

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2019

Tommi Hillo

TOIMIVAN PAINOVOIMAISEN ILMANVAIHDON EDELLYTYKSET

– todentaminen esimerkkikohteiden avulla



Tommi Hillo

TOIMIVAN PAINOVOIMAISEN ILMANVAIHDON EDELLYTYKSET

- todentaminen esimerkkikohteiden avulla

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Nordcons Oy:n erikoistyöhygienikko ja toimitusjohtaja Vesa Viljanen. Opinnäytetyö on tehty selvitystyönä Nordcons Oy:lle ja Terveet tilat 2028-hankkeen edistämiseksi. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on mitata painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuutta vanhoissa asuinkerrostaloissa esimerkkikohteen avulla, ja esittää mittaustuloksista johdettuja johtopäätöksiä. Mittausmenetelmät toimivat yleisenä mallina, jota voidaan soveltaa muihin huonosta ilmanvaihdosta oireileviin asuntoihin. Selvityksessä on otettu huomioon asiaan liittyvät viranomaisten asetukset ja standardit, sekä alalla yleisesti pätevänä pidetty kirjallisuus, joista on poimittu selvitystyön kannalta olennaisimmat kohdat.

Selvityksen kohteena oli vuonna 1929 rakennettu 7-kerroksinen ja 95-asuntoinen kerrostalo, jossa on painovoimainen ilmanvaihto. Useiden huoneistojen asukkaat ovat valittaneet ilmanvaihdon toimimattomuudesta sekä huonoon ilman vaihtuvuuteen liittyvistä oireista. Huoneistoista valittiin mittauskohteiksi kolme. Kaksi näistä on jo remontoitu painovoimaisen ilmanvaihdon osalta.

Mittaukset toteutettiin havainnoimalla ja erilaisilla laitteilla mittaamalla. Tuloksena saatiin hyvä yleiskuva kohdeasunnon ilman vaihtuvuudesta. Asuntojen ilmanvaihdon käyttövoima laskettiin matemaattisesti ulko- ja sisäilman lämpötilaeroa hyödyntämällä. Mittaus- ja laskennallisia tuloksia verrataan toisiinsa, ja pohditaan, miksi ne eroavat. Lopuksi tuodaan esille mahdollisia parannustoimenpiteitä, joista osa on jo ehditty toteuttamaan kahdessa kohdeasunnossa. Kummassakin asunnossa suljettuja ilmanotto ja -poistoaukkoja on avattu uudelleen, mahdollistaen ilman vaihtumisen halutulla tavalla.

ASIASANAT:

Painovoimainen ilmanvaihto, sisäilma, ilmanlaatu, mittaus, selvitys, Terveet tilat 2028

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Technology

2019 | 35 pages

Tommi Hillo

THE REQUIREMENTS OF A WORKING GRAVITATIONAL VENTILATION SYSTEM

- by utilizing example cases

The thesis is commissioned by Nordcons Oy's special work hygienist and managing director Vesa Viljanen. The thesis has been carried out as a study for Nordcons Oy and the Terveet tilat 2028 project. The aim of this thesis is to measure the effectiveness of gravitational ventilation in old residential buildings with the help of a few example cases, and to present conclusions derived from measurement results. Measuring methods serve as a general model that can be applied to other homes that are symptomatic of poor ventilation. The report takes into account the relevant regulations and standards of the authorities, as well as the literature generally considered relevant in the field, and the most relevant aspects of the investigation have been taken into account.

The study focused on a 7-storey and 95-storey apartment block built in 1929 with gravity ventilation. Residents of several apartments have complained about the lack of ventilation and the symptoms of poor air turnover. Three of the apartments were selected for measurement. Two of these have already been renovated regarding gravity ventilation.

Measurements were made by observation and measurement by various devices. The result was a good overview of the fluctuation of the air in the target home. The propulsion force of dwellings was calculated mathematically by utilizing the difference in temperature between the outside and indoor air. Measurement and mathematically calculated results are compared and suggestions on why they differ are presented. Finally, possible improvement measures, some of which have already been implemented in two target homes, are highlighted. In each apartment, closed air intake and outlet openings have been reopened, allowing air to flow as intended.

KEYWORDS:

Gravitational ventilation, indoor air, air quality, measurement, study, Terveet tilat 2028

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Taustaa	8
1.2 Terveet tilat 2028-hanke	8
1.3 Tavoite	9
1.4 Rajaukset	9
1.5 Toimeksiantaja	10
2 PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO	11
2.1 Toimintaperiaate	11
2.2 Korvaus- ja poistoilmaventtiilit ja -hormit	12
2.3 Huonot puolet	14
3 SISÄILMAA KOSKEVIA OHJEITA JA SÄÄDÖKSIÄ	15
3.1 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus	15
3.2 Ympäristöministeriön asetus	15
3.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma	16
3.4 Sisäilmaluokat	16
4 ILMANVAIHDON TOTEUTUS KOHTEESSA	18
4.1 Kaskenkatu 11 D 99	19
4.2 Kaskenkatu 11 D 67	19
4.3 Kaskenkatu 11 D 63	20
5 MITTAUSMENETELMÄT	22
5.1 Ilmanvaihtokerroin	22
5.1.1 Mittauslaitteet	23
5.2 Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttövoima	24
5.3 Paine-eron laskeminen	26
6 MITTAUS- JA LASKENNALLISET TULOKSET	28
6.1 Mittaustulokset	28
6.2 Laskennalliset tulokset asunnossa D 99	29

7 MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU	30
7.1 Ilmanvaihtokertoimet	30
7.2 Sisäilmaluokitus	30
7.3 Mittaustulosten ja lasketun käyttövoiman vertailu	30
8 TOIMENPITEET	32
8.1 Valmistuneet saneeraustyöt	32
8.1.1 Kaskenkatu 11 D 99	32
8.1.2 Kaskenkatu 11 D 63	32
8.2 Toimenpide-ehdotukset	33
8.2.1 Kaskenkatu 11 D 67	33
8.3 Lopputulokset	33
9 LOPPUSANAT	34
LÄHTEET	35

KAAVAT

Kaava 1. Ilmanvaihtokertoimen laskentakaava.	22
Kaava 2. Käyttövoiman laskentakaava.	25
Kaava 3. Kaasun tiheyden kaava.	25
Kaava 4. Paine-eron mittauskaava.	26

KUVAT

Kuva 1. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengitysliitto, 2016, p. 5).	12
Kuva 2. Tulo- ja poistoilmapisteyden sijoittelu (Hengitysliitto, 2016, p. 3).	13
Kuva 5. As Oy Kaskenkatu 11 julkisivu (Google Street View, 2014).	18
Kuva 6. Kaskenkatu 11 D 99 pohjapiirustus.	19
Kuva 7. Kaskenkatu 11 D asuntojen 67 (sin.) ja 63 (pun.) pohjapiirustukset.	21
Kuva 3. Airflow LCA-301 anemometri.	23
Kuva 4. Savupullo.	24

KUVIOT

Kuvio 1. KE-160 venttiilin k-kerrointaulukko.	27
Kuvio 2. KSO-160 venttiilin k-kerrointaulukko.	27

TAULUKOT

Taulukko 1. Asuntojen tulo- ja poistoilmamittaukset.	28
Taulukko 2. Asuntojen ilmanvaihtokertoimet.	29
Taulukko 3. Mitatut tulokset ja lasketut tulokset.	29

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

D2	D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma: rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet 2012.
Kreosootti	Kivihilitervan tisle, käytetty puun suojausaineena. (Työterveyslaitos 2017)
TT2028	Terveet tilat 2028 -hanke, jonka tavoitteena on sisäilman parantaminen ympäri Suomea.

