#2389

AIVC 1859

2389

Dipl.ins. Tapio Korkala
Valtion teknillinen tutkimuskeskus
LVI-tekniikan laboratorio

Tapio Korkala toimii laboratoriossa rakennusten ilmanvaihtoon, tiiviyteen ja sisäilmastoon liittyvissä tutkimustehtävissä.

Painovoimainen ilmanvaihto — tabua tutkimassa

Painovoimaisesta ilmanvaihdosta käytävä keskustelu tuntuu olevan välillä melko kuumaa. Näkemyksiä esitetään sekä tietoon että henkilökohtaisiin tuntemuksiin perustuen. Tällä kertaa ei kuitenkaan pyritä valamaan taikauskoa, vaan ainoastaan kertomaan miten painovoimaista ilmanvaihtoa tutkitaan ja pyritään kehittämään Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Lisäksi esitetään muutamia alustavia tuloksia.

Painovoimaista ilmanvaihtoa lähestytään käynnissä olevassa projektissa teoreettisin laskelmin ja mittauksin kenttäkohteissa. Näin yritetään löytää määrällisiä riippuvuuksia painovoimaisen ilmanvaihdon ja siihen vaikuttavien tekijöiden välille.

Projektin "Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaedellytykset" tavoitteena on selvittää järjestelmän toimintamahdollisuuksia ja käytön rajoja. Käytössä olevien ja uudisrakennusten painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa pyritään kehittämään myös ulkoilman sisäänoton ja mahdollisen koneellisen tehostuksen kannalta.

Perusongelma painovoimaisessa ilmanvaihdossa on hormin käyttövoiman (hydrostaattisen paineen) heikkous ja vaihtelevuus vuodenaikojen mukaan. Talvellakin käyttövoima on vain 1 Pa luokkaa hormimetriä kohti.

Tuulisella säällä tuulen aiheuttamat paine-erot ovat usein edellistä paljon suurempia ja tuulen puoleiset vuotoilmavirrat rakennukseen ovat huomattavia. Toisella puolella rakennusta tapahtuu vastaavasti ulospäinvirtausta.

Kolmas selvä ongelma on painovoimaisen järjestelmän kanssa usein ja nykyään lähes aina käytettävä koneellinen tehostus. Selviä havaintoja on tehty ilman virtaamisesta väärinpäin muissa hormeissa, kun esimerkiksi liesituuletin on päällä ja ikkunat ovat kiinni nykyaikaisessa tiiviissä rakennuksessa.

Simuloidaan laskentamallilla

Kokeelliset menetelmät ovat usein liian työläitä painovoimaisen ilmanvaihdon määrällisten riippuvuuksien esille saamiseen. Tästä syystä teoreettisin laskelmin pyritään ilmanvaihdon toimintaa havainnollistamaan eri tilanteissa. Laskelmat tehdään LVI-tekniikan laboratoriossa kehitetyllä tiiviyden ja ilmanvaihdon laskentamallilla.

Mallilla ratkaistaan tilakohtaisesti mm. ulkovaipan läpi kulkevat ilmavirrat, niiden jakautuminen eri vuotokohtien osalle ja paine-erot ulkovaipan seinämille.

Tiloja mallille voidaan antaa enintään kymmenen ja niiden välisten seinämien vuotoarvot saadaan aivan kuten ulkoseinämillekin. Arvot lasketaan ratkaisemalla tilakohtaisesti annetuilla lähtötiedoilla virtaustase.

Lähtötietoina annetaan rakennuksen ja ympäristötekijöiden arvot. Rakennuksen mittatietojen lisäksi annetaan ulkovaipan epätiiviyskohdille (myös ulkoilmaventtiileille ja hormeille) vuotofunktion (paine-eron ja tilavuusvirran riippuvuuden) kertoimet, jotka on määritetty kenttäkohteista mitatun kokeellisen aineiston pohjalta.

