

Taloudellinen tehonsäätö ilmaverhoissa

Ilmaverhot erottavat sisäilman ulkoilmasta liiketiloissa ja toimistorakennuksissa. Erottuminen saavutetaan minimoimalla luonnollinen lämpövuoto ja lämmittämällä sisään tuleva kylmä vuotoilma. Tavallisten ilmaverhojen lämmitystehoa lisätään usein talvella säätämällä puhallusnopeutta.

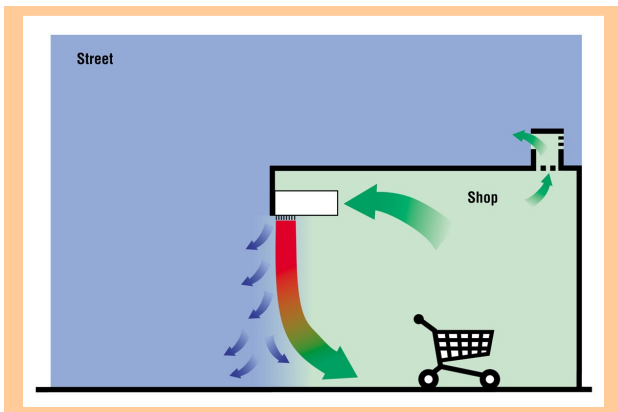
Tämä artikkeli osoittaa, että olisi parempi säätää ennemminkin puhallusleveyttä kuin -nopeutta, johon tarvitaan enemmän lämpöä. Tämän CA- (Constant Air velocity) teknologian edut energian kulutukseen ja viihtyvyyteen esitetään myös pääpiirteittäin.

ILMAVERHOJEN PÄÄPERIAATTEET

Ilmaverhoja käytetään myymälöissä mukavan sisäilman luomiseksi, kun liikkeen ovi on auki. Jotta ymmärtäisimme, kuinka tämä tapahtuu, annamme lyhyen kuvauksen ilmaverhoista.

Tilanteessa, jossa ovi on auki, lämpötilaero (sisäilman/ ulkoilman) sysää liikkeelle ilman, jolloin lämmin ilma karkaa ja kylmä ilma tulee sisään. Lisäksi on olemassa vuotoilma-virtaus, joka johtaa kylmän ilman tulon rakennukseen. Vuotoilmavirtaus syntyy ilmanvaihdosta ja paineeroista rakennuksen sisällä ja ympärillä (savupiippu-vaikutus).

Ilmaverhon käyttö "palvelee" kahta tarkoitusta, joita selitetään lyhyesti seuraavissa kappaleissa (katso myös kuva 1).



Kuva. 1 Ilmaverhojen tekniset periaatteet

Lämpövuodon vähentäminen

Ilmaverhon ensisijainen tarkoitus on minimoida lämmön ulosvirtaus. Ilmaverho vetää sisään lämmintä ilmaa, joka on karkaamaisillaan ovensuun yläosasta, luo pystysuuntaisen ilmavirran ja ilma kääntyy takaisin myymälään lattian tasossa. Lämpöhävikin vähenemistä, prosentteina kuvattuna, sanotaan ilmaverhon hyötysuhteeksi. Jos lämmönhäviötä kuvataan Q_{ulos} , hyötysuhteen kaava on:

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_{ulos,ilmaverholla}}{Q_{ulos,ilmanilmaverhoa}} \right) \times 100\%$$

Korkea hyötysuhde saavutetaan käyttämällä pyörteentasainta ilmaverhon puhaltimissa. Se estää ilmavirran pyörteisyyden ja minimoi siten lämmönhävikin.

Vuotoilmavirtauksen hallitseminen

Ilmaverhojen toisena tehtävänä on kylmän ilman lämmittäminen, joka tulee sisään vuotoilmana.

Ilmaverhot eivät voi pysäyttää sisään tulevaa ilmaa, mutta pystyvät käsittelemään tämän ilmavirtauksen, eli lämmittämään ilman lämpötilaan, jossa sitä ei tunneta vetona rakennuksen sisällä. Tämä vaatii lämmitystehoa (kuumaa vettä tai sähkölämmitystä).