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Viime vuosina sisäilmaongelmat ovat saaneet paljon huomiota. Uusia tapauksia tulee jatkuvasti ilmi, ja ne koskevat usein julkisia rakennuksia, kuten kouluja, toimistotiloja ja päiväkoteja. Ongelma ylettyy asuinrakennuksiin asti, missä sisäilmaongelmat vaivaavat ihmisiä kodeissaan. Tilastokeskuksen Tieto&trendit-lehden maaliskuussa 2008 julkaistun artikkelin mukaan ihminen viettää noin 90 % ajastaan sisätiloissa. Siksi on tärkeää, että hyvästä sisäilmastosta pidetään huolta.

Hyvä sisäilma parantaa viihtyvyyttä ja tuottavuutta, kun taas huono sisäilma voi aiheuttaa oireita, kuten hengitysvaivoja tai nuhamaisia oireita. Ilmanvaihdolla on suuri vaikutus sisäilman laatuun, sillä toimiva ilmanvaihto aktiivisesti poistaa ilmasta epäpuhtauksia ja liiallista kosteutta, sekä tuo raitista ilmaa tilalle.

Sisäilmaongelmien tutkiminen ja korjaaminen on kumminkin hyvin haastavaa. Jokainen tuntee sisäilman laadun vaikutukset yksilöllisesti, ja monet ovat usein hyvin eri mieltä ilman laadusta. Sisäilman laatu on siis kokemusperäinen käsite, johon vaikuttaa hyvin monta eri tekijää. Esimerkiksi ilman kosteus ja lämpö, vetoisuus, ilmanvaihdon puutteet, ilman partikkelit ja hiukkaset voivat vaikuttaa sisäilman koettuun laatuun. Useimmiten sisäilmaongelman keskiössä on puutteellinen ilmanvaihto, mutta ongelma on monen eri tekijän summa.

1.2 Terveet tilat 2028-hanke

Valtioneuvosto hyväksyi 3.5.2018 valtioneuvoston periaatepäätöksen Terveet tilat 2028. Kymmenvuotisen ohjelmakauden tavoitteena on tervehdyttää huonosta sisäilmasta oireilevia julkisia rakennuksia ja tehostaa niiden hoitoa ja kuntoutusta. Tavoitteena on vakiinnuttaa kiinteistöhoitoon toimintatapa, jossa rakennuksen kunto, sopivuus käyttötarkoitukseensa ja käyttäjien kokemukset tarkistetaan ja arvioidaan säännöllisin väliajoin. Esimerkiksi koulujen ja päiväkotien ilmanvaihtoa voitaisiin näin tehostaa. Valtioneuvostotason toimijoiden kanssa yhteistyötä tekevät tahot ovat kunnat, aluehallinto sekä alan järjestöt.

Hanketta alettiin toteuttamaan heti hyväksymisen jälkeen. Esimerkiksi tärkeitä verkostoja on jo luotu, ja toimintamallin kehitystyö sekä hankkeeseen liittyvä osaamiskartoitus on aloitettu. Hankkeen etenemistä voi seurata verkkosivuilta löytyvän aikajanan avulla, jota päivitetään jatkuvasti. (Valtioneuvosto, 2019)

Oireileva sisäilmasto on ajankohtainen ongelma, jota TT2028-hanke pyrkii selvittämään. Hanke tarjoaa mahdollisuuden vaikuttaa valtakunnalliseen hyvinvointiin tämän opinnäytetyön avulla.

1.3 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia selvitys painovoimaisesta ilmanvaihdosta Nordcons Oy:n valitsemaan asuinkerrostaloon, lisäten yrityksen antamaa tukea Terveet tilat 2028 -hankkeelle.

Alkuosiossa tuodaan esille painovoimaisen ilmanvaihdon toiminnan periaatteet, hormitus, sekä tulo- ja poistoilmaventtiilien merkitys ilmanvaihdon toimivuuteen. Asuinkerrostalossa selvitetään painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuus havainnoiden ja mittaustuloksilla mittaamalla. Selvitykset tehdään Turun keskustassa sijaitsevassa ison vanhan kerrostalon (7 kerrosta, rakennusvuosi 1929) kolmessa eri huoneistoissa. Kaksi huoneistoista on jo saneerattu painovoimaisen ilmanvaihdon osalta.

Lopuksi esitetään mittauksien tulokset ja niiden pohjalta tehtyjä ratkaisuja hyödyntäen saatavilla olevia viranomaisohjeita, säädöksiä ja suosituksia sekä muuta materiaalia. Mittausmenetelmiä on mahdollista yleisesti soveltaa oireilevan rakennuksen ilmanvaihdon parantamiseksi, edistäen TT2028 -hankkeen toteutumista.

1.4 Rajaukset

Tässä opinnäytetyössä kohdeasuntoja tarkastellaan painovoimaisen ilmanvaihdon ja siihen liittyvien tekijöiden kannalta. Muita ilmanvaihtotyyppisiä ja niihin liittyviä seikkoja ei ole otettu huomioon.

1.5 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Nordcons Oy:n erikoistyöhygieenikko ja toimitusjohtaja Vesa Viljanen. Opinnäytetyö on tehty selvitystyönä Nordcons Oy:lle.

Nordcons Oy on syntynyt Varsinais-Suomen Ilmahuolto Oy:n ja Noisecontrolin yhdistymisen seurauksena. Nordcons Oy:n toiminnan pääpainoksi on kehittynyt ilmastointijärjestelmien etäseuranta sekä ilmastointijärjestelmien huollot.

Valtioneuvosto on perustanut ”Terveet tilat 2028” -hankkeen, jonka tavoitteena on saada sisäilmaongelmista kärsivien määrän vähenemään merkittävästi, ja ylläpitää tilojen puhtautta. Nordcons Oy pyrkii vastaamaan hankkeen esittämään ongelmaan tarjoamalla rakennusten ilmanvaihtoa edistäviä palveluita. (Nordcons Oy, 2019)

2 PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO

Painovoimainen ilmanvaihto on vanhin käytetty ilmanvaihtomenetelmä. Alkuaikoina rakennuksissa ei ollut suunniteltua ilmanvaihtoa, vaan ilma vaihtui, kun rakennusta lämmitettiin. Ilma saattoi poistua myös rakennuksen satunnaisista aukoista, kuten ikkunoista ja ovista.

1800-luku toi muutosta painovoimaiseen ilmanvaihtoon, kun asuintaloihin alettiin rakentaa uuneja. Uunien poistoilmakanavat olivat hyödyllisiä ilmanvaihdon kannalta. Myös varsinaisia poistohormeja alettiin rakentaa taloihin.

Kun poistoilmakanavat oli saatu kuntoon, huomattiin, että myös korvausilmalle olisi järkevää rakentaa omat kanavat. Kanavat rakennettiin ulkoseiniin, ja aukkoihin lisättiin myös säleikköjä ja verkkoja. Seinän sisäiselle puolelle asennettiin luukku, jotka toimivat ulkoilmavirran säätiminä.

