

PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO OPAS

LEINO KUULUVAINEN	DI
BEN-ROGER LINDBERG	insinööri
KIMMO LYLKANGAS	arkkitehti
JUULIA MIKKOLA	arkkitehti
JUKKA SAINIO	insinööri
MIKA VUOLLE	TkL

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta perustuu pääasiassa ulko- ja sisätilan lämpötilaeron sekä tuulen aiheuttamaan paine-eroon.

Painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmään voidaan asentaa puhallin, joka käynnistyy erillisen ohjauksen mukaan riittävän ilmanvaihdon edellyttämän ilmavirran aikaansaamiseksi. Jos tällainen ilmanvaihtojärjestelmä toimii kuitenkin pääasiassa painovoimaisesti, sitä kutsutaan tässä oppaassa *puhallinavusteiseksi painovoimaiseksi ilmanvaihdoksi*.

Samassa rakennuksessa voidaan käyttää hallitusti sekä koneellista että painovoimaista ilmanvaihtoa. Painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtojärjestelmää ei kuitenkaan saa yhdistää siten, että ilman virtaussuunnat huonetilojen välillä ja kanavistoissa voivat muuttua ilmavirtoja ohjattaessa. Omakotitalossa voi olla esimerkiksi pesuhuone-wc-tilassa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla ja muissa tiloissa painovoimainen ilmanvaihto. Samaan asuntoon kuuluvien huonetilojen jakaminen muulla tavalla painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon palvelualueisiin on vaikeaa, koska palvelualueiden välisen välioven tulisi olla tiivis ja käytön aikana pääsääntöisesti suljettuna.

Sekä puhallinavusteista painovoimaista ilmanvaihtoa että edellä kuvattua kahden järjestelmän yhdistelmää on kutsuttu *hybridi-ilmanvaihdoksi*. Määräysteknisesti hybridi-ilmanvaihtoa käsitellään painovoimaisena ilmanvaihtona.

Käyttökohteet

Tässä oppaassa käsitellään painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelua ja toteutusta pienissä asuinrakennuksissa. Pieniksi asuinrakennuksiksi lasketaan erillispientalot ja ketjutalon osana olevat rakennukset sekä rivitalot ja enintään kaksikerroksiset asuinkerrostalot, eli luhtitalot tai townhouse-talot, joissa on päällekkäisiä asuntoja enintään kahdessa tasossa (käyttötarkoituksluokka 1, *Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017*).

Viime vuosisadan puoliväliin saakka painovoimainen ilmanvaihto oli tavallisin suomalaisrakennusten ilmanvaihtojärjestelmä kaikissa rakennustyypeissä. Asuminen ja

asunnot ovat sen jälkeen muuttuneet: poistoilmahormeja lämmittäviä tulisijoja rakennetaan huomattavasti vähemmän; niitä käytetään satunnaisesti ja vain erittäin harvoin rakennuksen päälämmitysmuotona; vedeneristettyjen tilojen pinta-ala on kasvanut ja vedenkäytön aiheuttama kosteuskuorma märkätiloissa lisääntynyt; sähkölaitteiden määrän kasvu on lisännyt sisäisiä lämpökuormia; erilaiset allergiat ja yliherkkyydet ovat yleistyneet; ajoneuvoliikenne kuormittaa ulkoilmaa etenkin kaupunkiympäristössä. Myös ilmanvaihtoon ja sisäilmastoon kohdistetut vaatimukset ovat muuttuneet. Rakennusperinteestä tuttuja ja toimiviksi koettuja painovoimaisen ilmanvaihdon ratkaisuja ei voida sellaisinaan kopioida uusiin rakennuksiin ilman huolellista suunnittelua ja laskennallista mitoitusta.

Erityispiirteitä

Painovoimainen ilmanvaihto poikkeaa perustavalla tavalla koneellisista järjestelmistä. Koska painovoimainen järjestelmä saa käyttövoimansa sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroista ja tuulesta, ilmavirta vaihtelee sääolosuhteiden mukaan sekä vuorokauden että vuoden mittaan. Kun järjestelmä ei toimi koko ajan samalla tavalla, laskennallinen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen sekä käyttöönoton yhteydessä tehtävä mittaaminen on vaikeampaa kuin koneellisissa järjestelmissä. Muita painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän erityispiirteitä ovat muun muassa seuraavat:

- Painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettu rakennus on suunniteltava kokonaisuutena. Vaihdaminen koneellisesta painovoimaiseen ilmanvaihtoon kesken suunnitteluprosessin ei yleensä onnistu.
- Mitoituksen tavoitteena olevan ilmavirran ylläpitäminen edellyttää painovoimaisessa ilmanvaihdossa venttiilien säätämistä vaihtelevan ulkolämpötilan ja tuulen mukaan.
- Painovoimaiseen ilmanvaihtoon ei voi toteuttaa lämmön talteenottoa tämän oppaan kirjoitushetkellä yleisesti käytössä olevilla teknisillä ratkaisuilla.
- Mahdollisuudet ulkoilman suodattamiseen ja äänenvaimennukseen ovat oleellisesti rajatummalla kuin koneellisessa ilmanvaihdossa.

ILMANVAIHTOA KOSKEVAT LAIT JA ASETUKSET

Vuoden 1978 rakentamismääräyskokoelman osa D2 ohjeisti vielä erillisessä osiossa painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelua. Ohjeistusta ei enää ole vuoden 1987 D2:ssa, jonka mukaan painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan käyttää lähinnä hiljaisilla ja ilmansaasteettomilla alueilla sijaitsevilla pientaloissa. Nykyisin katsotaan, että ilmanvaihdolle ja sisäilmastolle asetetut toiminnalliset ja olosuhdevaatimukset on saavutettava kaikilla ilmanvaihtojärjestelmillä.

Ilmanvaihtoa koskevat lait ja asetukset uudistettiin osana maankäyttö- ja rakennuslain uudistusta vuoden 2018 alkuun mennessä. Ajantasainen lainsäädäntö löytyy Finlex-sivustolta (www.finlex.fi).

Ilmanvaihtoasetus (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017) antaa määräyksiä ilmamäärästä, ilman virtaussuunnasta, säädettävyydestä ja ohjauksesta, lämpötilaolosuhteista ja tuloilman suodattuksesta. Lisäksi määräyksiä on kohdistettu ilmanvaihtokanaviston ominaisuuksille. Asetus koskee uusia rakennuksia, laajennuksia ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, pois lukien maatalouden tuotantorakennukset ja alle neljä kuukautta vuodessa käytettävät lomaa-asunnot (1 §). Asetuksen painovoimaista ilmanvaihtoa koskevista kohdista on koottu oppaan loppuun tarkastuslista.

Ääniympäristöasetusta (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017) sovelletaan muun muassa asuinrakennuksiin (1 §). Asetuksen mukaan ulkovaipan ääneneristys on suunniteltava ja toteutettava siten, että ääneneristys on vähintään 30 desibeliä eikä impulssimaisen, kapeakaistaisen tai pienitaajuisen melun keskiäänitaso ylitä nukkumiseen tai lepoon käytettävissä huoneissa 25 desibeliä.

Energiatehokkuusasetus (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017) asettaa vaatimuksia uudelle rakennukselle rakennusosakohtaisten vaatimusten ja laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luvun) muodossa. E-lukuvaatimukset on asetettu käyttötarkoitukseluokittain. E-lukuvaatimusta ei kuitenkaan sovelleta esimerkiksi

- pienen asuinrakennuksen laajennukseen
- loma-asumiseen suunniteltavaan pientaloon
- asuinkeuhkon ullakolle rakennettavaan asuntoon.

