

# Asuinrakennusten ilmanvaihto

*Veijo Matilainen, diplomi-insinööri  
Senior Advisor, Optiplan Oy  
veijo.matilainen@optiplan.fi*

Asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmä on osa siitä kokonaisuudesta, jolla tuotetaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Ilmanvaihto poistaa sisäilmasta henkilöiden ja rakennusmateriaalien aiheuttamat päästöt, poistaa pyykin kuivatuksen ja muiden kosteuslähteiden liiallisen kosteuden, poistaa kodin toimintojen, kuten ruoanlaiton käryt ja saattaa olla avuksi kesäaikaisten ylälämpötilojen hallinnassa. Näitä tarkoituksia varten on ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtoja voitava tehostaa vähintään 30 % käyttöajan ilmavirroista. Energiatalouden kannalta on toisaalta toivottavaa, että ilmanvaihtoa voidaan käyttää tarpeen mukaisesti, jonka ansiosta poissaoloaikoina ilmavirtoja on mahdollista pienentää 60 %.

Lämpöenergian rinnalla puhaltimien sähkötyön osuus energiankulutuksesta on jatkuvasti kasvanut. Tyypillisesti uuden rakennuksen koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ominais-sähköteho on 2 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja koneellisen poistoilmanvaihdon 0,7 kW/(m<sup>3</sup>/s).

Tuloilman suodatuksella huolehditaan siitä, että ilmanvaihtoilma on aina puhtaampaa kuin ulkoilma. Koneellisen tuloilman ilmanvaihtojärjestelmissä tuloilma voidaan suodattaa siitepölystä täysin puhtaaksi niin, että ”heinänuhaiset” henkilöt voivat sisällä viettää normaalia elämää. Hiukkasista terveydelle vaarallisimpia ovat pienet hiukkaset, <2,5 µm, jotka pääsevät kulkeutumaan keuhkoihin asti.

Vaikka ilmanvaihto on tarpeellinen, sisältyi ilmanvaihtoon riskejä, joilla terveellisyys, turvallisuus ja viihtyisyys vaarantuvat. Terveellisyyden kannalta oleellisin on kosteusriski. Eristämättömän ulko- ja jäteilmakanavan pintaan kondensoituu sisäilman kosteutta, joka ei välttämättä tule näkyviin, vaan aiheuttaa homehaittoja, joihin ei osata varautua. Turvallisuuden kannalta on keskeistä, ettei ilmanvaihtojärjestelmä levitä paloa eikä palokaasuja. Viihtyisyys vaarantuu vedosta ja melusta. Tuloilmasuihku saattaa aiheuttaa vetoa ja koko järjestelmä saattaa olla hermostuttavan äänekäs.

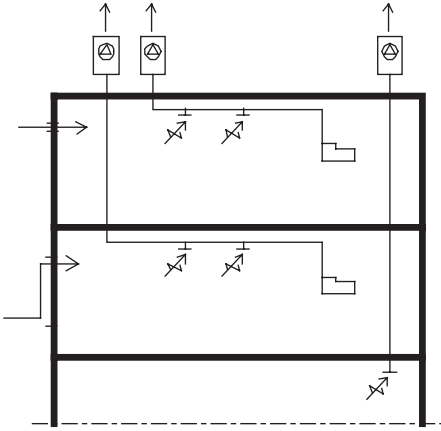
Kesällä suuret ikkunapinnat vaativat lähes aina auringonsuojia ja/tai jäähtytystä. Hyvä auringonsuojaus vähentää olennaisesti lämpökuormia ja luo edellytykset kesäaikaisten lämpötilojen hallinnalle. Auringonsuojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi auringonsuojalaseilla tai rakenteellisesti esimerkiksi parvekkeita hyödyntämällä. Julkisivun ulkopuolinen säleikkö on kaikkein tehokkain passiivinen auringonsuoja.

Länsijulkisivulla oleva ikkuna on tehokkaampi huonetilan lämmitin kesällä kuin patterit talven mitoituspakkasilla. Sisäilma on siis tuskallisen kuuma, jos auringonsuojausta ei ole suunniteltu oikein. Talvella suuri ikkunapinta sen sijaan aiheuttaa vetoa, sekä kylmän hohkalla että ikkunapintaa alaspäin virtaavalla ilmamasalla.

Asuinkerrostalojen ilmanvaihto toteutetaan pääsääntöisesti jommalla kummalla kahdesta järjestelmästä; keskitetyllä koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdon tai huoneistokohtaisella koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdon. Molemmissa on poistoilman lämmöntalteenotto, jonka uudet, vuoden 2003 määräykset tekivät lähes pakollisiksi. Koneellisessa poistoilmanvaihdon lämmöntalteenotto voidaan korvata tuloilmaikkunalla. Sillä otetaan talteen ikkunan lämpöhäviöt.

## Keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Keskitetyssä tulo-poistoilmanvaihdon asunon ilmanvaihto hoidetaan yleensä yhdellä porashuonekohtaisella ilmanvaihtokoneella. Kone sijoitetaan ylös vesikatolle joko sille varattuun konehuoneeseen tai ulkokäyttöön soveltuva kone suoraan vesikatolle. Keskitetyn koneen tuloilma vaatii pakkaskaudella jälkilämmityksen. Lämmitystä varten on kaukolämmöstä otettava ylös jälkilämmityspatterille oma lämmityspiiri. Usein jälkilämmityspatteri korvataan kytkennällä, jossa jälkilämmitys hoidetaan lämmöntalteenottopattereilla.



Kuva 1. Keskitetty, koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto, jossa on poistoilman lämmöntalteenotto tuloilmaan.