1900-luku toi jälleen muutoksia painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Rakennuksiin alettiin rakentaa huonekohtaisia poistoilmahormeja. 1940-luvun lopulla poistoilmakanavia rakennettiin lähinnä keittiöihin ja kylpyhuone- ja wc-tiloihin, sillä huomattiin, että hormit veivät paljon tilaa ylemmiltä kerroksilta. Raitis ulkoilma saatiin ulkoseinissä sijaitsevista ilmanottoaukoista, ja se ohjattiin keittiön tai wc:n poistoilmakanavaan. Keittiön poistoilmakanavassa saattoi olla liesituuletin, jota voitiin käyttää apuna ilmansiirrossa. (Ketola, 2014)

2.1 Toimintaperiaate

Painovoimaisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan ilmanvaihtojärjestelmää, jossa poisto- ja tuloilmaa ei liikuteta koneellisesti, vaan se vaihtuu ikään kuin itsestään. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuus edellyttää, että seuraavat neljä perusasiaa täytyvät:

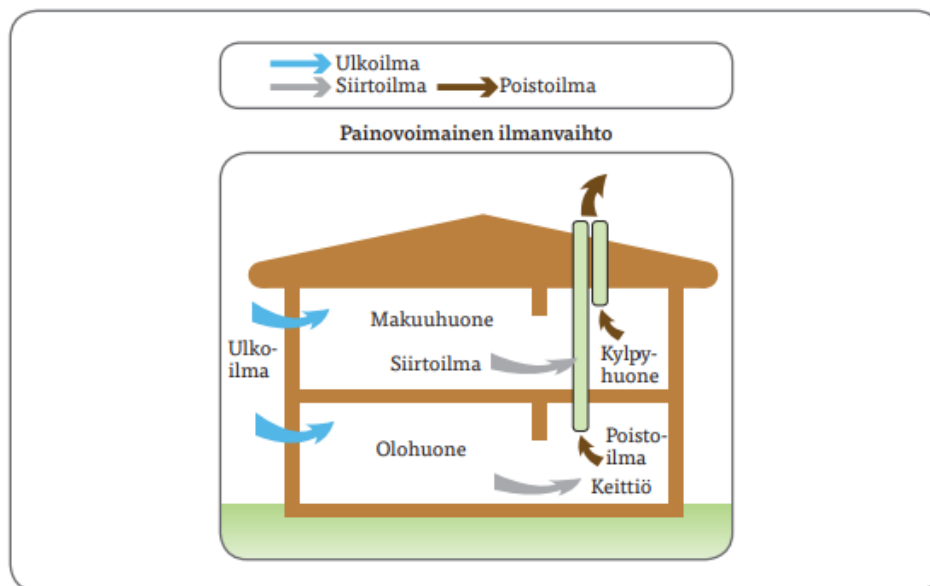
- Ilmanvaihdolle on oltava käyttövoima.
- Poistoilmahormin koko oltava riittävä ja hormin tulisi mielellään olla mahdollisimman suora, eli painehäviöiden olisi oltava mahdollisimman pienet
- Korvausilman saaminen on varmistettava ja huolehdittava hallitusti. Myös korvausilmareitin olisi hyvä olla mahdollisimman suora ja väljä.

- Viihtyisän ja mukavan ilmaston hallinta oleskeluvyöhykkeellä kaikissa olosuhteissa vaatii asukkaan ilmanvaihdon seurantaan ja sen vaatimuksiin reagoitua.

Käyttövoima voi muodostua eri syistä, kuten lämpötilaerosta sisä- ja ulkoilman välillä. Mitä suurempi lämpötilaero on, sitä voimakkaampi on käyttövoima. Tätä kutsutaan hormivaikutukseksi. Ilman liikkeen syy on se, että ilman tiheys on erilainen eri lämpötiloissa. Lämmin ilma nousee ylöspäin, ja raskas kylmä ilma painuu alas. Myös tuuli aiheuttaa ilmaan paine-eroja, joka saa ilman virtaamaan hormissa. Se voi myös puhalttaa ilmaa rakenteiden läpi ja sisään seiniin tehdyistä ilmanottoaukoista. (Ketola, 2014)

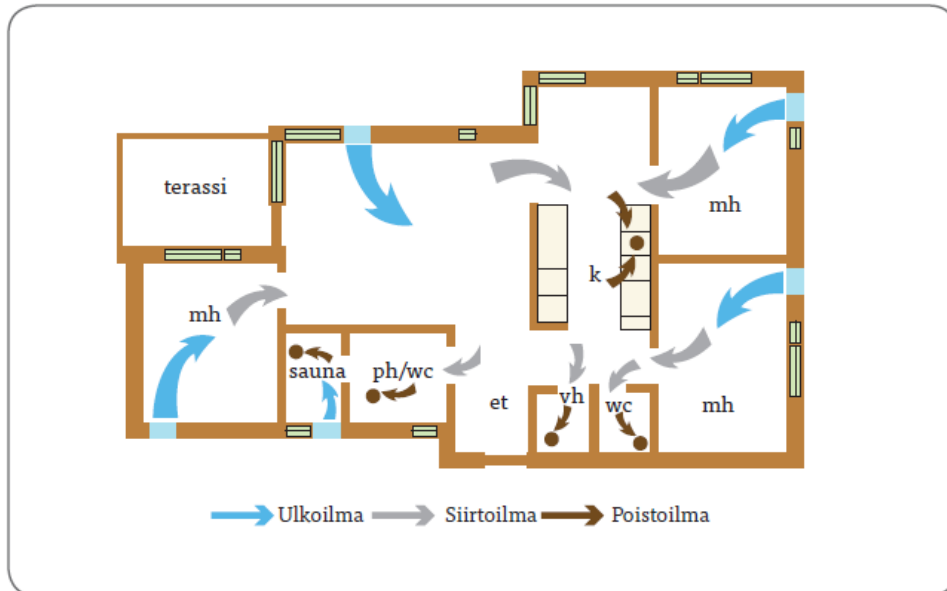
2.2 Korvaus- ja poistoilmaventtiilit ja -hormit

Korvausilmaventtiilejä ja poistohormeja on tehty muuraamalla piippuihin ja seiniin. Toimintaperiaate on, että tuloilmaa virtaa ulkoa korvausilmaventtiileiden kautta ja poistuu poistoilmahormien kautta. Aiemmin jokaiseen huoneeseen rakennettiin oma poistoilmahormi, mutta siitä on nykyään luovuttu. Hormit veivät paljon tilaa rakennuksen ylemmissä kerroksissa sijaitsevista rakennuksista, sillä ne ylsivät huoneistosta katolle saakka. Hormisto alettiin rakentaa keskelle rakennusta, mihin keittiö- ja wc-tilojen poistoilmakanavat ovat yhteydessä.



Kuva 1. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengityслиitto, 2016, p. 5).

Tuloilma-aukot tulisi sijoittaa ns. puhtaisiin oleskelutiloihin, kuten olohuoneeseen ja makuuhuoneisiin, kun taas poistoilmapisteeet sijoitetaan likaisiin tiloihin, kuten keittiöön ja wc:hen. Korvausilmaventtiilien sijaitessa eri huoneissa poistoilmakanavien kanssa saadaan ilma virtaamaan rakennuksen läpi (kuva 2).



Kuva 2. Tulo- ja poistoilmapisteeiden sijoittelu (Hengitysliitto, 2016, p. 3).

Suosituksissa on määrätty hormin tarvittava poikkipinta-ala. Hormin koko vaikuttaa suoraan poistoilman määrään tietyillä ulko- ja sisäilman lämpöeroilla. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilman vaihtuvuus on usein heikko, joten hormien täytyy olla mahdollisimman leveitä. Hormin kokoa kasvattaa palo- ja lämpöeristys, joka tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa.

On pidettävä huolta, ettei korvausilmareittejä ole tukittu. Yleisin virhe on jättää wc-tilojen oven alle tarvittava rako pois. Suositusten mukaan raon täytyy olla merkittävä, yleensä 2 cm on riittävä ilmanvaihdon kannalta. Ilma pääsee kulkemaan raon kautta wc:ssä sijaitsevaan poistoilmaventtiiliin. On myös pidettävä huolta, ettei koneelliseen ilmanvaihtoon käytettäviä venttiileitä käytetä tilassa, jossa on painovoimainen ilmanvaihto. Koneellisen ilmanvaihdon venttiili tarvitsee suuremman imuvoiman toimiakseen oikein.

Korvausilmaventtiileissä on hiukkassuodattimet, jotka poistavat sisäänottoilmasta hiukkasmaisia epäpuhtauksia, kuten katupölyä. Yksi korvausilmaventtiili yleensä riittää tuomaan riittävästi raitista ilmaa 20 neliön huoneeseen.