E-luvun raja-arvoja ei sovelleta myöskään muiden rakennusten laajennuksiin tai kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen, mikäli voidaan käyttää olemassa olevaa lämmitys- tai ilmanvaihtojärjestelmää (4 §).

Laskettaessa painovoimaisella ilmanvaihdolla toimivan rakennuksen vertailulämpöhäviötä poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen vertailuarvo on nolla (26 §). Lämmön talteenoton puuttumista ei siis tarvitse kompensoida tasauslaskelmassa rakennusosien tai rakenteiden lämmöneristävyydellä tai ilmanpitävyydellä. Mikäli painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa avustaa puhallin, sen sähkönkulutus lasketaan mukaan E-lukuun sen käyttöajan mukaisesti, joka tarvitaan laskennallisesti suunnitellun ilmapvirran saavuttamiseen.

Asumisterveysasetuksessa (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015) asetetaan vaatimuksia sisäilmalle ja ilmanvaihdolle. Asumisterveysasetusta sovelletaan terveysolosuhteiden valvontaan esimerkiksi silloin, kun asunnossa epäillään terveyshaittaa.

Maankäyttö- ja rakennuslaissa ilmanvaihtoa koskevat erityisesti vaatimukset paloturvallisuudesta, terveellisyydestä, käyttöturvallisuudesta, ääniolosuhteista, energiatehokkuudesta sekä käyttö- ja huolto-ohjeesta (117 §).

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennusvalvontaviranomainen voi myöntää vähäisen poikkeamisen rakennusluvan yhteydessä. Rakennuksen teknisiä ja näitä vastaavia ominaisuuksia koskevan vähäisen poikkeamisen edellytyksenä on, ettei poikkeaminen merkitse Maankäyttö- ja rakennuslaissa rakentamiselle asetettujen keskeisten vaatimusten syrjäytymistä. Jos esimerkiksi ääniympäristöasetuksen soveltaminen ei ole tarkoituksenmukaista rakennuksen erityisten ominaisuuksien johdosta, on kuitenkin noudatettava Maankäyttö- ja rakennuslain esittämää olennaista vaatimusta, jonka mukaan rakennuksen ääniolosuhteet eivät saa vaarantaa terveyttä, lepoa tai työntekoa (117 f §). Poikkeamista haettaessa poikkeamisen tulee johtaa kokonaisuuden kannalta tarkoituksenmukaisempaan lopputulokseen kuin esimerkiksi rakentamismääräyksiä tai asemakaavaa noudattamalla.

Suunnittelijan on tunnettava tuotteiden ilma- ja äänitekniset ominaisuudet sekä tiedettävä, miten ne pystytään osoittamaan.

Rakennusvalvonnat muodostavat tulkintoja rakentamista koskevista säädöksistä (esimerkiksi TOPTEN-käytännöt, www.pksrava.fi).

MÄÄRÄYSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMINEN

Painovoimaisen ilmanvaihdon määräystenmukaisuus osoitetaan rakennusluvan hakemisen yhteydessä. Menetelyyn kuuluvat:

1) Ennakkoneuvottelu

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on ennakkoneuvottelussa syytä selvittää rakennusvalvontaviranomaisen kanta ja rakennuspaikan soveltuvuus painovoimaiseen ilmanvaihtoon.

2) Pätevä suunnittelija

Suunnittelijan kelpoisuutta arvioidaan tehtävän vaativuuden mukaan.

Ilmanvaihdon suunnittelijalta edellytetään suunnittelu-tehtävään soveltuvaa tutkintoa ja riittävää kokemusta. Rakennusvalvontaviranomaisen on arvioitava suunnittelijan kelpoisuus vaatimusluokkien mukaan (MRL 120 §). Käytännössä ilmanvaihdon suunnittelijalla on oltava IV-suunnittelutehtävään soveltuva rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu tutkinto. Vaatimukset löytyvät ympäristöministeriön ohjeesta rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta (YM2/601/2015).

3) Suunnittelu

Painovoimaiselle ilmanvaihdolle laaditaan suunnitelma, johon kuuluu järjestelmän laskennallinen mitoitus. Rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä ilmanvaihdon suunnitelmat laadittavaksi ja toimitettavaksi joko rakennusluvassa, aloituskokouksessa tai rakennustyön aikana (MRL 134 §). Pientaloissa lupaehtona on tavallisesti ilmanvaihdon suunnitelmien toimittaminen ennen kunkin työvaiheen aloittamista. Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta on kuitenkin esitettävä ainakin pääpiirustussarjassa, jotta järjestelmän toimivuutta ja toteutettavuutta voidaan arvioida. Ilmanvaihtosuunnitelmassa voidaan määritellä käyttöönottovaiheen toimenpiteet.

4) Järjestelmäselvitys

Ilmanvaihdon suunnittelijan on hyvä laatia rakennuslupahakemuksen liitteeksi järjestelmäselvitys, joka kuvaa käytetyn suunnittelumenetelmän, ilmanvaihdon mitoitusperiaatteet, keinot lämpöviihtyvyyden saavuttamiseksi sekä mahdollisen ulkoilman suodatuksen tai äänenvaimennuksen. Järjestelmäselvityksessä voidaan osoittaa, miten painovoimaisen ilmanvaihdon tekniset haasteet on ratkaistu. Järjestelmäselvityksessä voidaan esittää perustelut, jos suodatusta tai äänenvaimennusta ei lainkaan tarvita.

5) Pätevä työnjohto

Lain mukaan rakennustyössä on vastaavan työnjohtajan lisäksi oltava ilmanvaihtolaitteiston rakentamisesta vastaava työnjohtaja, jos se on laitteistojen rakentamisen vaativuuden vuoksi tarpeellista (MRL 122 a §).

6) Käyttöönotto

Ilmanvaihtoasetuksen mukaan ilmanvaihtojärjestelmän ilmapirrat on mitattava ja säädettävä ja ilmanvaihtojärjestelmä on saatettava toimimaan suunnitelman mukaisesti ennen rakennuksen käyttöönottoa (27 §). Riittävän ilmapirran lisäksi varmennetaan hormien ja -kanavien tiiveys. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuudesta laaditaan vastaavanlainen mittauspöytäkirja kuin koneellisen ilmanvaihdon käyttöönoton yhteydessä.

Ilmanvaihtojärjestelmän käyttäminen ohjeistetaan käyttö- ja huolto-ohjeessa, joka on laadittava kaikille pysyvään asumiseen ja työskentelyyn tarkoitetulle rakennuksille (MRL 117 i §). Käyttö- ja huolto-ohjeessa kuvataan tulo- ja poistoilmaventtiilien käyttö, mahdollisten suodatinten tyyppi ja vaihtaminen sekä poistoilmakanavien ja venttiilien puhdistus.

Huolto-ohje kuvaa mahdollisen ilmanvaihtojärjestelmään kuuluvan puhaltimen tai aurinkokeräimen huoltotoimenpiteet sekä puhaltimen ohjausjärjestelmän. Huolto-ohjeessa on syytä kuvata myös toimenpiteet avustavan puhaltimen tai tuuliohjaimen jäätyessä, vaikka jäätyminen onkin pyrittävä aina estämään suunnittelun keinoin.

Olosuhdeseuranta

Sisätiloihin rakennettavalla olosuhdemittauksella voidaan seurata esimerkiksi sisäilman hiilidioksidipitoisuutta ja märkätilojen suhteellista kosteutta. Olosuhdemittauksella voidaan varmistaa järjestelmän toimivuus käytön aikana ja kerätä arvokasta tietoa ratkaisujen toimivuudesta. Käytön aikana toteutettavalla mittauksella ei kuitenkaan voida korvata laskennallista mitoitusta.

