



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Teemu Linnakoski

Ilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimus osana kos- teus- ja sisäilmateknistä kuntotutkimusta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka päivätoteutus

Insinööriytyö

25.5.2020

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Teemu Linnakoski Ilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimus osana kosteus- ja sisäilmateknistä kuntotutkimusta</p> <p>93 sivua 25.5.2020</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>insinööri (AMK)</p>
<p>Tutkinto-ohjelma</p>	<p>talotekniikka</p>
<p>Ammatillinen pääaine</p>	<p>LVI-urakointi</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>tiimipäällikkö Teemu Roine lehtori Hanna Sulamäki</p>
<p>Työssä kartoitetaan koneellisen tulopoistoilmanvaihtojärjestelmän riskikohdat ja puutteellisen toiminnan vaikutukset rakennusten kosteus- ja sisäilmateknisen toiminnan kannalta. Työn teoriaosassa luodaan rakennusten ilmanvaihtoa koskevaan lainsäädäntöön ja hyvästä ilmanvaihdosta esitettyihin suosituksiin pohjautuvat raja-arvot, jotka takaavat ilmanvaihdon osalta rakennuksen optimaalisen kosteus- ja sisäilmateknisen toiminnan.</p> <p>Työn tavoitteena on luoda kohteen koneellisella ilmanvaihdolla toteutetuille koulukohteille tutkimusohjeistus ja raportointimalli, joka on suoraan liitettävissä yrityksen kosteus- ja sisäilmatekniseen tutkimusraporttiin.</p> <p>Tutkimusohjeistuksessa esitetään ilmanvaihtojärjestelmän teknisen toteutukseen liittyvät yrityksen sisäiset tavoitearvot sekä tyypillisimmät ongelmakohdat rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen toiminnan kannalta.</p> <p>Työssä ei käsitellä ilmanvaihtoon liittyvän automaatiojärjestelmän toimintaa, ilmanvaihdon energiatehokkuutta, eikä lämpöolojen tai epäpuhtauslähteiden hallitsemiseksi tarvittavia ilmapurjaita.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>ilmanvaihto, kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, ilmanvaihdon tutkiminen, ilmamäärät</p>

Author	Teemu Linnakoski
Title	Ventilation System Condition Survey as Part of Moisture and Indoor Air Condition Survey
Number of pages	93 pages
Date	25 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree programme	Building Services Engineering
Professional major	HVAC Contracting
Instructors	Hanna Sulamäki, Senior Lecturer Teemu Roine, Team Manager
<p>The purpose of this thesis was to define the risk points of mechanical ventilation, and how the defective operation of a ventilation system could impact the indoor air quality and moisture activity of buildings. The objective was to create a survey instruction for school facilities with mechanical ventilation.</p> <p>The thesis collected guidelines for good mechanical ventilation, based on recommendations of the professional associations and legislation concerning ventilation, were studied to form a theoretical background for the thesis. Furthermore, the thesis analysed the most typical ways to improve indoor air quality with correct ventilation.</p> <p>The instructions created for the survey of school facilities with mechanical ventilation include a survey reporting model, attachable to the commissioning company's moisture and indoor air survey report. The company's internal guidelines for technical structures and measurable values of ventilation systems were included in the survey instruction.</p>	
Keywords	ventilation condition survey, moisture condition survey, indoor air condition survey, ventilation, input air flows

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Sisäilmaongelmien historia	1
1.2	Työn tavoite ja rajaukset	3
2	Opetustilojen ilmanvaihtoa koskevat määräykset ja ohjeistukset	4
2.1	Rakennusten ilmanvaihtoa koskevat rakentamismääräykset	4
2.2	Sisäilmastoluokitus 2018	11
2.2.1	Sisäilmastoluokat	11
2.2.2	Sisäilmastoluokkien tekniset tavoitearvot tilan käytön aikana	12
2.2.3	Sisäilmastoluokkien mukainen ilmanvaihdon suunnittelu	15
2.3	Talotekniikka info; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas	24
2.4	Asumisterveysasetus 545/2015	34
2.5	Tilan ulkoilmavirran mitoitus hiilidioksidikuormituksen perusteella, Ympäristöministeriön laskentaopas	39
2.6	Ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräiset tekniset käyttöiät	42
3	Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimista koskevat ohjeistukset	44
3.1	Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusopas 2016	44
3.2	Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus; Suomen LVI-liitto	49
4	Ilmanvaihdolle asetettavat arviointiperusteet rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisessä tutkimuksessa	55
4.1	Ilmamäärät	56
4.2	Lämpötila ja ilmanliikenopeus	57
4.3	Tuloilman suodatus	58
4.4	Rakennusvaipan yli olevat painesuhteet	59
4.5	Siirtoilmareitit	60
4.6	Ilmanvaihdon ajallinen ohjaus	60
4.7	Päätelaitteiden sijoittelu, heittopituudet ja huuhteluvaikutus	61
4.8	Ulkoilmalaite, ulkoilmakammio ja epäpuhtauslähteet	62
4.9	Ilmanvaihtokoneen rakenne	63
4.10	Muu tekninen toteutus ja huolto	63

5	Ilmanvaihdon tutkimusohjeistus sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen yhteydessä	65
5.1	Koneellisen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän riskiarvio opetuskäyttöön suunnitelluissa kiinteistöissä	65
5.1.1	Kohteen ilmanjaon riskiarvio ja tutkimussuunnitelma	66
5.1.2	Konekohtainen riskiarvio ja tutkimussuunnitelma	68
5.2	Koneellisen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän tutkiminen opetuskäyttöön suunnitelluissa kiinteistöissä	71
5.2.1	Ilmanjakoon liittyvät tutkimukset	72
5.2.2	Konekohtaiset tutkimukset	75
6	Esimerkkikohteen tutkimukset	78
6.1	Järjestelmän kuvaus	78
6.2	Tutkimukset ja havainnot	80
6.3	Paine-eromittaus	85
6.4	Hiilidioksidipitoisuus	87
6.5	Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet	90
7	Päätelmät	91
8	Yhteenveto	92
	Lähteet	94

Lyhenteet ja käsitteet

CO₂ Hiilidioksidi

PAH Polyaromaattinen hiilivety

PM₁₀ hengitettäviä hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 µm

T Temperature, lämpötila

VOC Volatile organic compound, haihtuva orgaaninen yhdiste

1 Johdanto

1.1 Sisäilmaongelmien historia

Julkinen keskustelu sisäilma ongelmista on nykyään hyvinkin arkipäiväistä, mutta onko näin ollut aina, ja jos ei, niin miksi ei? Sisäilmaongelmista on kirjoitettu lukuisia artikkeleita, mutta itse ongelma on huomattavasti julkisessa keskustelussa huomattavasti tuoreempi kuin rakennukset, joissa niitä havaitaan. Sisäilmaongelmat ja niiden aiheuttamat oireet ovat pitkään olleet hyvin kiistelty ja jopa myyttinen asia.

Varahaisimmat THL:n sisäilmaan liittyvät selvitykset ovat lähes 60 vuoden takaisia. 1960-luvun tutkimuksissa sisäilma aiheutti päänsärkyä ja väsymystä sekä oireita silmissä, ihosta ja hengitysteissä, eli havaitut oireet olivat samoja kuin tänä päivänä (1).

Ensimmäisen kerran sisäilmaongelmat nousivat julkiseen keskusteluun 1970-luvulla valinnan energiakriisin myötä. Rakentaminen muuttui nopeasti rakennustapojen teollistumisen myötä. Rakennusten ilmatiiveyteen alettiin kiinnittää entistä enemmän huomiota, jonka myötä 70-luvun muovisella höyrysululla toteutettuja rakennuksia nimitettiin osassa keskusteluja pullotaloiksi. Samaan aikaan rakennustarvikemarkkinat tarjosivat rakennusteollisuudelle uusia materiaaleja, joiden sisältämistä aineosista ei ollut täyttä selvyyttä. Tuoteselostuksia salattiin jopa tuotesalaisuuksiin vedoten. Myöskään aikakauden rakennusfysiikan osaaminen ja rakennusvaurioiden tietämys ei ollut tuolloin kovin korkealla tasolla. Monet 1960 ja -70-luvulla tehdyt rakennukset sisälsivätkin nykyään riskirakenteiksi luokiteltuja ratkaisuja, aina tasakattoisista yläpohjista valesokkelirakenteisiin.

Vaikka lastulevyjen ja parkettien liimoista ja hartseista vapautuvan formaldehydin vaikutukset sisäilman pilaajana alettiin tuntea jo 1970-luvulla, yhdistettiin sisäilmaongelmat lähes poikkeuksetta homeeseen. 1980-luvulla oman mausteensa ongelmien selitykseksi lisäsivät Ruotsista tulleet uutiset niin kutsutusta Sairaana rakennuksen syndroomasta. Tällä tarkoitettiin koneellisella ilmanvaihdolla toteutetuissa kohteissa havaittuja oireita. Oireiden katsottiin tyypillisesti johtuvan likaisista ilmanvaihtokanavista, jotka johtuivat ilmanvaihtojärjestelmän huonosta hoidosta ja ylläpidosta. 2000-luvulla mukaan astuivat

mineraalivillakuidun, jotka aiheuttavat lyhytaikaisia oireita, jotka ovat hyvin samankaltaisia kuin hometoksiinien aiheuttamat oireet.

Nykyrakentaminen tuntee historiassa havaitut riskirakenteet, lisäksi kosteustekninen mallintaminen ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen säilytys sekä tietoisuus materiaalien mahdollisesti haitallisista emissioista, on huomattavasti lisääntynyt. Tämän pohjalta nykyrakentamisen pitäisikin siis pystyä tuottamaan rakennuksia, joissa sisäilmaongelmiin johtavat tekijät ovat hallinnassa. Suomessa on kuitenkin paljon vanhaa julkisessa käytössä olevaa rakennuskantaa, jossa aiemmin mainitut tekijät aiheuttavat edelleen käyttäjille oireita. Näiden rakennusten historiassa on voinut myös tapahtua kosteusvaurioita, jotka on jätetty raportoimatta ja korjaamatta, tai korjattu puutteellisesti. Tämä on usein johtanut siihen, että kosteusvaurio ja homeongelma on vahvasti liitetty toisiinsa. Todellisuudessa kosteusvaurio, joka on kunnolla korjattu, ei aiheuta rakennukselle homeongelmaa. (2.)

Myös lääketieteen kanta sisäilmaongelmien aiheuttamiin terveydellisiin vaikutuksiin on horjunut ajansaatossa. 1990–2010-lukujen välisenä aikana homeen aiheuttamia terveysriskejä korostettiin ja epäilyksiä vaiennettiin (3). Nykyisin voimassa oleva vuonna 2017 julkaistu Käypä hoito -suositus kuitenkin toteaa, että ei ole olemassa määriteltyä hometalosalirautta, mutta kosteusvaurio on yksi hengitystieoireiden ja astman riskitekijä. Vahva tieteellistä näyttöä ei kosteusvaurioiden aiheuttamista sairauksista vielä ole, sillä oireet voivat aiheuta myös muista syistä. Kohtalaista näyttöä on kosteusvaurioiden aiheuttamasta astmasta ja ylätiehengitystieoireista, yskästä, hengityksen vinkunasta, hengenahdistuksesta ja astman kehittymisestä. Heikkoa näyttöä on hengitystieinfektioista, allergisesta nuhasta, atooppisesta ihottumasta sekä väsymyksestä, päänsärystä ja pahoinvoinnista. (4.)

Julkisia rakennuksia, mm. kouluja, toimistoja ja jopa kirkkoja kuitenkin suljetaan ja puretaan, vaikka lääketieteen mukaan vakavimmat oireet kosteusvaurioiden terveydelle haitallisista vaikutuksista ovat nykyisen virallisen käsityksen mukaan lääkkeillä hoidettavan astman tasoisia. Vaikka Käypä hoito -suositus ei tällä hetkellä kosteusvaurioiden, toisin sanoen homeiden, aiheuttamia terveyshaittoja tunne, löytyy lääkärikunnasta edelleen myös vastakkaisia näkemyksiä. Turun yliopiston työterveyshuollon ja ympäristölääketieteen professori Tuula Putus on tutkinut hoitanut altistuneita potilaita ja tutkinut homeen

terveysvaikutuksia useiden vuosikymmenten ajan. Putus korostaa, että homeiden aiheuttamista terveyshaitoista on kiistatonta näyttöä aina 1970-luvun tutkimuksista lähtien. Hänen mukaansa näiden tutkimusten näyttöä ei ole kumottu. Käypä hoito -suosituksen työryhmässä toimineen Helsingin yliopiston työterveyden professorin Kari Reijulan mukaan kosteusvauriot eivät kuitenkaan selitä läheskään kaikkea oireilua. Ehkä aika näyttää mikä taho on ongelmien suhteen oikeassa. (3.)

1.2 Työn tavoite ja rajaukset

FCG:n Suunnittelu ja tekniikka Oy:n sisäilma ja rakennusterveys osasto tekee kosteus- ja sisäilmateknisiä kuntotutkimuksia, mutta tutkimuksista on toistaiseksi puuttunut ilmanvaihtoa koskeva tutkimusohjeistus ja raportointimalli.

Työn tavoitteena on koota rakennusterveyden näkökulmasta kerätty teoriapohja ilmanvaihtoon liittyvistä asetuksista ja ohjeistuksista. Asetusten ja ohjeistusten pohjalta kootaan ne, ilmanvaihdon ilmamääriin, niiden ohjaukseen ja muuhun ilmanvaihtojärjestelmän toteutustapaan ja osiin liittyvät kohdat, jotka vaikuttavat rakennusterveyden kannalta laadukkaan sisäilmaston saavuttamiseksi. Näiden edellä mainittujen kohtien pohjalta luodaan rakennusterveyden näkökulmaan perustuva ilmanvaihtojärjestelmän toteutustapaan, käyttöön ja sisäilmaston laatuun vaikuttavat tavoitetasot. Tavoitetasojen määrittelyn perusteella luodaan FCG suunnittelu ja tekniikka oy:n käyttöön tarkoitettu opetuslaitosten koneellisten tulo- poistoilmanvaihtojärjestelmien riskiarvioitiin ja kuntotutkimukseen soveltuva ohjeistus.

Opinnäytetyössä ei käsitellä ilmanvaihtojärjestelmien energiatehokkuutta.

2 Opetustilojen ilmanvaihtoa koskevat määräykset ja ohjeistukset

2.1 Rakennusten ilmanvaihtoa koskevat rakentamismääräykset

Ensimmäiset rakennusten ilmanvaihtoa koskevat rakentamismääräykset ovat esitetty vuonna 1976 Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2. Rakentamismääräyskokoelman D2 osaa on päivitetty vuosina 1978, 1987, 2003, 2010 ja 2012 (5). Uusien talojen tulee nykyisin noudattaa vuonna 2017 voimaan tullutta Ympäristöministeriön asetusta uuden rakennuksen sisäilmastosta. Rakennusterveyden kannalta olennaisia kohtia Ympäristöministeriön asetuksessa ovat erityisesti pykälät, jotka koskevat

- sisäilmaston suunnittelua
- huonelämpötilaa
- sisäilmanlaatua ja kosteutta
- ilmanvaihtoa
- ulkoilmavirtoja ja niiden ohjausta
- Ilmansuodatusta
- poistoilmaluokkia ja niiden käyttöä palautus-, siirto- ja kierrätysilmana
- ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittamista
- epäpuhtauksien leviämistä lämmöntalteenottolaitteessa
- ilman jakoa ja poistoa
- ilmanvaihdon yhdistämistä
- ilmanvaihtojärjestelmän tiivyyttä ja järjestelmään kohdistuvia lujuusvaatimuksia
- rakenteiden ilmanpitävyyttä ja rakennusvaipan painesuhteita
- ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuutta ja huollettavuutta ja
- ilmanvaihtojärjestelmän eristämistä.

Seuraavissa alakohdissa on tiivistetty asetuksen kohdat, jotka vaikuttavat rakennusterveyden kanalta turvalliseen toteutustapaan.

Sisäilmaston suunnittelu

Suunnitelmissa on huomioitava seuraavat sisäilmastoon vaikuttavat tekijät:

- sisäiset kuormitustekijät (henkilö-, lämpö- ja kosteuskuormat, rakennustuotteiden päästöt ja rakennuksen käytöstä aiheutuvat epäpuhtaudet)
- ulkoiset kuormitustekijät (sää ja ulkoilmanlaatu)
- sijainti ja rakennuspaikka.

Lisäksi käyttötarkoituksen mukainen sisäilmasto on huomioitava asetuksen mukaan myös useissa suunnittelun eri vaiheissa. Rakennusterveyden kannalta tärkeiksi suunnittelun osa-alueiksi voidaan asetuksessa mainitusta listasta poimia lämmön- ja kosteuden eristystä, energiatehokkuutta, ilmanpitävyyttä, LVI-järjestelmiä, rakentamisen aikaista kosteuden ja puhtauden hallintaa koskeva suunnittelu, sekä rakennusmateriaalien valinta ja huolto- ja käyttöohjeiden laatiminen. (6, s. 2–3.)

Huonelämpötilojen suunnitteluarvot

Rakennuksen huonelämpötilan on käytönaikana oltava viihtyisä, eikä veto tai lämpösäteily saa heikentää sitä. Lämmityskauden suunnitteluarvo 21 °C, mutta lämpötila voi vaihdella lämmityskauden aikana välillä 20–25 °C. Muina aikoina lämpötilan tulisi olla välillä 20–27 °C. Huonelämpötila voi poiketa edellä esitetystä tilan käyttötarkoituksen tai tilan erityisluonteen vuoksi. (6, s. 3.)

Sisäilmanlaatu ja kosteus

Sisäilma ei saa sisältää käyttäjään terveydelle haitallisia epäpuhtauksia tai tilan viihtyvyyttä toistuvasti alentavia hajuja. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus ei saa olla 800 ppm korkeampi, eikä käytön aiheuttama kosteuslisä ei saa aiheuttaa kosteusvaurioita tai mikrobikasvua. (6, s. 3.)

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotettava riittävä ulkoilmavirta ja poistettava ihmisistä ja rakennustuotteista sisäilmaan vapautuvia epäpuhtauksia ja kosteutta ja näin taattava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma oleskelutiloissa.

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelu on toteutettava siten, että

- ilmanvaihtojärjestelmän oikean toiminnan kannalta tärkeitä toimintoja voidaan mitata, ohjata ja seurata
- järjestelmä kestää oikealla tavalla huollettuna suunnitellun käyttöiän
- koko järjestelmä voidaan pysäyttää selvästi merkitystä ja helposti saavutettavasta pysäytyskytkimestä. (6, s. 4.)

Ulkoilmavirrat ja niiden ohjaus

Käyttöaikana oleskelutilojen ulkoilmavirta on oltava $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$ tai suurempi. Koko rakennuksen ulkoilmavirran on oltava $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ tai suurempi. Tilan poikkeava käyttötarkoitus voi aiheuttaa lisäilmavirran tarvetta. Ilmanvaihdon ohjaus on toteutettava niin, että ilmavirtoja voidaan muuttaa tilan kuormituksen tai ilman laadun mukaan. Käyttöajan ulkopuolella ulkoilmavirran on koulukiinteistöissä oltava vähintään $0,15 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ja ilman on vaihduttava kaikissa huonetiloissa. (6, s. 4–5.)

Ilmansuodatus

Vaadittava ilmansuodatuksen taso määräytyy rakennuksen sijaintipaikan ulkoilman laadun ja sisäilman laadulle asetettujen tavoitteiden perusteella, lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän tulee soveltua myös muilta osin vaaditun suodatustason toteuttamiseen. (6, s. 5.)

Poistoilmaluokat ja eri poistoilmaluokkien käyttö siirto-, palautus tai kierrätysilmana

Poistoilmavirrat jaetaan neljään poistoilmaluokkaa poistoilmavirran sisältämien epäpuhtauksien perusteella. Poistoilmaluokat määritellään seuraavasti:

Luokka 1: vain vähän ihmis- ja rakenneperäisiä epäpuhtauksia

Luokka 2: jonkin verran epäpuhtauksia

Luokka 3: sisältää epäpuhtauksia, kosteutta, kemikaaleja tai hajuja, jotka oleellisesti huonontavat poistoilman laatua

Luokka 4: sisältää huomattavasti pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia tai kemikaaleja.

Palautusilma on tuloilmaan sekoitettavaa, jo kertaalleen sisätiloista poistettua ilmaa. Palautusilman käyttö opetukseen käytettävissä tiloissa ja päiväkotien lepo-, leikki- ja

ryhmähuoneissa on kielletty. Siirtoilmavirtojen tulee ohjautua aina puhtaammasta poistoilmaluokasta enemmän epäpuhtauksia sisältävään poistoilmaluokan suuntaan, eivätkä käytettävän siirtoilman epäpuhtaudet saa heikentää ilmanlaatua. (6, s. 5.)

Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen

Ulkoilmalaitteiden sijoittamisessa tulee huomioida riittävät suojaetäisyydet ulkoilman laatua heikentäviin lähteisiin (esim. WC-viemäreiden tuuletukset). Ulkoilma ei saa kulkeutua koneelle myöskään ilman laatua heikentävän rakennusosan tai rakenteen lävitse.

Myös lumen ja sadeveden kulkeutuminen ilmanvaihtojärjestelmään ei saa heikentää tuloilman laatua tai järjestelmän toimintaa.

Ulospuhallusilman on johdettava ulos rakennuksesta vesikaton yläpuolelta, ellei ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ei toisin edellytä, siten, ettei se aiheuta haittaa rakennuksille, ympäristölle tai käyttäjille. Poistoilmaluokan 1 tai asuinhuoneistojen jäteilma voidaan johdattaa ulos myös rakennuksen seinästä, jos muut edellä mainitut seikat täytyvät. (6, s. 5.)

Palautus-, siirto- ja kierrätysilma

Palautusilmaa ei saa käyttää koulukohteissa. Siirtoilmaa voidaan siirtää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisista tai puhtaammista tiloista. Siirto- ja kierrätysilma ei saa sisältää ilmanlaatua heikentäviä epäpuhtauksien leviämistä. (6, s. 6.)

Epäpuhtauksien leviäminen lämmöntalteenottolaitteessa

Lämmöntalteenotto ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien tai hajujen leviämistä. Mikäli lämmöntalteenottojärjestelmällä otetaan lämpöä poistoilmaluokan 4 ilmavirrasta, ei LTO-laitteessa saa olla vuotoja tulo- ja poistoilman välillä. Muissa poistoilmaluokissa vuotoilman virtaussuunnan on pääosin oltava tuloilmapuolelta poistoilmapuolelle, pois lukien yhtä tilaa tai yhtä asuinhuoneistoa palvelevat ilmanvaihtokoneet, joissa vuotoilman virtaussuunta voi olla poistoilmapuolelta tuloilmapuolelle, mikäli menettely ei heikennä sisäilmanlaatua. (6, s. 6.)

Ilman jako ja poisto

Tuloilman tulee virrata koko oleskeluvyöhykkeelle vetohaittaa aiheuttamatta, lukuun ottamatta tehostetun ilmanvaihdon tarvetta. Poistoilmavirrat ja poistoilmalaitteiden sijoittelu tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että huonetilassa syntyvät epäpuhtaudet poistuvat mahdollisimman tehokkaasti. Siirtoilmavirtojen tulee kulkeutua puhtaammista epäpuhtaampaa sisäilmaa omaaviin tiloihin. (6, s. 6.)

Ilmanvaihdon yhdistäminen

Ilmanvaihtokanavien yhdistäminen ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien leviämistä tai haittaa ilmanvaihtojärjestelmän toiminnalle.

Eri poistoilmaluokkien ilmanvaihtokanavia voidaan yhdistää seuraavasti:

1) Luokkien 1 ja 2 poistoilmakanavat voidaan yhdistää. Poistoluokan 2 ilmavirran ylittäessä 10 prosenttia yhdistetyn kanavan ilmavirrasta, käsitellään yhdistetyn kanavan ilmavirtoja poistoluokka 2 mukaisina.

2) Luokan 3 poistoilma johdetaan ulos erilliskanavilla. Useampien ilmanpuhtaudeltaan samankaltaisten tilojen poistoilmavirtoja voidaan kuitenkin ohjata yhteiskanavilla tilojen yläpuoliseen kokoojakanavaan tai poistoilmakammioon. Poistoilmaluokkien 1 ja 2 pystykanavistoihin voi yhdistää WC-, pesu- ja siivoustilan poistoilmaa, mikäli näiden tilojen poistoilmavirta on alle 10 % kanavan kokonaisilmavirrasta.

3) Luokan 4 poistoilma poistetaan erillisillä poistoilmakanavilla. Niiden tilojen ulko- ja poistoilmakanavat, joissa on voimakasta hajua tai merkittäviä määriä terveydelle vaarallisia aineita, toteutetaan täysin muusta ilmanvaihdosta erillisinä. Lisäksi tilojen on oltava alipaineisia viereisiin tiloihin nähden. Ilman virtaussuunnat kanavistoissa tai huone-tilojen välillä eivät saa muuttua ilmanvaihtojärjestelmän ohjauksen takia. (6, s. 6.)

Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys- ja lujuusvaatimukset

Asetuksessa ilmanvaihtojärjestelmien tiiveys jaetaan viiteen eri luokkaan A–E. Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys tulee olla vähintään B-luokan mukaista. Poistoilmakanavien tulee olla sisätiloissa pääsääntöisesti alipaineisia. Eri poistoilmaluokkien kanavat voivat olla kuitenkin ylipaineisia seuraavilla ehdoilla:

- 1. ja 2. poistoilmaluokan poistoilmakanavat, joiden tiiveys on vähintään C-tiiveysluokan mukaista.
- 3. poistoilmaluokan kanavat, joiden tiiveys on vähintään D-tiiveysluokan mukaista
- 4. poistoilmaluokan kanavat, jotka eivät vuoda.

Myös kannatukset ja kanavistojen jäykistykset on suunniteltava ja toteutettava niin, että ne kestävät niihin kohdistuvan paineenvaihtelun ja huollon aiheuttaman rasituksen. Ulko- ja ulospuhallusilmakanavat, joiden poikkipinta-ala on yli 0,06 neliometriä, on varustettava järjestelmän pysähtyessä automaattisesti sulkeutuvilla sulkupelleillä. (6, s. 7–8.)

Ilmavirroista aiheutuvat paineet ja rakenteiden ilmanpitävyys

Ilmanvaihdon ilmavirrat eivät saa aiheuttaa rakennukselle pitkäaikaista ylipainetta, joka aiheuttaa rakenteita vaurioittavaa kosteusrasitusta, eikä alipainetta, joka mahdollistaa epäpuhtauksien siirtymisen sisäilmaan. Rakennuksen hormivaikutuksen hallinta ja rakennusvaipan ja sisärakenteiden ilmanpitävyys on toteutettava niin, ettei edellä mainitut seikat estä ilmanvaihdon toiminnan edellytyksiä, eikä toteutus aiheuta kosteuden siirtymistä rakenteisiin, eikä radonin tai maaperässä tai rakenteissa olevien epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan. (6, s. 8.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuus ja huollettavuus

Ilmanvaihtokoneiden ja ilmanvaihtojärjestelmän osien puhdistus, huolto, korjaus ja vaihto on kyettävä toteuttamaan helposti ja turvallisesti. (6, s. 8.)

Ilmanvaihtojärjestelmän eristäminen

Ilmanvaihtojärjestelmän lämpöeristäminen on toteutettava niin, ettei ilmavirtojen jäähtymien tai lämpeneminen haittaa ilmanvaihtojärjestelmässä lämpötilanhallintaa ja sisätilojen viihtyisyyttä. Lisäksi huolehdittava riittävästä kosteuseristyksestä, jottei kosteus tiivisty ilmanvaihtojärjestelmän ulko- tai sisäpintoihin rakenteita vahingoittavasti tai sisäilman laatua heikentävästi. (6, s. 9.)

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmanmukaisuuden toteaminen

Ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla puhdas ennen mittauksia ja käyttöönottoa. Rakennusterveyden kannalta tärkeät suunnitelluista arvoista hyväksyttävät poikkeamat koulukohteissa:

- 1) ilmavirta järjestelmäkohtaisesti ± 10 prosenttia;
- 2) ilmavirta tilakohtaisesti ± 20 prosenttia

Mittaustulosten poikkeamat ja mittausepävarmuus sisältyvät hyväksyttävään poikkeamaan. Poikkeamat ja epävarmuudet on esitettävä mittauksien yhteydessä. (6, s. 9.)

Yhteenveto asetuksen rakennusterveyden kannalta olennaisista kohdista

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen ilmanvaihdosta on monilta osin asetusta edeltäneitä rakentamismääräyskokoelman D2-osia tulkinnanvaraisempi. Ilmeisesti tästä syystä useat alan toimintaan liittyvät yhdistykset ovat tehneet omia ilmanvaihtoa ja sen suunnittelua koskevia luokituksia ja ohjeistuksia. Nämä ohjeistukset ja luokitukset eivät kuitenkaan kumoa viranomaissäädöksiä, eikä säädöksistä julkaistuja tulkintoja. Niitä ei voi myöskään käyttää rakennuksen sisäilmaston terveysvaikutusten arviointiin, vaan terveysvaikutusten arvioinnissa tulee käyttää sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysasetusta ja sitä täydentävään Valviran Asumisterveysasetuksen soveltamisohjetta.

2.2 Sisäilmastoluokitus 2018

Vuonna 2018 julkaistun Sisäilmastoluokituksen tavoitteena on ohjata rakennus- ja taloteknistä suunnittelua ja urakointia, sekä rakennustarviketeollisuutta kohti aiempaa terveellisempien ja viihtyisämpiä rakennuksien valmistamista. Uudisrakentamisen lisäksi luokitusta voidaan käyttää myös soveltuvilta osin korjausrakentamisessa sisäilmastolle asetettavien tavoitteiden asettamiseen, sekä korjattavan kohteen suunnitteluun ja korjausten toteutukseen. Korjausrakentamisessa tavoitteita ei useinkaan aseteta vain yhden Sisäilmastoluokan raja-arvojen mukaan, vaan teknisistä ja kustannussyistä päädytään valitsemaan tavoitearvoja eri luokkien ohjeistuksia yhdistelemällä tai määrittämään tavoite arvo tapauskohtaisesti. Luokituksessa on eri tavoitetasoille esitetty suureita, jotka ovat mitattavissa kohtuullisilla kustannuksilla ja yleisesti hyväksytyillä menetelmillä. (7, s. 3.)