Tuulen aiheuttaman painepoikkeaman laskentaan käytettävät painekertoimet on määritetty mitattujen tuulitunnelikokeiden tuloksista käsikirjatietoina. Näitä tietoja on runsaasti aukean paikan tapauksille, mutta hyvin vähän tai ei ollenkaan ympäröivän maaston, rakennusten tai rakennuksen oman ulkovaipan huomioonottavana.

Säätiedot voidaan mallille antaa halutussa laajuudessa, mutta koska kukin tieto aiheuttaa yhden laskentakierroksen, on laajuudella rajansa. Tuulen nopeuden lisäksi annetaan sen suunta, ilman lämpötila ja kosteus sekä ko. säätilan vaikutusaika. Tuulelle annetaan myös maaston karheuden huomioonottavan nopeusfunktion gradienttikorkeus ja potenssi, sekä rakennuksen sijaintipaikalle että sääasemalle.

Laskentatilanteet

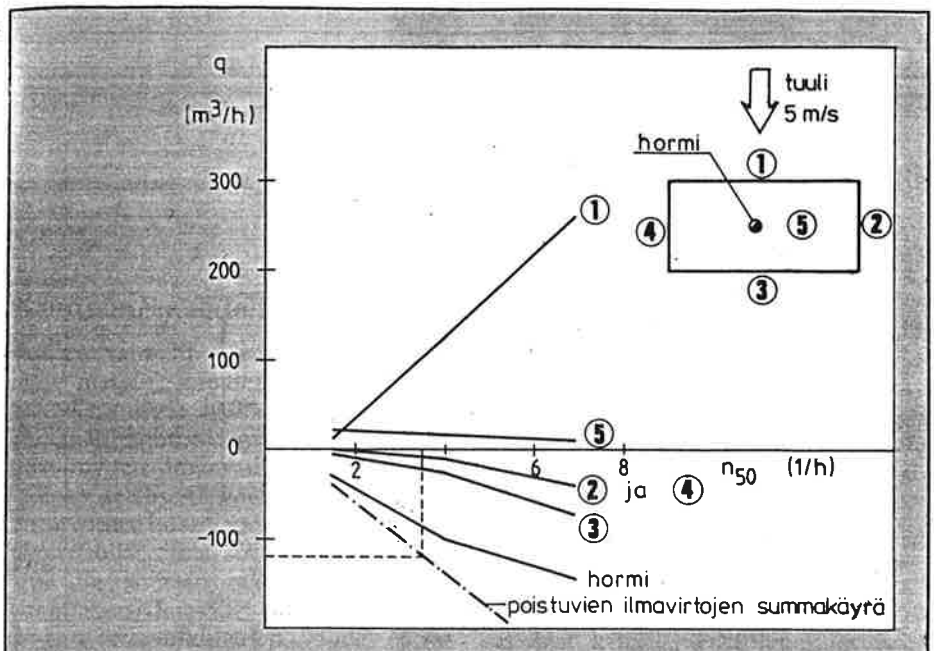
Laskentakohteiksi on valittu kolmikerroksinen yksiportainen kerrostalo ja yksikerroksinen pientalo. Väliseiniä mallirakennuksissa ei ole, ts. väliovien oletetaan olevan auki. Tällöin kerrostalossa on neljä tilaa: yksi huoneisto per kerros ja porrastila. Pientalossa on koko rakennus yhtä tilaa.

Seinien kokonaisvuoto (mukaanlukien ikkunat ja ovet) on mallirakennuksissa jaettu tasan ulkoseinämille vaipan kehän pituuden mukaan. Katolle ja tilakohtaisille hormeille on annettu omat vuotoarvonsa. Näin on saatu seinämien kannalta homogeeninen vuototiedosto, joka selventää ja helpottaa tulosten tarkastelua, sekä lyhentää vaadittavaa tietokone-aikaa merkittävästi.