### Ilmavaihtokoneen komponentit

Tulo- ja poistoilmakoneessa on seuraavat komponentit, joita jossakin määrin voidaan muuttaa suunnitteluratkaisun mukaan:

- tulo- ja poistoilmapuhaltimet sekä niiden kierroslukusäätö
- tulo- ja poistoilmasuodattimet. Tuloilmasuodatin EU7 ja poistoilmasuodatin EU4
- ulko- ja jäteilman sulkupellit
- jälkilämmityspatteri sekä sen pumppu- ja säätöryhmä. Pientaloissa jälkilämmityspatteri voi olla sähkölämmityspatteri.
- lämmöntalteenottoalaite, useimmiten ristivirtalämmönsiirrin sekä lämmönsiirtimen sulatuspellit ja niiden automatiikka.
- kondenssivesiallas ja sen veden poisto.

**Puhaltimet** valitaan siten, että viimeisellekin päätelaitteelle saadaan painetta 50 Pa. Painetarkasteluita varten lasketaan kanaviston painehäviö ja piirretään verkoston ominaiskäyrä puhaltimien toimintapiste. Toinen puhaltimien valintakriteeri perustuu siihen, että puhallinta voidaan säätää tehostusasentoon, 30 % suuremmalle ilmavirrälle. Tehostuksen toimintapiste saadaan vastaavalla tavalla. Lisäksi on tarkastettava, että puhaltimen kierroslukua voidaan lisätä ilman meluhaittaa.

Asuinkerrostalojen keskitetyn tulo/poistoilmavaihdon **lämmöntalteenottojärjestelmä** voi olla joko levylämmönsiirrin tai nestekiertoiset patterisiirtimet. Levylämmönsiirrin on yleisin. Sen lämpötilahyötysuhde on luokkaa 50 %. Uusimmissa laitteissa siirrin on jaettu kahteen siirtimeen, joten siirrin ei ole niin arka huurtu-

miselle. Samalla siirtimen hyötysuhde nousee tasolle 60 %. Sulatuspellit toimivat lohkoittain niin, että vain osa lämmönsiirtimestä on sulatushetkellä poissa käytöstä. Nestekiertoisia (40 % glygolia) siirtimiä käytetään silloin, kun keskuskone on jaettu kahteen osaan; tuloilmakoneeseen ja poistoilmakoneeseen. Nestekiertoisessa järjestelmässä jälkilämmityspatteri voidaan korvata LTO-pattereilla.

Ilmavaihtojärjestelmän **ilmavirtoja** on voitava säätää kuormituksen mukaan. Ilmavirtaa on voitava tehostaa 30 %. Useimmiten se toteutetaan siten, että liesikuvun tehostusläppä avamalla voidaan huoneiston ilmavirtaa tehostaa 30 %. Kierroslukusäädintä ohjaa kanavapaine, joka aistii tehostusasennossa olevien liesikuvujen määrän.

Ilmavaihtojärjestelmän toimintaa on voitava ohjata ja valvoa. Ohjausta varten koneessa on **säätöautomaatiikka** ja valvontaa varten joukko mittauspisteitä. Molemmat esitetään säätökäiviossa. Mittauspisteiden tieto on tarkoituksenmukaisinta kerätä kaukovalvonnan avulla, jolloin niiden analysointi on vaivatonta. Keskeisiä mitattavia suureita ovat:

- ulko-, jäte-, tulo- ja poistoilman lämpötilat, joiden avulla lasketaan lämmönsiirtimen hyötysuhde
- ulko- ja jäteilmavirrat, joita tarvitaan lämmöntalteenoton hyötysuhteen laskennassa
- lämmöntalteenottoalaitteen alin lämpötila, joka ohjaa sulatusautomaatiikkaa
- jälkilämmityspatterille tulevan ja lähtevän veden lämpötila. Patterille tulevan veden lämpötilalla ohjataan patterin lämmitystehoa
- patterilta lähtevän veden lämpötila aktivoi tarvittaessa jäätymissuojahälytyksen
- puhaltimien sähkötehot. Sähköteholle on annettu raja-arvo, 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s), jota yhteisteho ei saa ylittää.

Ilmavaihtokone on voitava onnettomuksien varalta pysäyttää hätäkytkimellä. Hätäkytkin sijoitetaan porrashuoneeseen ulko-oven läheisyyteen.

### Kanavisto varusteineen

Koneelta lähtevässä tuloilmakanavassa on äänenvaimennin ja sen jälkeen runkokanavia rakennuksen eri osiin. Runkokanavat päätyvät jakolaatikoihin, joista yhteinen tuloilmakanava lähtee joko kaikkiin kerroksiin tai joista jokaiselle huoneistolle lähtee oma tuloilmakanava.

Vesikatolla (ullakolla) olevat runkokanavat ja kokooja/jakolaatikot **lämpöeristetään**. Koneelle tuleva ulkoilma- ja koneelta lähtävä jäteilmakanava on aina **lämpö- ja kosteuseristettävä**.

Koneen **äänenvaimentimilla** estetään puhaltimien melun siirtyminen kanavistoon ja toisaalta rakennuksesta ympäristöön. Jos ilman jako perustuu yhteiskanavamaiseen jakoon, jossa pystynoususta otetaan huoneiston ilma, on huo-

neiston haaraan asennettava äänenvaimennin sekä tulo- että poistoilmakanavaan. Niillä estetään äänen leviäminen huoneistosta toiseen.

Huoneistosta keskusilmanvaihtokoneelle nousevat tai niiltä huoneistoon laskevat kanavat **paloeristetään** ja huoneistosta kanavaan tuleva liitos suojataan palonrajoittimella. Huoneistojen kanavat ovat niin pieniä, että palorajoittimeksi riittävät päätelaitteet.

Kanavat on **kannakoitava** siten, että ne kestävät nuohouksen rajutkin mekaaniset rasitukset. Nuohousta varten huoneiston kanavassa tarvitaan **puhdistusluukkuja**. Luukkuja on asennettava vähintään 10 metrin välein. Jos kanavistossa on säätöpelti, on puhdistusluukku asennettava sen molemmin puolin. Puhdistusluukkujen välillä saa olla korkeintaan kaksi yli 45 asteen käyrää. Poistoilmakanavassa on samat varusteet kuin tuloilmakanavassa.