Ajoittainen paine-eron puuttuminen

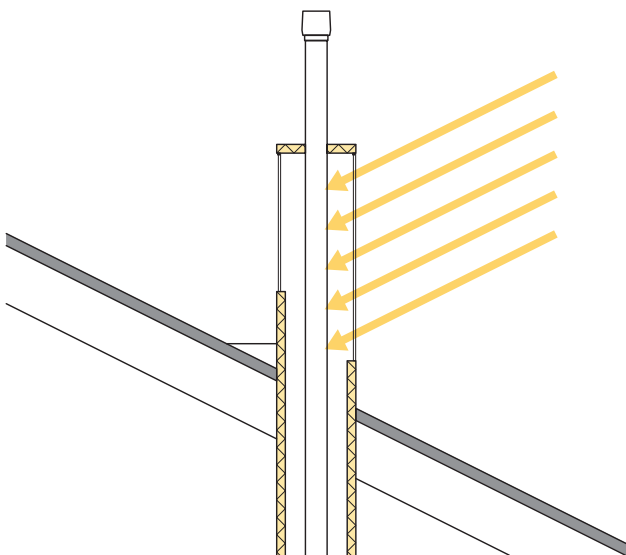
Ilmavirtaa aiheuttavaa paine-eroa ei synny silloin, kun sisä- ja ulkotilan välillä ei ole lämpötilaeroa ja on tuuletonta. Tällaisissa tilanteissa painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa on avustettava tarkoitukseen soveltuvalla järjestelmällä. Perinteisesti ilman vaihtumista on tarpeen mukaan lisätty ikkunatuuletuksella.

Kesäajan ilmanvaihtoa voidaan avustaa esimerkiksi seuraavilla ratkaisuilla:

1) Puhallinavusteinen painovoimainen ilmanvaihto

Poistoilmahormit varustetaan poistoilmapuhaltimella, joka ei aiheuta suurta painehäviötä pysäytettynä ollessaan. Tarkoitukseen soveltuu esimerkiksi harvalapainen aksiaalipuhallin. Puhaltimen voi varustaa ohjausautomaatiolla, joka lisää puhallintehoa asetettujen ohjausarvojen mukaisesti. Ohjaus voi perustua esimerkiksi sisäilman hiilidioksidi- ja/tai kosteusmittaukseen. Järjestelmää tarkastellaan painovoimaisena ilmanvaihtona, mikäli ilmanvaihto perustuu pääosin lämpötilaeron ja tuulen vaikutukseen.

Puhallinavusteisia painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä on rakennettu enemmän Ruotsissa kuin Suomessa, jossa käyttökokemuksia on vähän ja verrattain lyhyeltä ajalta.



Kuva 1. Aurinkohormi ("solskorsten"), periaatepiirros. Aurinko lämmittää lämmöneristetyssä kotelossa kulkevia tummapintaisia poistoilmakanavia lasin läpi. Ratkaisua kokeillaan Suomen Kulttuurirahaston rahoituksella Närpiöön rakennetussa koetalossa (Yrkesakademin i Österbotten 2015).

Esimerkiksi tanskalaisissa rakennuksissa solskorsten on merkinnyt poistoilmahormina toimivaa, lasiseinäistä valokuilua, jossa ei ole erillisiä peltikanavia.

2) Aurinkoavusteinen painovoimainen ilmanvaihto

Poistoilmahormien vesikatonle ulottuvaa yläosaa lämmitetään niiden ympärille rakennetun yksinkertaisen aurinkokeräimen avulla. Aurinkokeräimiksi ("solskorsten") kutsuttu ratkaisu lämmittää poistoilmahormeja erityisesti aurinkoisella säällä ja tukee osaltaan ilmavirtausta aiheuttavan lämpötilaeron muodostumista poistoilmahormiin.

Auringon tehostava vaikutus vaihtelee säätilan mukaan. Tehostusvaikutusta on vaikeaa osoittaa laskennallisesti. Ratkaisua on käytetty Suomessa vain yksittäisissä rakennuksissa.

Poistoilmahormien takaisinvirtaus

Poistoilmahormin tai -kanavan päähän ylhäältä suuntautuva tuuli ja sisälämpötilaa korkeampi ulkolämpötila aiheuttavat takaisinvirtausta poistoilmahormeissa. Takaisinvirtausta voi aiheutua myös liesituulettimen ja tulisijan käytöstä. Haitat on arvioitava hankekohtaisesti. Niitä ovat tyypillisesti seuraavat:

- Takaisinvirtauksen takia ilman virtaus voi suuntautua epäpuhtaammasta tilasta puhtaampaan päin.
- Takaisinvirtaus tuo sisätilaan suodattamatonta ilmaa.

Tuuli aiheuttaa takaisinvirtausta myös viileään vuodenaikaan. Poistoilmahormien ja -kanavien suunnittelussa on huomioitava kondenssin mahdollisuus.

Takaisinvirtausta voidaan vähentää tai se voidaan estää esimerkiksi seuraavilla ratkaisuilla:

- Poistoilmahormin päähän asennettava tuulenohjain vähentää takaisinvirtausta.
- Varmistetaan riittävät korvausilmareitit tiloissa, joissa on tulisija tai liesituuletin.
- Wc- ja peseytymistilat voidaan sijoittaa ulkoseinää vasten ja niille voidaan rakentaa oma ulkoilmaventtiili ja poistoilmahormi. Jos tilan rakenteet ja tilaan johtava väliovi tehdään tällöin tiiviiksi, ilman ovirakoa, ilmavirtausta epäpuhtaasta puhtaampaan tilaan esiintyy vain oven ollessa auki.

Ilmavirtojen mittaaminen, ohjaaminen ja seuraminen

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa paine-erot ovat erittäin pieniä ja niiden mittaaminen on vaikeaa. Asetus ei edellytä jatkuvaa mittaamista.

Painovoimaisen ilmanvaihdon kertaluonteinen mittaus voidaan tehdä esimerkiksi suorana ilmanvaihtuvuuden mittauksena hiilidioksidia merkkiaineena käyttäen. Yksittäisten venttiilien ilmavirtoja voidaan mitata muun muassa mittaussuppilolla varustetulla siipipyöräänemometrillä. Uutena ratkaisuna ilmamäärän jatkuvaan mittaamiseen yksittäisestä kanavasta on tullut ultraäänianturiin perustuva laite, joka ei aiheuta painehäviötä.

Painovoimaisen ilmanvaihdon kertamittauksessa mittausajankohta vaikuttaa ilmanvaihtuvuuteen ja ilmanvirroissa voi olla lyhyessäkin ajassa tapahtuvaa vaihtelua esimerkiksi tuulen vaikutuksesta johtuen.

Lämpöviihtyvyys

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ulkoilma tulee yleensä sisätilaan lämmittämättömänä. Pienen paine-eron johdosta ulkoilma jakautuu huonetilaan eri tavoin kuin koneellisessa poistoilmanvaihdossa.

Ulkoilmavirtaus on ohjattava huoneeseen venttiileillä siten, että se ei aiheuta vedon tunnetta. Ilmanvaihtotekniikan mukaan rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pinalämpötilat saa sitä heikentää (4 §).

Perinteinen *kippiventtiili*, jonka muoto ohjaa ilmavirtaa yläviistoon, sijoitetaan yleensä seinän yläosaan. Ulkoilma-venttiili voidaan sijoittaa myös lämmityslaitteen taakse, kunhan varmistetaan venttiilin suljettavuus ja helppo säädettävyyden ja estetään lattiaveto. *Ulkoilmaradiaattorissa* ulkoilmaventtiili on sijoitettu patterin taakse ja ulkoilma johdetaan patterin levyjen välistä tilaan.

