

Matti Järvinen

Kerrostalon painovoimaisen poistoilman- vaihdon muuttaminen koneelliseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
Päivämäärä 09.04.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Matti Järvinen Kerrostalon painovoimaisen poistoilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi 60 sivua + 5 liitettä 9.4.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja(t)	DI Wolfgang Zenner lehtori Jorma Säteri
<p>Insinöörityön tavoitteena oli luoda yleiskatsaus olemassa oleviin rakentamismääräyksiin sekä käytännön tekijöihin, jotka tulee huomioida suunniteltaessa vanhan painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä varustetun kerrostalorakennuksen poistoilmanvaihdon muutosta koneelliseksi.</p> <p>Aihetta pohjustetaan käymällä läpi ilmanvaihdon historiaa Suomessa. Lisäksi esitellään painovoimaisen ja koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteet, hyödyt ja haittatekijät.</p> <p>Yksi työn keskeisistä tavoitteista oli selvittää, kuinka ympäristöministeriön uudisrakentamista varten luotua rakentamismääräyskokoelmaa tulee soveltaa olemassa oleviin rakennuksiin, ja niiden muutostöihin. Erityisesti tarkastellaan rakentamismääräysten rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa käsittelevää osaa D2 sekä paloturvallisuutta käsitteleviä osia E1 ja E7.</p> <p>Tarkastelun tukena käytetään kolmea luvussa 6 esiteltyä kerrostalokohdetta, joissa on mietitty siirtymistä painovoimaisesta järjestelmästä koneelliseen poistoilmanvaihtoon. Luvussa 5 käydään läpi tämän muutossuunnittelun kulku esivalmisteluista käytettävien järjestelmän osien valintaan ja pyritään tuomaan esille huomioita joihin törmättiin työssä käytettyjen esimerkkikohteiden suunnittelussa.</p> <p>Suurimmat ongelmat siirryttäessä koneelliseen poistoilmanvaihtoon syntyvät huoneistoissa käytettävien ilmamäärien valinnasta. Tyypillisesti pyrittäessä rakentamismääräysten mukaisiin huoneistokohtaisiin ilmanvaihtokertoimiin sekä huonekohtaisiin ilmamääriin tuli näiden toteutumisen esteeksi joko riittämätön lämmitysjärjestelmä tai puutteelliset korvausilman hallitut sisäänjohtamisreitit. Työn perusteella koneelliseen poistoilmanvaihtoon siirryttäessä rakennuksen sisäilmaston laatu paranee, ja sen käyttömukavuus kasvaa paremmin hallittavien ilmamäärien ja puhtaamman korvausilman myötä.</p>	
Avainsanat	painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto, ilmanvaihdon muutossuunnittelu, ilmanvaihto

Author(s) Title Number of Pages Date	Matti Järvinen Replacing natural ventilation system with a mechanical extract system in a block of flats 60 pages + 5 appendices 9 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Wolfgang Zenner, Master of Science in Technology Jorma Säteri, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to give an overview on the Finnish National Building Code and the common practices to be taken into account when replacing a natural ventilation system with a mechanical extract system in a block of flats. Especially the objective was to clarify how the National Building Code for new construction should be applied to renovations.</p> <p>The most common problem faced when replacing a natural ventilation system with a mechanical extract system is the choice of right ventilation rates for the flats. Typical problems faced when aiming at the ventilation rates stipulated in the National Building Code are those with inadequate heating system or those with insufficient outdoor supply air. The Bachelor's thesis showed that replacing the natural ventilation system in a block of flats with a mechanical extract system should result in improved air quality and comfort inside the building.</p>	
Keywords	natural ventilation, mechanical extract ventilation, ventilation system modifications, ventilation

Sisällys

Määritelmiä

1	Johdanto	1
2	Ilmanvaihdon historia Suomessa	3
2.1	Painovoimainen järjestelmä	3
2.2	Koneellistetut järjestelmät	5
2.3	Ilmanvaihtokanavien materiaalit	6
2.4	Viranomaismääräykset	7
3	Painovoimaisen poistoilmajärjestelmän toiminta	10
3.1	Toimintaperiaate	10
3.2	Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmat	15
3.3	Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen	16
4	Koneellisen poistoilmanvaihdon toiminta	18
4.1	Toimintaperiaate	18
4.2	Ilmavirtojen säätäminen	19
5	Muutosuunnittelu painovoimaisesta koneelliseksi	20
5.1	Viranomaismääräykset	20
5.1.1	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto	20
5.1.2	Paloturvallisuusmääräykset	20
5.2	Esivalmistelut	22
5.3	Olemassa olevan ilmanvaihtojärjestelmän kartoitus	22
5.3.1	Päätelaitteiden kartoitus	22
5.3.2	Hormikartoitus	23
5.3.3	Asbestikartoitus	24
5.4	Hormien kunnostus	24
5.4.1	Hormien massaus	25
5.4.2	Hormien putkitus	27
5.4.3	Hormien sukitus	28
5.5	Ilmamäärien tarkastelu	28
5.5.1	Ilmanvaihtuvuus	29
5.5.2	Lämmitysjärjestelmän asettamat rajat	29

5.5.3 Tulo- ja poistoilmaventtiilit sekä niiden säätö	30
5.6 Ilmavirtauksien reittien suunnittelu	31
5.7 Koneellisen poistoilmajärjestelmän osien valinta	32
5.7.1 Korvausilman päätelaitteet	32
5.7.2 Poistoilman päätelaitteet	36
5.7.3 Siirtoilmalaitteet	37
5.7.4 Puhaltimet	38
5.7.5 Muut järjestelmän osat	42
6 Esimerkkejä korjauskohteista	43
6.1 Asunto Oy Hietala	43
6.1.1 Painovoimaisessa poistoilmajärjestelmässä ilmenneet ongelmat	45
6.1.2 Ilmanvaihtosuunnittelun esivalmistelut	46
6.1.3 Suunnittelun lähtökohdat	46
6.2.1 Asunto Oy Simonlinna	52
6.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö	53
6.3 Asunto Oy Torkkelinkatu 13-15	55
7 Yhteenveto	57
Lähteet	59

LIITTEET

LIITE 1. Kuivan ilman ominaisuuksia.

LIITE 2. Esimerkkilaskenta painovoimaisen poistohormin ilmavirrasta.

LIITE 3. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset poistoilmaluokat.

LIITE 4. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoitusetäisyydet.

LIITE 5. Esimerkkihuvoneiston lämpöhäviölaskelma.

Määritelmiä

Erilliskanavajärjestelmässä ilma johdetaan jokaisesta poistoilmapisteeellä varustetusta tilasta omaa poistohormia tai -kanavaa pitkin ulos rakennuksesta. Tästä johtuen eri tiloja ei saa liittää samaan poistohormiin. Useampien tilojen poistoilmat voidaan hallitusti yhdistää ullakolla tai vesikatolla kokoojakanavien avulla, jotka on johdettu poistoilmapuhaltimille.

Hormiseinä on rakenneseinä, johon on koottu päällekkäisten tilojen poistohormit. Hormit on johdettu hormiseinissä ylös vesikatolle. Hormiseinät sijaitsevat tyypillisesti rakennuksen keskiosissa, keittiö tai kylpyhuonetilojen yhteydessä. Vanhoissa kerrostaloissa myös ulkoseinät voivat tyypillisesti olla hormiseiniä.

Huippupakkasella tarkoitetaan tilannetta, jolloin ulkolämpötila laskee Suomen rakennusmääräyskokoelman D5 liitteessä 1 esitettyyn mitoittavaan tilanteeseen. Tällä kuvataan alinta ulkolämpötilaa, joka säävyöhykkeellä tilastollisesti saavutetaan vuosittain. Esimerkiksi Helsingissä mitoittavana lämpötilana pidetään -26 °C , ja Sodankylässä -38 °C .

Ilmanvaihtokertoimella tarkoitetaan tilan ilmanvaihtuvuutta sen vapaata ilmatilavuutta kohti yhden tunnin aikana $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^3 = 1/\text{h}$.

Jäteilmalla tarkoitetaan poistoilmaa, joka johdetaan ulos rakennuksesta.

Korvausilmalla tarkoitetaan ulkotiloista rakennuksen sisälle tuotavaa käsittelemätöntä raitista ilmaa.

Korvausilman päätelaitteella tarkoitetaan venttiiliä, ritilää, säleikköä, luukkua yms. laitetta jonka läpi korvausilma on johdettu hallitusti ulkoa sisälle rakennukseen.

Asuin-, liike- ja toimistokerrostalojen *poistoilmanvaihtoa vaativat tilat* on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, liitteessä 1. Tällaisia tiloja ovat esim. asuintilat, porrashuoneet, varastot, saunat ja kopiointitilat.

Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan rakennusosia, jotka erottavat lämpimän ja puolilämpimän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu puolilämmintä ja lämmintä tilaa toisistaan erottavat rakennusosat.

SRMK tarkoittaa Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

Takaisinvirtauksella tarkoitetaan ilman liikettä poistohormissa sen normaalia virtaus-suuntaa vasten. Tällaisessa tilanteessa huonetilaan virtaa ilmaa poistohormista, eli toisinpäin kuin poistohormin tulisi toimia. Takaisinvirtaus voi esimerkiksi saada alkunsa hormiin liitetyn liesituulettimen käytöstä, tai epäedullisista tuuliolosuhteista, kuten avatessa ikkuna tuulen alapuolelta.

Veto on lämpöviihtyvyyteen vaikuttava tekijä, joka aiheutuu ympäristöään kylmemmistä pinnoista ja mahdollisista ilmapuotokohdista rakenteiden läpi. Vedontunteen syntymiseen vaikuttaa ilman liikenopeus ja lämpötila.

Yhteiskanavajärjestelmässä eri tilojen poistoilmat yhdistetään samaan nousuhormiin tai -kanavaan, jota myöten ne johdetaan poistoilmapuhaltimelle. Kanavat on kuitenkin eritelty niin, että likaisten tilojen poistoilmat kulkevat eri kanavissa kuin muiden tilojen poistoilmat. Yhteiskanavajärjestelmä on tyyppillisesti käytössä rakennuksissa, joissa on alun perin ollut koneellinen poisto tai koneellinen poisto ja tuloilmajärjestelmä.

1 Johdanto

Rakennusten ilmanvaihdon tarkoitus on varmistaa terveellisen, turvallisen ja miellyttävän sisäilman laatu kaikkina vuodenaikoina. Näiden kriteerien täyttymiseksi rakennuksessa on oltava toimiva ilmanvaihtojärjestelmä, jossa rakennuksen eri osiin on johdettu riittävä määrä raitista korvausilmaa, joka myös poistuu hallitusti rakennuksesta.

Näiden kriteerien toteutumista on pyritty ohjaamaan Suomen ympäristöministeriön julkaisemien rakennusmääräyskokoelmien avulla, joissa esitetään määräykset ja ohjeistukset hyvän sisäilmaston ylläpitämiseksi. Vanhojen rakennusten, joissa on painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, ei tarvitse täyttää nykymääräysten mukaisia ilmanvaihtovaatimuksia, jos rakennuksessa on alun perin hyväksytty painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Määräykset eivät myöskään edellytä, että rakennuksen muutostöiden yhteydessä siirryttäisiin koneelliseen ilmanvaihtoon.

Kuitenkin vanhojen kerrostalojen peruskorjauksien yhteydessä mietitään nykyään useasti myös kiinteistön ilmanvaihdon muutostöiden tarpeellisuutta. Etenkin toimisto- tai liikehuoneisto käytössä olevissa kerrostaloissa tähän kiinnitetään erityistä huomiota tilojen käyttötarkoitusta vastaavan sisäilman takaamiseksi. Rakennuksissa saattaa jo ennestään olla tiloja, joilta on edellytetty erityistä ilmanvaihtoa, kuten ravintola- ja liikuntakeskustilat. Ilmanvaihtojärjestelmän muutostöiden toteuttaminen soveltuu hyvin esimerkiksi linjasaneerauksen yhteyteen, jolloin rakennus muuttuu työmaaksi muuhun saneeraukseen liittyen. Näin saadaan keskitetysti korjattua koko rakennuksen talotekninen järjestelmä yhdellä kertaa.

Vanhoille kerrostaloille on tyypillistä, että ilman säännöllistä huolenpitoa niiden painovoimaiseen ilmanvaihtoon perustuvan järjestelmän toimintakyky on heikentynyt ajan kuluessa. Tavanomaisia ongelmia ovat mm. poistoilmahormien huono kunto, eri tilojen yhdistyminen samoihin hormoneihin sekä hormitukokset.

Vanhan painovoimaisen poistoilmajärjestelmän muuttaminen koneelliseksi järjestelmäksi perustuu poistoilmapuhaltimien asentamiseen osaksi ilmanvaihtojärjestelmää. Koneellinen poisto toteutetaan tyypillisesti joko huippuimureilla tai kanavapuhaltimilla,

joista jälkimmäisestä käytetään joskus myös nimitystä kammiopuhallin. Huippuimuri sijoitetaan vesikatolle horminryhmän päähän, kun taas kanavapuhallin asennetaan normaalisti poistoilmahormien yhteyteen ullakkotiloissa. Hormeja pyritään yleensä yhdistämään ullakolla tai vesikatolla kokoojakanavilla, jolloin yhdellä puhaltimella voidaan palvella useampaa poistohormia.

Poistoilmapuhaltimien avulla on myös mahdollista säätää rakennuksen ilmanvaihtoa painovoimaista järjestelmää tarkemmin. Yksinkertaisimmillaan järjestelmää voidaan ohjata niin, että talviaikaan poistoilmapuhaltimen tehoa pudotetaan siten, että huoneistoihin virtaavan kylmän korvausilman määrä rajoittuu, ja sisäilman lämpötila pysyy sopivana käytössä olevalla lämmitysjärjestelmällä. Yksilöidympää säätöä on mahdollista järjestää ohjaamalla poistoilmapuhallinta taajuusmuuntajalla, jolloin puhaltimelle saadaan asetettua useampia toimintapisteitä, esimerkiksi rakennuksen käyttöaikojen perusteella. Nykyään useimmat suuret puhallintoimittajat valmistavatkin laitteita, joissa on integroidut taajuusmuuntajat niiden ohjaamista varten. Taajuusmuuntajat voidaan myös kerätä samaan tilaan ullakolla, jolloin niiden huolto- ja korjaustyöt on helpompaa suorittaa kootusti.

Painovoimaisen poistoilmajärjestelmän muuttaminen koneelliseksi edellyttää, että kiinteistössä olemassa olevat poistoilmareitit ovat kunnossa ja tarkoituksensa soveltuvia. Tarvittaessa vanhat poistohormit voidaan kunnostaa nyky menetelmillä uusien hormien tiiveysvaatimuksia vastaaviksi.

2 Ilmanvaihdon historia Suomessa

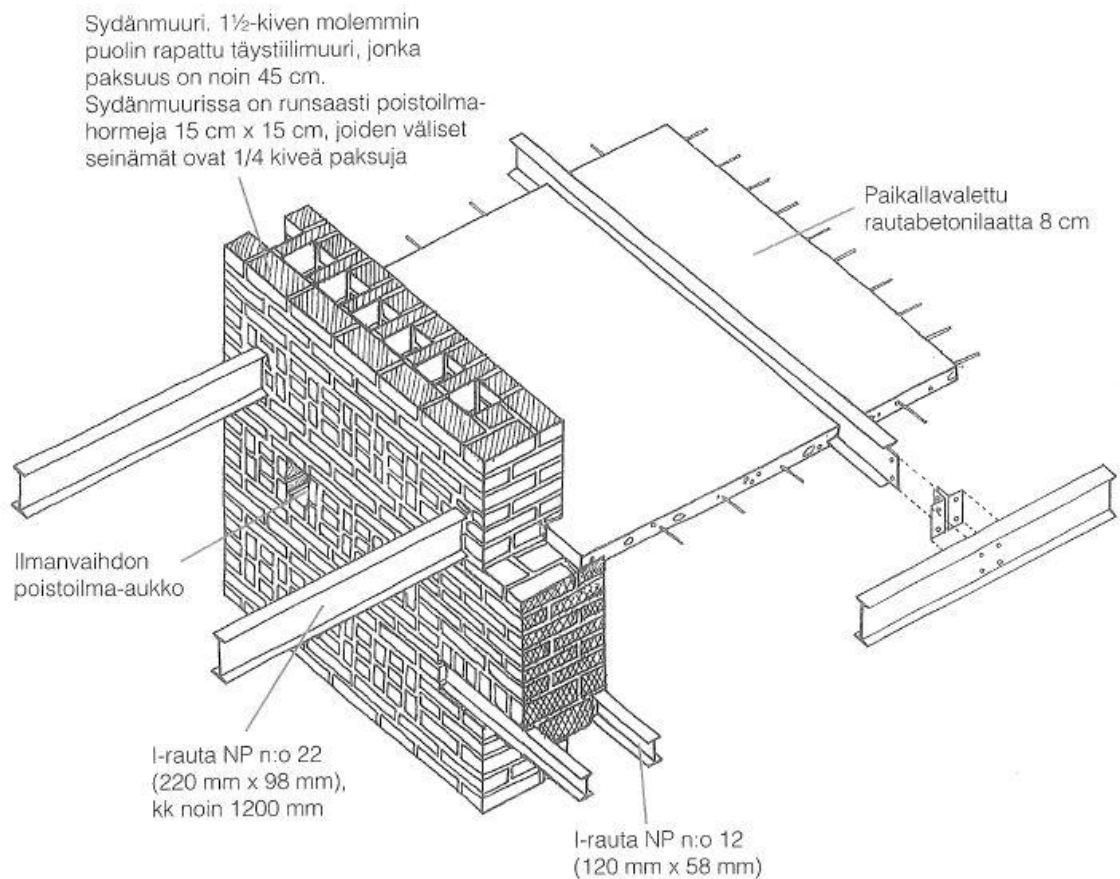
2.1 Painovoimainen järjestelmä

Ilmanvaihdon historia alkaa ns. aspiraatiojärjestelmästä, jossa ilma poistui savupiipusta lämmityksessä käytetyn uunin palamisilman synnyttämän vedon seurauksena. Uunin yläosassa saattoi lisäksi olla erillinen poistoilmareitti, josta ilma voitiin ohjata piippuun ilman, että se kulki tulipesän kautta. Tyypillisesti näissä vanhoissa rakennuksissa korvausilma virtasi sisälle rakennukseen seinien vuotokohdista.

1800-luvulla rakennuksen ilmanvaihto perustui pitkälti ikkunatuuletukseen, ja tämän ajan kerrostalohuoneistojen suunnittelussa kiinnitettiin huomiota tilojen läpituuletavuuteen. Tuolloin katsottiin, että huoneistoilla tulisi olla ikkunoita rakennuksen kahdella sivulla, jotta ilmanvaihto voitaisiin toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti. [1]

Varta vasten korvausilman sisäänottoa varten rakennetut korvausilma-aukot ilmestyivät asuinkerrostalojen ulkoseiniin 1880-luvun paikkeilla. Seinän ulkopuolella aukon suu oli peitetty peltisellä tai valurautaisella säleiköllä, joka suojasi sitä sateelta ja tuulen mukanaan tuomilta roskilta. Sisäpuolella oli taas venttiili, tyypillisesti säleikkö tai luukku, jolla pyrittiin säätämään sisälle virtaavaa ilmamäärää. Tämän järjestelmän heikkoutena pidettiin sitä, että talvella sisään virtaava ilma painui alas lattiantasoon, mikä koettiin epämiellyttävänä vedontunteena. [1]

1920–30-luvulla uunilämmityksestä keskuslämmitykseen siirryttäessä vanhan korvausilmaventtiilijärjestelmän rinnalle tulivat erilaiset ikkunalaudan alle sijoitettavat rakoventtiilit. Niistä korvausilma johdettiin sisälle keskuslämmityksen mukaan tuomien lämmityspattereiden päälle sijoitetuista raoista, jolloin patterit lämmittivät sisälle tuotua korvausilmaa ja vähensivät siitä aiheutunutta vedontunnetta. Samassa yhteydessä alettiin uusiin rakennuksiin myös rakentaa poistoilmahormeja, joilla tiloista poistuva ilma ohjattiin ulos vesikatolle. Tavanomainen poistohormin koko asuinhuoneissa oli n. 15 × 15 cm, keittiössä n. 15 × 22 cm. [2] Poistohormit oli tyypillisesti muurattu tiilestä, kuten kuvassa 1 on esitetty.



