



SISÄLLYSLUETTELO

SISÄILMASTO	14
LÄMMÖN SIIRTO.....	16
SISÄILMASTON KÄSITTEET	18
JÄÄHDYTYS	21
TILOJEN JÄÄHDYTYS.....	25
SUUNNITTELU	27
SWEGONIN VESIKIERTOISET ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄT ...	31
SUUNTAVIIVAT	38

MIKSI HYVÄ SISÄILMASTO ON TÄRKEÄ?

Sisäilmaston kokeminen

Ihmisen sisäilmastokokemus syntyy lämpöviihtyvyyttämme säätelevien tekijöiden yhteisvaikutuksesta:

- Aktiiviteettitaso, kehon lämmöntuotto
- Vaatetuksen lämpövastus
- Ympäröivän ilman lämpötila
- Ympäröivien pintojen lämpötila
- Ilman suhteellinen nopeus
- Ilman suhteellinen kosteus

Professori P O Fangerin mukaan sisäilmasto on ihanteellinen, kun ihminen pitää lämpöviihtyvyyttä hyvänä, eli kun lämpötila on hänestä neutraali. Ilmastointijärjestelmiä käytettäessä ongelmana on kuitenkin aina se, että ihmiset kokevat sisäilmaston eri tavalla.

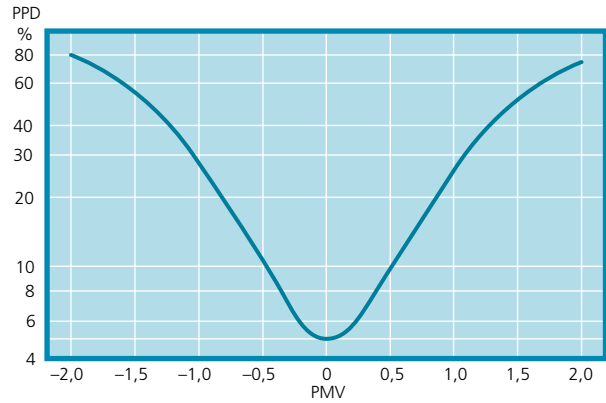
Vaikka ilmastointi toteutetaan mahdollisimman huolellisesti, noin 5 % on tyytymättömiä lopputulokseen. Tyytymättömien määrä kasvaa sitä mukaa, mitä enemmän poiketaan keskiver-toihmisen ihannelämpötilasta.

Kuvassa 1 näkyy tyytymättömien osuus lämpötilan poiketes-sa keskimääräisestä ihannelämpötilasta.

Vaikutukset työsuoritukseen

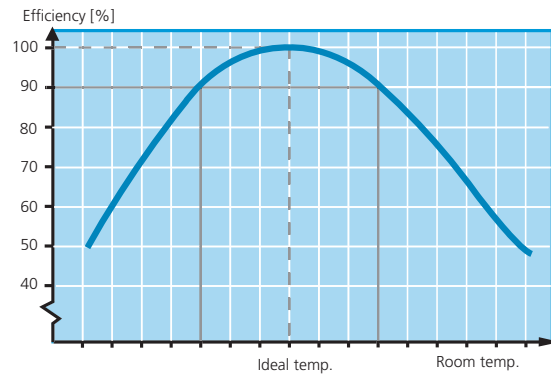
Ihanteellinen sisäilmasto on jokaiselle ihmiselle yksilöllinen. Tutkimusten mukaan ihmisen suorituskyky on riippuvainen hänen käsityksestään miellyttävästä sisäilmastosta. David Wyon teki Ruotsin valtion rakennustutkimusinstituutissa (SIB) useita tutkimuksia sisäilmaston vaikutuksista ihmisiin erilaisissa työympäristöissä.

Kuva 2 osoittaa, että ihannelämpötilasta poikkeamisella on suuri merkitys. Jo muutama aste heikentää työntekijän tehokkuutta. Siten on mahdollista tehdä laskelma sisäilmastoon tehdyn investoinnin merkityksestä. Investoinnit voidaan siten motivoida paitsi tilojen viihtyvyyden myös työtehon kannalta.



Kuva 1. Odotettu osuus tyytymättömiä (PPD = Predicted Percentage Dissatisfied) lämpöviihtyvyyden funktiona (PMV = Predicted Mean Vote).

- 2 = viileä
- 1 = hieman viileä
- ±0 = neutraali
- +1 = hieman lämmin
- +2 = lämmin



Kuva 2. Tehokkuus ihannelämpötilasta poikkeamisen funktiona.

Tavallisen toimistohuoneen lämmitys- ja jäähdytystarve

Seuraava esimerkki kertoo toimistohuoneen lämpötasapainosta. Huoneessa on nk. energialasista valmistettu ikkuna, jonka U-arvo on noin 1,3 W/m², K. **Kuva 3** osoittaa, miten toimistohuoneiden tavanomaiset lämmönlähteet vaikuttavat lämmön ja jäähdytystarpeen väliseen suhteeseen.

Ihminen kehittää lämpöä noin 100 W. Valaistus lisää lämpöä 120 W. Ihmisen, valaistuksen, tietokoneen näytön ja auringon yhteiskuormitus huoneessa on noin 650 W. Kun ulkolämpötila on -18 °C, huoneiden ulkoseinien, ikkunoiden jne. lämpöhäviöt ovat noin 180 ja 300 W sen mukaan, missä kohdassa rakennusta huone sijaitsee. Korkeampi arvo tarkoittaa kulmahuonetta. Huoneen jäähdytystarve on melkein kaikissa tapauksissa huoneen lämmitystarvetta suurempi, vaikka pakkasta onkin -18 °C.

Onko sisäilmastoa parantava jäähdytys tarpeen hyvän työympäristön luomisessa?

Kyllä, näin väitämme. Perustamme sen seuraaviin esimerkkeihin.

Edellytykset:

Työympäristö: Toimisto
 Vaikutukset: 100 % aina lämpötilaan +25 °C, sen jälkeen työteho heikkenee 10 % / °C
 työsuoritukseen:

Rakennus: Raskas rakenne, betonipalkkito ja tiiliseinät

Ilmanvaihto ilmajäähdytyksellä: 4 l/s m² ja yökäyttö kesäaikaan

Ilmanvaihto vesikiertoisella jäähdytyksellä: 1,5 l/s m²

Puhaltimen hyötysuhde: 50%

Jäähdytystarve: 35 W/m²

Palkkakustannus: 40 € tunnissa työntekijää kohti sis. menetetty myyntikate

Vastaava käyttöaika: 700 h/vuosi

Sähkönhinta: 0,11 €/kWh

Tuotannonmenetyksen aiheuttamat kustannukset

Tuotantomenetyksen kustannukset ovat 690 vuodessa työntekijää kohti. Jos jokaisen työntekijän oletetaan käyttävän 20 m² toisarvoiset pinta-ala mukaan luettuna, on vuotuinen kustannus 35 €/m².

Tätä on verrattava investointiin ja vuotuisen käyttökustannukseen.

Viihtyisän sisäilmastoinnin investointikustannukset

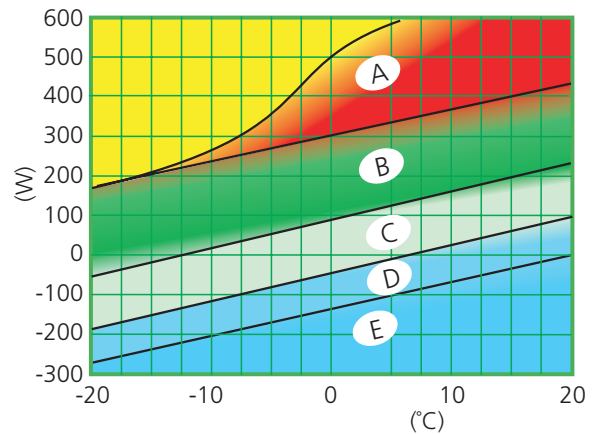
Huonejäähdytyksen sisältävän jäähdytyslaitteiston normaalit investointikustannukset ovat 80-95 €/m² toimistoissa.

Melko yksinkertaisin laskelmin on helppo todeta, että työtilojen sisäilmastoon tehty investointi maksaa itsensä takaisin noin 3 vuodessa.

Käyttökustannus

Sisäilmastoa parantavan jäähdytyslaitteiston lisäkäyttökustannus on vuodessa n. 1€/m².

Jäähdytyslaitteistoa käytettäessä ilmavirta pienenee ja säästö on vuodessa noin 3,5 €/m². Ilmavirran pieneminen 2,5 l/s m² vähentää siten puhaltimien käyttökustannuksia, jolloin se kattaa reilusti jäähdytyslaitteiston käyttökustannukset.



Kuva 3. Tavallisen toimistohuoneen lämpötasapaino.