Kanavisto **mitoitetaan** siten, että tuloilmakanavassa virtaa normaalitylilanteen ilmavirta ja poistoilmakanavassa tehostettu ilmavirta. Normaalitylilanteessa tuloilmavirta on noin 10 % pienempi kuin poistoilmavirta. Tehostetun ilmanvaihdon aikana huoneisto on siis reilusti alipaineinen. Alipaineisuus ei saa nousta yli 30 Pa:n.

Kanaviston suunnittelun vaiheet:

1. Määrittellään huoneistokohtaiset ilmavirrat sisäilmastoluokan mukaisiksi, vähintään määräykset täyttäväiksi.
2. Valitaan keskitetyn ilmanvaihdon kanavointijärjestelmä; huoneistokohtaiset kanavat katolle tai yhteiskanavaperiaate.
3. Mitoitetaan huoneistokohtaiset nousukanavat; tulo normaali-ilmavirralle, poisto 30 % tehostetulle ilmavirralla. Mitoituksessa käytetään sellaisia ilman nopeuksia, jotka eivät synnytä virtausmelua.
4. Valitaan hormityyppi: betonielementtihormi, kevytrakenteinen valmishormi tai paikalla rakennettava hormi.
5. Valitaan kanavan paloeriste, EI30, joka vaatii betonielementtihormin tai 5 cm palovillaa (villaa, jonka ominaispaino on vähintään 100 kg/m<sup>3</sup> ja joka voidaan kiinnittää niin, että sidokset kestävät palon).
6. Vesikatolle varataan kokooja/jakolaatikat, joihin pystynousut tulevat ja joista vesikatolla olevat kokoojakanavat lähtevät koneelle. Laatikot ja vaakakanavat palo- sekä lämpöeristetään.

### Ulko- ja jäteilmalaitteet

Keskitetyn koneellisen ilmanvaihdon asuintilojen **jäteilma** tuodaan aina ylös katolle. Katolla jäteilma puhalletaan aina ylöspäin siten, että ulospuhalluksella on nopeutta, joka antaa jäteilmapiipulle ”lisäkorkeutta”. Katolla oleva jäteilmaukon on oltava kattopinnasta niin korkealla, ettei lumi kinostu aukkoon, noin metrin korkeudella.

Rakennuksen muiden tilojen, porrashuoneiden, teknisten tilojen ja vastaavien tilojen jäteilma voidaan puhalttaa suoraan seinästä ulos, ei kuitenkaan oleskelualueille. Useimmiten nekin tuodaan ylös katolle.

Koneellisen ilmanvaihdon **tuloilma** on otettava mahdollisimman puhtaasta paikasta, riittävältä etäisyydeltä jäteilma-aukoista, viemäreiden tuuletusputkista ja kattopinnasta, jottei ulkoilma-aukko kinostu umpeen. Tuloilma-aukko on lisäksi sijoitettava mahdollisimman viileään paikkaan, ettei tuloilma tuo kesällä lisäkuumuita asuntoihin. Tuloilma-aukossa ilman nopeuden on oltava pieni, korkeintaan 2 m/s, jottei ilmanvaihtokoneelle imeytyvä ilma vedä mukanaan lunta. Nopeus ei yksin estä lumen tuloa, vaan tuloilma-aukkoon muotoillaan usein erilaisia suoja, jotka vähentävät vitilumen pääsyä ulkoilmakammioon.

### Ilman jako- ja poistolaitteet

Asuntojen **poistopisteistä** tärkeimmät ovat keittiö, kylpyhuone, ja WC-tilat. WC-tilojen ilmanvaihtuvuus on lähes aina riittävä. Normaali-käytöllä (aamusuihku, iltapesut) myös kylpyhuoneiden ilmanvaihto on pääsääntöisesti ongelmaton. Kuitenkin lapsiperheissä, jossa pestään ja kuivatetaan pyykkiä usein, ilmanvaihtoa voi olla syytä tehostaa. Silloin pesuhuoneessa-kin voidaan käyttää vastaavaa tehostustekniikkaa kuin keittiössä. Keittiön käryjen poistotehokkuus riippuu paitsi poistoilmavirrasta, myös liesikuvun valinnasta. Tilava liesikupu ja suuri ilmavirta takaavat käryjen poiston.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa **tuloilma** on lämmennyt jo lämmöntalteenoton patterissa. Vaikka tuloilma onkin selvästi lämpimämpää kuin ulkoilma, on vedon riski vielä olemassa. Ihminen on varsin herkkä vedolle, erityisesti, jos ilmavirta osuu niskaan tai nilkkoihin. Tuloilmalaitteen sijoittaminen ulkoseinälle saa periaatteessa aikaan lämpöviivityydeltään parhaan tilanteen. Varsin usein tuloilmaventtiili sijoitetaan kuitenkin sisäseinille, koska näin säästetään kanavadoissa.

Tuloilmaventtiilin heittopituuden valinta on tärkein kriteeri ilmanjaon onnistumiselle. Liian suuri heittopituus johtaa suihkun törmäämiseen seinään ja aiheuttaa vetoa. Liian pieni heittopituus taas ei palvele koko huonetta, ja alilämpöisenä suihku taittuu alaspäin aiheuttaen vetoa. Erityisesti pienissä huoneissa heittopituuden valinta on vaativaa, koska pelivara on pieni.

Tuloilmaventtiilin ongelmaksi saattaa muodostua myös kanavistosta tai päätelaitteesta syntynyt ääni. Erityisesti makuuhuoneissa tämä on kriittistä, sillä ihmiset ovat varsin herkkiä koneäänille, jo 22–25 dB(A) melutaso saattaa tuntua häiritsevältä.

