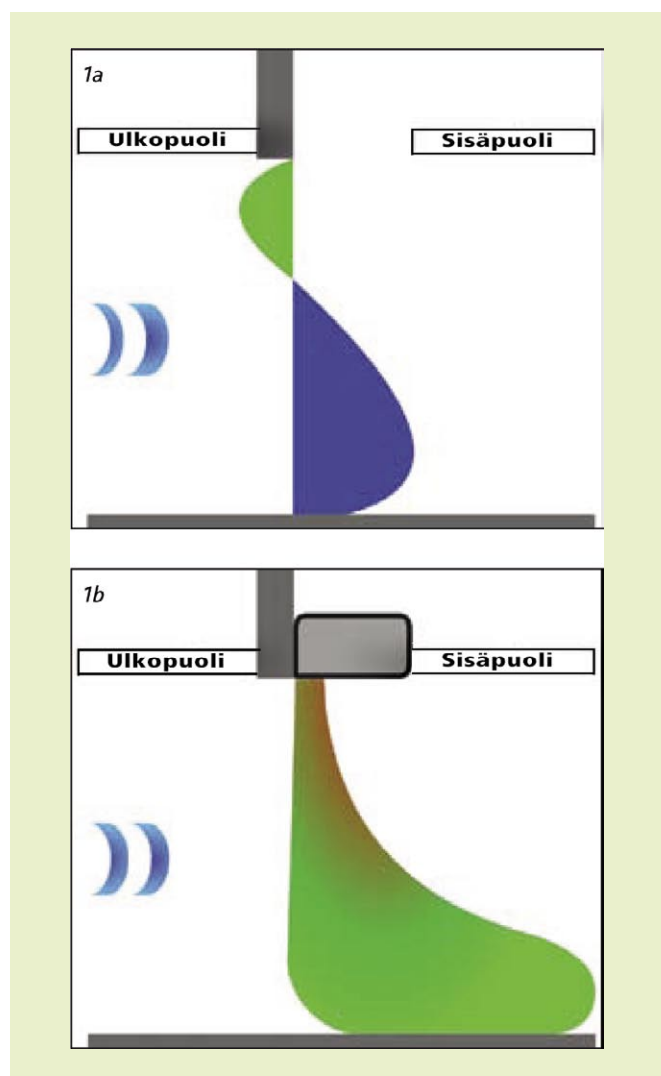


CHIPS -TEKNOLOGIA

Automaattista ilmaverhojen ohjausta CHIPS -teknologialla

Maailmassa jossa automaatio kehittyy hurjaa vauhtia, on muistettava myös ilmaverhot. Kysymys kuuluu, miten ohjataan tuotetta jonka käyttö ei ainoastaan riipu siitä miten se on konfiguroitu, vaan myös siitä missä olosuhteissa se toimii?

Tämä artikkeli kuvaa CHIPS-teknologiaa joka edustaa uusinta kehitystä ilmaverhojen automaatiossa. Tällä teknologialla automaattisesti toimivalla ilmaverholla on korkein mahdollinen ilmojen erottelutehokkuus, alhainen energiankulutus samaa aikaa kun se tarjoaa optimaalisen mukavuuden vaihtelevissa olosuhteissa ilman että sitä pitää manuaalisesti säätää.



Kuva 1. Graafinen esitys ilmanvirtauksessa oviaukossa.

Optimaalisen ilmaverhon toiminta:

a) ilman ilmaverhoa

b) varustettuna ilmaverholla

Oviaukossa ilman ilmaverhoa esiintyy kahdensuuntaista ilmanvirtausta ulkopuolen ja sisäpuolen lämpötilaeroista johtuen (katso kuva 1a). Tässä tilanteessa esiintyy suuria energianhäviöitä koska lämmin sisäilma karkaa ulos oven yläosasta. Tämä lämmin ilma joka karkaa, korvaantuu sitten kylmällä ulkoilmalla, samaa aikaa kun vielä enempi kylmää ilmaa voi virrata rakennuksen painehäviön takia. Tämä voi saada aikaan vedon tunteen.