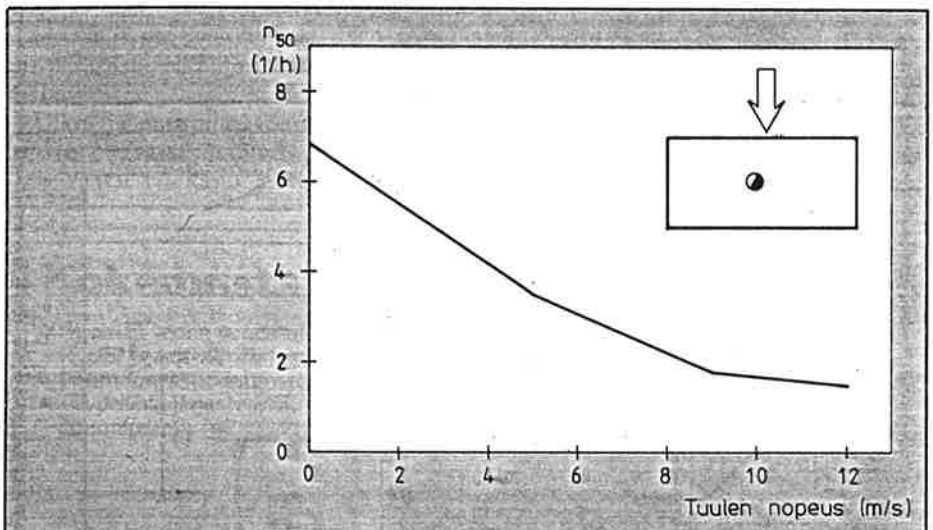
Aluksi selvitetään erään kuukauden (vertailujakson) säähavaintojen keskiarvojen soveltuvuus ilmanvaihtoarvojen laskentaan. Tällöin pientalolle tehdään laskelma, jossa verrataan tuulen suuntakohtaisten säähavaintojen keskiarvoilla laskettuja ilmanvaihtoarvoja kuukauden todellisilla säähavaintoarvoilla laskettuihin arvoihin.

Muuntelemalla ulkovaipan vuototietoja (tiiviystasoa) ja hormin asetusarvoa sekä kokeilemalla ulkoilmaventtiiliä vaipassa tutkitaan mahdollisuuksia, joita käytännössä voisi olla tuulivaikutuksen pienentämiseksi eri sääoloissa. Lisäksi kokeillaan painovoimaisen ilmanvaihdon osittaisen koneellistamisen vaikutusta ilmavirtoihin.

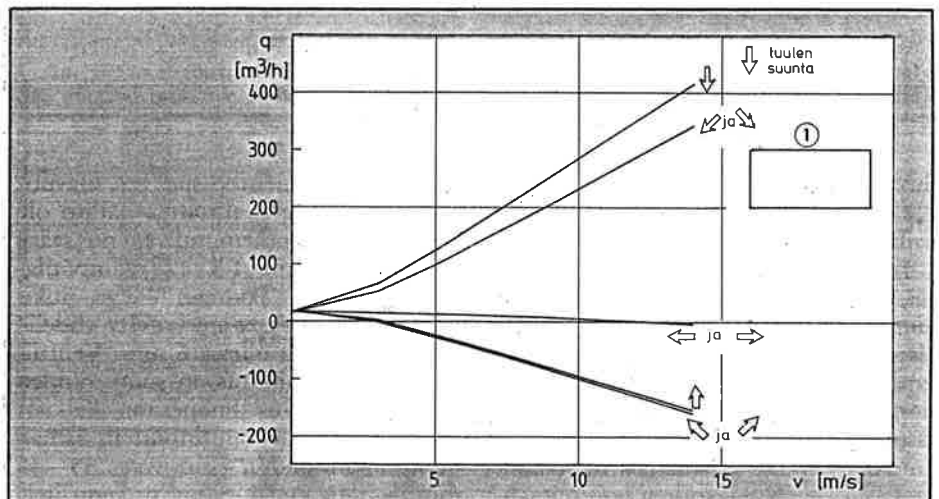
Säätietoina edellisessä käytetään sopivasti valittuja tuuli- ja ulkolämpötilapareja. Laskelmat tehdään kahdeksalle eri tuulen suunnalle. Säätietojen osalta optimistisena tavoitteena on saada tai luoda eräänlainen säätilan pysyvyystaulukko, josta eri sääolojen (lämpötila, tuuli) todennäköinen esiintymistiheys näkyisi. Käyttämällä tällaisia sääarvoja lähtötietoina saataisiin myös painovoimaisen ilmanvaihdon ilmavirtojen pysyvyys mallilla selvitettyä.