Kuva 1. 15 cm x 15 cm poistoilmahormeja tiilestä tehdyssä sydänmuurissa [1].

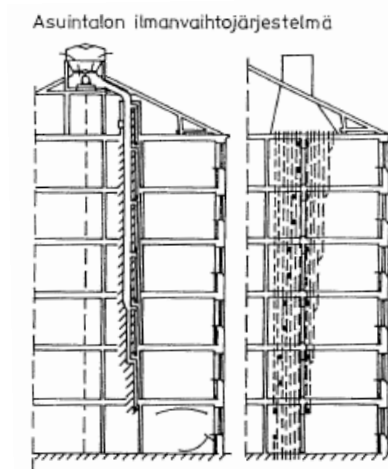
Vuonna 1926 annetuissa Helsingin kaupungin rakennustarkastuskonttorin määräyksissä raitista korvausilmaa vaadittiin asuinhuoneistojen osalta makuuhuoneisiin, keittiöön sekä palvelijanhuoneeseen. Keittiössä korvausilma tuotiin tyypillisesti sisään kylmäkomeron välityksellä, jonka ulkoseinään oli tehty reikiä korvausilman johtamiseksi kylmäkomeroon. [1]

Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostamiseksi oli kehitetty erilaisia apulaitteita. Näitä olivat esimerkiksi J. A. Johnin keksimä tuulihattu, eli "jonnari", sekä suomalaisen Sigurd Savoniuksen kehittelemä "Savonius-roottori". Näiden toiminta perustui alipaineen synnyttämiseen poistohormeissa tuulen avulla.

2.2 Koneellistetut järjestelmät

Suomen ensimmäinen höyrykäyttöinen ilmanvaihtopuhallin asennettiin Kirurgiseen sairaalaan jo 1880-luvulla. Asuinkerrostaloihin ensimmäiset koneelliset poistoilmanvaihtopuhaltimet tulivat kuitenkin vasta 1940-luvulla. 1950-luvulla yli 3-kerroksiset asuinkerrostalot varustettiin lähes aina koneellisella poistoilmalaitteistolla. Sitä vastoin matalammissa asuinkerrostaloissa painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä säilytti asemansa vielä 1960-luvullakin. [2]

Kerrostalojen ilmanvaihdon koneellistamisen alkuvaiheessa 1950–1960-luvulla rakennukset varustettiin tyypillisesti vain poistoilmanpuhaltimilla, koneellista tuloilmaa ei vielä juurikaan sovellettu. 1950-luvun alkupuolella koneellisen poistoilmanvaihdon kanavistojen toteuttamisessa käytettiin vielä kahta järjestelmää, erilliskanava- tai yhteiskanavajärjestelmää. Kuitenkin jo 1950-luvun loppupuolelle tultaessa yhteiskanavajärjestelmän rakentaminen uusiin asuintaloihin yleistyi nopeasti. [2] Tämän myötä rakennuksissa oli käytettävissä entistä enemmän lattiapinta-alaa, koska tarvittavien nousuhormien tai -kanavien määrä laski, kuten kuvasta 2 ilmenee.



Kuva 2. Vasemmalla koneellinen poistoilmajärjestelmä ja sen yhteispoistokanava sekä oikealla painovoimainen järjestelmä ja sen erilliskanavointi [3].

Taulukossa 1 on esitetty eri ilmanvaihtojärjestelmien osuus rakennuskannasta eri vuosikymmenillä.

Taulukko 1. Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmien yleisyys eri aikakausina [3].

Rakentamisvuosi	Ilmanvaihtojärjestelmä, % rakennustilavuudesta		
	Painovoimainen poisto	Koneellinen poisto	Koneellinen sisäänpuhallus ja poisto
-1939	80	20	-
1940 - 1959	80	20	-
1960 - 1969	29	71	-
1970 - 1979	6	91	3

Korvausilman sisäänotto koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä järjestettiin tyypillisesti korvausilmaventtiilien kautta. Toinen käytetty menetelmä oli vedontunteen estämiseksi kehitetty ns. aeroradiaattori-järjestelmä, jossa ilmanavallinen lämmityspatteri oli yhdistetty rakomaiseen korvausilma-aukkoon ikkunapenkissä. Siinä sisään virtaava ilma lämpeni kulkiessaan lämpöpatterin yli, ja näin ollen vedontunne väheni.

2.3 Ilmanvaihtokanavien materiaalit

Alunperin painovoimaisten järjestelmien hormien rakennusaineena käytettiin yleisesti 2–3-kerroksisissa rakennuksissa joko tiiltä tai erikoislaattoja. Tällaiset kanavat olivat hyviä sekä palon leviämisen estämisen, sekä tehokkaita ääneneristyksen kannalta. Korkeammassa asuinkerrostaloissa pyrittiin käyttämään muita rakennusmenetelmiä, kuten levy- tai asbestielementtikanavia, koska etenkin tiilihormit vaativat paljon tilaa. [2]

Rakennusten betonirakentamisen yleistymisen myötä alettiin myös hormit valmistaa betonista. Kanavat valettiin käyttämällä muotteina mm. asbestisementti- tai pahvitorvia. [2]

Koneellisessa järjestelmässä käytettiin normaalisti työmaalla valmistettuja suorakaiteisia sinkitystä pelistä tehtyjä kanavia 1960-luvulle saakka. Suomessa alkoi 1960-luvulla laajempi peltikanavien teollinen valmistus, jolloin kierresaumakanavien käyttö yleistyi. Paloturvallisuus syistä peltisiä kanavia jouduttiin verhoamaan mm. betonilla, silloin kun ne palvelivat tiloja, joille oli asetettu erityisiä palomääräyksiä. [2]

Tyypillisesti niin painovoimaisen kuin koneellisen ilmanvaihtojärjestelmien kanavat lämpöeristettiin kylmissä tiloissa, kuten ullakoilla. Lämmöneristeenä käytettiin esimerkiksi sahanpurua tai lasi- ja vuorivillaa.

2.4 Viranomaismääräykset

Ilmanvaihtojärjestelmistä ei ollut omaa erillistä viranomaismääräystä vielä 1900-luvulle tultaessa, mutta aihetta sivuttiin muissa rakentamismääräyksissä. Esimerkiksi Helsingin vuoden 1895 rakennusjärjestys edellytti, että keittiöön rakennetaan oma poistohormi ruoanlaitosta syntyvien käryjen poisjohtamista varten. 1920–1930-luvuilla Helsingin rakennustarkastuskonttori puolestaan määritteli korvaus- sekä poistoilmaventtiilien vähimmäismäärät asunnoissa. [1]

Vanhimmat Suomessa annetut ilmanvaihtoa koskevat ohjeistukset perustuivat lähinnä saksalaisiin ohjeisiin (esim. Gröber, Heinrich: Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik, painokset vuosilta 1930, 1934 ja 1938). 1940-luvulla Helsingin kaupungin rakennustarkastajan antamat etupäässä asuinrakennusten painovoimaista ilmanvaihtoa koskevat määräykset toimivat käytännössä perusohjeena myös koko maassa. [2]

Kyseisten ohjeiden mukaan korvausilmaventtiilit oli sijoitettava mm. kattilahuoneeseen, pesutupaan, kellariin, työhuoneeseen, myymälään, varastoon, sekä pohjakerroksen huoneisiin. Lisäksi välilliset korvausilmaventtiilit oli sijoitettava kaikkiin huonetiloihin, joissa oli kaasulaitteita.

Poistohormi oli sijoitettava kattilahuoneeseen, kellariin ja pesutupaan (30 × 15 cm), sekä kuivaushuoneeseen, keittiöön ja keittokomeroon (23 × 15 cm). Lisäksi 15 × 15 cm kokoinen poistohormi tuli olla käymälässä, kylpyhuoneessa, myymälässä, varastossa, työhuoneessa ja jokaisessa huonetilassa, joissa oli kaasulaitteita. [2] Taulukossa 2 on esitetty ote vuoden 1940 Rakentajain kalenterista.

Taulukko 2. Suositus asuintalojen eri huoneiden ilmanvaihtokertoimeksi, sekä ilmanvaihtokanavien mitoitusperusteet vuoden 1940 Rakentajain kalenterin mukaan. [3]

Ilmanvaihtokanavien mittoja	
A. Kanavat luonnollisessa ilmanvaihtojärjestelmässä	
1.	Kanavan poikkileikkausala vähintään 1/1 000 lattiapinta-alasta
2.	Keittiö, keittokomero ja avonainen takka vähintään 15 x 23 cm (345 cm ²) Muut tilat vähintään 15 x 15 cm (225 cm ²)
B. Poistoilmakanava koneellista imuria käytettäessä	
1.	Ilman nopeus sivukanavissa 1,0 - 1,5 m/s Pääkanavissa, keskikokoisissa 1,5 - 2,5 m/s Pääkanavissa, suurissa 2,5 - 3,0 m/sek
2.	Keittiö, keittokomero ja avoin takka vähintään 13 x 20 cm (260 cm ²) Muut tilat vähintään 13 x 13 cm (169 cm ²)
Asuintalojen ilmanvaihtolukuja	
HUONE	ILMANVAIHTOLUKU (1/h)
Asuinhuone	1 - 1,5
Keittiö	5 (vähintään 30,6 dm ³ /s)
Keittokomero	8 (vähintään 30,6 dm ³ /s)
Kylpy- ja suihkuhuone	8

Vuonna 1955 julkaistujen ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeiden mukaan kaikkiin ravintoloihin ja niiden keittiöihin, sekä kokoushuoneisiin, suurmyymälöihin, tavarataloihin ja elokuvateattereihin oli rakennettava erilliset koneelliset raitis- ja poistoilmalaitokset. Muissa tapauksissa sallittiin joko painovoimaiset tai koneelliset ilmanvaihtolaitokset.

Samojen suunnittelussa käytettyjen normaaliohjeiden mukaan paloalueesta toiseen kulkevien pystysuorien ilmanvaihtokanavien seinämien tuli olla palonkestävät. Vaakasorat ilmanvaihtokanavat oli rakennettava paloa pidättävin seinämin, lukuun ottamatta syttymättömistä aineista valmistettuja ilmanvaihtokanavia, joiden poikkipinta-ala ei ylittänyt 350 cm²:ä. [2]

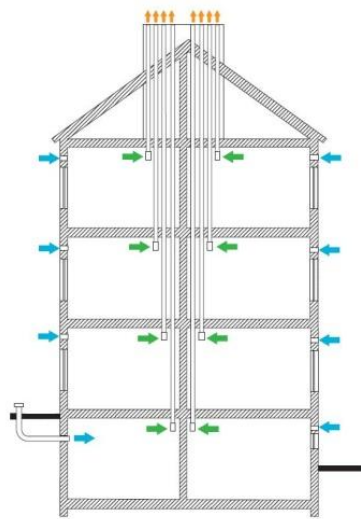
Ensimmäiset viralliset sisäasiainministeriön laatimat määräykset ja ohjeistukset ilmanvaihdon osalta luotiin 1970-luvulla vallinneen energiakriisin jälkeen. Vuonna 1978 julkaistussa rakentamismääräyskokoelman osassa D2 oli ilmavirtojen mitoitusarvoja laskettu hiukan vuoden 1966 normaaliohjeista. Vuoden 1978 ohjeiden mukaan oleskelutiloihin tuli johtaa $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ korvausilmaa, mikä vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5 krt/h normaalikorkuisissa (2,5 m) huoneissa. Samojen määräysten mukaan painovoimainen ilmanvaihto tuli suunnitella siten, että se oli tilakohtaisten ohjearvojen mukainen vuoden keskilämpötilaolosuhteissa ilmanvaihtohormien ja aukkojen ollessa täysin avoinna. Ohjearvot eivät vielä olleet sitovia, mutta eri kuntien rakennusvalvontaviranomaisten oli hyväksyttävä näillä periaatteilla toteutetut suunnitelmat. [3]

Yhteenvedonä ilmanvaihtoon liittyvistä määräyksistä voidaan todeta ilmanvaihdon olleen 1940-luvulla suuri (asuinhuoneistoissa 1–1,5 krt/h) ja pienentyneen tästä vuoden 1954 normaaliohjeistuksen arvojen myötä lähelle nykyistä tasoa. Poistoilmavirtojen ohjearvot olivat kuitenkin niin suuria, että alle 100 m²:n asunnoissa kokonaisilmanvaihtokertoimeksi tulee yli 0,5 krt/h jo pelkästään keittiön, kylpyhuoneen ja WC-tilojen poistoilmamäärillä. Tämä johti koneellisissa poistojärjestelmissä ilmavirtojen kello-ohjattuun puolittamiskäytäntöön, joka ei ollut asukkaiden kannalta tyydyttävä ratkaisu. [3] Kello-ohjaus perustui normaaliin arkipäivärytmiin, jossa ilmanvaihto kävi täydellä teholla aamulla, kun ihmisten oletettiin käyvän suihkussa ennen töihin tai kouluun lähtöä, sekä illalla, kun ihmisten oletettiin valmistavan ruokaa. Muina kellonaikoina järjestelmä toimi puoliteholla. Näin ollen järjestelmä sopi huonosti niille, jotka eivät noudattaneet ns. normaalia päivärytmiä.

3 Painovoimaisen poistoilmajärjestelmän toiminta

3.1 Toimintaperiaate

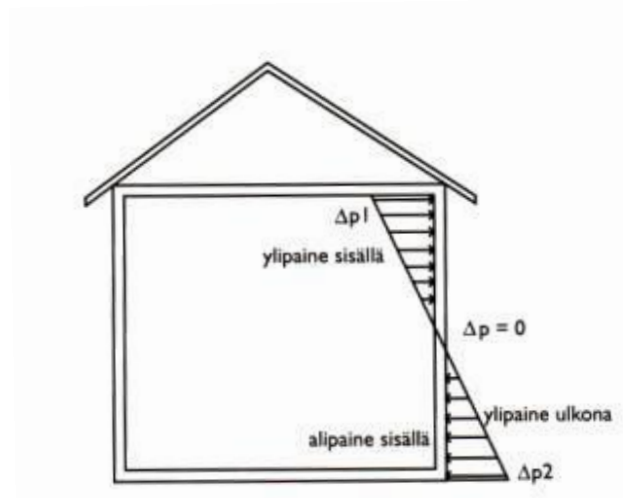
Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaeroista syntyneisiin tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä, sekä tuulen vaikutukseen. Ilman liike syntyy, kun ilma virtaa korkeammasta paineesta matalamman paineen suuntaan, eli ylipaineesta alipaineeseen. Ilmavirtauksen voimakkuuteen vaikuttaa myös rakennuksen korkeus. Alakerroksissa, missä poistoilmakanava on pisimmillään, ilma liikkuu paremmin kuin ylemmissä kerroksissa. Rakentamismääräyskokoelma D2:n mukaan painovoimaisen ilmanvaihdon poistohormien vähimmäiskorkeuseron on oltava vähintään 4,5 m.



Kuva 3. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate.

Ulko- ja sisäilman lämpötilaeron sekä hormien korkeuseron aiheuttamaa paine-eroa kutsutaan "savupiippuvaikutukseksi". Paine-ero syntyy, kun lämmin ilma nousee kylmää ilmaa kevyempänä ylös (kaava 1). Tuulen aiheuttama paine rakennukseen riippuu kaavan 2 mukaisesti sen nopeudesta ja suunnasta, rakennuksen geometriasta, sekä rakennuksen ympäristöstä (viereiset rakennukset, maaston peitteisyys jne.). Tuulen osuessa rakennuksen vaippapinnalle, muodostuu siihen painejakauma, joka ilmaistään pinnan muotokerroimilla, kuten kuvassa 4 on esitetty. Positiivinen muotokerroin tarkoittaa ylipainetta vaipan pinnalla ja negatiivinen muotokerroin alipainetta. Tuuli aiheuttaa kohtaamaansa pintaan ylipainetta, ja sivuseinille sekä suojan puoleiselle seinälle alipainetta. Jos rakennuksen tuulenpuoleinen seinä on muita seiniä epätiivimpi, muodostuu rakennuksen sisäpuolelle tuulen vaikutuksesta ylipaine. Vastaavasti rakennuksen

sisälle syntyy alipaine, jos suurin osa vuotoaukoista sijaitsee suojan puoleisilla seinillä.
[4]



Kuva 4. Lämpötilaeroista aiheutuva tasatiiviiseen rakennukseen kohdistuva painejakauma.

Rakennuksen kokonaispaine-ero saadaan selville laskemalla yhteen kaavasta 1 saatavan savupiippuvaikutuksen Δp_{sp} , sekä kaavasta 2 saatavan tuulen Δp_t aiheuttamat paine-erot.

Sisä- ja ulkoilman lämpötilaerosta syntyvä painesuhde, ns. savupiippuvaikutus, laskeaan kaavalla 1

$$\Delta p_{sp} = \rho g h \left(\frac{T_s - T_u}{T_u} \right) \quad (1)$$

Δp	on paine-ero, Pa
ρ	on ilmantiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$
g	on painovoiman kiihtyvyys, $9,81 \text{ m/s}^2$
h	on ilmapatsaan korkeus, m
T_s	on sisälämpötila, K
T_u	on ulkolämpötila, K.

Tuulen vaikutus painesuhteisiin saadaan laskettua Bernoullin yhtälön mukaisesti kaavalla 2

$$\Delta p_t = (m_u - m_s) \times \frac{1}{2} \times \rho v^2 \quad (2)$$

m_u	on rakenteen ulkopuolinen muotokerroin
m_s	on rakenteen sisäpuolinen muotokerroin
ρ	on ulkoilmantiheys, kg/m ³
v	on tuulen nopeus, m/s.

Ilman liikkeessa hormissa tulee huomioida myös hormissa syntyvät ilmanvirtauksen kitka- ja paikallisvastukset, jotka saadaan kaavasta 3

$$\Delta p = \left(\sum \zeta + \frac{\lambda l}{d_h} \right) \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (3)$$

$\sum \zeta$	on muotovastuksien summa
λ	on Moodyn diagrammista saatava kitkakerroin
l	on hormin pituus, m
d_h	on kanavan hydraulinen halkaisija, m
ρ	on ilmentiheys, 1,2 kg/m ³
v	on ilman nopeus, m/s. Ilmavirta on kaavan mukaan verrannollinen paineeron neliöjuureen.

Kaavassa 3 käytetty kitkakerroin λ riippuu virtauksen laadusta ja kanavan ominaisuuksista. Virtauksen laatu, laminaarinen tai turbulентtinen, saadaan selville kaavan 4 Reynoldsin luvusta

$$Re = \frac{dv}{\mu} \quad (4)$$

Re	on Reynoldsin luku
d	on kanavan halkaisija, m
μ	on ilman kinemaattinen viskositeetti, m ² /s
v	on virtausnopeus, m/s.

Ilman kinemaattinen viskositeetti μ on esitetty liitteessä 1. Se voidaan myös laskea ilman dynaamisen viskositeetin ν ja ilmentheyden mukaan kaavalla 5

$$\mu = \nu \rho. \quad (5)$$

Pieni Reynoldsin luku ($Re < 2320$) tarkoittaa, että virtaus on laminaarista, jolloin kitkakerroin λ saadaan kaavasta 6

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \quad (6)$$

Kun tämä ja Reynoldsin luvun kaava sijoitetaan painevakion lausekkeeseen, saadaan kaavaksi 7

$$\Delta p = 32 \frac{l \rho \mu}{d^2} v \quad (7)$$

jossa painehäviö on suoraan verrannollinen virtausnopeuteen, ei toiseen potenssiin kuten turbulentsisessa virtauksessa (katso kaava 3).

Ns. ylimenovyöhykkeellä ($2320 < Re < 3000$) kitkakerroin saadaan kaavasta 8 iteroimalla

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2,0 \lg \left(\frac{k/d}{3,71} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right). \quad (8)$$

Kaavassa k on kanavan sisäpinnan keskimääräistä karheutta kuvaava suure, dimensioltaan mm. Tyypillisten kanavamateriaalien karheudet on esitetty taulukossa 3.