Ilmaverho on ilmasto-tekniinen tuote jota käytetään vähentämään näitä ei-haluttuja avoimen oviaukon ilmiöitä. Optimaalisesti konfiguroitu ilmaverho (katso kuva 1b) imee sisäilmaa, puhaltaa tämän sitten takaisin rakennukseen ja siten vähentää energiankäyttöä. Vetoa ei myöskään esiinny, sillä sisälle tuleva ulkoilma lämmitetään. Puhallusilma lämmitetään yksikön sisällä joko lämminvesijärjestelmällä, sähköisesti, lämpöpumpulla tai näiden teknologien yhdistelmällä.

Automaattisesti ohjautuva ilmaverho

Automaattisesti ohjautuva ilmaverho käytännössä kaupan oviaukolla (kuva 2, alla).



Kuva 2.

Verrattuna tavanomaisiin manuaalisesti ohjattuihin ilmaverhoihin, automaattisella ilmaverholla puhallusilman voimakkuus ja lämpö säätyy automaattisesti eikä käyttäjän toimesta. Automaattisen säätö tapahtuu kehittyneen ohjelmiston toimesta antureita hyväksikäyttäen. Ilmaverhon voi laittaa joko päälle tai pois ovikytkimellä tai ajastimella joka on kytketty ohjauspaneeliin.

Ulkolämpötilan anturi ja ilmaverhoon integroitu anturi hankkivat tiedot minkälaisiin olosuhteisiin ilmaverhon on luotava ratkaisu. Näitä ilmaverhoa ympäröiviä täsmätietoja ohjelmisto käyttää heti ja jatkuvasti jotta ilmaverho on koko ajan tilanteen tasalla oikein konfiguroitu. Tästä johtuen automaattinen ilmaverho antaa pitkäkestoisen ja tehokkaan sisä- ja ulkoilman erotuksen, omaa alhaisen energiankulutuksen ja tarjoaa optimaaliset oltavat rakennuksen sisällä.

CHIPS-teknologia

Teknologia johon automaattisesti ohjautuvat ilmaverhot perustuvat kutsutaan **CHIPS**-teknologiaksi: **C**orrective **H**eating and **I**mpulse **P**rediction **S**ystem. Teknologia pohjautuu siihen, että ilmaverhon puhallusvoimakkuutta ja lämmitystä ohjataan yksilöllisesti riippuen oviaukon olosuhteista. Tämä on helpointa selittää esimerkillä.