Kuva 1. Mallipientalon katon, seinien ja hormin laskettu tilavuusvirta eri tiiviystasoilla, kun ulkolämpötila on 0 °C. Ilmanvaihto 0,5 1/h (120 m³/h) saadaan tiiviystasolla n_{50} = 3,5 1/h.



Kuva 2. Mallipientalon laskettu tiiviyden raja-arvo rakennukseen osuvan tuulen funktiona. Raja-arvolla saadaan vielä ilmanvaihto 0,5 1/h ulkolämpötilassa 0 °C. Pätee vain nuolella ilmoitetulla tuulen suunnalla.



Kuva 3. Mallipientalon (n_{50} = 4,0 1/h) ulkoseinän 1 laskettu vuotoilmavirta eri tuulen suunnilla, kun ulkolämpötila on 0 °C. Tietyillä tuulensuunnilla ulospäinvirtausta (q negatiivinen) tapahtuu jo tuulella 3 m/s.

Laskentatuloksia

Pientalolle on tehty laskelmia kolmella ulkovaipan tiiviystasolla. Painekokeen ilmavuotoluvut 50 Pa paine-erolla (n_{50}) ovat olleet näissä tapauksissa 1,5 1/h, 4,0 1/h ja 6,9 1/h, joille on annettu työnimiksi tiivis, normaali ja hatara.

Kuvassa 1 on esitetty katon, ulkoseinien ja hormin ilmavirrat ulkolämpötilassa 0 °C ja tuulella 5 m/s. Positiivinen ilmavirta kuvaa rakennuksen sisään tulevaa virtausta. Talon tiiviyden vähetessä (n_{50} kasvaa), lisääntyvät hormin ja seinämän 1 tilavuusvirrat selvästi. Tietyllä tiiviystasolla saadaan rakennuksen poistoilmavirtojen summaksi 120 m³/h, joka vastaa talon kokoon nähden 0,5 1/h ilmanvaihtoa ko. sääoloissa.

Vastaavalla tavalla graafisesti summaamalla saadaan myös muille käytetyille tuulioloille rajatiiviystaso, jolla painovoimainen ilmanvaihto ulkolämpötilassa 0 °C on vielä riittävä. Näin saatu tiiviystason rajakäyrä tuulen nopeuden funktiona on esitetty **kuvassa 2**. Kuvan laskentatulosten mukaan Suomessa yleisillä, alle 5 m/s tuulilla tarvitaan tiiviystasoltaan 3,5 1/h tai hatarampi rakennus, jotta painovoimainen ilmanvaihto olisi riittävä ulkolämpötilassa 0 °C. Mainittakoon että tilanne ei edusta koko vuoden sääoloja.

Tuulen suunnan vaikutus yhden seinämän vuotoilmavirtoihin on esitetty **kuvassa 3**. Kyseessä olevalla normaalilla tiiviystasolla jo melko pienillä tuulen nopeuksilla ilma kulkee seinämässä ulospäin tietyillä tuulen suunnilla.

Mittausten kohderakennukset

Kohteet sijaitsevat pääkaupunkiseudulla, lukuunottamatta Oulun kohdetta, jonka mittauksista vastaa VTT:n rakennuslaboratorio.