- A = Aurinko
- B = PC
- C = Valaistus, 120 W
- D = Henkilö, 100 W
- E = Siirto

LÄMMÖN SIIRTO

Ihmisen ja ympäristön välinen lämmönvaihto tapahtuu pääasiassa kolmella eri tavalla:

- lämmön luovutus säteilemällä sitä ympäröiville pinnoille tai vapaaseen tilaan
- lämmön luovutus konvektion kautta ympäröivään ilmaan
- lämmön luovutus haiduttamalla nestettä, mikä tapahtuu pääasiassa hikoilemalla.

Lämmönvaihto voi tapahtua myös neljännellä tavalla, jolloin lämpö siirtyy kehosta siihen suorassa yhteydessä oleviin kiinteisiin tai kelluviin esineisiin. Tämä on tavallisesti kuitenkin niin pientä, ettei sitä oteta huomioon.

Säteilylämpö

Lämpö säteilee jatkuvasti lämpimiltä pinnoilta kylmemmille pinnoille, ja säteily lisääntyy pintojen lämpötilaerojen kasvaessa. Säteilylämmön luovutus johtuu siis seuraavista tekijöistä:

- pintojen koko ja sijainti = avaruuskulma toisiinsa nähden
- pintojen erilaiset lämpötilat
- pintojen ominaisuudet, jotka määräävät emissio- ja absorptioarvon, eli kyvyn luovuttaa ja vastaanottaa säteilylämpöä

Lämpösäteilyä on kahdenlaista:

- Korkean lämpötilan säteily kappaleista, joiden lämpötila on yli noin + 500 °C
- Matalan lämpötilan säteily kappaleista, joiden lämpötila on alle noin + 250 °C

Yllämainitut lämpötilarajat ovat vain suuntaa antavia.

Koska huonepintojen ja perinteisten lämmittimien lämpötila on suhteellisen alhainen, ihmisen ja häntä ympäröivien pintojen lämmönvaihto tapahtuu sisätiloissa pitkäaaltoisena matalan lämpötilan säteilyä. Lukuun ottamatta puhtaita, käsittelemättömiä metallipintoja pintojen rakenteella ja värillä ei ole matalan lämpötilan säteilyssä käytännöllisesti katsoen merkitystä pinnan kyvylle luovuttaa ja absorboida lämpöä. Esimerkkejä tällaisista matalan lämpötilan säteilylähteistä ovat esimerkiksi seinäpatterit sekä katto- ja lattialämmitysjärjestelmät.

Laskettaessa huoneolosuhteita lämpötiloissa -50 – + 100 °C huoneen pintojen välinen lämmönvaihto on näkymätöntä pitkäaaltoista matalan lämpötilan säteilyä. Huoneilman emission ja absorption avulla tapahtuva säteilyluovutus voidaan myös jättää täysin huomiotta. Huonelämpötilan tasapainolaskelmissa otetaan siten huomioon vain huoneen eri pintojen, kuten seinien, lattian, katon, huonekalujen, lämmittimien jne. välinen matalan lämpötilan säteily sekä auringon mahdollinen korkean lämpötilan säteily.

Huoneen eri pintojen välinen lämmönvaihto ilmaistaan tavallisesti alla olevalla yhtälöllä.

$$P_S = \alpha_S \cdot A_1 \cdot (t_1 - t_m) \text{ [W]}$$

P_S = lämpötehon luovutus (W) pinnan A_1 (m^2), jonka lämpötila on t_1 , sekä kaikkien muiden huonepintojen välillä, joiden

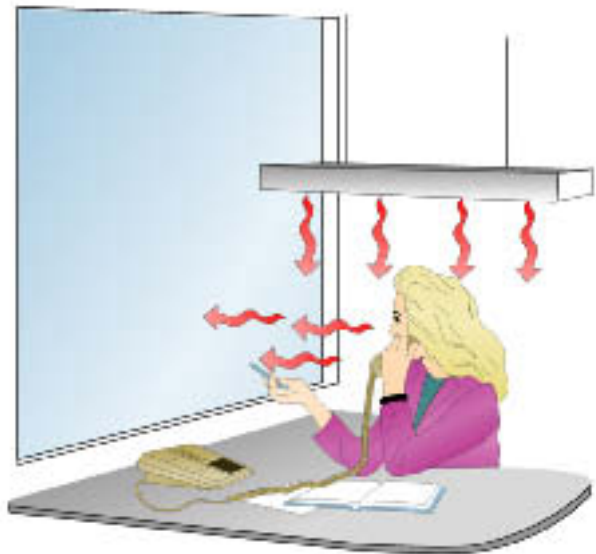
keskimääräinen pintalämpötila on t_m .

$$\alpha_S = \text{säteilyn lämmönsiirtymiskerroin, W/m}^2 \text{ K}$$

Hyvällä tarkkuudella voidaan lämpötila-alueella 0 – + 100 °C, (poikkeama alle 2,5 %) laskea:

$$\alpha_S = \epsilon_0 \cdot (4,38 + 0,034 \cdot (t_1 + t_m)) \text{ [W/m}^2 \text{ K]}$$

ϵ_0 = emissiokerroin



Kuva 4. Lämpö säteilee kaikkien lämpötiloiltaan erilaisten pintojen välillä suunnasta riippumatta.

Konvektio

Huoneilmaa lämpimämpi pinta luovuttaa huoneilmaan lämpöä. Vastaavasti huoneilma luovuttaa lämpöä huoneilmaa kylmemmälle pinnalle. Tällaista lämmönluovutusta kutsutaan konvektioksi, jota on kahdenlaista:

- Omakonvektio
- Pakotettu konvektio

Omakonvektio on seurausta eri ilmakerrosten tiheyseroista, jotka aiheutuvat ilman ja sen ympäröimien kappaleiden lämpötilaeroista. Kappaleen pintaa lähinnä olevan ilman lämpötila eroaa kappaleen rajapinnan ulkopuolella olevan ilman lämpötilasta, ja tämä vaikuttaa kerrosten tiheyteen. Syntyy erityyppisiä virtauksia, joihin vaikuttavat kappaleiden muoto, lämpötilaerot ja sijainti.

Pakotettu konvektio saadaan aikaan esimerkiksi puhaltimella, jolloin puhallin säätelee ilman virtausta. Tällöin ilma kiertää kappaleiden ympärillä muiden voimien kuin tiheyserojen vaikutuksesta.

Konvektiiviseen lämmönsiirtymiseen vaikuttaa siis kappaleen pinnalla virtaava ilma, pinnan laajuus sekä kappaleen ja sitä ympäröivän ilman lämpötilaero.

Lämmönvaihto pintayksikköä kohti kasvaa ilman nopeuden kasvaessa, pinnan pienentyessä ja kappaleen pinnan ja ilman välisen lämpötilaeron kasvaessa.

Induktio

Induktio on tietynlaista pakotettua konvektiota, joka syntyy nopeasti virtaavan ilmasuihkun ohittaessa paikallaan olevan ilman ja imaistessa tämän mukaansa. Ilmasuihkun tilavuus kasvaa tällöin.

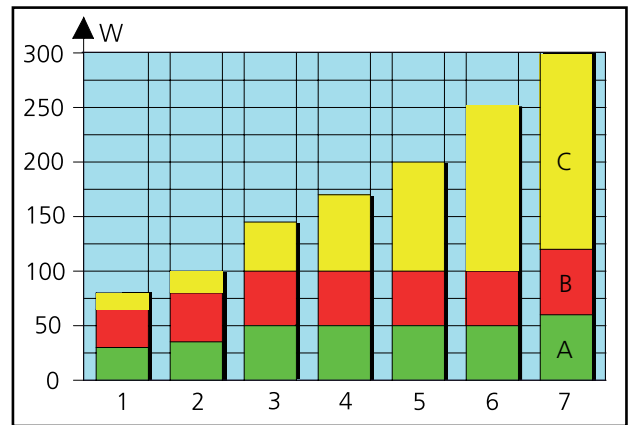
Induktioperiaatetta hyödynnetään sekä aktiivisissa ilmastointipalkeissa (ilmastointipalkki integroidulla tuloilmalla) että induktiolaitteissa, katso luku **TILOJEN JÄÄHDYTTÄMINEN**.

Haihtuminen

Nesteen muuttuessa kaasuksi tarvitaan höyrystyslämpöä. Ihmisen hikoillessa tämä höyrystyslämpö otetaan suureksi osaksi kehon pinnasta, joka tällöin jäähtyy. Ihminen luovuttaa lämpöä haihduttamalla. Myös uloshengityksessä tapahtuu lämmönvaihtoa haihtumisen ja konvektion kautta.