Ilmaverhojen tarvitsema lämmitysteho on kahdesta syystä huomattavasti alhaisempi kuin

mitä rakennusten lämmitysjärjestelmän pitäisi tuottaa ilman ilmaverhoa. Ensinnäkin ilmaverho vähentää merkittävästi lämpöhukkaa ulos. Toiseksi ilmaverho lämmittää sisään tulevan ilman välittömästi ovella, tuottaen tasaisemmin jakautuvaa lämpöä rakennukseen. Tämän takia energian käyttö on paljon tehokkaampaa. Toisin sanoen: **ilmaverho on energian säästäjä!**

Tietyissä olosuhteissa ilmaverhon tarvitsema lämmitysteho on periaatteessa yhtä suuri kuin vuotoilman kautta sisään tulevan kylmän ilman. Kaiken tämän ylittävä teho tulee suoraan sisätilan eduksi, ja sitä voidaan käyttää sellaisenaan lämmitykseen.

CA-TEKNIikka

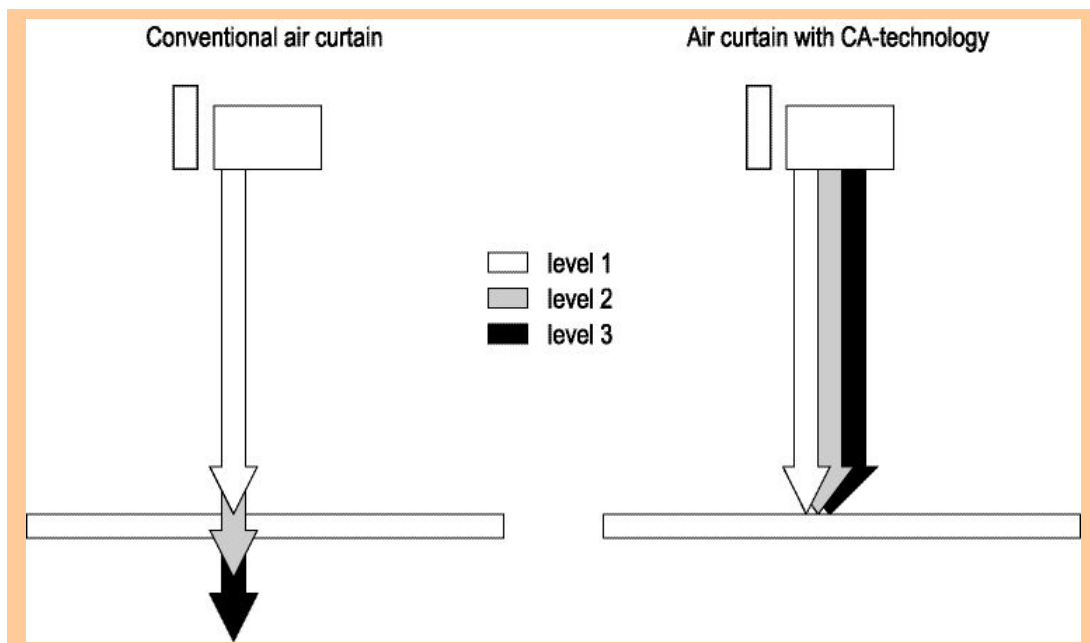
Talvella alhaisemmat ulkolämpötilat vaativat enemmän lämmitystehoa sisään tulevan kylmän ilman lämmittämiseen. Perinteiset ilmaverhot lisäävät tehoa kasvattamalla puhallusnopeutta (katso myös kuva 2). Jo kahdeksan vuotta sitten todettiin paremmaksi lisätä puhalluslevyettä (ilmavirran paksuutta) kuin kasvattaa puhallusnopeutta [2]. Tätä patentoitua CA- (Constant Air velocity) tekniikkaa on kehitetty ja käytetty CA- ilmaverhossa. Tämän CA-ilmaverhon toimintaa kuvataan alla.