Rakennukset ovat eri ikäisiä, vanhimman ollessa vuodelta 1908 ja uusimman vuodelta 1983. Joukko sisältää kuusi asuinkerrostaloa (väh. 3 kerrosta), kolme pienkerrostaloa, neljä rivitaloa (1—

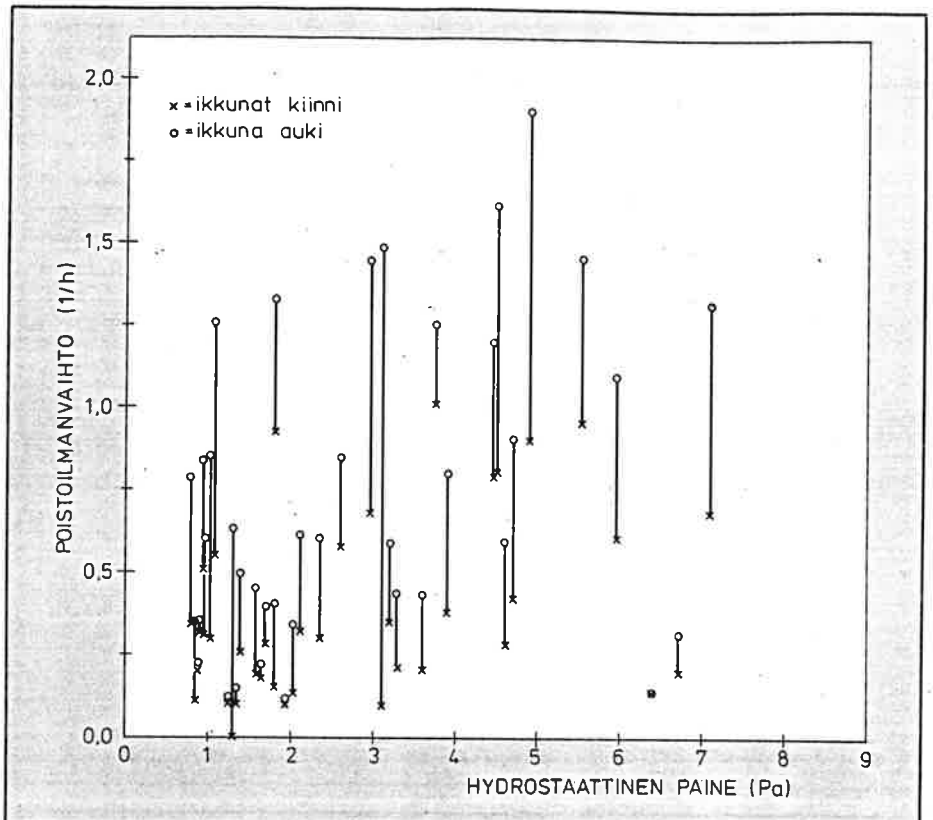
2 kerrosta) ja yhden paritalon. Oulun kohde on asuntolarakennus. Yhteensä mitattavia huoneistoja on 42 kpl.