Haihtumisesta johtuva lämmönluovutus on riippuvainen huoneilman suhteellisesta kosteudesta. Normaalisissa huonelämpötilassa +18 °C – +25 °C ja suhteellisen ilmankosteuden ollessa 20–50 % vaikutus on kuitenkin vähäinen.

Jos suhteellista ilmankosteutta (RH) ei pidetä sopivana, korkeintaan 45 % 25 °C:ssa, vaan se nousee 60 %:iin, ihon pinta kostuu. Tämä vaikeuttaa höyrystymistä. Sen vuoksi on tärkeää, että ilmastointilaitteisto on mitoitettu siten, että rakennuksen kosteuspitoisuus ei pääse nousemaan liian korkeaksi. Tämä varmistetaan mitoittamalla tuloilmakone ja sen jäähdytyslaitteiston jäähdytysteho riittävän suureksi, jolloin ne pystyvät poistamaan ilmasta kosteuden ennen huonetiloihin puhaltamista, katso jakso **Kondensisuoja**.



Kuva 5. Lämmön haihtuminen kehosta erilaisissa työtehtävissä.

A=Konvektio

B=Säteily

C=Haihdutus

1=Lepo

2=Kevyt toimistotyö

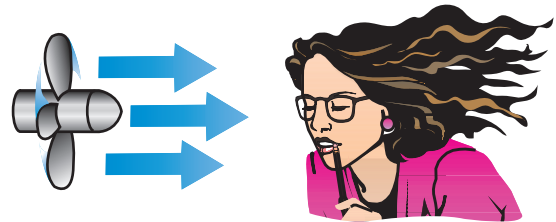
3=Normaali toimistotyö

4=Tietokone työskentely

5=Kevyt ruumiillinen työ

6=Rauhallinen kävely

7=Maalaustyö



Kuva 6. Pakotettu konvektio.

SISÄILMASTON KÄSITTEET

Lämpötila

Ilman lämpötila on sisäilmaston käsitteistä helpoin ymmärtää, ja useimmilla on omakohtaisia kokemuksia ihmisten erilaisista mielipiteistä.

Operatiivinen lämpötila

Operatiivinen lämpötila on ympäröivien huonepintojen ja huoneilman lämpötilojen arvioitu keskiarvo. Koettuun lämpötilaan vaikuttavat siten huoneilman lisäksi yhtä paljon myös ympärillä olevien pintojen lämpötilat. Koska erilaisten huonepintojen, kuten ikkunoiden, ulkoseinien, sisäseinien, lattioiden ja kattojen lämpötila ja sijainti huoneessa vaihtelevat, operatiivinen lämpötila voi vaihdella myös eri suunnissa.

Suunnattu operatiivinen lämpötila

Kylmän ikkunan ääressä voidaan havaita säteilyä samalla, kun huoneen sisäosissa tuntuu hieman lämpimämmältä. Syy tähän ilmiöön on se, että säteilylämmönvaihto on huomattavasti vilkkaampaa kylmään ikkunaan päin kuin huoneeseen päin.

Jos suunnatun operatiivisen lämpötilan erot ovat suuret, ikkunaan kohti olevat kehon osat jäähtyvät. Tämä paikallinen lämmön puuttuminen koetaan vetona. Vedon tunteminen ei sen vuoksi aina johdu suurista ilmavirroista, vaan se voi aiheutua myös siitä, että joidenkin kehonosien ja kylmien huonepintojen välinen säteilylämmönvaihto on liian suurta.

Lämpösäteilyn epäsymmetrisyys

On tunnetusti epämiellyttävää oleskella pitempiä aikoja kylmän pinnan, esim. huonolaatuisen ikkunan tai kuuman pinnan, esim. kuuman lämpöpatterin läheisyydessä. Tällaisia tilanteita on tutkittu lähemmin Tanskan teknisen korkeakoulun lämpö- ja ilmastointiteknikan laboratoriossa. Koehenkilöitä on altistettu ilmastokammiossa lämpösäteilykentän erilaisille epätasaisuuksille.

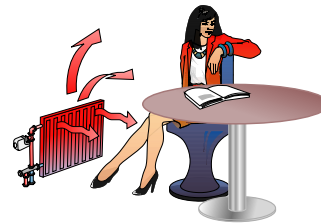
Kokeissa on saatu esille raja-arvot, joiden sisällä 5 % koehenkilöistä kokee lämpöviihtyvyyden huonona. He ovat tällöin kuitenkin lämpötasapainossa ympäristön kanssa, eli mukavuusytälö on toteutettu. Nämä raja-arvot käyvät ilmi **Kuvista 7–10**.

Säteilyn epäsymmetrisyys määritetään henkilön fyysisen keskeksen poikkileikkauksen vastakkaisten puolten tasaisen säteilylämpötilan t_{pg} :n erona. Kuvissa näkyvät ne ΔT_{pr} -arvot, jotka tyyppillisissä tilanteissa merkitsevät sitä, että lämpöviihtyvyys on 5 %:n mielestä huono vinon säteilykentän vuoksi. Ilmalämpötilan arvioidaan olevan saman kuin huoneen muiden pintojen pintalämpötila.

Saamme selville, että ihmiset voivat hyväksyä suuria epätasaisuuksia ylhäältä tulevassa kylmässä ja sivusta tulevassa lämpimässä säteilyssä. Sivusta tulevaa kylmää säteilyä siedetään huonommin ja katosta tulevaa lämmintä säteilyä erittäin huonosti.



Kuva 7. Kylmän pinnan vaikutus sivusta.
 $\Delta T_{pr} < 10K$.



Kuva 8. Lämpimän pinnan vaikutus sivusta.
 $\Delta T_{pr} < 23K$.



Kuva 9. Kylmän pinnan vaikutus pään yläpuolella.
 $\Delta T_{pr} < 14K$.



Kuva 10. Lämpimän pinnan vaikutus pään yläpuolella.
 $\Delta T_{pr} < 5K$.

Ilmankosteus

Ilmankosteus on yleensä viihtyvyyteen kaikkein vähiten vaikuttava tekijä. Ilmankosteuteen liitetään joskus jopa muita parametreja kuten ilman epäpuhtaudet.

Jos jäähdytyslaitteen teho ei riitä tuloilman kosteuden poistamiseen, ilmankosteus saattaa nousta kesällä liian korkeaksi.

Vaatetus

Vaatetuksen merkitys on helppo ymmärtää, mutta sitä voi olla melko vaikea säädellä. Kesällä naiset voivat pukeutua miehiä kevyemmin, he saattavat esim. käyttää hametta ja ohutta puseroa kun miehillä taas on pitkät housut ja pitkähihainen paita. Tämä on sinänsä tarpeeksi vahva parametri erilaisten lämpötilojen motivoimiseksi huoneessa. Avokonttoreissa saattaa sen vuoksi olla varsinkin kesällä eriäviä mielipiteitä lämpötiloista.

Aktiviteettitaso

Aktiviteettitaso, eli yksinkertaisemmin ilmaistuna työtehtävien laatu, on hyvin merkittävä parametri. Liikkuva työ edellyttää alhaisempaa lämpötilaa kuin paikallaan istuva työ. Sen vuoksi ei ole aina suositeltavaa, että samoissa tiloissa tehdään aktiviteettitasoltaan erilaisia töitä.

Ilmannoisuus

Ilmannoisuuden vaikutus sisäilmastoon on yleisesti tunnettu. Sen sijaan ilmalämpötilan ja ilmannoisuuden yhteisvaikutus saattaa olla monelle uusi asia. Yksinkertaistaen tätä voidaan verrata siihen, miltä käden vilvoittelu auton sivuikkunasta tuntuu kesähelteellä ja talvipakkasilla. Kesällä miellyttävä kokemus on talvella 10 asteen pakkasessa hyvinkin epä mukava. Näin on helppo ymmärtää, että kokemukseen ei vaikuta vain ilmannoisuus vaan myös ilman lämpötila. ISO 7730 todistaa tämän nk. vetoindeksillä (Dr-indeksi). Tämä suhdeluku koostuu seuraavista tekijöistä:

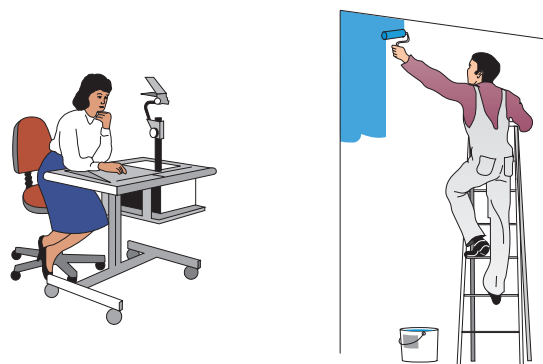
- Ilmannoisuus
- Turbulenssi-intensiteetti
- Ilman lämpötila

Mittaamalla ilman lämpötilaa ja ilmannoisuutta tietyn ajan kuluessa (ja laskemalla turbulenssi-intensiteetin, joka mittaa miten paljon ilmannoisuus vaihtelee mittausjakson aikana, eli miten levoton ilma on) DR-indeksi voidaan laskea esim. tietylle sijainnille huoneessa. Tulokset osoittavat, että mitä kylmempi huone on, sitä alhaisempia ilmannoisuuksia siinä siedetään, ja päinvastoin, lämpötilan noustessa myös ilmannoisuus voi olla suurempi.