2.2.1 Sisäilmastoluokat

Sisäilmastoluokitus jakautuu kolmeen eri tavoitetasoon S1, S2 ja S3, joista S3 on lähinnä vertailun helpottamiseksi luotu, pääosin vain ilmanvaihtoa koskevan lainsäädännön rajat täyttävä taso.

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilassa ei ole havaittavia hajua ja sisäilman laatu on erittäin hyvä. Tiloissa ja rakenteissa, joista on yhteys sisäilmaan, ei ole vaurioita tai epäpuhtauslähteitä, jotka heikentävät ilman laatua. Tilassa ei esiinny vetoa tai yllämpenemistä. Tilan valaistus ja lämpöolot ovat tilan käyttäjän hallittavissa. Tilan ääniosuhteet ovat erittäin hyvät ja käyttötarkoituksen mukaiset.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilassa ei ole häiritseviä hajuja, ja sisäilman laatu on hyvä. Tiloissa ja rakenteissa, joista on yhteys sisäilmaan, ei ole vaurioita tai epäpuhtauslähteitä, jotka heikentävät ilman laatua. Tilan lämpöolosuhteet ovat hyvät, eikä vetoa tai yllämpenemistä yleensä esiinny. Valaistus- ja ääniosuhteet ovat hyvät ja käyttötarkoituksen mukaiset.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tila täyttää terveydensuojelulain vähimmäisvaatimukset ja maankäyttö- ja rakennuslain säädökset sisäilman laadun, lämpö-, valaistus- ja ääniolosuhteiden osalta. S3-luokan tavoitearvojen alittuminen ei välttämättä tarkoita laissa ja asetuksissa annettujen raja-arvojen alittumista. (7, s. 5.)

2.2.2 Sisäilmastoluokkien tekniset tavoitearvot tilan käytön aikana

Sisäilmastoluokkien tavoitearvot ovat tarkoitettu huonetilojen oleskeluvyöhykkeen olosuhteiden arviointiin. Oleskeluvyöhyke alkaa lattiasta ja ulottuu 1,8 metrin korkeuteen sekä 0,6 metrin päähän seinistä. Ilman liikenopeutta mitataan työpisteessä 0,1 ja 1,1 metrin korkeudelta. Äänitasojen mittaus tapahtuu joko 1,2 metrin tai 1,5 korkeudella lattiasta. Mittaukset tulee suorittaa määrittelyssä mainittujen kansainvälisten standardien mukaisesti. (7, s. 5.)

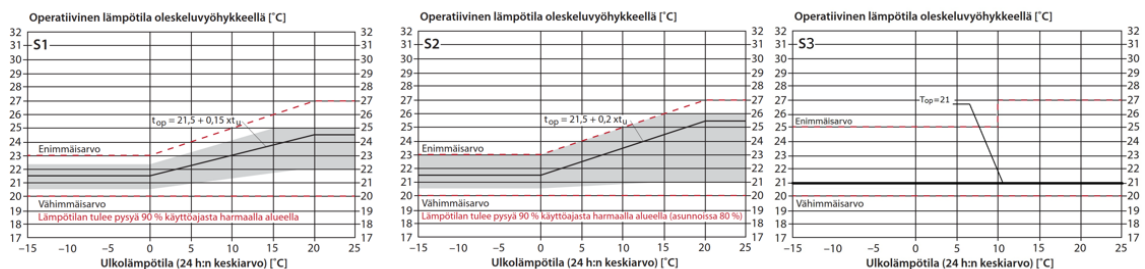
Lämpöolosuhteet

Sisälämpötilojen tavoitearvot perustuvat ulkolämpötilan liukuvaan keskiarvoon kyseisen vuorokauden ajalta. Lämpötilat vertailu ulkolämpötilan määrittämiseksi voidaan ottaa lähimmällä säähavaintopaikalla. Luokissa S1 ja S2 operatiivinen lämpötila tulee pysyä luokkakohtaisen vaihteluvälin (S1 90 % ja S2 80 %) sisällä rakennuksen käyttöaikana kuvassa 1 esitetyn mukaisesti. Operatiivista lämpötilaa arvioidaan yhden tunnin liukuva keskiarvon avulla. Liukuva keskiarvo ei saa suunnittelulla käytöllä alittaa tai ylittää ulkolämpötilan liukuvan keskiarvon määrittämiä alimmais- ja enimmäisarvoja. Arvioinnissa on huomattava, että sisälämpötila saa alittaa tavoitetason tai kesällä ylittää tavoitetason, käyttäjän niin halutessa (S1-luokassa lämpöolosuhteet käyttäjän hallittavissa). (7, s. 6.)

Huonelämpötilan mittaaminen on oleskeluvyöhykkeeltä tai työpisteestä on usein riittävä tutkimustapa. Lämpötilan mittaukseen käytetään esimerkiksi nestepatsaslämpömittaria tai sähköistä anturia. Mittaus toteutetaan oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin ja työpisteissä 0,6 m:n korkeudelta. Jos tilan pintojen lämpötilat kuitenkin poikkeavat huomattavasti mitaustuloksesta, on operatiivisen lämpötilan mittaus tai määrittäminen suoritettava. Syitä huomattaville poikkeamille voivat olla esimerkiksi rakenteiden huonot eristeet, kylmät ja suuret ikkunapinnat, lattia- tai kattolämmitys tai jäähdytyskatto. (7, s. 6.)

Operatiivinen lämpötila on mahdollista määrittää pallolämpömittarilla mittaamalla tai las-kemalla operatiivinen lämpötila ilman ja pintojen lämpötiloista. Mittaus tulee suorittaa standardin SFS EN 12599 mukaisesti.

Kesän ulkolämpötiloista ja tilojen lämpökuormista johtuen S1-luokan tavoitteiden saavut-tamiseksi vaaditaan käytännössä koneellista jäähdytystä ja huonekohtaista lämpötilan säätöä. S2-luokan lämpöolosuhteet ovat mahdollista toteuttaa taitavalla rakennussuun-nittelulla myös ilman koneellista jäähdytystä. S3-luokassa auringon säteily ja tilan sisäi-set lämpökuormat voivat nostaa lämpötilan lämpimällä säällä huomattavan korkeaksi. (7, s. 6.)



Kuva 1. S1, S2 ja S3 sisäilmastoluokkien operatiivisen lämpötilan tavoitearvot (7, s. 6).

Ilman liikenopeus

Vetoa aistivien osuus määritetään standardin ISO 7730 mukaisesti. Vetoa aistivien sal-littu osuus eri sisäilmaluokissa on esitetty kuvassa 2. Kuvassa esitetty mittaustulos t_{ilma} tarkoittaa liikkuvan ilman lämpötilaa tarkastelupisteessä. Esitetty ilmanliikenopeus on suuntariippumattomalla anemometrillä suoritettuna kolme minuuttia kestävän mittauksen keskiarvo työpisteessä. Mittaus suoritetaan standardin SFS EN 12599 osoittamalla ta-valla. Tavoitearvo ja mittaustulos tulee esittää kahden desimaalin tarkkuudella siten, että viimeinen merkitsevä numero on 0 tai 5. (7, s. 7.)

	S1	S2	S3
Vetoa aistivien osuus, draft rate (DR) [%]	10	15	
Ilman liikenopeus [m/s]			
$t_{ilma} = 21 \text{ °C}$	< 0,15	< 0,15	0,2 (talvi)
$t_{ilma} = 23 \text{ °C}$	< 0,15	< 0,20	
$t_{ilma} = 25 \text{ °C}$	< 0,20*	< 0,25*	0,3 (kesä)*

*Paikallisesti voidaan hyväksyä korkeampia ilmannopeuksia termisen viihtyvyyden lisäämiseksi, kun käytössä ei ole koneellista jäähdytystä.

Kuva 2. Sisäilman liikenopeuden tavoitearvot (7, s. 7).

Sisäilman laatu

Hiilidioksidipitoisuuslisä tarkoittaa ihmisperäistä hiilidioksidilisää. Pitoisuuslisää arvioidaan yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla. Radonpitoisuus määrittelyyn tulee käyttää Säteilyturvakeskuksen hyväksymää mittausmenetelmää. Pienhiukkasten tavoitearvo on keskimääräinen pitoisuus sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana. PM_{2,5}-hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 2,5 µm:n kokoista huoneilmassa leijuvaa pölyä. PM_{2,5}-hiukkaspitoisuus määritellään 24 tunnin pituisen mittauksen avulla. Mittaus tulee suorittaa rakennuksen normaalin käytön aikana ja SFS-EN 12341 -standardin mukaisesti. Eri sisäilmaluokkien suurimmat sallitut arvot ja mitattavat suureet on esitetty kuvassa 3. (7, s.7.)

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuuslisä* [ppm]	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus [Bq/m ³]	< 100	< 100	< 200
PM _{2,5} [µg/m ³]	< 10	< 10	< 25
PM _{2,5} sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	–
Ilman suhteellinen kosteus [% RH]	–	–	–
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttöajasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	–
asunnot	90 %	80 %	–

*suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

Kuva 3. Sisäilman laadun tavoitearvot eri sisäilmastoluokille (7, s. 7).

Äänioolosuhteiden tavoitetaso

Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot äänioolosuhteille perustuvat standardiin SFS 5907 (Rakennusten akustinen luokitus). Kyseinen standardi jakautuu kolmeen eri tavoitetasoon, joista A-luokka vastaa parasta tavoitetasoa ja C-luokka vähimmäistasoa. Akustiset tavoitetasot määrätään yleensä tilojen käyttötarkoituksen mukaan. (esim. musiikkiluokka A, puukäsityö C). S1-luokan tavoitearvot ovat standardin (SFS 5907) B-luokan mukaisia. Tavoitearvoja on kuitenkin mahdollista valita tilakohtaisesti myös A- tai C-luokista. (7, s. 7.)

S2-luokan akustinen tavoitetaso vastaa C-luokkaa, myös S2-luokassa voidaan tilakohtaisesti valita tavoitteita myös luokasta B. Sisäilmastoluokassa Kuvassa 4 on esitetty S1-, S2- ja S3-luokkien LVIS-laitteiden suunnittelun äänitasojen tavoitearvot. Standardissa SFS 5907 on esitetty lisää tavoitearvoja erilaisten käyttötarkoitusten ja erikoistilanteiden varalle. (7, s. 7.)

Tila ja suure	Merkintä	yksikkö	S1	S2	S3
Opetustila					
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤ 30	≤ 33	≤ 33

Kuva 4. Sisäilmastoluokituksen mukaiset LVIS-laitteiden äänitasot (7, s.8).

2.2.3 Sisäilmastoluokkien mukainen ilmanvaihdon suunnittelu

Sisäilmastoluokituksen mukaan ilmanvaihto on ensisijaisesti tarkoitettu ihmisen tuottaman kosteuden ja epäpuhtauksien poistamiseen sisäilmasta. Rakennusmateriaaleista peräisin olevien epäpuhtauksien sisäilmanlaatua heikentävät vaikutukset on ensisijaisesti estettävä käyttämällä vähäpäästöisiä rakennusmateriaaleja (esim. M1-luokan rakennusmateriaalit) ja noudattamalla kyseisten tuotteiden asennus- ja käyttöohjeita. (7, s.15.)

Ulkoilmavirrat

Sisäilmastoluokituksen S1 ja S2-luokan ulkoilmavirrat ovat standardin SFS-EN 16798-3:2017 mukaisia. S1-luokka vastaa kyseisen standardin I luokkaa ja S2-luokkaa standardin II luokkaa. S3-luokka vastaa ympäristöministeriön uuden rakennuksen sisäilmas-
toa ja ilmanvaihtoa koskevan asetuksen ulkoilmavirtoja koskevia arvoja.

S1-luokka, ulkoilmavirta = 0,5 dm³/s, lattia-m² ja lisäksi 10 dm³/s, henkilö.

S2-luokka, ulkoilmavirta = 0,35 dm³/s, lattia-m² ja lisäksi 7 dm³/s, henkilö.

S3-luokka, ulkoilmavirta = 0,35 dm³/s, lattia-m² tai vähintään 6 dm³/s, henkilö.

Kuva 5 on esitetty eri sisäilmastoluokkien ohjeistuksen mukaiset käytönaikaiset ulkoilmavirrat erittäin vähäpäästöisessä rakennuksessa, lisäksi

Tila	Lattia-ala m ² /hlö	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka	
		dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	8	3,5	6	3,0
Taukotiila, kahvio	1,5	11	5,0	8	4,0	6	2,0
Opetustila tai muu oleskelutila	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Luentosali		10		8		6	
Käytävä ja porrashuone			1,0		0,5		0,5
Käytävä, aula			1,5		1,0		1,0
Ruokala ja kahvila	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Kuumennus- ja jakelukeitin ¹⁾			10		10		5–10
Valmistuskeitin ¹⁾			15–40		15–40		15–25
Astianpesuhuone ¹⁾			12–20		10–15		10
Kirjasto			3		2		2
Salit (konsertti-, teatteri-, elokuva-, koulun sali)		10		8		6	
Kuntosali			6		6		6
Liikuntahalli, urheilijat			2,5		2		2
Liikuntahalli, katsojat		10		8		6	
Varasto, arkisto (poisto)			0,5		0,5		0,35

¹⁾ Prosessin aiheuttama ilmanvaihdon tarve tai yllämmön poistaminen tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

Kuva 6 on esitetty käytönaikaisia tilakohtaisia ulkoilmavirtoja erittäin vähäpäästöiselle rakennukselle. Erittäin vähäpäästöisen rakennuksen toteutukseen löytyy Sisäilmasto-
luokitukselta ohjeita esimerkiksi rakennusmateriaalien valintaan ja rakennustöiden ja
käytönaikaisen puhtauden- ja kosteushallintaan. Kuvassa esitetyt neliömetriperusteiset
ulkoilmavirrat ovat tarkoitettu tilanteisiin, joissa käyttäjien lukumäärä ei ole tiedossa. En-
sisijaisesti mitoitus on aina suoritettava henkilömäärään perustuen. (7, s. 15–16.)

S1-luokka, ulkoilmavirta = 0,5 dm³/s, lattia-m² ja lisäksi
10 dm³/s, henkilö.

S2-luokka, ulkoilmavirta = 0,35 dm³/s, lattia-m² ja lisäksi
7 dm³/s, henkilö.

S3-luokka, ulkoilmavirta = 0,35 dm³/s, lattia-m² tai
vähintään 6 dm³/s, henkilö.

Kuva 5. Sisäilmastoluokituksen sisäilmaluokkien ulkoilmavirrat erittäin vähäpäästöisessä rakennuksessa käytön aikana (7, s. 15).

Tila	Lattia-ala m ² /hlö	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka	
		dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	8	3,5	6	3,0
Taukotila, kahvio	1,5	11	5,0	8	4,0	6	2,0
Opetustila tai muu oleskelutila	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Luentosali		10		8		6	
Käytävä ja porrashuone			1,0		0,5		0,5
Käytävä, aula			1,5		1,0		1,0
Ruokala ja kahvila	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Kuumennus- ja jakelukeitin ¹⁾			10		10		5–10
Valmistuskeitin ¹⁾			15–40		15–40		15–25
Astianpesuhuone ¹⁾			12–20		10–15		10
Kirjasto			3		2		2
Salit (konsertti-, teatteri-, elokuva-, koulun sali)		10		8		6	
Kuntosali			6		6		6
Liikuntahalli, urheilijat			2,5		2		2
Liikuntahalli, katsojat		10		8		6	
Varasto, arkisto (poisto)			0,5		0,5		0,35

¹⁾ Prosessien aiheuttama ilmanvaihdon tarve tai yllämmön poistaminen tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

Kuva 6. Sisäilmastoluokituksen mukaisia tilakohtaisia ulkoilmavirtoja käyttötilanteessa erittäin vähäpäästöisessä rakennuksessa (7, s. 16).

Käytönaikaisten ilmavirtojen lisäksi käyttöajan ulkopuoliset ilmavirtojen tulee olla 0,15...0,2 dm³/s. Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto on tarkoitettu vain rakennusmateriaaleista peräisin olevien epäpuhtauksien poistoon, eikä näin ollen näitä mini-ilmavirtoja saa käyttää, mikäli tilassa oleskelee ihmisiä. Lisäksi käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto toteutettava niin että, ilma vaihtuu kaikissa huonetiloissa, eikä ilmanvaihto aiheuta paineeromuutoksia ulko- ja sisäilman välillä. Käytönaikaisiin ilmavirtoihin tulee siirtyä kaksi tuntia ennen tilojen käytön aloittamista, myös siivouksen aikana tulee ulkoilmavirtojen olla vähintään käytönaikaisella tasolla. Opetustilojen sisäilmastoluokituksen mukainen käyttöaika on arkisin klo 08:00–16:00, oleskelutilojen henkilötiheys on 2 hlö/m² ja arvioitu käyttöaste 0,5. Ilmanvaihdon käyttöajat tulee kuitenkin määrittää todellisten käyttöaikojen mukaan, sillä usein esimerkiksi opettajat ja siivoojat työskentelevät edellä esitettyjen käyttöaikojen ulkopuolella. (7, s. 16.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitus (P)

Kohteen ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka määritellään suunnitelma-asiakirjoissa. Puhtausluokkia on kaksi P1 ja P2, ja ne sisältävät vaatimuksia järjestelmän suunnittelulle ja toteutukselle. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksella on tarkoitus varmistaa se että, luovutustilanteessa uusi ilmanvaihtojärjestelmä on puhdas ja järjestelmän läpi virtaava tuloilma on hyvä laatuista, eikä se sisällä terveydelle tai viihtyisyydelle haitallisia aineita tai hajuja. Puhtausluokituksessa asetetut vaatimukset ovat todettavissa kohtuul-

lisen yksinkertaisten menetelmien avulla. Uusissa kohteissa sisäilmastoluokituksen luokien S1 ja S2 puhtausvaatimukset ovat P1-puhtausluokan mukaisia. S3-luokalle ei luokituksessa ole asetettu erillisiä puhtausvaatimuksia. (7, s. 17.) Lisätietoa käytössä olevien ilmanvaihtojärjestelmien puhtausluokista ja niiden tarkastamisesta löytyy esimerkiksi RT-kortiston ohjekortista LVI 39-10409 ja P1-puhtausluokan vaatimuksista ilmanvaihtojärjestelmän osille ja tuotteille Sisäilmastoluokitus 2018:n kohdasta 3.2 Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus (M).

Sisäilmastoluokituksen mukaiset P1-puhtausluokan vaatimukset opetustilojen uusissa ilmanvaihtojärjestelmissä:

- Tuloilmakanavat ja kanavaosat ovat puhtausluokitelluista tuotteista valmistettuja tai puhdistettu ennen asennusta luokituksen mukaiseen tasoon. Tuotteiden pintojen voiteluöljyjäämät korkeintaan $0,05 \text{ g/m}^2$ (syvävedetyt osat tai öljyä vaativat prosessit $0,3 \text{ g/m}^2$) ja irtoavat kuidut korkeintaan 1 kpl/m^3 .
- Puhtausluokitellut osat on oltava helposti puhdistettavissa standardin SFS-EN 12097:2006 mukaisesti.
- Ilmanvaihtojärjestelmän tiivistemateriaalit ovat M1 -luokiteltuja tai tunnetusti emissioltaan alhaisia.
- Luovutustilanteessa järjestelmän sisäpintojen pölynkertymä saa olla korkeintaan $0,7 \text{ g/m}$ tai BM-Dustdetector -mittalaitteella mittaustulos $\leq 5 \%$.
- Laitoksessa ei saa käyttää palautusilmaa.
- Tuloilmassa ei saa käyttää hajusteita. (7, s. 17.)

Ilmavirtojen suodatus

Sisäilmastoluokituksessa ilmavirtojen puhtaus on jaettu SFS-EN 16798-3-standardin mukaisesti tuloilmaluokkiin SUP1 ja SUP2. S1-luokassa vaadittava ilmavirtojen taso on SUP1- ja S2-luokassa vastaavasti SUP2. Ilmavirtojen suodatusjärjestelmän mitoituksessa on huomioitava myös ulkoilman puhtaus, joka on Suomessa yleisesti SFS-EN 16798-3-standardin mukaisesti ODA1 (Outdoor Air) -tasolla, lukuun ottamatta kaikkein vilkkaimmin liikennöityjä kaupunkialueita. Vaadittujen tuloilmaluokkien saavuttamiseksi

S1-luokassa tuloilmansuodatus suositellaan toteutettavaksi kaksi portaisena. Suodatinjärjestelmän suunnittelussa on huomioitava myös suodattimien kastumisen estäminen. (7, s. 17.)

Suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon otettavat erityisvaatimukset

Sisäilmastoluokituksen osassa 2.4.3.2 Suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon otettavat erityisvaatimukset on esitetty useita ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan ja puhtaiden ulkoilmavirtojen takaamiseksi huomioitavia vaatimuksia. Seuraaviin alla kohtiin on koottu rakennusterveyden kannalta huomioitavat vaatimukset.

Ilmanvaihtokoneen kokonaisvuoto

Ilmanvaihtokoneen sallittu kokonaisvuoto on riippuvainen valitusta suodatus luokasta. Kokonaisvuoto tarkoittaa suodattimien välisten rakojen ja tiivistyspintojen kautta tapahtuvasta ohivirtauksesta sekä kanaviston suodattimen jälkeisten alipaineisten koneenosien kautta kulkeutuvista vuotoilmavirroista. Ilmanvaihtokoneen kokonaisvuoto ei saa ylittää SFS-EN 1886:2007 -standardin mukaisia arvoja. Suurimmat sallitut kokonaisvuodot on esitetty

Suodatinluokka SFS-EN 779	SFS-EN ISO 16890 erotusaste	Paine-ero Pa	Kokonaisvuoto %
Huonompi kuin M5		200	6
M5	ePM ₁₀ 50...60 %	400	6
M6	ePM ₁₀ 65...70 %	400	4
F7	ePM ₁₀ 80...85 % ePM _{2,5} 50...75 % ePM ₁ 50...65 %	400	2
F8	ePM ₁₀ 90 % ePM _{2,5} 80...85 % ePM ₁ 70...75 %	400	1
F9	ePM ₁₀ 95 %... ePM _{2,5} 90...95 % ePM ₁ 80...90 %	400	0,5

Yllä olevia luokkia parempien suodattimien ohivuoto on arvioitava käyttötarkoituksen mukaan.

Kuva 7. Kyseisessä standardissa ei mainita SFS-EN ISO16890-standardin mukaisten suodatinluokkien ohivuotoarvoja, jonka vuoksi Sisäilmastoluokituksessa taulukossa 2.4.6, ne esitetään omassa sarakkeessaan vastaavuuksien arvioimiseksi. (7, s. 18.)

Suodatinluokka SFS-EN 779	SFS-EN ISO 16890 erotusaste	Paine-ero Pa	Kokonaisvuoto %
Huonompi kuin M5		200	6
M5	ePM ₁₀ 50...60 %	400	6
M6	ePM ₁₀ 65...70 %	400	4
F7	ePM ₁₀ 80...85 % ePM _{2,5} 50...75 % ePM ₁ 50...65 %	400	2
F8	ePM ₁₀ 90 % ePM _{2,5} 80...85 % ePM ₁ 70...75 %	400	1
F9	ePM ₁₀ 95 %... ePM _{2,5} 90...95 % ePM ₁ 80...90 %	400	0,5

Yllä olevia luokkia parempien suodattimien ohivuoto on arvioitava käyttötarkoituksen mukaan.

Kuva 7. Standardin SFS-EN 1886:2007 sallimat kokonaisvuodot suodatinluokittain (7, s. 18).

Kanavat ja kanavaosat

Lämmöntalteenottolaitteen jälkeiset ulospuhalluskanaviston osat tulee eristää ulospuhalluslaitteelle asti. Sisätiloissa kulkevat ulospuhalluskanavat on myös kosteudeneristettävä sisäilman kondensoitumisen estämiseksi. Kanavistot tulee voida puhdistaa kaikilta osin päätelaitteiden tai erillisten puhdistusluukkujen kautta. Kylmissä- ja ulkotiloissa kulkevat kanavanat ja kanavaosat tulee eristää, niin ettei kanavan sisällä kulkevan ilman kosteus tiivisty kanavan sisäpinnalle. (7, s. 18.)

Vesilukot ja viemärointi

Koneiden viemäroinnin vesilukot asennetaan koneen ulkopuolelle ja viemäroinnit johdetaan lattiakaivojen päälle. Tulo- ja poistopuolen viemärointejä ei saa yhdistää. (7, s. 18.)

Ulkoilmasäleikkö

Ulkoilmasäleikkönä käytettävä standardin SFS-EN 13030 mukaisesti luokiteltuja säleiköitä. Ulkoilmavirran otsapintanopeus ulkoilmasäleikön vapaan pinta-alan osalta ei saa ylittää 1,5 m/s, ilman erityisjärjestelyjä. Säleikkö on asennettava niin, ettei asennus aiheuta veden pääsyä ympäröiviin rakenteisiin tai ilmanvaihtokoneeseen. Säleikköön tiivistynyt vesi, lumi ja jää on johdettava pois siten, etteivät nämä aiheuta vahinkoa rakenteille tai ilmanvaihtokoneelle. Ulkoilmasäleikössä mahdollisesti käytettävän verkon silmäkoko tulee olla ≥ 10 mm. (7, s. 18.)

Ulkoilmakammio

Ulkoilmakammiot tulee olla ulko- ja sisäpinnoiltaan peltiä ja ne tulee eristää, niin että eristys vastaa vähintään 100 mm:n paksuista mineraalivillaeristettä. Kammiot tulee olla puhdistettavissa, eikä sen pinnoille saa tiivistyä vettä. Ulkoilmakammioissa tulee olla kuivakaivo, jonka kaadot johtavat sinne mahdollisesti päätyvän veden, niin ettei vettä kerääny kammion pohjalle. Kuivakaivo viemäroidään vesilukolliseen kaivoon, jonka tulee kestää vähintään kaksinkertaisesti kammion viemäroinnin siihen kohdistama alipaine. Ulkoilmakammion ilmannoisuuden tulee olla aina alhaisempi kuin ulkoilmasäleikön vapaan pinta-alan ilmannoisuus. Ilmannoisuus kammiossa tulee yleensä olla alle 1 m/s. Mikäli useammalla koneella on yhteinen tuloilmakammio, tulee huolehtia siitä, etteivät koneet ime ilmaa missään olosuhteissa muiden koneiden kautta. (7, s. 18.)

Sulkupelti

Jäätyminen ei saa estää sulkupellin toimintaa (7, s. 18).

Lämmöntalteenotto

Tuloilmapuhaltimen tulee sijaita tuloilmakanavassa ennen lämmöntalteenottolaitetta ja poistoilmapuhallin on sijoitettava lämmöntalteenottolaitteen jälkeen sijaitsevaan ulospuhalluskanavaan, näin voidaan estää poistoilman sekoittuminen tuloilmaan lämmöntalteenottolaitteen mahdollisten vuoreittien kautta. Pyörivää lämmöntalteenottokiekkoa käytettäessä poistoilma on suodatettava ulkoilmavirran mukaisesti, ennen LTO:ta. Pyörivää kiekkoa ei saa käyttää useamman kuin yhden tilan ilmanvaihtoon, jos poistoilmassa on terveydelle haitallisia aineita. Lämmöntalteenottolaitteeseen mahdollisesti tiivistyvän veden viemärointi on johdettava vesilukolliseen lattiakaivoon, jonka vesilukon vesipatsas tulee olla silmämääräisesti todettavissa ja täytettävissä ja sen tulee vastata kaksinkertaisesti LTO:ssa vallitsevaa alipainetta. Vesi on johdettava viemäriin niin, ettei vesi aiheuta vaurioita koneelle tai muille rakenteille. Myös LTO:n peseminen tulee olla mahdollista ja viemäroinnin on johdettava pesuvedet koneesta, niin etteivät ne aiheuta haittaa koneelle tai muille rakenteille. LTO:n jäätymissuojaus on toteutettava erittäin varmatoimisesti, jottei poistoilmavirtojen sisältämän kosteuslisän huurtuminen tai jäätyminen aiheuta koneelle toimintahäiriöitä. (7, s. 17–18.)

Lämmitys- ja jäähdytyspatteri

Jäähdytyspatterissa tulee olla pisaranerotin ja kaksi tippuvesiallasta, joista toinen koneen ulkopuolella. Alas on viemäritävä vesilukolliseen kaivoon, jonka rakenne vastaa LTO:n vesilukollisen kaivon vaatimuksia. Myös patterit tulee olla pestävissä, niin etteivät pesuedet aiheuta vaurioita. (7, s. 19.)

Puhallinosa

Puhaltimen moottori tai voimansiirto ei saa heikentää tuloilman laatua (esim. puhaltimen käyttöhihnasta irtoava pöly). Puhallin ja sen siivet tulee olla puhdistettavissa. (7, s. 19.)

Äänenvaimennin ja sisäpuolelta eristetty kanava

Äänenvaimentimet tai sisäpuolelta eristetyt kanavat eivät saa kastua, eikä niitä saa irrota haitallisissa määrin kuituja (7, s. 19).

Kostutuslaitteet

Kostutuslaitteet eivät saa heikentää sisäilmanlaatua, eikä niistä saa irrota pisaroita tuloilmavirtaan. Kostutuslaitteen jälkeen kostutettu ilmavirta ei saa tiivistyä kanavan sisäpinnoille. Kostutuslaitteet on myös varustettava automaattisella tyhjennyksellä, joka tyhjentää kostutuslaitteiston, sen pysähtyessä yli vuorokauden ajaksi. (7, s. 19.)

Päätelaitteet

Päätelaitteet tulee toimia suunnitellusti myös likaantuneina ja niiden tulee olla puhdistettavissa ja palautettavissa puhdistusta edeltävään asentoon. Päätelaitteet eivät saa levittää muilla pinnoilla olevaa pölyä sisäilmaan. (esim. jäähdytyspalkit eivät saa siirtää pölyä alakattojen päältä sisäilmaan) (7, s. 19.)