Menetelmät

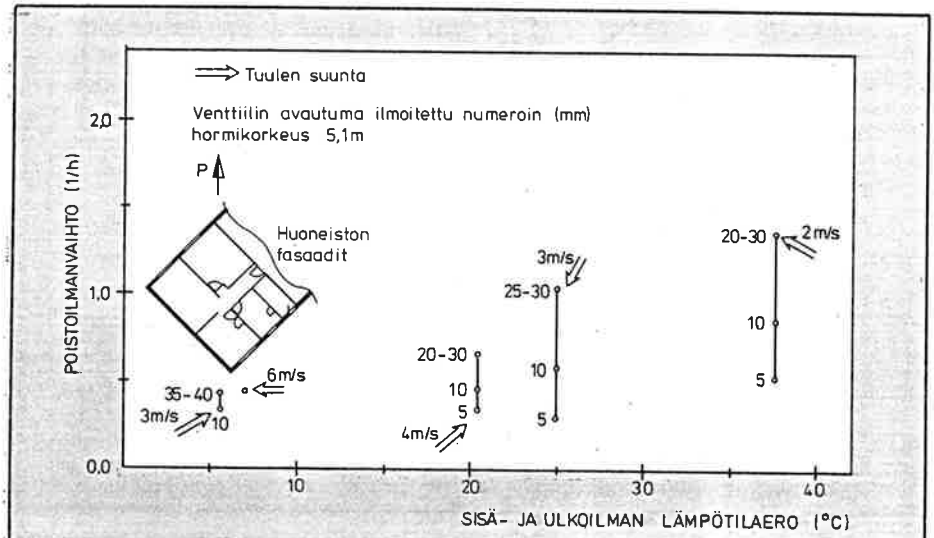
Koko kohdehuoneistojen joukolle tehtiin perusmittaukset, joihin kuuluvat venttiilikohtaisen ilmavirtojen mittaus, venttiilin avauksen vaikutuksen selvittäminen ilmavirtamittauksin, poistoilman sisään- ja ulosvirtauslämpötilan mittaus muutamassa kohteessa sekä ulko- että sisäilman paine-erojen mittaus. Edelleen selvitetään ikkunan avaamisen vaikutus poistoilmavirtoihin ja tietenkin ulko- ja sisälämpötilat. Oulun kohteessa mitataan hormien tilavuusvirta virtausnopeuden jatkuvalla mittausmenetelmällä. Tällöin pyritään viiden tunnin yhtämittaiseen jaksoon.

Perusmittausten tuloksien perusteella valitaan tarkempaan mittaukseen kaksi rivi- ja kaksi kerrostalokohdetta. Tarkkoihin mittauksiin kuuluvat huonekohtaisen ulkoilmavirran mittaus merkkiaineen vakiopitoisuusmenetelmällä, ilman paikallisen (huonekohtaisen) keski-iän mittaus alenemamenetelmällä, huoneistokohtaiset painekokeet ja venttiilikohtaiset ilmavirtojen mittaukset. Lisäksi mitataan ulko- ja sisäilman sekä porrastilan ja huoneiston paine-erot merkkiainemittauksen yhteydessä. Venttiilikohtaiset ilmavirrat rekisteröidään jatkuvana yhdessä kohteessa.

Tarkkojen mittausten yhteydessä toistetaan huoneilman lämpötilan ja kosteuden sekä ulkopämpötilan mittaus. Liesi- tai WC-tuulettimen tilavuusvirrat, paine-erot ja virtaukset huoneistoissa mitataan, jotta saadaan tuulettimen toiminnan vaikutukset selville. Poistoilman lämpötilat mitataan sekä hormin sisään- että ulosvirtauskohdista. Tällä tavalla katsotaan lämpeneekö vai jäähtyykö poistoilma katolle mennessään.



Kuva 4. Huoneistojen mitattu poistoilmanvaihto hydrostaattisen paineen funktiona käyttötilanteessa. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaero on 6,5—13,3 °C ja tuulen nopeus 3—6 m/s.



Kuva 5. Erään päätyhuoneiston poistoilmanvaihto sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron funktiona. 3 h+k huoneisto sijaitsee 1. kerroksessa ja sen tilavuus on 193 m³. Mittaustilanteessa auki oleva ikkuna on näytetty pohjapiirroksessa.

Mittaustuloksia

Kuvassa 4 on esitetty 39 huoneistolle mittaussarjan alussa saadut käyttötilannetta vastaavat huoneiston poistoilmavirrat. Käyttötilanteessa venttiilit ovat siinä asennossa, missä ne ovat olleet, kun on tultu mittaamaan. Ikkuna aukitilanteessa on avattu yksi tuuletusikkuna huoneistossa.