Painovoimaista ilmanvaihtoa hyödyntävien rakennusten saneeraus voi tuottaa ongelmia ilmanvaihdon toimivuuden kannalta. Välillä ilman kanavistoa ei voida järkevästi toteuttaa, esimerkiksi tilan puutteen vuoksi. Joskus ilmanvaihtokanavia on muurattu umpeen. Saneerausten aikana voidaan myös palauttaa käyttöön aiemmin tukittuja kanavia. (Ketola, 2014)

2.3 Huonot puolet

Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelma on se, ettei se aina toimi, tai se voi toimia heikosti. Ilman vaihtuvuutta heikentää kesäajan kuumuus, jolloin sisä- ja ulkoilman lämpötilat ovat hyvin lähellä toisiaan. Lämpötilaero on pieni, jolloin termistä lämpövirtausta ei synny. Tällöin on käytettävä ikkunatuuletusta.

Ilmanvaihto voi myös olla liian tehokas. Tällöin tilassa voidaan tuntea epämiellyttävää vetoa, joka heikentää viihtyvyyttä. Ilma voi myös virrata väärään suuntaan, tuoden mukanaan epäpuhtauksia. (Ketola, 2014)

3 SISÄILMAA KOSKEVIA OHJEITA JA SÄÄDÖKSIÄ

3.1 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus

545/2015 Sosiaali- ja terveysministeriön asetusta asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla tehtävään asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Tämän asetuksen fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia altistumistekijöitä koskevia vaatimuksia ja niiden toimenpiderajoja sovelletaan tehtäessä terveydensuojelulain 27 tai 51 §:ssä tarkoitettuja päätöksiä ja määräyksiä.

Muista kuin tässä asetuksessa mainituista altisteista aiheutuvaa terveyshaittaa on arvioitava tapauskohtaisen riskin perusteella.

Asetuksen kohdassa 8 § asetetaan ulkoilmavirran puhtausvaatimus. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on $2\ 100\ \text{mg/m}^3$ ($1\ 150\ \text{ppm}$) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

Asunnon ulkoilmavirran määrä on määrätty kohdassa 9 §. Asunnon ilmanvaihdon ulkoilmavirran tulee olla käytön aikana vähintään $0,35\ \text{dm}^3/\text{s}$ neliometriä kohden kaikissa asuinhuoneissa. Asunnon ulkoilmavirta saa olla säädettyä pienempi, jos on varmaa, etteivät sisäilman epäpuhtauspitoisuudet tai lämpötila nouse niin suuriksi, että ne aiheuttavat terveyshaittaa taikka kosteus nouse niin suureksi, että se voisi aiheuttaa mikrobikasvun riskiä.

3.2 Ympäristöministeriön asetus

1009/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta koskee uuden rakennuksen sisäilmaston ja ilmanvaihdon suunnittelua ja rakentamista. Asetus koskee myös rakennuksen laajennusta ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä.

Asetusta ei kuitenkaan sovelleta maatalouden tuotantorakennuksen eikä sellaisen uuden asuinrakennuksen, joka on tarkoitettu käytettäväksi vähemmän kuin neljän kuukauden ajan vuodessa, suunnitteluun ja rakentamiseen.

Asetus määrää, että tilaan virtaavan ulkoilman määrä tulee olla riittävä. Oleskelutilojen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 6 dm³/s henkilöä kohti, kun tila on käytössä, jos käytöstä ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta. Koko rakennuksen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 0,35 (dm³/s)/m² lattian pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana, ellei sen käytöstä aiheudu lisäilman tarvetta. Asuinhuoneiston ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 18 dm³/s.

3.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma: rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet 2012 ohjeet koskevat uuden rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Loma-asuntojen osalta määräykset koskevat vain kokovuotiseen tai talviaikaiseen käyttöön tarkoitettuja rakennuksia.

Asetuksen kohdassa 2.3.1.1 annetaan ohjeet asunnon rakentamiseen ilmassa esiintyvien terveydelle haitallisten kaasujen, mikrobin ja kaasujen kannalta. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus saa tavanomaisien sääolojen ja huonetilojen käyttöaikana olla yleensä alle 2160 mg/m³ (1200 ppm).

Kohdassa 3.2.2.1 määrätään oleskelutiloille tarvittava ulkoilmavirta sekä ilmanvaihtokerroin. Ulkoilmavirran tulee olla vähintään 0,25 (dm³/s)/m², joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h huoneessa, jonka vapaa korkeus on 2,5m.

3.4 Sisäilmaluokat

Sisäilman laatu on luokiteltu kolmeen eri tasoluokkaan (Sisäilmayhdistys Ry, 2008). Tasoa S1 pidetään parhaiten toimivana, tasoa S3 pidetään huonoimpana. S2 on näiden tasojen väliltä.

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista tai tarvittaessa määritellä jonkin suureen arvo.

Painovoimaisen ilmanvaihdon luonteen takia sillä voidaan saavuttaa vain S3 -luokitus.

4 ILMANVAIHDON TOTEUTUS KOHTEESSA

As Oy Kaskenkatu 11 on vuonna 1929 valmistunut suuri kerrostalo, joka sijaitsee Turun keskustan välittömässä läheisyydessä. Rakennus on 7 kerroksinen, ja sen neljässä porraskäytävässä on yhteensä 95 asuntoa. Rakennus on ulkoasultaan keltaiseksi maalattua betonia, ja sen kattomuoto on peltinen harjakatto. Asuinhuoneistot ovat melko yksilöllisen muotoisia ja kokoisia, ja niiden suuruus vaihtelee noin 20 neliömetristä yli 70 neliömetriin. Keskimääräinen asuinhuoneen korkeus on 2,7 metriä. Huoneiden seinät ja lattiat ovat pääsääntöisesti betonia.



Kuva 3. As Oy Kaskenkatu 11 julkisivu (Google Street View, 2014).

AS Oy Kaskenkatu 11 on painovoimaisen ilmanvaihdon periaatteella rakennettu kerrostalo. Jokaiseen asuntoon on rakennettu 3 tuloilmaventtiiliä, jotka sijaitsevat ulkoseinissä, yleensä olohuoneessa ja makuuhuoneessa. Ilma poistuu keittiö- ja wc-tiloissa sijaitsevista poistokanavista, jotka ovat yhteydessä rakennuksen keskellä kulkevaan keskushormiin.

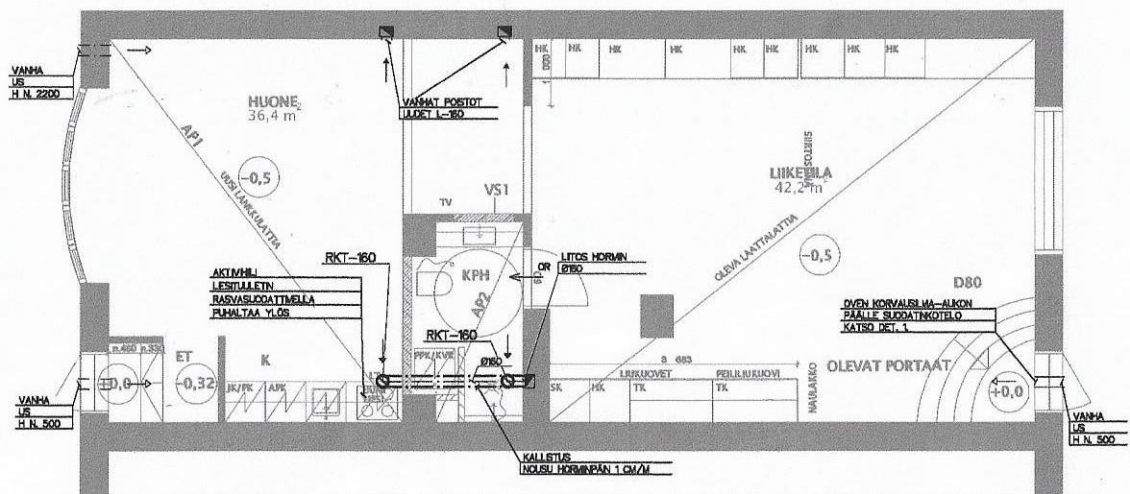
Huoneistoja on saneerattu yksitellen ja niiden huoneiden kokoonpanoja on muutettu vuosien aikana. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuteen ei ole kiinnitetty huomiota muutoksia tehdessä, eikä ilmanvaihto enää toimi alun perin suunnitellulla tavalla.

