdään, mikäli teknisissä tutkimuksissa esiintyy tarvetta niille tai mikäli käyttäjiltä tulee esille olosuhdehaittoja:

- ilman virtausnopeus

- sisäilman lämpötila
- sisäilman suhteellinen kosteus
- ääniolosuhteet
- ulkoilmavirta

Ohjeen perusteella ilmastointijärjestelmän liittyviä selvityksiä voi tehdä asiantuntija, jolla on ilmanvaihdon katsastusoppaan määrittelyn mukainen osaaminen.

4.5 IV-kuntotutkimuksen perusosa

IV-kuntotutkimus toteutetaan ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien sekä laitteiden kunnan selvittämiseksi. Samassa yhteydessä tarkastellaan järjestelmän soveltuvuutta nykyisen ja suunnittelun käytön kannalta. Kuntotutkimus toteutetaan Suomen LVI-liiton SuLVI ry:n laatimaan IV-kuntotutkimusoppaan mukaisesti (IVKT 2016). Kuntotutkimus on jaettu kahteen osaan: perusosaan ja yksityiskohtaisiin tutkimuksiin, joista perusosa toteutetaan aina ja yksityiskohtaiset tutkimukset mikäli perusosan tutkimuksissa nähdään tarvetta niille.

Perusosan tärkeimpänä sisältönä on selvittää miten IV-järjestelmä vastaa nykyisen ja suunnitellun käytön vaatimuksia sekä toimenpiteet, joita on tehtävä, jotta järjestelmä saavuttaisi käytön asettamat vaatimukset. Mikäli järjestelmä ei vastaa vaatimuksia, ei yksityiskohtaisille tutkimuksille ole tarvetta. Muussa tapauksessa päätetään mitä yksityiskohtaisia tutkimuksia järjestelmälle on tarpeen tehdä. Perusosassa arvioidaan lisäksi järjestelmän ylläpidon toteuttamista ja puhtautta.

IV-kuntotutkimuksen tarve voi tulla esiin, kun tilojen käyttötapaa muutetaan, kun kiinteistön omistaja vaihtuu tai kun ylläpidon tai käytön yhteydessä on havaittu viitteitä järjestelmän teknisestä vanhentumisesta ja puutteellisesta toiminnasta. Lisäksi kuntoarviossa voidaan suositella yksittäisen järjestelmän tai laitteen tarkempaa kuntotutkimusta.

IV-kuntotutkimusoppaan mukaan sisäilmaongelman selvittäminen ei kuulu IV-kuntotutkimuksen tehtäviin. Sisäilmaongelmien selvitykset tehdään oppaan mukaan ennen IV-kuntotutkimuksia.

IV-kuntotutkimuksen perusosa koostuu seuraavista osa-alueista:

- Asiakirjatarkastus
- Käyttjähaastattelu
 - o vastuuhenkilöiden haastattelu (kiinteistön omistaja sekä huoltohenkilöstö)
 - o käyttjäkysely tarvittaessa
- Kenttäkierros (OHJE 2)
 - o huonetilat (10 % kokonaismäärästä jokaisen iv-koneen alueelta, joka kerroksesta)
 - Ilmanlaadun aistinvarainen arviointi (raikkaus, tunkkaisuus, vedon tunne)
 - päätelaitteiden puhtaus
 - vastaako ilmanvaihto tilan käyttötarkoitusta
 - huoneen käyttäjän kommentit
 - tarvittaessa mittauksia (ilmavirrat, huonelämpötila, painesuhteet, ääni)
 - o valvomo ja konehuoneet
 - Selvitetään:
 - IV-koneiden käyntiajat
 - Järjestelmän tasapaino kerroksittain
 - Tuloilman lämpötilat
 - Huonelämpötilat ja kosteusolosuhteet
 - Suodattimien puhtausaste, tarvittaessa paine-eromittaus
 - Käyttöhäiriöt ja vikahistoria
 - Merkinnät koneiden ja laitteiden huollosta
 - tarpeelliset trendiajot
 - Täyttääkö rakennusautomaatiojärjestelmä sille asetetut vaatimukset
 - Mittaukset:

- merkittävimpien ilmastointikoneiden mittaukset, ellei ole viimeisen kolmen vuoden ajalta mittaustietoja
- IV-koneiden sähkön käyttö selvitetään pääilmanvaihtokoneiden osalta, tarvittaessa sähkön käyttö mitataan
- Lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde selvitetään tai mitataan
- Visuaalinen tarkastus konehuoneen yleiskunnosta ja siisteystestä
 - IV-konehuoneiden ja kammioiden ulkoasu
 - näkyvät nestevuodot
 - kuuluvat ilmavuodot
 - merkinnät huolloista
 - kanavistojen puhtaus
 - kanavistojen tiiveys
 - IMS-säätimien toiminta pistokokeilla
- Jäähdytysjärjestelmän asiakirjatarkastus ja esitarkastus
 - Aistinvaraiset tarkastukset
 - käyttöhenkilökunnan haastattelu
 - Jäähdytyksen käyttöajat ja -tavat
 - Havaitut poikkeamat suunnitelmista, viat ja puutteet
- Energian käytön laskelmat
 - Ilmastoinnin vuotuinen sähköenergian kulutus
 - Ilmastoinnin vuotuinen lämpöenergian kulutus
 - Ilmastoinnin lämmitysteho
 - Ilmastoinnin jäähdytysteho
 - Ilmastoinnin jäähdytyksen vuotuinen sähköenergian kulutus
- Kiinteistönhoidon ja ylläpidon arviointi (OHJE 3)
- Puhtauden tutkiminen (OHJE 4)
- Energian- ja tehontarpeen laskenta (OHJE 5)

5 IV-KATSASTUKSEN VERTAILU MUIHIN TUTKIMUSOHJEISIIN

5.1 Kuntoarvion ja IV-katsastuksen vertailu

Kuntoarvion ilmanvaihdon tutkimussisältöä verrattiin IV-katsastusoppaan mukaiseen tutkimussisältöön (taulukko 3). Kuntoarvio on LVI-tekniseltä sisällöltään kohtalaisen suppea ja sen painoarvo on aina ollut pitkän tähtäimen suunnitelman (PTS) laadinnassa käyttöikiin perustuen, eikä niinkään järjestelmän toiminnan varmistamisessa. Vastaavasti iv-katsastuksessa ei PTS-ehdotusta laadita lainkaan.