Tuloksista 69 % ikkuna kiinni-tilanteessa on alle ilmanvaihdon 0,5 1/h. Suurin osa tuloksista asettuu välille 0—0,25 1/h, joka kertoo selvästi ilmanvaihdon vajaavuudesta ko. sääoloissa.

Ikkunan avaaminen huoneistossa lisää poistoilmanvaihtoa selvästi ja nyt ainoastaan 41 % on rajan 0,5 1/h alapuolella. Ulkoilman sisäänotto (tässä tapauksessa hallitsemattoman vetoisasti) nostaa painovoimaisen ilmanvaihdon tasoa. Ikkunan avaaminen aiheuttaa kuitenkin eräissä tapauksissa haittapuolena kohtuuttoman suuren poistoilmanvaihdon (yli 1,0 1/h).

Eräästä päätyhuoneistosta saatu huoneiston poistoilmanvaihto on esitetty kuvassa 5. Huoneiston suuresta tilavuudesta johtuen ei poistoilmanvaihto ole kovin suuri. Korkeimmillaan on saatu poistoilmanvaihto 1,3 1/h lämpötilaerossa 37,5 °C ikkunan ollessa auki. Käyttötilanteen arvo on esitetty yhdellä pisteellä, tuulen ollessa 6 m/s. Venttiilin avauksen vaikutus on suuri. Viiden millimetrin avaus huoneiston kaikissa venttiileissä antaa suurinpiirtein saman poistoilmanvaihdon kuin avaus 35—40 mm leudolla säällä. Sopivasti venttiilejä säätämällä saataisiin poistoilmanvaihto pysymään vakiona sääoloista riippumatta.

Kehittämismahdollisuuksia

Tuulen vaimennuksen aikaansaaminen joko metsän, muiden maastoesteiden tai rakennusten avulla on avuksi, jotta vältetään kohtuuttomat vaihtelut painovoimaisen ilmanvaihdon tasossa.

Rakenteellisesti voidaan tuulen vaikutus ottaa huomiooon esim. paineentasausraolla. Siinä seinän ulkoverhouksen alle jätetään rakennusta kiertävä yhtenäinen ilmaväli, jossa tuulen paine-erot eri julkisivujen välillä voivat tasoittua. Ilmavälin ollessa riittävän väljä sen paine huonetilaan nähden on lähes riippumaton tuulen nopeudesta. Tämä on todettu VTT:n koetaloissa suoritetuissa mittauksissa. Ilmaväli sopii siis hyvin ilman sisäänottopaikaksi. Ullakko tai vastaava ilmatila osoittautui mittauksissa parhaimmaksi paineentasaajaksi.

Ulko- ja poistoilmaventtiilien on tietenkin oltava säädettäviä, mutta täysin passiivisten tai käsin aseteltavien venttiilien sijaan tarvittaisiin automaattisia vakiovirtausventtiilejä ja rajoittimia. Nykyiset itsesäätyvät venttiilit ovat kaukana tavoitteesta, mm. virtauksen tulisi olla mahdollisimman laminaarista, jotta paineen vaihtelut eivät vaikuttaisi niin suuresti tilavuusvirtaan kuin turbulenttisessa virtauksessa. Rakennevuodot edustavat viimeksimainittua, joiden sijaan olisi käytettävä väljiä aukkoja laminaarivirtauksen aikaansaamiseksi.

Tuulen tehostavaa vaikutusta hormissa voisi kyllä käyttää leudoilla säillä hyväksi, kuten vanhoilla alipainehatuilla ja roottoreilla tehtiin, mutta kylmemmillä säillä olisi tarpeen jonkinlainen lämpötilakorjaus liiallisen poistoilmanvaihdon välttämiseksi.