Ilmavirran leventäminen

Jatkuvasti korkea teho

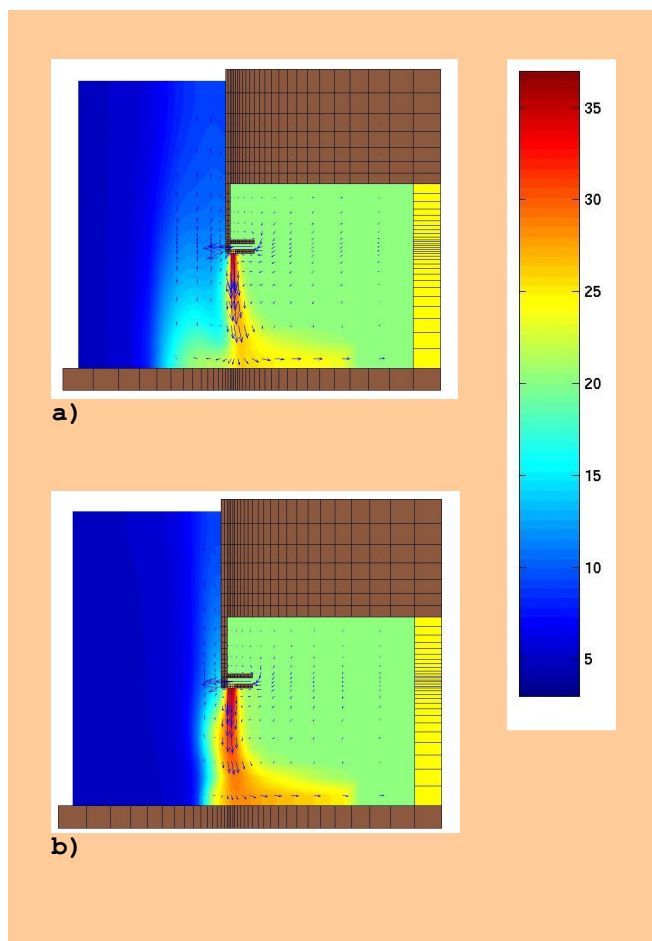
Kun tarvittava lämmitysteho on suuri, perinteisellä ilmaverholla suurennetaan puhallusnopeutta. Suurempi puhallusnopeus saa kuitenkin myös ilmavirran törmäämään lattiaan. Sitten ilmavirta jakaantuu kahteen osaan. Ulos karkaava osa menee hukkaan, joten lämpöhukkaa on enemmän. Näyttää siltä, että suuri puhallusnopeus johtaa huonoon hyötysuhteeseen. Myös ilmavirran pyörteisyys alentaa tehoa.

Ilmaverhon lämmitystehoa voidaan lisätä myös leventämällä puhallussuihkua automaattisilla pelleillä. Tämä lisää lämmitystehoa, puhallusnopeus pysyy muuttumattomana. Tämän ratkaisun etuna on se, että ilmavirta ei osu niin suurella nopeudella lattiaan, joten lämpöenergia voidaan kokonaisuudessaan hyödyntää sisään tulevan kylmän ilman lämmittämiseen. Näin saavutetaan sama tulos, mutta käyttämällä vähemmän energiaa, kuin perinteisellä ilmaverhoilla.



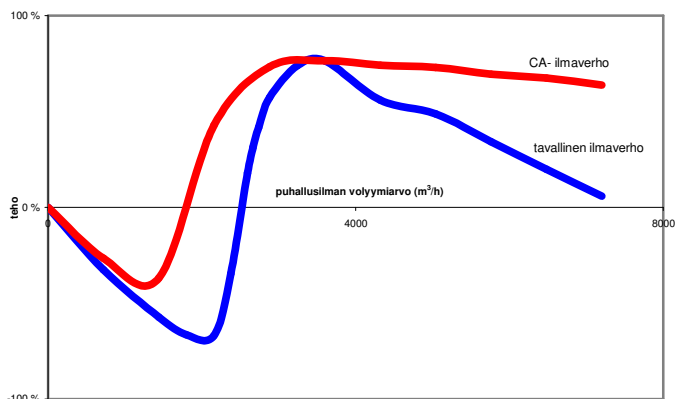
Kuva 2. Perinteinen ilmaverho ja CA-tekniikalla toimiva ilmaverho