RT-kortissa on kuvattu kuntoarvion sisältö suppeasti, mikä on johtanut siihen, että kuntoarvioiden sisältö vaihtelee niitä tekevien yritysten ja tekijöiden välillä runsaasti. Kuntoarviot ovat myös suhteellisen kilpailtu tutkimustyyppi, minkä seurauksena yritykset ovat pyrkineet pitämään kuntoarvioiden kustannukset matalalla tasolla ja toteutuksen tehokkaana, mikä yhdessä puutteellisen sisältökuvauksen kanssa yksinkertaistaa tutkimussisältöä entisestään.

Kirjoittajan omien kokemusten perusteella kuntoarvioiden tutkimussisältö vastaa vain osittain iv-katsastuksen sisältöä. Sisällöt vastaavat toisiaan erityisesti huonetiloissa tehtävien tarkastusten osalta. Molemmissa tutkimuksissa kierretään n. 20 % huonetiloista ja arvioidaan kyseisissä huonetiloissa ilman laatua, ilman liikkeitä ja jakaantumista sekä näkyvissä olevien järjestelmäosien kuntoa. Molemmissa tutkimuksissa myös arvioidaan IV-kanavien puhdistusten tarvetta.

Tutkimussisältöjen suurin eroavaisuus on ilmanvaihtokoneiden tarkastuksessa. Kuntoarvioissa käydään ilmanvaihtokoneet hyvinkin pintapuolisesti läpi, eikä kaikkia iv-koneiden kammioita avata ja järjestelmäosien toimintaa tarkastella. Kuntoarviossa tavoitteena on arvioida käyttöikiin perustuen laitteiden tulevia uusimistarpeita, eikä niinkään arvioida laitteiden toimintaa tutkimushetkellä iästä riippumatta.

TAULUKKO 3. Kuntoarvion sisältö verrattuna IV-katsastuksen sisältöön.

Asiakirjat		
Suunnitelmat	Kyllä	
Mittaus- ja puhdistuspöytäkirjat	Ei	
Huoltotyöt	Kyllä	
Ilmanvaihtokoneet ja konehuoneet		
Ilmanvaihtokoneen ja sen komponenttien kunto ja toiminta	(Kyllä)	Pintapuolisesti
Ilmanvaihtokoneen suodattimien kunto ja tyyppi	Ei	
Lämmöntalteenottojärjestelmän tyyppi ja toiminta	Ei	
Koneiden ja kanavien eristeiden kunto	Ei	
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus	Kyllä	
Ilmanvaihtokanavan palopeltien ja -eristeiden kunto	Ei	Kierroksella vastaan tulevat
Huonetilat 20 %		
Ilmanjakotavan toiminta	Kyllä	
Ilmamäärien tasapaino ja riittävyys	Kyllä	
Ilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus	Kyllä	
Rakennusautomaatio		
Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat	Ei	
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvot	Ei	
Ilmanvaihdon ohjauksen ja säädön toiminta	Ei	
IV-katsastuksen ulkopuolinen sisältö	PTS-ehdotus	
Aika-arvio toteutukseen raportointineen 3000 m ² koulurakennuksessa, jossa n. 5 ilmanvaihtokonetta	20-30 h	

5.2 Sisäilmakatsastuksen ja IV-katsastuksen vertailu

Sisäilmakatsastuksen ilmanvaihdon tutkimussisältöä verrattiin IV-katsastusoppaan mukaiseen tutkimussisältöön (taulukko 4). Tutkimukset vastaavat hyvin pitkälle toisiaan ilmanvaihtoon liittyvien tutkimusten osalta. Suurimpana erona on, että sisäilmakatsastuksessa ei suurissa kohteissa tarkasteta kaikkia ilmanvaihtokoneita, vaan noin 10-30 % koneista. Koneiden tarkastussisältö on molemmissa tutkimuksissa kuitenkin vastaavantyyppinen. Ilmanvaihdon katsastusoppaassa on selostettu tarkemmin mm. ilmanvaihtokoneista suoritettavia tarkastuskohtia, kun sisäilmakatsastuksessa tarkastuksen toteutustapa jää enemmän katsastajan päätettäväksi.

Tampereen Tilapalveluiden noudattamassa sisäilmakatsastuksessa tehdään kiinteistöön muutaman viikon pituiset paine-ero- ja olosuhdeseurannat, jotka tuo-

vat katsastukseen sellaista lisäinformaatiota, jota ei varsinaisessa iv-katsastuksessa saada. Toisaalta seurantamittaukset voidaan myös iv-katsastuksessa toteuttaa, mikäli tilaajan kanssa niin sovitaan.

Sisäilmakatsastukset ja iv-katsastukset eroavat sisällöltään myös rakennusautomaatiojärjestelmän tarkastelun osalta. Sisäilmakatsastukseen ei kuulu rakennusautomaatiojärjestelmän tarkastus, mutta iv-katsastukseen se sisältyy olennaisena osana.

Olennaisena asiana tutkimusten välillä on myös tarkastuksen arviointitapa. Sisäilmakatsastuksessa noudatetaan kuntoluokkaan perustuvaa arviointitapaa, kun taas iv-katsastuksessa annetaan huomauksia ja korjauskehotuksia.

TAULUKKO 4. Sisäilmakatsastuksen sisältö verrattuna IV-katsastuksen sisältöön.