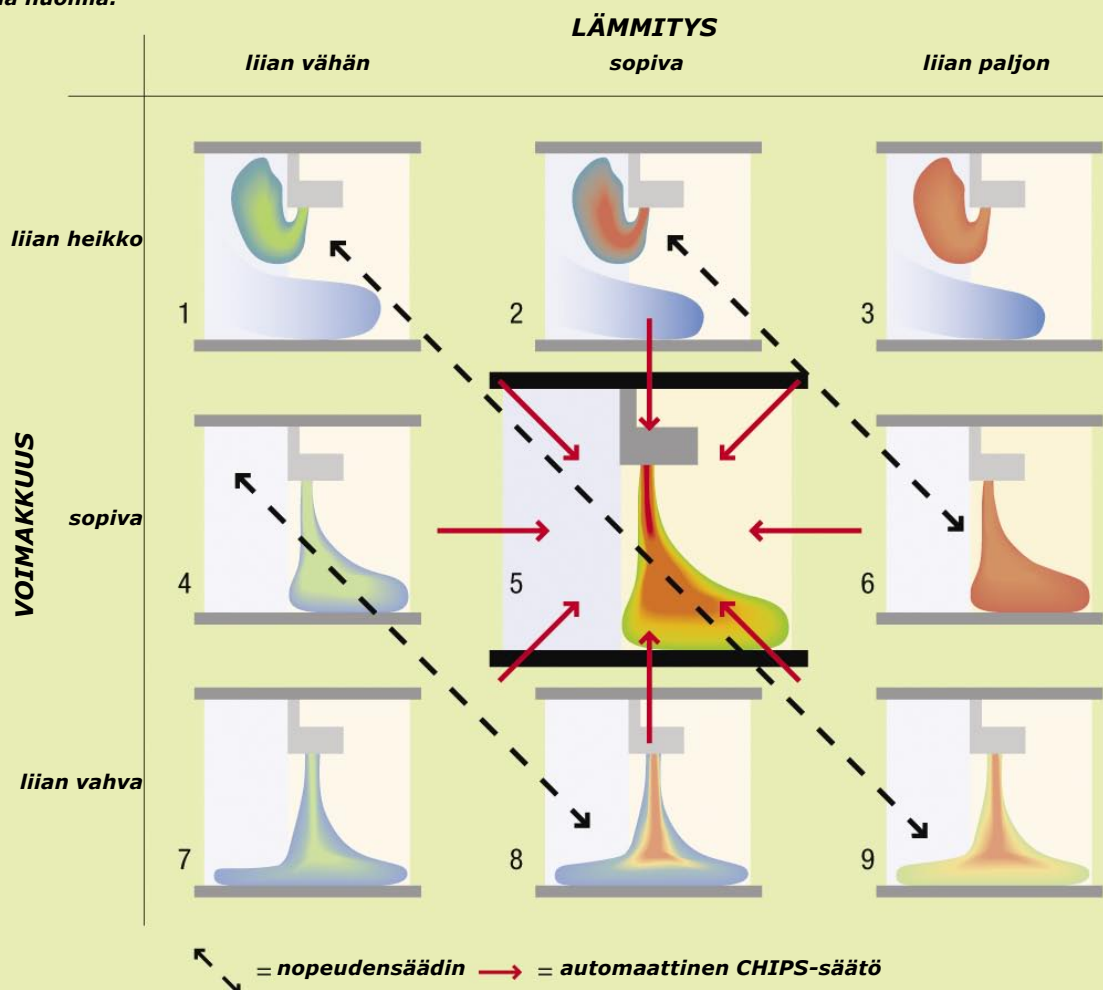
Jos rakennuksessa vallitsee korkea negatiivinen paine, ilmaverhon on kyettävä tuottamaan voimakas puhallus jotta ilma yltää lattiaan saakka sekä hyvä lämmityskyky jotta sisälle tuleva ilma saadaan lämmitettyä. Kun tämä negatiivinen paine hiljalleen vähenee, riittää että ilmaverho tuottaa pienemmän puhallusvoimakkuuden ja vähemmän lämpöä ja ilmasuihku yltää silti lattiaan saakka. Puhallusvoimakkuutta ja lämmitystä ei kuitenkaan voi vähentää yhtä paljon. Esimerkiksi jos paine ei enää ole negatiivinen, ilmaverhon tulee silti puhallaa tarpeeksi voimakkaasti jotta ilma yltäisi maahan, samalla kun lämmityksen voisi asettaa lähes nollaan.

Tämän takia on todella tärkeää että tunnetaan ilmaverhon asetukset ja olosuhteet jossa se toimii. Puhallusvoimakkuutta ja lämmitystä tulee säätää itsenäisesti toisistaan riippumatta olosuhteiden mukaan. Syvällisemmät perustelut ilmaverhon puhallusvoimakkuudesta ja lämmityksestä esitetään lähenteessä [1].

Ilmaverhon tilannediagrammi

Jotta CHIPS-teknologia ymmärrettäisiin oikein, on tärkeää että ilmaverhon erilaisilla (manuaalisilla) asetuksilla esiintyvät erilaiset virtausmallit tunnetaan. Nämä selviävät kuvasta numero 3 (alla).

Kuva 3. Ilmaverhon tilannekuva joka perustuu ilmaverhon puhallusvoimakkuuteen ja lämmitykseen. Puhallinnopeus on esitetty mustalla pistekatkoviivalla ja automaattinen ohjaus CHIPS-teknologialla on esitetty punaisilla nuolilla.



Kuva 3.