Monessa asunnossa on havaittu riittämätön ilman vaihtuminen. Yleensä asukas tekee aloitteen asuntonsa ilmanvaihdon parantamiseksi laatimalla valituksen taloyhtiölle.

4.1 Kaskenkatu 11 D 99

Kaskenkatu 11 D 99 on katutasolla sijaitseva huoneisto. Lattian pinta-ala on 78 neliometriä ja sitä käytetään tällä hetkellä yrityksen toimistona. Huoneisto on saneerattu painovoimaisen ilmanvaihdon kannalta jo ennen opinnäytetyön kirjoittamisen alkamista.

Huoneiston ilmanvaihto toimi riittämättömästi. Tämän lisäksi huoneistossa oli havaittu kreosotihaitta. Asunnon lattia oli eristetty maasta betonipohjalla ja 50 millimetriä paksulla kreosotikerroksella. Kreosotista muodostui ilmaan naftaleenia, joka ylitti asumisterveysasetuksen antamat arvot. Naftaleenin pystyi havaitsemaan sisäilmaa haistamalla.



Kuva 4. Kaskenkatu 11 D 99 pohjapiirustus.

4.2 Kaskenkatu 11 D 67

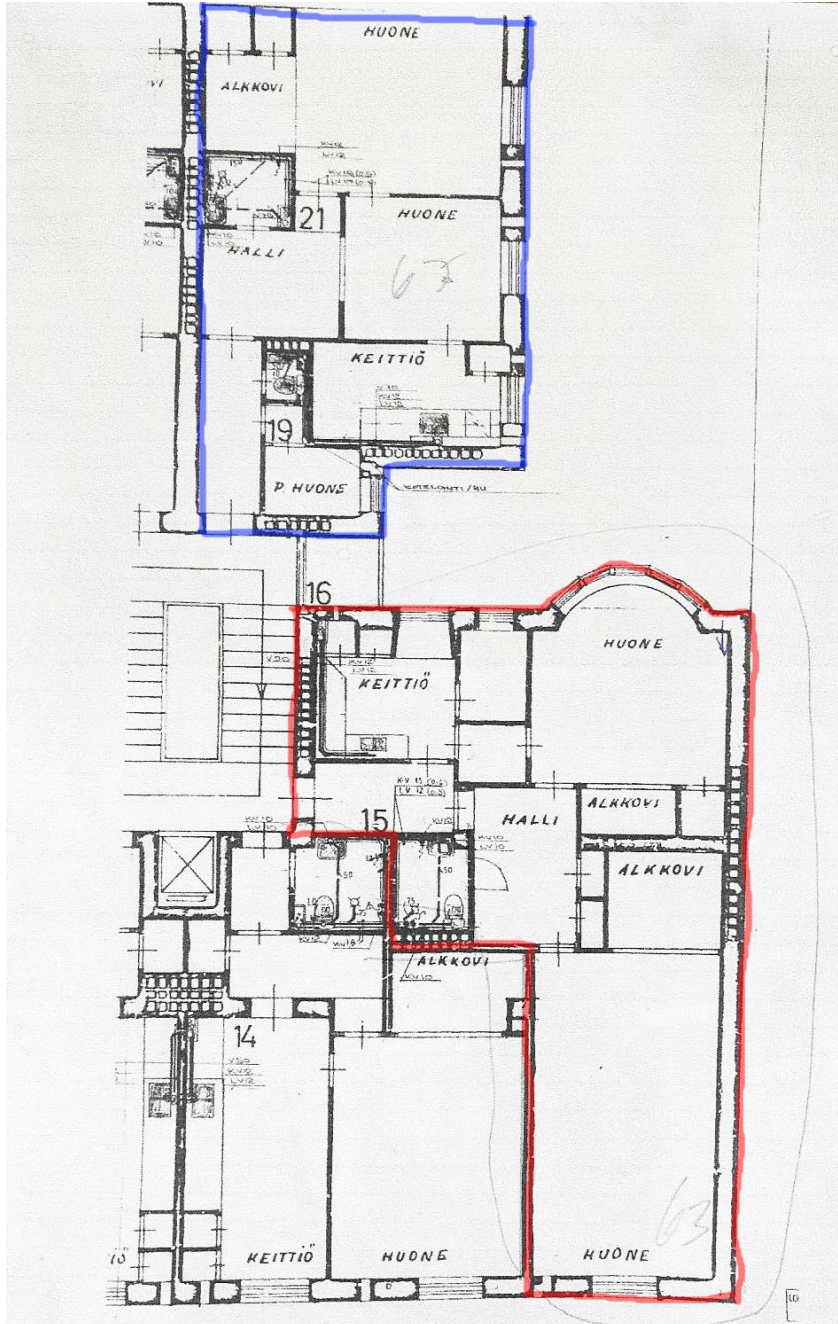
Asunto D 67 sijaitsee kerrostalorakennuksen toisessa kerroksessa. Lattia-ala on 74 neliometriä. D 67 on asuinhuoneisto. Sen saneeraus aloitettiin opinnäytetyön kirjoittamisen aikana, ja saneeraus saatiin päätökseen ennen sen valmistumista.

Asunnossa D 67 oli havaittu sisäilmaongelmia. Tilaan astuessa pystyi haistamaan ilman tunkkaisuuden. Asunnossa tehtiin ilmanvaihtoselvitys, jolloin todettiin, että jokainen ilmanotto- ja poistokanava oli tukittu edellisten saneeraustöiden seurauksena.

4.3 Kaskenkatu 11 D 63

Asunto 63 sijaitsee myös rakennuksen toisessa kerroksessa, asunnon 67 vieressä. Sen pinta-ala on 76 neliömetriä, ja se on asuinhuoneisto.

Asunnossa D 63 oli myös havaittu sisäilmaongelmia. Kaikki ilmanvaihtokanavat oli tukittu edellisten saneeraustöiden seurauksena. Ilman tunkkaisuuden pystyi havaitsemaan ilmaa haistamalla.



Kuva 5. Kaskenkatu 11 D asuntojen 67 (sin.) ja 63 (pun.) pohjapiirustukset.

5 MITTAUSMENETELMÄT

Painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuutta voidaan mitata ja tutkia monin eri tavoin, usein aistienvärisesti ja välineillä mittaamalla. Yleensä ihminen ja ihmisen aistit ovat paras tapa havaita ongelma ilmanvaihdon toimivuudessa. Ilmanvaihtoa on joskus hyvä tutkia, vaikka ongelmaa ei ole havaittu. Jos jossakin asunnossa on havaittu huono ilmanvaihto, voi olla syytä selvittää myös taloyhtiön muiden asuntojen tilanne.