IV-katsastuksen tutkimussisältö	Sisäilmakatsastus	Huomiot
Asiakirjat		
Suunnitelmat	Kyllä	
Mittaus- ja puhdistuspöytäkirjat	Kyllä	
Huoltotyöt	Kyllä	
Ilmanvaihtokoneet ja konehuoneet		
Ilmanvaihtokoneen ja sen komponenttien kunto ja toiminta	(Kyllä)	30 % koneista
Ilmanvaihtokoneen suodattimien kunto ja tyyppi	(Kyllä)	30 % koneista
Lämmöntalteenottojärjestelmän tyyppi ja toiminta	Ei	
Koneiden ja kanavien eristeiden kunto	(Kyllä)	30 % koneista
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus	Kyllä	
Ilmanvaihtokanavan palopeltien ja -eristeiden kunto	Kyllä	
Huonetilat 20 %		
Ilmanjakotavan toiminta	Kyllä	
Ilmamäärien tasapaino ja riittävyys	Kyllä	
Ilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus	Kyllä	
Rakennusautomaatio		
Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat	Kyllä	
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvot	Ei	
Ilmanvaihdon ohjauksen ja säädön toiminta	Ei	
IV-katsastuksen ulkopuolinen sisältö	Patterilämmitys Painesuhdemittausten tarkastelu Olosuhdemittausten tarkastelu	
Aika-arvio toteutukseen raportoiteineen 3000 m ² koulurakennuksessa, jossa n. 5 ilmanvaihtokonetta	25-40 h	

5.3 Sisäilmateknisen kuntotutkimuksen vertailu IV-katsastukseen

Sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen ilmanvaihdon tutkimussisältöä verrattiin IV-katsastusoppaan mukaiseen tutkimussisältöön (Taulukko 5). Tutkimussisällöt ovat samantyyppiset erityisesti ilmanvaihtokoneiden kuntoon, suodatusastoon ja laitteiden puhtaustasoon liittyviltä osin. Ilmanvaihtokoneet on iv-katsastuksessa tarkoituksena käydä suhteellisen tarkasti aistinvaraisesti läpi ja tyyli vastaa Ympäristöoppaassa kuvattua tapaa.

Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa keskitytään usein kuitenkin enemmän tekijöihin, jotka vaikuttavat suoraan sisäilman laatuun (puhtaus ja kuitulähteet) eikä niinkään järjestelmän tekniseen toimintaan. Ei ole sanomatta selvää, että esimerkiksi rakennusautomaation toimintaa ja ilmanvaihdon ohjauksen ja säädön toimintaa tarkasteltaisiin kattavasti sisäilmaongelmien selvittelyjen yhteydessä. Tarkastelujen taso riippuu toteuttavan tutkijan kokemuksesta ja näkökannasta. Usein ilmanvaihdon toiminnan tarkastelun saattaa tehdä rakennusterveysasiantuntija, jolla ei ole kokemusta järjestelmän teknisestä toiminnasta. Toisaalta tarkastelun saattaa tehdä myös iv-koneiden huoltoja tehnyt henkilö, jolla ei ole taas kokemus sisäilmaongelmien selvityksistä.

Selkein ero tutkimussisältöjen välillä on ajankäytöllinen. Kun ilmanvaihdon katsastuksessa tarkastellaan mm. ilmanjakotapaa, ilmanvaihdon riittävyttä ja kanavien puhtautta kohtuullisen suppeana otantana, paneudutaan sisäilma- ja kosteusteknisessä kuntotutkimuksissa kyseisiin kohtiin syvällisemmin ja laajemmin. IV-katsastukseen ei kuulu painesuhde- ja olosuhdemittaukset, ellei niitä ole saatavilla rakennusautomaation trendiseurantana tai valmiiksi mitattuina tuloksina. Sama pätee myös ilmamäärämittauksiin. Kyseiset mittaukset kuuluvat kuitenkin kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen vakiosisältöön.

TAULUKKO 5. Ympäristöoppaan 2016 mukaisen sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen sisältö verrattuna IV-katsastuksen sisältöön.

IV-katsastuksen tutkimussisältö	Ympäristöoppas 2016	Huomiot
Asiakirjat		
Suunnitelmat	Kyllä	
Mittaus- ja puhdistuspöytäkirjat	Kyllä	
Huoltotyöt	(Kyllä)	Suodattimien vaihto
Ilmanvaihtokoneet ja konehuoneet		
Ilmanvaihtokoneen ja sen komponenttien kunto ja toiminta	Kyllä	
Ilmanvaihtokoneen suodattimien kunto ja tyyppi	Kyllä	
Lämmöntalteenottojärjestelmän tyyppi ja toiminta	Ei	
Koneiden ja kanavien eristeiden kunto	Kyllä	
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus	Kyllä	
Ilmanvaihtokanavan palopeltien ja -eristeiden kunto	Ei	
Huonetilat 20 %		
Ilmanjakotavan toiminta	Kyllä	
Ilmamäärien tasapaino ja riittävyys	Kyllä	
Ilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus	Kyllä	
Rakennusautomaatio		
Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat	Kyllä	
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvot	Kyllä	
Ilmanvaihdon ohjauksen ja säädön toiminta	Kyllä	
IV-katsastuksen ulkopuolinen sisältö	Olosuhdemittaukset Painesuhdemittaukset Ilmamäärämittaukset Huonetilojen tarkempi läpikäynti Mineraalikulituselvitykset -mittaukset	
Aika-arvio toteutukseen raportointineen 3000 m ² koulurakennuksessa, jossa n. 5 ilmanvaihtokonetta	50-80 h	

5.4 Olosuhdearvioinnin vertailu iv-katsastukseen

Olosuhdearvioinnin vaatimaa ilmanvaihdon tutkimussisältöä verrattiin IV-katsastusoppaan mukaiseen tutkimussisältöön (taulukko 6). Olosuhdearvioinnin tutkimussisältö vastaa hyvin pitkälle sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen ilmanvaihtotutkimusten sisältöä. Koska IV-katsastuksessa ei toteuteta ilmamäärä- tai painesuhdemittauksia, ei IV-katsastuksen perusteella pystytä toteuttamaan olosuhdearviota. Toisaalta mikäli IV-katsastuksen lähtötietoina on laadukkaat ilmanvaihdon mittauspöytäkirjat ja tässä yhteydessä toteutetut painesuhdemittaukset, voisi olosuhdearvionkin toteuttaminen olla kyseisten lähtötietojen ja IV-katsastuksen perusteella mahdollista.

TAULUKKO 6. Olosuhdearvioinnin sisältö verrattuna IV-katsastuksen sisältöön.