Vertaileva tutkimus tavallisten ja CA-ilmaverhojen välillä on tehty tietokonesimulaatioiden avulla, yhteistyössä Groningenin yliopiston kanssa Hollannissa (katso aikaisemmasta TVVL julkaisusta [1] selvitystä yliopiston kehittämästä CFD- mallista). Tämä tutkimus vertaili tavallista ilmaverhoa CA ilmaverhon kanssa oven erityistilanteessa (2.50 m korkea, ulkolämpötila 5°C, sisälämpötila 20°C, myymälän sisällä lievä alipaine). Lämpötilat kuvassa 3 osoittavat, että tilanteessa jolloin puhallusnopeus on korkea, osa lämmitystehoa karkaa, kun taas leveä suihkuisella ilmaverholla tuotettu lämpö tulee kokonaisuudessaan sisätilan hyödyksi.



Kuva. 3 Lämpötilat oven lähellä, kun a) kapea ilmasuihku kovalla puhallusnopeudella ja b) leveä ilmasuihku pienellä puhallusnopeudella. Molemmilla ilmaverhoilla on sama ilmavolyymi- suhde ja lämmityskapasiteetti. Nuolet osoittavat ilman nopeuden ja suunnan.

Kuvassa 4 näkyy molempien ilma-verhotyyppien teho tehontarpeen kasvaessa. Tavallisella ilmaverholla puhallusleveys on 10 cm ja lisääntyvä puhallusnopeus vaakasuoralla akselilla. CA-tekniikalla toimivalla ilmaverholla puhallusnopeus on 5 m/s ja kasvava puhallusleveys vaakasuoralla akselilla.



Kuva 4. Tavallisen ilmaverhon teho verrattuna CA-tekniikalla toimivan ilmaverhon tehoon. Tavallisen ilmaverhon puhallusleveys on 10 cm ja kasvava puhallusnopeus. CA-tekniikalla toimivan ilmaverhon puhallusnopeus on 5 m/s ja kasvava puhallusleveys.

Liian pienillä ilmamäärällä ilmaverho on liian heikko, ilmavirta työntyy ulos lämpimän sisäilman edeltä (niin sanottu “ulospäin taipuminen”, katso[1]). Seurauksena lämpöhävikki kasvaa, ja tämä selittää tehottomuuden. Kun ilmaverho on tarpeeksi vahva, se säästää energiaa optimaalisella teholla.

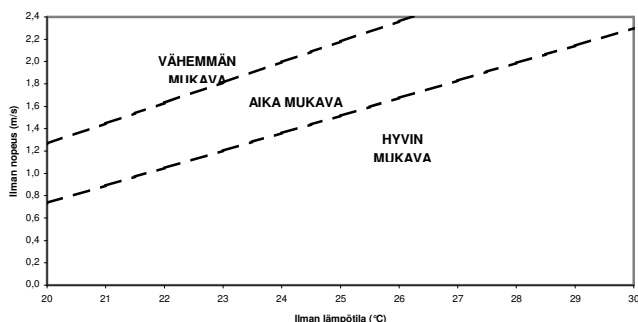
Jos ilmaverho säädetään vieläkin kovemmalle tietyissä olosuhteissa, CA-tekniikalla toimivan ilmaverhon teho pysyy korkeana, kun taas tavallisen ilmaverhon teho romahtaa selvästi. Tällä perusteella on taloudellista kasvattaa lämmitystehoa leventämällä ilmasuihkua hyvän hyötysuhteen säilyttämiseksi.