## Asuntokohtainen tulo-poisto-ilmanvaihto

Asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa jokaiseen asuntoon sijoitetaan oma lämmöntalteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmanvaihtokone. Asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa ulkoilma otetaan sisään ulkoseinältä ja jäteilma johdetaan pääsääntöisesti vesikaton yläpuolelle.

Asuntokohtainen ilmanvaihtokone sijoitetaan WC-tilaan, kylpyhuoneeseen tai vaatehuoneeseen; tilaan, jossa koneen pieni melu ei häiritse asumisen oleskelua. Ilmanvaihtokoneessa on suodatus, lämmöntalteenotto, puhallin ja jälkilämmitys. Koneen jälkeen on aina äänenvaimennus. Koneelta ilma puhalletaan makuu- ja olohuonetiloihin. Niistä ilma siirtyy keittiöön, pesu-, WC- ja vaatehuonetiloihin, joissa on poistoilmaventtiilit.

Asuntokohtaisella tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmällä on mahdollista aikaansaada asuntokohtaisen tarpeen mukainen ilmanvaihto. Lämmöntalteenottolaitteena voidaan käyttää levylämmönsiirintä tai hyvän hyötysuhteen omaavaa regeneratiivista siirintä (koska tuloilmaan mahdollisesti vuotava jäteilma on peräisin samasta asunnosta). Kun lämmöntalteenotto on riittävän hyvä, ei koneessa tarvita jälkilämmitystä. Huoneistokohtaisessa koneessa on sekä

sähköistys että säätö sisäänrakennettu, joten kone tarvitsee vain pistorasian toimiakseen.

### Ilmanvaihtokoneen komponentit

Asuntokohtainen ilmanvaihtokone on pienkone, joka huolehtii vain yhden asunnon ilmanvaihdosta. Asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa ei oikeastaan valita puhaltimia, vaan haetaan ilmanvaihtokone, joka tyydyttää rakennuksen asettamat tarpeet. Tarpeet ovat:

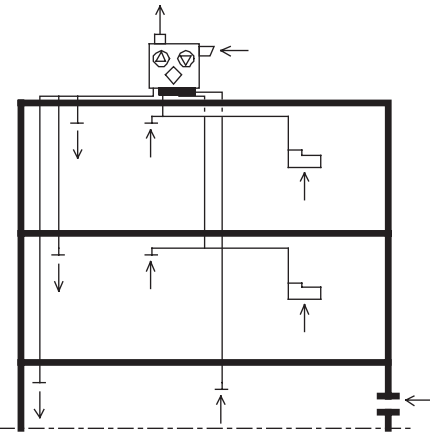
- Koneelta saadaan huoneistoon ilmavirta, joka vastaa tyhjillään olevaa asuntoa ja ilmavirta, joka vastaa 30 % tehostettua ilmavirtaa.
- Tehostetulla ilmavirralla ilmanvaihdon on oltava niin äänetön, että tehostusasentoa voidaan käyttää kesäöiden viileän ulkoilman siisäntöön.
- Poistoilmapuhaltimen teho riittää jäteilman puhaltamiseen ylös vesikatolle niin, että huoneistossa säilyy haluttu alipaine.
- Äänisyistä kannattaa kone valita aina yhtä kokoa liian suureksi.

Keskitetystä järjestelmästä poiketen asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa huoneiston alipaine säilyy likimain vakiona ilmanvaihdon tehosta riippumatta. Tämä johtuu siitä, että asuntokohtaisen ilmanvaihdon koneessa tulo- ja poistoilmakoneita säädetään suhteessa yhtä paljon.

### Kanavisto ja varusteet

Huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän kanavistovarusteista keskeisimmät ovat äänenvaimentimet; sekä koneelta lähtevässä tuloilma- että koneelle palaavassa poistoilmakanavassa on oltava tehdasvalmisteiset, vähintään metrin pituiset äänenvaimentimet. Kanaviston suunnittelussa on tietysti voimassa kanavien väljä mitoitus. Toinen suunnittelua ohjaava tekijä on, että keittiön poisto pyritään pitämään omana haaranaan niin, että keittiön poistoa voidaan käyttää normaalin 5 l/s ilmavirran lisäksi myös tehostetulla asennolla, joksi tulee vähintään 30 l/s. Kolmas ohje on, että kanavisto kokonaisuudessaan saadaan piilotettua märkätilojen alaslaskuun, keittiön ja makuuhuoneiden kaappeihin niin, ettei kanavien takia tarvitse tehdä kotelointeja.

Huoneiston sisäisistä kanavista lämpö- ja kosteuseristetään sekä ulkoilma- että jäteilmakanava. Ulkoilmakanavan lämpötilahan on pakasilla niin kylmä, että sen pinta kondensoituu, ellei kanavaa ole eristetty. Jäteilmakanavakin voi lämmönsiirtimen jälkeen olla alle nolla-asteista, eli senkin pintaan voi huoneilman kosteus kondensoitua. Kosteuseristys on tehtävä niin huolella, ettei kosteus pääse eristeen alle; eristeen päät on liimattava kanavaan kiinni ja eristeen saumat on huolella teipattava.



Kuva 2. Huoneistokohtainen, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa on poistoilman lämmöntalteenotto tuloilmaan.

Kerrostalohuoneiston tulo- ja poistoilmavirrat voidaan säätää päätelaitteilla niin, ettei erillisiä säätöpeltejä yleensä tarvita. Kanavapituudetkin jäävät niin pieniksi, että nuohous voidaan suorittaa venttiileistä ja toisaalta koneelta, joten puhdistusluukujakaan ei yleensä tarvita.

### Ulko- ja jäteilmalaitteet

Ulkoilma tulisi ottaa ilmanvaihtokoneelle siltä julkisivulta, jolla ulkoilma on puhtainta ja viileintä. Lähellä oleva jätehuone, pysäköintialue tai vilkasliikenteinen katu voivat asettaa rajoituksia ulkoilman sisäännotolle. Ulkoilmaa ei saa ottaa (lasitetulta) parvekkeelta, koska parvekkeilla tupakointi on mahdollista.