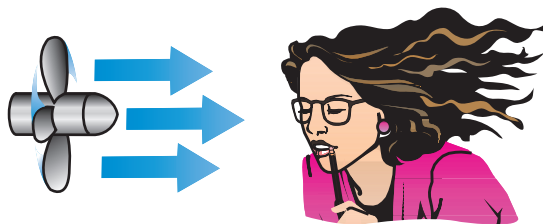
Tämän vuoksi maksiminopeudet vaihtelevat kesällä ja talvella. Talvella ilmannoisuus saa olla korkeintaan 0,15 m/s tiloissa, joissa oleskelee ihmisiä. Kesällä vastaava nopeus saa olla korkeintaan 0,25 m/s.



Kuva 11. Vaatetuksella on suuri merkitys ilmaston kokemiselle.



Kuva 12. Ihmisen sisäilmaston kokemiseen vaikuttaa ennen kaikkea hänen harjoittamansa toiminta. Mitä enemmän toimintaa, sitä alhaisempaa lämpötilaa toivotaan.



Kuva 13. Ilmannoisuus vaikuttaa siihen, miten ihmiset kokevat sisäilmaston.

SISÄILMASTON KÄSITTEET

Ilmanlaatu

Ilmanlaadun kokemisesta ei olla yhtä varmoja kuin lämpöviihtyvyyden kokemisesta. Tanskalaisten tutkimusten mukaan tyytymättömien määrä on noin 14 %, jos kaikki altistetaan hiilidioksidipitoisuudelle 800 ppm. Ilmansaasteiden hiilidioksidipitoisuusraja on yleensä 1000 ppm, mutta on tärkeää pitää mielessä, että tämä koskee vain ihmisen tuottamia ilmansaasteita. Hiilidioksidipitoisuutta ei sen vuoksi voida käyttää muuntotyypisten, esim. rakennusmateriaalien erittämien epäpuhtauksien mittaamiseen.

Ilma saattaa joskus tuntua huonolaatuiselta, vaikka kysymyksessä onkin liian korkea lämpötila.

Valaistus

Ihminen tarvitsee ikääntyessään yhä enemmän valoa. Kuusikymmenvuotias tarvitsee esimerkiksi kaksinkertaisen valaistusvoimakkuuden kaksikymmenvuotiaaseen verrattuna. Kattovalaisimien antamalta taustavalolta vaaditaan yleensä 500 luksia lukualueella samalla, kun työpisteen valaistus sovitetaan käyttäjän tarpeiden mukaan.



Kuva 14. Ilmanlaatuun vaikuttavat monet tekijät, kuten rakennusmateriaalien päästöt ja ihmisten eritteet. Esimerkiksi tupakointi heikentää ilmanlaatua.



Kuva 15. Valaistus.

JÄÄHDYTYKSEN

Jäähdytystarve on se lämpöyllijäämä, joka on johdettava pois rakennuksesta, jotta sisätilojen lämpötila pysyy ennalta määrättyä korkeinta sallittua arvoa alhaisempana. Rakennusten aktiiviseen jäähdyttämiseen tarkoitettuja järjestelmiä voidaan jakaa yleisesti kolmeen ryhmään.

- Ilmakiertoiset jäähdytysjärjestelmät
- Vesikiertoiset jäähdytysjärjestelmät
- Yhdistetyt järjestelmät (jäähdytykseen käytetään sekä ilmaa että vettä)

On tärkeää erottaa tuntuva jäähdytysteho ja märkäjäähdytyksen sisältävä kokonaisjäähdytysteho. Tuntuva jäähdytysteho saadaan laskemalla halutun lämpötilan ja ilmastoimattoman lämpötilan erotus. Kokonaisjäähdytystehoon tulee sisältyä myös märkäjäähdytyksen sisältävä latentti jäähdytystarve. Tällä tarkoitetaan sitä entalpian eroa, joka on tarpeen tuloilman kuivattamiseksi ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterissa, ks. **Kuva 16**. Jos latentti jäähdytystarve laskeaan mukaan, kasvaa mitoitettu kokonaisjäähdytystarve yleensä yli 100 %.

Ilmakiertoiset jäähdytysjärjestelmät

Näiden järjestelmien ilmavirrat määräytyvät jäähdytystarpeen mukaan. Mitoitukseen vaikuttavat siten lämpötilaan, eivät ilmanlaatuun liittyvät vaatimukset.

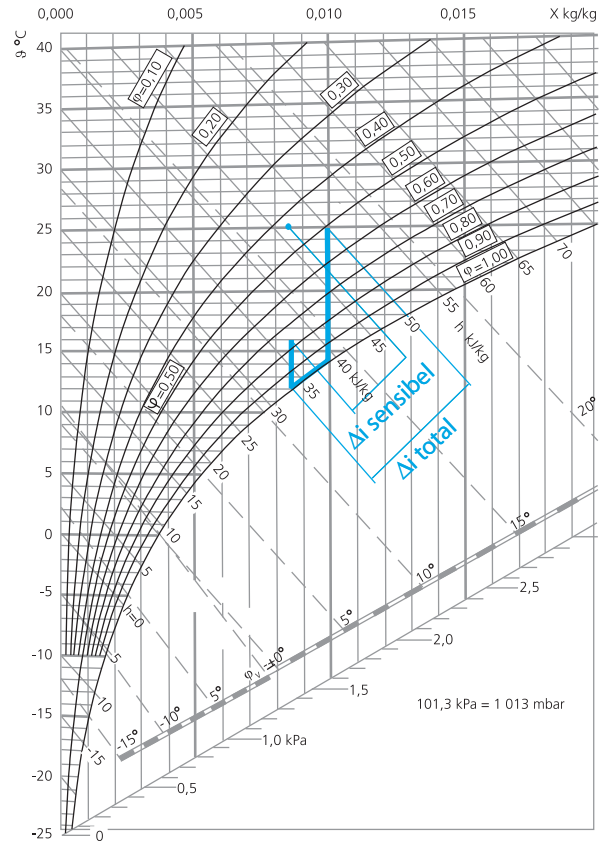
Olemassa olevan rakennuksen kanavajärjestelmän vaihtaminen on yleensä sekä vaikeaa että kallista. Jos rakennuksen kanavissa ei pystytä kuljettamaan tarpeeksi suuria ilmavirtoja jäähdytystarpeen tyydyttämiseksi, rakennukseen asennetaan korjaustöiden yhteydessä yleensä vesikiertoinen jäähdytysjärjestelmä. Jäähdytysjärjestelmän on mukauduttava jäähdytystarpeen vaihteluun sekä vuorokauden että vuoden eri aikoina. Ilmakiertoisen jäähdytyksen kaksi perustyyppiä ovat vakioilmavirtajärjestelmät ja ilmavirtasäätöiset järjestelmät (menetelmät voidaan myös yhdistää).

Vakioilmavirta- eli CAV-järjestelmät

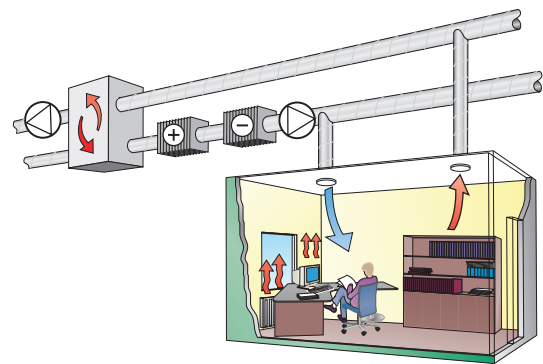
CAV-järjestelmien (Constant Air Volume) ilmavirta on vakio. Ilmankäsittelykoneessa käsiteltävän tuloilman lämpötila määräytyy yleensä niiden huoneiden perusteella, joiden jäähdytystarve on suurin. Tietyissä tiloissa, esim. kokoustiloissa tuloilma on ehkä jälkilämmitettävä. Näin huone ei tunnu kylmältä, jos se ei ole vähään aikaan ollut käytössä.

Vaikka CAV-järjestelmien ilmavirta on vakio, niiden puhaltimissa käytetään toisinaan kaksinopeusmoottoria, joiden kierroslukua voidaan säätää rakennuksen jäähdytystarpeen salliessa. Ilmavirta vähenee tällöin suhteessa kierrosluvun pienemiseen.