Koneellisen tehostuksen epäkohtien (mm. takaisinvedon) välttämiseksi voitaisiin kehittää esim. yhteiseen nousuhormiin jonkinlainen rakenne, joka toimisi muille hormeille ejektorin tavoin liesituulettimen ollessa päällä huoneistossa. Mahdollista olisi myös mitoittaa huippuimurilla toimiva koneellinen järjestelmä toimimaan myös painovoimaisesti, kun puhallin ei ole päällä. Itse asiassa tämä olisi jopa välttämätöntä, koska tuntuu siltä, että koneellisiksi mitoitettuja ilmanvaihtolaitoksia käytetään pääasiassa vain painovoimaisen ilmanvaihdon tavoin, jolloin ei saada riittävää ilmanvaihtoa.

Kirjallisuutta:

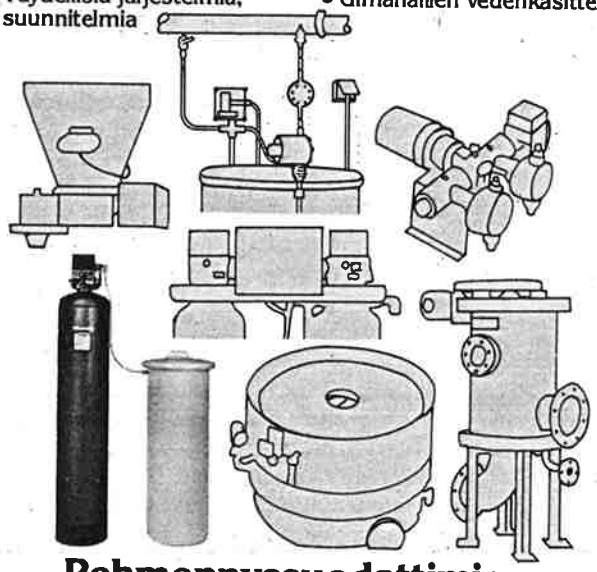
Saarnio, P., Rakennusten tiiviyden ja ilmanvaihdon laskentamalli. Espoo 1983. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, LVI-tekniikan laboratorio, Tutkimuksia 242. 82 s.

Siitonen, V., Painovoimainen ilmanvaihto, LVI-päivät 25.—26. 4. 1985. Helsinki 1985. Suomen LVI-yhdistys. s. 1—12/VS.

Korkala, T. & Karvonen, M.-L., Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaedellytykset. Espoo 1985. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, LVI-tekniikan laboratorio, Osaraportti 2, 30 s. (Julkaisematon). ■

Kokemusta v. 1936 lähtien

- Strain-El veden suodatukseen
- Rot-El veden viimeistelyyn
- Pehmennyssuodattimet
- Täydellisiä järjestelmiä, suunnitelmia
- Suolanpoistimet
- Annostelupumput
- Kuiva-annostimet
- Uimahallien vedenkäsittely



Pehmennyssuodattimia

- talouksille · teollisuudelle
- tehot 13-3000 l/min
- käsikäyttöisiä ja automaattisia
- aika- tai määräohjaus

OY FILTER AB

Tinasepänkuja 5, 00620 Helsinki 62, Puh: 90-790 488, Telex: 123 189 flter sf

YLIVOIMAISESTI MARKKINOIDEN PARAS korvausilmaratkaisu

ALLERCO

raitisilmasuodatus-järjestelmä

RISKITÖN VALINTA

- NOPEIN JA EDULLISIN tapa parantaa rakennuksen ilmanvaihto
- PARAS KORVAUSILMARATKAISU sekä uudis- että saneerausrakentamiseen
- HELPOIN asentaa ja huoltaa
- VTT:n tutkima, (no 41334, 41 -85/LVI 7. PAL 1341), KTM:n energiaosaston ja asuntohallituksen puoltama
- suodatinvaihtosopimukset

kotimainen takuutuote

Myynti: mm. Helsingin Seudun Talokeskus, LVI-liikkeet, rautakaupat, tiivistysliikkeet

ILMASTI OY

Pähkinärinteentie 41 PL 50
01711 VANTAA Puh. 90-840 711
Telefax 846 020
Telex 121394 tltx sf