Ulkoilma voidaan johtaa sisälle myös maan alle asennetussa ulkoilmakanavassa, jossa ilma esilämpenee talvella ja viilenee kesällä. Kanava on varustettava kondenssiveden poistolla. Kanavan tarkastaminen ja puhdistaminen on syytä suunnitella helposti toteutettavaksi. Sisätilassa tuloilmakanava haaroitetaan huonetiloihin ja ilma johdetaan huoneisiin säädettävien tuloilmaventtiilien kautta. Ulkoilmakanava voidaan varustaa kanavälämmittimellä. Ulkoilmakanavan kondenssivedenpoistoineen on oltava ilma- ja radontiivis, jotta maaperän radonpitoista ilmaa ei pääse kanavaan ja sitä kautta sisäilmaan.

Tuloilmaikkunassa ulkoilma johdetaan sisätilaan ikkunoiden puitevälin kautta. Puitevälissä lasiin ja ikkunan umpiosiin absorpoitunut auringonsäteily ja lämpöhäviö sisätilasta voivat esilämmittää sisäänjohdettavaa ilmaa. Tuloilmaikkunaa käytettäessä on estettävä vääransuuntainen ilmavirtaus ja ikkunan huurtuminen sekä varmistettava riittävän laaja venttiilin säätöalue.

Ikkunatuuletuksella voidaan myös viilentää sisätiloja erityisesti silloin, kun rakennuksessa tai asunnossa on läpituuletusmahdollisuus eli ikkunoita voidaan avata yhtäaikaisesti kahdesta eri julkisivusta.

Energiatehokkuus

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton puuttuminen johtaa tyypillisesti keskimääräistä korkeampaan tilojen lämmitysenergiankulutukseen. Rakentamismääräysten E-lukuvaatimus ohjaa käyttämään painovoimaisen ilmanvaihdon kanssa tilojen ja käyttöveden lämmitykseen energiamuotoa, jonka kerroin muodostuu E-lukulaskennassa edulliseksi. Uusiutuvan energian tuottaminen rakennuksen omaan käyttöön (esimerkiksi aurinkosähkö tai aurinkolämpö) voi osaltaan auttaa E-lukuvaatimuksen saavuttamisessa.

Vaikka säädökset eivät sitä edellytä, ympäristönäkökulmasta on syytä tarkastella myös lämmitysmuodon CO₂-päästökerrointa, joka poikkeaa rakentamismääräysten tarkoittamasta energiamuodon kertoimesta esimerkiksi kaukolämmön osalta. Energiamuotojen CO₂-päästökertoimista raportoi esimerkiksi Motiva. Rakennuksen käytön kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat suuriksi, mikäli lämmön talteenotto puuttuu ilmanvaihdosta ja käytetään korkeapäästöistä lämmitysmuotoa.

Käytön aikainen säätö ja seuranta

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa riittävä ilmavirta ja hyvä lämpöviihtyvyys edellyttävät käyttäjältä ilmanvaihtoventtiilien säätämistä vaihtelevan ulkolämpötilan ja tuulisuuden mukaan. Venttiilin säätäminen on tehtävä käyttäjälle helpoksi. Käyttöä helpottaa, jos venttiilin asennosta voi nähdä säädön vaikutuksen. Ulkoilmaventtiilinä voidaan käyttää myös lämpötilan mukaan säätävää venttiiliä, mutta suunnittelussa on varmistettava, että sen säätöalue on riittävä ja oikein asetettu järjestelmän toimintaan nähden.

Ikkunatuuleutusta voidaan käyttää tarvittaessa. Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista edellyttää, että asuinhuoneen ikkuna tai sen osa on avattavissa.

Vaatimukset rakennuspaikalle

Ennen suunnittelun aloittamista on varmistettava, että rakennuspaikka on painovoimaiselle järjestelmälle sopiva. Jos painovoimaisessa ilmanvaihdossa käytetään äänenvaimentamattomia venttiilejä, ratkaisu ei sovi melualueille, kuten isojen liikenneväylien varsille tai lentomelualueille.

Riittävä suodatustaso tulee huomioida suunnittelussa. Ulkoilman suodatus aiheuttaa painovoimaisessa ilmanvaihdossa merkittävän painehäviön.

Ilmanlaatu on Suomessa pääsääntöisesti hyvä. Siitä huolimatta ulkoilman pienhiukkasten arvioidaan olevan merkittävin ilman epäpuhtauksien aiheuttama ympäristöterveysriski myös Suomessa. Tie- ja katuliikenne on maassamme keskeinen hengitysilman likaaja. Ajoneuvoliikenteen päästöt vaikuttavat voimakkaasti lähiympäristön ilmanlaatuun. Vaikutus laskee nopeasti tiestä etäännyttäessä ja on taustan tasolla 200–300 metrin etäisyydellä. Taajamien sisääntuloteiden ja pääkatujen varsilla altistumisriski on ilmeinen. Tiiviisti rakennetuilla paikoilla, kuten keskustoissa, alueen liikenne nostaa pitoisuuksia kadun vaikutusalueella laajemmin (Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa, Uudenmaan ELY-keskus, Opas 2–2015).

Ilmanvaihtojärjestelmä voidaan suunnitella ilman ulkoilman suodatusta, jos ulkoilman laatu on riittävän hyvä. Rakennuspaikan tulisi tällöin täyttää vähintään ”Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa” -oppaan ilmanlaatuvaatimusten herkkä kohteelle asetettu suositusarvo. Ulkoilman suodatusta ei voi jättää pois rakennuspaikalla, jonka läheisyydessä on useampia vilkasliikenteisiä liikenneväyliä. Näitä periaatteita noudattaen täytetään ulkoilman puhtauden suhteen vähintään luokitus ODA 1 (P) ja tuloilman puhtauden suhteen vähintään luokitus SUP 4 (lisätietoa www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas). Silloinkin, kun ilmanlaadun puolesta ilmanvaihto voidaan suunnitella ilman ulkoilman suodatusta, on suositeltavaa tehdä ulkoilmaventtiileihin varaus tilapäisesti käytettävälle suodattimelle, jolle voi ilmetä erityistä tarvetta esimerkiksi siitepölyn takia.

Arkkitehtisuunnittelu

Koska painovoimainen ilmanvaihto asettaa rajoituksia rakennuksen muodolle ja tilaratkaisuille, sen on oltava arkkitehtisuunnittelun lähtökohtana alusta asti. Arkkitehdilla tulee olla käsitys painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaatteista sekä poistoilmahormien ja ulkoilmaventtiilien tyypillisistä mitoituksista.

Poistoilmahormien sijoittelussa voidaan noudattaa kahta vaihtoehtoista periaatetta:

- *Siirtoilmaratkaisussa* jokaiseen asuinhuoneeseen sijoitetaan tuloilmaventtiili, mutta poistoilmaventtiilit ja -hormit ovat pääsääntöisesti peseytymis- tai varastotiloissa, joihin ilma kulkee esimerkiksi oviraosta tai siirtoilmasäleikön kautta.
- *Huonekohtaisessa tulo- ja poistoilmaratkaisussa* jokaiseen tilaan sijoitetaan sekä tulo- että poistoilmaventtiili.

Poistoilmahormien sijoittelu tiloihin tehdään valitun ratkaisumallin mukaisesti. Seuraavaksi varmistetaan, että hormoneissa on riittävä mitoitus. Suurimpiin tiloihin voidaan joutua sijoittamaan useampia poistoilmahormeja, jotta asunnon ilmamäärävaatimukset täyttyvät. Yleensä hormit sijoitetaan rungon keskelle väliseinien kohdille. Poistoilmahormien ja -kanavien tarvitsema lattia-ala saa ylittää asemakaavan osoittaman rakennusoikeuden (MRL 115 §).

Ulkoseinille sijoitetaan huonekohtaisesti ulkoilmaventtiilit. Väliseiniin ja -oviin merkitään mahdolliset siirtoilma-reitit.