Jos puhallusvoimakkuus on liian matala (tilanteet 1, 2 ja 3) ei ilmasuihku yllä lattiatasolle asti. Lämmintä ilmaa menetetään ulos ja kylmä ilma jatkaa sisäntuloaan estottomasti. Jos puhallusvoimakkuus on liian suuri (tilanteet 7, 8 ja 9) niin ilmasuihku törmää lattiaan. Osa ilmaverhon lämpimästä ilmasta karkaa tällöin ulos, ja tämä vähentää ilmanerotuksen tehokkuutta (katso julkaisu [2-5]).

Ilmaverhon puhallusvoimakkuuden tulee olla juuri niin suuri että ilmasuihku yltää lattiaan (tilanteet 4, 5 ja 6) jotta ilmanerotuksen tehokkuus säilyy korkeana ja ilmaverhon lämmityksestä saadaan täysi hyöty rakennuksen sisällä. Kun ilmantoisuus on asetettu oikein, tulee ilman lämpötilaa muuntaa vastaamaan olosuhteita jotta saavutettaisiin mahdollisimman viihtyisät oltavat rakennuksen sisällä (tilanne 5).

CHIPS-teknologialla varustettu ilmaverho muuntaa jatkuvasti asetuksiaan mitattujen olosuhteiden mukaan jotta saavutetaan optimi sijainti tilannediagrammissa koko ajan (katso punaiset nuolet). Vertailun vuoksi on esitetty myös säätödiagrammi ilmaverholle jossa ei ole CHIPS-teknologiaa, eli jossa puhallusvoimakkuutta ja lämmitystä säädetään yhtäaikaista muuntelemalla puhaltimen nopeutta. Puhaltimen nopeuden säätö on esitetty mustalla pistekatkoviivalla tilannediagrammissa. Tämän säätötavan haittapuolek selitetään kahden esimerkin avulla.

Ensimmäinen esimerkki on tilanteen 4 ilmaverho. Ilmasuihku yltää lattiaan asti mutta se ei ole tarpeeksi lämmin, joten sisätilat jäävät viileiksi. Puhaltimen nopeudensäädöllä puhallusvoimakkuus ja lämmitys nousevat molemmat. Tämä johtaa kohtalaisen mukavaan sisäilmastoon mutta samalla myös lämpöhäviöihin lattian kautta (tilanne 8, tarpeeton lämpöhäviö).

Toinen esimerkki on tilanteen 6 ilmaverho. Ilmasuihku yltää lattiaan asti mutta sitä on lämmitetty turhan paljon viihtyisää sisäilmastoa varten. Puhaltimen nopeudensäädöllä puhallusvoimakkuus ja lämmitys laskevat molemmat, ja riskinä on tilanne jossa ilmasuihku ei enää yllä lattiaan asti (tilanne 2, suuret lämpöhäviöt mutta myös vetoa lattian kautta).

On täysin selvää että manuaalisesti säädettävä ilmaverho voi saavuttaa kaikki tilannediagrammin esimerkit, riippuen käyttäjän huomaavaisuudesta ja kokemuksesta säätää ilmaverhoja. Käyttäjän ei kuitenkaan koskaan tulisi joutua vaivaantumaan varmistaakseen korrektein ilmanerotuksen ja mukavuuden. CHIPS-teknologialla varustettu ilmaverho säästää tämän takia sekä rahaa että vaivaa.