Suurella Reynoldsin luvulla ($Re > 3000$) virtaus on turbulentsista, ja sen λ saadaan sileille kanaville ($k = 0$ mm) kaavasta 9

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2,0 \lg(Re\sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (9)$$

ja karheissa kanavissa kaavasta 10

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2,0 \lg \left(\frac{3,71}{k/d} \right) = 1,14 - 2,0 \lg \frac{k}{d}. \quad (10)$$

Taulukko 3. Eri kanavamateriaalien karheus, k. [5]

Putki- tai pintamateriaali	karheus k, mm
Vedettyä putkea lasista, kuparista tai alumiinista	0—0,0015
Muoviputki	0,0015—0,007
Teräsputki, valssattu	0,01—0,05
Teräsputki, sinkitty	0,1—0,16
Teräsputki, vähän ruost.	0,15—0,4
Teräsputki, hyvin ruost.	2—4
Asbestisementikanava	0,03—0,1
Peltikanava, kierresaumattu	0,15
Valurautaputki	0,2—0,6
Valurautaputki, bitumoitu	0,1—0,13
Betoniputki, teräsbetoni	0,1—0,15
Betoniputki, slammattu	0,3—0,8
Betoniputki, keskikarkea	1—2
Betoniputki, karkea	2—3
Saviputki, poltettu	0,7
Tiilimuuraus, tasoitettu	2—3
Tiilimuuraus, raaka	5—8

Jos tiedetään, että hormissa on runsaasti vuotoja, ja ilman virtausnopeus kanavan alasekä yläpäässä tunnetaan, voidaan kaavaa 3 soveltaa kaavan 11 muodossa

$$\Delta p = \left(\sum \zeta + \frac{l}{d} \right) \frac{\rho}{2} v_1^2 n \quad (11)$$

kaavassa

$v_1 = c_1 =$ ilmannoisuus kanavan lähtöpäässä, m/s

$n = c_2 / c_1 = v_2 / v_1 =$ loppu- sekä lähtöpään nopeuksien suhde, kerroin taulukosta 4.

Tässä kaavassa on huomioitu ilmavirran nopeus kanavan ala- ja yläpäässä, ja sen avulla määriteltä dimensioton kerroin n joka kuvaa virtauksien synnyttämää painehäviötä. Mitä enemmän hormissa on vuotoja, sitä suurempi sen loppuvirtaama yläpäässä on. [6]

Taulukko 4. Hormin ylä- ja alapään virtausnopeuksien suhteiden aiheuttama n -kerroin.

c_2/c_1	1	1,1	1,5	2	2,5	3
n	1,0	1,105	1,585	2,33	3,25	4,33

Eck, Ventilatoren, 4. Aufl.

Liitteessä 2 on esitetty esimerkkilaskenta painovoimaisen ilmanvaihdon virtaamasta asuinkerrostalossa.

3.2 Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmat

Toimintaperiaatteidensa vuoksi painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta riippuu oleellisesti säätekijöistä, rakennuksen tiiveydestä, korvaus- ja poistoilmaventtiilien painehäviöistä sekä ilmanvaihtojärjestelmän korkeuseroista. Nämä tekijät tekevät painovoimaisen ilmanvaihdon ja sen virtauksien hallinnan vaikeaksi.

Sääolosuhteiden muutoksista johtuen ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat huomattavasti eri vuodenaikoina. Tyypillisesti ilmanvaihto on suurimman osan vuodesta joko liian suuri tai liian pieni. Tehokkaimmillaan ilmanvaihto on talvella, jolloin sisä- ja ulkoilman lämpötilaero on suurimmillaan. Myös tuulinen sää edesauttaa virtauksien syntyä. Kesällä sisä- ja ulkolämpötilan eron ollessa pienimmillään ilma kiertää huonosti. Erityisesti kesäaikana on ilmeinen vaara ilmanvaihdon jäämisestä liian pieneksi ja siitä johtuen kosteustason noususta liian korkeaksi, mikäli kaikissa tiloissa ei ole mahdollisuutta tehostaa ilmanvaihtoa samanaikaisesti. Myös tuulen virtaukset saattavat aiheuttaa katolla ylipaineen, joka painaa ilman takaisin poistohormista huoneistoon päin, aiheuttaen ns. takaisinvirtausta. [7]

Painovoimaisen ilmanvaihdon rakennus on saatettu myöhemmin korjata esimerkiksi julkisivun kunnostuksen yhteydessä tiiviimmäksi kuin ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu, ilman että riittävän korvausilman saannista on huolehdittu. Tällöin korvausilma ei välttämättä enää riitä turvaamaan asianmukaista ilmanvaihtuvuutta etenkin rakennuksessa, jonka korvausilma on alun perin suunniteltu otettavan kokonaisuudessaan rakennuksen vaipan vuotokohdista.

Vaikean säädettävyyden lisäksi tyypillinen ongelma painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksessa on asukkaiden sulkemat tai tukkimat korvaus- ja poistoilmaventtiilit. Tämä voi johtua mm. vuotavien hormien välityksellä leviävistä hajuista, epämiellyttäväksi koetusta vedontunteesta, huoneistoon pääsevän kylmän korvausilman rajoittamisesta, tai äänien leviämisen estämiseksi hormien välityksellä toisiin huoneistoihin.

Painovoimaisen ilmanvaihdon järjestelmässä jokaisesta poistoilmapistestä on johdettava oma hormi vesikaton yläpuolelle, eikä hormoneja saa yhdistää keskenään. Käytössä olevaan hormiin ei myöskään saa liittää toisten tilojen poistoja. Muutoin syntyy vaara,

että ilma siirtyy yhdistettyjen hormien välityksellä huoneistosta toiseen. Paloturvallisuuden ja asumishygienian vuoksi tämä ei ole sallittua. [5]

Poistoilmanvaihtoa vaativista tiloista lähtevät hormit pyritään keskittämään hormiryhmiksi, jotta välipohjien ja vesikaton läpäisyjä tulisi mahdollisimman vähän. Tällaiset hormien keskittämiset on kuitenkin suoritettava ilman pitkiä virtausvastusta kasvattavia vaakasiirtoja. Koska painovoimaisessa hormissa ilman liikkeen aiheuttava paine-ero on pieni, ei hormiin voida tehdä mutkia, pitkiä vaakasiirtoja tai muita virtausvastusta lisääviä osia. Lisäksi ulkoseinissä kulkevissa hormoneissa on vaara, että ilman kunnollista lämmöneristystä niissä kulkeva ilma pääsee jäähtymään ulkoilman vaikutuksesta, ja näin ollen vähentämään savupiippuvaikutukseen perustuvaa ilman virtausta.

3.3 Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen

Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaedellytyksien tehostamisen lähtökohtana voidaan pitää järjestelmän säännöllistä huoltoa. Vanhan järjestelmän toimintakyky laskee huomattavasti, jos sitä ei huolleta säännöllisin väliajoin. Tällaisia huoltotoimenpiteitä ja pieniä korjauksia ovat esimerkiksi hormien nuohous ja tiivistäminen, sekä poistoilmaventtiilien avaaminen ja kunnostaminen.

Huoneiden väliset oviraot ovat myös saattaneet pienentyä tai jäädä kokonaan pois oven uusimisen tai lattiapinnoitteiden vaihtamisen yhteydessä. Tällöin ovirako tulee palauttaa entiselleen tai vaihtoehtoisesti oveen tai tilojen väliseen seinään tulee asentaa siirtoilmasäleikkö. Perussääntönä voidaan pitää, että virtausaukon pinta-alan tulisi olla yhtä suuri kuin tilasta lähtevän poistokanavan ala. [3]

Periaatteessa tilojen ilmavirtausta voidaan säätää esim. muuttamalla hormissa virtaavan ilman lämpötilaa, hormin korkeutta tai muuttamalla poistohormin virtausvastusta. [5] Käytännössä säätely rajoittuu kuitenkin poisto- tai tuloilmaventtiilin virtausvastuksen muuttamiseen. Ilmanvaihtoa voidaan tehostaa myös ikkunoita ja ovia avaamalla.

Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostamiseen voidaan käyttää myös erilaisia hormien päähän asennettavia roottoreita (kuva 5) tai tuuliohjaimia (kuva 6), mutta niidenkin toimivuus on riippuvainen tuulesta. Tuulettomalla kelillä niiden tehon vaikutus on lähes olematon, tai ne saattavat jopa lisätä hormin vastusta. Vastaavasti kylmällä ja tuulisella säällä laite saattaa kasvattaa ilmanvaihdon helposti liian suureksi. Tällaiset laitteet ovat

myös varsin näkyvästi esillä rakennuksen vesikatolla, joten ne ei välttämättä sovellu ulkonäkönsä takia käytettäviksi.



Kuva 5. Terveysilma Oy:n HP-mallin hormi-imuri.



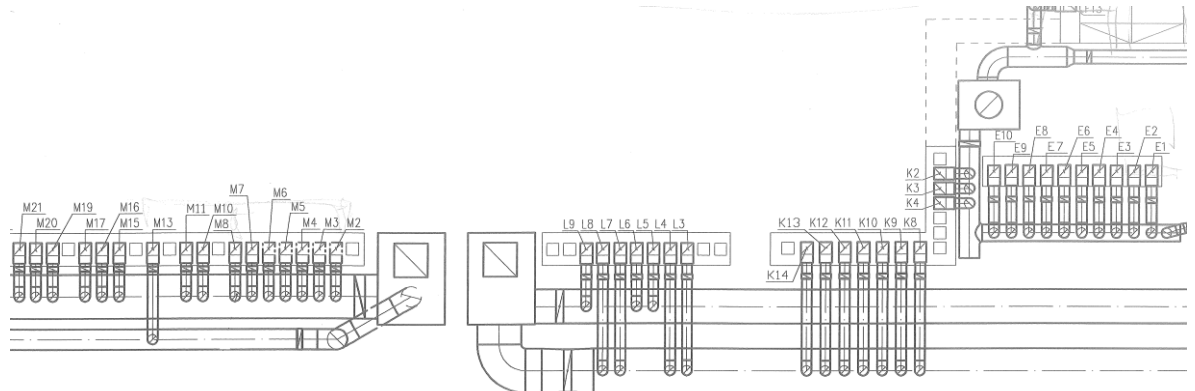
Kuva 6. Terveysilma Oy:n HH-mallin tuulenojain.

4 Koneellisen poistoilmanvaihdon toiminta

4.1 Toimintaperiaate

Koneellinen poistoilmanvaihto perustuu ilmavirtojen tehostukseen ja hallintaan puhaltimien avulla. Tavanomaisesti puhaltimina käytetään joko huippuimuria tai kanavapuhallinta. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa voidaan käyttää joko erilliskanava- tai yhteispoistokanavamenetelmää. Yhteiskanava palvelee useampaa ”samanarvoista” tilaa, jotka sijaitsevat päällekkäin eri kerroksissa. Samanarvoisilla tiloilla tarkoitetaan tässä huonetiloja, jotka palvelevat keskenään samassa käyttötarkoituksessa. Näin ollen esimerkiksi päällekkäisten tilojen keittiöiden poistoilmat kerätään yhteiseen poistokanavaan. Erilliskanavajärjestelmässä jokainen poistohormi palvelee vain yhtä tilaa, ja hormit kootaan keskitetysti ullakolla tai vesikatolla kokoojakanavien avulla puhaltimille johdettaviksi.

Käytettäessä huippuimuria se sijoitetaan vesikatolle erillispoistojärjestelmässä hormiryhmän päähän tai yhteiskanavajärjestelmässä jäteilmakanavan päähän. Kanavapuhallin taas sijaitsee tyypillisesti kuvan 7 erillispoistojärjestelmän mukaisesti ullakolla hormien kokoojakanavan päässä, tai yhteiskanavajärjestelmässä jäteilmakanavan päässä.



Kuva 7. Ote Asunto Oy Simonlinnan ullakon ilmanvaihtopiirustuksesta.

Poistoventtiilien sijoitus koneellisessa ilmanvaihdossa on sama kuin painovoimaisessa järjestelmässä. Likaisten tilojen poistoja ei saa johtaa samaan järjestelmään muiden tilojen kanssa mahdollisten hajuvuotojen takia. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa poistokanavat mitoitetaan suuremmalle nopeudelle kuin painovoimaisessa, joten poistoilmakanavat voivat olla pienempiä ja vievät vähemmän tilaa.

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa tulee olla järjestettynä myös tuloilman saanti. Puhaltimet imevät korvausilmaa sisätiloihin korvausilmaventtiilien, korvausilmapattereiden, ikkunarakojen ja ilmavuotojen kautta. Tämä edellyttää puhaltimelta riittävää paineentuottoa, jotta tarpeenmukaiset ilmamäärät saadaan varmistettua. Koneellisen poistoilmanvaihdon ilmavirtojen suuruus ei juurikaan riipu sääolosuhteista. [8]

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä rakennuksen tavoiteltava paine-ero ulkoilmaan verrattuna on n. $-5...-20$ Pa (rakennus alipaineinen), kun se painovoimaisessa järjestelmässä on vastaavasti n. $0...-5$ Pa. Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan rakennus ei yleensä saa olla yli 30 Pa alipaineinen ulkoilmaan verrattuna. [9]

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa voidaan myös hyödyntää lämmöntalteenottoa, jossa poistoilmasta kerättyä energiaa voidaan käyttää esimerkiksi käyttöveden lämmittämisessä. Tämä vaatii oman nesteverkostonsa, jossa lämmöntalteenottolaitteelta on johdettu putkisto käyttöveden lämmönsiirtimelle.

4.2 Ilmavirtojen säätäminen

Puhaltimen palvelualueen kokonaisilmamääriä säädetään ohjaamalla puhaltimen käyntinopeutta, esimerkiksi aikaohjausta hyväksikäyttäen. Tyypillisesti hormikohtaisia ilmamääriä saadaan säädettyä kokoojakanavan ja hormiin liitettyyn kanavanosan väliin asennettujen säätöpeltien avulla. Itse tilakohtaisia ilmavirtoja voidaan hallita muuttamalla poistoilmaventtiilin säätöasentoa, edellyttäen että venttiiliin kohdistuu riittävä painetaso. Näin saadaan varmistettua, että samaan kokoojakanavaan liitettyjen tilojen ilmavirrat saadaan keskenään tasapainotettua.

5 Muutossuunnittelu painovoimaisesta koneelliseksi

Tässä luvussa käsitellään näkökulmat, jotka tulee ottaa huomioon painovoimaisen poistoilmanvaihdon koneellistamista suunnitellessa. Suunnittelutyössä tärkeintä on suorittaa huolelliset esivalmistelut, jotta suunnittelu- ja toteutusvaiheessa epämiellyttävät yllätykset jäävät mahdollisimman vähäisiksi.

5.1 Viranomaismääräykset

Suomessa rakentamista ohjataan ja valvotaan Ympäristöministeriön sekä eri kuntien rakennusvalvontaviranomaisten toimesta. Rakentamisen ohjauksen tarkoituksena on varmistaa, että rakentamisen laatu on korkeatasoista. Rakennusten käytön tulee olla turvallista ja terveellistä. Rakentamisen jäljen tulee olla esteettisesti korkeatasoista, ja rakennuksen tulee soveltua käyttäjiensä tarpeisiin koko sen elinkaaren ajan. [10]

Ympäristöministeriö julkaisee ja ylläpitää Suomen rakentamismääräyskokoelmaa, jossa on annettu määräykset uudisrakennuksen ja sen eri järjestelmän osien käyttövaatimuksista ja asennustavoista. Korjaus- ja muutosrakentamisessa näitä määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä nimenomaan määrätä toisin. Tämän lisäksi eri kuntien rakennusvalvontavirastoilla on omia määräyksiä, joita tulee soveltaa myös korjausrakentamisessa.

Ilmanvaihtojärjestelmän saneerausessa tärkeimmät huomioon otettavat rakentamismääräyskokoelman osat ovat D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, E1, Rakennusten paloturvallisuus, sekä E7, Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus.

5.1.1 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto

Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 määritellään eri määräykset ja ohjeistukset rakennuksen sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyen. Tässä insinööriyössä näitä määräyksiä ja ohjeistuksia on pyritty tuomaan esiin niissä luvuissa, joissa ne tulee huomioida.

5.1.2 Paloturvallisuusmääräykset

Ilmanvaihdon palomääräyksiä on käsitelty rakennusmääräyskokoelman osissa E1 ja E7. Osan E1 mukaan ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella ja toteuttaa niin, etteivät ilmanvaihtolaitteet saa lisätä palon tai savukaasujen leviämisvaaraa rakennuksessa.

Näin ollen ilmanvaihtokanavat on tehtävä palamattomista materiaaleista, ja niiden on oltava helposti puhdistettavissa.

Rakennus jaetaan yleensä arkkitehdin toimesta eri palo-osastoihin, joiden välille on asetettu määräykset palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi. Esimerkkejä tavanomaisista palo-osastoista kerrostalossa ovat porrashuone, huoneistot, kellari sekä käyttöul-lakko.

Rakennuksen poistumisteillä, kuten porrashuoneissa, tulee ilmanvaihtojärjestelmän osalta kiinnittää erityistä huomiota mm. sen osien sijoitteluun, sekä käytettäviin eriste-materiaaleihin. Rakentamismääräyskokoelman osassa E1 on asetettu määräyksen pois-tumisteiden vähimmäisleveyksistä ja -korkeuksista, joita ei saa kaventaa ilmanvaihto-järjestelmän osilla. Tämä tulee huomioida esimerkiksi uloskäytävän (porrashuone) ka-tonrajaan asennettavissa kanavaosissa. Uloskäytävän vapaan korkeuden tulee olla vä-hintään 2100 mm ja leveyden yleensä vähintään 1200 mm. [11] Rakentamismääräys-kokoelman osan E7 kohdan 4.1 mukaan poistumisteiden ilmanvaihtojärjestelmää ei saa yhdistää keskusilmanvaihtolaitteistoon.

Poistumisteillä kanavien, kuten myöskään muiden taloteknisten järjestelmien, osien eristyksessä ei saa käyttää materiaaleja, joka palaessaan aiheuttavat myrkyllisiä kaasuja. Tällaisia ovat mm. yleisesti käytössä olevat solukumieristeet.

Vanhoissa kerrostaloissa painovoimainen poistoilmajärjestelmä on toteutettu lähes aina erilliskanavajärjestelmänä, jossa jokainen poistohormi palvelee vain yhtä tilaa. Tästä johtuen palo tai savu ei pääse leviämään hormien välityksellä toisiin huoneistoihin. Tä-mä oletus kuitenkin edellyttää, että hormit on kunnostettu eikä niissä ole keskinäisiä vuotoja. Näin ollen poistohormeihin ei tarvitse asentaa palonrajoittimia, kuten sellai-seksi määriteltyä poistoilmaventtiiliä.

Jos rakennuksessa on kuitenkin kanavia, jotka lävistävät osastoivan rakennusosa, tulee ne varustaa palonrajoittimella. Palonrajoitin valitaan yleensä niin, että se täyttää kana-van lävistämän osastoivan rakennusosan palonkestoaikavaatimuksen. Ilmakanavan kulkiessa yhden tai useamman palo-osaston läpi avautumatta niihin, voidaan palonra-joittimet korvata palonkestävyysvaatimukset täyttävällä paloeristetyllä kanavalla. Palon-

rajoittimelle ei kuitenkaan aseteta eristävyysvaatimusta, mikäli kanavan pinta-ala on enintään 200 cm². [11]

5.2 Esivalmistelut

Ennen suunnittelun aloittamista on kuultava työn tilaajaa. Esimerkiksi jos linjasaneerauksen yhteydessä tilaajan kanssa ei ole vielä ollut puhetta ilmanvaihtoon liittyvistä töistä, voi tilaajalle ehdottaa siihen liittyviä korjaus- tai muutostöitä. Tässä vaiheessa suunnittelija kartoittaa käytössä olevan järjestelmän, kertoo sen ongelmista ja ehdottaa niille eri korjausvaihtoehtoja. Suunnittelijan tulee kartoittaa osakkaiden mielipide näihin muutostöihin: Haluavatko he säilyttää vanhan painovoimaisen järjestelmän sellaisenaan, korjauttaa sitä vai halutaanko se muuttua koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmäksi? Lisäksi selvitetään mahdolliset osakaskohtaiset erityistoiveet ja kuullaan heidän havaitsemat ongelmat olemassa olevassa järjestelmässä.