Vesikatolla hormiryhmät on pyrittävä sijoittamaan mahdollisimman lähelle harjaa, pulpettikatossa lähemmäs katon korkeinta kohtaa. Näin hormoneihin syntyy parempi veto eikä tuuli paina niin helposti ilmaa hormoneista sisään.

Poistoilmavirtaan vaikuttava hormivaikutus on sitä suurempi, mitä korkeampi hormi on. Mitoituksessa tarkastellaan poistoilmahormin yläpään ja ulkoilma-aukon korkeuseroa, jonka tulisi vanhan nyrkkisäännön mukaan olla vähintään 4,5 metriä. Vaakasiirtymiä tulee välttää.

Ilmanvaihdon suunnittelu

Painovoimaisen ilmanvaihdon mitoitus voidaan tehdä laskentakaavojen avulla silloin, kun rakennus koostuu selkeästi rajautuvista tiloista ja ilmavirtaa voidaan tarkastella palvelualueittain. Tässä oppaassa esitetyt taulukkomuotoiset mitoitusohjeet perustuvat tilakohtaiseen laskentaan ja soveltuvat siis selkeitä erillisiä huonetiloja käsittävälle tavanomaisille asuinrakennuksille ja loma-asunnoille.

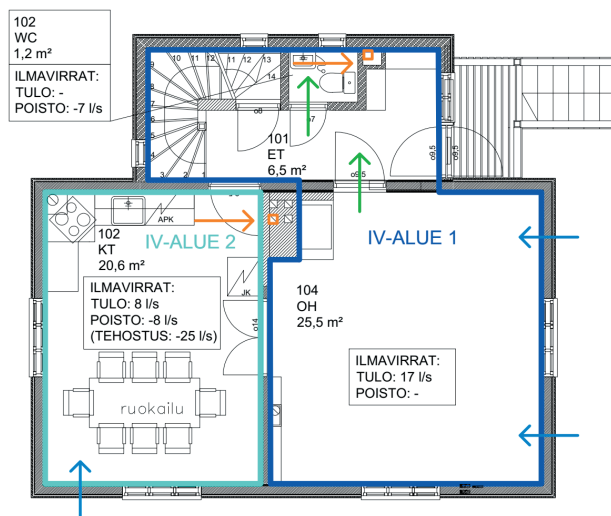
Kun rakennus on laaja ja sisältää monimutkaisia tilasarjoja tai eri kerroksia yhdistäviä tilakokonaisuuksia, laskentakaavoihin perustuva mitoitus ei yleensä riitä. Täl-

löin ilmanvaihdon palvelualueiden sisäisiä ilmavirtauksia voidaan tarkastella virtaussimuloinnin (CFD-simuloinnin, *computational fluid dynamics*) avulla. Virtaussimuloinnilla voidaan tarkastella myös esimerkiksi lämpövihtyvyyttä oleskeluvyöhykkeellä tai takaisinvirtaustilanteiden yleisyyttä poistoilmahormeissa.

Tuulen vaikutuksen täsmällinen osoittaminen on vaikeaa sekä laskentakaavojen että virtaussimuloinnin avulla. Laskentakaavoihin perustuvassa mitoituksessa rakennuksen ulkopinnan painekuviot oletetaan yleensä tuulen vaikutuksen osalta tasaisiksi. Virtaussimulaatio huomioi rakennuksen muodosta aiheutuvat erilaiset painesuhteet rakennuksen eri sivuilla. Tarkasteltavaa kohdetta ympäröivät rakennukset ja kasvillisuus ohjaavat kuitenkin todellisuudessa merkittävästi ilman virtauksia ja vaikuttavat virtausten nopeuksiin. Kun ilmanvaihdon venttiilit ovat täysin auki, tuulen ilmanvaihtuvuutta lisäävä vaikutus voi olla merkittävä.

Mitoitusperusteet

Tämän oppaan mitoitusaulukot on laadittu mitoitusulkolämpötilalle +10 °C. Mitoitussisälämpötila on +21 °C. Mitoitusulkolämpötilan valinta vaikuttaa ratkaisevasti hormimitoituksiin ja järjestelmän säädettävyyteen. Mitoituslämpötilalla +10 °C saavutetaan lämpimällä säällä riittävät ilmavirrat kuitenkin niin, että järjestelmä on riittävän hyvin säädettävissä kylmällä säällä. Taulukoiden mitoitusilmavirrat syntyvät vain hormivaikutuksen avulla eli tuulen ilmanvaihtuvuutta lisäävää vaikutusta ei ole huomioitu.

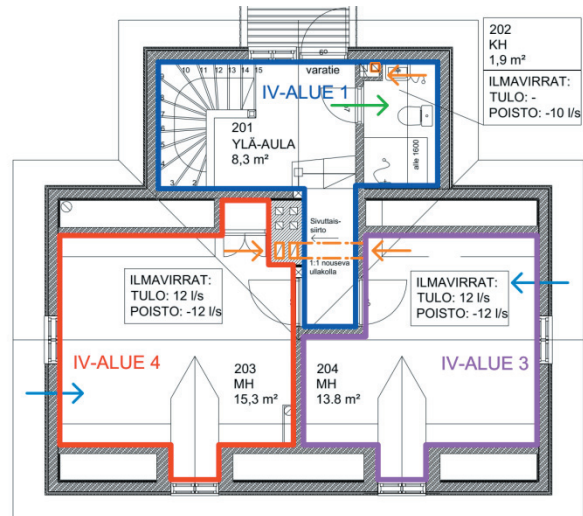


Ilmanvaihdon palvelualueet ja ilmavirrat

Suunnittelun aluksi rakennuksen tilat jaetaan yleensä ilmanvaihdon palvelualueisiin. Ilmanvaihdon palvelualueiden on oltava sellaisia tilakokonaisuuksia, joissa palvelu-alueetta rajaavat ovet voivat olla suljettuina rakennuksen normaalissa käytössä. Esimerkiksi portaikko, jossa ei ole suljettavaa ovea, ei voi rajata ilmanvaihdon palvelualueita. Kun palvelualueita rajaavat ovet ovat rakennuksen käytön aikana auki, saattavat ilmavirtojen suhteet eri hormien välillä muuttua. Ilmanvaihdon kokonaismäärä ei kuitenkaan tällaisessa tilanteessa pienene.

Tämän oppaan taulukkomitoitusta käytettäessä tietyn ilmanvaihdon palvelualueen kaikkien ulkoilmasäleikköjen on oltava keskenään samassa korkeusasemassa. Taulukkomitoitus edellyttää myös sitä, että ilmanvaihtoalueen läpi ulkoilmalaitteelta poistoilmaventtiilille virtaavan ilman virtausreitti kulkee enintään kahden siirtoilmalaitteen (siirtoilmasäleiköt, oviraot tms.) kautta. Lisäksi ilmanvaihdon palvelualueen kaikkien poistoilmahormien ulospuhallusaukkojen on oltava keskenään samassa korkeusasemassa.

Kuvissa 2 ja 3 on esitetty omakotitalon jako ilmanvaihtoalueisiin painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelua varten. Kun tilojen mitoitusilmavirrat on määritetty, voidaan määrittää ulkoilmalaitteiden, siirtoilmalaitteiden sekä poistohormien ilmavirrat. Kussakin tilassa tulevien ja poistuvien ilmavirtojen on oltava yhtä suuret. Kullakin ilmanvaihdon palvelualueella poistohormien ilmavirtojen summan on oltava yhtä suuri kuin ulkoilmalaitteiden ilmavirtojen summa.



Kuvat 2 ja 3. Esimerkki rakennuksen jaosta ilmanvaihdon palvelualueisiin.