Hajuaisti on hyvä tapa havainnoida ilmanvaihdon toimivuutta. Jos asunnossa on outo haju, ilmanvaihdossa saattaa olla ongelmia. Esimerkiksi ilman hallitsematon virtaus asunnon perusteiden läpi voi tuoda rakennuspölyn hajua oleskelutiloihin. Tunkkainen ilma kertoo ilmanvaihdon riittämättömyydestä. (Ketola, 2014)

5.1 Ilmanvaihtokerroin

Huoneiston ilmanvaihdon riittävyyttä voidaan helpoiten mitata laskemalla D2:ssa mainittu tilan ilmanvaihtokerroin käyttämällä kaavaa 1. Huoneiston ilman pitää siis vaihtua 0,5 1/h eli "puoli kertaa" tunnissa, jotta ilmanvaihto olisi riittävällä tasolla. Esimerkiksi ilmanvaihtokerroin 2 1/h tarkoittaa, että tilan ilma vaihtuu kaksi kertaa tunnissa.

$$n = \frac{q_v}{V} \times 3600$$

Kaava 1. Ilmanvaihtokerroimen laskentakaava.

n on ilmanvaihtokerroin, 1/h;

q_v on ilmamäärä, m³/s;

V on asunnon tilavuus, m³.

5.1.1 Mittauslaitteet

Anemometri

Mittauksessa käytettiin Airflow LCA-301-siipipyöriänemometriä. Anemometrillä mitataan ilmannopeutta ja ilmamäärää ilmanvaihtosäleiköstä, vetokaapeista, poisto- ja tuloventtiileistä jne. Mittarissa on 180 astetta kääntyvä mittauspää, joka mahdollistaa näytön seurannan laitteen etupuolelta, kun mittauspää on asetettu virtauksen suuntaan. Esimerkiksi venttiilien mittaamisen helpottamiseksi mittauspähän voidaan lisätä erillinen mittauskartio. Lisäksi mittari mittaa myös ilmanvirtauksen lämpötilan.

Anemometrin keskellä on hyvin herkästi pyörivä alumiinipropelli. Propelli on tarkasti kalibroitu, ja sen koskettaminen voi pilata mittaustulosten luotettavuuden. Mittausdataa saadaan, kun ilma virtaa anemometrin läpi pyörittäen propellia tietyllä vauhdilla. Anemometri muuntaa pyörimisnopeuden halutuksi dataksi. (Kimrok Oy, 2019)



Kuva 6. Airflow LCA-301 anemometri.

Savupullo

Ilmavirtoja on helppo havaita savun avulla. Savun liike ilmaisee esimerkiksi vedon ikkunoista ja ilmavirtaukset tulo- ja poistoventtiilien ympärillä. Savupullon savu jää leijaillemaan paikalleen eikä nouse ylöspäin, kuten palamisesta syntyvä savu. (Pietiko Oy, 2019)



Kuva 7. Savupullo.

5.2 Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttövoima

Ilman konvektiovirtaukset saavat aikaan niin sanotun hormivaikutuksen. Konvektiovirtauksessa tiheämpi aine painuu alaspäin, kun taas vähemmän tiheä aine kohoaa ylöspäin. Painovoimaisen ilmanvaihdon tapauksessa aineena toimii sisäilma. Konvektiovirran aikaansaajana toimii sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero, joka on suurin painovoimaiseen ilmanvaihtoon vaikuttava tekijä. Hormivaikutuksen aikaansaama paine-ero eli hormin käyttövoima, voidaan laskea kaavan 2 mukaisesti, kun lämpötilaero on otettu huomioon.

Kohdeasuntojen mittaushetkellä ulkotilan lämpötila oli 2 °C ja sisäilman lämpötila 22 °C. Asunto D 99 sijaitsee pohjakerroksessa, joten sen hormin korkeus on 20 metriä. D 67 ja D 63 sijaitsevat kerrosta ylempänä, joten hormin korkeus putoaa 16 metriin.

Tässä tarkastelussa riittää, että tarkastelemme asuntoa Kaskenkatu D 99. Se on LV-asiantuntijoiden suunnittelema ja toteuttama, joten sen ilman vaihtuvuus on todennäköisesti kaikista lähimpänä niin sanottua täydellistä tulosta. Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttövoiman laskutapaa voidaan soveltaa useaan eri kohteeseen.

$$\Delta p_h = \rho_u \times g \times h \times (1 - T_u/T_s)$$

Kaava 2. Käyttövoiman laskentakaava.

Δp_h on hormin käyttövoima, Pa;

ρ_u on ulkoilman tiheys, kg/m³;

g on maan vetovoiman kiihtyvyys, 9,81 m/s²;

h on hormin ylä- ja alapään välinen korkeusero, 20m tai 16m asunnon mukaan;

T_u on ulkoilman lämpötila, 275,15 K;

T_s on sisäilman lämpötila, 295,15 K.

Sisä- ja ulkoilman välisen paine-eron selvittämiseksi tulee selvittää ulkoilman tiheys mittaushetkellä. Se voidaan laskea kaavalla:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}$$

Kaava 3. Kaasun tiheyden kaava.

ρ on ilman tiheys, kg/m³;

M on ilman moolimassa, 28,966 g/mol;

p on ulkoilman paine, 101325 Pa;

R on yleinen kaasuvakio, 8,31451 J/(mol*K);

T on ilman lämpötila, 275,15 K.

Kaavalla 3 saadaan ulkoilman tiheydeksi $\rho = 1,28 \text{ kg/m}^3$.

Lasketaan hormin käyttövoima kaavalla 2. Hormin käyttövoimaksi Δp_h saadaan 17 Pa asuntoon D 99.

5.3 Paine-eron laskeminen

Paine-eromittauksessa mitataan nimensä mukaisesti paine-eroa huonetilan ja ilmastointilaitteen pääte-elimien välillä, joka on tässä tapauksessa rakennuksen hormin huippu.

Jotta käsin tehtyjä mittaustuloksia voitaisiin verrata laskelmallisiin tuloksiin, voidaan hormin käyttövoima johtaa helpommin tarkasteltavaksi yksiköksi hyödyntämällä kaavaa 4.

$$q = k \times \sqrt{\Delta p}$$

Kaava 4. Paine-eron mittauskaava.

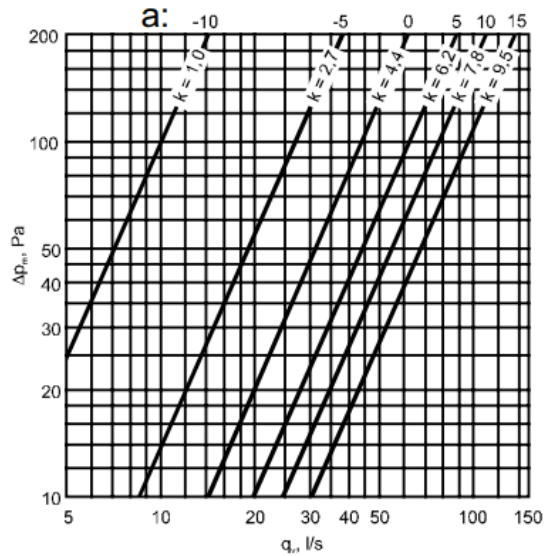
q on ilmavirta, l/s;

k on venttiilistä ja sen koosta, raosta, avauksesta tai asennosta riippuva kerroin, l/(s $\sqrt{\text{Pa}}$);

Δp on huonetilan ja hormin huipun välinen paine-ero, Pa.