CAV-järjestelmän tuloilman lämpötila voi olla vakio tai säädettävissä. Kun lämpötilaa ohjataan keskitetysti tai kun tuloilman lämpötila on vakio, yksittäisten huoneiden lämpötila korjataan talvella esimerkiksi pattereiden avulla.



Kuva 16. Latentin ja tuntuva jäähdytystehon summa antaa mitoitettua jäähdytystehoa.



Kuva 17. CAV-järjestelmän periaate.

VAV-järjestelmät eli ilmapuhtausjärjestelmät

Niin kutsutuissa VAV-järjestelmissä (Variable Air Volume) jokaisen huoneen ilmavirta vaihtelee tarpeen mukaan, mutta tuloilman lämpötila pysyy vakiona, eli tuloilman lämpötila ei muutu kuormituksen muuttuessa. Tuloilman lämpötilaa ohjataan yleensä vuodenaikojen mukaan ulkolämpötilan funktiona.

Jokaisen huoneen ilmavirtaa säädetään pellillä, joka sijaitsee huoneen yhteydessä olevassa päätelaitteessa. Tulo- ja poistoilmapuhaltimia ohjataan ohjaussiipisäädöllä tai puhallinmoottorin pyörimisnopeuden ohjauksella, tavallisesti taajuusohjauksella.

Ohjaus tapahtuu yleensä niin, että paine pidetään vakiona järjestelmän kauimmaisissa haarakanavissa olevien anturien avulla. Ilmavirta vaihtelee lämpimimpien päivien maksimiarvosta vuoden kylmimpien päivien 20 prosenttiin maksimiarvosta, jolloin ilman täytyy vain täyttää ilmanlaadulle asetetut vaatimukset.

Vesikiertoiset jäähdytysjärjestelmät

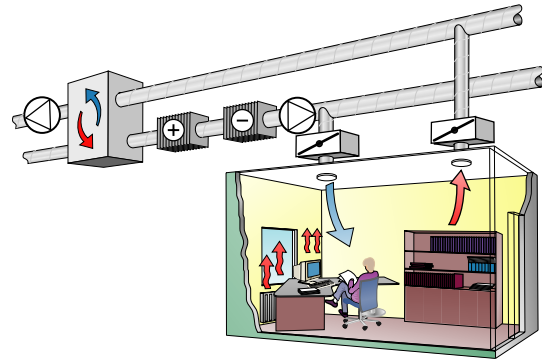
Tämäntyyppisissä järjestelmissä yksittäiset huoneet varustetaan vesikiertoisella jäähdytyksellä. Ilmanvaihtojärjestelmää käytetään vain ilmanlaadun parantamiseen.

Tällaista jäähdytysjärjestelmää suositetaan usein saneeraus- ja korjausrakentamisessa. Rakennuksen jäähdytysvesiputket sijoitetaan usein alakaton yläpuolelle.

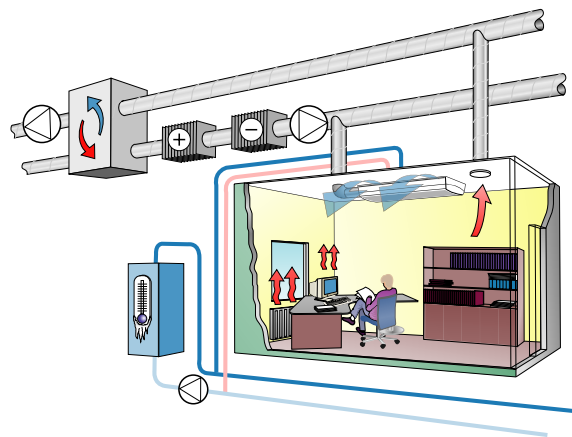
Yhdistetyt järjestelmät

Ilma- ja vesikiertoinen jäähdytys voidaan yhdistää monin eri tavoin. Järjestelmät joudutaan yhdistämään mm. silloin, kun ilmakiertoisen järjestelmän jäähdytysteho ei riitä.

Ilmakiertoiset järjestelmät voidaan yhdistää myös siten, että rakennuksen joissakin osissa tai huoneissa käytetään VAV-järjestelmää (käyttämällä nk. VAV-yksikköä, jossa ilmavirtaa voidaan ohjata) ja muissa osissa CAV-järjestelmää.



Kuva 18. VAV-järjestelmän periaate.



Kuva 19. Vesikiertoisen jäähdytyksen periaate.

Perinteinen sähkökäyttöinen kompressorijäähdytys

Kylmän ilman tuottamiseen on perinteisesti käytetty jäähdytyskompressoria. Koneellisella ilman jäähdytyksellä tarkoitetaan yleensä juuri kompressorijäähdytystä.

Jäähdytyskompressoria käytettäessä rakennusta voidaan jäähdyttää monella eri tavalla. Kuten aikaisemmin mainittiin, jäähdytyskoneen tuottama kylmä voidaan johtaa joko ilmankäsittelykoneen jäähdytyspatteriin tai huoneeseen sijoitettuun jäähdytyslaitteeseen, esimerkiksi jäähdytyspalkkiin tai puhallinkonvektoriin.

Haihdotusjäähdytys

Ilman haihdutusjäähdytyksessä käytetään hyväksi ilmiötä, jossa ilman lämpötila laskee, kun ilmavirta kostutetaan haihduttamalla vettä kostealta pinnalta. Jäähdytys jatkuu kunnes ilma on vesihöyryn kyllästämää. Tällä menetelmällä saavutettava ilman alinta lämpötilaa rajoittaa ilman märkälämpötila, jota joskus myös kutsutaan ilman jäähdytysrajaksi.

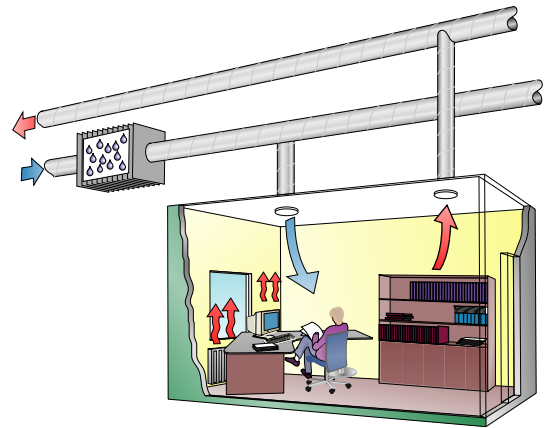
Suoralla haihdutusjäähdytyksellä tarkoitetaan prosessia, jossa tuloilmaa kostutetaan ja sen lämpötila laskee. Samalla kasvaa tuloilman kosteuspitoisuus. Epäsuorassa haihdutusjäähdytyksessä poistoilmaa kostutetaan, jolloin poistoilman lämpötila laskee. Sen jälkeen tapahtuu poisto- ja tuloilman välinen lämmönsiirtyminen (ei hygroskooppinen), jossa tuloilman lämpö siirtyy poistoilmaan.

Jäähdytysmahdollisuudet riippuvat suuresti ulkoilman tilasta. Mitä enemmän kosteutta (mitä suurempi $t_{\text{märkä}}=\text{arvo}$) se sisältää, sitä huonommin se jäähdyttää. Menetelmää käytetään sen vuoksi rajallisesti toimistoissa ja muissa liiketiloissa.

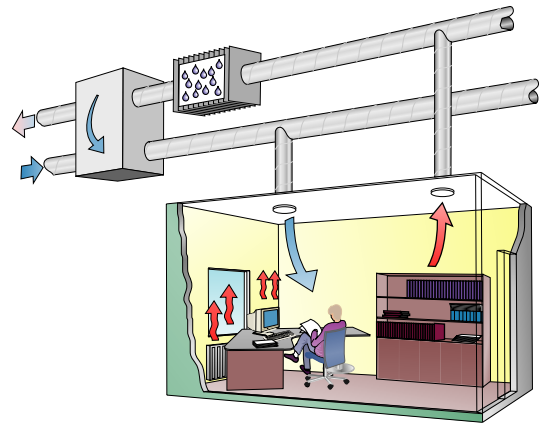
Sorptiojäähdytys

Jotta tuloilman lämpötila voidaan laskea mahdollisimman alhaiseksi, ilman on oltava kosteuttamisen alkaessa mahdollisimman kuivaa. Sorptiojäähdytyksessä haihdutusjäähdytystä täydennetään kuivaamalla tuloilma ennen sen kostuttamista, ks. **Kuva 22**.