Käytännön kokemuksia CHIPS -teknologialla

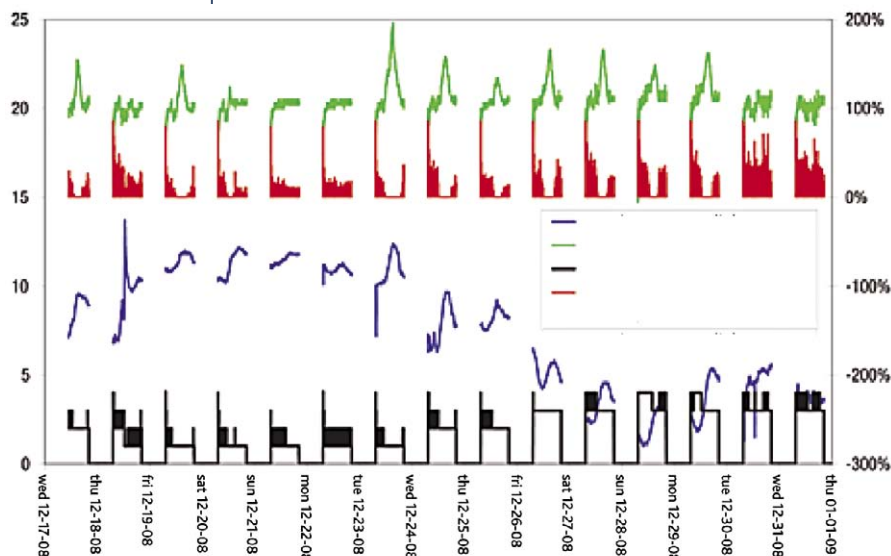
Talven 2008-2009 aikana CHIPS-teknologialla varustettua ilmaverhoa testattiin Ranskassa sijaitsevassa pankkirakennuksessa. Ilmaverho asennettiin eteisen tiskille johtavan liuku-

oven yläpuolelle. Työaikoina eteisestä oli avoin yhteys pankin toimistotiloihin jotka sijaitsivat eteisen takana. Ilmaverhona käytettiin CA M-150 mallia ja ovi oli 2,4 metriä korkea ja 1,5 metriä leveä.

Tilannetta valvottiin mittausyökaluilla jotka rekisteröivät lukemia joka kuudeskymmenes sekunti, sisä- ja ulkolämpötilojen tiedot otettiin talteen ja ilmaverhon puhallinnopeus ja puhalluslämpötila taltioitiin myös. Näiden tietojen perusteella luotiin yleiskatsaus ilmaverhon lämmöntuotosta ja miten tämä vaikutti sisälämpötilaan koko mittausajan yli aina 17. joulukuuta 2008 19. tammikuuta 2009 saakka. Kuvassa 4 on esitetty vuoden 2008 kaksi viimeistä viikkoa.

Ulkolämpötila (sininen viiva) kuvaa päivän keskimääräistä lämpötilaa joka kasvaa kuvattavan jakson ensimmäisellä puoliskolla ja laskee jakson toisella puoliskolla. Tämän lisäksi esiintyy usein myös päivittäistä vaihtelua johtuen kylmistä lämpötiloista aamulla ja lämpimistä lämpötiloista iltapäivällä.

Ilmaverhon (automaattisesti ohjattu) puhallinnopeus (1 - 4, musta viiva) näyttää että jos päivä oli kylmä, oli ilmaverhon puhallinnopeus suurempi. Asetus vaihtui myös päivän mittaan. Usein puhallinnopeus oli korkea aamulla ja matalampi iltapäivällä. Manuaalisella ohjauksella ilmaverho olisi todennäköisesti pidetty nopealla asetuksella koko päivän!



Kuva 4. Tulokset CHIPS-teknologialla varustetulle ilmaverholle.

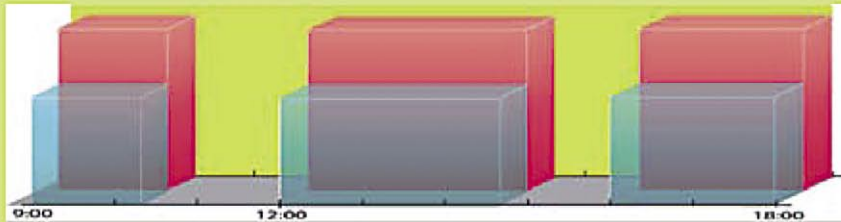
Ilmaverhon lämmityskapasiteetista (punainen viiva) huomaamme, että heti aamulla parin minuutin ajan lämmitys on ollut korkealla jotta huone saataisiin yön jäljiltä haluttuun lämpötilaan. Kun huone saavutti halutun lämpötilatason, lämmitystä laskettiin niin että se ainoastaan lämmittää sisään tulevan kylmän ilman. Iltapäivällä ei pariin otteeseen tarvittu lämmitystä ollenkaan, ja silti huonelämpötila pysyi halutulla tasolla. Tämä säästää energiaa! Järjestelmällä jolla ohjataan puhallinnopeutta samanaikaisesti kuin lämmitystä, olisi tässä tapauksessa myös puhallinnopeus laskeutunut nolnaan, ja ilmasuihku ei tällöin olisi enää yltänyt lattian tasolle.