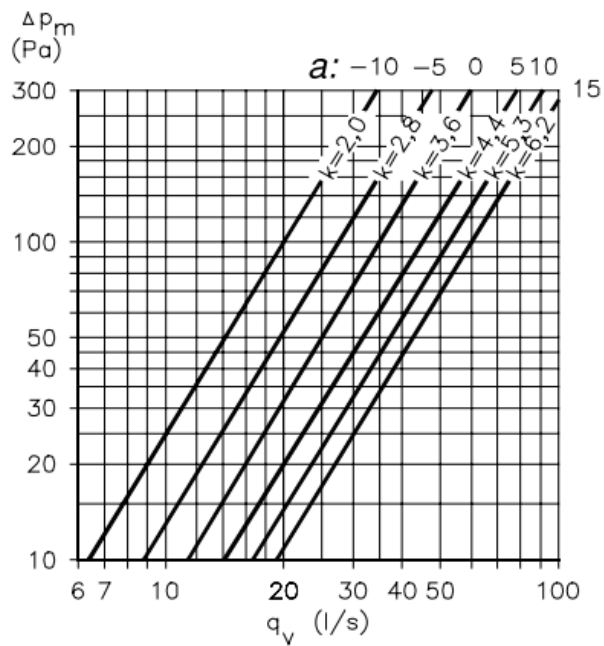
k -kerroin riippuu mitattavan venttiilin koosta, säädöistä ja tyylistä, sekä mittauslaitteen asetuksista. Mittauksissa käytettiin Airflow LCA-30 -anemometriä, joka osaa asettaa k -kertoimen, kun asetuksista valitsee oikean venttiilin. a kertoo venttiilin raon suuruudesta, eli kuinka monta millimetriä auki (+) tai kiinni (-) venttiili on. Tässä mittauksessa kaikkien venttiilien a oli hyvin lähellä 0:aa, joten todetaan, että $a = 0$. KE-160 -venttiili on katossa sijaitseva halkaisijaltaan 160 millimetriä oleva pyöreä venttiili, kun taas KSO-160 -venttiili on seinässä sijaitseva pyöreä 160 millimetriä halkaisijaltaan oleva venttiili. Asunnossa on kaksi ilmanottoaukkoa, sekä kaksi poistoilma-aukkoa, joilla ei ole venttiilityyppiä, vaan ovat 200 millimetriä korkeita ja 250 millimetriä leveitä ilmanottoaukkoja. Niiden k -kertoimet ovat arvioituja anemometrin ilmoittamia arvoja.

Kuvio 1. KE-160 venttiilin k-kerrointaulukko.

KE-160

Taulukon mukaan asunnon KE-160 tyyppisten venttiilien k -kerroin on 4,4.

Kuvio 2. KSO-160 venttiilin k-kerrointaulukko.

KSO-160

Taulukon mukaan KSO-160 tyyppisten venttiilin k -kerroin on 3,6.

6 MITTAUS- JA LASKENNALLISET TULOKSET

6.1 Mittaustulokset

Taulukkoon 3 on merkitty anemometrillä mitattuja arvoja. Tuloilma on merkitty positiiviseksi ilmavirraksi, kun taas poistoilma negatiiviseksi.

Taulukko 1. Asuntojen tulo- ja poistoilmamittaukset.

Asunto	Tuloilma (l/s)	Poistoilma (l/s)
D 99		
Ulkoseinä piha	11	
Ulko-ovi kadulle	10	
Ulko-ovi kadulle	9	
Keittiö poistoventtiili		-7
WC poistoventtiili		-7
Seinähorni 1		-5
Seinähorni 2		-5
D 67		
Ulkoseinä piha	1	
Ulkoseinä makuuhuone	0	
Ulkoseinä olohuone	1	
Liesituuletin		-0
WC poistoventtiili		-0
D 63		
Ulkoseinä piha	12	
Ulkoseinä makuuhuone	8	
Ulkoseinä olohuone	8	
Liesituuletin		-12
WC poistoventtiili		-11

Ilmanvaihtokerroin voidaan laskea, kun asunnon koko ja tuloilman määrä on tiedossa. Ilmanvaihtokertoimet on laskettu taulukkoon huoneiston tilavuuden ja tuloilman määrän avulla.

Taulukko 2. Asuntojen ilmanvaihtokerroimet.

Huoneisto	Huoneiston tilavuus V (m ³)	Tuloilman määrä q_v (m ³ /s)	Ilmanvaihtokerroin n (1/h)
Kaskenkatu 11 D 99	211	0,03	0,5
Kaskenkatu 11 D 67	200	0	0,0
Kaskenkatu 11 D 63	205	0,03	0,5

6.2 Laskennalliset tulokset asunnossa D 99

Taulukossa 5 voidaan verrata mitattuja tuloksia laskennallisesti mitattuihin tuloksiin. Huomataan, että laskettu virtaus on paljon suurempi, kuin mitattu virtaus. Tätä pohditaan tarkemmin kappaleessa 7.

Taulukko 3. Mitatut tulokset ja lasketut tulokset.

Tuloilma	Venttiilin tyyppi	k -kerroin	Mitattu virtaus (l/s)	Laskettu virtaus (l/s)
Ulkoseinä piha	KSO-160	3,6	11	15
Ulko-ovi takapihalle	-	4,1	10	17
Ulko-ovi kadulle	-	4,1	9	17
Poistoilma				
Keittiö poistoventtiili	KE-160	4,4	-7	18
WC poistoventtiili	KE-160	4,4	-7	18
Seinähorni 1	-	4,1	-5	17
Seinähorni 2	-	4,1	-5	17

7 MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

7.1 Ilmanvaihtokertoimet

Asetus D2 ohjeistaa, että painovoimaisen ilmanvaihdon ilmanvaihtokerroin tulisi olla vähintään 0,5 1/h, eli ilman tulisi virrata 0,35dm³/s neliometriä kohden. Tuloksista voi päätellä, että saneeratuissa asunnoissa (D 99 ja D 63) on riittävä painovoimainen ilmanvaihto. Asuntojen ilmanvaihtoa on siis onnistuttu parantamaan saneerauksella. Asunnossa D 67 ilma ei liiku lainkaan, joten sen ilmanvaihtokerroin on 0, eikä se täytä D2:n asettamia arvoja.

7.2 Sisäilmaluokitus

Painovoimainen ilmanvaihto voi saavuttaa enintään sisäilmaluokituksen S3 saavuttamalla sisäilmaluokituksen asettamat minimiarvot. Saneeratut asunnot D 99 ja D 63 täyttävät nämä arvot ja saavuttavat sisäilmaluokituksen S3, sillä asuntojen ilmanvaihtokertoimet ovat 0,5 1/h, joka on minimiarvo toimivalle painovoimaiselle ilmanvaihdolle. Asunto D 67 ei saavuta mitään sisäilmaluokitusta, sillä sen ilmanvaihtokerroin on 0.

7.3 Mittaustulosten ja lasketun käyttövoiman vertailu

Käsin mitattuja arvoja vertaamalla matemaattisesti laskettuihin arvoihin voidaan todeta, että matemaattisesti lasketut arvot ovat paljon korkeampia. Lasketut arvot ovat niin sanottuja ihannearvoja, jotka kertovat tilan todellisen ilmanvaihdon potentiaalin. Käsin mitattu arvo ei voi ikinä saavuttaa matemaattisesti laskettua arvoa täysin, ja niiden välinen ero voi johtua monesta eri syystä.

Ulko- ja sisäilman välisellä lämpötilaerolla on suurin vaikutus painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuteen. Mitä lähempänä T_u ja T_s ovat toisiaan, sitä pienempi tulos saadaan painovoimaisen ilmanvaihdon käyttövoiman kaavalla (kaava 2). Lämpötilojen ollessa samat, käyttövoimaksi saadaan 0. Kun lämpötilaero kasvaa, käyttövoimaksi saadaan suurempia arvoja. Käyttövoiman ollessa pieni, painovoimainen ilmanvaihto toimii heikosti, ja on käytettävä ikkunatuuletusta. Auringonpaiste voi sekoittaa

painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden, kun se päivällä lämmittää rakennusta. Käyttövoimaan vaikuttaa myös ilmankosteus ja ilmansaasteet, jota tässä opinnäytetyössä ei otettu huomioon.

Venttiilien tyypit ja säädöt vaikuttavat myös mittaustuloksiin. Eri tyyppisistä venttiileistä ilma virtaa eri tavalla. Joitakin ilmanotto ja -poistoaukkoja ei voida määritellä venttiileiksi, joten niille pitää antaa hyvä arvio. Yhden venttiilin säätäminen voi vaikuttaa muiden venttiilien ilmanotto ja -poistokykyyn.