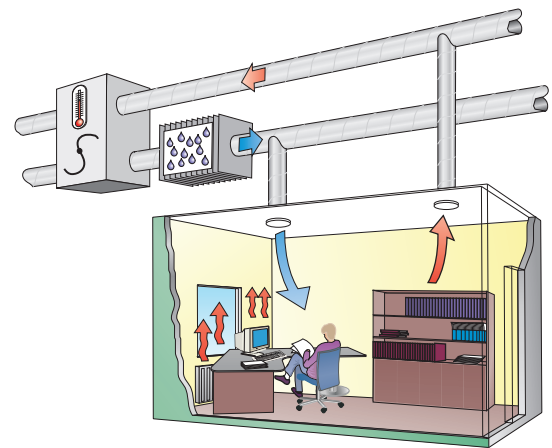
Sorptiojäähdytyslaite koostuu tuloilmaa kuivaavasta kosteudenpoistajasta ja ilmaa jäähdyttävästä haihuttavasta osasta. Kuivaus tapahtuu kosteutta siirtävässä roottorissa. Kosteus poistuu roottorista poistoilmapuolella. Tämä kuluttaa lämpöä. Sorptiivinen jäähdytyslaite tarvitsee siten myös lämpöä.



Kuva 20. Suoran haihdutusjäähdytyksen periaate.



Kuva 21. Epäsuoran haihdutusjäähdytyksen periaate.



Kuva 22. Sorptiivisen jäähdytyksen periaate.

Kaukokylmä

Yhä useammat energialaitokset tarjoavat asiakkailleen nk. kaukokylmää. Jäähdytyksen tuotanto ja jakelu hoidetaan eri tavoin eri paikkakunnilla yksittäisen energialaitoksen tuotantoedellytysten sekä asiakaskunnan ja sen tiheyden mukaan. Kaukokylmäjärjestelmän tuotantoyksiköt voivat käyttää nk. "vapaajäähdytystä" (esim. kylmää merivettä, jota voidaan käyttää suoraan jäähdytykseen), jäähdytyskompressoreita tai lämmöllä toimivia jäähdytyskoneita.

Melko yleisesti hyödynnetään kaukolämpöverkon lämpöpumppujen jäähdytystä. Kaukokylmäverkkoon on yleensä liittynyt asiakkaita, joiden jäähdytystarve on melko suuri, esimerkiksi sairaaloita tai ostoskeskuksia. Yksittäisten kiinteistöjen osuus on kuitenkin kasvamassa.

Asiakkaalle toimitetaan "kylmää vettä" alakeskukseen, periaatteessa samalla tavalla kuin kaukolämpöä toimitetaan. Toisiovesi toimitetaan sieltä edelleen jäähdytettäviin rakennuksiin, ks. **Kuva 23**.

Aivan samoin kuin kaukolämmityksessä, myös kaukokylmässä on tutustuttava toimittajan asettamiin vaatimuksiin. Toimittaja asettaa tavallisesti seuraavat vaatimukset:

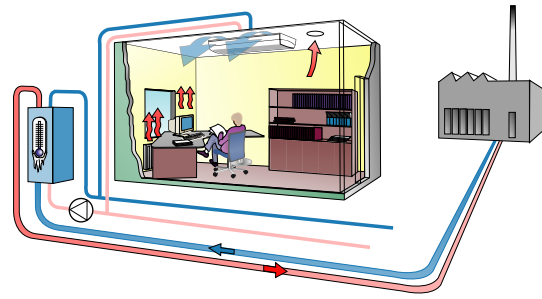
- Lämpötilat: esimerkiksi $t_{\text{meno}} - t_{\text{paluu}} = 6-16$ tai $7-17$, eli $\Delta T = 10$ K.
- Kaukokylmämaksu: joka kasvaa jos lämpötilaero pienenee suhteessa sovittuun.

Vapaajäähdytys

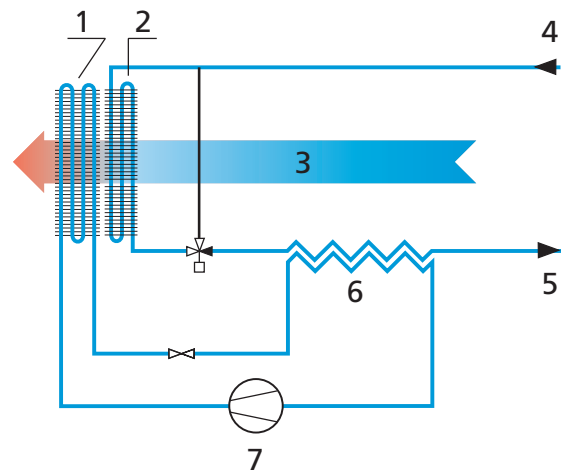
Vesikiertoisissa jäähdytysjärjestelmissä voidaan käyttää nk. vapaajäähdytystä, jolloin järjestelmään on asennettava jonkinlainen ulkoilmaa käyttävä lämmönvaihdin. Se voidaan usein sisällyttää lauhdutinjärjestelmään, ks. **Kuva 24**. Lämmönvaihdin kytketään nestejäähdytyslaitteen jäähdytysaine- ja kylmäainepiiriin väliin.

Kun vesikiertoisessa jäähdytyksessä käytetään vapaajäähdytystä, vesi jäähdytetään yleensä ulkoilman avulla tämän saavutettua tietyn lämpötilan. Jäähdytyskoneetta ei käytetä kyseistä lämpötilaa alhaisemmissa lämpötiloissa. Ulkoilmajäähdytyksen siirrytään yleensä ulkolämpötilan ollessa noin 10 °C.

On myös tavallista käyttää ilmaiskylmää asentamalla lämmönvaihtimia ja vaihtoventtiilejä talon jäähdytysjärjestelmien välille nestejäähdytyslaitteista ja kylmäainejärjestelmästä ilmastointilaitteen kylmäainejäähdyttimeen.



Kuva 23. Kaukokylmän periaate.



Kuva 24. Nk. vapaajäähdytyksellä varustettu jäähdytyskone.

1. Lauhdutin
2. Lämmönsiirrin kylmäaineelle
3. Ulkoilma
4. Kylmäaine paluu
5. Kylmäaine meno
6. Höyrystin
7. Kompressori

TILOJEN JÄÄHDYTYKSI

Huone voidaan jäähdyttää usealla eri tavalla. Alla selostetaan pääpiirteittäin kuinka ilmastointipalkit, ilmastointipaneelit, ilmastointimoduulit, puhallinkonvektorit ja induktiolaitteet toimivat sekä kunkin järjestelmän tärkeimmät ominaisuudet.

Jäähdytyspalkit

Jäähdytyspalkin toiminta perustuu konvektioon, eli jäähdytyspatterin läpi virtaavaan huoneilmaan, ks. **Kuva 25**.

Jäähdytyspalkkiin voidaan tuoda myös tuloilmaa, jolloin se samalla toimii tuloilmalaitteena. Nk. induktioteho lisää palkin jäähdytystehoa, ks. induktiolaitteita käsittelevä jakso. Swegon kutsuu tätä tyyppiä aktiiviseksi ilmastointipalkiksi. Näitä palkkeja voidaan käyttää tilojen jäähdyttämiseen sekä lämmittämiseen.

Jäähdytyspalkin tehoa säädetään usein on/off säätöventtiilillä, jolla joskus ohjataan useimpia jäähdytyspalkkeja halutusta jäähdytystehosta ja muunneltavuudesta riippuen.

Jäähdytyspalkit toimivat kuivajäähdytysperiaatteella (kastepisteen yläpuolella). Kylmäaineen menolämpötilan tulee aina olla huoneilman kastepistelämpötilaa korkeampi, ks. jakso **Kondenssisuoja**.

Aktiivisten ilmastointipalkkien ominaisuuksia

- Kustannustehokas ratkaisu, samassa yksikössä sekä tuloilma että huonejäähdytys
- Suhteellisen korkea jäähdytysteho
- Tuloilma on kuivattava kondenssin muodostumisen ja tehon heikkenemisen välttämiseksi
- Voidaan käyttää lämmitykseen pattereiden tilalla.

Jäähdytyspaneelit

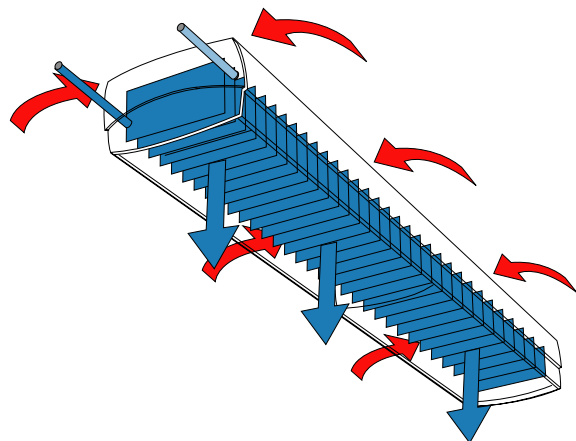
Kattoon vaakatasossa asennettavaa alilämpöistä pintaa kutsutaan jäähdytyspaneeliksi, ks. **Kuva 26**. Kylmä vesi kulkee jäähdytyspaneelin alumiinilevyyn liitetyissä putkissa. Lämpöä siirtyy levystä kylmään veteen. Jäähdytyspaneeli jäähdyttää tällöin lämpimän huoneilman ja kerää huoneesta lämpöä matalan lämpötilan säteilyn vaikutuksesta. Voidaan integroida alakattoon tai asentaa suoraan kattoon tai vapaasti huoneeseen. Toimii pääasiassa säteilyjäähdyttimenä.