Ulkoilmakanavan päähän on asennettava säleikkö ja harva verkko, joilla estetään roskien ja pieneläinten pääsy kanavistoon. Kanavan päähän on tehtävä laajennus niin, että virtausnopeus ulkosäleikössä jää tasolle 2 m/s. Laajennukseksi riittää useimmiten laajennus seuraavaan dimensioon.

Jäteilma viedään pääsääntöisesti vesikaton yläpuolelle. Jäteilmakanava on lämpö- ja kosteuseristettävä sekä lävistäessään muita kerroksia myös paloeristettävä. Vesikaton lävistyksiä pyritään minimoimaan niin, että yhteen lävistykseen kootaan useiden (päällekkäisten) huoneistojen jäteilmat. Jäteilmahormin päälle rakennetaan joko perinteinen vesikatol tai hormin pää muotoillaan ulospuhalluselimellä halutun muotoiseksi.

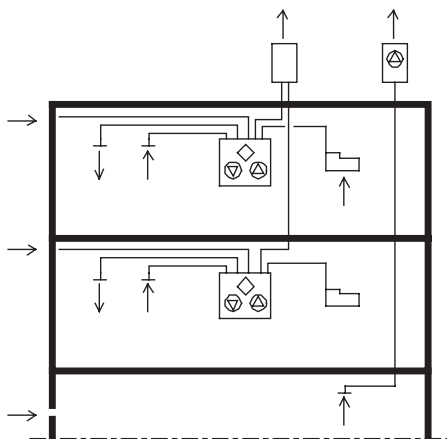
### Ilman jako- ja poistolaitteet

Huoneistokohtaisessa tulo-poistoilmavaihdossa käytetään samoja tulo- poistoilmalaitteita kuin keskitetyssäkin järjestelmässä.

### Koneellinen poistoilmavaihto

Koneellisessa yhteiskanavapoistoilmavaihdossa huoneiston poistoilmapiisteistä, keittiöstä, kylpyhuoneesta, WC- tilasta ja vastaavista tiloista imetään ilmaa ulos katolle. Poistoilmakanavisto toteutetaan lähes aina yhteiskanavapoiston periaatteella; päällekkäin olevat keittiöt yhdistetään keittiön nousuhormiin, kylpyhuoneet toiseen nousuhormiin jne. Nousuhormit päätyvät ullakolla tai vesikatolla kokoojajalatakoihin, jotka yhdistetään kattokanavilla poistoilmakoneeseen. Huoneiston asuintiloihin tulee poiston alipaineen vaikutuksesta korvausilmaa erityisten korvausilmaventtiileiden kautta. Osa korvausilmasta tulee kuitenkin porashuoneesta ja osa naapurihuoneistoistakin, joten hajuja ei hallita täysin.

Koneellisessa poistoilmavaihdossa käytetään joko laakeakäyrisiä puhaltimia tai paineohjattuja puhaltimia niin, että yksittäisen keitti-



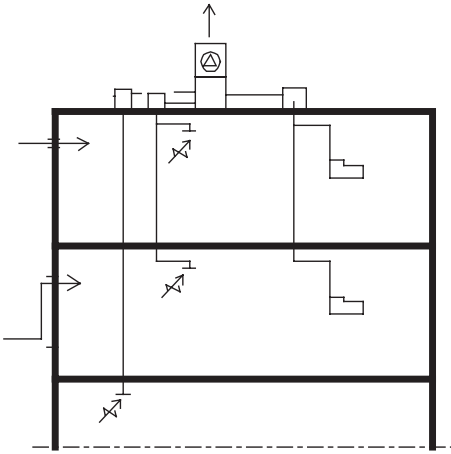
Kuva 3. Keskitetty, koneellinen poistoilmavaihto, ns. yhteiskanavapoistoilmavaihto. Poistoilman lämpö voidaan ottaa lämpöpumpulla käyttöveteen ja lattialämmitykseen. Tai korvausilmalla voidaan ottaa talteen ikkunan lämpöhäviöitä.

ön poistoilmavirtaa voidaan tehostaa. Tehostuksen on oltava niin suuri, että huoneiston ilmavirta kasvaa 30 % asumisajan ilmanvaihdosta. Joskus tehostukseen käytetään myös kylpyhuoneen poistoilmaventtiiliä. Silloin venttiilissä on joko ajastinsäätö tai kylpyhuoneen kosteudesta impulssin ottava säätö.

Koneellinen poistoilmavaihto on mahdollinen vain silloin, kun rakennuksen eristävät ovat niin paljon parempia, ettei poistoilmasta tarvitse ottaa lämpöä talteen. Energiatehokkuuden toteutuminen on tällöin esitettävä kompensatiolaskelmalla. Toinen vaihtoehto on ottaa poistoilman lämpö talteen lämpöpumpulla, jolloin lämpö voidaan siirtää käyttöveteen tai lämmitysverkoston. Kolmas vaihtoehto on tuloilmaikkuna.

Koneellinen poistoilmavaihto voidaan järjestää myös huoneistokohtaisesti. Silloin jokaisen huoneiston poistoilma kootaan huoneistokohtaiseen poistokanavaan, joka viedään ylös, ulos katolle. Kanava päättyy huippumuriin, jota ohjataan huoneistosta. Ohjauksella voidaan valita poistoilmavirta poissaoloajan ilmavirrasta aina tehostetun poiston ilmavirtaan.

Huoneistokohtaista poistoilmavaihtoa sovelletaan vain mataliin, enintään neljäkerroksiin kerrostaloihin. Korkeammassa rakennuksessa hormipinta-ala vie pinta-alaa niin, ettei ratkaisu ole mielekäs.