Osakaskyselyn yhteydessä tulee selvittää mahdolliset tilamuutokset kiinteistössä. Jos kiinteistössä on huoneistoja tai tiloja, joiden käyttötarkoitusta ollaan muuttamassa, on huomioitava näiden muutosten mukanaan tuomat erityisvaatimukset. Tyypillisimmin tällaisia muutoksia ovat asuinhuoneistojen muutokset toimistokäyttöön sekä päinvas-tainen muutos. Näissä tilanteissa tulee tarkastella mm. saadaanko nykyisellä määrällä poisto- ja tuloilmaventtiilejä järjestettyä riittävä ilmanvaihtuvuus koko huoneistolle, ja sen eri osille. Huoneistoissa voi olla erityistä ilmanvaihtoa vaativia tiloja, kuten serveri- tai ATK-laitteistotiloja, joiden oma lämmöntuotto on suuri, ja ne vaativat toimiakseen riittävän ilmanvaihtuvuuden.

5.3 Olemassa olevan ilmanvaihtojärjestelmän kartoitus

Ilmanvaihtojärjestelmän kartoituksessa selvitetään miltä osin vanhaa järjestelmää voidaan hyödyntää, mahdolliset korjaustoimenpiteet sekä laajennustarpeet. Kartoitus suoritetaan kiinteistössä paikan päällä silmämääräisesti sekä tarvittaessa apuvälineiden, kuten kuulauksen ja merkkisavujen avulla.

5.3.1 Päätelaitteiden kartoitus

Sekä korvaus- että poistoilmanvaihdon päätelaitteiden kunto, sijainnit ja käytetyt mallit selvitetään. Päätelaitteiden kartoituksen yhteydessä selvitetään tilat joissa on korvaus-ilman sisäänottoja, jotta osataan varautua näiden tilojen lämmitysjärjestelmien riittävyteen, jos korvausilmamääriä ollaan kasvattamassa. Tästä johtuen on syytä samassa

yhteydessä kartoittaa näiden tilojen lämmityslaitteet, kuten vesikeskuslämmityksen lämmityspatterit.

Etenkin vanhojen korvausilmaluukkujen havaitseminen sisältä huoneistosta käsin voi olla vaikeaa, koska ne on saatettu maalata yli tai ne ovat voineet jäädä tapettien alle. Näin ollen tarkastelu kannattaa suorittaa myös rakennuksen ulkopuolelta, josta seinän ulkopinnalla olevat korvausilman sisäännotot ovat nähtävissä. On myös otettava huomioon, että näistä sisäänotoista lähtevä kanava saattaa haarautua ja palvella useampaa korvausilman päätelaitetta. Kartoituksen yhteydessä on viisasta valokuvata eri tilat tarvittavilta osin, jotta niitä voidaan tarkastella helposti jälkeen päin. Näin säästytään ylimääräisiltä käynneiltä kohteessa, ja sen asukkaille tai osakkaille koituu mahdollisimman vähän häiriötä.

5.3.2 Hormikartoitus

Hormikartoituksessa selvitetään rakennuksen ensisijaisten poistoilmareittien, poistohormien, kunto ja palvelualueet. Hormikartoitus suoritetaan normaalisti videokuvamalla. Kamera lasketaan katolta alas hormiin ja hormi kuvataan koko matkaltaan tai mahdolliseen tukokseen saakka. Näin saadaan selvitettyä hormin kunto, koko (poikkipinta-ala), tukokset, siirtymät, rakenne, hormiin kuulumattomat esineet jne.

Hormikartoituksen yhteydessä pyritään myös selvittämään tilat, joita jokainen hormi palvelee. Tämä voidaan suorittaa mm. kuulan ja merkkisavujen avulla. Merkkisavujen tuottoon käytetään yleensä kannettava savukonetta, savupanosta tai savupaperia, joiden tuottama savu on hajutonta ja terveydelle vaaratonta. Hyviin tapoihin kuuluu myös ilmoittaa pelastuslaitokselle savukokeista, jottei merkkisavujen käytöstä synny väärinkäsityksiä. Savu päästetään ilmoille tutkittavaan hormiin, josta sen tulisi nousta katolle asti. Jos savu jää huoneistoon tai sitä ei havaita vesikatolla, voidaan hormin olettaa olevan tukossa. Savun avulla saadaan myös selvitettyä, onko hormoneissa vuotoja, tai liittyvätkö ne toisiinsa. Tällaisissa tilanteissa oikea hormi voidaan varmistaa kuulauksella. Kuulauksessa käytetään vaijerin päähän kiinnitettyä metallikuulaa, jonka vaijeriin on merkitty tasaisin välimatkoin sen pituus. Kun kuula lasketaan alas hormiin, voidaan tämän avulla päätellä mihin asti hormi ylettyy. Jos poistoilman päätelaite on irrotettavissa, voidaan kuula yrittää myös nähdä hormin pohjalla, tai vaihtoehtoisesti jos päätelaitetta ei voida irrottaa eikä sen lävitse nähdä, voidaan huoneistosta käsin kuulostella, onko kuula osunut tarkasteltavaan hormiin.

Ennen vesikatolta suoritettavan hormikartoituksen tilausta tulee selvittää, onko katolle järjestetty tarpeenmukaiset turvalaitteet ja kulkusillat kartoitettavien hormien turvallista luokse pääsyä varten. Jos vesikaton turvalaitteiden osalla huomataan puutteita, tulee näiden korjaukset järjestää ennen hormikartoitukseen ryhtymistä. Turvallisuusmääräykset edellyttävät vesikatolta suoritettavaa hormikartoitusta tehtäessä, että katolla tulee olla aina kerrallaan vähintään kaksi henkilöä.

Jos tarkoituksena on pelkästään selvittää hormien kunto, tämä voidaan suorittaa suppeampana tutkimuksena, jossa rakennuksen hormeista valitaan satunnaisotanta ja näiden hormien kunto selvitetään. Satunnaisotannan tulee kuitenkin olla riittävän suuri, jotta hormien yleiskunnosta saadaan tarpeeksi tarkka kuva.

5.3.3 Asbestikartoitus

Jos ilmanvaihtourakkaan sisältyy vanhojen järjestelmäosien tai rakenteiden purkua, tulee sitä ennen suorittaa asbestikartoitus työhön valtuutetun yrityksen toimesta. Kartoituksen yhteydessä kohteesta laaditaan raportti, jossa selvitetään mahdollisen asbestin sijainti, määrä, laatu ja pölyävyys käsiteltäessä. Kartoituksen pohjalta laaditaan suunnitelmat asbestin poistosta, tai vaarattomaksi tekemisestä. Jos asbestikartoitusta ei suoriteta, on urakoitsijan huolehdittava, että purkutyöt tehdään asbestipurkutyönä valtuutetun asbestiurakoitsijan toimesta. [12]

Asbestia on käytetty 1920–1980-luvun rakennusmateriaaleissa sen monien hyvien ominaisuuksien, kuten palamattomuuden sekä lämmön ja kosteuden eristävyiden takia. Asbestia on käytetty ilmanvaihtojärjestelmissä mm. kanaviston eristeenä. Runsainta asbestin käyttö oli 1960–1970-luvun rakennuksissa, mutta sen käyttö kiellettiin vuonna 1988 terveysriskiensä takia. [13]

5.4 Hormien kunnostus

Vanhat painovoimaisen järjestelmän rakenneainekanaavat ovat yleensä niin hataria, että ne eivät sovellu koneelliseen poistoilmanvaihtoon ilman kunnostusta ja tiivistämistä.

Jos hormikartoituksen yhteydessä on ilmennyt, että vanhat poistoilmahormit eivät palvele enää alkuperäisen käyttötarkoituksensa mukaisesti ja kaipaavat kunnostusta, on

niiden saneeraukseen nykyään yleisesti käytetty kolmea eri tapaa: massausta, putkitusta tai sukitusta. Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi nämä eri vaihtoehdot.

Ennen hormien kunnostusta ne tulisi asianmukaisesti puhdistaa sekä mahdollinen irtoinen poistaa hormeista.

Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston ohjeen 3/92 mukaan jos painovoimainen poistoilmanvaihto muutetaan koneelliseksi, tulee kanavien tiiveys mitata. Tarkastelussa voidaan käyttää ohjearvona jo nykyisestä SRMK:n osasta D2 poistunutta K-luokan tiiveyttä, joka on esitetty taulukossa 5. Esimerkiksi Helsingin rakennusvalvontavirasto hyväksyy K-luokan tiiveyden alipaineiselle poistoilmahormille. [3] Samoin kunnostetun kanavan sisäpinnan tulee olla sellainen, ettei se edistä lian kertymistä sen pinnoille. Tästä johtuen kanavan karheuden tulee olla alle 1 mm (vertaa luvun 3.1 taulukkoon 3). [14]

Taulukko 5. Käytöstä poistunut K-tiiveysluokka esitettynä nykyisen rakentamismääräyskoelman osan D2 mukaisten A-D tiiveysluokkien kanssa.

Tiiveysluokka	Suurin sallittu vuotoilmavirta dm^3/sm^2		
	1000 Pa	400 Pa	200 Pa
K	7,2	3,96	2,52
A	2,4	1,32	0,84
B	0,8	0,44	0,28
C	0,27	0,15	0,093
D	0,09	0,05	0,03

5.4.1 Hormien massaus

Hormien massauksessa, eli ns. slammauksessa, hormi kunnostetaan liukuvalamalla sen sisäpinnoille uusi kerros keraamista korjausmassaa. Käytettävä massa on yleensä sementtipohjaista, ja kovettuneena se muodostaa hormiin palonkestävän pinnan. Suomessa markkinoilla olevia korjausmassoja ovat mm. Eskon Oy:n Mordax-massa, Schiedel Oy:n Schädler Plus sekä esimerkiksi Suomen Hormistokeskus Oy:n käyttämä Raab-massa.

Massaus suoritetaan laskemalla hormin yläpäästä asennusvinssin vaijeri hormin avoimeen alapäähän, jossa vaijeriin kiinnitetään asennusharja. Tämän jälkeen asennusharjaa aletaan vetää ylös, samalla kun hormin yläpäästä kaadetaan korjausmassaa alas hormiin. Massa tunkeutuu asennusharjan ja hormin väliin muodostaen tiiviin pinnoitteen vanhan hormin pinnoille ja tasoittaen hormissa olevat raot. Massaus myös sitoo jo irtoamassa olevat tiilet uudelleen kiinni hormiin. [15]

Massauksessa hormin pinta-ala ei juurikaan pienenny. Mordax-massaa käytettäessä hormiin muodostuu noin 5–7 mm:n kerros. Massaus suoritetaan yleensä vähintään kahteen kertaan. [15] Massalla saatu sileä sisäpinta ja pyöristyneet kulmat vähentävät hormin painehäviötä, joten massauksen voidaan katsoa myös parantavan jonkin verran hormin vetokykyä [16].

Massauksen käyttöä rajoittavat hormin kunto ja sen sivuttaissiirrot. Jos hormissa on suurempia sortumia tai siitä puuttuu kokonaisia tiiliä, on ne paikattava ennen massaus- ta. Muuten massauksessa käytettävä korjausmassa voi päästä leviämään hallitsemat- tomasti naapurihormeihin. Sortumien ja kokonaisten tiilien paikkaaminen vaatii yleensä rakennusteknisiä aputoita, pahimmassa tapauksessa hormiseiniä joudutaan avaamaan näiden korjaamiseksi. Myös hormin sivuttaissiirtymiin voi olla lähes mahdotonta levittää massaa ilman niiden kohdalle tehtävää työaukkoa. Huomioitavaa on myös, etteivät kaikki markkinoilla olevat korjausmassat sovellu polttoaineena öljyä käyttäville tulisijoil- le. [17]

Ruotsissa suoritettussa tiiveyskokeessa massausmenetelmällä kunnostetun hormin tiive- ys vastasi SRMK:n osan D2 mukaista tiiviysluokitusta B (katso taulukko 5). Kolmen no- kipalon ja kahden nuohouksen jälkeen hormin tiiviys oli laskenut luokkaan C. [18]

Massaus soveltuu käytettäviksi kohteissa, joissa hormien poikkipinta-ala halutaan pitää entisellään. Massauksesta syntyy hormiin sileä sisäpinta, joka parantaa hormin vetoa. Näin ollen massaus on hyvä ratkaisu painovoimaiselle ilmanvaihtojärjestelmälle. Ennen massausta hormien kunto tulee tutkia ja mahdolliset rakenteelliset viat korjata. Hormi- en sivuttaissiirtojen massaus on ongelmallista ilman työaukkoja.

5.4.2 Hormien putkitus

Hormien kunnostus sisäputkella on tällä hetkellä yleisin käytetty korjausmenetelmä [17]. Putkitus voidaan tehdä taipuisalla tai jäykällä saneerausputkella. Taipuisaa saneerausputkea käytetään tyypillisesti hormoneissa, jotka eivät ole täysin suorina. Jäykkä saneerausputki taas soveltuu käytettäväksi suorissa hormoneissa, joissa ei ole mutkia. Taipuisan putken sisäpuoli ei yleensä ole yhtä sileä kuin jäykän, joten siitä syntyy enemmän painehäviöitä ja se ei pysy yhtä pitkään puhtaana. [19]

Hormien putkitus pienentää niiden poikkipinta-alaa, koska putkitus suoritetaan pyöreillä kanavan osilla. Pinta-alan pienentyminen heikentää hormin vetokykyä, ja näin ollen on varmistettava, ettei hormin pinta-alan pienentyminen aiheuta ongelmia ilmanvirtojen suhteen.

Putkituksessa hormin alapäähän porataan reiät tukitangoille, joiden varaan muurauskartio asettuu. Muurauskartio sulkee hormin alapään muilta kuin putken kohdalta, ja se asennetaan ensimmäisen putkijakson päähän. Muut putkijaksot kiinnitetään toisiinsa tavallisesti muhviilitoksin. Putkea työnnetään muurauskartio edellä alas hormiin, kunnes se on tukitankojen tasalla. Tämän jälkeen muurauskartion päälle kaadetaan hormin yläpäästä n. 15 cm:n kerros muurauslaastia. Putken ja hormin väliin jäävä tila täytetään väliaineella, kuten hienojakoisella vermikuliitilla. Putken yläpää täytetään muurauslaastilla ja painovoimaisessa järjestelmässä putken päähän asennetaan sadehattu, joka estää lumen ja sadeveden pääsyn hormin avoimeen päähän. Jäykkää putkea käytettäessä hormiin voidaan asentaa T-kappaleita, joilla saadaan useampi putki yhdistettyä. Tällöin on oltava erityisen tarkka liitoskorkeuksia suunniteltaessa ja liitoskappaleita asennettaessa. [19]

Kuten hormien massauksessakin, on ennen putkitusta selvítettävä hormissa mahdollisesti olevat sortumat ja muut vuodot naapurihormeihin. Nämä tulee paikata ennen hormin täyttöä vermikuliitilla.

Putkitus soveltuu niin painovoimaiselle, kuin koneelliselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle. Painovoimaisessa järjestelmässä on huomioitava hormin koon pienentyminen putkituksessa käytettävästä pyöreästä putkesta johtuen.

5.4.3 Hormien sukitus

Hormien sukituksessa hormiin lasketaan ns. "putkisukka", joka paisutetaan ja kovetaan paineilman avulla. Sukka liitetään alapäästään höyryn- tai paineilmankehittimeen ja yläpäähän asennetaan venttiili, joka päästää syntyneen höyryn virtaamaan sukan läpi. Höyryn kulkiessa sukan läpi se paisuttaa sukan hormin muotoja myötäileväksi, joten sen avulla saadaan myös suorakaiteen muotoinen hormi "sukitettua" tiiviisti. Näin ollen sukitus ei juurikaan pienennä hormin pinta-alaa. Kovettuessaan sukka muodostaa vahvan sisäkuoren hormin sisälle. Samalla siihen syntyy uusi sileä ja saumaton sisävaippa, joten sukitus myös parantaa hormin vetokykyä. [20]

Suomessa käytössä olevia sukitusjärjestelmiä ovat mm. Hormex Oy:n ja Eskon Oy:n käyttämä Furanflex sekä Suomen Hormistokeskuksen käyttämä Fitfire+.

VTT:n vuonna 1999 suorittujen mittauksien mukaan kahden esimerkkirakennuksen sukitusmenetelmällä kunnostettujen hormien tiiveydet vastasivat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaista tiiveysluokkaa C. [18]

Sukituksen hyöty massaukseen ja putkitukseen verrattuna on se, että sukitus voidaan tehdä myös hormiin josta puuttuu kokonaisia tiiliä. Sukitus mukautuu myös hormin siirtymiin, kunhan sukka vain saadaan sujutettua hormin yläpäästä alhaalle asti. Sukitus sopii niin painovoimaiselle, kuin koneelliselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle. Sukituksessa saadaan myös kunnostettua kaltevia hormiosuoksia, aina 30°:n mutkiin asti. [20]

5.5 Ilmamäärien tarkastelu

Koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään siirryttäessä eri tilojen ilmamääriä pystytään hallitsemaan huomattavasti paremmin kuin painovoimaisessa järjestelmässä. Ilmamääriä voidaan joko kasvattaa tai pienentää tarpeesta riippuen. Ilmamääriä muuttaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon tilojen lämmitysjärjestelmän kapasiteetti, sekä sopiva ilmanvaihtuvuus. Syytä on myös tarkastella käytettäviä pääte-elimisiä ja niiden säätömahdollisuuksia, joiden avulla voidaan ohjata tilakohtaisia ilmamääriä puhaltimen käyntiasteesta riippumatta.

5.5.1 Ilmanvaihtuvuus

SRMK:n osassa D2 on määritelty eri käyttötarkoituksessa olevien tilojen poisto- ja ulkoilmavirtojen ohjearvot ($\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$) sekä vähimmäisilmanvaihtuvuuskertoimet uudisrakennuksille. Sen mukaan asuinrakennuksissa joiden poistoilmamääriä voidaan ohjata tilakohtaisesti, ilmanvaihto mitoitetaan niin, että tilojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 krt/h, eli kerran kahdessa tunnissa. Pienissä asunnoissa ilmanvaihtokerroin saa olla enintään 0,7 krt/h, mikäli käytössä on tilakohtainen ohjaus.

Jos käytössä ei ole asunto- tai tilakohtaista poistoilmavirran tehostusta, pienten asuntojen ilmanvaihtokerroimen tulee olla vähintään 1,0 krt/h ja suurten asuntojen ilmanvaihtokerroimen 0,5 krt/h. [21]

Kuten luvussa 5.1 mainitaan, näitä määräyksiä edellytetään sovellettavan kuitenkin vain uudisrakentamisessa, saneerauskohteissa ei vaadita näiden arvojen toteutumista. Ilmamääriä voidaan kuitenkin käyttää ohjearvoina myös korjausrakentamisessa, ellei paikallinen valvontaviranomainen määrää toisin.

Vanhoissa kerrostaloissa ei normaalisti ole käytössä huoneisto- tai tilakohtaisten poistoilmavirtojen tehostuksen mahdollisuutta. Tällaisen järjestäminen vanhassa kerrostalossa on monimutkaista, ja taloudellisesti raskas järjestää. Se edellyttää joko hormikoh-taisia poistopuhaltimia tai huoneiston sisäisiä kokoojakanavia, jotka asennettaessa näkymättömiin alakaton sisään laskevat tilojen huonekorkeutta.

Asuntojen ilmanvaihtuvuudesta Suomessa on tehty useita laajoja tutkimuksia, mm. Ruotsalaisen vuonna 1990 Teknillisen korkeakoulun LVI-tekniikan laboratoriolle tekemä tutkimus sekä Ikäheimon vuonna 2003 Helsingin kaupungin ympäristökeskukselle tekemä selvitys. Näissä tutkimuksissa on yleisesti käytetty ilmanvaihdon vertailuarvona (minimivaatimuksena) vanhoissa rakennuksissa arvoa 0,5 krt/h.