Poistoilmahormien mitoitus

Poistoilmahormien riittävä määrä voidaan tarkistaa käytämällä apuna oheisia taulukoita (taulukot 1–3). Tilojen mitoitusilmavirtojen perusteella lasketaan kunkin poistohormin ilmavirta. Hormivaikutuksen korkeuseron, poistohormin materiaalin ja sisämitan perusteella taulukosta voidaan lukea suurin ilmamäärä, joka kyseiselle hormille voidaan mitoittaa. Jos poistohormin on poistettava suurempi ilmamäärä, tulee tilaan määrittää toinen poistoilmahormi tai poistoilmahormin kokoa täytyy kasvattaa siten, että yhden poistohormin ilmamäärä ei ylitä taulukossa ilmoitettua ilmamäärää.

Jos suunniteltu järjestelmä tuottaa vihreän taulukon mukaan tarpeettoman suuret ilmavirrat, voidaan käyttää keltaista tai oranssia taulukkoa, jolloin ulkoilmalaitteet voidaan mitoittaa pienemmiksi.

Ulkoilmalaitteiden mitoitus

Tässä oppaassa esitetty poistohormien mitoitus on riittävä vain, jos ulkoilma- ja siirtoilmalaitteiden yhteenlaskettu painehäviö ilman virtausreitillä poistohormiin on riittävän alhainen.

Ulkoilmalaitteen tulee aiheuttaa riittävän pieni painehäviö mitoitusilmavirralla mitoitusulkolämpötilassa, kun ulkoilmalaitte on säädetty kokonaan auki. Lisäksi ulkoilmalaitteen on oltava hyvin säädettävissä, jotta kylmässä ulkolämpötilassa ilmamäärät eivät kasva liian suuriksi. Tällainen toiminta voidaan toteuttaa esimerkiksi asentamalla tilaan sekä suuren ilmamäärän antava venttiili (esim. lautas- tai kippiventtiili) että pienemmän ilmamäärän antava venttiili (esimerkiksi rakoventtiili). Lämpimässä ulkolämpötilassa väljemmästä venttiilistä saadaan riittävä ilmavirta. Kylmässä ulkolämpötilassa, kun hormivaikutus tuottaa suuren paine-eron, väljempi venttiili voidaan sulkea kokonaan ja ilmamäärä voidaan säätää sopivaksi suuremman painehäviön venttiilillä.

Jotta ulkoilmalaitteella olisi matala painehäviö, tulee valinnassa noudattaa seuraavia periaatteita:

- Ulkoilmalaitteen säleiköllä tulee olla suuri vapaa virtausala (esimerkiksi valettu säleikkö verkolla).

- Ulkoilmalaitteen kanavan tulisi olla mahdollisimman lyhyt ja suora, esimerkiksi suoraan seinän läpi asennettu kanava. Ulkoilmalaitteessa voidaan kuitenkin käyttää S- tai Z-kanavaa, jossa kanava tekee mutkan seinän sisällä siten, että ulkosäleikkö on hieman ulkoilmaventtiiliä alempana. Mutkallinen kanava ulkoilmalaitteessa lisää hieman laitteen aiheuttamaa painehäviötä. Kun ulkoilmalaitteen kanavassa on suunnanmuutoksia, on erityisen tärkeää, että poistohormit kulkevat mahdollisimman suoraan katolle.
- Ulkoilmaventtiilin tulee olla painovoimaiseen ilmanvaihtoon soveltuva lautasventtiili, kippiventtiili tai muu alhaisen virtausvastuksen tuottava tuloilmalaitte.

Jos ulkoilmalaitteeseen sisällytetään ilman suodatus, pienenee mitoitusilmamäärä merkittävästi. Voidaan olettaa, että karkeasuodatusta käytettäessä laitteesta saatava ilmamäärä on puolet ($1/2$) ja hienosuodatusta käytettäessä neljännes ($1/4$) taulukossa 4 ilmoitetuista ilmamääristä. Koska suodatuksen aiheuttama painehäviö on merkittävä, tulisi suodatusta suunniteltaessa käyttää laitevalmistajan ilmoittamia suoritusarvoja.

Siirtoilmalaitteiden mitoitus

Taulukoissa 1–3 esitetyt poistohormien mitoitusilmavirrat toteutuvat vain, jos ulkoilma- ja siirtoilmalaitteiden yhteenlaskettu painehäviö ilman virtausreitillä poistohormiin on riittävän alhainen. Siirtoilmalaitteiden aiheuttaman painehäviön tulee olla alle 0,5 Pa.

Riittävän pienen painehäviön saavuttamiseksi siirtoilmalaitteiden mitoituksessa voidaan käyttää seuraavia periaatteita:

- Siirtoilmalaitte voi olla ovirako tai siirtoilmasäleikkö.
- Siirtoilmalaitteen virtausalan tulisi olla vähintään 200 cm² (esimerkiksi 800 mm leveä ovirako, jonka korkeus on 25 mm). Muuten siirtoilmalaitteen ilmavirran mitoituksessa voidaan käyttää nyrkkisääntöä: vapaa virtausala on 50 cm² per 1 dm³/s ilmavirtaa. Pitkulaisen oviraon painehäviö on virtausalaan suhteutettuna suurempi kuin neliömäisen siirtoilmasäleikön.

Taulukko 1: Suurin ilmavirta, joka voidaan mitoittaa poistoilmahormille, kun ulkoilma- ja siirtoilmalaitteen sekä poistoventtiilin yhteenlaskettu painehäviö on korkeintaan 1,5 Pa (painetaso 1).

Mitoituslämpötilat: ulkolämpötila +10 °C (sisälämpötila +21 °C)							
Hormissa voi olla 3 kappaletta suunnanmuutoksia, kulma on korkeintaan 90°; sivuttaissiirtoa korkeintaan 10 % hormivaikutuksen korkeuserosta.							
Hormivaikutuksen korkeusero vähintään Korkeusero ulkoilma-aukon keskikohdasta poistohormin ulospuhallusaukkoon oltava vähintään ilmoitettu metrimäärä, jotta rivin maksimi-ilmavirta toteutuu.		Muurattu tiilihormi			Kierresaumakanavahormi		
		koko kivi n. 15x29 cm	3/4 kiveä n. 15x22 cm	puoli kiveä n. 15x15 cm	Ø 200 mm	Ø 160 mm	Ø 125 mm
		max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s
Seloste	metriä						
Ylimmän kerroksen hormit, yleensä	4	12	9	6	9	6	3
Toiseksi ylimmän kerroksen hormit, yleensä	7	28	20	13	21	13	8
Kolmanneksi ylimmän kerroksen hormit, yleensä	10	36	26	17	27	17	10

Taulukko 2: Suurin ilmavirta, joka voidaan mitoittaa poistoilmahormille, kun ulkoilma- ja siirtoilmalaitteen sekä poistoventtiilin yhteenlaskettu painehäviö on korkeintaan 2,5 Pa (painetaso 2).