Jäähdytyspaneelin tehoa säädetään usein on/off säätöventtiilillä, jolla joskus ohjataan useimpia paneeleja halutusta jäähdytystehosta ja muunneltavuudesta riippuen.

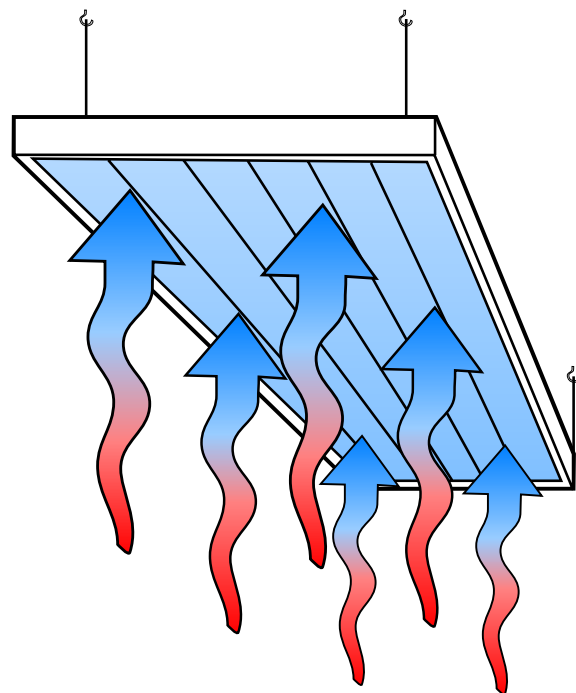
Jäähdytyspaneelit toimivat kuivajäähdytysperiaatteella (kastepisteen yläpuolella). Kylmäaineen menolämpötilan tulee aina olla huoneilman kastepistelämpötilaa korkeampi, ks. jakso **Kondenssisuoja** alla.

Jäähdytyspaneelien tyypillisiä ominaisuuksia

- Huomaamaton asennus
- Jäähdyttää säteilyn avulla
- Jäähdytysteho on korkeintaan noin 100 W/m²



Kuva 25. Jäähdytyspalkin toimintaperiaate.

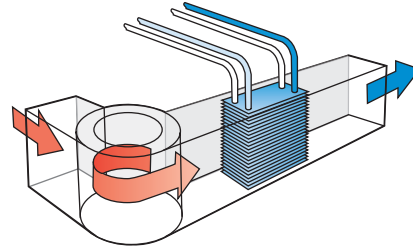


Kuva 26. Jäähdytyspaneelin toimintaperiaate.

Puhallinkonvektorit

Laite, joka tuo huoneeseen sekä lämmintä että kylmää ilmaa (ei kuitenkaan yhtä aikaa). Periaatekaavio on **Kuvassa 27**.

Puhallinkonvektori on varustettu puhaltimella, joka kierrättää huoneilmaa laitteen läpi. Laitteen sisällä ilma lämmitetään tai jäähdetään yhdistetyssä lämmitys-/jäähdytyspatterissa, jossa on kaksi erillistä vesisilmukkaa. Pattereille tulee lämmintä tai kylmää vettä talon keskuslämmitysjärjestelmästä. Puhallinkonvektorin jäähdysteho on suurin, mutta se on myös äänekkäin.



Kuva 27. Puhallinkonvektorin toimintaperiaate.

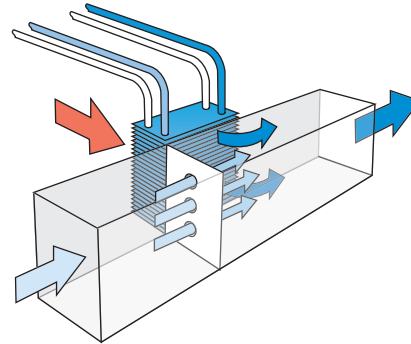
Puhallinkonvektoreiden tyypillisiä ominaisuuksia

- Suuri jäähdysteho
- Selviävät märkäjäähdytyksestä, jos järjestelmässä on varustettu viemärillä
- Suhteellisen kovaääninen (suurella teholla)
- Korkeat käyttö- ja huoltokustannukset (esim. suodattimen ja puhaltimen vaihtoa varten, vedenpoistojärjestelmän puhdistusta varten)

Induktiolaitteet

Huoneeseen sekä lämmintä että kylmää ilmaa (ei kuitenkaan yhtä aikaa) tuovia laitteita. Induktiolaitteen periaatekaavio on **Kuvassa 28**.

Induktiolaitetta käytettäessä tuloilma huoneeseen tulee induktiolaitteen läpi. Ilma virtaa suuttimen läpi suurella nopeudella, jolloin huoneilma "imeytyy" mukaan yhdistetyn lämmitys-/jäähdytyspatterin läpi, jossa on kaksi erillistä vesisilmukkaa. Näin huone voidaan jäähdyttää tai lämmittää samalla laitteella ilman puhaltimia.



Kuva 28. Induktiolaitteen toimintaperiaate.

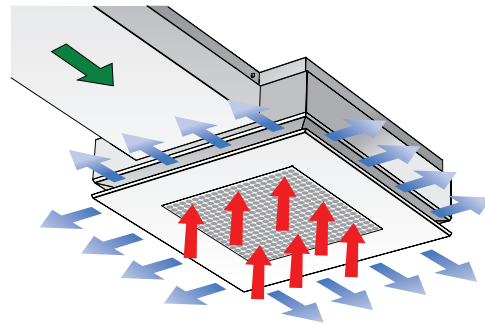
Induktiolaitteiden tyypillisiä ominaisuuksia

- Suhteellisen suuret jäähdystehot
- Sisältävät tuloilmatoiminnon
- Tuloilma on kuivattava kondenssin muodostumisen ja tehon heikkenemisen välttämiseksi
- Alhaiset käyttö- ja huoltokustannukset

Ilmastointimoduulit

Ilmastointimoduuli on täysin uuden tyyppinen tuote, jota voisi kuvailla ilmastointipalkin, tuloilmalaitteen ja patterin yhdistelmäksi.

Ilmastointimoduulissa yhdistyvät ilmastointipalkin suuri jäähdysteho pienillä ensiöilmamäärillä ja tuloilmalaitteen kyky sekoittaa jäähdytetty ilma nopeasti huoneilmaan. Tämä mahdollistaa suurten jäähdystehojen tuottamisen ilmastointipalkkia huomattavasti pienemmillä yksiköillä. Samat toiminnot luovat paremmat edellytykset huoneen lämmittämiseksi katosta käsin. Ilmastointimoduulin periaatekaavio näkyy **kuvassa 29**.



Kuva 29. Ilmastointimoduulin toimintaperiaate.

Ilmastointimoduulin ominaisuuksia

- Pienet rakennemitat antavat enemmän tilaa muille asennoille
- Nelisuuntainen ilmanjako luo suuren sekoittumisalueen
- Lämmittää, jäähdyttää ja tuulettaa tilat mukaviksi vuoden ajasta riippumatta (ilmanvaihto, jäähdytys ja lämmitys)
- Ei liikkuvia osia – pienet huoltokustannukset
- Suuri joustavuus koko käyttöiän

SUUNNITTELU

Mitoitusohjeita

Mitoitustiedot:

- Jäähdytystarve (käytä Swegonin ProClim-laskentaohjelmaa)
- Lämmitystarve (käytä Swegonin ProClim-ilaskentaohjelmaa)
- Ilmavirran tarve (käytä Swegonin ProAc-laskentaohjelmaa)

Muut mitoitukseen vaikuttavat tekijät:

- Ilman suurin sallittu liike oleskelualueella (käytä Swegonin ProAir-laskentaohjelmaa)
- Äänivaatimukset (käytä Swegonin ProAc-laskentaohjelmaa)
- Vaatimus suunnatusta operatiivisesta lämpötilasta (käytä Swegonin ProClim-laskentaohjelmaa)

Laskenta

1) Laske tuloilman jäähdytysteho [W]

$P_1 = q_1 \cdot 1,2 \cdot \Delta T_1$ jossa q_1 on tuloilmavirta [l/s]

ΔT_1 on huoneilman ja tuloilman lämpötilan välinen ero [K]

Tuloilman jäähdytystehon löydät myös tuotteen jäähdytystehotaulukoiden aputaulukosta, ks. kukin jakso.