5.5.2 Lämmitysjärjestelmän asettamat rajat

Talvella ilmanvaihto imee sisätiloihin kylmää korvausilmaa, joka voi aiheuttaa vedon tunnetta sekä laskea tilan sisälämpötilan epämiellyttävän alhaiseksi, jos olemassa oleva lämmitysjärjestelmä ei pysty tuottamaan tämän ilmamäärän lämmittämiseksi tarvittavaa tehoa. Tästä johtuen eri tilojen lämpöhäviöt tulee selvittää ennen ilmamäärien

muuttamista. Ilmamäärien muuttamista silmälläpitäen erityistä huomiota tulee kiinnittää korvausilmamäärien lämmityksen tarvittavaan tehontarpeeseen. Tämä teho saadaan laskettua kaavoilla 12 ja 13.

$$\Phi_{iv} = H_{iv}(T_s - T_{u,mit}) \quad (12)$$

Φ_{iv}	on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
H_{iv}	on ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	on sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mit}$	on mitoittava ulkoilmanlämpötila, °C.

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} \quad (13)$$

ρ_i	on ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	on ilman ominaislämpökapasiteetti, 100 Ws/(kgK)
$q_{v,poisto}$	on poistoilmavirta, m ³ /s.

Liitteessä 5 on esitetty esimerkkihuoneen lämpöhäviölaskelma Insinööritoimisto W. Zenner Oy:llä käytössä olevalla Excel-laskentasovelluksella.

5.5.3 Tulo- ja poistoilmaventtiilit sekä niiden säätö

Tulo- ja poistoilmaventtiilien osalta tulee varmistaa, että ne soveltuvat suunnitelluille ilmavirroille. Etenkin korvausilmaventtiilien kohdalla on syytä tarkistaa, että valitut päätelaitteet pystyvät haluttuihin ilmavirtoihin käytössä olevalla paine-erolla. Esimerkiksi vuonna 2000 markkinoilla olleiden ikkunarakoventtiilien teknisten tietojen mukaan niillä pystytään tuomaan huonetilaan vedottomasti korkeintaan 6–7 dm³/s, ja lautasventtiilillä 8 dm³/s. [22] Tämä voi hankaloittaa riittävän korvausilman saantia tiloissa, joiden tuloilma on järjestetty tällaisten venttiilien avulla. Riittävä ilmamäärä voidaan yrittää toteuttaa lisäämällä korvausilmaventtiilien määrää. Tämän suhteen tulee kuitenkin huomioida, että esimerkiksi Helsingin keskustassa vanhojen rakennusten julkisivut ovat usein suojeltuja eikä niihin saa aina lupaa tehdä uusia näkyviin jääviä korvausilmasäleikköjä.

Suomen ympäristöministeriön ilmanvaihdon ulkoilmaventtiilien tyyppihyväksyntä asetuksen mukaan ilmanvaihdon korvausilmaventtiin tai venttiilyhdistelmän ilmavirran on oltava 20 Pa:n paine-erolla vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$. [23]

Valittujen ilmavirtojen tulee olla sellaiset, että niitä voidaan tarvittaessa tilakohtaisesti säätää poistoilmaventtiilien avulla. Näin ollen poistoilmaventtiilien tulee olla sopivan kokoisia sekä malliltaan sellaisia, että niillä pystytään kuristamaan ilmavirtoja venttiin säätöasentoa muuttamalla.

5.6 Ilmavirtauksien reittien suunnittelu

Rakentamismääräyskokoelman D2 kohdan 3.7.6 mukaan rakennuksen huonetilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän paineet tulee suunnitella siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista sellaisiin tiloihin, joissa syntyy runsaammin epäpuhtauksia. Huoneistojen painetasot eivät saa aiheuttaa rakenteisiin pitkäaikaista kosteusrasitetta. Tästä johtuen rakennukset suunnitellaan ulkoilmaan nähden hieman alipaineisiksi, jotta rakenteiden kosteusvaurioilta vältyttäisiin. Alipaine ei kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa. [21]

Ilmavirtojen liike rakennuksen sisällä perustuu ilman virtaukseen suuremmasta paineesta pienempään. Tyypillisesti korvausilmalla on rakennuksessa useita mahdollisia virtausreittejä, joista se valitsee ”helpoimman reitin”, eli reitin, jolla on vähiten painevastuksia. Huoneistojen sisällä eri poistoventtiilien ilmamääriä valitessa tuleekin ottaa tämä huomioon, jotta ilma liikkuu tasaisesti huoneesta toiseen ja jokaiselle tilalle saadaan kuljetettua riittävä määrä raitista korvausilmaa huoneiston sisäisenä siirtoilmana.

Makuu- ja oleskeluhuoneista sisäänotettava raitis korvausilma suunnitellaan yleensä siirtyvän muihin huonetiloihin ovirakojen kautta. Jos oviraot puuttuvat tai ovat liian pieniä, ei ilma pääse siirtymään tarkoituksen mukaisesti huonetilojen välillä ja osa huoneista voi jäädä alipaineisiksi. Puutteelliset oviraot voivat johtua esimerkiksi lattioiden uudelleen päällystämisestä, jolloin lattiapinta on noussut ja näin ollen oven ja lattian väliin jäävä rako kutistunut. Tilannetta voidaan helpottaa pitämällä tilojen välisiä ovia auki, mutta tämä vähentää yleensä asumisviihtyvyyttä, mm. äänien kantautuessa herkemmin tilasta toiseen. Toinen vaihtoehto on asentaa oviin ovisäleikköjä tai muita siirtoilma-aukkoja (kuva 8). Huonetilojen välisten ovirakojen tulisi olla pinta-alaltaan vähintään yhtä suuret kuin poistoilmaventtiilit, joihin ilmavirrat johdetaan. [3] Näin ollen

esimerkiksi 80 cm leveän oven ja lattian välissä tulisi olla 1,5 cm:n ilmarako, jotta se vastaisi Ø125:n poistoilmaventtiiliä. Vastaavasti yhtä leveällä ovella 2 cm:n ilmarako vastaan Ø160:n venttiiliä.



Kuva 8. Siirtoilma-aukkoina voi käyttää esim. kuvan mukaisia muoviholkkeja.

Suunnitellut ilmansiirtoreitit saattavat estyä myös korvaus- ja poistoilmaventtiilien väärän sijoittelun takia. Jos korvaus- ja poistoilmaventtiilit ovat asennettu samaan tilaan, saattaa lähimpänä poistoa oleva korvausilmaventtiili aiheuttaa "oikosulkuvirtauksen", jolloin poistoventtiili imee tästä korvausilmareitistä niin suuren ilmavirran, ettei se riitä enää muiden korvausilmojen riittävään sisäänjohtamiseen.

Poistoilmamäärät ja poistoilmaventtiilien paikat tulee pyrkiä suunnittelemaan niin, että ne imevät tasaisesti ilmaa kaikilta korvausilman sisäänotoilta. Näin huoneistoon saadaan tasapainoinen ilmanvaihto, jossa jokaiselle tilalle saadaan johdettua raitista korvausilmaa sekä likainen poistoilma saadaan poistettua likaisista tiloista ilman että se leviää muihin tiloihin.

5.7 Koneellisen poistoilmajärjestelmän osien valinta

Tässä kappaleessa käydään läpi ilmanvaihtojärjestelmän eri osia, joita käytetään siirtävässä painovoimaisesta poistoilmavaihtojärjestelmästä koneelliseen poistoon.

5.7.1 Korvausilman päätelaitteet

Koneellisessa poistoilmajärjestelmässä korvausilmaventtiilit voidaan mitoittaa pienemmiksi kuin vastaavat venttiilit painovoimaisessa järjestelmässä. Riittävän suuren korva-

usilmamäärän takaamiseksi korvausilmaventtiilien kokojen pienentäminen ei kuitenkaan yleensä ole järkevää, vaan ne tulee jättää riittävän väljiksi.

Seinäasennuksessa olisi suotavaa käyttää korvausilmaventtiiliä, joka on varustettu suodattimella, säädöllä sekä tarvittaessa äänenvaimentimella. Venttiilinä olisi hyvä käyttää itsestään säätyvää lautasventtiiliä, joka säätelee automaattisesti venttiililautasen asentoa muuttuvan ulkolämpötilan mukaan. Tällaisia venttiileitä ovat mm. Terveysilma Oy:n maahantuomat Velco-korvausilmaventtiilit, joista on esimerkki kuvassa 9. Perussäätöasennossa venttiililautanen vetäytyy täysin kiinni ulkoilman laskeutessa alle $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:n, ja avautuu kokonaan lämpötilan ollessa yli $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Venttiilin säätöasentoa voi myös itse muuttaa lautasta kiertämällä, jolloin venttiili ei sulkeudu kokonaan alle $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkasella. Maahantuojan ohjeistuksen mukaan rakennuksissa, joissa ei ole koneellista poistoilmanvaihtoa, on suositeltavaa säätää venttiililautasta niin, että lautanen jää 4 mm auki myös huippupakkasilla. [24]



Kuva 9. Halkaistu kuva termostaattiohjatusta Velco korvausilmaventtiilistä.

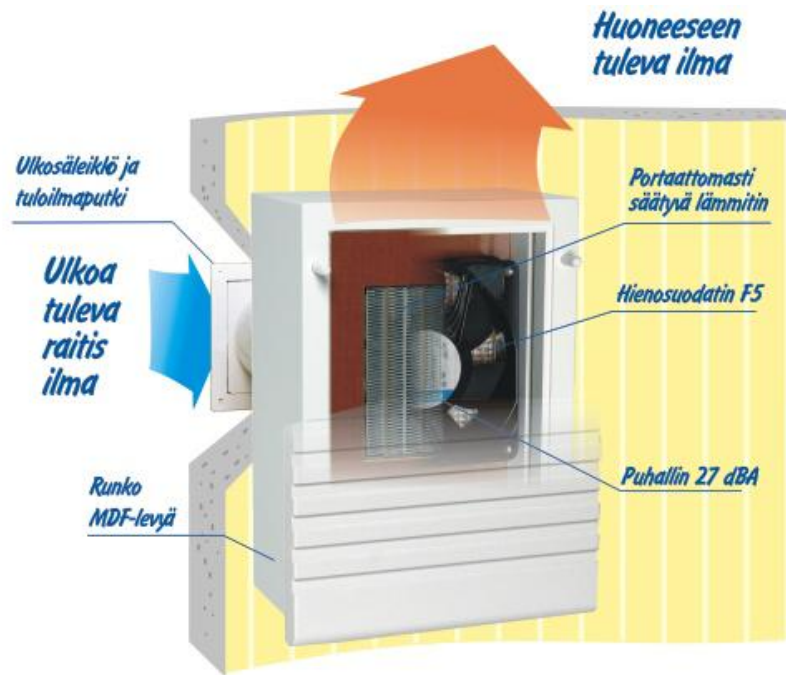
Korvausilmaventtiilinä voidaan vaihtoehtoisesti käyttää myös ikkunakarmiin tai sen puitteeseen asennettavaa rakoventtiiliä (kuva 10). Lautasmallisten korvausilmaventtiilin tapaan nykymarkkinoilla olevat rakoventtiilit ovat tyypillisesti käsisäätöisiä tai termostaattiohjattuja. Nykyaikaiset rakoventtiilit ovat myös varustettu omalla lämmöntalteenotomenetelmällä, jonka toiminta perustuu korvausilman termiseen kiertoon ikkunalasien välissä. Rakoventtiili sijaitsee ikkunan yläkarmissa, ja se ohjaa sisäänotettavan korvausilman kohti ikkunan alareunaa. Tämän jälkeen se nousee lämmitessään takaisin kohti

ikkunan yläreunassa olevaa rakoja, josta se johdetaan sisälle huoneistoon. Nykyaikaiset rakovoventtiilit ovat myös varustettu ilmansuodattimilla sekä äänenvaimentimilla.



Kuva 10. Dir-Air Oy:n Kameleontti-rakovoventtiili, sekä alimpana esitetty siihen kuuluva suodatinosa.

Korvausilmaventtiilinä voidaan käyttää myös tuloilmalaitetta, jossa on sisäänrakennettu lämmitin. Tämän avulla saadaan esilämmitettyä sisälle johdettavaa korvausilmaa, jolloin vedon tunne poistuu ja lämmitin helpottaa huoneiston muiden lämmitysjärjestelmien kuormitusta. Kuvassa 11 on esitetty suomalaisen Mobair Oy:n tuloilmalaite Mobair 2020, joka on varustettu lämmittimen lisäksi pienitehoisella puhaltimella. Valmistaja ilmoittaa tuloilmalaitteen ilmavirraksi 10–12 dm³/s, ja sen lämmitystehoksi 20–600 W. [25]



Kuva 11. Mobair 2020.

Tuloilmalaitetta käytettäessä tulee kuitenkin huomioida sen sähkökytkennät, joiden näkymättömiksi saaminen aiheuttaa helposti lisätoita. Tuloilmalaitte on myös kooltaan huomattavasti normaalia seinäventtiiliä suurempi, joten se ei esteettisesti sovi kaikkiin tiloihin yhtä hyvin tavalliset kuin seinäventtiilit. Laitetta käytettäessä on myös olemassa riski, että ilman asianmukaista käyttöä ja säätöä laite saattaa tehdä huoneistosta yli-paineisen. Tämän riski kasvaa, mitä useampia laitteita tilassa on käytössä. Tällaisen tuloilmalaitteen hankinta- ja asennuskustannukset ovat myös suuremmat korvausilma-venttiiliin verrattuna, ja kokonaiskustannuksia laskiessa tulee ottaa huomioon laitteen tarvitsema sähköteho ja sen kustannukset.

Vanhanmallisia korvausilmasäleikköjä ei enää tulisi käyttää korvausilman päätelaitteina, koska niiden ilmamäärien säätäminen on hankalaa. SMRK:n osan D2 kohdan 3.6.1.2 mukaan koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä ja painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilmalaitteen ilmavirtaa on voitava säätää. Korvausilmaluukku voidaan säätää sen asentoa muuttamalla, mutta tarkempaan säätöön päästään nykyai-kaista korvausilmaventtiiliä käytettäessä.

Korvausilman päätelaitteiden sijoittelussa tulee huomioida liitteessä 4 esitetyt varoetäisyydet.

5.7.2 Poistoilman päätelaitteet

Poistoilman päätelaitteina on siirrytty käyttämään lähinnä tyyppihyväksytyjä kartiomallisia poistovenntiileitä. Vanhanaikaisia poistosäleikköjä ei enää saneerauksen yhteydessä asenneta, koska niiden säätäminen on lähes mahdotonta.

Erilliskanavajärjestelmässä poistoilmaventtiilien ei tarvitse olla malliltaan rakennusmääräyskokoelman osan E7, kohdan 6.1 mukaisia savukaasujen leviämistä rajoittavia kuristimia, mikäli jokainen hormi palvelee omaa tilaansa, eivätkä savukaasut näin ollen pääse leviämään huonetiloista poistohormin välityksellä toisiin tiloihin. Tämä edellyttää kuitenkin, että poistohormit on kunnostettu asianmukaisesti, esim. yhdellä luvun 5.4 esitetyistä menetelmistä. Muuten on olemassa vaara, että savukaasut pääsevät leviämään muihin tiloihin hormien välisten vuotojen välityksellä. Nykyään kuitenkin suurimpien tyyppihyväksytyjen kartiomallisten poistoilmaventtiilien valmistajien (esim. Fläkt Woodsin KSO-sarja, sekä Haltonin URH) mallit täyttävät tämän savukaasujen kuristusvaatimuksen.

Jos saneerauksen yhteydessä siirrytään yhteiskanavajärjestelmään, tulee kaikkien poistoilmaventtiilien olla tyyppiltään edellä mainittuja savukaasujen kuristimiksi hyväksytyjä malleja.

Kartiomallisista poistoilmaventtiileistä on myös saatavilla varta vasten tiettyyn käyttöön tarkoitettuja malleja. Tällaisia ovat esimerkiksi kuvassa 12 näkyvä saunan löylyhuoneisiin tarkoitettu venttiili, jossa on puunuppi sen helppoa sulkemista varten saunomisen yhteydessä.



Kuva 12. Fläkt Woods Oy:n KSO-sarjan poistoilmaventtiileitä. Vasemmalla saunan löylytiloihin tarkoitettu KSOS, ja oikealla perusmalli KSO. Molemmat venttiileistä soveltuvat myös savukaasujen kuristimiksi.

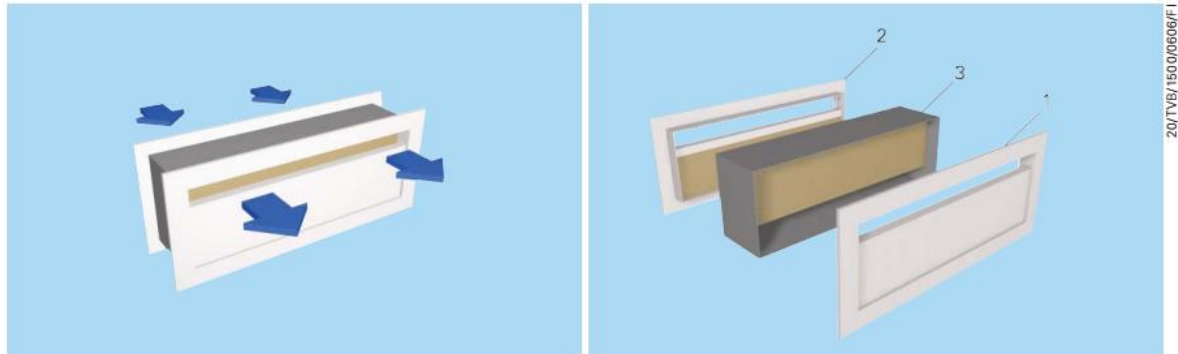
Keittiössä poistoilman päätelaitteena voidaan käyttää liesikupua, mutta jos se on malliltaan puhaltimella varustettu, sitä ei saa liittää poistohormiin. Vaihtoehtoisesti keittiössä voidaan käyttää tavallista poistoilmaventtiiliä, josta poistoilma johdetaan hormiin, sekä puhaltimella varustettua liesikupua, joka kierrättää keittiön ilmaa. Nykyään tällaiset puhaltimella varustetut liesikuvut sisältävät myös aktiivihilisuodattimen, joka suodattaa ruuanlaitossa syntyvää rasvaa itseensä. Aktiivihilisuodattimen tulee olla helposti irrotettavissa, jotta se voidaan puhdistaa säännöllisin väliajoin.

Joskus huoneistoissa näkyy WC-, kylpy- tai keittiötilojen poistohormiin liitettynä omia puhaltimia, ns. hyrriä, joilla on yritetty tehostaa tilan ilmanvaihtoa. Tällaisia laitteita, kuten myöskään poistohormiin liitettyjä liesituulettimia, ei kuitenkaan tulisi käyttää. SRMK:n osan D2 kohdan 3.7.3 mukaan kahta tai useampaa ilmanvaihtokonetta ei saa yhdistää samaan kanavaan tai kammioon siten, että huonetilojen paineet tai ilman virtaussuunnat huonetilojen välillä ja kanavistoissa voivat muuttua suunnitellusta. Hormiin liitettyjä puhaltimia käytettäessä syntyy vaara, että poistohormit voivat muuttua ylipaineisiksi, joka taas korostaa hormien välisiä vuotoja.

5.7.3 Siirtoilmalaitteet

Huoneistoissa siirtoilma on yleensä järjestetty ovirakojen avulla. Kuitenkin kuten aikaisemmin luvussa 3.3 mainittiin, joskus oviraot ovat jääneet puutteellisiksi, tai ne puuttuvat kokonaan. Tällaisessa tilanteessa oviraot voidaan joko palauttaa entiselleen oven alareunaa lyhentämällä tai uusilla oviraoilla ja muilla siirtoilmalaitteilla. Käytössä olevat ovet eivät välttämättä aina kestä uusien reikien tekoa, jolloin oviraot voidaan korvata

esimerkiksi oveen tai sen yläpuolelle väliseinään asennetuilla siirtoilmasäleiköillä tai -laitteella (kuva 13). Säleikköjä tulisi käyttää ovirakojen sijasta myös silloin, kun epäillään, että lattiapintaa saatetaan nostaa, esimerkiksi uutta lattiapinnoitusta tehtäessä.