Varastointi ja asennustekniikat

Asennuksen ja varastoinnin aikana on vältettävä ilmanvaihtojärjestelmän kanavien ja osien likaantumista. Ilmanvaihtojärjestelmä on pidettävä suojattuna mahdollisimman hyvin aina käyttöönottoon asti. Huolto- ja puhdistusluukkujen toiminta ja tavoitettavuus on varmistettava. (7, s. 19.)

Ilmanvaihtolaitoksen rakennusaikainen käyttö

Ilmanvaihtojärjestelmää saa käyttää rakennusaikana, vain mikäli koneessa on suunnitelmien mukaiset suodattimet. Käytön jälkeen suodattimet on vaihdettava ja järjestelmänosat on puhdistettava vaaditun puhtausluokan tasolle. Puhdistuksen saa suorittaa vasta kun kohde on täyttää toimintakoevaiheen puhtausedellytykset. (7, s. 19.)

Ilmanvaihtolaitoksen käyttö- ja huolto-ohjeet

Vähintään seuraavat asiat on esitettävä ilmanvaihtolaitoksen käyttö- ja huolto-ohjeissa :

- Suunnitellut käyntiajat
 - ilmanvaihtojärjestelmää tulee käyttää käyttöajan ilmavirroilla 6–12 kk sen käyttöönotosta eteenpäin
- Suodattimien vaihtoväli
 - loppupainehäviö tai muu suunniteltu vaihtoväli
 - kastunut, rikkoutunut tai erittäin likainen suodatin on vaihdettava välittömästi
 - suodattimien kuntoa ja niiden asennuksen tiiveyttä on tarkkailtava vaihtovälin aikana
 - yksiportainen kuitusuodatin on vaihdettava vähintään 6 kk:n välein, kaksi portaisessa suodatuksessa karkea suodatin on vaihdettava 6 kk:n välein ja hienosuodatin vuoden välein. (7, s. 19.)

Kanavien puhdistus

Tulo- ja poistoilmakanavistojen puhtaus tulee tarkistaa viiden vuoden välein LVI 39-10409 -ohjekortin mukaisesti vähintään viidestä eri pisteestä. Mikäli kanavistot todetaan tavoiteltua puhtausluokkaa likaantuneimmiksi, tulee ne puhdistaa. (7, s. 19.)

2.3 Talotekniikka info; Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas

Talotekniikka info on julkaissut verkkosivuillaan Sisäilmasto ja ilmanvaihto oppaan Ym:n sisäilmasto ja ilmanvaihto -asetuksen soveltamisen tueksi. Opas koostuu asetuksen pykälää ohjeistavista teksteistä ja esimerkeistä. Seuraavissa alaotsikoissa käydään läpi opetustilojen rakennusterveyden kannalta merkityksellisiä ohjeistuksen kohtia. Mikäli oppaan ohjeistus ei ole rakennusterveyden kannalta merkittävä tai ohjeistus myötäilee aiemmin esitettyä Sisäilmastoluokituksen ohjeistusta, ei kyseistä ohjeistusta alaotsikoissa erikseen esitetä.

Sisäilmaston suunnittelu

Oppaassa suositellaan laatimaan yhteenveto LVI-suunnittelun ja toteutuksen perusteista, jolla osoitetaan Sisäilmaston suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden huomioiminen suunnittelussa. Yhteenvedossa tulisi esittää mm. sisäilmaston mitoitusarvot ja olosuhdetavoitteet, sisäiset mitoituskuormat ja ulkoiset olosuhteet sekä ilmanvaihdon suunnittelun pohjana olleet järjestelmäratkaisut. (8, s. 7–8.)

Huonelämpötilojen suunnitteluarvot

Ym:n asetuksen mukaan on huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona käytettävä 21 °C:n lämpötilaa. Oppaan mukaan asetuksen mukaisesta huonelämpötila suunnitteluarvosta voidaan perustellusti poiketa tilakohtaisesti. Koulukohteissa esimerkiksi liikuntasalissa voidaan oppaan mukaan käyttää lämpötilan suunnitteluarvona 18 °C. Asetuksen mukaisesta suunnitteluarvosta poikkeavien tilojen suunnittelu on toteutettava siten, ettei viereisten tilojen viihtyvyys heikkene. Mikäli tilassa on suuria lasipintoja tai muita säteilyvaikutuksen avulla lämpötuntemukseen vaikuttavia kylmiä pintoja, on huonelämpötilan sijaan mitoituksessa käytettävä operatiivista lämpötilaa.

Myös tilan käyttötarkoitus voi antaa mahdollisuuden poiketa asetuksen mukaisesta suunnitteluarvosta. Esimerkiksi päiväkotien leikkihuoneissa käyttäjät oleskelevat pitkiä aikoja lattian läheisyydessä. Jotta tila on asetuksen mukaisesti käyttöaikana lämpötilojenkin osalta viihtyisä myös lattian tasolla, tulisi tämän kaltaiset seikat tulisi huomioida suunnittelussa lämmönjakotapaa tai pintamateriaaleja valittaessa. (8, s. 9–10.)

Sisäilman laatu

Sisäilman laadun ylläpitämiseksi oppaassa ohjeistetaan Sisäilmastoluokituksessa mainittujen ohjeistusten lisäksi huolehtimaan tilojen puhtaudesta ja ilmastointijärjestelmän puhdistamisesta viiden vuoden välein.

Oppaan mukaan Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (STM 268/2014) esitetyt työpaikkojen hengitysilman epäpuhtauksien haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP), eivät saa toimia mitoitusarvoina tavanomaisissa tiloissa. Yksittäisen aineen vaikutuksen ollessa täysin hallitseva, saavat mitatut pitoisuudet saavat olla yleensä korkeintaan 1/10 työpaikan hengitysilman haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (HTP). Jos mitattuja aineita on useampia, eikä niiden yhteisvaikutusta tunneta, on hyväksyttävä pitoisuus:

$$\sum_i (C_i/HTP_i) > 0,1$$

C_i on mitattu yhden aineen pitoisuus

HTP_i kyseisen aineen haitalliseksi tunnettu pitoisuus (8h).

Oppaan mukaan uuden rakennuksen ilmanvaihdon käyttäminen jatkuvasti käyttöajan ilmavirroilla voi olla Sisäilmastoluokituksen ohjeistusta lyhytkestoisempaa, jos epäpuhtausemissioiden vakiintuminen voidaan osoittaa mittaroimalla. (8, s. 10–11.)

Sisäilman kosteus

Oppaan ohjeistus ei poikkea merkittävästi asetuksesta tai Sisäilmaluokituksessa esitetyistä ohjeistuksista.

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtojärjestelmä tulee varustaa ohjaus-, säätö-, mittaus ja valvontalaitteilla, sekä tarvittavin tarkastusluukuin ja -ikkunoin. Jos ilmanvaihtokoneen ilmavirrat ovat yli 0,5 m³/s, tulee kone varustaa kiinteillä lämpötila ja paine-eromittareilla sekä ilmavirran mittausantureilla ja sähköisillä ilmavirrannäyttölaitteilla, joiden avulla järjestelmän toimintaa voidaan tarkkailla. Pienemmän ilmavirralla tuottavissa koneissa voidaan käyttää siirrettäviä mittalaitteita. Rakennusautomaatiojärjestelmään kytkettyjen koneiden ilmavirtoja

ja tarvittavia paine-eroja ja lämpötiloja seurataan jatkuvatoimisesti ja automaatiojärjestelmään tulee hälyttää ilmavirtojen poiketessa suunnitteluarvoista. Ilmavirtojen trenditiedon kerääminen on suositeltavaa, jotta ilmanvaihdon toimintaa on helpompi analysoida.

Tulo- ja poistoilmavirtojen tulee olla keskenään tasapainossa, jottei ilmanvaihto aiheuta haitallisia paine-eroja rakennusvaipan ylitse. Rakennusvaippa tulee myös varustaa riittävällä määrällä jatkuvatoimisia paine-eromittareita, jotka keräävät paine-eroista trenditietoa.

Toimintakuntonsa säilyttääkseen ilmanvaihtojärjestelmä vaatii huoltoa. Ilmavaihtojärjestelmän ja sitä palvelevan RAU-järjestelmän huoltokirjassa tulee esittää riittävät järjestelmää koskevat lähtötiedot ja tavoitteet sekä huoltoon liittyvät tehtävät ja ohjeet. (8, s. 13–14.)

Ulkoilmavirrat

Ulkoilmavirrat tulee aina ensisijaisesti mitoittaa henkilöperusteen ja tilan käyttötarkoituksen mukaan. Suunnittelussa on kuitenkin huomioitava henkilöperusteen ja tilojen käyttötarkoituksen mukaisten ilmavirtojen riittämättömyys hyvän sisäilman laadun takaamiseksi. Esimerkiksi korkeissa tiloissa pinta-ala ja henkilöperusteisen ulkoilmavirtamitoituksen ilmamäärät johtavat usein alle 0,5 l/h ilmanvaihtuvuuteen, jolloin mitoitusilmavirrat eivät riitä hyvän sisäilmanlaadun ylläpitämiseksi.

Tilakohtaisten hetkellisten epäpuhtauskuormien hallitsemiseksi käytetään usein kohdepoistoja. Kohdepoistoille tulee suunnitella hallittu korvausilman saanti, jottei kohdepoiston käyttö muuta haitallisesti tilan painesuhteita.

Rakennuksen tilakohtaiset poisto- ja tuloilmavirrat voivat olla erisuuret, mutta palvelualueen yhteenlasketut poisto- ja tuloilmavirrat on oltava yhtä suuret.

Sisäisiä kosteuskuormia sisältävät tilat tulee suunnitella lievästi alipaineisiksi (2–5 Pa), jotta kostean sisäilman siirtyminen konvektiona rakenteisiin estetään. (8, s. 15–16.)

Ilmavirtojen ohjaus

Käytettäessä tehostettua tai käyttöajan ulkopuolista ilmavirtaa tulee tulo- ja poistoilmavirtojen säilyä tasapainossa. Käyttöajan ulkopuoliset ilmavirrat ovat asetuksen mukaisia. Opas kuitenkin ohjeistaa, vastoin asetusta, myös mahdollisuudesta poiketa jatkuvasta ilmanvaihdosta käyttöajan ulkopuolella. Ilmanvaihto toteutetaan tällöin joko jaksoittaisena tai kokonaan pysäyttämällä ja sisäilman olosuhdemittausten perusteella tarpeen mukaan käynnistämällä. Käytön aikaisia ilmavirtoja on tällöin kuitenkin käytettävä 1–2 tuntia käytön päätyttyä ja niihin on palattava vähintään 2 tuntia ennen käyttöajan alkua. Mikäli rakennus ei ole päivittäisessä käytössä voidaan oppaan mukaan ilmanvaihto tällaisessa kohteessa käynnistää 12 tunnin, jonka jälkeen konetta pidetään päällä yhtäjaksoisesti niin kauan, että käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihtokerroin vaatimus 0,2 1/h sen vuorokauden osalta täyttyy, tämän jälkeen kone voi pysähtyä, mikäli sisäilman olosuhdemittaukset ovat asetuissa arvoissa. 0,5 1/h ilmanvaihtokertoimella tämä tarkoittaa noin 5 tunnin mittaista käyntijakso mitoitusteholla. Jaksoittaisessa käytössä on myös varmistettava, että koneen sulkupellit avautuvat riittävän ajoissa ennen koneen käynnistymistä, eikä jaksoittainen käynnistyminen aiheuta haitallisia paine-eron muutoksia rakennuksessa.

Muiden kuin asuintilojen ilmavirtojen ohjaus suunnitellaan niin, että ilmavirtojen säätö kuormituksen tai sisäilman laadun mukaan on mahdollista tila- tai palvelualuekohtaisesti. Ohjaus voidaan toteuttaa läsnäolotunnistimilla, tehostus- tai lisäaikapainikkeilla tai sisäilman lämpötila- tai epäpuhtausmittausten perusteella. (8, s. 16–19.)

Ilmansuodatus

Oppaan mukaan suodattimen valinta suoritetaan seuraavasti:

1. Ulkoilman laatutason määrittäminen
2. Tuloilman laatuluokan valinta
3. Suodattimen valinta

Ulkoilman laatutaso on määriteltävissä Sisäilmaluokituksessakin mainitun SFS-EN 16798-3:2017-standardin, eli niin sanotun ODA-luokituksen avulla.

Luokka	Kuvaus ja esimerkki	Hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvot (24 tunnin keskiarvo ja vuosikeskiarvo)	
		PM2,5	PM10
ODA 1 (P) *)	Ulkoilma, jossa on pölyä ainoastaan tilapäisesti (esim. siitepölyä kesäisin). Esim. maaseudun ulkoilmaa	25 µg/m ³	50 µg/m ³ (24h) 40 µg/m ³ (vuosi)
ODA 2 (P)	Ulkoilma, jossa on suuria hiukkasmaisia ja/tai kaasumaisia epäpuhtauspitoisuuksia.	37,5 µg/m ³	75 µg/m ³ (24h) 60 µg/m ³ (vuosi)
ODA 3 (P)	Ulkoilma, jossa on erittäin suuria hiukkasmaisia ja/tai kaasumaisia epäpuhtauspitoisuuksia. Esim. Suuri osa isompien kaupunkien keskusta-alueista sekä teollisuusalueiden ympäristöistä	yli 37,5 µg/m ³	yli 75 µg/m ³ (24h) yli 60 µg/m ³ (vuosi)

*) luokan ODA1 hiukkaspitoisuus vastaa valtioneuvoston ilmanlaadusta antaman asetuksen raja-arvoja.

Kuva 8. SFS-EN 16798-3:2017-standardin mukaiset ulkoilmaluokat (8, s. 23). on esitetty standardin mukaiset määritelmän ulkoilman laadulle. Alueellisen ilmanlaadun voi tarkastaa osoitteesta www.ilmanlaatu.fi valitsemalla eri puolella sijaitsevista mittauspisteistä arviointi kohdetta lähimmän pisteen. Sivustolla esitettyjen tietojen perusteella ilmanlaadun voidaan katsoa lähes koko Suomessa ODA1-luokalle asetetut raja-arvot. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetuksessa sisäilmassa puhtautta arvioidaan sisäilmasta mitattavien PM10 ja PM2,5-hiukkaspitoisuuksien perusteella. Myös uudessa ilmansuodattimia koskevassa standardissa SFS-EN ISO 16980 luokittelu suoritetaan hiukkaskokoluokissa ePM1, ePM2,5 ja ePM10. (8, s. 21–23.)

Luokka	Kuvaus ja esimerkki	Hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvot (24 tunnin keskiarvo ja vuosikeskiarvo)	
		PM2,5	PM10
ODA 1 (P) *)	Ulkoilma, jossa on pölyä ainoastaan tilapäisesti (esim. siitepölyä kesäisin). Esim. maaseudun ulkoilmaa	25 µg/m ³	50 µg/m ³ (24h) 40 µg/m ³ (vuosi)
ODA 2 (P)	Ulkoilma, jossa on suuria hiukkasmaisia ja/tai kaasumaisia epäpuhtauspitoisuuksia.	37,5 µg/m ³	75 µg/m ³ (24h) 60 µg/m ³ (vuosi)
ODA 3 (P)	Ulkoilma, jossa on erittäin suuria hiukkasmaisia ja/tai kaasumaisia epäpuhtauspitoisuuksia. Esim. Suuri osa isompien kaupunkien keskusta-alueista sekä teollisuusalueiden ympäristöistä	yli 37,5 µg/m ³	yli 75 µg/m ³ (24h) yli 60 µg/m ³ (vuosi)

*) luokan ODA1 hiukkaspitoisuus vastaa valtioneuvoston ilmanlaadusta antaman asetuksen raja-arvoja.

Kuva 8. SFS-EN 16798-3:2017-standardin mukaiset ulkoilmaluokat (8, s. 23).

Tuloilman laatuluokat on esitetty . Tuloilman laatuluokat jakautuvat luokkiin SUP 1–5, joista SUP 1–3 -luokkien arvot alittavat asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisäilman hiukkaspitoisuudelle. SUP 4 -luokka vastaa asetuksessa esitettyjä arvoja ja SUP 5 -luokan arvot ovat asetuksessa esitettyjä korkeammat, jolloin kyseisen tuloilmaluokan käyttäminen ODA1-luokkaa huonommassa ulkoilmassa on asetuksen vastaista. (8, s. 23–24.)

Taulukko 1. Standardin SFS-EN 16798-3:2017 mukaiset tuloilmaluokat (8, s. 24).

Luokka	Kuvaus	Hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvot	
		PM2,5	PM10
SUP 1	Tuloilma - erittäin pienet hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	6 µg/m ³	12,5 µg/m ³
SUP 2	Tuloilma - pienet hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	12,5 µg/m ³	25 µg/m ³
SUP 3	Tuloilma - keskimääräiset hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	18 µg/m ³	37,5 µg/m ³
SUP 4	Tuloilma - suuret hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	25 µg/m ³	50 µg/m ³
SUP 5	Tuloilma - erittäin suuret hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	32,5 µg/m ³	75 µg/m ³

Eri ulkoilmaluokat vaativat eri tuloilmaluokissa toisistaan poikkeavia suodatin ratkaisuja. Tiukimmassa tuloilmaluokassa SUP1 vaaditaan kaikkine ulkoilmaluokkien suodattamista vähintään kaksiportaisesti. SFS-EN 16798-3:2017-standardissa ODA3-luokan tuloilma suositellaan suodattamaan hiukkassuodatuksen lisäksi myös kaasusuodattimen avulla. (8, s. 24–26.) Taulukossa 2 Taulukko 2. Standardien SFS-EN 799:2012 ja

SFS-EN ISO 16980 mukaiset suodatinvaatimukset eri tulo- ja ulkoilmaluokissa esitetään eri ulko- ja tuloilmaluokkien vaatimat suodattimet tai suodatinyhdistelmät.

Taulukko 2. Standardien SFS-EN 799:2012 ja SFS-EN ISO 16980 mukaiset suodatinvaatimukset eri tulo- ja ulkoilmaluokissa (8, s. 25–26)

Ulkoilmaluokka	Tuloilmaluokka							
	SUP1		SUP2		SUP3		SUP4	
ODA 1	M5+F7	ePM10 50% +ePM1 50%	F7	ePM1 50%	F7	ePM1 50%	F7	ePM1 50%
ODA 2	F7 +F7	ePM2.5 65% +ePM1 50%	M5+F7	ePM10 50% +ePM1 50%	F7	ePM1 50%	F7	ePM1 50%
ODA 3	F7 +F9 ¹⁾	ePM2.5 65% +ePM1 80% ¹⁾	F7 +F7	ePM2.5 65% +ePM1 50%	M6 +F7	ePM10 50% +ePM1 50%	F7	ePM1 50%

Standardit

SFS-EN 799:2012

SFS-EN ISO 16980

¹⁾ SFS-EN16798-3:2017 standardissa hiukkassuodatuksen lisäksi suositellaan käytettäväksi myös kaasusuodatusta

Poistoilmaluokat

Opas ei sisällä asetuksesta tarkempaa ohjeistusta poistoilmaluokkien käsittelystä, mutta antaa

Kuva 9. Rakmk D2/2012 mukaisia esimerkkejä eri käyttötarkoituksessa olevien tilojen jäteilmaluokituksesta (8, s. 28). mukaisia esimerkkejä eri käyttötarkoituksessa olevien tilojenpoistoilmaluokista, kyseiset esimerkkitalat ovat esitetty myös vuonna 2012 voimaantulleessa rakentamismääräyskokoelman osassa D2.

Poistoilma-luokka	käytön rajoitus	tilaesimerkkejä
Luokka 1	Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta.
Luokka 2	Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat. Myymälöiden, kahviloiden ja pizzerioiden kierto-/pizzauunin huuvan poistoilma voidaan liittää luokan 2 poistoilmakanavaan.
Luokka 3	Poistoilmaa tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, pyykin kuivatushuoneet, ulkoiluvälinevarastot, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, kopiolaitokset
Luokka 4	Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot sekä pesuloiden likapyykkitilat. Autosuoja- ja -maalaamot, ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarviketeollisuuden kemialliset laboratoriot ja tupakointitilat. Elintarviketeollisuuden ja suurpesuloiden tilat.

Kuva 9. Rakmk D2/2012 mukaisia esimerkkejä eri käyttötarkoituksessa olevien tilojen jäteilma-
luokituksista (8, s. 28).

Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen

Oppaassa mainitut ohjeistukset ovat lähes täysin vuonna 2012 voimaantulleen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisia.

Palautus-, siirto- ja kierrätysilma

Koska palautusilmaa ei asetuksen mukaan voi käyttää koulukohteissa, on oppaan mukaan tahattoman kulkeutumisen estämiseksi kiinnitettävä huomioita erityisesti lämmöntalteenottolaitteen tiiveyteen ja sen painesuhteisiin. Poistoilmaluokan 1 kierrätysilmaa voi koulukohteessa käyttää rajoituksetta ja poistoilmaluokan 2 kierrätysilmaa voi käyttää, mikäli ilmanlaatua voidaan tarkkailla jatkuvasti. (8, s. 35–36.)

Epäpuhtauksien leviäminen lämmöntalteenottolaitteessa

Lämmöntalteenottolaitteen painesuhteet ja rakenne tulee suunnitella ja toteutetaan niin, ettei poistoilmaa kulkeudu LTO:ssa merkittävästi tuloilman puolelle. Jos poistoilmasta voi siirtyä hajua tai epäpuhtauksia (poistoilmaluokka 3) tulee lämmöntalteenottolaitteen sisäiseen tiiveyteen kiinnittää erityistä huomioita. Regeneratiivista lämmönsiirrintä eli pyörivää kiekkoa käytettäessä saa poistoilma sisältää enintään 5%:a kokonaispoistoilmavirrasta luokan 3 poistoilmaa. (8, s. 36–37.)

Ilman jako ja poisto

Tuloilman tulee jakautua oleskeluvyöhykkeelle mahdollisimman tasaisesti ja tilassa muodostuvien epäpuhtauksien tulee kulkeutua mahdollisimman suorasti poistoilmapäätelaitteisiin. Tuloilma ei saa virrata suoraan poistoilmapäätelaitteisiin käymättä oleskeluvyöhykkeellä.

Ilmanjaon suunnittelussa on myös huomioitava ulkoiset ja sisäiset lämpökuormien, tuloilman lämpötilan vaikutus ilmanjakautumiseen, sekä päätelaitteiden yhteisvaikutus ja tilojen muunneltavuus esimerkiksi siirtoseiniä käytettäessä. Työpisteillä mahdollisesti muodostuvien pölyn, kaasujen tai höyryjen tulee toteuttaa kohdepoistoilla. (8, s. 37.)

Ilmanvaihdon yhdistäminen

Korkeintaan kolmen tilan, joiden poistoilma on luokan 3 poistoilmaa, voidaan yhdistää 1- ja 2-poistoilmaluokkien pystykanaviin. Tällöin luokan 3 poistoilmavirta ei saa ylittää 10 %:a pystykanavan kokonaisilmavirrasta. 3- tai 4-poistoilmaluokkaan kuuluvien tilojen ilmanvaihtoon voidaan käyttää 1- ja 2-poistoilmaluokkiin kuuluvien tilojen poistoilmaa. (8, s. 39–40.) Ohjeistuksen määritelmä korkeintaan kolmesta tilasta on kummallinen, ja tekee 3-luokan poistoilma yhdistämisen 1- ja 2-poistoilmaluokan pystykanaviin esimerkiksi koulukiinteistöissä, joissa on yleensä useita vierekkäisiä wc-tiloja, hankalaksi. Myös ohjeistuksen sanamuoto, jonka mukaan 1- ja 2-poistoilmaluokkien poistoilmaa voitaisiin

käyttää 3- tai 4-poistoilmaluokkaan kuuluvien tilojen ilmanvaihtoon, kuulostaa palautusilman käyttämiseltä, joka on voimassa olevan ilmanvaihtoa koskevan asetuksen mukaan koulukiinteistöissä kielletty.

Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys- ja lujuusvaatimukset

Kohteen ilmanvaihtojärjestelmän tiiviysluokan mukainen vuotoilmavirta tulee huomioida kokonaisilmavirrassa. Yleisimmässä tiiveysluokassa (B) tulee puhaltimen kokonaisilmavirran täten olla 2 %:a suurempi kuin kyseisen koneen palvelualueen tilakohtaisten ilmavirtojen summa. (8, s. 40–44.)

Ilmavirroista aiheutuvat paineet ja rakenteiden ilmanpitävyys

Järjestelmän palvelualuekohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat tulee suunnitella tasapainoon. Kohteen kohdepoistojen ilmavirrat tulee huomioida ja suunnitelmissa on osoitettava kohdepoistoja vastaavat korvausilmavirrat ja niiden reitit. Korkeiden rakennusten ilmanvaihto toteutetaan tarvittaessa useammalla ilmanvaihtokoneella. Yhden koneen ylimmän ja alimman päätelaitteen välinen maksimikorkeusero voidaan määrittää CEN/TR 16798-4:2017 -raportissa esitetyllä kaavalla:

$$D_{max} = 600 / (T_a - T_{out, min}),$$

D_{max} on maksimikorkeusero (m)

T_a on sisälämpötila (°C) ja

$T_{out, min}$ on ulkolämpötila suunnitteluarvo talvitilanteessa (°C).

jolloin Etelä-Suomen mitoittavalla lämpötilalla (–26 °C) ja lämmityskauden sisälämpötilan suunnitteluarvolla (21 °C), päätelaitteiden maksimikorkeusero on noin 12,8 metriä.

Ilmavirtojen tarpeenmukaisensäädön toiminta ei saa aiheuttaa paine-erojen haitallisia muutoksi eri huonetilojen ja rakennuksen sisä- ja ulkoilman välillä.

Painovoimasta ja koneellista ilmanvaihtoa ilmanvaihtojärjestelmää ei voi käyttää samassa rakennuksessa, painovoimaisen järjestelmän virtaussuunnan mahdollisesta muuttumisesta johtuen. (8, s. 44–46.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuus ja huollettavuus

Oppaan kyseinen ohjeistus ei sisällä rakennusterveyden kannalta olennaisia tai aikaisemmissa kohdissa mainitsematonta tietoa.

Ilmanvaihtojärjestelmän eristäminen

Kosteuseristeenä voidaan käyttää useita eri eristemateriaaleja. Villaeristettä käytettäessä on kondenssieristyksen onnistumiseksi päällysteen pituus- ja poikittaissaumat teipattava huolellisesti. Kondenssieristeen on oltava tiiviisti kiinni kanavan pinnassa, jotta ilman kondensoituminen kanavan ulkopintaan vältetään. Kannakkeet eivät saa vaurioittaa kondenssieristettä. Ulospuhallusilmakanava tulee olla yhtenäinen ulospuhalluslaitteen eristeeseen saakka. (8, s. 51–52.)

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmanmukaisuuden toteaminen

Oppaan kyseinen ohjeistus ei sisällä rakennusterveyden kannalta olennaisia tai aikaisemmissa kohdissa mainitsematonta tietoa.

2.4 Asumisterveysasetus 545/2015

Asumisterveysasetus toimii pohjana rakennusten terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Asetuksessa ilmoitetaan eri altisteille toimenpiderajat, joiden ylittyessä on ryhdyttävä terveydensuojelulain 27 §:ssä tai 51 §:ssä esitettyihin toimiin havaitun altisteen alkuperän toteamiseksi ja mahdollisesti havaitun altisteen poistamiseksi tai altistuksen rajoittamiseksi.

Altisteiden aiheuttamia terveyshaittoja arvioitaessa on otettava huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto. Lisäksi on huomioitava myös mahdollisuudet estää tai rajoittaa altisteen vaikutuksia käyttäjiin. (10, 1 §, 3 §.)

Seuraaviin alaotsikoihin on koottu koulukohteiden sisäilma- ja kosteusteknisen tutkimuksen yhteydessä suoritettavan ilmanvaihdon tutkimuksen kannalta huomioitavia asetuksessa esitettyjä määräyksiä.

Mittaus, näytteenotto ja analyysi

Toimenpiderajojen arvioinnissa käytettävät mittaus- ja näytteenottomenetelmien tulee olla standardoituja ja mittalaitteiden kalibroituja. Tutkimukset tulee suorittaa tilan normaalia käyttöä vastaavissa oloissa. Toimenpiderajan ylittymistä arvioidessa tulee huomioida myös mittalaitteiden ja käytettyjen tutkimus- ja analyysimenetelmien epävarmuudet. (10, 4 §.)

Huoneilman kosteus

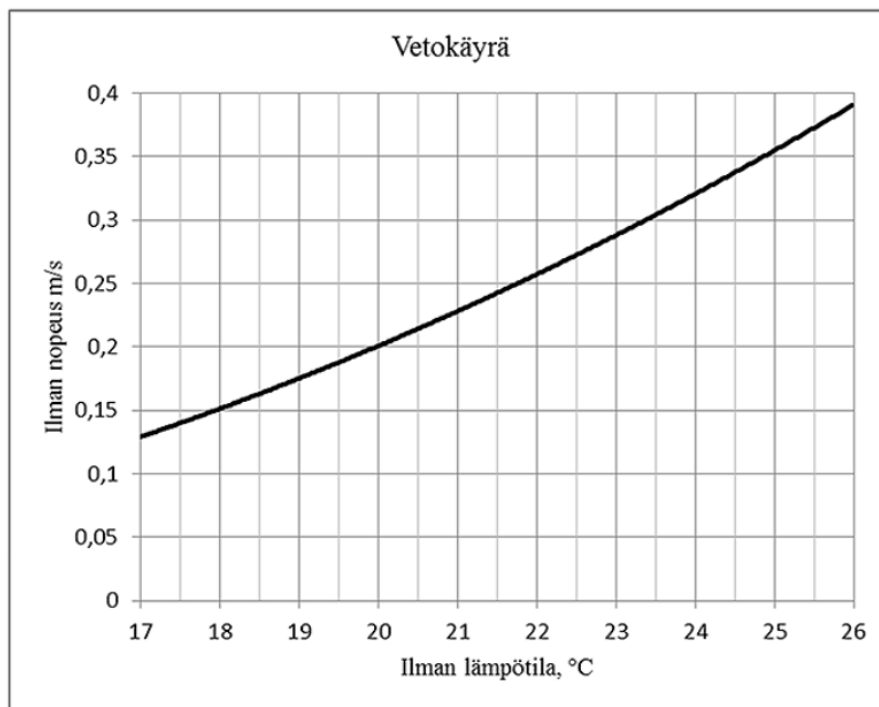
Ilmankosteus ei asetuksen mukaan saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että se aiheuttaa mikrobikasvuriskin rakenteille, laitteille tai niiden pinnoille (10, 5 §).