Mikä on "automaattinen"?

CHIPS-teknologialla varustetut ilmaverhot ovat täysin automaattisia. Tämä tarkoittaa, että asennuksen jälkeen käyttäjän ei enää tarvitse ajatella mitkä ovat parhaat asetukset optimaalista ilman erotusta, alhaista energiankulutusta ja parhaita mahdollista mukavuutta ajatellen. Osa automaattisista ohjausmenetelmistä kuvataan alla. Nämä menetelmät mahdollistavat maksimaaliset energiansäästöt ja mukavuuden.

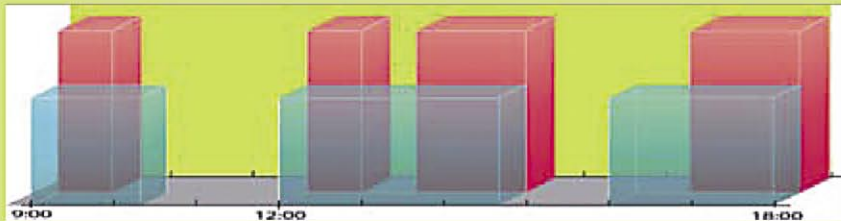
Kuva 5. Esimerkki kuinka puhallusvoimakkuus (sininen) ja lämmitys (punainen) vaihtelevat päivän aikana automaattisella ilmaverholla. a) On/off-menetelmä ovikytkimellä tai ajastimella. b) Lämmitys on/off-ohjaus huonetermostaatilla. c) Puhaltimen nopeudenohjaus kaksi-tie termostaatilla. d) CHIPS-teknologia.

5a



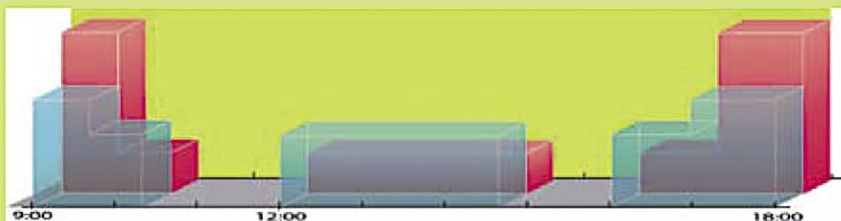
5a. Ovikytkin tai ajastin varmistaa että ilmaverhon voimakkuus ja lämmitys vähennetään nollaan kun ovi on kiinni tai muissa vastaavissa tilanteissa (katso kuva 5a). Tästä saadaan säästöjä, koska ilmaverho ei käy kun sitä ei tarvita.

5b



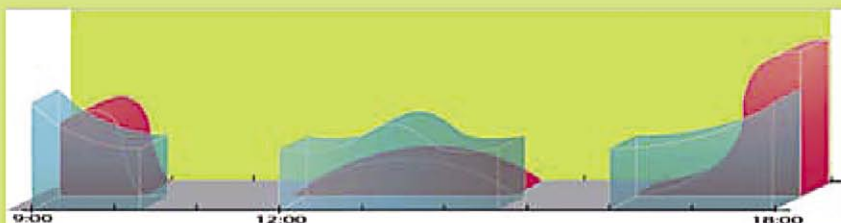
5b. Kun lämmitystä ei tarvita, paras vaihtoehto on vähentää sekä puhallusvoimakkuus että lämmitys nol- laan, esimerkiksi silloin kun huonetermostaatti saavuttaa halutun lämpötilan (katso kuva 5b). Tämä voi johtaa lisäsäästöihin.