Kuva 4. Huoneistokohtainen, koneellinen poistoilmavaihto. Korvasilmalla voidaan ottaa talteen ikkunan lämpöhäviöitä. Poistoilman lämmöntalteenottoon ei ole mielekkäitä kaupallisia tuotteita, mutta ilmanvaihtoa voidaan käyttää tarpeenmukaisesti.

Huoneistokohtaisesta poistoilmasta lämmöntalteenottaminen poistoilmalämpöpumpulla on mahdollista, muttei kovin kannattavaa. Silloin vaihtoehdoksi jää vain tuloilmaikkuna.

### Poistoilmapuhallin

Yhteiskanavapoistoilmavaihdossa poistoilmapuhallin on pääsääntöisesti kiilahiinakäyttöinen poistoilmapuhallin, joka sijoitetaan vesikatolle tai ullakolle imukammion päälle. Imukammio on lämpö- ja äänieristetty niin, ettei kanavahaaroihin yleensä tarvita lisävaimennusta. Puhallin valitaan siten, että se pystyy poistamaan testetutun ilmavirran kaikista huoneistoista. Puhaltimen kierrosnopeus ei ääniteknisistä syistä saisi ylittää arvoa 1400 r/min. Toinen puhaltimen valintakriteeri on sen painetuotto. Puhaltimen on pystyttävä tuottamaan kanavistoon, sen viimeisellekin venttiilille vähintään 80 Pa:n alipaine. Puhaltimella on oltava suojakytkin, jolla voidaan katkaista puhaltimelle tuleva jännite huoltotöiden ajaksi. Poistoilmapuhaltimessa jäteilma suunnata hajoittajalla ylöspäin, jottei lämmin poistoilma talvikaudella sulata lunta kattopinnalla.

Huoneistokohtaisessa poistoilmavaihdossa poistoilmapuhallin on aina huippumuri.

### Kanavisto ja säätöpellit

Poistoilmavaihdossa on pystyhormit, joihin huoneistot liittyvät suoraan; keittiöt keittiöhormiin ja kylpyhuoneet kylpyhuonehormiin jne. Pystykanavat kulkevat paloeristetyissä hormeissa eristämättöminä tai kanavat on paloeristetty ja koteloitu ulkonäkösysteillä. Huoneisto liittyy kanavaan palorajoittimen välityksellä. Palorajoittimeksi asuinrakennuksissa riittää tyyppi-hyväksytty poistoilmaventtiili. Yhteiskanavapoistoilmavaihdossa on erityisen huolella suunniteltava äänenvaimennus, jottei melu siirry huoneistosta toiseen. Riittävä äänenvaimennus saavutetaan usein poistoilmaventtiileillä, joissa on äänenvaimennin. Ellei se riitä, on venttiili liitettävä kanavaan niin pitkällä kanavalla, että siihen voidaan sijoittaa äänenvaimennin. Kanaviston painehäviölaskelma antaa viitteet siihen, tarvitaanko verkostossa säätöpeltejä vai ei. Useimmiten peltejä ei tarvita. Jos kokoojilaatikoiden etäisyydet poistoilmapuhaltimelta ovat kovin erisuuria, on lähimpien laatikoiden yhteydessä hyvä olla säätöpeltejä.

### Ulko- ja jäteilmalaitteet

Koneellisessa poistoilmavaihdossa ulkoilmalaitteina toimivat korvasilmaventtiilit ja jäteilmalaitteena poistoilmapuhaltimen uloshajoittaja.

Koneellisen poistoilman korvasilman sisään-otossa on suositeltavaa käyttää raitisilmaradi-aattoreita. Kaikille hyväksytyille korvasilmaventtiileille on tehty vedottomuustestit. Vedottomuustesteissä korvasilmaventtiilien alla on patteri, joka kompensoi kylmää ilmavirtausta alaspäin. Korvasilmaventtiilien valmistajien mukaan vedoton ilmamäärä on luokkaa 6 l/s venttiilillä kohden; makuuhuoneissa venttiilejä on siis minimissään oltava kaksi, jotta ilmamäärä olisi riittävä. Vaikka korvasilmaventtiili olisi sijoitettu oikeaoppisesti, aiheutuu ongelmia helposti ulkolämpötilan ollessa lähellä 0 °C. Tällöin patterin pintalämpötila on haalea, eikä se riitä kompensoimaan kylmästä korvasilmasta aiheutuvaa alaspäin suuntautuvaa ilmavirtaa (ja usein myös vielään ikkunanapinnan kiihdyttävää vaikutusta).

Korvasilmaventtiilien kautta huoneeseen voi kulkeutua ulkomelua. Vaikka korvasilmaventtiileitä on saatavana äänenvaimentimella varustettuina, on kuitenkin muistettava, että ”reikä seinässä” on aina ääniteknisesti huonon-  
nus.

### Ilman jako- ja poistolaitteet

Poistoilmavaihdossa ilman jaosta vastaavat korvasilmaventtiilit. Ilman poistolaitteet ovat aivan vastaavia poistoilmaventtiileitä ja liesikupuja kuten tulo- poistoilmavaihtojenkin poistoilmaventtiilit.

### Poistoilman lämmöntalteenotto

Poistoilmanvaihdossa ei ole tuloilmaa, jonne poistoilmasta otettu lämpö voitaisiin siirtää, joten lämmöntalteenotto on toteutettava toisin.

Yleisimmin poistoilman lämpö otetaan talteen lämpöpumpulla ja siirretään käyttöveteen. Se on erittäin hyvä yhdistelmä, sillä poistoilmasta voidaan ottaa lämpöä talteen koko vuoden ja toisaalta lämmintä käyttövettä tarvitaan koko vuoden.

Käyttöveden lisäksi poistoilman lämpöä voidaan siirtää kylpyhuoneiden lattialämmitykseen.