Kuva 13. Halton Oy:n väliseinään asennettava TVB-siirtoilmalaite. Osat 1 & 2 etulevy, osa 3 kotelo.

Siirtoilmalaitteiden tulee olla malliltaan mahdollisimman vähän painehäviöitä aiheuttavia. Näin saadaan varmistettua, että puhaltimen tuottama paine-ero ei kuristu liikaa käytettävien järjestelmänosien takia.

Siirtoilmalaitteiden olisi myös syytä vaimentaa ääntä, jottei äänet pääse leviämään huoneista toisiin niiden välityksellä. Useassa tapauksessa on myös suotavaa, että laite estää näkyvyyden huoneiden välillä.

5.7.4 Puhaltimet

Liittämällä poistopuhallin vanhan hormiryhmään, saadaan rakennuksen ilmamäärät riittäviksi myös kesällä. Puhaltimen avulla poistohormit pystytään pitämään jatkuvasti alipaineisina, jolloin takaisinvirtausta ei esiinny. [9]

Vanhoissa kunnostamattomissa hormistoissa käytettävät painetasot eivät voi olla yhtä suuria kuin nykyaikaisissa peltikanavissa. Näin ollen puhaltimien tulee pystyä tuottamaan tarvittava ilmavirta suhteellisen alhaisella painetasolla (30–50 Pa). Tästä johtuen yhteiskanavapoiston puhaltimet eivät sovellu käytettäväksi erilliskanavajärjestelmissä [9]. Kuitenkin tiiveiksi kunnostetuissa kanavistoissa voidaan käyttää normaalipaineista (50–100 Pa) poistopuhallinta [3].

Yleisesti käytettyjä poistopuhaltimia on kahdenlaisia, huippuimureita sekä kanavapuhaltimia (joskus jälkimmäisestä käytetään myös nimitystä kammio puhallin). Näistä kahdesta huippuimuri soveltuu käytettäväksi rakennuksen vesikatolla, ja kanavapuhallin ullakolla tai välikatolla.

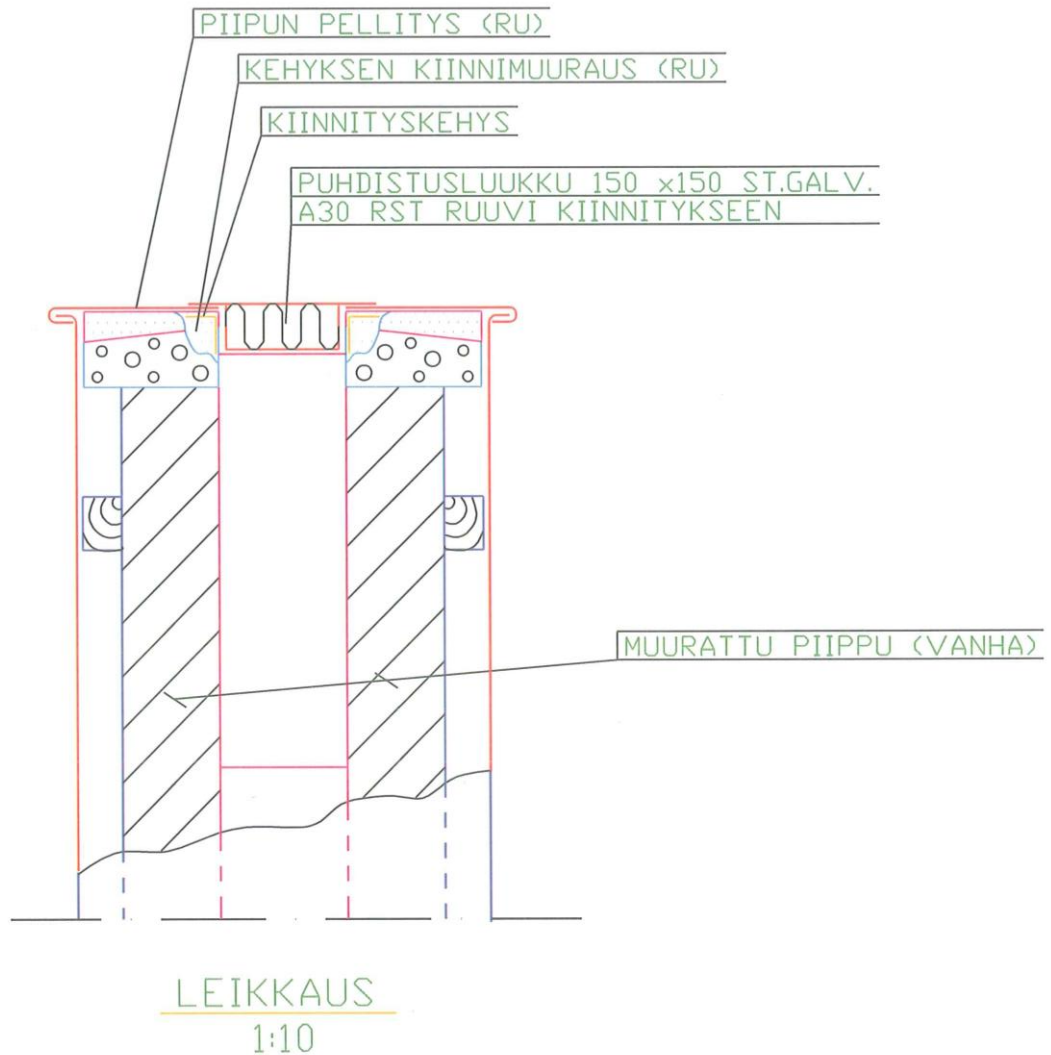
Huippuimuri on tyypillisesti asetettu hormiryhmän päähän, josta se ulospuhaltaa ryhmän jäteilmat. Hormiryhmän yläpäässä hormien väliset seinämät on tyypillisesti purettu, jolloin hormit yhdistyvät näin syntyneessä kammiossa. Huippuimuri on asennettu tämän kammion päälle. Tämä edellyttää kuitenkin, että samaan huippuimuriin liitetyille tiloille halutaan lähes yhtä suuret painetasot, koska jos niiden keskinäiset paine-erot ovat suuret, jää venttiileille helposti liikaa painetta kuristettavaksi. Käytännöllisempi tapa on koota eri hormien poistot yhteiseen kanavaan, joka sitten liitetään huippuimuriin. Näin saadaan kokoojakanavaan sekä poistohormin väliin liitettyyn osaan asennettua säätöpellit, joilla saadaan hormien keskinäiset painetasot samansuuruisiksi.

Huippuimuria käytettäessä tulee huomioida mm. sen näkyvyys vesikatolla, huoltomahdollisuudet sekä sen synnyttämät äänitasot. Esimerkiksi jos rakennuksen julkisivut on suojeltu, eivät huippuimurit saa näkyä näille sivuille. Rakennusten julkisivujen suojelu Helsingissä on varsin yleistä ennen 1940-lukua rakennetuille rakennuksille, joita kanta-kaupungissa on huomattava määrä. Huippuimurin sijoitukseen vaikuttaa myös sen luokse päästävyys mahdollisia huoltotoimenpiteitä varten. Tarvittaessa katto tulee varustaa kulkusilloilla sekä muilla apuvälineillä. Katolle sijoitettu huippuimuri ei myöskään saa aiheuttaa meluongelmaa ympäristölleen.



Kuva 14. Huippuimureita hormiryhmien päähän asennettuina. Hormiryhmän hormien suuaukot pellitetty kiinni.

Kanavapuhaltimia käytetään, kun hormit on johdettu ullakko- tai välikattotilaan. Siellä eri hormien poistoilmat kerätään kuvan 7 mukaisesti kokoajakanaviin. Kanavien päissä on kanavapuhaltimet, joiden ulospuhallus on johdettu vesikatolle. Kokoajakanaviin johdettujen hormien käyttämättömiksi jääneet suuaukot tulee tukkia vesikatolla, esimerkiksi pellittää kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15. Käyttämättömäksi jääneen hormin umpeenlaitto.

Kanavapuhaltimia käyttämällä saavutetaan hyötyä huippumuriin verrattuna mm. sen sijoitteluun liittyvissä tekijöissä, kuten ullakkorakenteen äänenvaimennuksesta, ja useimmiten helpommasta huoltoympäristöstä. Haittoina taas on mahdollisen ullakkorakentamisen rajoittaminen kokoojakanaviston ja puhaltimen tilantarpeesta sekä puhaltimista aiheutuvan melu.

Jäteilmalaitteiden sijoittelussa tulee huomioida ulospuhallettavan ilman poistoilmaluokka (liite 3) sekä jäteilmalaitteen varoetäisyydet (liite 4).

5.7.5 Muut järjestelmän osat

Mahdolliset kokoajakanavat tulee varustaa puhdistusluukuilla, joiden avulla kanavisto saadaan puhdistettua. Samoin umpeen laitettavat hormit tulisi varustaa puhdistusluukuin, joiden avulla ne saadaan puhdistettua sekä tarpeen mukaan ilmattua niihin muodostuneesta kosteudesta.

Kokoajakanavista hormoneihin johdetut kanavat tulisi varustaa säätöpellein, jotta yksittäisten hormien ilmamääriä saadaan säädettyä mahdollisimman tarkasti. Jos kanava kulkee palo-osastosta toiseen, se tulee myös varustaa palopellillä.

6 Esimerkkejä korjauskohteista

Tässä luvussa esitetään kolme kerrostalokohdetta, joiden linjasaneerauksen yhteydessä pohdittiin vanhan painovoimaisen poistoilmanvaihdon muuttamista koneelliseksi järjestelmäksi. Ensimmäisessä osassa, Asunto Oy Hietala, esitetään kiinteistö, jonka painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä päädyttiin muuttamaan koneelliseksi poistojärjestelmäksi linjasaneerauksen yhteydessä. Asunto Oy Simonlinnan luvussa on käsitelty jo aikaisemmin koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmäksi saneeratun kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän perussäätötyön suunnittelua. Asunto Oy Torckelinkatu 13-15 osalta esitellään kohde, jossa asuntoyhtiö mietti poistoilmanvaihtojärjestelmän muuttamista koneelliseksi mutta lopulta päätyi kustannussyistä säilyttämään vanhan painovoimaisen järjestelmänsä.

6.1 Asunto Oy Hietala

Vuonna 1927 rakennettu Asunto Oy Hietala sijaitsee Helsingin keskustassa, Kampin kaupunginosassa, osoitteessa Hietalahdenkatu 2. Rakennus (esitetty kuvassa 16) on arkkitehti Georg Nummelinin suunnittelema kerrostalo, jonka julkisivut sekä porrashuoneet ovat museoviraston suojelemia. [26] Rakennuksen kivijalassa sijaitsee liikehuoneistoja, mm. kaksi ravintolaa. Ylemmät kerrokset on alun perin suunniteltu asunnoiksi, mutta osa on otettu myöhemmin toimistokäyttöön.



Kuva 16. As. Oy Hietalan toinen julkisivu.

Kohteessa on tarkoitus aloittaa linjasaneeraus syksyllä 2012, ja sen suunnittelu käynnistyi syksyllä 2011. LVI-suunnittelusta vastaa Insinööritoimisto W. Zenner Oy. Kyseinen suunnittelutyö on vielä kesken oheista insinöörityötä tehtäessä.

Linjasaneerauksen yhteydessä päätettiin suorittaa myös ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus, jonka yhteydessä alkuperäinen painovoimainen järjestelmä muutetaan koneelliseksi poistoilmajärjestelmäksi. Saneerauksessa siirrytään osittaiseen yhteiskanavajärjestelmään, jossa päällekkäisten tilojen poistot liitetään yhteiseen kunnostettuun hormiin. Näin vain osa alkuperäisistä rakenneaineisista hormeista täytyy kunnostaa, ja loput voidaan poistaa käytöstä. Muut hormit voidaan tarvittaessa myöhemmin kunnostaa ja ottaa käyttöön, jos esimerkiksi näiden hormien palvelemien tilojen käyttötarkoitus muuttuu, ja ne vaativat omat poistoilmareittinsä.

Asuntoyhtiö päätyi ilmanvaihtojärjestelmän muuttamiseen, koska rakennuksessa oli ilmennyt useita viihtyvyyttä laskevia tekijöitä, joiden voidaan katsoa johtuneen nykyisestä ilmanvaihtojärjestelmästä. Näitä olivat mm. hajujen leviäminen huoneistosta toiseen, vedon ja kylmän tunne sekä takaisinvirtaus osassa hormeista.

6.1.1 Painovoimaisessa poistoilmajärjestelmässä ilmenneet ongelmat

Kiinteistön tiloja kartoittaessa todettiin, että useimmissa huoneistoissa oli yhä tallella alkuperäiset korvausilmaluukut sekä poistoilmaventtiileinä toimivat säleiköt. Useassa huoneistossa korvausilmaluukut oli teipattu kiinni tai peitetty esim. tapettien alle. Osa osakkaista kertoi, että korvausilmaluukkuja pidettäessä auki niistä sisään virtaava korvausilma on liikenteen saastuttamaa ja likaa huoneiston pinnat, etenkin seinäpinnan korvausilmaluukkujen ympäriltä.

Hajujen leviämisestä valitettiin etenkin rakennuksen kivijalassa sijaitsevan ravintolan yläpuolella sijaitsevilla huoneistoissa. Ravintolalla on oma koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä, jonka poistoilma on ohjattu omassa porrashuoneen nousukuilussa sijaitsevassa kanavassaan ylös vesikatolle. Kiinteistön osakkaat kuitenkin epäilivät, että osa ravintolan hajuista leviää erilliskanavajärjestelmän hormeissa niiden vuotojen välityksellä muihin huoneistoihin. Tästä johtuen osassa huoneistoja poistoilmaventtiilit on tukittu tai peitetty ja tällä tavoin pyritty estämään hajujen leviämistä. Tämän seurauksena ilmanvaihtuvuus näissä huoneistoissa on heikentynyt, ja viihtyvyys laskenut.

Kiinteistössä on myös toimistohuoneistoja, jotka on varustettu omilla huoneistokohtaisilla ilmanvaihtojärjestelmillä. Osakkaat epäilivät näiden järjestelmien sekoittavan muiden huoneistojen painovoimaista ilmanvaihtoa, aiheuttaen mm. takaisinvirtausta osassa huoneistoja. Osassa koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä varustetuissa huoneistoissa on vanhat käyttämättömäksi jääneet poistohormit mahdollisesti huonosti tukittu, minkä lisäksi järjestelmä saattaa imeä siirtoilmaa porrashuoneesta. Tällöin viereisten tilojen poistohormeissa voi ilmetä takaisinvirtausta.

Rakennus on osittain neljä- ja osittain kahdeksankerroksinen. Yhden portaan huoneistot sijaitsevat näiden kahden osan välissä, jolloin osa niiden poistohormeista päättyy neljännen kerroksen yläpuolella olevalle vesikatolle, ja osa kahdeksannen kerroksen yläpuolella olevalle vesikatolle. Tästä johtuen saman huoneiston hormeilla on huomattavat korkeuserot, jotka taas ovat sekoittaneet huoneistojen ilmavirrat. Savupiippuilmiöstä johtuen korkeamman osan hormit imevät suhteellisesti paljon suuremman poistoilmamäärän kuin matalamman osan hormit. Joissain tapauksissa on käynyt niin, että korkeamman osan hormit imevät ilmaa korvausilmaventtiilien lisäksi myös läheisistä

matalamman osan poistoilmaventtiileistä, jolloin näihin on muodostunut takaisinvirtaus-
ta.

6.1.2 Ilmanvaihtosuunnittelun esivalmistelut

Esivalmistelut koostuivat mm. paikan päällä tehdystä kartoituskerroksesta, jossa selvitettiin silmämääräisesti olemassa olevat poisto- ja korvausilmaventtiilien paikat sekä hormien sivuttaissiirrot ullakolla. Lisäksi kohteelle tilattiin hormikartoitus, jonka tarkoitus oli selvittää hormien kunto, hormikohtaiset palvelualueet, liitokset muihin hormoneihin sekä mahdolliset sivuttaissiirrot kerroksissa. Ensimmäisissä suunnittelukokouksissa selvitettiin myös kantaa siihen, onko kohteeseen tulossa linjasaneerauksen yhteydessä mahdollista ullakkorakentamista, joka vaikuttaisi poistoilmajärjestelmän osien sijoitteluun ullakolla tai vesikatolla. Alustavasti päätös oli varautua ullakkorakentamiseen.

Ennen ilmamäärien suunnittelua eri tiloissa laskettiin tilakohtaiset lämpöhäviöt, jotta tiedettiin minkälaiset rajat olemassa oleva lämmitysjärjestelmä asettaa ilmanvaihdolle. Kohteessa tehdyllä kartoituskerroksella selvitettiin huonekohtaisesti käytössä olleet radiaattorit, jotta tiedettiin, kuinka paljon lämmitystä on mahdollista tuottaa kyseisille tiloille.

Esivalmisteluissa havaittuja ongelmia varsinaista suunnittelua silmällä pitäen olivat mm. riittämättömät lämmitystekot huippupakkasilla osassa huoneistoja, mikäli ilmanvaihtuvuudeksi asunnoissa halutaan rakentamismääräyskokoelmien mukainen 0,5 krt/h suurissa asunnoissa sekä 1 krt/h pienissä asunnoissa. Lisäksi saatujen hormikartoitustietojen mukaan suurin osa hormoneista oli huonossa kunnossa, ja ne tulee kunnostaa ennen käyttöönottoa osana koneellista poistoilmajärjestelmää.

6.1.3 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun lähtökohtina pidettiin nykyisten ilmanvaihtoon liittyvien ongelmien karsimista sekä pyrkimystä mahdollisimman lähelle SRMK:n osan D2 mukaisia ilmanvaihtuvuuksia ja ilmamääriä eri käyttötarkoituksessa oleville huoneistoille ja niiden huoneistoille.

Ilmanvaihdon peruskorjauksessa hormit tullaan kunnostamaan, ja alustavasti suunnitelmissa on hormien sukitusmenetelmä. Alustavasti tähän ratkaisuun päädyttiin, koska hormikartoitusten perusteella alkuperäiset tiilihormit ovat huonossa kunnossa ja osasta

hormien välisistä seinämistä puuttuu kokonaisia tiiliskiviä sekä niissä on sortumia. Näin ollen massausta tai putkitus ei sovellu käytettäväksi tässä kohteessa ilman hormien rakenneteknisiä korjauksia huoneistoista käsin.

Hormien sukituksen myötä hajujen leviämisen sekä hormien vuodoista johtuneiden takaisinvirtauksien voidaan olettaa tehokkaasti poistuvan hormien täyttäessä niille asetetut tiiveysvaatimukset.

Sisällä huoneistoissa vanhat korvaus- ja poistoilmaventtiilit uusitaan myös tukittujen ja tapettien alle jääneiden venttiilien osalta. Korvausilmaventtiilit vaihdetaan termostaattilla varustettuihin malleihin, jotka säätävät automaattisesti venttiililautasen avausta muuttuvan ulkolämpötilan mukaan. Korvausilmaventtiilit varustetaan puhdistettavilla ilmansuodattimilla, jotka keräävät sisälle johdettavasta korvausilmasta siite- ja katupölyn sekä pienhiukkaset. Tarkoituksena on myös urakan jälkeen ohjeistaa osakkaita olemaan itse säätämättä venttiileitä, jotta huoneistojen väliset painesuhteet eivät pääse muuttumaan.