IV-katsastuksen tutkimussisältö	Olosuhdearvio	Huomiot
Asiakirjat		
Suunnitelmat	Kyllä	
Mittaus- ja puhdistuspöytäkirjat	Kyllä	
Huoltotyöt	(Kyllä)	Suodattimien vaihto
Ilmanvaihtokoneet ja konehuoneet		
Ilmanvaihtokoneen ja sen komponenttien kunto ja toiminta	Kyllä	
Ilmanvaihtokoneen suodattimien kunto ja tyyppi	Kyllä	
Lämmöntalteenottojärjestelmän tyyppi ja toiminta	Ei	
Koneiden ja kanavien eristeiden kunto	Kyllä	
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus	Kyllä	
Ilmanvaihtokanavan palopeltien ja -eristeiden kunto	Ei	
Huonetilat 20 %		
Ilmanjakotavan toiminta	Kyllä	
Ilmamäärien tasapaino ja riittävyys	Kyllä	
Ilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus	Kyllä	
Rakennusautomaatio		
Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat	Kyllä	
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvot	Kyllä	
Ilmanvaihdon ohjauksen ja säädön toiminta	Kyllä	
IV-katsastuksen ulkopuolinen sisältö	Olosuhdemittaukset Painesuhdemittaukset Ilmamäärämittaukset Huonetilojen tarkempi läpikäynti Mineraalikulituselvitykset -mittaukset	
Aika-arvio toteutukseen raportointineen 3000 m ² koulurakennuksessa, jossa n. 5 ilmanvaihtokonetta	50-80 h	

5.5 IV-kuntotutkimuksen perusosan vertailu IV-katsastukseen

Ilmanvaihdon kuntotutkimuksen perusosan tutkimussisältöä verrattiin IV-katsastusoppaan mukaiseen tutkimussisältöön (taulukko 7). Perusosa vastaa hyvin pitkälle ilmanvaihdon katsastuksen tutkimussisältöä, mutta kuntotutkimusoppaan perusteella toteutettu perusosa on katsastusta laajempi monilta osin. Näitä ovat mm. seuraavat kohdat:

- rakennuksen käytön ja järjestelmien vertailu
 - o Kuntotutkimuksen perusosassa arvioidaan tarkemmin tilojen nykyistä ja tulevaa käyttötarkoitusta ja laatutasoa ja arvioidaan pysyykö järjestelmä toimimaan tavoitteiden mukaisesti. Katsastuksessa keskitytään siihen täyttääkö järjestelmä lakisääteiset minimivaatimukset.
- lähtötiedot
 - o Perusosassa vaaditaan esim. työselostus, toimintakokeiden pöytäkirjat, painekokeiden pöytäkirjat, konekortit ja muut tekniset tiedot sekä aiemmin toteutetut tutkimukset

- Kuntotutkimuksessa nostetaan selkeämmin esiin käyttäjäkyselyn mahdollisuus
- ilmamäärämittaukset
 - katsastuksessa ei tehdä ilmamäärämittauksia, mutta perusosassa mitataan sekä huonetiloja että koneiden kokonaisilmamääriä
- järjestelmän puhtaustarkistukset
 - perusosassa puhtaustarkistus on laajempi: tarkistukset vähintään viidestä pisteestä, kun katsastuksessa tarkastetaan 1 piste / järjestelmä)
- energia-asiat
 - perusosa sisältää sähkönkäytön ja lämmöntalteenoton hyötysuhteeseen liittyviä mittauksia, joita ei katsastuksessa tehdä)
- jäähdytysjärjestelmät
 - Perusosassa arvioidaan jäähdytysjärjestelmien toimintaa, katsastuksessa jäähdytysjärjestelmistä tarkistetaan ainoastaan puhtaustaso
- automaatio
 - perusosan automaatiojärjestelmän yleisarvio on tarkempi kuin katsastuksessa
- kiinteistöpidon arviointi
 - perusosassa kiinteistöpidon arviointi on tarkempaa

TAULUKKO 7. Sulvin kuntotutkimusohjeen perusosan sisältö verrattuna IV-katsastuksen sisältöön.

IV-katsastuksen tutkimussisältö	IV-kuntotutkimuksen perusosa	Huomiot
Asiakirjat		
Suunnitelmat	Kyllä	
Mittaus- ja puhdistuspöytäkirjat	Kyllä	
Huoltotyöt	Kyllä	
Ilmanvaihtokoneet ja konehuoneet		
Ilmanvaihtokoneen ja sen komponenttien kunto ja toiminta	Kyllä	
Ilmanvaihtokoneen suodattimien kunto ja tyyppi	Kyllä	
Lämmöntalteenottojärjestelmän tyyppi ja toiminta	Kyllä	
Koneiden ja kanavien eristeiden kunto	Kyllä	
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus	Kyllä	
Ilmanvaihtokanavan palopeltien ja -eristeiden kunto	Kyllä	
Huonetilat 20 %		
Ilmanjakotavan toiminta	(Kyllä)	10 % huonetiloista
Ilmamäärien tasapaino ja riittävyys	(Kyllä)	10 % huonetiloista
Ilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus	(Kyllä)	10 % huonetiloista
Rakennusautomaatio		
Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat	Kyllä	
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvot	Kyllä	
Ilmanvaihdon ohjauksen ja säädön toiminta	Kyllä	
IV-katsastuksen ulkopuolinen sisältö	<p>Energian kulutuksen tarkastelu</p> <p>Palomääräysten toteutumisen tarkastelu</p> <p>Ilmavirtamittaukset (huone- ja järjestelmäkohtaiset)</p> <p>IV-koneiden sähkönkäyttö</p> <p>Lämmöntalteenoton hyötysuhteen selvitys tai mittaus</p> <p>Kiinteistön huoltoa ja ylläpitoa arvioidaan tarkemmin</p> <p>Järjestelmän puhtautta tarkastellaan tarkemmin</p> <p>Rakennusautomaatiota tarkastellaan tarkemmin</p>	
Aika-arvio toteutukseen raportointineen 3000 m ² koulurakennuksessa, jossa n. 5 ilmanvaihtokonetta	100-150 h	

6 IV- KATSASTUKSEN CASE-TUTKIMUS

Työn yhteydessä suoritettiin ilmanvaihdon katsastus olemassa olevaan case-kohteeseen. Kyseiseen rakennukseen on toteutettu aiemmin ilmanvaihdon kuntotutkimus, johon perehdyttiin vasta katsastuksen suorituksen jälkeen. Toteutettua ilmanvaihdon katsastusta verrattiin jälkikäteen kuntotutkimusraportin kanssa.