Mitoituslämpötilat: ulkolämpötila +10 °C (sisälämpötila +21 °C)							
Hormissa voi olla 3 kappaletta suunnanmuutoksia, kulma on korkeintaan 90°; sivuttaissiirtoa korkeintaan 10 % hormivaikutuksen korkeuserosta.							
Hormivaikutuksen korkeusero vähintään Korkeusero ulkoilma-aukon keskikohdasta poistohormin ulospuhallusaukkoon oltava vähintään ilmoitettu metrimäärä, jotta rivin maksimi-ilmavirta toteutuu.		Muurattu tiilihormi			Kierresaumakanavahormi		
		koko kivi n. 15x29 cm	3/4 kiveä n. 15x22 cm	puoli kiveä n. 15x15 cm	Ø 200 mm	Ø 160 mm	Ø 125 mm
		max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s
Seloste	metriä						
Ylimmän kerroksen hormit, yleensä	4	-	-	-	-	-	-
Toiseksi ylimmän kerroksen hormit, yleensä	7	17	12	8	13	8	5
Kolmanneksi ylimmän kerroksen hormit, yleensä	10	29	21	14	23	14	8

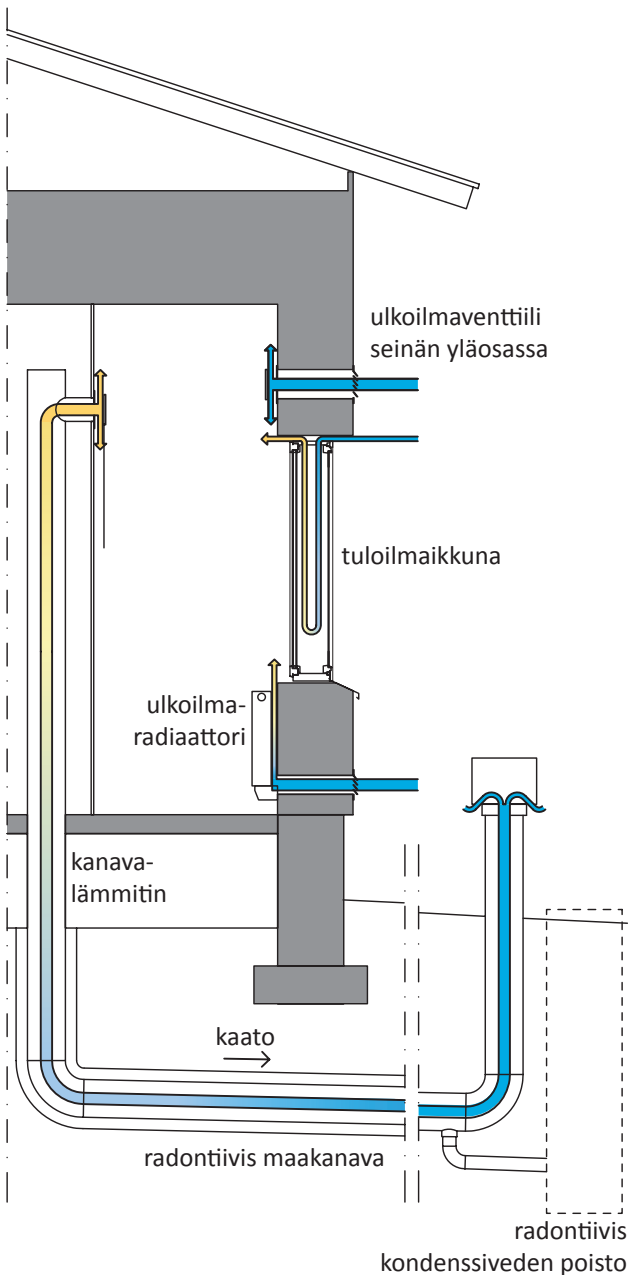
Taulukko 3: Suurin ilmavirta, joka voidaan mitoittaa poistoilmahormille, kun ulkoilma- ja siirtoilmalaitteen sekä poistoventtiilin yhteenlaskettu painehäviö on korkeintaan 3,5 Pa (painetaso 3).

Mitoituslämpötilat: ulkolämpötila +10 °C (sisälämpötila +21 °C)							
Hormissa voi olla 3 kappaletta suunnanmuutoksia, kulma on korkeintaan 90°; sivuttaissiirtoa korkeintaan 10 % hormivaikutuksen korkeuserosta.							
Hormivaikutuksen korkeusero vähintään Korkeusero ulkoilma-aukon keskikohdasta poistohormin ulospuhallusaukkoon oltava vähintään ilmoitettu metrimäärä, jotta rivin maksimi-ilmavirta toteutuu.		Muurattu tiilihormi			Kierresaumakanavahormi		
		koko kivi n. 15x29 cm	3/4 kiveä n. 15x22 cm	puoli kiveä n. 15x15 cm	Ø 200 mm	Ø 160 mm	Ø 125 mm
		max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s	max. dm³/s
Seloste	metriä						
Ylimmän kerroksen hormit, yleensä	4	-	-	-	-	-	-
Toiseksi ylimmän kerroksen hormit, yleensä	7	-	-	-	-	-	-
Kolmanneksi ylimmän kerroksen hormit, yleensä	10	20	15	9	16	9	5

Taulukko 4. Ulkoilmalaitteen säleikön, kanavan ja venttiilin koko voidaan valita mitoitusilmamäärän mukaan alla olevan taulukon avulla (vihreä, keltainen tai oranssi tausta painetasoa vastaavasti).

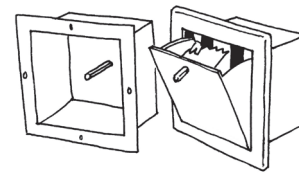
Käytettävä samaa painetasoalainta (1, 2 tai 3) ilmanvaihdon palvelualueen poistoilmahormien ja ulkoilmalaitteiden mitoituksessa. Sarakeissa on merkitty pyöreän kanavan halkaisija (Ø XX mm) tai rakovernttiilin mitat (RXX x 12 mm) sekä ulkoilmalaitteen virtausala (cm²). Neliömäisellä kanavalla voidaan käyttää vastaavan virtausalan pyöreän kanavan arvoa.		Suurin ilmavirta, joka voidaan mitoittaa eri kokoisille ulkoilmalaitteille.				
		Ø 160 mm ~200 cm² max. - dm³/s	Ø 125 mm ~125 cm² max. - dm³/s	Ø 100 mm ~80 cm² max. - dm³/s	R600 x 12 ~70 cm² max. - dm³/s	R300 x 12 ~36 cm² max. - dm³/s
Painetaso 1	Siirtoilmalaitteen kautta	8	5	3	1	0,5
painehäviö ≤ 1,5 Pa	Ilman siirtoilmalaitteita	10	6	4	2	1
Painetaso 2	Siirtoilmalaitteen kautta	10	7	4	2	1
painehäviö ≤ 2,5 Pa	Ilman siirtoilmalaitteita	12	8	5	2	1
Painetaso 3	Siirtoilmalaitteen kautta	12	8	5	3	1,5
painehäviö ≤ 3,5 Pa	Ilman siirtoilmalaitteita	12	8	5	3	1,5

ESIMERKKEJÄ ULKOILMALAITTEISTA

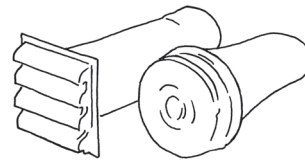


Ulkoilma voidaan johtaa sisätiloihin myös *kulvertin* kautta. Kulvertilla tarkoitetaan asuintilojen alapuolella sijaitsevaa käytävän tai huoneen kaltaista tilaa, jossa ulkoilma esilämpenee. Ilma johdetaan kulvertista asuintiloihin alapohjan läpi kanavia tai hormoneja pitkin.

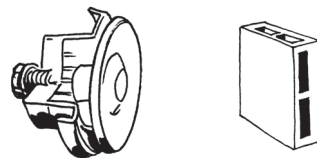
Poistoilmahormiston tai -kanaviston pää suojataan sateelta. Hormien vetoa voidaan parantaa lisäämällä hormien päähän tuulen voimalla toimivia vedonparantajia tai tuuliohjaimia, jotka vähentävät tuulen aiheuttamaa takaisinvirtausta ja suojaavat poistoilmahormia tai -kanavaa tuulelta ja sateelta.



Kippiventtiili.



Suodattimella varustettu lautasventtiili ja läpivientikappaleella varustettu ulkoilmasäleikkö.