Lämpötila ja ilman virtausnopeus

Huonelämpötilojen mittaus tulee suorittaa noin 1,1 metrin korkeudelta, eivätkä ne saa poiketa Taulukko 3 esitetyistä lämpötilojen toimenpiderajoista, myöskään oleskelutilan ilmavirran nopeudet eri lämpötiloissa eivät saa ylittää Kuva 10 osoitettuja enimmäisnopeuksia. (10, 6 §.)

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen mukaiset lämpötilojen toimenpiderajat oppilaitoksissa (10, liite1)

Lämpötilojen toimenpiderajat	
<i>Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C



Kuva 10. Asumisterveysasetuksen mukaiset enimmäisilmannopeudet eri lämpötiloissa (10, liite1)

Ilmanvaihdon yleiset arviointiperusteet

Ilmanvaihdon tuottamien ulkoilmavirtojen on oltava käyttötärpeeseen perustuen riittävän puhtaita ja mitoitukseltaan riittäviä. Ilman tulee myös vaihtua koko oleskeluvyöhykkeellä, eikä puutteellinen ilmanvaihto saa aiheuttaa mikrobikasvun riskiä. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus ei saa olla 1150 ppm ulkoilman hiilidioksidipitoisuutta suurempi. Käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee toimia vähintään siten, etteivät sisäilmaan haihtuvat yhdisteet eivät saa aiheuttaa käytönaikana tiloja käyttäville terveyshaittaa. (10, 8 §.)

Muiden oleskelutilojen ilmanvaihto

Ensisijaisesti käytön aikaisen ulkoilmavirran tulee olla pinta-alaperusteisesti vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ tai henkilöperusteisesti $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. Ulkoilmavirran mitoitus voi olla kuitenkin vain $4 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$, jos voidaan osoittaa, ettei tämä aiheuta käyttäjille terveyshaittaa, tilojen liiallista lämpenemistä tai mikrobikasvun riskiä. (10, 10 §.)

Melunmittaaminen ja toimenpiderajat

Mittaus tulee yleisesti suorittaa pääkorkeudelta oleskeluvyöhykkeellä 0,5 metrin etäisyydellä huonepinnoista. Mittauksen aikana tuuletusluukkujen, ikkunoiden ja ovien tulee olla suljettuina. Sisätilojen melu, talotekniikanlaitteiden äänitasot mukaan luettuina, eivät saa ylittää Taulukko 4 esitettyjä arvoja. (10, 11 §.)

Taulukko 4. Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat melulle oppilaitoksissa. (10, liite 2)

<i>Kokoontumis- ja opetushuoneistot</i>	
<i>Huoneisto ja huonetila</i>	<i>Päiväajan keskiäänitaso L_{Aeq} (klo 7–22)</i>
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB
muut kokoontumistilat	40 dB

Kemiallisten tekijöiden mittaus ja toimenpiderajat

Kemiallisten tekijöiden mittaus suoritetaan ilmanäytteenotolla tilojen käyttöä vastavassa tilanteessa 1,1 metrin korkeudelta oleskeluvyöhykkeeltä tai keskeltä tilaa. Näytteenoton aikana tuuletusluukkujen, ikkunoiden ja ovien tulee olla suljettuina. Mittaustulokset eivät saa ylittää alla olevassa taulukossa esitettyjä arvoja. Taulukossa esitettyjen yhdisteiden lisäksi sisäilmassa ei saa olla aistinvaraisesti havaittavaa tupakanhajua. (10, 14 §.)

Taulukko 5. Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat sisäilmassa havaittaville kemiallisille yhdisteille (10, 15 §, 16 §, 17 §)

Sisäilman kemiallisten yhdisteiden raja-arvot	
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (Tvoc)	400 µg/m ³
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)	10 µg/m ³
Naftaleeni	ei saa esiintyä hajua, 10 µg/m ³
Styreeni	40 µg/m ³
Muut yksittäiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet	50 µg/m ³
Formaldehydi (30 minuutin mittauksen keskiarvo)	100 µg/m ³
Formaldehydi (vuosikeskiarvo)	50 µg/m ³
Hiilimonoksidi	7 µg/m ³

Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Sisäilmassa havaittavien hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuudet eivät saa ylittää seuraavia toimenpiderajoja:

- Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuus korkeintaan 50 µg/m³/24 h,
- Pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuus korkeintaan 25 µg/m³/24 h,
- teolliset mineraalikuitujen laskeuma 0,2 kuitua/cm²/14 vrk ja
- asbestikuituja ei saa esiintyä sisäilmassa (toimenpideraja 0,01 kuitua/cm³) (9, 19 §.)

Mikrobit

Toimenpide rajana pidetään aistinvaraisesti havaittavaa tai mikrobianalyysillä varmistettua sisätiloissa tai rakenteissa sijaitsevaa mikrobikasvustoa, tai korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, joilla on ilmayhteys sisäilmaan ja jotka eivät ole kosketuksessa maaperän tai ulkoilman kanssa. (10, 20 §.)

2.5 Tilan ulkoilmavirran mitoitus hiilidioksidikuormituksen perusteella, Ympäristöministeriön laskentaopas

Ympäristöministeriön toimesta laaditussa laskentaoppaassa käydään läpi ulkoilmavirtojen mitoitustarvetta tilankäyttäjien muodostaman hiilidioksidikuormituksen perusteella.

Laskentaoppaan mukaan tilan hiilidioksidikuormituksen poistoon tarvittavat ulkoilmavirtojen määrityksessä voidaan hyödyntää tasapainotilanteen laskennan periaatteita, joiden mukaan tilaan tulevat hiilidioksidivirrat ovat tasapainotilanteessa yhtä suuret kuin huoneesta lähtevät hiilidioksidivirrat:

$$q_{ulko} * C_{ulko} + q_{korvaus} * C_{korvaus} + G = q_{poisto} * C_{poisto},$$

q_{ulko} on ulkoilmavirta (dm^3/s)

$q_{korvaus}$ on korvausilmavirta (dm^3/s)

q_{poisto} on poistoilmavirta (dm^3/s)

C_{ulko} on ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (ppm)

$C_{korvaus}$ on korvausilman hiilidioksidipitoisuus (ppm)

C_{poisto} on poistoilman hiilidioksidipitoisuus (ppm) eli sisäilman suunnittelu-arvo

G on tilassa oleskelevien henkilöiden hiilidioksidituotto tilaan (dm^3/s) (11, s. 4-9)

Ulko- ja poistoilmavirtojen ollessa yhtä suuria ($q_{ulko} = q_{poisto}$) ja jos korvausilmavirtaa ei ole ($q_{korvaus} = 0$), voidaan edellä esitetty kaava johtaa seuraavaan muotoon:

$$q_{ulko} * C_{ulko} + 0 * C_{korvaus} + G = q_{ulko} * C_{poisto}$$

$$G = q_{ulko} * C_{poisto} - q_{ulko} * C_{ulko}$$

$$G = q_{ulko} * (C_{poisto} - C_{ulko})$$

$$q_{ulko} = \frac{G}{C_{poisto} - C_{ulko}}$$

Tilassa oleskelevien henkilöiden hiilidioksidintuotto (G) tilaan riippuu henkilöiden kehon pinta-alasta ja aktiivisuus tasosta. Yhden henkilön hiilidioksidin tuotto saadaan kaavasta (2).

$$V'CO_2 = RQ * \frac{0,00276 * A_{keho} * M}{0,23 * RQ + 0,77}$$

$V'CO_2$ on yhden henkilön hiilidioksidituotto tilavuusvirtana (dm^3/s)

RQ on hengitysosamäärä, jonka standardiarvo on 0,83

M on fyysinen aktiivisuus (met),

A_{keho} on kehon keskimääräinen pinta-ala (m^2). (11 s. 8)

Fyysinen aktiivisuus (M) vaikuttaa aineenvaihdukaan ja siten myös henkilön tuottamaan hiilidioksidin määrään. Fyysisen aktiivisuuden vaikutus voidaan määrittää Kuva 11 esitettyjen vaihtoehtojen perusteella.

Fyysisen aktiivisuuden mittarina käytetään ihmisen aineenvaihdunnan tehoa eri toiminnoissa. Aineenvaihdunnan tehona käytetään ns. metabolista ekvivalenttia (lepoaineenvaihdunnan kerrannainen, yksikkö met), jonka avulla henkilön kokonaislämmönluovutus ja hiilidioksidituotto voidaan laskea. Alla on esitetty fyysisen aktiivisuuden mittarin metabolisen ekvivalentin arvoja vastaava kokonaislämmönluovutus sekä hiilidioksidituotto erilaisissa toiminnoissa. Kokonaislämmönluovutus ja CO_2 -tuotto on laskettu kehon pinta-alalla $1,8 m^2$ ja hengitysosamäärällä 0,83.

0,8 met	nukkuminen ³ , kokonaislämmönluovutus 84 W ja hiilidioksidituotto 12,4 dm^3/h
1,0 met	rauhallinen istuminen ³ , kokonaislämmönluovutus 104 W ja hiilidioksidituotto 15,4 dm^3/h
1,2 met	toimistotyö, seisominen ³ , kokonaislämmönluovutus 125 W ja hiilidioksidituotto 18,5 dm^3/h
1,4 met	opetustyö ³ , kokonaislämmönluovutus 146 W ja hiilidioksidituotto 21,6 dm^3/h
1,6 met	rauhallinen liikkuminen ³ , kokonaislämmönluovutus 167 W ja hiilidioksidituotto 24,7 dm^3/h
1,8 met	myymälätyö ³ , kokonaislämmönluovutus 188 W ja hiilidioksidituotto 27,8 dm^3/h
2,0 met	kävely (3,2 km/h) ³ , kokonaislämmönluovutus 209 W ja hiilidioksidituotto 30,9 dm^3/h
3,0 met	kävely (5,0 km/h) ³ , kokonaislämmönluovutus 313 W ja hiilidioksidituotto 46,3 dm^3/h
4,0 met	kävely (6,5 km/h) ³ , kokonaislämmönluovutus 418 W ja hiilidioksidituotto 61,8 dm^3/h
6,0 met	reipas kävely (8,0 km/h) ³ , kokonaislämmönluovutus 626 W ja hiilidioksidituotto 92,7 dm^3/h
7,0 met	squash/koripallo ³ , kokonaislämmönluovutus 731 W ja hiilidioksidituotto 108,1 dm^3/h

Kuva 11. Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset hiilidioksidin tuottoon (11, s. 9)

Laskelmissa voidaan kehon keskimääräisenä pinta-alana (A_{keho}) käyttää Kuva 11 esitettyä kehon keskimääräistä pinta-alaa $1,8 m^2$.

Näin ollen yhden henkilön opetustyössä luokkahuoneeseen (1,4 met) tuottaman hiilidioksidin poistamiseen tarvittava ilmamäärä voidaan laskea kaavojen 1 ja 2 avulla.

Ensin selvitetään yhden henkilön tuottama hiilidioksidimäärä:

$$V'CO_2 = 0,83 * \frac{0,00276 * 1,8 * 1,4}{0,23 * 0,83 + 0,77}$$

$$V'CO_2 = 0,006077 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Jonka jälkeen kaavalla (2) voidaan selvittää yhden henkilön tuottaman hiilidioksidin poistamiseksi tarvittava tuloilmamäärä S3 sisäilmaluokan tavoitetasolla (1200 ppm) kaavan osamäärä kerrottava miljoonalla, koska hiilidioksidipitoisuus ppm on $1 \cdot 10^{-6}$:

$$q_{ulko} = \frac{0,006077 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}}{1200\text{ppm} - 400\text{ppm}} * 1000000$$

$$q_{ulko} = 7,59625 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$$

Opetustilanteessa hiilidioksiditason pitämiseksi Ympäristöministeriön asetuksessa määrätyn 1200 ppm:n tasolla, yhden henkilön muodostaman hiilidioksidimäärän poistamiseksi tarvitaan siis noin 1,5 dm³/s suurempi ilmavirta, kuin mitä ympäristöministeriön asetuksen minimiarvo henkilöperusteiseksi minimi-ilmavirraksi (6 dm³/s/hlö) on. Laskentakaavan tulosta määrittävän hiilidioksiditason kohoamiseen käyttäjän aktiivisuustason lisäksi, vaikuttavat kuitenkin oleskelutilan tilavuus ja tilassa yhtäjaksoisesti oleskeltu aika. Näin ollen riittävän tilavan luokkatilan ja lyhyiden käyttöjaksojen myötä, ei hiilidioksidipitoisuus välttämättä kohoakaan luokkatilassa 6 dm³/s/hlö mitoituksella yli 1200 ppm raja-arvon.

2.6 Ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräiset tekniset käyttöiät

Nykyaikainen ilmanvaihtojärjestelmä koostuu useista komponenteista, joiden tekniset käyttöiät vaihtelevat suuresti. Pääsääntöisesti ilmanvaihtolaitoksen keskimääräistä elinkaarta voidaan pitää noin 25 vuoden mittaisena. Viimeistään tämän jälkeen suuri osa ilmanvaihtojärjestelmän osista kaipaa kunnostamista. Järjestelmän elinkaarta voidaan kuitenkin suhteellisen pienillä kustannuksilla pidentää järjestelmällisellä huollolla ja korjaustoimilla, johon kuuluvat esimerkiksi puhaltimen laakereiden ja tärinänvaimennuksien vaihto. Sen sijaan pattereiden vuodot tai kostuttimien ja toimilaitteiden vikaantuminen johtaa yleensä osan uusintaan. Jäljellä olevaa käyttöikää arvioitaessa tulisi huomioida myös järjestelmän käyttökustannukset ja soveltuvuus nykyiseen käyttötarkoitukseen ja uusiin vaatimuksiin sisäilmalaadulle. Taulukko 6 esitetty ohje ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräisen teknisen käyttöiän arviointiin on hyvä apuväline, mutta arvioinnissa tulee edellä mainittujen tekijöiden lisäksi huomioida myös laitteistoon tehty huolto, käyttövarmuus ja kohteen rakenneosien elinkaari. Käyttöiän ja tarvittavien korjaustoimenpiteiden arvioinnissa on pyrittävä löytämään teknisesti ja taloudellisesti järkeviä ratkaisuja.

Taulukko 6. Ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräiset tekniset käyttöiät RT-18-10922 ohjetiedoston mukaiset (12, s. 23- 26)

Tunnus	Nimikkeen otsikko, määritelmä	Tyypillinen rakentamisaika ja muu tarkempi määrittely	Keskimääräinen tekninen käyttöikä			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet		Huomautuksia
			vuotta (R = rakennuksen ikä, J = järjestelmän ikä)			Tarkastusväli vuotta	Huoltoväli / kunnossapitoväli vuotta	
			Resituloluokka 1 vaikea	2 normaali	3 kevyt			
G3	Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmät		Ilmanvaihto toimii jatkuvasti (24 h/d, 7 pv/vko)	Ilmanvaihto toimii arkipäivien päiväkäyttöä (9...10 h/d, 5 pv/vko) vastaavalla käyttöajalla (50 h/vko)	Ilmanvaihto toimii jottakin tuntia vuorokaudessa (10...20 h/vko)		Silmämääräinen tarkastus: tiivisyys, liitokset, ilman esteetön virtaus, äänet, kosteus	
G31	Ilmastointikoneisiin liittyvät osat							Osa uusitaan harvoin yksittäin. Puhallin lytykäs.
G3110	Puhallimet (akaaiaipuhallimet, keskikokoispuhallimet, huppumurti, savunpoistopuhallimet, erikoispuhallimet)		10...15	20...25	30...40		Moottorin kuume-neminen, laakeri-äänet, kilahtavan kireys, tasapaino, siipiyöran puhtaus	Rippuu käyttöajasta.
G3120	Suodattimet (kultusuodattimet, sähkösuodattimet)		10...15	20...25	30...40		Puhtautta seuran-taan.	6...12 kk suodattimien vaihtopuhdistus, tarvittaessa useammin rippuen rakennuksen sijainnista. Tarkempi vaihtoväli todetaan näköhavainnoin: suodatin on syytä vaihtaa, kun sen taustapuoli on kaur-taaltaan tummunut.
G3130	Ilmastoinnin patterit (vesi- ja liuospatterit, muut patterit)		10...15	20...25	30...40			
	Lämmityspatterit (vesikiertoiset lamellipatterit, sähköpatterit)		10...15	20...25	30...40			Sähköpattereissa riittämätön jälki-huuhelu lyhentää käyttöikä.
	Jäähdytyspatterit (vesikiertoiset lamellipatterit, suorahyörytyspatterit)		10...15	20...25	30...40		12 kk kondensa-ti-vesiviemäroinnin toiminnan tarkastus	
G3140	Lämmönalteenotto (nestekiertoiset lämmönalteenottolaitteet, pyörivät lämmönalteenottolaitteet, levyläm-mönsiirtimet, muut lämmönalteenottolaitteet)							
	Lämmönalteenotto (nestekiertoiset vesikytköpatterit, levyläm-mönsiirtimet, pyörivät lämmönsiirtimet)		10...15	20...25	30...40		12 kk huurtumi-nerestön tarkastus	Oykoiluksen pituus ja mahdolliset kiertonesten lisääl-leet vaikuttavat oleellisesti.
G3150	Kostuttimet (haihdutuskostuttimet, höyrykostuttimet)		10...15	20...25	30...40			
	Kennokostutin (ylivuotallaas, uimuri)	...1990		15...20				
	Höyrykostutin	1990...		10...15				
G3160	Äänenvaimentimet (äänenvaimennetut kanavat, äänenvaimen-nusverhoukset, erilliset äänenvaimentimet)							Vaimentimesta irtoavat mineraalivilakuidut aiheuttavat uusintatarpeen.
G3170	Suku-, säätö- ja mittauslaitteet (sulkupellit, säätöpelit, ilmavirran mittaus-laitteet)		10...15 Toimialue 5...10	20...25		12 kk		Sulakkeen tarkistami-nen
G3180	Sekolusosat		10...15 Toimialue 5...10	20...25	30...40	12 kk		
G32	Ilmastointikoneet, ks. G31							
G33	Kanavistot ja kanaviston varusteet							
G3310	Kanavat (pyöreät kanavat, suorakaidekanavat, soikkikanavat, muovikanavat, valmiiksi eristetyt kanavat, rakennusaiheiset kanavat)							
G3320	Kanaviston varusteet							
G3322	Puhdistus- ja tarkastusluukut		J	J	J			
G3323	Sulkupellit		J	J	J			Sulakkeen tarkistami-nen
G3324	Säätöpelit		J	J	J			Sulakkeen tarkistami-nen
G3325	Palopellit	Sulakkeella tai moottorilla	J	J	J			Sulakkeen tarkistami-nen
G3326	Ilmavirran hallinta- ja mittauslaitteet							
	Ilmavirtasäätimet (vakiovirtasäätimet, virtaussäätimet, lvs-yksiköt)		10	20	20	12 kk		Toimilaitteen käyttöikä
	Jälkilämmityspatterit					12 kk		
	- vesikiertoinen lamellipatteri		20	30	40			
	- sähköpatteri		10	15	20			Vaastuksen käyttöikä. Kontaktorei-den käyttöikä voi olla lyhyempi.
	Jäikijäähdytyspatterit							
	- vesikiertoinen lamellipatteri		20	30	40	12 kk		
	- suorahyörytyspatteri		20	30	40	12 kk		

3 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimista koskevat ohjeistukset

3.1 Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusoppas 2016

Vuoden 2016 Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimusoppaassa ilmanvaihtojärjestelmän tutkimisista käsitellään kappaleessa 3.8. Oppaassa ilmanvaihdon merkitys sisäilman laatuun on jaettu kolmeen osatekijään, joita ovat

- 1) Ilmamäärien ilman jakautuminen ja riittävyys
- 2) Ilmanvaihtojärjestelmän toimiminen itsessään epäpuhtauslähteenä
- 3) Ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen painesuhteisiin ja epäpuhtauksia kuljetta-
viin ilmavuotoihin (8, s. 82)

Näiden tekijöiden perusteella ilmanvaihdontutkiminen on jaettu neljään päävaiheeseen, joita ovat

- 1) Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastaminen
- 2) Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastaminen
- 3) Ilmamäärien mittaaminen
- 4) painesuhteiden mittaaminen (8, s. 82)

Näiden neljän päävaiheen sisältämän tarkastuskohteet ja –menetelmät on esitelty seuraavissa vaiheiden mukaisissa alakappaleissa.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastaminen

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastusta varten oppaassa ohjeistetaan selvittämään seuraavat asiat:

- ilmanvaihtojärjestelmän toimintatapa
- eri palvelualueiden ilmanvaihtokoneet, erillispuhaltimien ja niiden ohjaus-
tapa
- laitteiden ikä ja kunto
- viimeisimmän suodatinhuollon ajankohta
- kohteen ilmanjakotapa ja sen toimivuus kohteessa.

Oppaan mukaan rakennusautomaatio on tärkeä osa toimivaa ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtokoneen ja erillispuhaltimien väliset keskinäiset toiminnanohjaukset ja erilaiset aikaan ja ulkoilmanlämpötilaan perustuvat ohjaukset voivat johtaa suuriin rakennusvaipan yli oleviin paine-eroihin tai puutteellisiin ulkoilmavirtoihin. Myös ilmanvaihtoon liittyvän rakennusautomaatiojärjestelmän anturien ja mittalaitteiden virheellinen toiminta, tai automaatiojärjestelmän virheelliset parametrit voivat johtaa sisäilman laatua heikentävään toimintaan. On myös huomattava, että antureiden tekninen käyttöikä on usein ilmanvaihtojärjestelmän muiden osien käyttöikää huomattavasti lyhyempi.

Ilmanvaihtojärjestelmän säätö- ja palopellit voivat aiheuttaa järjestelmän puutteellisen toiminnan. Osa ilmanvaihtojärjestelmistä palauttaa osan poistoilmasta sisätiloihin, niin sanottuna palautusilmana, jolloin on mitattava ulkoilman ja palautusilman välinen suhde, jotta riittävästä ulkoilmamäärästä voidaan varmistua. Lämmöntalteenottojärjestelmiä tarkasteltaessa on huomioitava, että regeneratiivinen eli lämmönsiirtokiekolla varustettu lämmönsiirrin voi palauttaa myös osan poistoilman kosteudesta tuloilmaan. Samalla tuloilmaan voi siirtyä myös osa poistoilman epäpuhtauksista. Myös liian alhainen sisäilman kosteus voi aiheuttaa osalle käyttäjistä hengitystieoireita.

Ilman suodatuksessa on suodattimien vaihtoajankohdan lisäksi huomioitava myös riittävä ilmansuodatusaste ja suodattimien riittävän tiivis asettelu mahdollisen ohivirtauksen minimoimiseksi. (8, s. 83.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastaminen

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastaminen on oppaassa jaettu kahteen osaan; kanavistojen puhtauden tarkastaminen ja ilmanvaihtojärjestelmän osien ja laitteistojen tarkastaminen.

kanavistojen puhtauden tarkastaminen

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastaminen suoritetaan joko visuaalisen arvioinnin tai sormipyyhkäisyyn perusteella. Pyöreässä kanavassa sormipyyhkäisy suoritetaan kanavan reunalta kanavan pohjalle. Kanttikanavaan puhtautta arvioitaessa sormipyyhkäisy suoritetaan kanavan pohjalle noin 10 cm:n pituudelta. Sormipyyhkäisyyn tavoitteena on arvioida likakerroksen paksuutta sekä lian tiheyttä ja pinttyneisyyttä. Sormipyyhkäisy

myös puhdistaa pintaa, jolloin muun kanavan likaisuutta on helpompi arvioida. Oppaan esittämät puhtausluokat P1 ja P2 ovat Sisäilmayhdistyksen sisäilmaoppaan mukaiset. Myös kanavien videokuvausta voidaan käyttää apuna niiden puhtauden arvioinnissa. Oppaassa ohjeistetaan kuvaamaan erityisesti vanhat ja monessa vaiheessa rakennetut tai myöhemmin muutetut kanavistot. Myös mahdollisten rakenneaineisten kanavien puhdistus tulee tarkistaa. (8, s. 83–84) Tarkemmin kanavien puhtauden tarkistamisesta on kerrottu ohjekortissa LVI 39-10409.

Ilmanvaihtojärjestelmän osat ja laitteistot

Kanavistojen puhtauden tarkastamisen lisäksi, on silmämääräisesti arvioitava myös muiden ilmanvaihtojärjestelmän osien ja siihen kuuluvien laitteistojen puhtaus. Tarkempaa huomiota kannattaa kiinnittää seuraaviin seikkoihin:

- ulkoilmasäleikköjen ja -kammioiden, ilmansuodattimien, lämmönsiirtimien, puhaltimien, kondenssivesialtaiden ja mahdollisten kostutuslaitteiden puhtauteen
- äänenvaimentimien kuitulähteisiin ja näkyvien pintojen kuntoon
- ilmanvaihtokoneen vesityksen toteutukseen ja toimintaan

Oppaan mukaan ilmasuodattimien puhtaus voidaan tarkastaa suodattimen paine-eromittarin lukemasta. Likaisuuden määrittäminen on tehtävä myös visuaalisesti, jolloin suodatin irrotetaan ja samalla tarkistetaan myös suodattimen tiivis asettuminen muihin suodattimiin ja suodatin runkoon suodattamattomien ohivirtausten välttämiseksi. Puhallinkonvektoreiden riittävä huolto, laitteen pintojen ja suodattimien puhtaus on myös tarkistettava. Mineraalivillakuitulähteiden paikallistamiseksi on syytä tarkastaa ilmanvaihtojärjestelmän äänenvaimentimissa käytettyjen materiaalien ja tilakohtaisten akustiikkalevyjen pintojen kunto, sekä erityisesti 1990 -luvun kohteissa tasauslaatikoiden ja päätelaitteiden mahdolliset äänenvaimenninmateriaalit. Myös muut kanaviston osat on hyvä kartoittaa mineraalivillakuitu- ja asbestilähteiden varalta.

Ilmanvaihtojärjestelmän kosteudelle alttiissa osissa huomiota tulee kohdistaa pintojen puhtauteen ja niillä mahdollisesti esiintyviin mikrobikasvustoihin sekä kosteutta keräävien koneen osien oikeanlaiseen viemäröintiin.

Koneen osien välinen tiiveys ja mahdolliset LTO-laitteissa tapahtuvat ohivirtaukset (esim. pyörivän kiekon harjatiivisteiden) on huomioitava. (8, s. 85)

Ilmamäärien mittaaminen

Kohteen ilmanvaihdon ilmamäärien mittaus suoritetaan koneen kokonaisilmamäärien ja tilakohtaisesti poisto- ja tulopäätelaitteiden osalta, myös kanavakohtaisia mittauksia voidaan tarpeen mukaan suorittaa. Päätelaitteiden mittaukset suoritetaan päätelaitteen säätöosan yli vallitsevaan paine-eroon perustuvien mittausten avulla, kuumalanka-anemometrillä tai huppumittarilla. Kanavien ilmavirrat voidaan mitata kanavassa olevan säätölaitteen mittayhteistä tai kanaviin, sen virtausnopeuden määrittämiseksi, tehtävien ja mittauksen jälkeen tulpattavien reikien avulla. Tarkempia tietoja ilmavirtojen mittaamiseen löytyy venttiili- ja mittalaittevalmistajien ohjekirjoista, sekä standardista SFS-EN 12599.

Saatuja mittaustuloksia verrataan kohteen ilmanvaihtopiirtoksiin ja rakennuksen valmistumisen tai muutoksen ajankohtana voimassa olleisiin rakentamissäädöksiin. Ilmamäärien arvioinnissa on huomioitava myös tilan mahdollisen käyttötarkoituksen muutoksesta johtuva ulkoilmavirtojen tarpeen muutos. Mittaustulosten perusteella voidaan määrittää tilan ilmanvaihtuvuutta kuvaava ilmanvaihtokerroin kaavalla:

$$n = \frac{Q}{V}$$

n on ilmanvaihtokerroin [1/h]

Q on poistoilmakanavien ilmavirtojen summa [m^3/h]

V on tuuletettavan tilan tilavuus [m^3].

Erityisesti tiloissa, joissa on suuri sisäinen kosteuskuorma, on ilmanvaihtokertoimen oltava riittävän suuri rakenteiden mikrobivaurioiden välttämiseksi. Myös ilmavirtojen tasapaino on selvitettävä rakenteen läpi kulkeutuvien ilmavirtojen määrittämiseksi. Myös kohteen sisäiset siirtoilmareitit (riittävät oviraot tai siirtoilmasäleiköt) erityisesti vain poistoilmapäätelaitteilla varustetuissa tiloissa on tarkastettava. (8, s. 85–86)

Painesuhteiden mittaaminen

Oppaan mukaan tulo- ja poistoilmamäärien mittauksella saadaan jo viitteitä rakennuksen painesuhteista. Varsinaiset paine-ero mittaukset suoritetaan joko hetkellisesti, sähköisen paine-eromittarin tai u-putkimanometrin avulla, tai pitkäkestoisesti vähintään kahden viikon ajanjaksolta dataloggeria hyödyntäen. Hetkelliset paine-erot voivat vaihdella suures-tikin vallitsevien ulkoilman olosuhteiden tai vaikkapa ulko-ovien avaamisesta johtuen, jo-ten hetkellistä ulkovaipan yli olevaa painesuhdetta ei voi tulkita vallitsevaksi tilaksi. Mikäli pitkäaikaiseen seurantaan soveltuvaa välineistöä ei ole saatavilla, voidaan hetkellisen mittauksen varmuutta parantaa useammilla hieman pidemmälle aikajaksolle sijoittuvilla mittauksilla ja laskemalla niiden keskiarvo. Koska paine-erot reagoivat herkästi ulkoilman ulkosuhteisiin, ei paine-eromittauksia tulisi tehdä tuulessa yli 5 m/s tai lämpötiloissa alle -20 °C tai yli $+22\text{ °C}$. Pitkäkestoisessa mittauksessa ulkoilman olosuhteiden vaikutuksen arvioiminen mittausdataan lisää paine-eromittauksesta tehtävien johtopäätöksien luotet-tavuutta.