6.1 Kohteen yleiskuvaus

Katsastuskohteena oli 1950-luvulla rakennettu koulurakennus. Koulun ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä, joka on uusittu kokonaisuudessaan vuoden 2004 peruskorjauksen yhteydessä. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä koostuu viidestä tulo-poistoilmanvaihtokoneesta ja yhteensä 17 erillispoistosta.

Rakennuksessa on koettu käyttäjien toimesta sisäilmaan liittyvää oireilua ja olosuhteet koetaan käyttötiloissa huonoksi.

6.2 Katsastuksen suoritus

Katsastus suoritettiin katsastusoppaan mukaisesti. Kohteella järjestettiin aloituspalaveri ja kenttäkierros, jossa kierrettiin ilmanvaihtokonehuoneet ja huonetilat. Aloituspalaverissa oli läsnä rakennuksen käyttäjän edustaja ja kiinteistöhoitaja. Kenttäkierroksen tutkija suoritti yksin. Rakennusautomaatiojärjestelmää käytiin tarkastelemassa erillisenä päivänä eri kiinteistössä sijaitsevassa valvomossa.

Katsastuksessa ilmanvaihtojärjestelmä käydään kohta kohdalta läpi ja havainnoista annetaan huomautuksia (H) tai korjauskehotuksia (E). Mikäli havaittu virheteroiminta vaatii lisätutkimuksia, voidaan korjauskehotusta täydentää lisätutkimustarpeella (L).

Kaiken kaikkiaan katsastuksen suoritukseen kului aikaa 26 h.

6.3 Katsastuksen tulokset

Seuraavassa on esitelty ilmanvaihdon katsastuksessa havaitut huomautukset, korjauskehotukset ja lisätutkimustarpeet:

- Asiakirjat ja huolto:
 - Ilmanvaihtopiirustukset ja säätö- toimintakaaviot ovat löydettävissä saatujen tietojen mukaan ainoastaan iv-konehuoneista (E)
 - Ilmanvaihtopiirustukset eivät ole ajantasaiset (E)
- IV-konehuoneet:
 - Konehuoneen putkieristeiden pinnoitteissa vaurioita (H)
 - Konehuoneessa likaisia suodattimia ja lattialla kosteusjälkiä (viittaa lumen kulkeutumiseen suodattimille) (E)
 - Konehuoneen erillispoisto aiheuttaa konehuoneeseen alipaineen, joka voi vaikuttaa koneiden ohjauksiin (E)
 - Lattiakaivon vesilukko kuivunut (H)
- IV-koneet ja ulkoilmalaitteet:
 - Havaintojen perusteella tuloilmaa lämmitetään ensisijaisesti lämmityspatterilla eikä lämmöntalteenotolla (L)
 - Suodattimien edellinen vaihto ei tiedossa, suodattimet silmämääräisesti likaantuneita (H)
 - Tulopuhallin käy täydellä teholla, eikä saavuta kanavapaineen tavoitetasoa (E+L)
 - Poistoilmapuhaltimen hihnassa halkeilua (H)
 - IV-konehuoneessa sijaitseva tuloilmakanavan palopelti ei tiivis (E)
 - Tuloilmapuhaltimen hihnassa halkeilua (H)
 - Poistoilmakanavisto on merkittävästi likaantunut (E)
- Huonetilat:
 - Hetkellisten paine-eromittausten ja kohteella olevan paine-eroseurannan perusteella yläkerrassa on merkittävää ylipaineisuutta (+20Pa) (E + L)

6.4 Kuntotutkimuksen keskeisimmät havainnot

Rakennukseen on toteutettu ilmanvaihto- ja RAU-järjestelmän kuntotutkimus vuonna 2019. Tutkimuksissa tarkastettiin koneet silmämääräisesti ja toteutettiin ilmamäärien huone- ja järjestelmäkohtaisia mittauksia. Lisäksi toteutettiin olosuhdemittauksia. Tämän tutkimuksen keskeisimmät havainnot olivat seuraavanlaiset:

- Ilmanvaihtokoneet ovat teknisesti hyvässä kunnossa, mutta koneiden puhtaudessa ja siten huoltovälissä on puutteita. Suodattimet olivat likaantuneet.
- Äänenvaimentimien vaimennusmateriaalina on mineraalivilla ja sen suojauksessa käytetyssä kuitukankaassa on ilmavirtauksen aiheuttamaa kulumaa
- Koneissa on kosteusjälkiä, jotka viittaavat veden ja lumen kulkeutumiseen koneille
- Rakennuksen ilmanvaihdon toiminta aiheuttaa rakennukseen merkittävää painesuhteiden vaihtelua

Rakennukseen on lisäksi tehty toukokuussa 2023 osittainen ilmanvaihdon kuntotutkimus, jossa oli tavoitteena tarkastella yhden kerroksen osalta ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa. Tutkimuksissa suoritettiin paine-ero, ilmamäärä- ja olosuhdemittauksia. Kyseisessä tutkimuksessa havaittiin seuraavanlaisia havaintoja:

- Rakennuksen paine-ero ulkovaipan yli on ajoittain merkittävän ylipaineinen. Ylipaineisuus aiheutuu todennäköisesti kokonaisilmamäärien epätasapainosta.
- Hiilidioksidimittausten perusteella ilmanvaihdon arvioidaan olevan riittävä tilojen käyttöön nähden
- Päätelaitekohtaisissa ilmamäärissä havaittiin hajontaa, mikä viittaa siihen, että ilmamääriä ei ole tasapainotettu päätelaitekohtaisesti.

6.5 IV- katsastuksen ja kuntotutkimuksen vertailu case-kohteessa

Katsastuksen ja kuntotutkimuksen vertailua voidaan tehdä vain suunta-antavasti, koska tutkimusten välissä ehti kulua neljä vuotta ja kuntotutkimuksen jälkeen on rakennuksessa tehty myös korjaustoimenpiteitä ilmanvaihdon parantamiseksi. Korjauksissa ilmanvaihdon päätelaitteita on uusittu ja joitain tiloja on otettu pois aktiivikäytöstä.