Lämpöpumpun käytön kannattavuus on aina arvioitava energiatarjunnan perusteella ja tulos on vielä havainnollistettava pysyvyydiagrammin avulla. Kannattavuus ei välttämättä ole erinomainen.

Poistoilmanvaihdossa toinen tapa ottaa lämpöä talteen on ns. tuloilmaikkuna. Siinä otetaan talteen ikkunan lämpöhäviöitä niin, että ikkunan tehollinen U-arvo saattaa olla luokkaa  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Tuloilmaikkunan taloudellinen kannattavuus on erinomainen. Ikkuna, johon on rakennettu tuloilmareikit on lähinnä yhtä halpa kuin tavallinen ikkuna ja sisältää silti lämmöntalteenoton ja korvausilmaventtiilin.

## Yhteistilojen ilmanvaihto

### Porrashuoneet

Porrashuoneiden ilman on vaihduttava 0,5 kertaa tunnissa. Yleisin tapa toteuttaa porrashuoneen ilmanvaihto on se, että ulko-ovessa on säleikkö, josta korvausilma tulee sisään ja porrashuoneen katossa on poistoilmaventtiili, joka on yhdistetty keskitetyissä järjestelmissä keskuskoneen poistoon. Huoneistokohtaisissa järjestelmissä poisto viehdään joko omalle huippumurille tai huippumurille, johon on koottu muitakin kellaritilojen poistoja.

Porrashuone on aktiivinen osa asuintilojen ilmanvaihtoa. Talvikaudella porrashuoneeseen muodostuu voimakas painegradientti, joka pyrkii imemään ilmaa porraskäytävään alakerrosten huoneista ja toisaalta työntämään ilmaa porrashuoneesta yläkerrosten asuntoihin. Termisten voimien vaikutusta voidaan estää siten, että porrashuoneen ja huoneiston välinen seinämä, ovet ja postiluukut ovat tiiviitä. Lisäksi ilmanvaihtokanavisto on suunniteltava niin, että se estää painovoimaisen ilmanvaihdon vaikutuksia. Se toteutetaan siten, että tulo-poistoilmaventtiilien painehäviöt ovat suuret, vähintään 50 Pa. Samalla on muistettava, että melu asettaa paineelle omat rajoituksensa, yli 100 Pa:n painehäviötä kannattaa välttää.

Uusissa rakennuksissa porrashuoneen ulkoseinä on usein yhtenäistä ikkunapintaa. Kesäkauden aurinko lämmittää silloin porrashuoneen kuumaksi niin, että ylimmällä tasanteella saattaa lämpötila kohota yli  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ :een. Se on paitsi epämiellyttävää myös haitallista. Hissien koneistolle on sallittu suurin käyttölämpötila  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Porrashuoneen yläosassa saattaa olla antennikeskuksia ja vastaavia, joiden toiminta-lämpötiloille on myös asetettu rajoituksia.

### Talosaunat

Talosaunassa on perinteisesti löylyhuone ja pari pesuhuonetta sekä pukuhuonetta. Niistä muodostuu yksikkö, jonka ilmanvaihto on helposti toteutettavissa huoneistokohtaisella tulo-poisto-lämmöntalteenotokoneella. Saunaosaston jäte-ilmä on puhallettava katolle. Kerrosten läpi nouseva jäteilmakanava on lämpö- ja diffuusioeristettävä, sillä jäteilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen on lähes nolla-asteista. Kanavan on täytettävä myös paloeristevaatimukset kerrosten läpi kulkiessaan.

Saunaosaston tuloilma tuodaan löylyhuoneessa kiukaan päälle. Pesu- ja pukuhuoneissa ei tuloilman paikka ole oleellinen, kunhan se mitoitetaan niin, ettei se aiheuta vetoa. Poistoilma otetaan löylyhuoneessa kahdesta kohtaa; lauteiden alta jatkuva poisto ja katon rajasta poisto, jota kylpijä voi säätää itse saadakseen kostean tai kuivan löylyn, mielihalujensa mukaan. Pesu- ja pukuhuoneissa ei poiston paikka ole oleellinen, sillä kosteus, joka on ilmanvaihdon tärkein mitoittaja, on kuitenkin jakautunut koko tilaan sangen tasaisesti.

Talosaunan ilmanvaihdon toiminta on kytkettävä kiukaan toimintaan:

- perusilmanvaihto toimii jatkuvasti minimipoistolla
- kiukaan päälle kytkemisen jälkeen, noin tunnin kuluttua ilmanvaihto siirtyy tehostetun poiston asentoon. Silloin tehokas käytön aikainen ilmanvaihto ei hidasta lämpenemistä
- kiukaan poiskytkemisen jälkeen tehostettu ilmanvaihto toimii vielä tunnin. Silloin tehokas käytön aikainen ilmanvaihto kuivattaa saunaosaston.

### Talopesulat

Uusissa pienehköissä kerrostaloissa on talopesula korvattu pelkällä kuivaushuoneella. Kuivaushuoneissa on oltava perusilmanvaihto, pieni poistoilmanvaihto. Varsinainen pyykinkuivaus perustuu koneelliseen kosteudenpoistoon. Pyykin kuivausta varten kuivaushuoneeseen asennetaan ”lämpöpumppu”, joka jäädyttää kuivauspatterin (höyrystimen) läpi virtaavan ilman ja lämmittää sen lauhdelämmöllä takaisin alkuperäiseen lämpötilaan. Samalla huoneläm-

pötilä kuitenkin lämpenee, sillä lauhdelämmön mukana siirtyy huoneilmaan kompressorin sähkötyö. Kuivauspatterissa kuivaushuoneen ilma jäähtyy ja siinä oleva vesi kondensoituu. Kondenssivesi on johdettava lattiakaivuone. Usein kuivumista tehostetaan kuivaushuoneen ilmaa kierrättämällä. Laitteisto on mitoitettava niin, että koneellinen pyykkiä kuivuu runsaassa tunnissa.