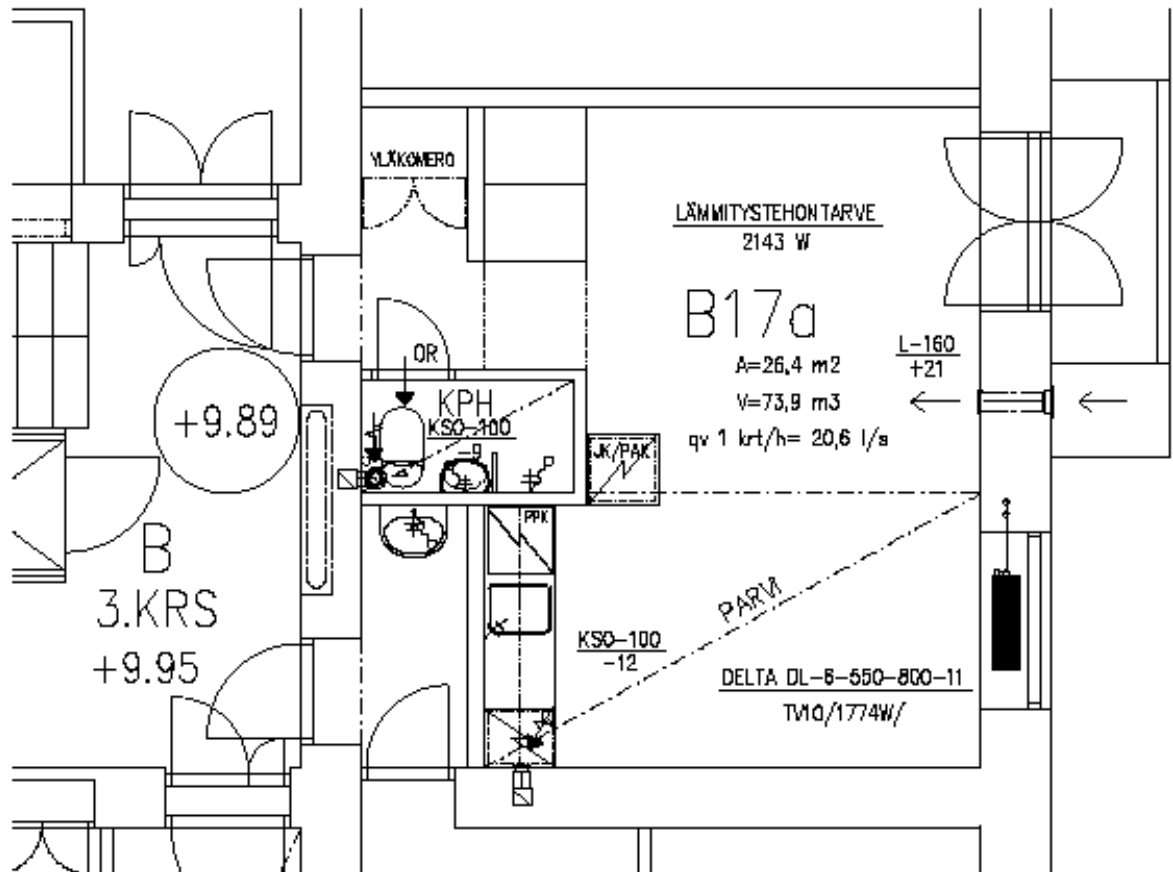
Koska saneerauksen yhteydessä rakennuksessa siirrytään yhteiskanavapoistojärjestelmään, tullaan poistoilman pääte-eliminä käyttämään kartiomallisia poistovenntiileitä, jotka on tyyppihyväksytty SRMK:n osan E7, kohdan 6.1 mukaisiksi savukaasujen leviämistä rajoittaviksi kuristimiksi.

Huoneistojen ilmamääriä suunnitellessa pyrittiin rakennusmääräysten ohjeistuksen mukaiseen kokonaisilmanvaihtuvuuteen 0,5 krt/h, jota pudotetaan pienemmäksi talvitilanteessa, jotta käytössä olevan lämmitysjärjestelmän teho riittää huoneistojen sisälämpötilan ylläpitämiseen. Vanhojen kerrostalojen tapaan tässäkin kohteessa huonekorkeudet ovat niin suuria (n. 2,8 m), että niistä johtuen huoneistojen ilmatilavuudet ovat verrattain suuret poistohormien lukumäärään suhteutettuina. Tyypillisesti huoneistoissa oli myös lukumääräisesti niin vähän korvausilmaventtiileitä, että korvausilmamäärät piti suhteuttaa käytössä olevien venttiilien vedottomaan ilmanvirtauksen kapasiteettiin. Tilanne korostuu talvitilanteessa, jolloin käyttöön tulevat termostaattilla varustetut korvausilmaventtiilit säätävät virtausrakoaan pienemmäksi ja näin kasvattavat painevastustaan. Tämä ja lämmitysjärjestelmän asettamat rajat ohjasivat ilmamäärien pienentämiseen talvitilanteessa.

Etenkin pienissä asunnoissa muodostui ongelmaksi huoneistoissa olemassa olevien radiaattorien riittämätön lämmitysteho sekä liian suuret ilmamäärät korvausilmaventtiileitä kohden, jos pyritään ilmanvaihtuvuuteen 0,5 krt/h. Kuten aikaisemmin luvussa 5.5.2 on todettu, lautasventtiilillä pystytään johtamaan vedottomasti sisätiloihin korvausilmaa n. 8 dm³/s.

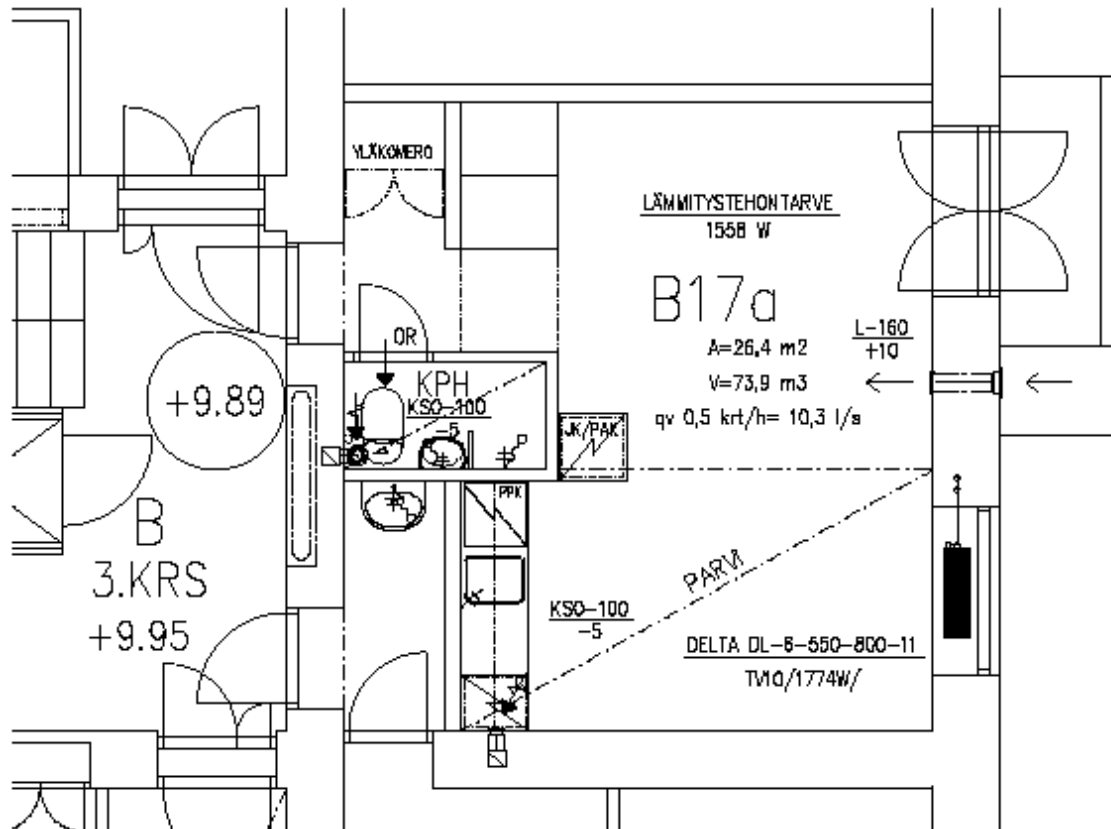
Kuvissa 17, 18 ja 19 esitetään tilanne esimerkkihuoneistossa eri ilmanvaihtuvuuskerrotoimien tapauksissa. Esimerkkihuoneistona on käytetty 26,4 m²:n yksiötä, jonka ilmantilavuus on 73,9 m³ huonekorkeuden ollessa 2,8 m. Huoneisto sijaitsee rakennuksen kolmannessa kerroksessa kahden muun asuinkerroksen välissä, joten sen kylmään ulkoilmaan rajoittuva pinta muodostuu ulkoseinästä sekä sen ikkunoista ja parvekkeen ovista. Huoneiston kokonaislämpöhäviöiden muodostuminen on esitetty liitteessä 5. Huoneiston lämmityksestä vastaa yksi radiaattori, joka on sijoitettu ikkunan alle. Lämmitysverkoston menoveden lämpötila on 80 °C, ja paluupuolen 60 °C. Rakennuksen muissa kerroksissa vastaavassa kohdassa olevissa samankokoisissa huoneistoissa ei ole parvekettä, vaan ikkuna tällä kohdalla. Näissä tiloissa on kaksi radiaattoria, mutta niiden yhteenlaskettu teho vastaa kutakuinkin esimerkkihuoneistoa palvelevan radiaattorin tehoa. Laskelmat on tehty ulkoilman mitoituslämpötilassa -26 °C, sisälämpötilan ollessa 20 °C.

Kuvassa 17 on esitetty tilanne, jossa huoneiston ilmanvaihtuvuus vastaa SRMK:n osan D2 pienten asuinhuoneistojen mukaista 1 krt/h, jota sovelletaan kun poistoilmavirran tehostusta ei voida ohjata asuntokohtaisesti. Tässä tilanteessa käytössä olevan radiaattorin ei pysty tuottamaan tarpeeksi tehoa asunnon lämmittämiseksi huippupakkasen mukaisessa -26 °C lämpötilassa. Asunnossa on vain yksi korvausilman sisäänotto, joten täyden ilmanvaihtuvuuden tilanteessa siitä pitäisi johtaa sisään ilmamäärä, jota se ei pysty tuomaan luvun 5.5 mukaisessa tilanteessa, jossa rakennus ei saa olla enemmän kuin 30 Pa alipaineinen.



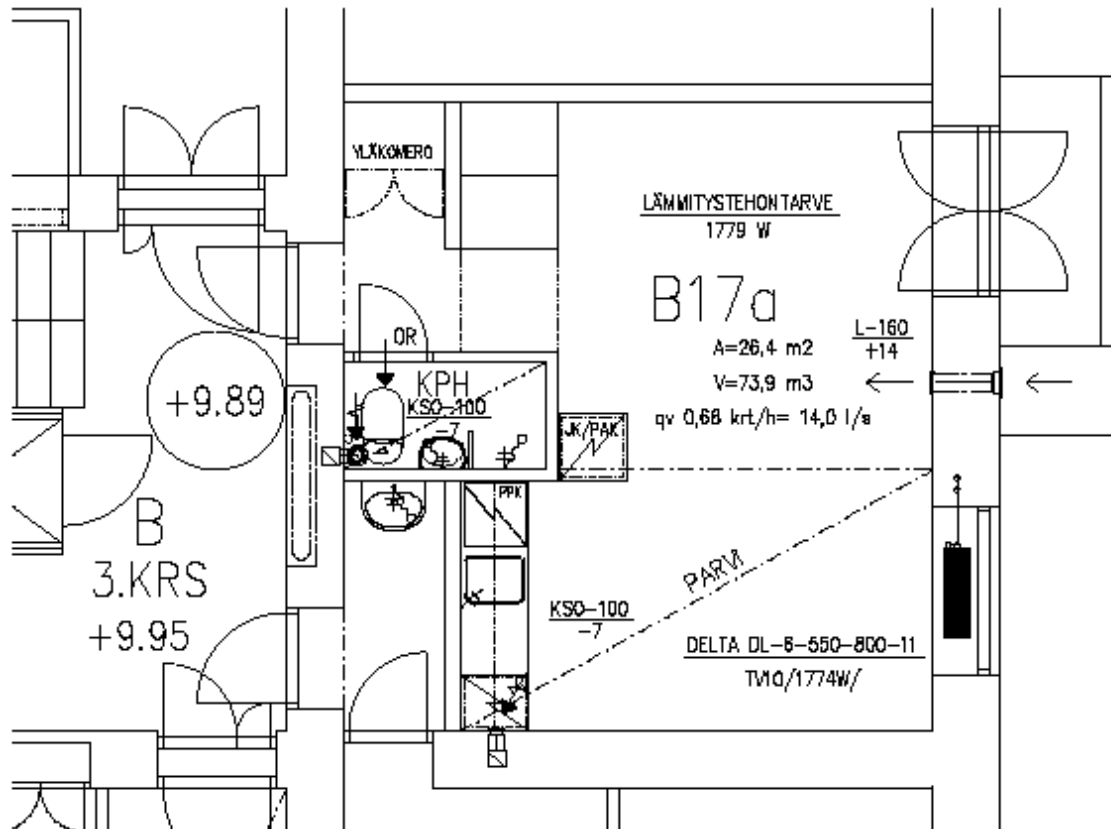
Kuva 17. Esimerkkihuoneisto ilmanvaihtuvuudella 1 krt/h.

Kuvassa 18 on esitetty sama huoneisto, kun ilmanvaihtokerroin on pudotettu 0,5 krt/h. Tässä tilanteessa käytössä oleva radiaattori pystyy ylläpitämään asunnon lämpötilan myös huippupakkasilla, ja korvausilmaventtiilin ilmamäärä on lähempänä luvun 5.5.2 esitettyä arvoa 8 dm³/s. Tilanteessa ongelmaksi muodostuvat riittämättömät poistoilmamäärät, jotka korostuvat esim. ruoanlaiton yhteydessä asuntoon jäävinä ruoankäryinä sekä suihkussa käynnin jälkeen kylpyhuoneeseen jäävinä kosteutena.



Kuva 18. Esimerkkihuvoneisto ilmanvaihtuvuudella 0,5 krt/h.

Kuvassa 19 on esitetty tilanne, jossa ilmanvaihtuvuus 0,68 krt/h on valittu radiaattorin tehon perusteella. Näin myös huippupakkasella saadaan pidettyä huoneisto lämpimänä, ja ilmanvaihtuvuus on saatu mahdollisimman tehokkaaksi. Poistoilmamäärät ovat hie- man kasvaneet, jolloin kosteus ja ruoankäryt saadaan poistettua tehokkaammin huoneistosta kuin ilmanvaihdolla 0,5 krt/h.



Kuva 19. Esimerkkihuneisto ilmanvaihtuvuudella 0,68 krt/h.

Huoneiston kannalta optimaalinen tilanne olisi valita ilmanvaihtuvuuden 1 krt/h tilanne. Termostaattinen korvausilmaventtiili säätää talvitilanteessa itseään pienemmälle, lähelle tilannetta 0,68 krt/h. Huoneistoon tulisi lisätä myös toinen korvausilman sisäänotto, jotta ilma saadaan johdettua vedottomasti sisälle huoneistoon. Koska kyseessä olevan esimerkkihuneiston ulkoseinä sijoittuu rakennuksen suojellulle julkisivulle, olisi viisasta käyttää uutena korvausilman sisäänottona käyttää ikkunaan asennettavaa rakoventtiiliä. Ikkunaan asennettava rakoventtiili on lähes huomaamaton, etenkin myös kuvassa 16 näkyviin lautasventtiilien ulkoseinän puoleisiin säleikköihin verrattuna.

Rakennuksen poistoilmanvaihtoa tulisi myös ohjata niin, että poistopuhaltimet pudottavat tehoaan talvitilanteessa muuttuneiden ilmamäärien mukaan. Tehokkainta tämä olisi, jos päällekkäisten kerrosten samankaltaisten huoneistojen poistot saataisiin saman puhaltimen taakse. Näin saataisiin jokaiselle huoneistotyyppille oma poistopuhallin, jonka ohjausta pystyttäisiin säätämään mahdollisimman tarkasti. Pienten huoneistojen osalta tämä voikin onnistua, mutta suuremmissa huoneistoissa poistohormit sijaitsevat

niin etäällä toisistaan, että niitä on vaikea koota ullakolla samaan puhaltimeen johdettuun kokoojakanavaan. Tämän rakennuksen suunnittelussa on myös varauduttu ullakokorakentamiseen, joten pitkille kokoojakanaville on vaikea löytää sopivaa reittiä ullakotiloissa. Sen takia lähtökohtaisesti tarkoituksena olisi käyttää poistopuhaltimina vesikatolle asennettavia huippuimureita.

6.2.1 Asunto Oy Simonlinna

Helsingin keskustassa Kampin kaupunginosassa sijaitseva Asunto Oy Simonlinna rakennettiin vuonna 1925 arkkitehti Väinö Vähäkallion suunnitelmien mukaan. [26] Asunto-yhtiössä tehtiin linjasaneeraus vuosina 2009–2011, minkä jälkeen päätettiin vielä suorittaa ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö. Kiinteistön linjasaneerauksen LVI-suunnittelusta vastannut Insinööritoimisto W. Zenner Oy valittiin myös tekemään suunnitelmat ilmanvaihtojärjestelmän perussäätötyöstä.

Kiinteistö on 4–8-kerroksinen asuin-, toimisto- ja liikerakennus. Sen tiloissa toimii mm. kolme ravintolaa, liikuntakeskus sekä Meksikon suurlähetystö. Rakennuksen kuvan 20 mukaiset julkisivut sekä porrashuoneet ovat museoviraston suojelemia, mikä osaltaan rajoittaa niiden käyttöä korjaus- ja muutostöissä.



Kuva 20. Asunto Oy Simonlinnan toinen julkisivu.

Rakennuksessa oli alunperin painovoimainen ilmanvaihto, joka muutettiin 1970-luvulla ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjauksessa koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmäksi. Koneellinen poistoilma on toteutettu osittain vesikatolle asennettujen huippuimureiden sekä osittain ullakolla olevien kanavapuhaltimien avulla. Poistohormit ovat rakennaineisia tiilihormeja, joista osa on sukitettu tai putkitettu. 1970-luvun peruskorjauksessa osaan huoneistoista oltiin asennettu peltikanavia, joilla täydennettiin tilojen poistoilmanvaihtoa.

Osalla huoneistoja on käytössään omat huoneistokohtaiset ilmanvaihtolaitteet, ja osa huoneistoista on varusteltu jäähdytysjärjestelmillä.

6.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö

Rakennuksessa päädyttiin suorittamaan ilmanvaihtojärjestelmän perussäätötyö niiltä osin, kun järjestelmä on liitetty kiinteistön yhteisessä käytössä olevaan ilmanvaihtojärjestelmään.

Kiinteistössä oli ilmennyt ongelmia mm. hajujen leviämisestä hormien välityksellä, suurista ilmamääristä ja niiden tuomasta kylmäntunteesta ylemmissä kerroksissa, takaisinvirtauksesta poistohormeissa sekä olemattomasta ilmanvaihtuvuudesta osassa huoneistoja. Hajujen leviämisestä hormien välityksellä valitettiin etenkin huoneistoissa, jotka sijaitsivat ravintoloiden yläpuolella.

Rakennuksen eri poistoilmapuhaltimien ilmamäärät mitattiin ennen linjasaneerauksen alkua, ja niiden mukaan mitatut ilmamäärät olivat noin 1/3 suunnitelluista ilmamääristä.

Ennen ilmanvaihtojärjestelmän perussäätötyön suunnittelun aloittamista kiinteistössä suoritettiin huoneistojen kartoituskäynnit, joiden tarkoituksena oli selvittää tilojen ilmanvaihtojärjestelyt, mm. korvaus- ja poistohormien sijainnit. Kartoituskäynnillä todettiin, että useassa huoneistossa pääte-elimet olivat tukittu.

Perussäätötyön suunnittelua vaikeutti olennaisesti se, että eri hormien palvelualueet eivät olleet tiedossa. Lisäksi vanhojen ilmanvaihtopiirustusten perusteella osassa hormoneja oli pitkiä sivuttaissiirtoja. Tästä aiheutui se, että kaikkien tilojen osalta ei osattu sanoa minkä huippuimurin tai kanavapuhaltimen palvelualueella ne sijaitsivat.