Kuntotutkimuksen ja ilmanvaihdon katsastuksen sisältöä vertailtaessa voidaan havaita, että tutkimuksissa on hyvin paljon samaa. Konehuoneita sekä ilmanvaihtokoneiden kuntoa ja puhtautta on tarkasteltu samansisältöisesti ja molemmissa tutkimuksissa pystytään tekemään samansuuntaisia havaintoja. Toki havainnot vaihtelevat jonkin verran näkemuserojen takia. Molemmissa tutkimuksissa on kuitenkin nostettu esiin huollossa ja koneiden puhtaudessa havaitut puutteet. Molemmissa tutkimuksissa on myös nostettu esiin rakennuksen painesuhteiden vaihtelut, jotka kuvaavat virheitä ilmanvaihtojärjestelmän kokonaistasapainossa.

Siitä huolimatta, että kuntotutkimuksissa on toteutettu ilmamäärämittauksia tilakohtaisesti ja järjestelmäkohtaisesti niiltä osin kuin se teknisesti on ollut mahdollista, ei kuntotutkimuksissa ole pystytty yksilöimään mikä tekijä aiheuttaa rakennukseen painesuhteissa tapahtuvat heilahtelut ja käyttäjien kommentoimat tunkkaisuuden tuntemukset. Tästä syystä voidaankin havaita, että sekä kuntotutkimuksilla että katsastuksella pystyttiin tekemään samat havainnot ja johtopäätökset eivätkä kuntotutkimuksen sisältämät ylimääräiset tutkimukset tuoneet johtopäätösten uutta sisältöä.

Mielenkiintoista on, että vaikka ensimmäisessä kuntotutkimuksessa on kuvauksen perusteella tarkasteltu myös rakennusautomaatiojärjestelmää, ei sen toimintaa ole ainakaan raportin perusteella tarkasteltu kovinkaan kattavasti, jos ollenkaan. Kuntotutkimuksissa ei ole nostettu esiin katsastuksessa tehtyä havaintoja siitä, että puhaltimet eivät saavuta kanavapaineen asetusarvoja ja että kone lämmittää tuloilmaa ensisijaisesti lämmityspatterilla ja vasta toissijaisesti lämmöntalteenotolla.

Kuvaavaa myös on, että vaikka ensimmäisen ilmanvaihdon kuntotutkimuksen ja katsastuksen välissä oli kulunut jonkin verran aikaa, oli järjestelmissä havaittavissa samoja puutteita huollon sisällössä. Juuri tällaisiin puutteisiin pystyttäisiin säännöllisillä ja lakisääteisillä ilmanvaihdon katsastuksilla puuttumaan.

6.6 IV-katsastuksen tarkoituksenmukaisuuden tarkastelu

Case-tutkimuksen toteutuksesta saadun kokemuksen ja muita kuntotutkimusohjeita analysoimalla voidaan todeta, että katsastusopas todennäköisesti yhtenäistää katsastustoimintaa oppaan sisältämien yksityiskohtaisten menetelmäkuvausten vuoksi. Katsastusoppaassa on selkeästi kuvattu vaihe vaiheelta mihin asioihin kiinteistöissä ja niiden ilmanvaihtojärjestelmissä pitää kiinnittää huomiota. Vastaavanlaista yksityiskohtaista selostusta ei ole muissa tutkimusohjeissa.

Katsastajien osaamisvaatimukset on esitetty oppaassa sanallisesti; pohjakoulutusvaatimuksia ei ole. Tästä syystä katsastusten suorittaminen on mahdollista erilaisilla työtaustoilla, jolloin voisi kuvitella, että ei aina keskitytä välttämättä samoihin asioihin vaan niihin mihin on aiemmin työhistoriassaan törmännyt. Tästä syystä jonkinlainen lyhyt pätevyitysmiskoulutus, jossa näyttötöillä osoitetaan, että katsastaja omaa oppaan mukaiset osaamisvaatimukset olisivat paikallaan.

Oppaan yhtenä tärkeänä tavoitteena on raportoinnin yhtenäistäminen. Case-tutkimuksen raportoinnin yhteydessä pystyttiin havaitsemaan, että oppaan sisältämät ohjeet ja pohjat raportoinnille eivät edesauta tavoitteen toteutumista. Raportointipohjat ovat sisällöltään suppeita ja niillä on vaikea välittää tilaajalle kohteesta tehtyjä havaintoja siten, että ne olisivat myös jälkikäteen jatkotutkimusten toteuttajien hyödynnettävissä.

Ilmanvaihdon katsastuksen on myös tarkoituksena olla laajempi tutkimuksiin ja mittauksiin verrattuna nopea ja kustannustehokas ilmanvaihdon tarkastusmenetely. Case-tutkimuksesta saatujen kokemusten perusteella voidaan todeta, että suhteellisen lyhyessä ajassa pystyttiin arvioimaan sitä, toimiiiko ilmanvaihtojärjestelmä keskittymättä sen tarkemmin järjestelmän toimimattomuuden syihin. Katsastuksen toteutus tehokkaasti tavoiteaikataulussa vaatii kuitenkin katsastajalta

kokemusta ja silmää ilmanvaihtojärjestelmien puutteelliselle toiminnalle. Katsastajan tulee ymmärtää, ettei katsastuksen tavoitteena ole selvittää perin pohjin syitä järjestelmän virheelliselle toiminnalle ja malttaa jättää tarkempi vikaselvitys jatkotutkimuksiin.

IV-katsastus toimii havaintojen perusteella tutkimuksena, jolla varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelman mukainen toiminta. Kuitenkin raportointiohjeiden puutteellisuuden vuoksi, tulee raporttien sisällöt vaihtelevaan. Tästä syystä katsastus ei välttämättä toimi hyvin tarkemman kuntotutkimuksen lähtötietona, jos sama henkilö tai yritys ei toimi sekä katsastuksen että tarkemman selvityksen tutkijana.

7 YHTEENVETO

Kuntoarviot ovat valikoituneet tällä hetkellä julkisten kiinteistöjen ilmanvaihtojärjestelmien kunnon pääasialliseksi säännölliseksi arviointitavaksi. Kuntoarvioilla arvioidaan järjestelmien kunnossapitotarpeita pitkällä tähtäimellä, mutta ei selvitetä juurikaan järjestelmien todellista toimintakuntoa. Järjestelmien toimintakunnon säännöllinen arviointi on kiinteistöhuollon huolto-ohjelman vastuulla. Tutkimusten perusteella ilmanvaihtojärjestelmien toiminnassa on kuitenkin usein puutteita, jotka viittaavat siihen, että normaali ilmanvaihtojärjestelmän huolto-ohjelma ei ole aina riittävä varmistamaan järjestelmän tarkoituksenmukaista toimintaa.