Rakennuksen tiiveys vaikuttaa myös ulkovaipan yli muodostuvaan paine-eroon. Hyvin tiiviissä rakennuksessa pienemmät ilmanvaihdon epäsuhdet aiheuttavat suuremman paine-eron kuin epätiivissä rakennuksessa. Rakennukset suunnitellaan yleensä hieman alipaineisiksi, jotta painesuhteiden muodostamat ilmavirrat kulkevat ulkoa sisälle päin, eivätkä näin ollen muodosta kondenssiriskiä rakenteille. Toisaalta myös huomattava ali-paineisuus voi aiheuttaa haitallisissa määrin, rakenteissa olevien tai alapohjaliittymien kautta maaperästä tai tekniikkakanaaleista kulkeutuvien, epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan. Taulukko 7 esitetään oppaan suosittelemat ja asumisterveysohjeen mukai-set suositukset eri ilmanvaihtotapojen muodostamille painesuhteille. Erityisesti korkeissa rakennuksissa ja tiloissa on huomioitava lämpötilan muutoksen myötä aiheutuvan ilman-tiheyden muutoksen aiheuttama ns. savupiippuvaikutus, jonka myötä 20 °C sisä- ja ul-koilman lämpötilaerossa sisäpuolinen ilmanpaine nousee noin $0,9\text{ Pa/m}$ mittauspisteestä ylöspäin katsottuna. (8, s. 86–87)

Taulukko 7. Tavoitteelliset painesuhteet eri ilmanvaihtotavoille (8, s. 87)

Ilmanvaihtotapa	Paine-ero	Huomautuksia
Painovoimainen ilmanvaihto	0... -5 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti säään mukaan
Koneellinen poistoilmanvaihto	-5... -20 Pa ulkoilmaan 0... -5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat säään mukaan
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihtolämmitys	0... -2 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat säään mukaan

3.2 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus; Suomen LVI-liitto

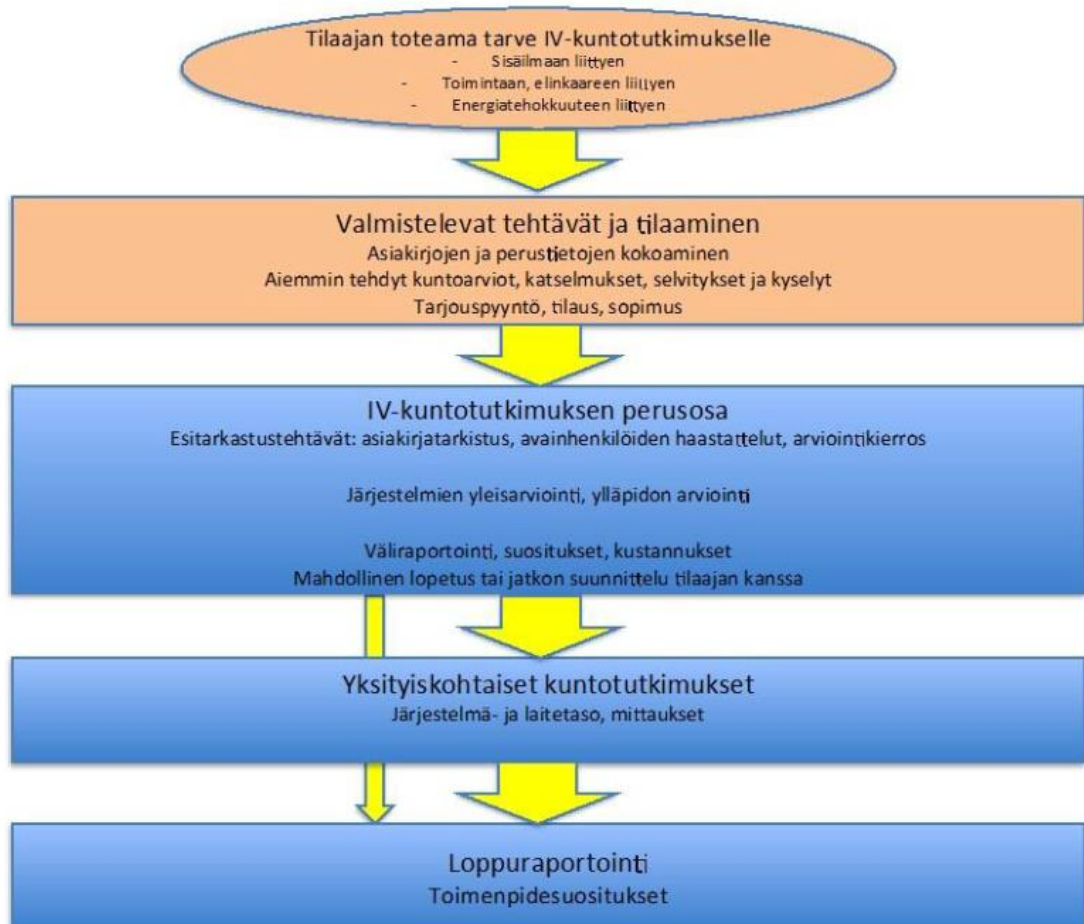
Suomen LVI-liiton (jäljempänä SuLVI) ohje ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimukselle on huomattavasti Ympäristöministeriön Kosteus- ja sisäilmateknistä kuntotutkimusopasta yksityiskohtaisempi. SuLVI:n ohjeistus jakautuu yhteen yleisohjeeseen (Ohje 1 Yleisohje ja tilaajan ohje), neljään perusohjeeseen (Ohje 2 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän yleisarviointi; Ohje 3 Kiinteistönhoidon ja ylläpidon arviointi; Ohje 4 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen; Ohje 5 Energian- ja tehontarpeen laskenta) ja yhteentoista järjestelmiä, laitteita ja komponentteja koskevaan ohjeeseen. Tässä seuraavissa alakappaleissa kootaan yleisohjeessa ja perusohjeissa 2- 4 esitettyjä ohjeita, jotka ovat koulukohteisiin toteutettavan kosteus- ja sisäilmasto teknisen kuntotutkimuksen kannalta olennaisia. (13, s. 1)

Ohje 1 Yleisohje ja tilaajan ohje

ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää järjestelmän ja siihen liittyvien laitteiden kunto ja soveltuvuus rakennuksen nykyiseen käyttöön. Ilmanvaihtokuntotutkimus liittyy usein myös rakennuksessa koettujen sisäilma-ongelmien selvittämiseen ja tarvittaviin korjaustoimiin. Ilmanvaihtokuntotutkimus voidaan tehdä myös järjestelmän energiatehokkuuden ja sen mahdollisten parannuskeinojen selvittämiseksi. (13, s. 2)

SuLVI:n ohjeen mukaan IV-kuntotutkimus sisältää kaksi osaa: perusosan ja yksityiskohtaiset tutkimukset. Perusosa on aina sisällöltään samanlainen. Perusosassa tehdään järjestelmän yleisarviointi. Yleisarvioinnissa selvitetään miten kohteen ilmanvaihtojärjestelmä vastaa nykyisen tai suunnitellun käytön vaatimuksia. Yleisarviointi sisältää myös suositukset järjestelmän vaatimista toimenpiteistä vaatimusten saavuttamiseksi, sekä järjestelmän toiminnan selvittämiseksi tarvittavat yksityiskohtaiset tutkimukset. Yleisarvioinnissa voidaan myös todeta, ettei nykyisellä ilmanvaihtojärjestelmällä ole mahdollisuuksia täyttää sille asetettavia vaatimuksia, jolloin yksityiskohtaisia tutkimuksia ei tarvita. Perusosassa otetaan kantaa myös huollon toteutukseen. Järjestelmän puhtaus tarkistetaan perusosassa aistienvaraisesti. (13, s. 2)

Kuntotutkimuksen sisältö vaihtelee siis oleellisesti tilaajan osoittaman tarpeen mukaisesti. Kuva 12 on esitetty SuLVI:n oppaan mukainen kuntotutkimusprosessi, josta voidaan havaita IV-kuntotutkimuksen sisältävän mm. asiakirjojen tutkimista, käyttäjä- ja avainhenkilökyselyjä, arviotikierroksia ja järjestelmän toiminnan arviointiin liittyviä mittauksia.



Kuva 12. SuLVI:n IV-kuntotutkimusohjeen mukainen tutkimusprosessi (13, s. 4)

Perusosassa tutkimuksen pääpaino on asiakirjatarkasteluissa, haastatteluissa ja kyse-lyissä sekä kohdekäynnissä. Perusosan kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan arvioinnin kannalta hyödyllisiä asiakirjoja ovat:

- Suunnitelma-asiakirjat (ajantasaiset konekohtaiset toimintaselostukset ja -kaaviot ja muut järjestelmään liittyvät piirustukset, työselostus, luovutus-asiakirjat, ilmavirtoja, ääntä ja paine- ja toimintakokeita koskevat mittaus-pöytäkirjat, laitteita koskevat tekniset tiedot ja mahdolliset esitteet, konekohtaiset huoltokirjat, käyttö- ja huoltosuunnitelmat, järjestelmää koskevat muutostiedot ja piirustukset.)
- Kohteen IV-järjestelmään kohdistuneet tutkimukset tai selvitykset (kuntoarvot, kuntotutkimusraportit ja energiakatselmukset, listaukset ja raportit jär-jestelmään tehdyistä korjauksista, mahdolliset viihtyvyystekijöihin liittyvät käyttäjähavainnot ja järjestelmää koskevat palvelupyynnöt)
- Muut mahdollisesti ilmanvaihtojärjestelmään liittyvät asiakirjat tai raportit (järjestelmien muutoshistoria, alkuperäiset käyttöönottoasiakirjat, aiem-mista kuntotutkimuksista esitetyt ilmanvaihtojärjestelmään liittyvät mittaus-pöytäkirjat ja toimintakoeraportit, sisäilmaselvitykset, kunnossapitosuunni-telmat, kiinteistöstrategia tai palveluverkkoselvitys, sisäilman laadulle ja energiataloudelle asetetut tavoitteet.) (13, s. 7–8)

SuLVI:n 1 ohjeessa on erikseen käsitelty IV-kuntotutkimuksen toteuttamista sisäilmaon-gelmien näkökulmasta. Ohjeen mukaan IV-kuntotutkimukseen ei kuulu sisäilmaongel-mien selvittäminen, mutta IV-kuntotutkimus voidaan suorittaa erityisesti sisäilmaongel-mien mahdollisiin aiheuttajiin keskittyen, mikäli aiemmissa tutkimuksissa ilmanvaihdon tai sen puutteellisen toiminnan on todettu mahdollisesti vaikuttavan sisäilmaongelmien esiintymiseen. (13, s. 4)

Sisäilmaongelmiin liittyvissä tutkimuksissa, tutkimuksen sisältöön vaikuttaa ongelman oletettu aiheuttaja. Ilmanvaihdosta tai sen puutteellisesta toiminnasta mahdollisesti ai-heutuvia sisäilmahaittoja ovat

- liiallinen sisäilman kosteus tai mahdolliset mikrobikasvustot
- koettu tunkkaisuus tai korkea CO₂-pitoisuus
- muut kaasumaiset epäpuhtaudet
- hiukkasmaiset epäpuhtaudet (katupöly, mineraalivillakuidut tai muut ulkoi-set tai sisäiset hiukkaslähteet
- lämpöoloihin liittyvät ongelmat (esim. kylmyys tai vedontunne)
- ilmanvaihdon aiheuttama äänihaitta
- puutteellinen ilmanjako tai muutoin riittämätön ilmanvaihto (13, s. 4)

Ohje 2 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän yleisarviointi

Ohjeen mukaiseen yleisarviointiin kuuluvat seuraavat osa-alueet, sekä niihin kohdistuvat johtopäätökset ja suositukset:

- Tulevan käytön tarpeet ja tavoitteet; johon sisältyvät mm.:
 - haluttu sisäilmaston laatutaso (sisäilmaluokat)
 - huoneiden käyttötarkoitukset
 - huoneiden sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat (1, s. 2–3)
- Nykytilanteen analysointi, IV-järjestelmien kunnon selvittäminen ja tarkastus, johon sisältyvät
 - käyttäjähaastattelut
 - asiakirjatarkastus
 - kenttätarkastus (13, s. 3)

Kenttätarkastukseen kuuluvat seuraavat kohdat, joiden suorittamisesta ohjeistetaan seuraavasti:

- Käynti huonetiloissa
 - tilaajan kanssa sovitaan, kuinka suuri osa kiinteistön tiloista tarkastetaan, kuitenkin vähintään 10 %:a. Tilat tarkastetaan jokaisen ilmanvaihtokoneen palvelualueelta ja jokaisesta kerroksesta ja eri käyttötarkoitukseen osoitetuista tiloista
 - Selvitetään aistinvaraisesti ilman raikkaus tai tunkkaisuus, vedontuntemukset, ilmanvaihdon käyttötarkoituksen mukaisuus, huoneen käyttäjien kommentit sekä päätelaitteiden soveltuvuus, tyyppi, sijainti ja puhtaus
 - Mitataan huoneen lämpötilat, ilmavirrat, painesuhteet ja ilmavaihtolaitteiden aiheuttamat äänitaso (13, s. 2–5)
- Käynti valvomossa ja kaikissa ilmanvaihtokonehuoneissa
 - Mitataan kokonaisilmavirrat, sähkökulutus ja LTO:n hyötysuhde
 - Selvitetään tuloilman lämpötila, suodattimen puhtausaste, häiriö- ja vikahistoria, huoltomerkinnät (suodatinhuollot ja kanavien puhdistukset) sekä järjestelmän käyntiajat ja tasapaino kerroksittain

- Tarkastetaan aistinvaraisesti konehuoneen ja kammioiden siisteys, mahdolliset neste- ja ilmapuodot, kanaviston puhtaus ja tiiveys, säätö-, valvonta-, jäähdytyslaitteistojen toiminta (13, s. 5)

Lisäksi yleisarviointi sisältää säätö- ja valvontajärjestelmien perustarkastuksen, jäähdytysjärjestelmän perustarkastuksen ja energiankäytön laskelmat. Säätö- ja valvontajärjestelmien perustarkastuksen perusteella kuntotutkija muodostaa yleiskuvan nykyisen järjestelmän toimivuudesta kohteen vaatimusten osalta ja mahdollisesti vaadittavat toimenpiteet ja jatkotutkimukset. Jäähdytysjärjestelmän perustarkastus sisältää asiakirjatarkastelun ja aistinvaraisia tarkastuksia kohteessa. Energiankäytön laskelmat sisältävät Ilmastoinnin sähkö-, lämpö- ja jäähdytysenergian vuosikulutuslaskelmat sekä tehomitoitukset. (13, s. 6)

Ohje 3 Kiinteistönhoidon ja ylläpidon arviointi, käyttöohjeet ja huoltokirja

ilmanvaihto- tai ilmastointijärjestelmien suunnitelmien mukainen toiminta on vahvasta sitoksissa järjestelmien ja laitteistojen suunnitelmalliseen ja laadukkaaseen huoltoon, arvioidaan myös kiinteistönhoidon toimia ja huollon suunnitelmallisuutta yleisarvioinnissa. Myös lainsäädäntö (RakMk A4, Maankäyttö- ja rakennuslaki 153 § 2 momentti ja Maankäyttö- ja rakennusasetus 66 § 1 momentti) asettaa nykyisin vaatimuksia järjestelmien käyttö- ja huolto-ohjeiden laadinnalle. Hoidon ja ylläpidon suunnittelu tulisi aloittaa jo rakentamisvaiheen aikana. Suunnitteluun kuuluvat huoltokirjan laadinta, huoltotoiminnan organisoinnista ja suunnittelu, johon kuuluvat kiinteistönhoidon käytönaikaiset huoltotoimet, IV-järjestelmän määräaikais- ja automaatiojärjestelmänhuollon toimenpiteet sekä käyttäjäpalautteen kerääminen ja sen hyödyntäminen huoltotoiminnassa. (1, s. 1–2)

Kiinteistönhoidon ja ylläpidon arvioinnissa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Käyttöohjeisiin (Nykyisten ilmanvaihtojärjestelmien suunnitelmien mukainen käyttäminen vaatii käyttöohjeita ja niiden tuntemusta. Tärkeimpiä käyttöön liittyviä asiakirjoja ovat; Ilmastointikoneiden paikantamispiirrokset ja toimintakaaviot, Ilmastointikoneiden käyttöaikaohjelmat ja vaikutusalueet, valvontajärjestelmät sekä automaatiota ja säätöä koskevat toimintakaaviot ja ohjeet sekä toiminnan varmistamista koskevat ohjeet ja mittaukset.)
- Huoltokirjaan (Huoltokirjan osalta arvioidaan huoltokirja sisältö (käyttö- ja huolto-ohjeet), ajantasaisuus, täydentämien sekä sen laadinnan organisointi, järjestelmän käytöstä vastaavien henkilöiden käyttökoulutus sekä huoltotoiminnan valvonta.) (1, s. 2–5)

Ohje 4 Ilmastointijärjestelmän puhtauden tutkiminen

Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauden ylläpitoa koskevat vaatimukset ovat löyhentyivät, kun sisäasianministeriön asetus 802/2001 kumottiin vuonna 2006. Nykyisin ainoastaan pelastuslaki 29.4.2011/379 velvoittaa huolehtimaan, ettei kanavistojen likaisuus aiheuta tulipalon leviämisen vaaraa, itse kanavistojen puhdistamista, tietyllä aikavälillä, ei enää laissa määrätä. Sisäilmayhdistyksen Sisäilmaluokitus kuitenkin suosittaa kanavistojen puhdistuksen tarkastamista 5 vuoden välein. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmasta ja ilmanvaihdosta (YMa 1009/2017) kuitenkin määrää, ettei sisäilmassa saa olla käyttäjän terveydelle haitallisia epäpuhtauksia tai tilan viihtyvyyttä toistuvasti alentavia hajuja. Tutkimusten mukaan pölyiset kanavapinnat muodostavat kuitenkin mikrobikasvun mahdollistavat olosuhteet. Likaisilla kanavapinnoilla kosteuden puute on todettu keskeiseksi mikrobikasvua rajoittavaksi tekijäksi. Muita likaisista kanavapinnoista aiheutuvia sisäilmanlaatua heikentäviä tekijöitä ovat kanaviin mahdolliset päätyneet asbesti- tai mineraalivillakuidut. Ohjeen puhtausluokat ovat Sisäilmayhdistyksen Sisäilmaluokituksen kanssa yhtenevät, eli uusilla kanavilla keskimääräinen pölykertymä ei P1-luokassa saa ylittää $0,7 \text{ g/m}^2$ ja vastaavasti puhtausluokassa P2 raja-arvo on $2,5 \text{ g/m}^2$. Käytössä olevan ilmanvaihtojärjestelmän pölykertymän raja-arvot ovat $2,5 \text{ g/m}^2$ puhtausluokassa P1 ja 5 g/m^2 puhtausluokassa P2. Ohjeessa esitetty ilmastointijärjestelmän puhtauden tutkimisohjeistus on tarkoitettu käytettäväksi IV-kuntotutkimuksen yhteydessä suoritettun järjestelmän puhtauden tarkastamiseen. (1, s.1–2)

Puhtauden tarkastamisen yhteydessä on huomioitava myös järjestelmän puhdistettavuus ja mahdolliset kosteusriskit. Puhdistettavuuteen vaikuttavat kanavien muoto, ja materiaali, rakennuksen kerrokorkeus, huoltotasot, alakattorakenne sekä niissä sijaitsevien puhdistusluukkujen määrä ja sijainti. Mahdollinen kosteusriski aiheutuu useimmiten ilmanvaihtolaitteen ulkoilman sisäänoton kautta kulkeutuvasta vedestä tai lumesta, myös erilaiset kondensoivat tai kostuttavat järjestelmänosat voivat aiheuttaa kosteuden nousun myötä kohonnutta mikrobikontaminaatoriskiä. Tästä syystä koneen mahdollisten vettä keräävien osien asianmukainen viemäröinti on järjestelmän puhtauden kannalta olennaista. (1, s. 2–3)

Itse ohjeen mukainen puhtauden tarkastaminen suoritetaan kanavistojen pistokoemaisella tarkastelulla, sisältäen vähintään viisi tarkastuspistettä jokaista ilmanvaihtokoneen

kanavistoa kohden, lisäksi yli 1000 metriä pitkissä kanavistoissa tarkastuspisteiden määrää tulee kasvattaa yhdellä tarkastuspisteellä jokaista edellä mainitun rajan ylittänyttä 200 metriä kohden. Pistokokeessa kanavan pintaan suoritetaan 10 cm mittainen sormipyyhkäisy samoin kuin Sisäilmayhdistyksen ohjeistuksessa. Kanavan likaisuus arvioidaan silmämääräisesti ja arviota verrataan kohteelta vaadittavaan puhtausluokkaan. Havainnot dokumentoidaan ja raportoidaan. (1, s. 4)

Konehuoneissa kiinnitetään huomiota yleiseen siisteyteen, lämmöneristeiden kuntoon, lattioiden ja koneiden ulkopintojen puhtauteen sekä viemäröntien toteutukseen. Itse ilmastointikoneen puhtauden arviointia varten kammiot ja laitteet avataan tarkastuksen suorittamiseksi vaadittavilta osin. Lisäksi tarkastetaan kondenssivesialtaiden, lämmönsiirtimien, sekä ulkoilmasäleikköjen ja –kammioiden puhtaus ja viemärönti. Myös puhaltimien, suodattimien ja mahdollisten kostutuslaitteiden puhtauteen sekä äänenvaimennusmateriaalien pintojen kuntoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. (1, s. 4)

4 Ilmanvaihdolle asetettavat arviointiperusteet rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisessä tutkimuksessa

Oikein toteutettu ilmanvaihto on olennainen osa rakennukseen turvallista ja miellyttävää sisäilmastoa. Erityisesti ulkoilmavirrat, ulkoilmavirtojen suodatus, ilmanvaihdon toteutustapa ja ajallinen ohjaus, painesuhteet ja rakennusvaipan ilmapitävyys vaikuttavat koettuun sisäilman laatuun sekä rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekniseen toimintaan.

Toteutustapaa tai mittaamalla todennettavia raja-arvoja tulkittaessa on huomioitava eri säädösten pätevyys järjestys. Asumisterveysasetus määräykset pätevät kaikkien kohteiden arvioinnissa, ja sen avulla voidaan vaatia rakentamisen aikana voimassa olleista rakentamismääräyksistä poikkeavia ratkaisuja tai mitoituksia. Seuraavana arviointitasona ovat juurikin rakentamisen aikaiset rakentamismääräykset ja niiden osoittamat vaatimukset. Viimeisimpänä tasona ovat LVI-alan asiantuntijayhdistysten luomat epäviralliset ohjeistukset. Näiden ohjeistusten vaatimustasot ovat yleensä korkeampia, kuin lainmääräämät mitoituksia tai toteutustavat. Seuraavissa alaotsikoissa käsitellään edellä esitettyyn teoriapohjaan perustuvat hyvään sisäilmaan vaikuttavat osatekijät, niiden alimmat hyväksyttävät sekä suositeltavat tavoitearvot ja toteutustavat.

4.1 Ilmamäärät

Ilmanvaihdon tärkein tehtävä on poistaa sisäilman laatua heikentävät ihmisistä, rakennus- ja sisustusmateriaaleista peräisin olevat epäpuhtaudet sekä hallita sisäilmankosteutta. Tarvittavat ilmamäärät riippuvat siis tilan käyttötarkoituksesta ja tilan käyttäjien määrästä.

Kaikkia rakennuksia koskevat vähimmäisilmamäärät pohjautuvat Asumisterveysasetuksen määräykseen tuloilmavirroista, jonka mukaan ulkoilmavirran tulee olla pinta-alaperusteisesti vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ tai henkilöperusteisesti $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. Ulkoilmavirran mitoitus voi olla kuitenkin vain $4 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$, mutta tällöin tulee voida osoittaa, ettei alempi mitoitusilmavirta aiheuta haittaa sisäilmaston olosuhteille tai tilankäyttäjille.

Suositteluvat ilmamäärät riippuvat tilankäyttötarkoituksesta ja käyttäjien aktiivisuudesta tilassa, tilan ilmatilavuudesta ja yhtäjaksoisen käytön kestosta. Nykyisen voimassa olevan uuden rakennuksen ilmanvaihtoa ja sisäilmastoa koskevan asetuksen määräämä tuloilmavirta $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$, ei kaikissa tilanteissa riitä hyvän sisäilmanlaadun ylläpitämiseen.

Suosittelavaa olisi mitoittaa ilmamäärät kohdassa 2.5 esitellyn Ympäristöministeriön laskentaoppaan mukaisesti. Kyseisessä laskentaoppaassa ulkoilmavirrat mitoitetaan tilan hiilidioksidikuormituksen perusteella. Laskentaa tarvittava hiilidioksidin enimmäismäärä koulujen luokkatiloissa on suositeltavaa mitoittaa S2 -sisäilmaluokan mukaisesti, jolloin aikuisen henkilön rauhallista istumista vastaavan fyysisen aktiivisuuden tuottaman hiilidioksidimäärän poistamiseen tarvittava ilmamäärä on n. $9,5 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$. On huomioitava laskentaoppaan perusteella tehtävä mitoitus johtaa, jopa S2 -luokan ($7 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$) henkilöperustaista suositusta suurempiin ilmavirtoihin, jonka vuoksi opetustaukojen aikana tapahtuva hiilidioksiditason aleneminen olisi otettava laskennassa huomioon tarpeettoman suurien ilman lämmitys- ja puhalluskustannusten estämiseksi. Näin ollen luokkatilan suositusilmavirta on $7\text{--}9,5 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$ tilan tilavuudesta ja käyttöjaksojen pituudesta riippuen.

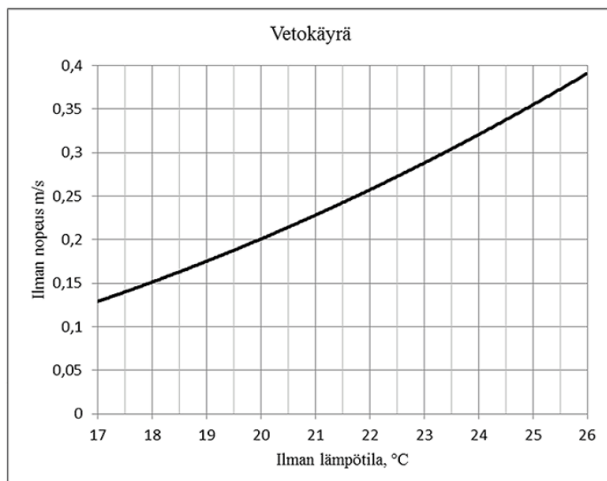
4.2 Lämpötila ja ilmanliikenoisuus

Edellä esitetyt määräyksiä suuremman ilmavirrat auttavat hallitsemaan myös tilan sisäistä ja ulkoisista lämpökuormista johtuvaa lämpötilan nousua. Erityisesti tiloissa, joissa on suuri sisäinen lämpökuorma (esim. tietokonehuoneet) voivat sisälämpötilat nousta usein oppimista haittaavaksi tekijäksi. Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajojen mukaiset sisäilman lämpötilat ovat lämmityskaudella +20 – +26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella +20 – +32 °C, lisäksi asetuksen sallimat ilmaliiikenopeudet eri lämpötiloissa on esitetty

Asumisterveysasetuksen suurin sallittu lämmityskauden ulkopuolinen sisäilman lämpötila ylittää jopa viidellä asteella nykyisen sisäilmastoa koskevan asetuksen (YMa 1009/2017) salliman sisäilma ylimmän lämpötilan (+27 °C). Asetuksen mukainen sisäilman lämpötilan suunnitteluarvo on + 21 °C, josta voidaan kuitenkin poiketa tilan käyttötarkoituksen tai muiden perusteltujen vaatimusten perusteella. Tilan lämpöolojen suunnittelussa ja arvioinnissa tulisikin huomioida tilan käyttö ja käyttäjien kokemukset lämpöoloista. Suuret sisäilmaa viileämmät pinnat vaikuttavat myös operatiiviseen lämpötilaan, josta johtuen suunnitteluarvon mukainen sisäilma voi tuntua käyttäjistä viileältä.

Edellä mainitun takia yksiselitteistä sisäilman suosituslämpötilaa ei ole mielekästä esittää. Ympäristöministeriön sisäilmastoa koskevassa asetuksessa esitettyjä lämpöoloja ja vuoden 2012 rakentamismääräyskokoelmassa esitetyn vetokäyrästä numerolla 2 merkittyä vetokäyrää voidaan käyttää suositeltavien arvojen pohjana. Kyseinen vetokäyrä esitetty

Kuva 13. Tilojen lämpöolosuhteita arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota havaittujen olosuhteiden ajalliseen kestoon ja tilankäyttäjien tuntemuksiin lämpöoloista ja vedontunteesta. Lisäksi on syytä huomioida, että korkeat sisälämpötilat lisäävät materiaalien emissioita, jotka voivat heikentää sisäilman laatua.



Kuva 13. Suositeltava ilmannoisuus eri lämpötiloissa

4.3 Tuloilman suodatus

Tuloilman suodatustarve määräytyy ulkoilmaluokan ja tavoitellun tuloilmaluokan mukaan. Suomessa ulkoilma on pääsääntöisesti ODA1 -luokan tasolla, pois lukien kaupunkien keskustoissa ja vilkaasti liikennöityjen katujen varrella olevat rakennukset. Standardin SFS-EN 16798-3:2017 mukaan tuloilmaluokkia on 5 (SUP1–SUP5), mutta alla olevassa taulukossa niistä on esitetty vain neljä, koska SUP 5-luokka ylittää Asumiterveysasetuksessa tuloilman pienhiukkaspitoisuuksille asetetut raja-arvot ($PM_{2,5} / 25 \mu g/m^3$, $PM_{10} / 50 \mu g/m^3 = SUP 4$). Jokaisen tuloilman luokan alla sulkujen sisällä on esitetty kyseisen tuloilmaluokan suurimmat sallitut pienhiukkaspitoisuudet. Tuloilman suodattaminen on tärkeää, sisäilmaan päätyvien pienhiukkasten estämisen lisäksi, myös ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden säilyttämisen kannalta. Sisäilmaluokituksessa vaadittava tuloilmaluokka on S1-sisäilmaluokassa on SUP1 ja S2-luokassa SUP2. Eri tuloilmaluokkien vaatimat suodatinyhdistelmät on esitetty Taulukko 8.