Toinen nykysuuntaus on asentaa talopesulaan tehokkaasti linkoava pesukone ja kuivausrumpu, jolloin pyykin saa periaatteessaan saman tien kuivana mukaansa. Kuivausrumpuja on kolmenlaisia:

1. Hormiin liitettäviä rumpuja, joissa kuivaava ilma lämmitetään sähköllä. Niiden tarvitsemat ilmapirrat ovat suuria. Kerrosten läpi kulkeva kanava on paloeristettävä. Kanavassa on lisäksi hyvä olla lämpöeriste, sillä kostean ja lämpimän kuivausilman vesisisältö saattaa muuten kondensoitua kanavassa.
2. Kondenssikuivauksen perustuvat rummut, joissa rummun ilma lämmitetään sähköllä ja jäähdytetään lämmönsiirtimillä huoneilmaan. Niissä huoneeseen siirtyvä lämpö on niin suuri, että pesutuvan lämpötila nousee kesällä yli 50 °C:een. Kondenssivesi on johdettava viemäriin.
3. Kondenssikuivaukseen perustuvat rummut, joissa kondenssi synnytetään lämpöpumpun höyrystinpatterilla. Näissäkin pesutupaan tulee lämpöä, mutta vain kompressorin työn verran. Kondenssivesi on poistettava viemäriin. Tämä vastaa likimain tapausta, jossa kuivaaminen tapahtuu erillisessä kuivaushuoneessa lämpöpumpuprosessin avulla.

Suosittelavaa on, että käytetään vain tyyppiä 3 mukaisia laitteita. Kohdan 3 koneistuksella varustetuissa pesutuvissa riittää normaali poistoilmanvaihto. (Tai oikeastaan niissä ilmanvaihto hidastaa kuivumista, kun ulkoa tulee jatkuvasti kosteaa ilmaa sisään.) Poistoilmapirrat ovat niin pieniä, ettei niitä yleensä varusteta aikaohjauksilla.

### Varastotilat

Kerrostalojen kellaritilojen varastot ovat siirtymässä ulkorakennuksiin, saunatilat ja kylmäsäilytystilat puolestaan asuntoihin. Lastenrattaille on porraskäytävän yhteydessä pieni varasto, ulkoiluvälineille toinen ja varsinaiset vinttikomerot on sovitettu väestönsuojaan.

Väestönsuojan ilmanvaihto on sen käyttötilannetta varten toteutettava väestönsuojaohjeiden mukaisesti. Lisäksi sinne tarvitaan tavanomainen varastotilojen poistoilmanvaihto.

Varastotilojen poistot voidaan siirtää katolle ja yhdistää muiden poistojen lämmöntalteenot-

tolaitteelle. Jos se tuntuu hankalalta, asennetaan varastotilojen poistolle oma huippumuri katolle. Energiatohkeuslaskelmissa on muistettava silloin ilmapirrat, joista lämpöä ei oteta talteen.

### Ryömintätilat

Ulkoilmalla tuuletetussa ryömintätilassa on erityisesti kesä ongelmallinen: ulkoa tuleva lämmin ja kostea tuuletusilma jäähtyy ryömintätilassa ja pahimmassa tapauksessa jopa kondensoi. Tyypillisesti ryömintätilan pohjalle laiteetaan karkeaa soraa. Sora ei kuitenkaan lämmöneristä kesäsin kylmää maaperää ja siksi kevytsoralla peitetty maaperä on suositeltava vaihtoehto. Suositeltava kevytsorakerroksen paksuus on vähintään 30 cm.

Ryömintätilan ilmanvaihto on pääsääntöisesti koneellista, koneellinen poistoilmanvaihto.

- Talvikaudella ilmanvaihto on suhteellisen pieni, 0,5 l/h (vaihtoa tunnissa), jottei ryömintätila jäähydy liiallisesti.
- Kesäkaudella ilmanvaihdon on oltava selvästi suurempi (2 l/h). Mikäli ryömintätilan pohjalla on kevytsoraa vähintään 30 cm tai styroxia 5–10 cm, voi ilmanvaihto olla ympäri vuoden 0,5 l/h.
- Ryömintätilan ilma siirretään lämpö- ja difuusioeristetyssä kanavassa ylös katolle, jossa huippumuri puhalttaa ilman ulos.

Usein ryömintätilanryömintätilan ilmanvaihto hoitaa samalla radonin poistoon tarvittavan ilmanvaihdon; ilmanvaihtuvuuden on silloin oltava riittävä radontuottoon nähden. Radontarkastelu onkin suoritettava aina erikseen. Maavaraisissa rakenteissa radonin poistoa varten järjestetään erillinen kerääjäkanavisto, josta ilma imetään ylös, ulos vesikatolle omalla poistopuhaltimella.

### Autohallit

Kaupunkien keskustoihin tuleviin uudisrakennuksiin ja joskus perusparannettaviinkin kerrostaloihin rakennetaan yhä useammin pysäköintitilat kellarikerrokseen. Hallin ilmanvaihto mitoitetaan asutokäytössä siten, että yhtä autoa paikkaa kohti tapahtuu päivässä vain yksi sisäänajo ja yksi ulosajo. Mitoitettava ilmavirta on 0,9 l/s/m<sup>2</sup>. Jos rakennuksessa on liiketiloja, oletetaan sisään- ja ulosajoja tapahtuvan useammin, jolloin ilmanvaihdon mitoitusarvo on vähintään 2,7 l/s/m<sup>2</sup>.

Lisäksi tarvitaan savunpoisto; painovoimaisen savunpoiston luukut, joiden pinta-ala on vähintään 1 % hallin lattia-alasta. Kellarissa olevaan halliin ei läheskään aina saa luukkuja, joten savunpoisto on toteutettava koneellisesti ja asentamalla katolle vievä kanava. Savunpoiston ilmavirta on 2,0 m<sup>3</sup>/s/1000 m<sup>2</sup>.