Huomattava mukavuus sisätiloissa

Lämmön ulosvirtauksen vähenemisen lisäksi ilmaverhojen toinen tärkeä piirre on sisään tulevan kylmän ilman lämmittäminen siten, ettei ilman liike sisätiloissa tunnu vedolta. On siis tärkeätä selvittää, mitkä ovat CA-tekniikalla toimivan ilmaverhon vaikutukset viihtyvyyteen sisätiloissa. Kaikkein kriittisintä veto-ongelmille

on ilmavirta juuri lattian yläpuolella, tarkkaan sanoen nilkan korkeudella. Paikallisista korkeammista nopeuksista oven takana johtuen mukavuusvaatimukset, kuten Fanger on piirtänyt, ovat liian tiukat. Suurempia puhallusnopeuksia sallitaan paikallisesti.

Avoimen oven takana olevan alueen viihtyvyysasteen arvioimiseksi koehenkilöryhmää pyydettiin sanomaan mielipiteensä ja arvioimaan tietyllä nopeudella kulkevan, tietyn lämpöisen ilmavirran mukavuutta asteikolla vähemmän, aika tai hyvin mukava. Kuvassa 5 nämä eri alueet näkyvät ilman lämpötilan ja ilman nopeuden funktiona.



Kuva 5. Mukavuus- vyöhykkeet avoimen oven alueella.

Koealueella mitattiin ilman nopeudet ja lämpötilat sisätilassa, kun ovi oli auki, ja ilmaverho 3:lla eri kapasiteetilla (5, 7.5 ja 10 kW/m ovenleveys). Ilmaverhon puhallusleveys ja puhallusnopeus muutettiin kapeasta ja nopeasta leveään ja hitaaseen ilmasuihkuun.

Mukavuusvyöhykkeitä käyttämällä sisätilan viihtyvyysaste päätellään mitattujen ilman nopeuksien ja lämpötilojen perusteella. Taulukossa 1 näkyvät tulokset osoittavat selvästi, että kun käytetään leveää ja hidasta ilmasuihkua, tuntuu mukavimmalta nimenomaan siksi, että kohtuulliset puhallusnopeudet sisätilan lattialla eivät anna aiheutta huoleen vedon suhteen.

Ilmasuihkun leventämisellä (ja puhallusnopeuden pienentämisellä) on rajansa, koska tietyssä pisteessä puhallusnopeus tulee liian matalaksi, eikä ilmasuihku yllä lattiaan asti, jolloin ilmaverhon hyötysuhde romahtaa.

Sisäntulon huippumukavuus

CA-tekniikan huomattavana lisäetuna on sisäänkäynnin mukavuus. Kun ilmaverhon puhallusnopeus pysyy matalana, ilmasuihkun ohittaminen on miellyttävää. Ilmaverhon ohittamista tuskin huomaa, vaikka ilmaverho huolehtii sisäilman ja ulkoilman erottumisesta tehokkaasti.

kapasiteetti 5 kW/m			kapasiteetti 7.5 kW/m			kapasiteetti 10 kW/m		
puhallus- leveys (cm)	puhallus- nopeus (m/s)	mukavuus	puhallus- leveys (cm)	puhallus- nopeus (m/s)	mukavuus	puhallus- leveys (cm)	puhallus- nopeus (m/s)	mukavuus
4	6.9	aika	6	6.9	vähemmän	7	7.9	aika
5	5.6	aika	7	6.0	aika	8	6.9	aika
6	4.6	hyvin	8	5.2	aika	9	6.2	aika
7	4.0	hyvin	9	4.6	aika	10	5.6	aika
8	3.5	hyvin	10	4.2	hyvin	11	5.1	aika
9	3.1	hyvin	11	3.8	hyvin	12	4.6	aika
			12	3.5	hyvin	13	4.3	aika
			13	3.2	hyvin	14	4.0	hyvin
						15	3.7	hyvin
						16	3.5	hyvin