Perussäätötyön suunnittelun lähtökohtana oli määrittää eri huonetoille sopivat ilmamäärät, jonka mukaan poistopuhaltimet tullaan uusimaan. Joidenkin huoneistoista käyttötarkoitus oli muuttunut 1970-luvulla tehdyn ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjauksen jälkeen. Osa asunnoista oli muutettu toimistoiksi, ja päin vastoin. Näille tiloille määriteltiin niiden nykyisen käyttötarkoituksen mukaiset ilmamäärät. Kun eri poistopuhaltimien palvelualueiden ilmamäärät olivat tiedossa, valittiin niille uudet puhaltimet. Puhaltimet valittiin niin, että niissä on integroidut taajuusmuuttajat. Esimerkiksi huippuimureina määriteltiin käytettäväksi Fläkt Woodsin STEF-sarjaa tai vastaavaa tuotetta.

6.3 Asunto Oy Torkkelinkatu 13-15



Kuva 21. Asunto Oy Torkkelinkatu 13-15.

Asunto Oy Torkkelinkatu 13-15 sijaitsee Helsingin Kalliossa. Rakennus on vuonna 1929 valmistunut neljäkerroksinen asuinkerrostalo, jossa on 45 asuinhuoneistoa (kuva 21). Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, ja sen rakenneaineiset hormit ovat muurattu tiilestä.

Asuntoyhtiölle tehtiin vuonna 2010 Inspecta Oy:n toimesta putkiremontin hankesuunnitelma, jonka perusteella aloitettiin linjasaneerauksen suunnittelu vuonna 2011. Kohteen LVI-suunnittelijaksi valittiin Insinööritoimisto W. Zenner Oy.

Hankesuunnitelman tekijät kertoivat raportissaan painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintakyvyn olevan heikko. Esimerkiksi kiinteistössä tehdyllä kartoituskerroksella havaittiin aistinvaraisesti, että asuntojen ilmanlaatu oli huono. Lisäksi kohteelle tilattiin hormitutkimus. Hormitutkimuslausunnon mukaan hormoneja voidaan käyttää jat-

kossakin alkuperäisen käyttötarkoituksen mukaisesti painovoimaisessa ilmanvaihdossa, mutta ne tulisi kunnostaa.

Hankesuunnitelman loppupäätelmänä ilmanvaihdon osalta oli, että ilmanvaihtojärjestelmä joko kunnostetaan ja säilytetään painovoimaisena tai että ilmanvaihto muutetaan koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmäksi. Hankesuunnitelman mukaan molemmat vaihtoehdot tulisi suunnitella, ja niille molemmille kysyttäisiin hintaa urakoitsijalta. Mahdollisesti käytöstä poistuviin hormoneihin asennetaan uudet kylpyhuoneiden ja keittiöiden vesi- ja viemärinousut.

Linjasaneerauksen suunnittelukokouksissa päädyttiin kuitenkin luopumaan molempien vaihtoehtojen suunnittelemisesta, koska epäiltiin, että urakoitsijat eivät mielellään laske hintaa molemmille vaihtoehdoille. Tämän pelättiin vaikeuttavan urakoitsijan löytymistä tai ohjaavan urakoitsijat valitsemaan itselleen edullisemman vaihtoehdon. Lisäksi linjasaneerauksen epäiltiin tulevan muutenkin niin kalliiksi, että asuntoyhtiö päätti säästää jättämällä ilmanvaihtojärjestelmän nykyiselleen.

Tulevan linjasaneerauksen yhteydessä on kuitenkin tarkoituksena on uusia kylpyhuoneiden poistoilmaventtiilit ja asentaa ne uusien alakattojen pintaan. Kylpyhuoneiden ovien kynnykskorjausten yhteydessä tullaan myös ovien alareunaan tekemään siirtoilmaraot kylpyhuoneiden ilmanvaihdon tehostamiseksi.

Huoneistojen korvausilmaventtiilit tullaan uusiman suodattimella sekä termostaattimekanismilla varustetuiksi venttiileiksi. Tukitut ja peitetyt venttiilit kaivetaan esille ja niiden kohdalle asennetaan uudet venttiilit.

Osassa asuntojen keittiöitä oli hormiin kytkettyjä liesituulettimia, jotka tullaan purkamaan, koska niitä ei nykymääräysten mukaan saa kytkeä ilmanvaihtojärjestelmään. Osakas hankkii halutessaan omalla kustannuksella aktiivihiihisuodattimella varustetun liesituulettimen, joka kierrättää ilmaa huoneistossa. [27]

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan käyttämättömäksi jääneitä hormoneja oli tarkoitus hyödyntää vesi- ja viemärinousuina, mutta tästä jouduttiin luopumaan, koska hormikartoituksen perusteella osa hormoneista teki ylemmissä kerroksissa sivuttaissiirtoja toisten hormien taakse, ja näin ollen niiden hyödyntäminen olisi vaatinut hormien uudelleen järjestelyitä.

7 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä perehdyttiin vanhojen kerrostalojen painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän muuttamiseksi koneellisella poistoilmanvaihdolla varustetuksi järjestelmäksi. Työssä seurattiin pitkälti luvussa 6.1 esitetyn Asunto Oy Hietalan käynnissä olutta suunnittelutyötä ja pyrittiin havainnollistamaan siinä esiintyneitä ongelmatilanteita.

Korjaus- ja muutosrakentamiselle ei ole luotu viranomaisten toimesta samanlaista valtakunnallista ohjeistusta kuin uudisrakentamiselle, jossa noudatetaan Ympäristöministeriön laatimaa rakentamismääräyskokoelmaa. Osa kunnista tosin vaatii omissa määräyksissään, että niiden alueella myös korjaus- ja muutosrakentamisessa tulee noudattaa mahdollisimman tarkasti näitä uudisrakentamiselle laadittuja määräyksiä. Tätä insinööriyötä tehdessä suurin osa suunnittelukokemuksistani on peräisin pääkaupunkiseudun alueen rakennuskannasta, erityisesti Helsingistä, jota tämän työn esimerkkikohteet myös edustavat. Näin ollen tässä työssä on pyritty kuvaamaan tämän alueen toimintamenetelmiä ja suunnittelukäytäntöjä.

Tyypillinen vanhan kerrostalon ilmanvaihtojärjestelmän muutostyö toteutetaan rakennuksen linjasaneerauksen yhteydessä. Yleisimmät syyt rakennuksen painovoimaisen poistoilmanvaihdon koneellistamiselle liittyvät rakennuksen sisäilmaston viihtyvyyden parantamiseen. Vanhoissa kerrostaloissa törmätään useasti hallitsemattomasta ilmanvaihdosta johtuviin ongelmiin, jotka voidaan pitkälti poistaa kunnostamalla ja koneellistamalla rakennuksen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Tällaisia tyypillisiä ongelmia ovat mm. hajujen leviäminen hormistojen välityksellä, riittämätön ilmanvaihto kesäkaudella, huoneistojen jäähtyminen talvikaudella, sekä sisään johdetun korvausilman huono laatu. Tästä johtuen huoneistojen korvaus- ja poistoilmaventtiilit on tukittu tilojen käyttäjien toimesta, jolloin näiden tilojen ilmanvaihtuvuus on heikentynyt entisestään.

Siirryttäessä koneelliseen poistoilmanvaihtoon tulee käyttöön jäävät hormit kunnostaa sekä käyttämättömäksi jääneet hormit huolellisesti tukkia niiden ylä- ja alapäistä. Myös muut ilmanvaihtojärjestelmän osat tulee varustaa uuteen käyttötarkoitukseen soveltuvilla osilla. Näin saadaan varmistettua hallitut ilmavirrat sisällä rakennuksessa ympäri vuoden.

Koneelliseen poistoilmanvaihtoon siirryttäessä pystytään rakennuksen ilmavirtoja ohjaamaan painovoimaista järjestelmää tehokkaammin. Yksinkertaisimmillaan ilmavirtoja ohjataan käytettävien puhaltimien tehoa säätämällä, jolloin mm. talvitilanteessa saadaan korvausilman määrä säädettyä käytössä olevan lämmitysjärjestelmän mukaan, ja näin ollen viihtyisä lämpötila varmistettua sisällä huoneistoissa.

Tästä työstä on toivottavasti hyötyä valmistauduttaessa vanhan kerrostalon painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän muuttamiseen koneelliseksi järjestelmäksi niin suunnittelijoille, kuin muillekin aiheesta kiinnostuneille.

Lähteet

- 1 Neuvonen, Petri., Mäkiö, Erkki., Malinen, Maarit. 2002. Kerrostalot 1880-1940. Rakennustieto Oy.
- 2 Mäkiö, Erkki. 1989. Kerrostalot 1940-1960. Rakennustieto Oy.
- 3 Pallari, Marja-Liisa., Heikkinen, Jorma., Gabrielsson, Juha., Matilainen, Veijo., Reisbacka, Anneli. 1995. VTT Tiedotteita 1654. Kerrostalojen ilmanvaihdon korjausratkaisut.
- 4 Ilmavirtaukset rakennuksessa. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. Verkkodokumentti. <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen_toiminta/ilmavirtaukset_rakennuksessa/>. Luettu 9.2.2012.
- 5 Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Talotekniikka-Julkaisut Oy. Suomen LVI-liitto.
- 6 Eck, Bruno. 1962. Ventilatoren. Vierte verbesserte und erweiterte Auflage. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- 7 Korkala, Tapio. 1987. Sisäilmastoprojekti. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaedellytykset. Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio.
- 8 Ilmanvaihto. 29.12.2011. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Verkkodokumentti. <http://www.hel.fi/hki/ymk/fi/Asuminen+ja+terveys/Asuinymp_riist_n+terveyshaitat/Ilmanvaihto/>. Luettu 9.2.2012.
- 9 Säteri, Jorma. 1998. Käytännön ilmanvaihto, opas ilmanvaihdon oikeaan käyttöön ja ylläpitoon. Suomen LVI-liitto.
- 10 Rakentamisen ohjaus. 12.3.2012. Verkkodokumentti. Suomen ympäristöministeriö. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=233&lan=fi>>. Luettu 24.3.2012.
- 11 Rakennusten paloturvallisuus. 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Ympäristöministeriö.
- 12 Asbesti. 2012. Verkkodokumentti. Työsuojeluhallinto. <<http://www.tyosuojelu.fi/fi/asbesti>>. Luettu 10.3.2012.
- 13 Mitä asbesti on? 2012. Verkkodokumentti. Asbestikartoitus Oy. <<http://www.asbestikartoitus.fi/tietoa-asbestista/>>. Luettu 10.3.2012.
- 14 Säteri, Jorma. 2008. RT 07-10946. Sisäilmastoluokitus 2008, sisäilmaston tavoitteet, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmayhdistys Ry.
- 15 Hallikainen, Jouni. Vanha hormi voidaan kunnostaa. Viihtyisä Koti -lehti. 4/2008. s. 20.

- 16 RT-37904. 2010. Tulisijatarvikkeet. MORDAX-horminkorjausmenetelmät. Rakennustieto Oy.
- 17 Saneeraustuotteet. Schiedel Savuhormistot Oy. Esite. Luettu 19.2.2012.
- 18 Säteri, Jorma., Kovanen, Keijo., Pallari, Marja-Liisa. 1999. VTT Tiedotteita 1945. Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen.
- 19 Lavento, Dakota. 2008. Piippukorjaajia kaivataan. Rakennustaito -lehti. 9/2008. s. 46.
- 20 Furanflex sukitus-esite. 2012. Verkkodokumentti. Eskon Oy. <http://eskon.fi/images/stories/PDF_files/furanflex-uusi.pdf>. Luettu 20.2.2012
- 21 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Ympäristöministeriö.
- 22 Ikäheimo, Marianne. 2003. Helsinkiläisten asuntojen ilmanvaihto-ongelmista. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2003.
- 23 Ympäristöministeriön asetus ilmanvaihdon ulkoilmaventtiilien tyyppihyväksynnästä. Ympäristöministeriö 2008.
- 24 VELCO tuloilmaventtiili – tekniset tiedot. 2012. Verkkodokumentti. Terveysilma Oy. <http://www.terveysilma.fi/index.php?browser_id=34>. Luettu 17.3.2012.
- 25 Mobair 2020 -ilmanvaihtolaite. 2012. Verkkodokumentti. Mobair Oy. <<http://www.mobair.fi/sites/default/files/2020%200811.pdf>>. Luettu 17.3.2012.
- 26 Hietalahdenranta 11 & Simonkatu 12. Verkkoaineisto. Korttelit.fi. <<http://www.korttelit.fi/rakennus.php/id/693>>. Luettu 7.4.2012.
- 27 Hankesuunnitelma, Asunto Oy Torkkelinkatu 13-15. Inspecta Oy. 2010.

Liite 1

Kuivan ilman ominaisuuksia [3].

Kuivan ilman ominaisuuksia.

Lämpötila	Lämmön johtavuus	Lämpötilan diffuusiokerroin	Absol. viskositeetti	Kinemaattinen viskositeetti	Prandtin luku
°C	W/mK	10 ⁻⁶ m ² /s	10 ⁻⁶ Ns/m ²	10 ⁻⁶ m ² /s	
0	0,0237	19,2	17,46	13,9	0,71
20	0,0251	22,0	18,24	15,7	0,71
40	0,0265	24,8	19,12	17,6	0,71
60	0,0279	27,6	19,91	19,4	0,71
80	0,0293	30,6	20,79	21,5	0,71
100	0,0307	33,6	21,67	23,6	0,71
200	0,0370	49,7	25,69	35,5	0,71

Liite 2

Esimerkkilaskenta painovoimaisen poistohormin ilmvirrasta.

Kohde:

As Oy Santavuorentie 2, Helsinki

22.03.2012 klo 19:00

Laskelma tehty neljäkerroksisen asuinkerrostalon kolmannessa kerroksessa.
Käytössä rakenneaineinen tiilihormi, 150 x 150 mm. Nopeus hormissa on arvio.

$t_u = 6,1 \text{ °C}$	$p_i = 1015,2 \text{ hPa}$
$t_s = 21,3 \text{ °C}$	$\rho = 1,26 \text{ kg/m}^3$
$R_h = 75 \%$	$v_{\text{hormi}} = 0,8 \text{ m/s}$
$v_{\text{tuuli}} = 6,1 \text{ m/s}$	$k_{\text{tiili}} = 5 \text{ mm}$
$A_{\text{hormi}} = 0,0225 \text{ m}^2$	$h_{3.\text{krs}} = 5 \text{ m}$

Kitkakertoimen selvittämiseksi tarvitaan nopeus hormissa, Reynoldsin luku sekä hydraulinen halkaisija.

Hydraulinen halkaisija saadaan:

$$d_h = \frac{4A}{U} = \frac{4 \cdot (0,15 \cdot 0,15)}{4 \cdot 0,15}$$

$$d_h = 0,15 \text{ m}$$

Reynoldsin luku saadaan kaavasta:

$$Re = \frac{v \cdot d_h}{\mu} = \frac{0,8 \cdot 0,15}{16 \cdot 10^{-6}} = 7500$$

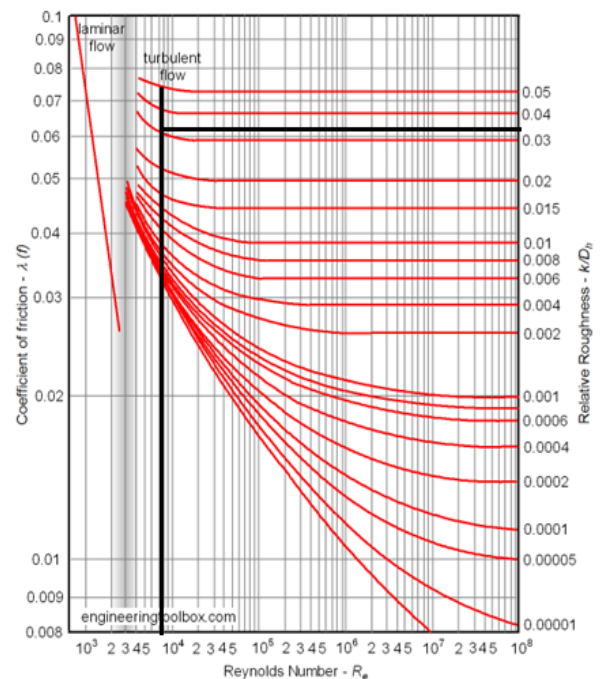
Suhteellinen karheus:

$$\frac{k}{d_h} = \frac{5}{150} = 0,033$$

Kitkakerroin katsotaan kuvasta 1 saadaan kitkakertoimeksi $\lambda = 0,061$

Muotovastukset ζ

venttiili	5
mutka 90°	1,5
yht.	6,5



Kolmannen kerroksen hormin
painehäviö saadaan nyt laskettua

$$= \left(6,5 + \frac{0,061 * 5}{0,15}\right) 0,5 * 1,263 * v^2$$

$$\Delta p = \left(\Sigma \zeta + \frac{\lambda l}{d_h}\right) 0,5 * \rho v^2$$

$$= 4,627 * v^2$$

Tämä on yhtä suuri kuin hormin käyttövoima

$$\Delta p = \rho g h \left(\frac{T_s - T_u}{T_u}\right) = 1,263 * 9,81 * 5 * \left(\frac{294,3 - 279,1}{279,1}\right)$$

$$= 3,374 \quad \text{Pa}$$

Asettamalla painehäviö ja käyttövoima yhtä suuriksi saadaan:

$$4,63v^2 = 3,374 \text{ Pa}$$

$$v = 0,854 \text{ m/s}$$

$$q_v = Av = 0,0225 * 0,854 = 0,0192 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 19,2 \text{ l/s.}$$

Liite 3

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset poistoilmaluokat.

3.4.2.2

Jäteilman johtaminen rakennuksesta perustuu seuraavaan poistoilmaluokituksen:

Poistoilma- luokka	Kuvaus ja käytön rajoitus	Tilaesimerkki
1	Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat pääasiassa lähtöisin ihmisistä tai rakenteista. Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi.	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta.
2	Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia. Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat, joissa tupakointi on kielletty
3	Poistoilma tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, piirustuksien kopiointitilat.
4	Poistoilma, joka sisältää pahanhajuja tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat: -vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot, - pesuloiden likapyykkitilat. Autosuojat ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot, tupakointitilat sekä hotellitilat, joissa tupakointi on sallittu.

Liite 4

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoitus etäisyydet

Ulkoilmalaitteen etäisyys	Etäisyys m
Jäteilmalaitteista	kuva 2
Ulkoilman laatua pilaavista lähteistä kuten jätteiden säilytyspaikoista, autojen pysäköinti- ja lastauspaikoista sekä ajoluisista, tuuletusviemäreiden ja savupiippujen aukoista, keskuspolynimurin ulospuhalluksesta ja jäähdystorneista	8
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta, jos se on yli 3 m ulkoilma-aukkoa korkeammalla	5
Maanpinnasta ja pihatasosta	2
Kattopinnasta	0,9
Etäisyys voi olla pienempi, jos ilmanvaihtoa haittaavan lumipeitteen muodostuminen estetään jyrkän harjakaton avulla, lumisuojaus tai muulla luotettavalla tavalla.	

Jäteilmalaitteen etäisyys:	Etäisyys, m			
	Poistoilmaluokka			
	1	2	3	4
Ulkoilmalaitteista	kuva 2	kuva 2	kuva 2	kuva 2
Alapuolella olevista avattavista ikkunoista	2	2	4	6
Samalla tasolla tai yläpuolella olevista avattavista ikkunoista tai oleskelutasoista	3	3	6	10
Maanpinnasta tai pihatasosta	2	2	3	5
Kattopinnasta	0,9	0,9	0,9	0,9
Etäisyys voi olla pienempi, jos ilmanvaihtoa haittaavan lumipeitteen muodostuminen estetään jyrkän harjakaton avulla, lumisuojaus tai muulla luotettavalla tavalla.				
Naapuritontista (ei koske pientaloja)	2	2	5	8
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta,	1	1	1	1
Painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon jäteilmalaitteiden välinen etäisyys	1	1	1	1