Uudeksi ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan säännölliseksi arviointimenetelmäksi on luotu iv-katsastusmenettely, joka on tarkoitus toteuttaa kiinteistöihin säännöllisesti ja vakiosisältöisesti 3-5 vuoden välein. Katsastus on havaintojen perusteella ensimmäinen opas, jossa on seikkaperäisesti selostettu mihin asioihin pitää ilmanvaihtojärjestelmän komponenttien toiminnassa kiinnittää huomiota. IV-katsastus sisältää kuitenkin kuntoarvioon verrattuna päällekkäistä sisältöä ja toisaalta katsastuksen tuloksena ei tuoteta kunnossapidolle pitkän tähtäimen suunnitelmaa, joten kuntoarvioiden ja IV-katsastusten sisältöjä tulisi tältä osin yhtenäistää, jotta jatkossa kiinteistöille laadittaisiin vain yhdenlaisia säännöllisiä tarkastuksia.

Opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen perusteella iv-katsastus sisältää paljon samoja osa-alueita kuin sisäilmakatsastukset, joita isot kunnat ja kiinteistönomistajat ovat ottaneet käyttöön kiinteistöjen säännölliseksi tarkastusmenettelyksi. Senaatti-kiinteistöjen rakennuskatsastus tulee jopa korvaamaan kuntoarvion ja rakennuskatsastuksen tuloksena laaditaan kiinteistölle PTS-ehdotus. Koska IV-katsastusoppaassa on kuvattu sisäilmakatsastuksen oppaita tarkemmin esimerkiksi ilmanvaihtokoneille tehtävien tarkastusten laatua, voisi oppaan sisältöä hyödyntää myös sisäilmakatsastuksissa. Mikäli IV-katsastusta halutaan jossain vaiheessa lakisääteiseksi, tulisi sisäilmakatsastuksen ja iv-katsastuksen sisällöt yhtenäistää, jotta ei muodostu riskiä, että kiinteistöille tehdään päällekkäisiä säännöllisiä tarkastuksia.

Niin ikään sisäilma- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten ja olosuhdearvioinnin yhteydessä toteutettujen ilmanvaihtoselvitysten sekä iv-katsastusten sisällössä on yhteneväisyyksiä. Sisältöä ei ole kuitenkaan kyseisissä ohjeissa yksiselitteisesti kuvattu, vaan tarkastelujen taso riippuu usein toteuttavan tutkijan kokemuksesta ja näkökannasta. Saatetaan keskittyä joko vain suoraan sisäilmaan laatuun vaikuttaviin tekijöihin (epäpuhtauslähteet) tai vain teknisiin seikkoihin, joilla ei ole vaikutusta sisäilmaan. Opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen perusteella iv-katsastus voisi toimia kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimusta edeltävänä alustavana tutkimuksena. Tällöin iv-katsastuksesta saadaan tieto koneiden peruskunnosta ja tarkempia tutkimuksia (paine-ero-, ilmamäärä ja olosuhdemittauksia) voidaan kohdistaa sisäilman kannalta olennaisiin asioihin ja tiloihin. Edellytyksenä on, että ilmanvaihtokatsastuksen havainnot on raportoitu selkeästi ja että katsastajalla on ollut riittävä osaaminen arvioida koneiden ja järjestelmän kuntoa ja puhtautta sisäilmateknisessä mielessä.

Ilmanvaihdon kuntotutkimusoppaan mukainen kuntotutkimusmenettely, jossa kuntotutkimukset jaetaan perusosaan ja tarkempiin tutkimuksiin, on sisällöltään laaja. Kuntotutkimuksen perusosa sisältää osa-alueita, joita ei käytännössä pystytä toteuttamaan yhden kuntotutkijan toimesta (iv-koneen sähkönkäyttö, energiankulutus, lämmöntalteenoton hyötysuhteen mittaaminen). Tästä syystä tällä hetkellä toteutetuissa kuntotutkimuksissa noudatetaan kuntotutkimusopasta vain soveltaen. Ilmanvaihdon kuntotutkimusopas kaipaisi tästä syystä päivitystä. Opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen perusteella iv-katsastuksella voisi olla edellytys toimia ilmanvaihdon kuntotutkimuksen perusosana. Sisällöt ovat koneiden, huonetilojen ja lähtötietojen tarkastelujen osalta hyvin yhtenäiset. Säännöllisellä ilmanvaihtojärjestelmän katsastuksella voitaisiin varmistaa järjestelmien tarkoituksenmukainen toiminta, ennaltaehkäistä korjaustarpeita ja kohdistaa tarkemmat kuntotutkimukset vain välttämättömiin kohtiin. Tämä vaatisi kuitenkin ilmanvaihdon katsastuksen raportoinnin kehittämistä ja myös ilmanvaihdon säätöjen laadukasta säännöllistä toteutusta.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmanvaihtojärjestelmien kuntotutkimusten tutkimussisältö valitaan usein lähtötilanteen ja tilaajan tahtotilan perusteella. Tästä syystä järjestelmää ei useinkaan tarkastella kokonaisuutena, vaan keskitytään hakemaan vastaus siihen tämänkertaiseen lähtökysymykseen. Kysymyksiä voivat olla esimerkiksi: mitkä ovat järjestelmän pitkän tähtäimen korjaustarpeet? Onko järjestelmässä epäpuhtauksia? Ovatko tilakohtaiset ilmamäärät suunnitellulla tasolla? Onko IV-kone teknisesti kunnossa? Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät ovat kuitenkin monimuotoisia kokonaisuuksia, joiden sielunmaailmaan harvoin pääsee kiinni vain yhtä osa-aluetta tutkimalla. Jotta ymmärretään, miten koneilla saadaan tuotettua tietyt sisäilman olosuhteet tiloihin, vaaditaan osaamista ja ymmärrystä niin koneiden tekniikasta, rakennusautomaatiojärjestelmästä, virtaustekniikasta kuin lämpö- ja kosteustekniikastakin.