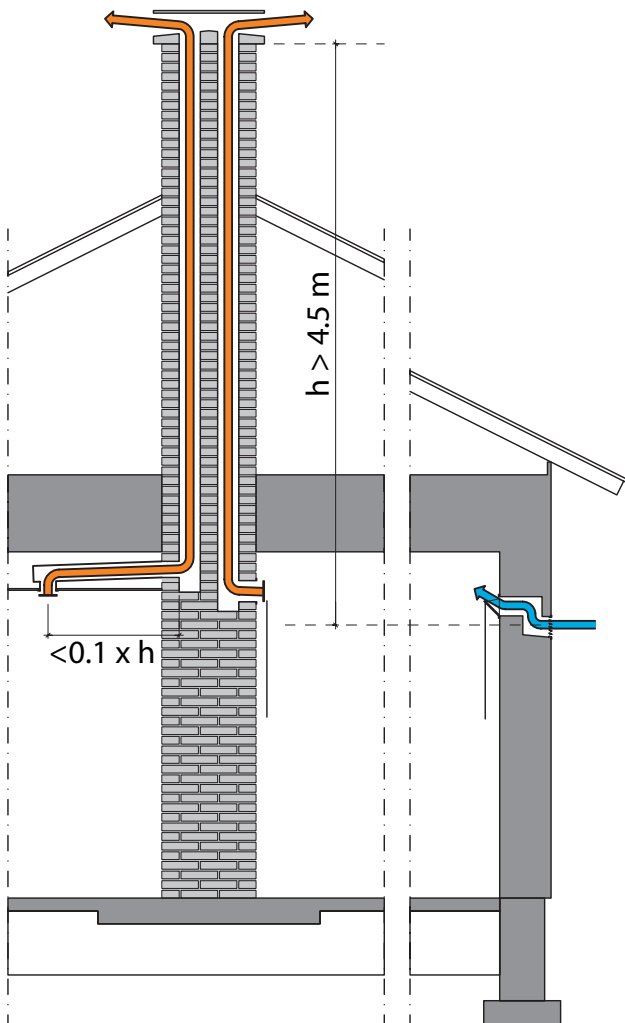
Ulkolämpötilan mukaan säätävä lautasventtiili (vas.). Ulkoilmaventtiili, joka ohjaa ilmavirran sivuille vedon välttämiseksi (oik.).



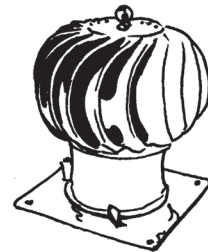
Ulkoilmasäleikköjä.

Poistoilmavirtaan vaikuttava hormivaikutus on sitä suurempi, mitä korkeampi hormi on. Mitoituksessa tarkastellaan poistoilma- ja ulkoilmaelimen korkeuseroa, jonka tulisi nyrkkisäännön mukaan olla vähintään 4,5 metriä.

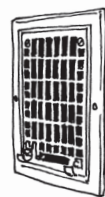
Perinteisesti hormin pituutta on lisännyt lämmitettävän tilan päällä oleva lämmittämätön ullakko. Ilmanvaihto-asetuksen mukaan ilmanvaihtohormien ja -kanavien lämmön- ja kosteudeneristys on aina suunniteltava siten, ettei ilma jäähydy tai lämpenee lämpötilanhallintaa ja viihtyisyyttä haittaavasti eikä kosteus tiivisty rakenteita vahingoittavasti tai sisäilman laatua heikentävästi (25 §).



Kääntyvä tuuliohjain ohjaa poistoilmavirran tuulen alapuolelle.



Tuulella toimiva vedonparantaja lisää poistoilmavirtausta tuulen nopeuden kasvaessa.



Poistoilmaventtiileitä.

Hormin tuottama ilmavirta ei kasva suoraan korkeuden mukaan, vaan siihen vaikuttavat myös hormin sisäpinnan karheus ja poikkileikkausmuoto (pyöreä, neliömäinen tai suorakaiteinen). Tiilihormit rakennetaan tavallisesti tiilen mitan mukaan puolen kiven (n. 150 x 150 mm), $\frac{3}{4}$ -kiven (n. 150 x 220 mm) ja koko kiven hormeiksi (n. 150 x 290 mm). Pyöreiden muovi- ja peltikanavien tavallisimmin käytettävät koot ovat 125 mm ja 160 mm. Ilmanvaihtohormien- ja kanavien materiaalin valinnassa on huomioitava palosuojaus- ja ääneneristävyysvaatimukset. Tiilihormit slammataan sileäpintaisiksi.

Hormeissa ja kanavissa tulee välttää vaakavetoja, koska ne kasvattavat painehäviötä ja pienentävät ilmamäärää. Vuoden 1978 rakentamismääräyskokoelman osa D2 ohjeisti vaakavetojen maksimipituudeksi 10 % hormin korkeudesta. Vaakasuorien osuuksien tulisi nousta virtaussuuntaa kohden, ja jyrkkiä mutkia tulisi välttää. Mikäli vaakasuoraa hormia joudutaan käyttämään, on mitoituksessa huomioitava kaikki virtausvastukset.

Rakennuspaikka ja rakennus

- On varmistettu, että rakennuspaikan melutaso on hyväksyttävä painovoimaiselle järjestelmälle.
- Arkkitehtisuunnittelussa on huomioitu painovoimaisen ilmanvaihdon vaatimukset.
- On varmistettu, että rakennuspaikan ilma on riittävän puhdasta suodattamattomana tai että riittävä suodatus on mahdollista.
- Suunnittelussa on huomioitu rakennuspaikan ilmasto-olosuhteet tuuli mukaan lukien.

Ilmanvaihdon mitoitus ja sisäilman laatu

- Poistohormien ja ulkoilmalaitteiden määrät ja mitoitus virtausreitteineen on suunniteltu niin, että ilmamäärät ovat riittävät mitoituslämpötilassa ja keskimääräisellä tuulen nopeudella.
- Avustus ja tehostus on järjestetty tiloittain niin, että niiden avulla voidaan aina saavuttaa määräysten mukainen ilmanvaihtuvuus.
- Virtausreitit on suunniteltu siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista epäpuhtaampiin päin.
- Tulisijojen ja erillispoistojen vaatima lisäulkoilmavirran saanti on huomioitu.

Ilmanvaihdon säädettävyyden ja ohjaus

- Ilmanvaihtoverkko on käytettävissä helposti säädettävissä.
- Avustus- ja tehostusjärjestelmä on käytettävissä helposti säädettävissä.
- Ilmanvaihtoverkko on suljettavissa.

Lämpötilaolosuhteet

- Ulkoilman tuonti tiloihin on järjestetty siten, että siitä ei aiheudu haitallista vetoa oleskeluvyöhykkeellä.

Ilmanvaihtokanavisto

- Eri tilojen ja asuntojen poistoilmahormeja tai -kanavia ei ole yhdistetty.
- Painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtoa ei ole yhdistetty niin, että ilmavirtojen suunnat voivat muuttua suunnitelluista.
- Poistohormit ja piiput on sijoitettu tarkoituksenmukaisesti ja suunniteltu huomioiden säärasitus.
- Ilmanvaihtokanavat ovat riittävän tiiviit.
- Kanavat ja venttiilit on suunniteltu niin, että kondenssia ei pääse muodostumaan haitallisesti.
- Kanavat ja muut virtausreitit on suunniteltu siten, että ne voidaan puhdistaa.

Energiatehokkuus

- Energiatehokkuusvaatimusten täytyminen on varmistettu E-lukulaskelmalla.

Käyttöönotto, käyttö ja huolto

- Ilmanvaihtojärjestelmän käyttö- ja huolto-ohje on laadittu asukkaille suunnattuna huomioiden painovoimaisen järjestelmän erityispiirteet.
- Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat on mitattu ja säädetty ja ilmanvaihtojärjestelmä on saatettu toimimaan suunnitelman mukaisesti ennen rakennuksen käyttöönottoa.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