5c



5c. Puhaltimen nopeudenohjaus linkittää puhallusvoimakkuuden ja lämmityksen toisiinsa, niin että ne riippuvat esimerkiksi kaksi-tie termostaatista. Jos joku tietty esiasetuslämpötila ylitetään, ilmaverhon voimakkuutta ja lämmitystä vähennetään. Mikäli toinen, vielä korkeampi lämpötila ylitetään, ilmaverho suljetaan (katso kuva 5c). Tämä automaattinen toiminta voi johtaa lisäsäästöihin, mutta omaa valitetta- vasti myös tilannediagrammissa kuvatut heikkoudet (ilmasuihku törmää lattiaan tai ei yllä sinne asti).

5d



5d. CHIPS-teknologialla varustetulla ilmaverholla sekä puhallusvoimakkuutta ja lämpötilaa ohjataan yksi- löllisesti toisistaan riippumatta tarpeen mukaan (katso kuva 5d). Teknologia takaa että ilmaverhon ilma- virta ylittää lattiaan (korkea erotustehokkuus) mahdollisimman alhaisella lämpötilalla sisäilman pysyessä miellyttävänä, jopa silloin kun olosuhteet vaihtelevat paljon.

Tulos automaattisesti ohjautuvalle ilmaverholle oli vakio sisälämpötila asetetulla arvolla. Lämpötila lattian tasolla (vihreä viiva) oli pääsääntöisesti 19.5 °C:n ja 20.5 °C:n välillä, kun ulkolämpötila vaihteli 2 °C:n ja 14 °C:n välillä. Parina iltapäivänä lattialämpötila oli korkeampi. Säätiötojen tarkastelujen perusteella voidaan todeta että tämä johtui siitä että aurinko osui tällöin eteiseen, joka kohotti sen lämpötilan noin 23 – 25 °C:een. Ilmaverho reagoi tähän nopeasti vähentämällä lämmitystä (mutta puhallusvoimakkuus pysyi samalla tasolla).

Vertailaksemme automaattisesti ohjatun ilmaverhon energiankulutusta tavanomaisiin ilmaverhoin, on pakko tehdä oletus tavanomaisten ilmaverhojen energiankulutuksesta. Lämmityksen taso kun ovi avataan aamulla voidaan olettaa, mutta tämä antaisi todennäköisesti liian suuren tuloksen käytetystä energiasta, sillä manuaalisesti ohjattujen ilmaverhojen ja

kaksi-tie termostaateilla toimivien ilmaverhojen lämmitystä lasketaan päivän mittaan. Yhdessä asiakkaan kanssa olettimme puhallinnopeuden keskiarvoksi 2 ja puhalluslämpötilaksi 35 °C, joka johtaa keskimäärin 6.9 kW lämmitystehoon. Mitattu data osoitti, että CHIPS-teknologialla varustetun ilmaverhon lämmitysteho oli 1.5 kW mitatun ajankohdan yli. Tämä on 75 %:n säästö lämmitysenergiankulutuksessa, ja silti voidaan taata mukava sisäilmasto.

Johtopäätökset

Tämä artikkeli kuvaa CHIPS-teknologiaa, eli automaattisesti toimivia ilmaverhojen vaihtelevissa sisä- ja ulkoilman olosuhteissa. Käytännön testi osoitti että talvella voidaan saavuttaa jopa 75 % energiansäästöt sisäilman pysyessä miellyttävällä tasolla.

Lähteet

1. Cremers B.E., *Tochtbestrijding met industriële lucht gordijnen?* [Stopping draughts with industrial air curtains?], VV+, February 2008.
2. Cremers B.E., *Hoe hard denkt u dat een lucht gordijn moet blazen?* [How hard to you think an air curtain should blow?], TVVL Magazine, March 2003.
3. Trojanowski T.J. and Rubnikowicz A., *Verminderung der Kälteverluste durch die Kühlraumöffnungen mit vertikalem Luftschleier*, Luft und Kältetechnik 1981/3.
4. Howell R.H. and Shibata M., *Optimum heat transfer through turbulent recirculated plane air curtains*, ASHRAE Transactions 86 (1), 1980.
5. Costa J.J., Oliveira L.A., Silva M.C.G., *Energy savings by aerodynamic sealing with a downward-blowing plane air curtain – a numerical approach*, Energy and Buildings 38, 2006.