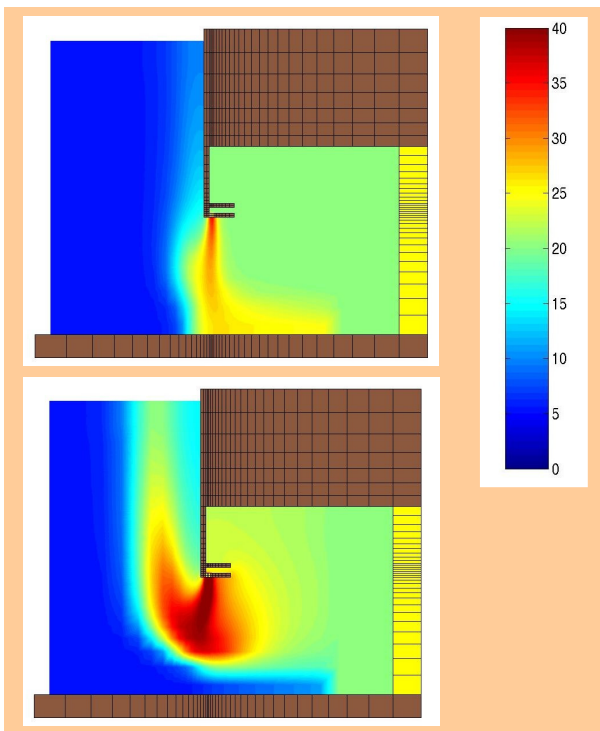
Taulukko 1. Mukavuus erilaisilla ilmaverho-asetuksilla

Puhallusilman lämpötilakontrolli

Ilmaverhoilla pitää olla tietty lämmitysteho sisään tulevan kylmän ilman lämmittämiseksi miellyttävälle tasolle. Ihanteellinen puhallusilman lämpötila on 35°C, jolloin ilmasuihku tuntuu mukavan lämpimältä.

Jos tarvitaan korkeampaa lämmitystehoa (matala ulkolämpötila tai sisätilan lisälämmitys), ilmasuihku voidaan leventää tai puhalluslämpötilaa nostaa. Nyrkkisääntönä puhalluslämpötila ei kuitenkaan saisi ylittää 40°C, koska kuumempi ilmasuihku ei enää yllä lattiaan saakka. Kuvassa 6 näkyy liian kuuma ilmaverho, joka kallistuu ulospäin, jolloin kaikki lämpöenergia ohjautuu ulos.

Siitä syystä tulisi ilmaverho varustaa vakio puhalluslämpötilan ohjauksella liian korkeiden arvojen välttämiseksi.



Kuva 6 a) Normaali toiminta puhalluslämpötilassa 35°C ja
b) ulospäin kallistuminen puhalluslämpötilassa 50°C.

YHTEENVETO

Tavalliset ilmaverhot lisäävät lämmitystehoa lisäämällä puhallusnopeutta. CA-tekniikalla toimivilla ilmaverhoilla (leventävät ilmasuihku) on toisaalta lukuisia etuja tavallisiin verrattuna. Korkeilla asetuksilla CA-tekniikalla toimivien ilmaverhojen hyötysuhde pysyy korkeana, sisääntuloaulan olosuhteet ovat mukavammat, ja ilmaverhon läpi on miellyttävämpi kulkea. Lisäksi puhalluslämpötilan ohjaus varmistaa, että ilmaverho säilyttää toimint ominaisuutensa ja sisäilma hyötyy ilmaverhon lämmönenergiasta.

KIRJALLISUUTTA

[1] ir. B.E. Cremers, 'Computersimulaties voor klimaatscheidingsproducten'. TVVL Magazine, August 2000.

[2] ir. P.J.J.H. Ligtenberg, 'Innovatief lucht gordijn door technologisch onderzoek'. TVVL Magazine, October 1994.

Biddle bv
P.O. Box 15
NL - 9288 ZG Kootstertille
The Netherlands
Tel.: +31 - 512 33 55 55
Fax.: +31 - 512 33 14 24
E-mail: biddle@biddle.nl