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmaa virtaa tilaan ja poistuu tilasta muualtakin, kuin niille tarkoitetuista kanavista, kuten esimerkiksi seinien raoista, ikkunan raoista, perustuksien läpi. Näitä vuotoja on lähes mahdotonta täysin ottaa huomioon, sillä niiden mittaaminen on vaikeaa.

Käsin mitattuja tuloksia voi myös heikentää rakennuksen hormin tukkeisuus. Tämän takia hormi tulisi pitää mahdollisimman hyvässä kunnossa, jotta poistoilma saadaan poistettua mahdollisimman tehokkaasti.

8 TOIMENPITEET

8.1 Valmistuneet saneeraustyöt

Asunnot D 99 ja 63 on jo saneerattu painovoimaisen ilmanvaihdon osalta. Saneeraukset aloitettiin ennen opinnäytetyön kirjoittamisen alkamista, ja ne saatiin päätökseen ennen työn valmistumista. Asuntojen D 99 ja D 63 ilman vaihtuvuus oli hyvin lähellä asunnon D 67 tilannetta ennen saneeraustöiden valmistumista.

8.1.1 Kaskenkatu 11 D 99

Saneerauksen yhteydessä huoneisto uusittiin täysin. Saneeraus suoritettiin loppuvuodesta 2017.

Huoneiston tuloilmaventtiili vaihdettiin uuteen säädettävään venttiiliin. Keittiöstä ja wc:stä liitettiin uusi 160 millimetrin kanava rakennuksen poistoilmahormiin. Nyt huoneistoon virtaa ulkoilmaa etu- ja takaovissa sijaitsevasta suodatetusta korvausilma-aukosta. Ilma poistetaan kahdesta päätiloissa sijaitsevasta poistoilmaputkesta, sekä vessassa sijaitsevan venttiilin ja liesituulettimen kautta. Lattia purettiin ja kreosootti ja betonialusta poistettiin, ja se korvattiin 200 millimetrin sepelillä ja 200 millimetrin styroxlevyllä.

8.1.2 Kaskenkatu 11 D 63

Asunnossa tehty saneeraus tehtiin pelkästään painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden korjaamiseksi. Huoneistoa ei muuten muutettu. Saneeraustyöt aloitettiin loppuvuodesta 2017 ja saatiin päätökseen keväällä 2018.

Asunnon kaksi tuloilmaventtiiliä, jotka sijaitsevat makuuhuoneessa ja olohuoneessa, olivat täysin ummessa. Saneerauksessa avattiin kaikki tulo- ja poistoilmaventtiilit. Tuloilma pääsee nyt virtaamaan ulkoseinien kautta tilaan, ja se ohjautuu keittiö- ja wc-tiloissa sijaitsevien poistoilmaventtiilien kautta rakennuksen läpi kulkevaan keskushormiin.

8.2 Toimenpide-ehdotukset

8.2.1 Kaskenkatu 11 D 67

Asunnon D 67 ulkoseinien venttiilit ovat tukittu, sekä poistoilmaventtiilit keittiö- ja wc-tiloissa ovat ummessa. Asuntoon virtaa ilmaa ainoastaan ikkunoiden raoista, seinien koloista, sekä muista paikoista, mistä sen pääsääntöisesti ei pitäisi. Toimenpiteiksi Nordcons Oy ehdottaa asunnon ilmanvaihdon saneerausta. Ulkoseinien tuloilmaventtiilit sekä poistoilmaventtiilit pitää avata, sekä poistoilmaventtiilit tulee liittää keskushormiin. Asuntojen D 99 sekä D 63 tapauksissa ehdotettiin identtisiä toimenpiteitä.

8.3 Lopputulokset

Kaksi kohdeasunnoista saneerattiin onnistuneesti, ja saneerauksen myötä painovoimainen ilmanvaihto on nyt riittävällä tasolla. Aukkaat ovat uuteen ilmanvaihtoon hyvin tyytyväisiä. Kolmanteen kohdeasuntoon ei ole vielä tehty saneerausta. Töiden suunnittelu etenee, mutta aloituspäivää ei ole vielä tiedossa opinnäytetyön kirjoittamisen aikana (maaliskuu 2019).

9 LOPPUSANAT

Opinnäytetyö tehtiin selvitystyönä Nordcons Oy:lle Terveet tilat 2028 -hankkeen innoittamana. Työn tavoitteena oli korostaa huonoa ilmanvaihtoa valtakunnallisena ongelmana, ja tuoda ilmi tapoja, miten sitä voidaan parantaa, ja mitä parannustoimenpiteitä on käytetty aiemmin. Esimerkkinä on käytetty kolmea eri kerrostaloasuntoa, joissa kaikissa oli todettu puutteellinen painovoimainen ilmanvaihto.

Kahden asunnon ilmanvaihto saatiin riittävälle tasolle saneeraustyön myötä. Saneeraustyöt aloitettiin ennen opinnäytetyön kirjoittamisen alkua, ja ne saatiin päätökseen kirjoittamisen aikana. Koska saneeraustyöt alkoivat ennen opinnäytetyötä, tietoja ilmanvaihdon alkuperäisestä tilanteesta ei ole. Opinnäytetyön valmistumiseen meni noin vuosi.

Vaikka opinnäytetyö antaa hyvän esimerkin maanlaajuisesta ongelmasta, kolme asuntoa Turun keskustassa ei riitä kartoittamaan koko Suomen tilannetta. Sisäilmaongelmien täydellinen kartoittaminen on hyvin vaikeaa, ellei mahdotonta, sen kokemukseräisen luonteen vuoksi. Tapaukset ovat hyvin yksilöllisiä, ja siksi kohteet pitäisi käsitellä omina tapauksinaan.

Huonon sisäilman laajaan ongelmaan on lähivuosina herätty, ja sen korjaamiseksi on jo tehty toimenpiteitä. Terveet tilat 2028 -hanke on vain yksi osakas taistelussa sisäilmaongelmia vastaan, ja uusia liittyy päivittäin. Edessä on silti suuri työ, jotta Suomesta saataisiin sisäilmaongelmaton maa.

LÄHTEET

Hengitysliitto, 2016. *Opas ilmanvaihdosta*. [Online]

Available at: <https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/oppaat/ilmanvaihto-opas.pdf>
[Haettu 27 Helmikuu 2019].

Kalke, A., 2016. *Opas ilmanvaihdosta*. [Kuvat] (Hengitysliitto).

Ketola, J., 2014. *Painovoimaisen ilmanvaihdon käyttö ja huolto*. Ensimmäinen painos toim. Tampere: Pirkanmaan rakennuskulttuuriyhdistys ry.

Kimrok Oy, 2019. *AirFlow LCA301 Siipipyöranemometri*. [Online]

Available at: https://uploads-ssl.webflow.com/5b3b7517ca66ad5cf006112e/5b8fa7c7888c8ac1c653bed6_LCA301-501_FIN_1110.pdf
[Haettu 19 Helmikuu 2019].

Nordcons Oy, 2019. *Nordcons Oy*. [Online]

Available at: <https://nordcons.fi>
[Haettu 5 Maaliskuu 2019].

Pietiko Oy, 2019. *Savupullo*. [Online]

Available at: <https://www.pietiko.fi/shop/product/savupullo>
[Haettu 8 Syyskuu 2018].

Sisäilmayhdistys Ry, 2008. *Sisäilmayhdistys Ry*. [Online]

Available at: <http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>
[Haettu 19 Joulukuu 2019].

Valtioneuvosto, 2019. *Terveiden tilojen vuosikymmen*. [Online]

Available at: <https://vnk.fi/terveet-tilat-2028/perustiedot>
[Haettu 4 Maaliskuu 2019].