Eryisesti aerodynaamiselta läpimitaltaan $2,5 \mu m$ kokoisten pienhiukkasten, eli niin sanottujen hengittävien hiukkasten, terveydelle haitalliset vaikutukset on todistettavasti osoitettu useissa tutkimuksissa. Keuhkorakkuloihin päätyessään näiden pienhiukkasten pitkäaikaisen altistuksen on todettu aiheuttavat verenkierto- ja hengityselimistön sairauksia, syövästä keuhkosityöpää, myös astmaatikkojen oireet yleistyvät pienhiukasaltistuksen myötä. (18)

Tämän vuoksi tuloilmansuodatus olisi suositeltavaa toteuttaa vähintään SUP2-tuloilmaluokan tavoitteiden mukaisesti.

Taulukko 8. Eri ulkoilmaluokkien vaatimat suodattimet tai suodatinyhdistelmät

Ulkoilmaluokka	Tuloilmaluokka							
	SUP1 (PM _{2,5} /6 µg/m ³ , PM ₁₀ /12,5 µg/m ³)		SUP2 (PM _{2,5} /12 µg/m ³ , PM ₁₀ /25 µg/m ³)		SUP3 (PM _{2,5} /18 µg/m ³ , PM ₁₀ /37 µg/m ³)		SUP4 *) (PM _{2,5} /25 µg/m ³ , PM ₁₀ /50 µg/m ³)	
ODA 1	M5+F7	ePM10 50% +ePM1 50%	F7	ePM1 50%	F7	ePM1 50%	F7	ePM1 50%
ODA 2	F7 +F7	ePM2.5 65% +ePM1 50%	M5+F7	ePM10 50% +ePM1 50%	F7	ePM1 50%	F7	ePM1 50%
ODA 3	F7 +F9 ¹⁾	ePM2.5 65% +ePM1 80% ¹⁾	F7 +F7	ePM2.5 65% +ePM1 50%	M6 +F7	ePM10 50% +ePM1 50%	F7	ePM1 50%

Standardit

SFS-EN 779:2012

SFS-EN ISO 16980

¹⁾ SFS-EN16798-3:2017 standardissa hiukkassuodatuksen lisäksi suositellaan käytettäväksi myös kaasusuodatusta

*) alin Asumisterveysasetuksen mukaiset raja-arvot täytävä tuloilmaluokka

4.4 Rakennusvaipan yli olevat painesuhteet

Rakennusvaipan yli olevat painesuhteet ja rakenteen tiiveys vaikuttavat rakennusvaipan lävitse virtaavien ilmapirrojen määrään ja kulkusuuntaan. Ilma virtaa aina suuremmasta paineesta pienempään. Tämän vuoksi sisätilojen ollessa alipaineisia ulkoilmaan nähden, kulkeutuu ilmanvaihdon ilmamäärien epätasapainon ja ulkoilman tuuli- ja lämpötilaolosuhteiden takia, osa niin sanotuista korvausilmavirroista hallitsemattomasti rakenteen läpi. Rakenteen lävitse kulkeutuvat ilmapirrat voivat kuljettaa mukanaan rakenteissa olevia epäpuhtauksia ja mahdollisesti myös mikrobien aineen vaihduntatuotteita. Sisätilojen ylipaineisuus johtaa taas ilmapirrojen kulkeutumiseen sisältä ulospäin, jolloin sisäilman sisältämä kosteuslisä voi mahdollisesti kondensoitua rakenteisiin. Aiemmin rakennukset suunniteltiin kondenssiriskin vuoksi selvästi alipaineisiksi. Sisätilojen alipaineisuus saattoi olla 10–30 pascalia. Vuoden 2012 rakentamismääräyskokoelman D2 osassa 30 pascalia pidettiin pääsääntöisesti sallitun alipaineen rajana. Epätiivissä rakenteissa edellä mainitun suuruiset alipaineet merkitsevät huomattavia rakenteiden läpi kulkeutuvia korvausilmavirtoja. Nykyisin koneellisella tulo-poistoilmanvaihdon varustetut rakennukset pyritään suunnittelemaan mahdollisimman neutraaliin painesuhteeseen. Neutraalin painesuhteen saavuttaminen aiempaa tiiviimmissä rakennuksissa vaatii entistä tarkempia ilmamääräsäätöjä. Painesuhteiden säilyminen jatkuvassa tasapainossa on mahdotonta muuttuvien ulkoilmaolosuhteitten takia. Painesuhteiden hallinnassa tulisi huomioida myös ilmantiheyden muutoksesta johtuva niin sanottu savupiippu vaikutus, joka on 20 °C ulko- ja sisäilman lämpötilaerolla n. 0,9 Pa/m vertikaalisuunnassa. Nykyisin

koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon muodostama suositeltu paine-ero tuulettomissa ja muutoin normaaleissa ulko-olosuhteissa on 0...–2 Pa.

4.5 Siirtoilmareitit

Koulukohteissa WC- ja märkätilat ovat yleensä varustettu vain poistoilmapäätelaitteilla. Nämä poistoilmaluokka 3:en kuuluvat poistoilmavirrat johdetaan yleensä huippuimureilla varustettuihin kokoojakanaviin. WC- ja märkätilojen poistojen toimivuuteen vaikuttaa siirtoilmareittien toteutus. Useammalla WC-istuimella varustettujen tilojen siirtoilmareitit toteutetaan yleensä virtaussäleikköjen avulla. Nyrkkisääntönä voidaan pitää WC-oven vaativan noin 10 mm korkuisen oviraon ja märkätilojen ovirako tulisi olla 15 mm. Mikäli tilassa (esim. tekninen käsityö) on suuria ilmavirtoja vaativia kohdepoistoja, olisi näiden tarvitsemat korvausilmavirrat ja reitit tai muu ilmavirtoja tasaava toteutus suunnitelmissa osoitettava.

4.6 Ilmanvaihdon ajallinen ohjaus

Asumisterveysasetuksen mukaan käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee toimia vähintään siten, etteivät sisäilmaan haihtuvat yhdisteet eivät saa aiheuttaa käytön aikana tiloja käyttäville terveyshaittaa. Nykyisen ilmanvaihtoa ja sisäilmastoa koskevan asetuksen mukaan ilman on vaihduttava kaikissa huonetiloissa myös käyttöajan ulkopuolella. Käyttöajan ulkopuolisen ajan vähimmäisilmavirta on $0,15 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$. Käytönajan ulkopuolisten ilmavirtojen tehtävänä on poistaa rakennusmateriaaleista peräisin olevia sisäilmalaatua heikentäviä päästöjä.

LVI-alan asiantuntijayhdistysten ohjeistuksissa suositellaan noudattamaan asetuksen mukaisia käyttöajan ulkopuolisia ilmavirtoja. Sisäilmayhdistys suosittaa ilmavirroiksi hie-man asetusta suurempia ilmavirtoja $0,2 \dots 0,15 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$. LVI-infon ohjeistuksen mukaan käytönajan ulkopuolinen ilmanvaihto tulkitaan mahdolliseksi toteuttaa myös ilmanvaihtokoneiden ajoittaisella käytöllä, siten että käyttöajan ulkopuolisen kokonaisilmanvaihtotarve tulee kuitenkin toteutua (ks. s. 25–26). Normaaleihin mitoitusilmavirtoihin suositellaan palaamaan vähintään kaksi tuntia ennen normaalikäytön alkua. Normaaleja mitoitusilmavirtoja suositellaan käytettäväksi myös siivouksen aikana.

Asetuksen mukaisen käyttöajanulkopuolisen ilmanvaihdon tulisi siis toteuta kaikissa huonetiloissa. Nykyisin yleisessä käytössä olevalla tavalla, jossa käytönajan ulkopuolinen ilmanvaihto toteutetaan WC-tilojen poistoja jatkuvasti käyttämällä, ei takaa mitoituksen mukaista ilmanvaihtoa kaikissa tiloissa. WC-poistoja käytettäessä on huomioitava myös niiden mahdollisesti aiheuttama alipaine rakennusvaipan ylitse, sekä mahdollisesti suunniteltava hallitut korvausilmareitit poistettaville ilmavirroille.

4.7 Päätelaitteiden sijoittelu, heittopituudet ja huuhteluvaikutus

Jotta voidaan varmistua sisäilman laadun tasaisuudesta, tulee ilmajako suunnitella ja toteuttaa niin, että ilman vaihtuu koko oleskeluvyöhykkeellä kaikissa tiloissa. Sekoittavassa ilmanvaihdossa ilmavirrat pyritään joko suuntaamaan ikkunoiden vastakkaiselta seinältä kattopintaa pitkin kohti ikkunapintoja, jolloin ikkunapintojen edustalla sekoittuvat ilmavirrat osittain pienentävät kylmien pintojen muodostamaan säteilyvaikutusta, tai jakamaan mahdollisimman tasaisesti tilan yläosaan sijoitettavilla tuloilmahajoittajilla tai suutinkanavilla. Päätelaitteet sijoittelussa tulee huomioida, etteivät tuloilmavirrat irrota pintojen päälle kertynyttä pölyä sisäilmaan. Päätelaitteiden edessä ei myöskään saa olla tuloilmavirtojen heittopituutta lyhentäviä tuloilma suunniteltua kulkusuuntaan muuttavia esteitä (esim. lamppuja tai kattopalkkeja). Tulo- ja poistoilmapäätelaitteiden keskinäinen sijoittelu ei saa aiheuttaa tuloilma kulkeutumista suoraan poistoilmalaitteeseen, sekoittumatta tätä ennen oleskeluvyöhykkeelle. Ilmavirtojen kulkusuunnat tulee pyrkiä suunnittelemaan niin, että ne pyrkivät poistamaan likaantuneen ilman sen sekoittumista tuloilmaan. Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa tämä pyritään toteuttamaan tuomalla hitaalla nopeudella suurempia ilmamääriä tilan laitaan ja poistamaan niitä tilan vastakkaisen puolen katonrajasta. Tuloilmavirtojen mahdollisimman hyvän sekoittumisen kannalta tuloilmavirtojen tulisi olla huonetilan sisälämpötilaa hieman alhaisempia, tällöin on kuitenkin huomioitava, etteivät hieman viileämmät tuloilmavirrat aiheuta tilan käyttäjille vedontunnetta. Erityisesti tämä mahdollisuus on huomioitava muuttuvailmavirtaisissa järjestelmissä, joissa ilmavirtojen pienentyessä, päätelaitteiden heittopituuden lyhentyvät normaaliin käyttötilanteeseen verrattuna.

4.8 Ulkoilmalaitte, ulkoilmakammio ja epäpuhtauslähteet

Ulkoilmalaitteen tärkeimmät tehtävät ovat erotella ulkoilman mukana laitteistoon pyrkivä vesi ja lumi. Jos itseulkoilmalaitteessa ei ole erotteluun suunniteltua säleikköä tulee erottelun tapahtua ulkoilmalaitteen ja ilmanvaihtokoneen välisessä ulkoilmakammiossa. Ulkoilmalaitte tulee mitoittaa, niin että sen vapaaotsapintanopeus olisi alle 2 m/s. Sisäilmayhdistys suosittelee omassa sisäilmaluokituksessaan alle 1,5 m/s otsapintanopeuksia. Ulkoilmalaitteessa ei myöskään tule käyttää yli 10 mm silmäkoon omaavaan verkkoa, jotta sen tukkeutuminen voitaisiin mahdollisimman tehokkaasti estää. Jos ulkoilmalaitte sijoitetaan seinäpinnalle, tulisi sen sijoittelussa huomioida muiden seinäpintojen ja rakennuksen kulmien mahdollisesti aiheuttama lumen kinostuminen ulkoilmalaitteen läheisyyteen. Ulkoilmalaitteen alareuna tulisi sijoittaa aina vähintään 0,9 metrin korkeuteen alapuolisesta kattopinnasta ja vähintään 2 metriä maanpinnan yläpuolelle. Ulkoilmalaitteen asennuksessa on huomioita seinäpintoja pitkin laitteen yläpuolelta valuvat sadevedet ja niiden rakenteisiin pääsyn estäminen. Myös ulkoilmalaitteen ulkopintaan jäävän vesi ja lumi tulee johtaa pois laitteen pinnoilta, niin etteivät nämä aiheuta vaurioita siihen liittyville rakenteille. Ulkoilmalaitteen tiiveyteen suhteessa siitä jatkuvaan kanavaosaan tulee kiinnittää huomiota, ettei laitteen kuljettamaan ulkoilmamaan sekoitu ilmavirtoja esimerkiksi seinärakenteen tuuletusraosta. Ulkoilmalaitte ei saa myöskään kuljettaa epäpuhtauslähteiden vaikutusalueelta peräisin olevia ilmavirtoja sisätiloihin. Epäpuhtauslähteiksi katsotaan esimerkiksi seinien kosteusvaurioituneen rakenteet, viemäreiden tuuletusputket, jäteilmalaitteet, roskakatokset ja parkkipaikat tai muu vastaavat ulkoilmanlaatua mahdollisesti heikentävä lähde. Riittävien suojaetäisyyksien arvioinnissa voidaan käyttää apuna rakmk D2/2012 luvussa 3.4 esitettyjä ohjeistuksia ulko- ja jäteilmalaitteen sijoittamisesta.

Ulkoilmakammiossa ilmannopeuden tulisi alentua riittävästi, jotta ulkoilmasäleikön lävitse kulkeutuneet epäpuhtaudet, sekä lumi ja vesi jäisivät ulkoilmakammion pohjalle. Suositeltava ilmannopeus kammiossa sisäilmaluokituksen mukaisesti tulee yleisesti olla 1 m/s. Ulkoilmakammion pohjalla tulee olla vedenpoistoyhde, jonka avulla kammioon päätynyt vesi ja lumi johdetaan ilmanvaihtokonehuoneen lattiakaivoon. Tulo- ja jäteilmakammioiden viemärointejä ei saa yhdistää. Viemäroinnit suositellaan varustettavaksi koneen ulkopuolisilla vesilukoilla, tai vaihtoehtoisesti lattiakaivon ja viemärin väliin on jätettävä riittävä ilmaväli, jotta mahdollisesti kuivuvasta vesilukosta vapautuvien epäpuhtauk-

sien kulkeutuminen ulkoilmakammioiden viemäroinnin kautta tuloilmaan olisi mahdollisimman vähäistä. Kammion pohja tulee muotoilla niin, ettei vesi lammikoidu kammion pohjalle.

4.9 Ilmanvaihtokoneen rakenne

Ilmanvaihtokoneet toimivat ilmanvaihtojärjestelmän tärkein komponentti. Oikein säädettyinä ja suunnitellusti toimiessaan ne takaavat riittävän ja puhtaan tuloilmavirran ja pitävät rakennusvaipan ylitse muodostuvat painesuhteet riittävän tasapainoisina, mutta esimerkiksi niiden likaisuus tai toimintahäiriöt ja tuloilman mukana kulkeutuvat roskat, vesi ja lumi voivat heikentää oleellisesti niiden toimintaa ja siten huonontaa sisäilmanlaatua. Kuva 14 on esitelty yleisimpiä ilmanvaihtokoneen toimintaan ja siten myös ilman laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Ilmanvaihtokoneen toimintaan ja sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä:

- ulkoilman laatua heikentävät lähteet ja niiden etäisyys ulkoilmalaitteesta
- ulkoilman laatua heikentävät rakenteet tai rakennusosat ulkoilmalaitteessa tai sen läheisyydessä
- ulkoilmalaitteen sijoittelu ulkoilmaa roskaavien lähteiden läheisyyteen ja lumen tai epäpuhtauksien kulkeutuminen koneeseen (korkea otsapintanopeus)
- ohjausjärjestelmän puutteellinen toiminta (käyntiajat, ilmamäärät, ilmavirtojen lämpötilat, mittalaitteiden toiminta ja RAU-järjestelmän parametrit)
- sulkupeltien toiminta
- tuloilmakammion ja ulkoilmalaitteen säleikön puhtaus
- tuloilmakammion vesitys ja sen toteutus (vesilukko ja viemärointi)
- ilmavirtojen puutteellinen suodatus (suodatusluokka, puhtaus ja kunto, huoltoajankohta ja huoltotarran täyttö)
- suodattamattomien ilmavirtojen ohivirtaukset
- koneen suodattimen jälkeisten osien puhtaus (pinnat, LTO, patterit)
- LTO:n vesitys ja sen toteutus (vesilukko ja viemärointi)
- koneen äänenvaimentimien materiaali, pintojen kunto ja mahdollinen kuitujen irtoaminen
- puhallinmoottorin kunto, värinän vaimennus
- hihnavetoisissa koneissa kiilahihnan kunto asennusjäykkyys ja linjaus ja mahdollinen hihnan tuottama musta pöly
- koneen sähköjohtojen ja läpivientikumien kunto

Kuva 14. Ilmanvaihtokoneen toimintaan ja sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä rakennusterveysten näkökulmasta.

4.10 Muu tekninen toteutus ja huolto

Nykyisiin ilmanvaihtojärjestelmiin kuuluu ulkoilmalaitteen ja ilmanvaihtokoneen lisäksi myös vaihteleva määrä, ilmanjakoon ja ilmamäärien säätöön ja osassa tapauksissa

myös tarpeenmukaiseen ilmamääräsäätöön, tarkoitettuja mitta- ja säätölaitteita. Oikeanlaisen ilmanjaon lisäksi on huomioitava laitteiston äänentuotto, mahdolliset sisäiset kuitulähteet, tilakohtaisten ohjain- ja mittalaitteiden toiminta, järjestelmään kuuluvien osien oikeanlainen asennustapa, asennusten tiiveys ja laitteiden vaatimat suojaetäisyydet sekä kanaviston tarvitsemat eristykset energiahäviöiden ja mahdollisen kondenssiongelman poistamiseksi.

Myös ilmanvaihtojärjestelmän säännöllinen ja oikealla tavalla toteutettu huolto on olennainen osa laadukkaan sisäilman tuottoa. Suodattimien vaihtoväli tulee olla n. 6 kk. Jotta huollon oikea-aikaisuutta ja huoltosuoritteiden toteutusta voidaan arvioida, on huoltotilassa oltava riittävät tiedot koneen tavoitteiden mukaisen toiminnan tarkastamiseksi. Huoltotarrasta tulee selvittää edellisen huollon ajankohta, koneessa käytettävä suodatinluokka, suodattimien alku- ja loppupainehäviö. Suodattimen ylitse muodostuva paine-ero tulee olla tarkastettavissa laitteeseen kiinnitetystä manometristä tai muusta vastaavasta mittalaitteesta. Konehuoneessa tulisi olla myös erillinen huoltovihko, johon perushuoltoon kuulumattomat lisätyöt kirjataan. Tieto huoltoon liittyvistä lisätöistä tulee päätyä myös järjestelmien huollosta vastaavalle henkilölle.

Koneen suunnitellut ilmavirrat tulee olla ilmoitettu puhallinkoteloiden kojekylteissä. Ilmavirrastaan yli 0,5 m³/s koneiden puhaltimien tuottamat ilmavirrat tulee olla luettavissa koneeseen kiinteästi asennetuista mittareista. Edellä mainittua pienemmissä koneissa tulee olla ilmavirtojen mittaamista varten osoitetut mittayhteet. Myös eri LTO-laitteiden paine-erot olla luettavissa tai mitattavissa ja ilmavirtojen lämpötilat tulisi olla katsottavissa lämpömittareista.

Konehuoneessa tulisi olla saatavilla myös koneita koskevat toimintakaaviot ja selostukset.

5 Ilmanvaihdon tutkimusohjeistus sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen yhteydessä

FCG:n rakennusterveys ja sisäilmasto-osaston käyttöön tehty tutkimusohjeistus perustuu yrityksen sisäisesti hyväksytyyn ja luvussa 4 esitettyyn määritykseen ilmanvaihdon suositus- ja raja-arvoista sekä teknisestä toteutustavasta. Sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen osana suoritettavan ilmanvaihtotutkimuksen tavoitteena on selvittää

- 1) ilmamäärien riittävyys ja ilman jakautuminen
- 2) ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja mahdolliset epäpuhtauslähteet
- 3) ilmanvaihdon käyntiajat
- 4) ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen painesuhteisiin ja hallitsemattomiin ilma-
vuotoihin
- 5) ilmanvaihtojärjestelmän asianmukainen huolto
- 6) ilmanvaihtojärjestelmän tekninen käyttöikä ja yleiskunto

Ilmanvaihdon tutkiminen on yksi osa rakennuksen sisäilma- ja kosteusteknistä tutkimuskokonaisuutta, minkä vuoksi ilmanvaihdon tutkimukseen käytettävät resurssit ovat rajalliset. Tämän takia ilmamäärien riittävyys ja jakautumien kohteessa pyritään selvittämään esitietojen (käyttäjäkyselyt ja riskiarvion perustana käytettävät IV-piirustukset ja toimintaselostukset) perusteella valituista tai tilaajan kanssa erikseen sovitusta tiloista, mutta ei puutteellisten ilmamäärien aiheuttajaa, joka tulee selvittää erillisen lisätutkimuksen avulla.

Tässä opinnäytetyössä esiteltävä tutkimusohjeistus on kohdistettu koulukohteiden koneellisen tulo-poistoilmavaihdon tutkimiseen. Ohjeistuksen tarkoituksena on muodostaa tutkijalle selkeä, kosteus- ja sisäilmateknisiin näkökulmiin painottuva tutkimusohjeistus ilmanvaihdon tutkimiseksi.

5.1 Koneellisen tulo-poistoilmavaihtojärjestelmän riskiarvio opetuskäyttöön suunnitelluissa kiinteistöissä

Koneellisen tulo- poistoilmavaihtojärjestelmän riskiarvio muodostetaan kaksiosaisena. Ensimmäisessä osassa käsitellään kohteen ilmanjakoon ja ilmanvaihtokoneiden ulko-

puolisiin osiin liittyvät mahdolliset riskitekijät. Näihin kohdistuvien riskitekijöiden arvioinnissa apuna käytetään ilmanvaihtopiirustuksia, kohteen käyttäjäkyselyitä, aiempia ilmanvaihtoon liittyviä tutkimuksia ja kohteen ilmanvaihtolaitteiden mahdollisia tuotetietoja. Mahdolliset riskitekijät esitetään luettelomuodossa, jossa esitetään myös kyseiseen riskitekijään kohdistuvat raja- ja -tavoitearvot.

Toisessa osassa käydään läpi kohteen ilmanvaihtokoneisiin liittyvät riskitekijät konekohtaisesti. Konekohtaisen riskiarvion muodostamisessa esitietoina käytetään kohteen ilmanvaihtopiirustuksia, ilmanvaihtokoneen toimintakaavioita ja toimintaselostuksia. Tarpeellista tietoa mahdollisista järjestelmän ongelmakohdista löytää myös kohteeseen tehdystä ilmanvaihtojärjestelmän tutkimusraporteista, mittauspöytäkirjoista ja korjausraporteista.

5.1.1 Kohteen ilmanjaon riskiarvio ja tutkimussuunnitelma

Suurissa koulukohteissa esitietojen ajantasaisuus ja erityisesti laajasti ja laadukkaasti toteutetut käyttäjäkyselyt ovat ratkaisevassa asemassa kohteen mahdollisten ongelmien kartoittamisessa. Käyttäjien kokemusten on todettu korreloivan selvästi kohteiden rakenteiden todellisiin ongelmiin, tämän vuoksi näin voidaan olettaa tapahtuvan myös sisäilman laadun kohdalla (17, s. 62.) Kuntotutkimuksen osana toteutettavassa Ilmanvaihdon riskiarviossa tulee huomioida myös rakenteisiin liittyvässä riskiarviossa mahdollisesti havaitut riskit ja kohdistaa esimerkiksi paine-eromittauksia riskirakenteiden läheisyyteen.

Kohteen ilmanjaon ja ilmanvaihtokoneiden ulkopuolisten osien riskiarvio voidaan jakaa osariskeihin alla esitetyn mukaisesti:

Kohteen ilmanvaihdon käytön aikaiset ilmamäärät eivät välttämättä vastaa tilakohtaista henkilökuormitusta

- min. ulkoilmavirta; opetustilat tai muuta vastaavat 6 l/s/hlö, luentosalit 8 l/s/hlö ja vanhoissa kohteissa 4 l/s/hlö, jos voidaan osoittaa, ettei alhaisempi mitoitusilmamäärä aiheuta haittaa sisäilmaston olosuhteille tai tilankäyttäjille
- järjestelmäkohtainen maksimipoikkeama $\pm 10\%$ ja tilakohtainen maksimipoikkeama $\pm 20\%$ mitoitusarvosta.

Tuloilmapäätelaitteiden huuhteluvaikutus voi olla puutteellinen

- riittämätön heittopituus
- tuloilmapäätelaitteen edessä olevat esteet
- tulo- ja poistoilmalaitteiden välinen etäisyys puutteellinen, jolloin mahdollisuus oikosulkuvirtaukseen, joka pienentää tilan ilmavaihtokerrointa.

Tuloilman lämpötila voi olla väärä

- liian korkea tuloilmanlämpötila heikentää tuloilman sekoittumista erityisesti korkeissa tiloissa
- liian alhainen tuloilman lämpötila tai liian suuri ilman liikenoisuus aiheuttavat vedon tunnetta
- suositeltu lämpötila n. 2 astetta huonelämpötilaa alhaisempi.

Tuloilmakanavissa voi olla sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia tai kuitulähteitä

- tuloilmakanavistojen puhtaus LVI 39-10409 -ohjekortissa esitetyn P1/P1_v-luokan mukaista
- koneiden, kanavistojen äänenvaimentimissa ja päätelaitteiden tasauslaatoissa mahdollisesti rikkoontuneita tai vapaita mineraalivillapintoja.

Ulkoilmasäleikön kautta kulkeutuvat epäpuhtauden ja tuloilmakammion puutteellinen rakenne voivat heikentää tuloilman laatua

- liian korkea ulkoilmasäleikön otsapintanopeus ja puutteellinen ulkoilmasäleikön suojaus mahdollistavat roskien, lumen ja sadeveden kulkeutumisen tuloilmakammioon
- sallittu otsapintanopeus 2 m/s, suositeltu otsapintanopeus alle 1,5 m/s.
- ulkoilmakammion ilmannotteus selvästi otsapintanopeutta alhaisempi, suositus 1 m/s
- Ulkoilmakammiossa tulisi olla vesilukolla varustettu viemäri, eikä vesi saa lammikoitua kammion pohjalle

Tulo- ja poistoilmavirtojen välillä voi olla epätasapaino

- epätasapaino voi aiheuttaa liiallista alipainetta tai ylipainetta rakennusvai-pan ylitse, joko koko rakennuksen osalta, palvelualueellisesti tai tilakohtaisesti
- koneiden käyntiajoissa voi olla puutteita
- paine-erot voivat ilmetä aistinvaraisesti kohdekäynnin aikana esim. ovien/ikkunoiden aukeaminen

Siirtoilmareitit voivat olla puutteellisia

- WC-kohdepoistot vaativat välioveen siirtoilmasäleikön tai oviraon
- suositeltu ovirako WC-tiloissa vähintään 10 mm ja märkätiloissa 15 mm.

5.1.2 Konekohtainen riskiarvio ja tutkimussuunnitelma

Konekohtainen riskiarvio tehdään tilaajan toimittamien esitietojen avulla. Asiakirjojen lisäksi riskiarvion perustana voidaan käyttää kyseisen järjestelmän rakennusajankohtaan liittyviä yleisesti tiedossa olevia riskitekijöitä ja virheellisiä tai helposti vikaantuvia toteutustapoja. Koneen riskien yhteydessä käydään läpi myös muut kyseisen koneen palvelualueen ilmanvaihtoon vaikuttavat yksittäiset (esim. WC-poistojen) poistoilmakoneet, jäähdyttimet, moottoripellit ja muut ilmavirtoihin mahdollisesti vaikuttavat tekijät.

Konekohtaisessa riskiarviossa käydään läpi kaikki kohteen ilmanvaihtokoneet ja niiden palvelualueet.

Konekohtaisessa riskiarviossa esitetään koneen perustiedot

- koneen sijainti rakennuksessa ja koneen palvelualue
- ilmamäärät
- käyntiajat ja ohjaukset
- lämmöntalteenottotapa
- tuloilman tavoitelämpötila
- asennusvuosi ja jäljellä oleva keskimääräinen tekninen käyttöikä
- palvelualueen muut koneet ja niiden ilmamäärät, käyntiajat ja ohjaukset
- palvelualueen kokonaisilmamäärät ja tulo- poistoilmamäärien keskinäinen suhde

Lisäksi konekohtaisessa riskiarviossa esitetään muut esitietojen perusteella havaittavissa olevat riskikohdat. Taulukko mahdollisista ilmanvaihtokoneiden toimintaan ja sisäilman laatua heikentävistä konekohtaisista riskitekijöistä on esitetty Kuva 14.

Esitietojen perusteella saadaan usein hyvin kattava kuva järjestelmän toimintaa ja sisäilman laatua heikentävistä riskeistä. Toimintakaavioiden, koneiden leikkauskuvien ja toimintaselostuksien sekä ilmanvaihtopiirustuksien avulla voidaan määrittää alustavasti mm. seuraavia konekohtaisia riskejä ja niihin liittyviä suositusarvoja

Ulkoilman epäpuhtauslähteet heikentävät tuloilman laatua

- suositeltu epäpuhtauslähteiden sijainti ulkoilmalaitteeseen RakMk D2/2012 mukainen.

Liian korkea ulkoilmasäleikön otsapintanopeus ja puutteellinen ulkoilmasäleikön rakenne mahdollistavat roskien, lumen ja sadeveden kulkeutumisen tuloilmakammioon tai säleikköä ympäröiviin rakenteisiin

- sallittu otsapintanopeus ≤ 2 m/s, suositus $\leq 1,5$ m/s, ellei muita suunniteltuja rakenteita lumen ja veden pääsyn estämiseksi koneeseen
- ulkoilmakammion säleikön silmäkoko oltava yli 10 mm
- ulkoilmasäleikön ja ympäröivien rakenteiden liitokset tiiviitä ja sadevesi johdettu hallitusti pois säleikön pinnalta.

Ulkoilmakammion puutteellinen rakenne

- ulkoilmakammio tulee viemäröidä ja varustaa vesilukolla
- vesi ei saa lammikoitua kammion pohjalle
- ulkoilmakammion ilmannoisuus tulisi olla korkeintaan 2/3 ulkoilmasäleikön ilmannoisuudesta.