Viimeisen 15 vuoden aikana on laadittu erilaisia ilmanvaihtojärjestelmien tutkimusohjeistuksia, joilla pyritään vastaamaan aina johonkin tiettyyn lähtökysymykseen. Kuntoarviot on saatu vakinaistettua säännölliseksi tarkastusmenettelyksi, mutta niiden perusteella ei useinkaan saada selville järjestelmän todellisia toimintaedellytyksiä. Sisäilma- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten ja olosuhdearviointin yhteydessä selvitetään syitä sisäilmaongelmille. Vajavaisten ohjeistusten vuoksi tutkimuksissa saatetaan kuitenkin keskittyä tutkijan taustan mukaan joko tekniikkaan tai sisäilmatekijöihin, mutta ei aina molempiin. Kuntotutkimusohjeita ei niiden laajuuden vuoksi toteuteta sellaisenaan vaan soveltaen. Lähivuosina yleistyneillä sisäilma- ja rakennuskatsastuksilla pyritään selvittämään järjestelmän todellisia toimintaedellytyksiä, mutta näidenkin sisällöissä on hajontaa.

Opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen perusteella ilmanvaihdon tutkimusohjeissa on päällekkäisyyksiä ja ohjeistuksia sekä kuntotutkimusketjua tulisi selkeyttää. IV-katsastuksella on potentiaalia korvata ja täydentää muita tutkimusohjeita. Potentiaalia on erityisesti siitä syystä, että iv-katsastusopas on ainoa laatuaan, jossa on seikkaperäisesti kuvattu tarkastusprosessi ja järjestelmästä tarkistettavat asiat. Katsastus on suunniteltu vakiosisältöiseksi, mikä selkeyttää ja yhtenäistää katsastustoimintaa. Säännöllisesti toteutettu katsastus voisi siten toimia hyvänä

lähtötietona niin sisäilmatutkimuksille, olosuhdearvioinneille kuin tarkemmille kuntotutkimuksillekin. IV-katsastus voisi havaintojen perusteella toimia myös osana sisäilma- ja rakennuskatsastuksia ja tarkan sisällön vuoksi yhtenäistää myös tätä toimintaa. Myös kuntoarvioiden iv-osuus voitaisiin kuitata säännöllisesti tehdyillä iv-katsastuksilla. Pitkän tähtäimen suunnitelman päivittäminen iv-katsastuksen tulosten perusteella pitäisi olla mahdollista.

Edellytyksenä iv-katsastuksen laajemmalle hyödyntämiselle muiden tarkempien kuntotutkimuksen lähtötietona on sen raportoinnin kehittäminen. IV-katsastusoppaan mukainen raportointi ei tällä hetkellä sisällöllisesti riitä tuottamaan tietoa ti-laajalle kiinteistön ongelmakohdista, saati sitten toimimaan lähtötietona muille kuntotutkijoille.

Ilmanvaihdon tutkimusalan kehitys vaatii myös tutkijoiden koulutuksen kehittämistä. Tällä hetkellä ilmanvaihdon kuntotutkijoille ei ole varteenotettavaa pätevöitymismahdollisuutta, ja kuntotutkimuksiin liittyvä opetus jää vähäiseksi myös peruskoulutuksissa.

LÄHTEET

545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 15.5.2015. Helsinki.

Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009

Heikkinen, Anssi. 2016. Ilmanvaihtokatsastuksen toimintamallin laadinta osana Senaatti-kiinteistöjen sisäilmakatsastusta. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma.

Holopainen, R. 2022. Ilmanvaihdon katsastusopas. Hallittua sisäilmastoa. Ympäristöministeriö.

Inkinen, E. 2022. Koulujen sisäilmaongelmien muutokset. Kandidaatintyö. Tampereen Yliopisto.

Isokääntä, Päivi & Rautiala Sirpa. 2022. Sisäilmastaselvitys ja olosuhtearviointi. Ohje työpaikkojen sisäilmastonselvityksiä ja olosuhtearviointeja tekeville. Työterveyslaitos. Helsinki.

IVKT 2016. Ilmanvaihdon kuntotutkimusohjeet. SuLVI ry. Viitattu 19.3.2023 <https://sulvi.fi/materiaalipankki/iv-kuntotutkimushanke/>

Koja.fi. Koja Future ilmankäsittelykone. Käyttö- ja huolto-ohje. Versio 9.12.2020. Viitattu 18.11.2023. [Future-ilmankäsittelykone 2020 12 09 yza4BRC.pdf \(materiaali.fi\)](#)

Koulurakennus.fi. verkkosivu. Museovirasto. Viitattu 19.3.2023. <http://www.koulurakennus.fi/index>

Kuuluvainen, L., Lindberg, B., Lylykangas, K., Mikkola, J., Sainio, J. & Vuolle, M. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto opas. Ympäristöministeriö.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999

Mikkola, J. & Kuuluvainen, L. 2021. Museoviraston korjauskortti. Käyttö- ja huolto-ohje. Painovoimainen ilmanvaihto. Museovirasto.

Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A-M & Saarenpää, J. 2016. Kerrostalot 1940-1960. Rakennustieto.

Neuvonen, P., Mäkiö, E. & Malinen, M. 2019. Kerrostalot 1880-1940. Rakennustieto.

RT 103097. Toimitilakiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. 2019. Rakennustieto Oy.

RT 103098. Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määräytyminen. 2019. Rakennustieto Oy.

RT 18-10922. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. Rakennustieto Oy.

Salmela, A., Tähtinen, K., Hartikainen, T., Pekkanen, J., Lampi, J., Jalkanen, K., Niemi, J., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Sainio, M., Manninen, T., Wallenius, K., Salmi, K., Reijula, K., Lindqvist, H. & Hyvärinen, A. 2019. Sisäilma ja terveys: kehitys, nykytilanne, seuranta ja vertailu eri maiden sekä julkisen ja yksityisen sektorin välillä.

Sandberg, E. 2014 osa 1. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka Osa 1. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Sandberg, E. 2014 osa 2. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka Osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Sisäasiainministeriön asetus 802/2001 ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistamisesta.

Tampereen Tilapalvelut 2021. Katsastuskortit.

Tampereen Tilapalvelut 2022. Tampereen Tilapalveluiden ennakoiva sisäilma-katsastus. Rakenteet ja Ilmanvaihto. Päivitys 1.6.2022.

Ympäristöopas 2016. toim. Pitkäranta Miia. Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus. Helsinki. Ympäristöministeriö.