Moottoripeltien puuttuminen tai puutteellinen toiminta

- yli \varnothing 315 mm kanavissa oltava sulkupellit ulko- ja jäteilmakanavissa.

Puutteellinen suodatusaste ja suodattimen likaantuminen tai ohivirtaukset heikentävät tuloilman laatua

- suositeltu tuloilmaluokka SUP2 -> ODA1 ulkoilmaluokassa suodatinvaatimus F7
- vettä tai lunta ei saa päästä suodattimiin
- tuloilmasuodattimien ohivirtaus mahdollisimman pientä.

Koneen likaantuneet sisäpinnat heikentävät sisäilman laatua

- koneen sisäosien puhtaus P1 -luokkaa.

Koneen kondensoivien osien kosteus mahdollistaa mikrobikasvun koneen osien pinnoilla

- koneen kondensoivien osien puhtaus P1 -luokkaa
- koneen kondensoivat osat tulee viemäroidä ja varustaa vesilukolla.

Koneen epätiiviiit osat heikentävät tuloilman laatua

- LTO-osassa poistoilmaa ei saa sekoittua tuloilmaan.

Äänenvaimentimista voi irrota sisäilman laatua heikentäviä kuituja

Puhaltimen puutteellinen kunto

- käyttöhihnasta irtoaa pölyä sisäilmaan
- puhaltimen ja moottorin tärinän vaimennus puutteellinen
- käyttöhihnan linjaus virheellinen.

Käytönajan ulkopuoliset ilmavirrat eivät riitä rakennusperäisten epäpuhtauksien poistamiseen

- käytönaikaisia ilmamääriä tulee käyttää myös siivouksen aikana
- käytönaikaiset ilmamäärät tulee olla käytössä vähintään kaksi tuntia ennen käytön alkua
- käytönajan ulkopuolinen ilmavirta 0,15 l/s/m² kaikissa tiloissa.

Ilmavirtojen epätasapaino voi aiheuttaa liiallista ali- tai ylipainetta ja hallitsemattomia ilmavuotoja rakennusvaipan ylitse, joko koko rakennuksen osalta, palvelualueellisesti tai tilakohtaisesti

- Ilmanvaihtojärjestelmä tulee varustaa riittäväillä laitteilla, jotta sen toimintaa tulee voida ohjata, mitata ja valvoa. Jos koneen ilmavirran ollessa < 0,5 m³/s, voidaan kiinteät mittalaitteet korvata yhteillä, joihin siirrettävät mittalaitteet voidaan kytkeä
- suurin sallittu järjestelmäkohtainen maksimipoikkeama ± 10 % ja tilakohtainen maksimipoikkeama ± 20 % mitoitusarvosta.
- suositellaan mahdollisimman pieniä tulo- ja poistoilmavirtojen eroja palvelualuekohtaisesti.

Puutteellinen huolto heikentää sisäilman laatua ja järjestelmän toimintavarmuutta

- huoltoväli 6 kk
- huoltotarrassa esitetty suodattimen alku- ja loppupainehäviö
- riittävät mittalaitteet ja RAU-kytkennät koneen toiminnan tarkkailemiseksi
- konehuoneesta tulisi löytyä riittävät tekniset dokumentit järjestelmän toiminnan arvioimiseksi.

Koneen osien puutteellinen eristys

- Koneen ulkoilmakammio ja ulkoilmaa sisältävät kanavaosat tulee eristää vähintään 100 mm:n paksuista villaeristettä vastaavalla eristeellä
- Jäteilmakanava tulee eristää ulospuhalluslaitteelle asti. Sisätiloissa on käytettävä höyrytiivillä pinnalla varustettua eristettä.

Kone tai sen osat voivat olla tekninen käyttöikänsä päässä tai niiden yleiskunto voi olla huono. koneiden käyntiajat ja niiden väliset ohjaukset voivat aiheuttaa haitallista ali- tai ylipainetta

Asiakirjaperusteisen tarkastelun perusteella selvitetty esitiedot ja niissä havaitut mahdolliset riskikohdat esitetään konekohtaisesti riskiarviossa, jossa myös esitetään riskien todentamiseksi tarvittavat tutkimukset eli tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmaa voidaan täydentää kohdekäynnillä havaittujen suunnitelmista poikkeavien toteutusten tai muiden kohdekäynnillä havaittavien riskien perusteella.

5.2 Koneellisen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän tutkiminen opetuskäyttöön suunnitelluissa kiinteistöissä

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen yhteydessä suoritettavan koneellisen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksen tavoitteena on selvittää ilmanvaihtojärjestelmän osatekijöiden suorat vaikutukset sisäilmanlaatuun ja välilliset vaikutukset mm. rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Suoria sisäilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ovat mm. ulkoilmasäleikön sijainti suhteessa sisäilman laatua heikentäviin lähteisiin, ilmanvaihtojärjestelmän kuitulähteet tai tuloilmapuutteellinen jakautuminen. Ilman vaihdon välillisiä vaikutuksia rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen lisäksi voivat olla mm. ilmanvaihdon puutteellinen ajallinen ohjaus tai liiallinen tulo- ja poistoilmavirtojen ero. Rakenteellisen kuntotutkimuksen yhteydessä

suoritettava ilmanvaihdon kuntotutkimus jaetaan raportissa kahteen osaan, ilmanjakoon liittyviin tutkimuksiin ja ilmanvaihtokoneisiin liittyviin tutkimuksiin. Kohteessa havaittuja poikkeamia ei aina välttämättä voida kategorisoida suoraan toisen tutkimusosan alle (esim. rakennusvaipan yli oleva virheellinen paine-ero). Tällöin tutkijan tulee pyrkiä selvittämään, onko havaittu paine-ero koneen asetuksista johtuvaa vai aiheutuuko virhe mahdollisesti kanaviston säätölaitteista tai päätelaiteiden asetuksista. Molempien osaluokkien tutkimukset pyritään tekemään mahdollisimman paljon aistinvaraisten arvioiden perusteella. Havaintoja tulee verrata luvussa 4 esitettyihin arvioitiperusteisiin, jotka pohjautuvat ilmanvaihtoa koskeviin rakentamismääräyksiin ja asetuksiin, sekä muihin suositeltuihin soveltamisohjeisiin. Aistinvaraisten arvioiden perusteella pyritään löytämään järjestelmän toiminnan selkeimmät epäkohdat, sekä havaitsemaan seikat, jotka tarvitsevat tarkempia jatkotutkimuksia.

5.2.1 Ilmanjakoon liittyvät tutkimukset

Ilmanjakoon liittyvissä tutkimuksissa pääpaino on

- tuloilman jakautumisen
- ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden
- ilmanvaihtojärjestelmän rakenteellisen toteutuksen arvioinnissa.

Ilman jakautumista arvioitaessa arviointi voidaan tehdä aistinvaraisesti kohteen tiloja kiertämällä tai kohdistamalla tutkimuksia tiettyihin tiloihin esitettyjen perusteella.

Tilaaajaa suositellaan keräämään kohteen käyttäjiltä esitietoja ilmanvaihdon toiminnasta ns. havaintokyselyn avulla. Mikäli tilaa ja ei suostu esitettyjen keräämiseen suoritetaan kohteen ilmanjakoon liittyvät tutkimukset aistinvaraisesti.

Ilmanjakoon liittyvässä tutkimuksessa huomioitavat seikat ovat esitetty tiivistetysti Kuva 15.

Tuloilman jakautuminen

Aistinvaraisessa arvioinnissa tuloilman jakautumista arvioitaessa huomiota pyritään kiinnittämään valitun ilmanjakotavan toimintaan kohteessa. Tiloissa havainnoidaan päätelaiteiden sopivuus kohteen ilmanjakoon ja heittopituutta mahdollisesti lyhentävät esteet,

sekä poistoilmapäätelaitteiden sijainti suhteessa tuloilmalaitteisiin eli ns. oikosulkuvirtauksen mahdollisuus. Aistinvaraisessa arvioinnissa huomiota kiinnitetään myös koettuihin ilmavirtoihin ja niiden aiheuttamaan mahdolliseen vedontunteeseen. Arvioinnin yhteydessä tiloista mitataan pistokoemaisesti hetkellisiä painesuhteita rakennusvaipan ylitse ja tilan painesuhdetta suhteessa viereisiin tiloihin. Merkittävät paine-erot (liiallinen alipaine tai ylipaine) on mahdollista havaita kohtuullisen helposti myös ilman mittausta. Ylipaineen arvioinnissa apuna voi käyttää kahta tai kolmea toisissaan kiinni olevaa wc-paperiarkkia, joiden avulla ilmanliikesuunta on helppo todeta esimerkiksi hieman raolla olevasta tuuletusikkunasta. Merkittävä alipaine on myös kohtuullisen helppo havaita aistinvaraisesti. Noin -5 Pa:n alipaineessa tuuletusikkunassa tuntuu pieni ilmavirta, mutta yli -10 Pa:n alipaineessa ilmavirta on jo hyvin selkeä. Suuremmissa alipaineissa ilmavirrat aiheuttavat rakoa suljettaessa myös viheltävää ääntä. Merkittäviä paine-eroja havaittaessa havainto tulee aina varmistaa mittauksella.

Ilmanvaihdon toimivuudesta saatujen esitietojen perusteella kohdistetussa ilmanjaon arvioinnissa tutkimukset voidaan kohdistaa ongelmallisiksi koettuihin tiloihin, jolloin aistinvaraisen arvioinnin sijaan tilaan voidaan kohdistaa tarkempia mittauksia, esimerkiksi ilmamäärien mittausta ja pitkäaikaista paine-eroseurantaa. Tutkimuksissa voidaan tällöin arvioida myös mahdollisten ilmamääräsäädinten kuntoa, asennustapaa, sekä säätimen yksittäistä ja keskinäistä toimintaa eri tilanteissa. Tällöin myös ilmanjakautumisen arvioinnissa käytettävät savukokeet ovat mahdollisia.

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden arviointiin kuuluvat sekä järjestelmän mahdollisten mineraalikululähteiden havainnointi ja sekä pölykertymän aistinvarainen määrittäminen kanavistoissa. Myös kanaviston mahdollisten kuitulähteiden paikantamisessa, havaintokyselyn avulla saatavien esitietojen avulla on mahdollista kohdistaa tutkimuksia ja saada näin tarkempia tutkimustuloksia. Havaintokyselyn lisäksi esitietona tulee käyttää ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelupiirroksia, joista voidaan todeta tuloilmakanavistoihin asennettujen äänenvaimentimien sijainti. Koulukohteessa kanavistoihin sijoitetut äänenvaimentimet sijaitsevat yleensä erityistä hiljaisuutta vaativien tilojen kanavaosissa, kuten kirjastoissa tai musiikin luokissa.

Ilmanvaihtojärjestelmän pölykertymää arvioidaan tutkimuksissa kolmesta tulo- ja kolmesta poistoilmapäätelaitteista, joista tuloilmapäätelaitteiden pölykertymän arviointi on

sisäilmanlaadun kannalta huomattavasti merkityksellisempää, mutta myös poistoilma-
puolen pölynkertymällä on vaikutusta järjestelmän toimintaan, erityisesti ilmamääräsää-
timillä varustetuissa järjestelmissä. Tuloilmapäätelaitteiden tarkastuksen yhteydessä ar-
vioidaan myös mahdollinen kuitujen irtoaminen päätelaitteen äänenvaimennusmateriaa-
leista. Tarkastetut päätelaitteet kuvataan ja tulokset kirjataan raporttiin.

Kanavassa olevien äänenvaimentimien tarkastaminen vaatii suunnitelma-asiakirjojen
avulla tehtävää tutkimusten kohdentamista. Kanavassa sijaitsevan äänenvaimentimen
pintamateriaalien kuntoa ja avonaisten villapintojen olemassa oloa voidaan tarkastella
kanavaan tehtävän reiän ja endoskoopin avulla. Tutkimuksen jälkeen kanavaan tehty
reikä tulee tulpata asianmukaisesti.

Puhtauden arvioinnin yhteydessä arvioidaan myös kanaviston puhdistettavuutta.

Ilmanvaihtojärjestelmän rakenteellinen arviointi

Rakenteellisessa arvioinnissa kiinnitetään huomiota erityisesti siirtoilmareitteihin ja ilman
kulkeutumissuuntiin rakennuksissa. Ilman tulee virrata aina puhtaammasta tilasta likai-
sempaan. Rakenteellisessa arvioinnissa havainnoidaan myös kanaviston eristyksien to-
teutustapaan ullakkotiloissa ja jäähdytettyjä ilmavirtoja kuljettavissa kanavistoissa. Myös
selkeät kanavistovuodot pyritään löytämään. Myös järjestelmän häiritsevä äänentuotto
raportoidaan.

IV-koneen ulkopuolisten osien puutteelliseen toimintaan ja ilmanjakoon vaikuttavia tekijöitä:

- toteutuneet ilmamäärät eivät vastaa suunniteltuja ilmamääriä
- tilojen käyttötarkoitus tai henkilömäärä muuttunut, jolloin ilmamäärät eivät vastaa tarvetta
- siirtoilmareitit puutteellisia
- päätelaitteissa ja äänenvaimentimissa kuitulähteitä
- kanavistojen eristykset puutteellisia
- huolto puutteellista, jonka vuoksi kanavistot ja muut järjestelmänosat likaantuneet
- puutteellinen ilmanjakotapa, esteitä päätelaitteiden edessä tai kyseiseen käyttöön soveltumaton päätelaite
- ilmamäärien säätölaitteiden virheellinen toiminta
- puutteelliset suojaetäisyydet kanaviston mittalaitteissa
- Päätelaitteiden ja kanaviston osien äänentuotto häiritsevää
- Ilmavaihtojärjestelmän aiheuttamat haitalliset painesuhteet

Kuva 15. Kohteen ilmanjakoon liittyvässä tutkimuksessa huomioitavia tekijöitä

5.2.2 Konekohtaiset tutkimukset

Konekohtaisten tutkimusten laajuus sovitaan yhdessä tilaajan kanssa. Vaihtoehtoisesti konekohtaiset tutkimukset voidaan suorittaa kaikkiin kohteen ilmanvaihtokoneisiin tai tutkimuksia voidaan kohdistaa joko koneiden iän, esitietojen tai havaittujen huoltopyyntöjen perusteella.

Konekohtaisessa tutkimuksessa koneen toimintaa ja sen vaikutuksia sisäilman arvioidaan ilmavirtojen kulkeutumisenjärjestyksen mukaisesti, eli arviointi suoritetaan seuraavassa järjestyksessä. Arvioidaan

- ulkoilmalaitteen sijainti suhteessa ilmanlaatua heikentäviin lähteisiin
- ulkoilmasäleikön korkeusasema suhteessa maanpintaa tai alapuoliseen kattopintaan, sekä mahdollinen sijainti rakennuksen kulmauksessa tms.
- säleikön ilmavirran muodostama otsapintanopeus
- säleikön liittymät seinärakenteisiin, niiden tiiveys, sekä veden poisjohtaminen säleikön yläpuoliselta seinäosalta ja säleikön alaosasta
- ulkoilmakammion ilmannopeus (erottelukyky), puhtaus, vedenpoisto ja kaadot
- sulkupellit ja niiden toiminta pysäytystilanteessa

- suodattimet; suodatusluokka, asennustiiveys, rakenteelliset ohivirtaukset, huoltoväli
- puhaltimet; puhaltiminen ohjaus, kiilahihnan kuluneisuus/luistaminen, siivikkeiden ja muu yleinen puhtaus
- LTO; lämmöntalteenottotapa, riittävät viemäroinnit, mahdollisten ilmanohjainpeltien rakenteellinen kunto
- äänenvaimentimet ja muut mahdolliset kuitulähteet
- IV-konehuoneen palopellit ja niiden kytkennät RAU-järjestelmään
- riittävät mittauslaitteet ja kytkennät RAU-järjestelmään
- järjestelmän tutkimuksen hetkinen toiminta; ilmamäärät ja lämpötilat
- järjestelmän huolto ja huoltoasiakirjat
- konehuoneen yleinen siistiys.

Edellä mainittujen seikkojen konekohtainen toteutus esitetään raportissa ja toteutustapaa verrataan luvussa 4 esitettyihin arviointiperusteisiin. Arviointiperusteista poikkeavien toteutustapojen vaikutukset sisäilmanlaatuun tai järjestelmän toimintaa selvennetään raportissa ja havaittujen poikkeamien mahdollinen korjaustapa kirjataan toimenpide-ehdotuksiin prioriteettijärjestyksessä. Lisäksi raportissa arvioidaan järjestelmän keskimääräinen jäljellä oleva tekninen käyttöikä RT- 18 10 922 -ohjekortin käyttöikäarvion pohjalta.

Kuva 16 on esitetty ilmanvaihtokoneen tutkiminen tehtäväjärjestyksessä.



Kuva 16. Ilmanvaihtokoneen tutkimisjärjestys

6 Esimerkkikohteen tutkimukset

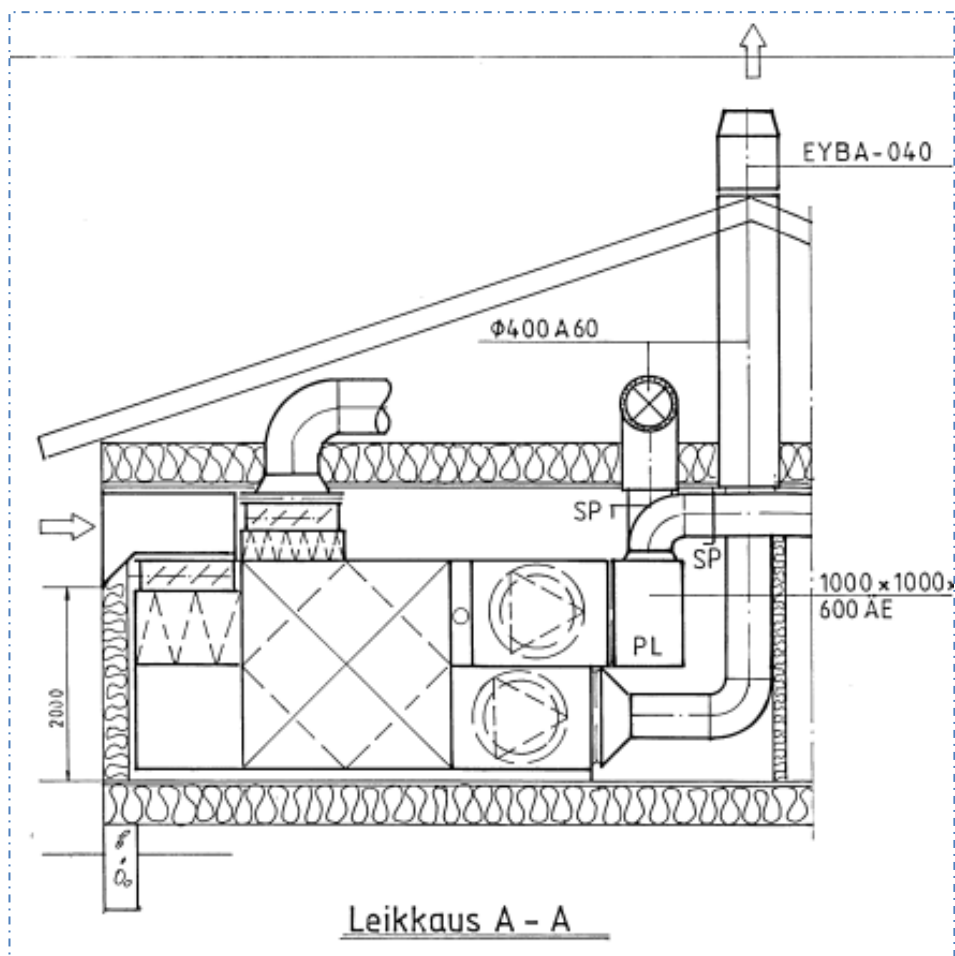
Uutta ilmanvaihdon tutkimusohjeistusta ja tutkimisprosessia testattiin Uudellamaalla sijaitsevassa päiväkodissa. Esimerkkikohde on rakennettu 1980-luvulla. Ilmanvaihtoon liittyvät tutkimukset suoritettiin osana kohteen kosteus- ja sisäilmateknistä kuntotutkimusta.

6.1 Järjestelmän kuvaus

Kohteen ilmanvaihto on päiväkodin osalta suunnitelmien mukaan toteutettu koneellisella tulo-/poistoilmanvaihdoilla. Suunnitelmissa rakennuksessa aiemmin asuinkäytössä olleessa huoneistossa on koneellinen poistoilmanvaihto. Tilan poistoilma virroista vastaavat liesituuletin ja WC-tilassa sijaitseva poistoilmapäätelaite, joka on liitetty päiväkodin TK1:n poistoilmakanavaan. Kohdekäynnin havaintojen mukaan kyseisessä osassa on kuitenkin todennäköisesti jälkiasennettu tulo-/poistoilman vaihto, jonka suunnitelmia ei esitiedoista löytynyt.

Päiväkodin tulo/poistoilmakone TK1 on esitietojen mukaan vuodelta 1989. Koneen TF1 tuloilmapuhaltimen ilmavirraksi laitetiedoissa ilmoitetaan 2,2 m³/s ja PF1 poistoilmapuhaltimen ilmavirraksi 1,3 m³/s. TK1:n TF1 palvelee myös päiväkodin keittiötiloja, mutta keittiön tuloilmavirtoja ja koneen ohjausta keittiön huippumurin mukaan ei suunnitelmissa esitetty. Keittiötilan huuva ja astianpesukonetta palvelevan huippumurin ilmavirroiksi suunnitelmissa ilmoitetaan 0,84 / 0,42 m³/s, joista suunnitelmien mukaan 0,14 m³/s on astianpesukoneen poistoilmavirtaa.

PTS-suunnitelmassa kanavistojen puhdistus on suunniteltu toteutettavaksi vuonna 2018, mutta kohteen lähtötietokortin mukaan vuonna 2018 ei ole suoritettu merkittäviä toimenpiteitä. Tuloilmakanavistot on varustettu säätöpelleillä ja ilmeisesti tasauslaatikollisilla päätelaitteilla. Järjestelmässä on tulo- ja poistopuolella pyöreät äänenvaimennin kanavat (ø400 mm), jotka sijaitsevat poistoilman osalta teknisessä tilassa ja tuloilman osalta sähkökeskuksen yläpuolella kulkevassa kanavaosassa.

TK1

Kuva 17. TK1:n leikkauskuva

Koneen leikkauskuvan mukaan koneessa ei ole erillistä tuloilmakammiota. (Kuva 17) Tuloilmasäleikön koko on suunnitelmien mukaan 0,6 x 1,0 m, jolloin suunnitelmissa esitetyllä ulkoilmavirralla säleikön otsapintanopeus on selvästi yli suositusten. Leikkauskuvasssa ei ole esitetty tarvittavia viemärointejä, LTO:n tai tuloilman osalta.

Leikkauskuvasssa ei ole esitetty myöskään tarvittavia ulko- ja jäteilman sulkupeltejä.

Suunnitelmien mukaiset ilmamäärät vaikuttaisivat pääosin riittävilä, mutta arviointia vaikeuttaa tilakohtaisten käyttäjämäärätietojen puuttuminen sekä muutamat suunnitelmassa havaittavat epäselvyydet, mm. pääteilmalaitteen ja kanavan puuttuminen tilasta, johon on merkitty poistoilmamäärä.

6.2 Tutkimukset ja havainnot

TK1

Kohteen ulkoilmalaitteen sijoittelu poikkesi suunnitelmista rakennukseen tehdyn yhdyskäytävään kohdistuneiden muutostöiden vuoksi. Koneen leikkauspiirroksessa esitetyn seinäasennuksen sijaan, ulkoilmalaitte sijaitsi vesikatolle rakennetussa ulkoilmakanavassa (Kuva 18). Nykyisen ulkoilmasäleikön mitoitusta ja sen asennuskorkeutta suhteessa kattopintaan ei kohdekäynnillä tarkastettu. Ilmanvaihtokoneessa ei ole erillistä tuloilmakammiota, vaan pystyyn sijoitetun ulkoilmakanavan puolella välissä ovat tuloilman suodattimet.

Leikkauskuvasta poiketen kone oli varustettu ulko- ja jäteilman sulkupellillä ja LTO:n ohituspellillä. Pellit olivat sähköisellä toimilaitteella ohjattuja. LTO:n ohituspellin oli tutkimusten aikana talvikautta vastaavassa asennossa, eli tuloilma virtasi LTO-laitteen lävitse. Pellin toimintaa sulatustilanteessa ei tutkimuksissa todennettu. Ulkoilma- ja jäteilmapellit eivät sulkeutuneet vaaditulla tavalla koneen sammuttamisen yhteydessä.

Koneen tarkastuksessa suodattimet todettiin lähes puhtaiksi ja suodatusluokaltaan riittäviksi. Suodattimet olivat kuitenkin lumisia ja kastuneita (kuva 19). Tuloilmasuodattimen muodostamaa paine-eroa ilmaiseva digitaalinen paine-eromittari (PDIE 1.1) osoitti 49,9 Pa:n paine-eroa. Vastaavasti poistoilmasuodattimen muodostama paine-ero oli 57,7 Pa (PDIE 1.2).

Koneen sisäpinnat, mukaan lukien lämmöntalteenottolaitteiston tuloilma puolen sisäpinnat ja lämmöntalteenottoa edeltänyt kammio-tila todettiin puhtaiksi. Lämmöntalteenotto-osan pohja oli käsitelty mustalla, ilmeisesti veden eristykseen tarkoitettulla pinnoitteella, joka oli jäteilmapuolelta kulunut jo lähes kokonaan pois. Lämmöntalteenottolaitteen poistoilmasuodattimen jälkeisen osan puhtautta ei kuitenkaan voitu tarkastaa, koska LTO-laitteiston peittävä kanteen oli asennettu sähköisiä mittalaitteita, eikä sähkökytkentöjen purkaminen ollut tutkimushetkellä mahdollista. LTO:n ulko- ja jäteilmaosat olivat varustettu vedenpoistoyhteillä, mutta yhteitä ei ole viemäroity lattiakaivolle, eikä niitä ole varustettu vesilukolla.

Tuloilmapuhaltimen kotelossa oli selvää kosteuden aiheuttamaa oksidoitumista (Kuva 20). Veden kulkeutumisreitistä ei tutkimuksissa saatu varmuutta. Tuloilmapuhaltimen kiilahihna aiheuttaa tuloilman mukana sisätiloihin kulkeutuvaa mustaa pölyä. Myös poistoilmapuhaltimen kiilahihna aiheuttaa ilmavirran mukana kulkeutuvaa pölyä, mutta ilmavirrat eivät kulkeudu sisätiloihin. Koneen käynnistyshetkellä erityisesti poistoilmapuhallin saavutti hitaasti oman toimintanopeutensa. Tämä johtuu mahdollisesti kiilahihnan luistamisesta.

Koneessa oli sähköiset paine-ero- ja lämpötilamittarit, jotka on kytketty etävalvottuun rakennusautomaatiojärjestelmään.

Koneen LTO-osan jälkeinen jäteilmakanava oli konehuoneen osalta eristämätön (Kuva 20).

Koneiden osat todettiin tyyppikilpien mukaan vuonna 1989 valmistetuiksi.

Konetta on konehuoneessa sijaisevien huoltotarrojen mukaan huollettu säännöllisesti noin kuuden kuukauden välein.



Kuva 18. Ulkoilmasäleikön sijoittelu poikkesi esitiedoista



Kuva 19. Suodattimet olivat lumiset ja kastuneet



Kuva 20. IV-koneen jäteilmakanavan osat olivat konehuoneessa eristämättä ja tulopuhaltimen luona kuivuneita vesijälkiä.

Johtopäätökset

Ulkoilmasäleikön korkea otsapintanopeus ja ulkoilmakammion puuttuminen mahdollistavat lumen ja veden pääsyn koneen ulkoilmasuodattimiin. Runsaissa määrin suodattimiin kertyvä lumi voi pienentää merkittävästi suodattimen läpi kulkevia ilmavirtoja ja siten heikentää kohteen sisäilmaolosuhteita. Pitkään kosteana säilyvä suodatin ja siinä olevat ulkoilman orgaaniset epäpuhtauden luovat myös mahdollisuudet mikrobikasvulle.

Sisäilman kosteus voi kondensoitua jäteilmakanavan ulkopintaan ja kastella alapuolella olevia materiaaleja.

Koneen kondenssipoisto valuttavat niistä tulevan veden lattialle ja kastelevat näin tarpeettomasti lattiapintoja.

Kohteen ilmanvaihtokone on 31 vuotta vanha, joten sen puhaltimet, lämmönsiirrin ja lämmityspatteri ovat ylittäneen RT-18-10922-ohjekortin mukaisen keskimääräisen teknisen käyttöikänsä.

Sulku-, säätö- ja mittauslaitteiden keskimääräinen tekninen käyttöikä on jatkuvasti toimivissa järjestelmissä 10–15 vuotta, joten niiden jäljellä oleva käyttöikä riippuu niiden asennusajankohdasta, jota ei esitiedoissa mainittu.

Toimenpide-ehdotukset

Ilmavaihtokone on teknisen käyttöikänsä päässä, joten sen uusiminen on edessä lähitulevaisuudessa. Ilmanvaihtokoneen uusimisen yhteydessä on järjestelmään suositeltavaa rakentaa ulkoilmakammio, jossa alhaisempi virtausnopeus erottelee ulkoilman mukana järjestelmään päätyvän lumen, veden ja karkeat epäpuhtaudet. Ulkoilmasäleikön suositeltu otsapintanopeus on alle 1,5 m/s ja ulkoilmakammiossa ilmannonopeuden tulisi laskea alle 1 m/s.

Koneen jäteilmakanava tulisi eristää aina ulospuhalluslaitteella asti. Sisätiloissa eristyksessä tulee käyttää höyrytiivillä pinnalla varustettua eristettä. Kondenssipoistot tulisi viemäröidä lattiakaivolle asti. Viemäröinti tulisi varustaa vesilukolla tai vähintään ilmavälillä.

Ennen ilmanvaihtokoneen uusimista suositellaan suodattimien lumisuuden ja kastumisen säännöllistä tarkkailua. Lumiset ja kastuneet suodattimet tulisi vaihtaa. Myös sulku-peltien toimintavirhe tulisi selvittää ja peltien toiminta korjata.

Kiilahihnojen kireyden tarkastus ja säännöllinen vaihto olisi hyvä lisätä osaksi säännöllistä huoltoa, jotta kiilahihnan aiheuttama pöly voidaan minimoida.

Huoltotarroihiin tulisi lisätä merkintä suodattimien suunnitellusta alku- ja loppupainehäviöstä. Näiden tietojen perusteella huoltohenkilökunta voi päätellä suodattimen tiiviin asetautumisen asennuskehukseen ja mahdollisen normaalista poikkeavan suodattimen liikaantumisen.

Ilmanjako

Kohteen ilmanjako oli toteutettu sekoittavana ilmanjakona. Kohde käynninaikana ilman todettiin vaihtuvan kaikissa tiloissa. Tiloissa ei aistinvaraisesti havaittu puutteellista ilmanvaihtoa, vedontunnetta tai poikkeavia lämpötiloja. Kohteen WC- tai märkätilojen siirtoilmareitteinä oli käytetty ovirakoja ja siirtoilmäsäleikköjä. Oviraissa havaittiin muutamien oven osalta pieniä puutteita, mutta pääsääntöisesti siirtoilmareittien mitoitus ei vaikuta ilmanvaihdon toimintaan.

Ilmanvaihto kanavistojen ja päätelaitteiden puhtautta tarkasteltiin pistokoemaisesti. Puhdautta tarkasteltiin kahdesta tuloilma päätelaitteesta sekä yhdestä pisteestä tulo- ja poistoilmakanavista. Päätelaitteiden puhtauden tarkastelussa havaittiin kiilahihnasta irtoavan pölyn lianseen päätelaitteiden sisäosia. Myös tuloilmakanavien sisäpinnoilla havaittiin mustaa tahrivaa pölyä. Juhla- ja liikuntasalissa poistoilmapäätelaitteen pinnat ja samassa tilassa tarkastetun poistoilmakanavan sisäpinnat olivat paksun pölyn peitossa (Kuva 21).



Kuva 21. Likainen poistoilmakanava ja tuloilmapäätelaitteen reunoille kerääntynyttä mustaa pölyä.

Johtopäätökset

Ilma vaihtuu kaikissa kohteen tiloissa. Aistinvaraisesti arvioituna kohteen ilmanjako ei estä hyvien sisäilmaolosuhteiden toteutumista. Tuloilmanpuhaltimen käyttöhihnasta irtoava musta pöly kulkeutuu päätelaitteille asti ja siten myös sisäilmaan. Poistoilmapä-

telaiteiden pinnoilla ja poistoilmakanavissa on merkittäviä pölykertymiä, jotka eivät heikennä sisäilmanlaatua, mutta voivat kanavanpinnoilta irrotessaan tarpeettomasti liata poistoilmasuodatinta ja näin pienentää suodattimen läpi virtaavia poistoilmamääriä.

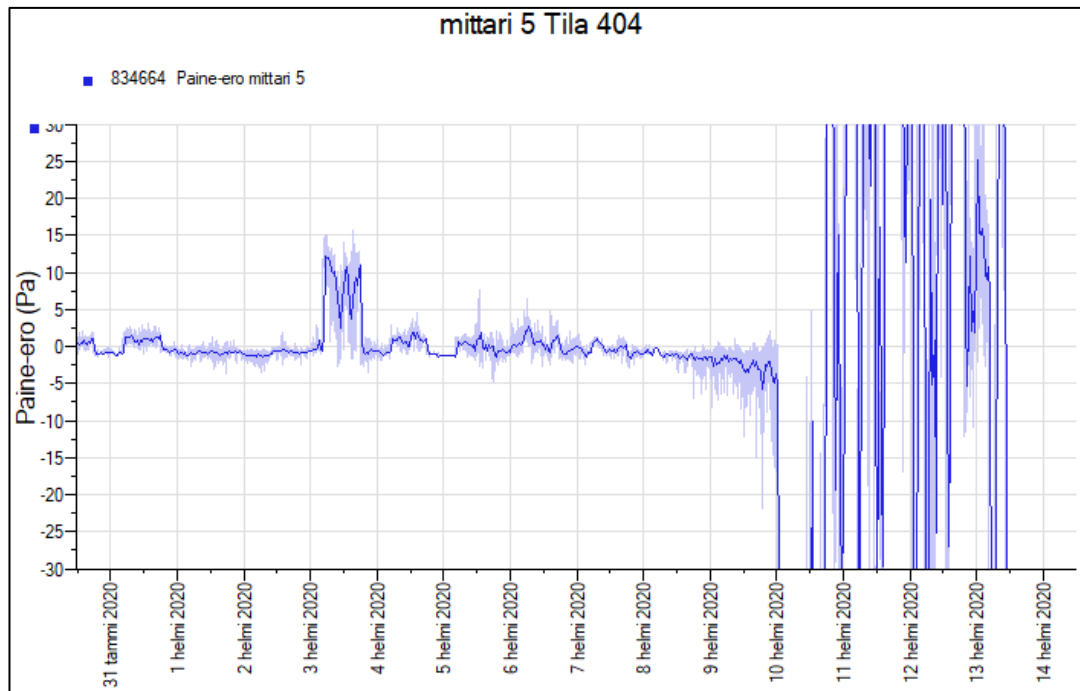
Toimenpide-ehdotukset

Suosittelaa kanavistojen ja päätelaiteiden puhdistusta ja ilmamäärien säätöä.

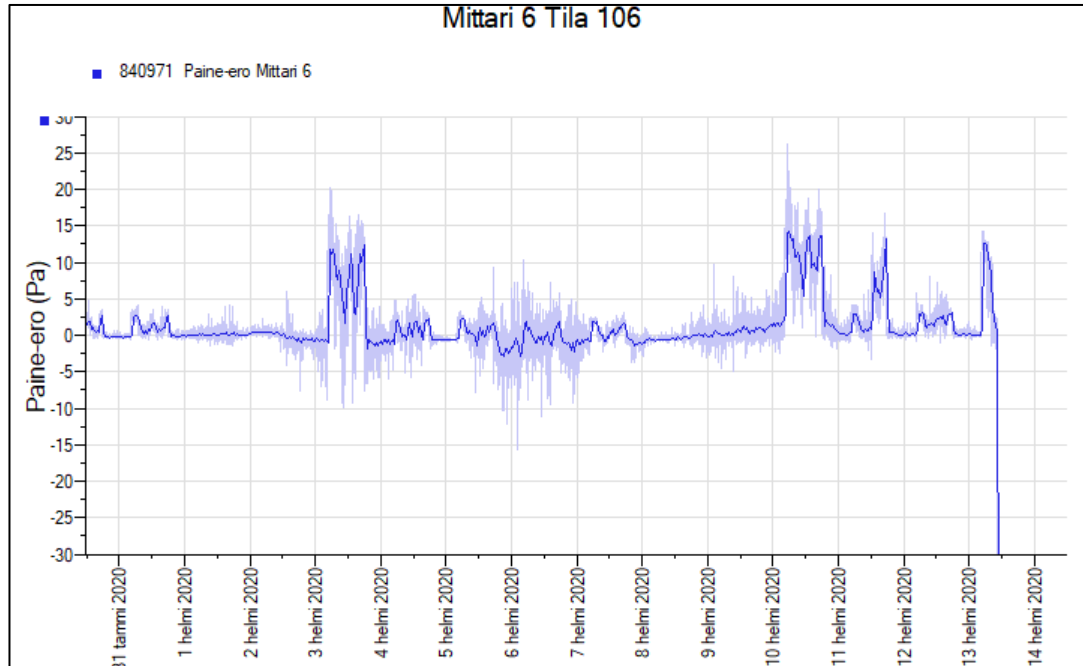
6.3 Paine-eromittaus

Kiinteistössä mitattiin kahdessa eri tilassa ulkovaipan yli vaikuttavia paine-eroja kahden viikon ajan 31.1.2020–14.2.2020.

Kuvaajat



Kuva 22. Tilan 404 kahden viikon paine-eromittauksen kuvaaja.



Kuva 23. Tilan 106 kahden viikon paine-eromittauksen kuvaaja.

Tulokset

Mittari 5 tila 404

Mittausajankohtana tilan paine-ero ulkoilmaan nähden vaihtelee välillä $-3...+3$ Pa (Kuva 22). Kuitenkin 3.2.2020 klo 05:00–18:00 tilan paine-ero on $0...12$ Pa.

Keskimäärin ulkovaipan yli vaikuttava paine-ero on ± 0 Pa:n tuntumassa.

10.2.2020 tapahtuva voimakas muutos kuvaajassa johtuu mittarivirheestä tai sähkökatkoksesta.

Mittari 6 tila 404

Mittausajankohtana tilan paine-ero ulkoilmaan nähden vaihtelee välillä $-3...+3$ Pa (Kuva 23). Kuitenkin 3.2.2020 ja 10.2.2020 klo 05:00–18:00 tilan paine-ero on $0...16$ Pa.

Keskimäärin ulkovaipan yli vaikuttava paine-ero on ± 0 Pa:n tuntumassa.

Johtopäätökset

Molempien tilojen paine-eroissa tapahtuu systemaattinen muutos maanantaisin klo 05:00–18:00.

Molemmissa tiloissa pysytään asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvojen sisäpuolella (+/- 15 Pa).

Suosittelava koneellisen tulo/poistoilmanvaihdon muodostama paine-ero rakennusvai-pan ylitse on noin 0...–2 Pa.

Toimenpide-ehdotukset

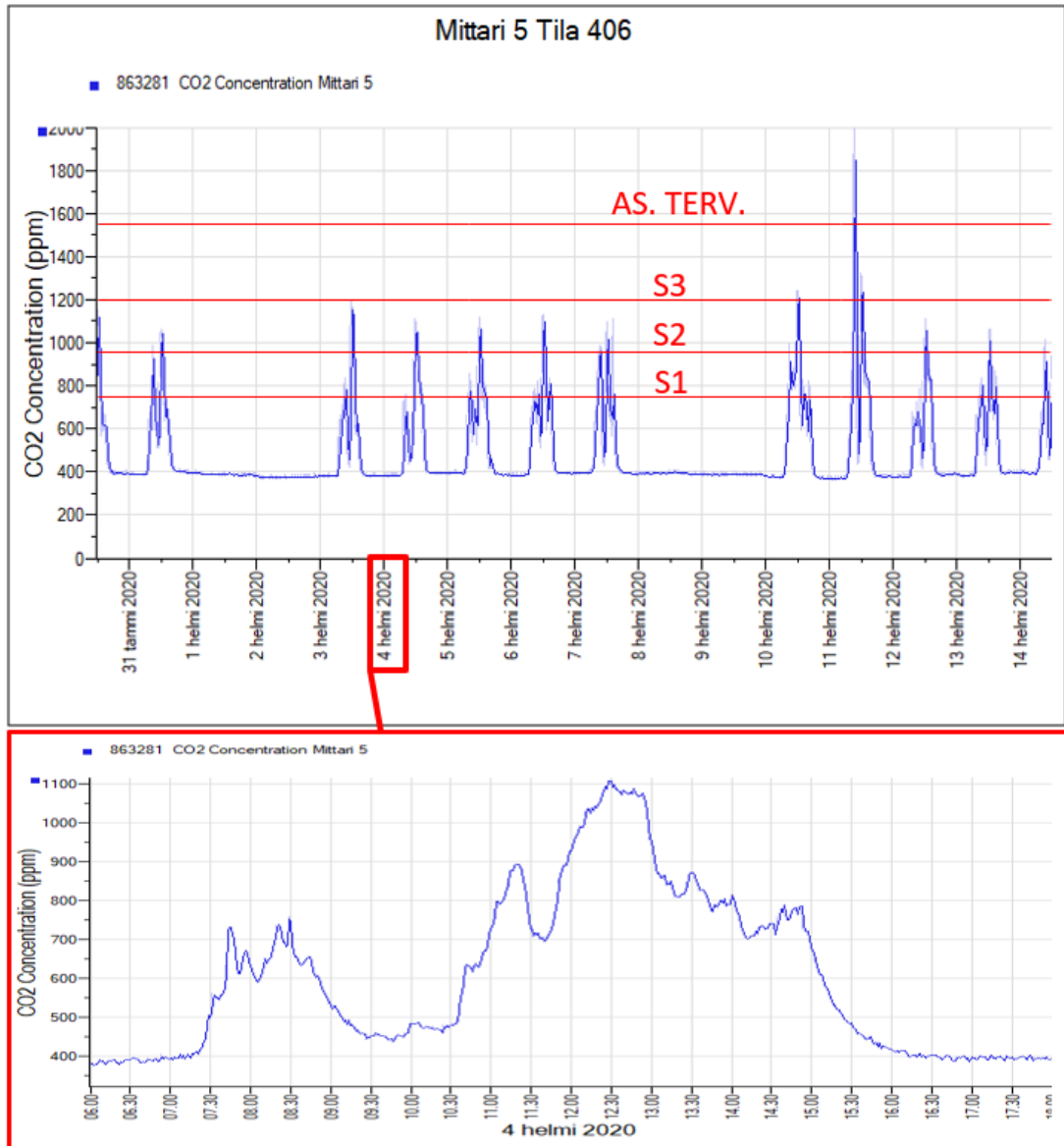
Syy mittausten perusteella maanantaisin toistuvaan ylipaineisuuteen tulisi selvittää.

6.4 Hiilidioksidipitoisuus

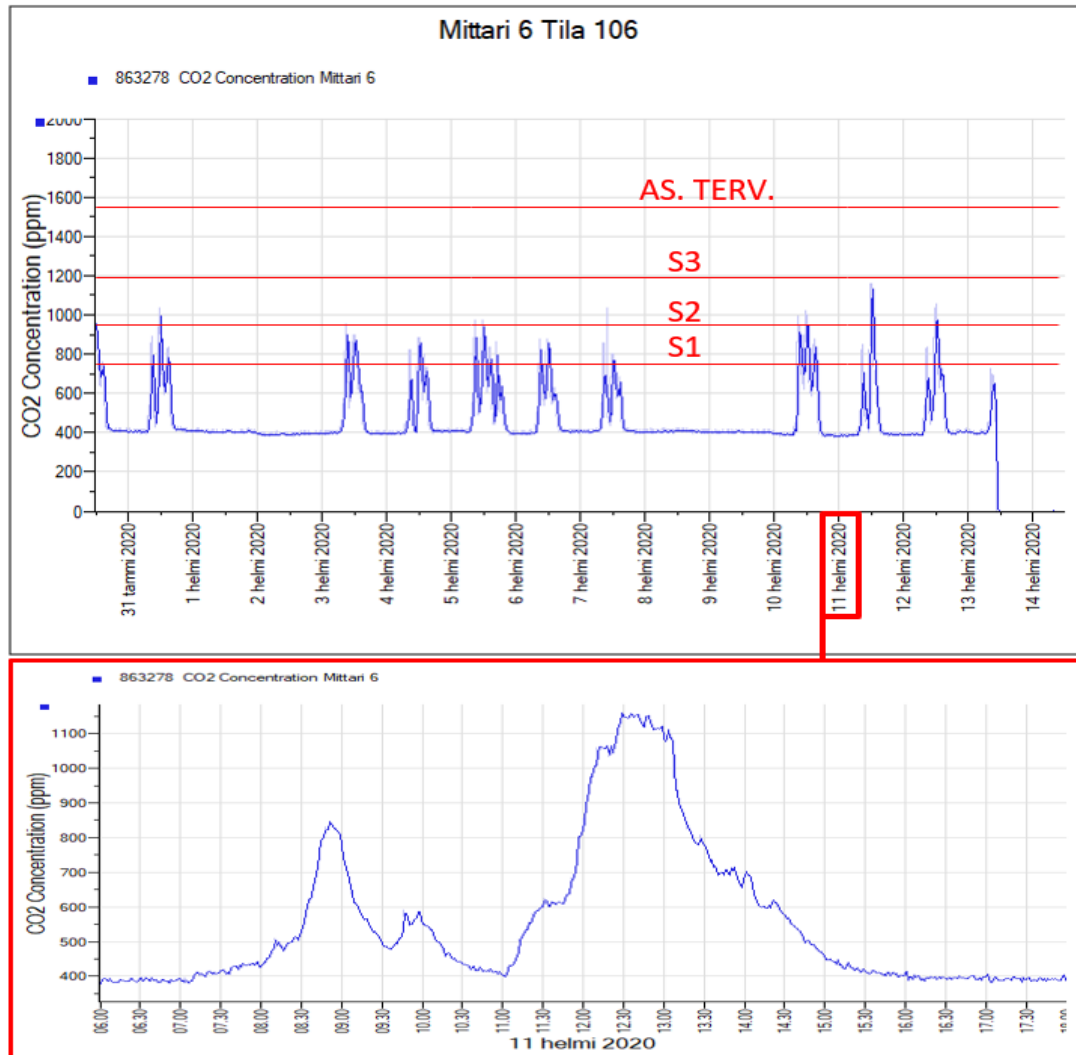
Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittaus suoritettiin kahden viikon mittaisena jatkuvatal-lenteisena mittauksena kahdesta eri tilasta.

Kuvaajat

Kiinteistössä mitattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta kahdessa tilassa eri puolilla raken-nusta kahden viikon ajan 31.1.2020–14.2.2020.



Kuva 24. Tilan 406 kahden viikon hiilidioksidipitoisuuden kuvaaja(ylempi) ja tarkempi kuvaaja ta-
vanomaiselta käyttöajalta (alempi).



Kuva 25. Tilan 106 kahden viikon hiilidioksidipitoisuuden kuvaaja (ylempi) ja tarkempi kuvaaja tavanomaiselta käyttöajalta (alempi).

Tulokset

Mittari 5 tila 406

Käyttöaikoina tilan hiilidioksidipitoisuus on tavanomaisesti välillä 400...1200 ppm (Kuva 24). 11.2. klo 09:00–10:00 kuitenkin hiilidioksidipitoisuus nousut hetkellisesti 2000 ppm. Hiilidioksidipitoisuus on käytön aikana keskimäärin n. 600...700 ppm.

Mittari 6 tila 106

Käyttöaikoina tilan hiilidioksidipitoisuus on tavanomaisesti välillä 400...1000 ppm (Kuva 25). 11.2. klo 12:00–13:30 hiilidioksidipitoisuus ollut korkeimmillaan 1150 ppm, jonka aikana tilassa on ollut 17+1 henkilöä. Hiilidioksidipitoisuus on käytön aikana keskimäärin n. 500...550 ppm.

Tulkinta

Molemmat mittarit olivat sijoitettu tiloihin, joissa lapset nukkuvat päiväunia (klo 12:00–14:00). Päiväunien aikoihin molemmissa kuvaajissa on selkeä piikki.

Mittarin 5 osalta sisäilman hiilidioksidipitoisuus pysytään pääosin sisäilmastoluokituksen S3-sisäilmaluokassa, jolloin sisäilman hiilidioksidipitoisuus ≤ 800 ppm, mutta yksittäinen ylitys rikkoo asumisterveysasetuksessa 545/2015 säädetyn hiilidioksidipitoisuuden toimenpiderajan ≤ 1150 ppm.

Mittarin 6 osalta sisäilman hiilidioksidipitoisuus on sisäilmastoluokituksen S3-luokan mukainen.

Johtopäätökset

Ilmanvaihto on aikoinaan mitoitettu tietyille henkilömäärälle. Varsinkin päiväunien aikaan voi nukkumatilan ilmanvaihto olla riittämätön ja ilma voi tuntua raskaalta.

Toimenpide-ehdotukset

Tilojen henkilömäärämitoitusta tulee noudattaa erityisesti pitkään kestävässä yhtäjaksoisessa käytössä (esim. päiväunet), tai ilmamäärät tulee mitoittaa käyttöön sopiviksi.

6.5 Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet

Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet kerätään petrimaljalle TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Näytteenoton jälkeen petrimaljalle painetaan geeliteippi ja näytteet lähetetään laboratorioon. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (Asumisterveysasetus 545/2015) mukaan asuinrakennuksissa mineraalikuitujen toimenpiderajana kahden vii-

kon aikana mittausalustalle laskeutuneesta pölystä on 0,2 kuitua/cm². Tämän arvon ylittyä tulee ryhtyä toimenpiteisiin kuitulähteen selvittämiseksi ja kuitujen sisäilmaan leviämisen estämiseksi.

Tulokset

Mineraalikuitulaskeumanäytteitä otettiin kolme kappaletta eri puolilta rakennusta (Taulukko 9).

Taulukko 9. Mineraalikuitulaskeumanäytteiden tulokset ja tulkinnat.

Näyttenro	Näytteenottoaika	Kuitupitoisuus (kuitua/cm ²)	Tulos
KL1	Vanha talonmiehen asunto (pienen puoli)	2,6	Ylittää määritysrajan
KL2	Tila 105	1,6	Ylittää määritysrajan
KL3	Tila 406	0,7	Ylittää määritysrajan

Johtopäätökset

Kaikissa laskeumanäytteissä todettiin raja-arvot ylittäviä määriä mineraalivillakuituja. Mineraalivillakuidut johtuvat todennäköisesti ilmanvaihtolaitteiden äänenvaimentimista. Mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa ärsytysoireita käyttäjille. Kuitulähde tulee selvittää ja poistaa.

7 Päätelmät

Kohteiden ilmanvaihtoa tutkittaessa löydetään harvoin yksittäistä syytä, joka voidaan osoittaa huonon sisäilmanlaadun aiheuttajaksi. Ilmanvaihdon tutkimuksessa on tärkeää ymmärtää ilmanvaihdon olevan yksi osa laajaa tutkimuskokonaisuutta. Ilmanvaihto harvoin toimii ongelman ytimenä, mutta ilmanvaihdon aiheuttamat liialliset paine-erot voivat korostaa rakenteissa olevien vaurioiden vaikutuksia sisäilmaan. Erityisesti tulisi kehittää vaurioituneiden rakenneosien virtaavien korvausilmamäärien määrittämistä ja arviointia osana tutkimusta ja vaurioiden vaikuttavuuden arviointia.

Ilmanvaihdon säädöillä voidaan vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin, pois lukien korkeat yhtenäiset tilat, joiden yläosaan kohdistuvan ylipaineen muodostumista ei ilmanvaihdolla voida ratkaista. Erityisesti tulisi tutkia mahdollisuutta ylipaineistaa rakenteiltaan vaurioituneita rakennuksia, niiden elinkaaren loppuajaksi tai saneeraukseen saakka. Ylipaineistus yhdistettynä rakenteiden tiiveyskorjauksiin voisi olla kustannustehokas korjaustapa elinkaaren loppupäässä oleville rakennuksille.

Opinnäytetyöprosessin osana tuotettu ilmanvaihdon kosteus- ja sisäilmateknisiä vaikutuksia arvioiva tutkimusohje vaatii jatkuvaa tutkimuskohteiden ja tutkimusohjeiden kohdentamista ja tarkastamista. Lisäksi tutkimusohjetta tulee päivittää myös uusien, nopeampien ja luotettavampien tutkimusmenetelmien käyttöön saattamiseksi.

Yksi tärkeimpiä arviointi kohteita tietotyöhön liittyvässä tuotekehityksessä on selvittää tuotetun ohjeistuksen käyttäjäkokemus ja ohjeistuksen raportointiosan asiakkaalle tuottama lisäarvo. Näiden arvioimiseksi on luotava erilliset palautekaavakkeet, sekä työsuorittajalle että asiakkaalle. Ohjetta tulee kehittää saadun palautteen mukaisesti, teknisten, rahallisten sekä ajallisten resurssien rajoissa.

8 Yhteenveto

Ilmanvaihdon tutkimiseen liittyvä lainsäädäntö ja erilaiset ohjeistukset luovat hyvin laajan aiheeseen liittyvän teoriakentän. Sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen yhteydessä tehtävään ilmanvaihdon tutkimiseen on kuitenkin hyvin kapealti ohjeita. Ympäristöministeriön 234 sivua sisältävässä Rakennuksen kosteus- ja sisäteknistä kuntotutkimusta koskevassa oppaassa ilmanvaihdon tutkimusta käsitellään noin 8 sivun verran. Näillä ohjeille ei ilmanvaihdosta ja sen vaikutuksista; aistittuihin sisäilmaolosuhteisiin, painesuhteisiin ja niiden vaihteluun tai vaikkapa rakennusvaipan lävitse kulkeutuviin vuotoilmavirtoihin, voida muodosta kovinkaan tarkkaa kokonaiskuva. Ilmanvaihtojärjestelmät toimivat harvoin sisäilmaongelmien juurisyynä. Toisaalta, ei rakenteisiinkään kohdistuvissa tutkimuksissa useinkaan löydetä yhtä tiettyä, varmuudella osoitettavaa ongelman aiheuttajaa. Ilmanvaihtojärjestelmien koneiden ja kanavistojen ilmavirtojen ohjaukset ovat nykyjärjestelmissä jo hyvin teknisiä. Tästä syystä rakennusautomaation sekä säätö- ja mittalaitteisiin kohdistuvien asennus- ja suunnitteluvirheiden ja laitteiden vir-

heellisen toiminnan tunnistaminen on tärkeässä osassa onnistunutta tutkimusta. Kunto-
tutkimuksen yhteydessä ilmanvaihdon tutkimiseen on käytettävissä hyvin rajallisesti re-
sursseja. Tämän vuoksi järjestelmään liittyvien ongelmien juurisyyt löytyvät usein vasta
jatkotutkimuksissa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda selkeä prosessi ilmanvaihdon tutkimiselle kunto-
tutkimuksen yhteydessä ja selvittää arviointiperusteet tutkimuskohteille. Opinnäytetyön
avulla muodostunutta tutkimusmenettelyä on käytetty 5 eri kohteessa. Havaintojen pe-
rusteella ohjeistus johtaa järjestelmällisempään tutkimukseen, sekä havaintojen tasaver-
taisempaan arviointiin.

Tulevaisuudessa arviointia ja tutkimusta tulisi kehittää yhä enemmän kohteen erityisomi-
naisuudet huomioivaan suuntaan. Ilmanvaihdon toiminnan arviointi ja erityisesti sen vai-
kutukset painesuhteisiin ja vaurioituneen rakenteen lävitse kulkeutuviin korvausilmavirtoihin
on tärkeässä osassa kohteen altistumisarvioinnissa. Myös automaatiojärjestelmien ja
niissä esiintyvien vikatilanteiden arviointia on vahvistettava.

Lisää tutkimusta tarvitaan ilmanottoaukkoihin liittyvissä rakenteissa olevien mikrobivau-
rioiden vaikutuksesta sisäilmalaatuun. Myös järjestelmän ulkopuolisesta kosteuden kul-
keutumisesta kastuvien osien mahdollisista mikrobivaurioista ja niiden vaikutuksista on
vähän tietoa. Usein kastuneet tuloilmasuodattimet ja ulkoilmakammioihin kerääntynyt ja
puutteellisen viemäroinnin avulla kastuvat orgaaniset epäpuhtaudet hyväksytään vaan
osana järjestelmän toimintaa. Kuitenkin näillä mikrobilähteillä on varmasti selkeämpi si-
säilmayhteys kuin sokkelihalkaisussa havaitulla vauriolla.

Lähteet

- 1 Kähkönen Erkki & Saarinen Lauri. 1996. Sisäilmaston kemialliset ja fysikaaliset riskitekijät ja niiden tutkiminen. Verkkoaineisto. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim, 1996;112(15):1398- <<https://www.duodecimlehti.fi/lehti/1996/15/duo60296>>. Luettu 11.9.2019
- 2 Mölsä, Seppo. 2017. Näin Suomi homehtui – ja näin sisäilmaongelmat saadaan pois. Verkkoaineisto. Kiinteistö-blog. 15.9.2017. <<https://kiinteisto.messukeskus.com/2017/09/15/nain-suomi-homehtui-ja-nain-sisailmaongelmat-saadaan-pois>>. Luettu 11.9.2019
- 3 Vasantola, Satu. 2019. Hometalosalirautta ei olekaan, sanoo lääketiede nyt – Mitä oikein tapahtui? Verkkoaineisto. Helsingin sanomat. 26.5.2019. <<https://www.hs.fi/sunnuntai/art-2000006117459.html>>Luettu 11.9.2019
- 4 Kosteus- ja homevaurioista oireileva potilas. 2017. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin asettama työryhmä. Verkkoaineisto. Duodecim Käypä hoito -suositus. 25.1.2017 <<https://www.kaypahoito.fi/hoi50111#readmore>>. Luettu 11.9.2019
- 5 Kumotut rakentamismääräykset. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut>. Luettu 3.12.2019
- 6 Asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017. 1009/2017. 20.12.2017
- 7 Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 14.5.2018 Espoo: Sisäilmayhdistys ry
- 8 Hyvärinen, Juhani (päätoim.) 2018. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo/Talotekniikkateollisuus ry <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>>
- 9 Pitkäranta, Miia (toim.). 2016. Ympäristöopas 2016 - Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimus-opas.pdf>. Luettu 5.3.2019.
- 10 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 2015. 545/2015. 23.4.2015

- 11 Liljeström, Kimmo; Loikkanen, Oskari; Salomaa, Riina. 2018. Laskentaopas -Tilan ulkoilmavirran mitoitus hiilidioksidikuormituksen perusteella. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö 28.2.2018. <<https://www.ym.fi/download/noname/%7BE961AA41-6DF6-4708-B8D2-0553271D8354%7D/144135>>. Luettu 18.1.2020
- 12 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. RT-18-10922. Rakennustietosäätiö.
- 13 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. Ohje 1, yleisohje ja tilaajan ohje. 2016. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.
- 14 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. Ohje 2, Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän yleisarviointi. 2016. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.
- 15 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. Ohje 3, Kiinteistönhoidon ja ylläpidon arviointi. 2016. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.
- 16 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. Ohje 4, Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tutkiminen. 2016. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.
- 17 Reijula, Kari; Ahonen, Guy; Alenius, Harri; Holopainen, Rauno; Lappalainen, Sanna; Palomäki, Eero; Reiman, Marjut. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012, s. 62.
- 18 Tuomisto Jouko. 2014. Mikä kaupunki-ilmassa mättää? Verkkoaineisto. Duodecim, Terveyskirjasto 3.11.2014. asy004.001 <https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=asy00401>. Luettu 30.1.2020.