2) Veden jäähdytystehotarve saadaan vähentämällä kokonaisjäähdytystarpeesta tuloilman jäähdytysteho. Jos tuotteessa on pelkkä jäähdytystoiminto, siirry kohtaan 3a. Jos tuotteessa on myös tuloilmatoiminto, siirry kohtaan 3b.

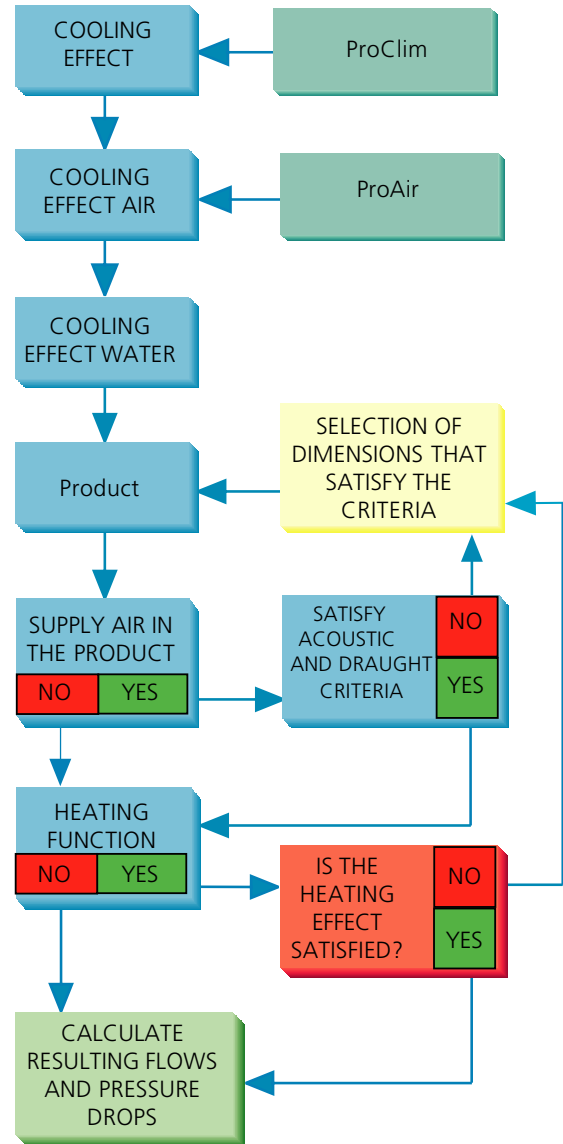
3a) Siirry taulukoihin, joista näkyy jäähdytyspalkin jäähdytysteho keskilämpötilaeron funktiona ja valitse sopiva jäähdytyspalkki, jonka teho vastaa kohdan 2 laskelmaa, tai jos yksi palkki ei riitä, valitse tarvittava palkkimäärä.

3b) Siirry taulukoihin, joissa näkyy ilmastointipalkin jäähdytysteho keskilämpötilaeron funktiona. Valitse haluttua ilmavirtaa vastaava suutinkokoonpano. Valitse halutun ilmavirran mukainen ilmastointipalkki tai interpoloi ilmavirtaa lähiarvoihin. Tarkasta, ettei äänitaso nouse liian korkeaksi ja että pituudet ovat sopivat.

4) Vesivirta saadaan kaaviosta "Vesivirta – jäähdytysteho" valitulla jäähdytysveden ΔT = arvoilla.

5) Jäähdytysvesipiirin painehäviö lasketaan sen jälkeen kaavalla $\Delta p_k = (q_k/k_{pk})^2$, jossa k_{pk} esiintyy samassa taulukossa kuin jäähdytysteho.

6) Lämpö. Tee samalla tavalla kuin kohdissa 3–5 yllä.



Kuva 30. Mitoitusohje.

Järjestelmän rakenne

Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytysjärjestelmään kuuluu sisätiloihin sijoitettu höyrystin. Yliämpö poistetaan joko ulos sijoitetun lauhduttimen tai lämmönsiirtoaineen jäähdyttimen avulla.

Jos sen sijaan käytetään ulos sijoitettua jäähdytyskoneistoa, ts. höyrystin sijaitsee ulkona, tulee sisälle sijoittaa välilämmönvaihdin. Tällöin vältetään jäätymispistettä alentavan aineen käyttöä jäähdytysjärjestelmässä. Jäätymispistettä alentavaa ainetta tulee välttää jäähdytysvesipiirissä kahdesta eri syystä. Painehäviö kasvaa 15–25 % aineen koostumuksesta riippuen. Jäähdytysteho vähenee puolestaan noin 15 % johtuen siitä, että lämmönsiirtoluku alenee vesipuolella.

Yleensä järjestelmät varustetaan putkihöyrystimellä, jossa jäähdytyskoneiston lämmönsiirtoaine ottaa lämmön rakennuksessa kiertävästä jäähdytysvedestä. Ympäristön kannalta tämä ratkaisu on suositeltava, vaikka lämmönsiirtimen hyötysuhde laskee.

Huonelaitteiden säätö

Ilmastointipalkit ja suutinkonvektorit kytketään lähes aina kaksitieventtiileillä. Kolmitiekytkentään verrattuna tämä ratkaisu on edullisempi sekä mitoituksen ja säädön osalta yksinkertaisempi.

Järjestelmään sijoitetaan tarvittaviin kohtiin ylivirtausventtiilit liiallisen paineen estämiseksi. Painesäädetyt pumpput ovat nykyään edulliset, mikä puoltaa myös kaksitiejärjestelmän käyttöä.

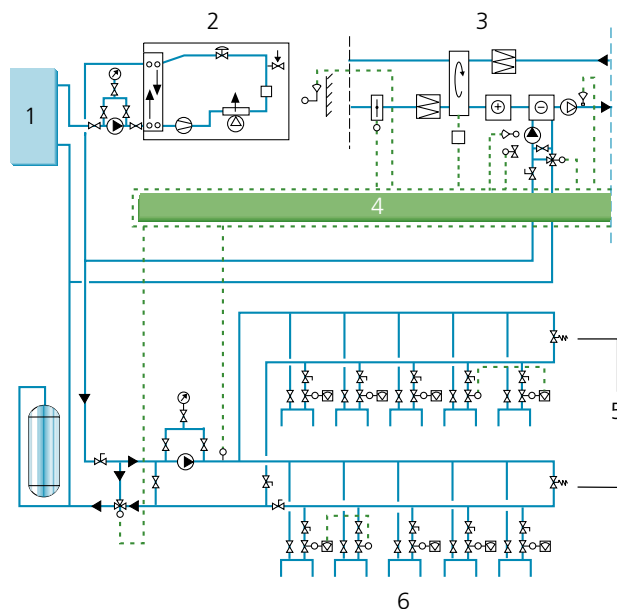
Veden tiivistymisen estäminen

Ilma saattaa olla hyvin kosteaa lämpiminä syyskesän päivinä. Mitä suurempi ilman kosteuspitoisuus on, sitä korkeampi on rajalämpötila (kastepistelämpötila), jossa vesihöyry tiivistyy pinoille. Kostean ilman ominaisuudet (ilman kosteuden entalpia) voidaan lukea Mollier-käyrästä, ks. **Kuva 34**. Jos ilman lämpötila on esimerkiksi +25 °C ja suhteellinen kosteus 50 % on kastepistelämpötila +14 °C (normaalissa ilmanpaineessa 101 kPa), ts. ilma alkaa tiivistyä pinnalle, jonka lämpötila on laskenut +14 °C:een tai sen alle. Syyskesällä kastepistelämpötila saattaa nousta joskus +15 °C:een ja ääritapauksissa, sadekuuron jälkeen jopa +17 °C:een.

Kondenssiongelmaa tulee välttää varmistamalla aina, että järjestelmä estää kondenssin muodostumisen huonelaitteissa. Paras keino siihen on jäähdyttää tuloilma, jolloin kosteus tiivistyy tuloilmakoneen jäähdytyspatteriin.

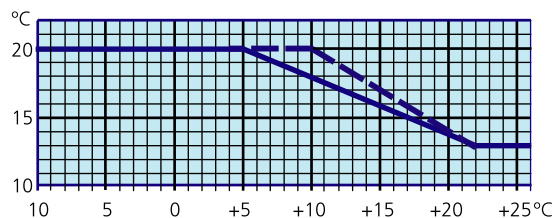
Toinen mahdollisuus on käyttää anturia, joka mittaa poistoilman suhteellisen kosteuden, ks. **Kuva 33**. Sekoitusventtiili ohjaa menoveden lämpötilan kastepistelämpötilaa korkeammalle.

Ilman kuivuminen varmistetaan kompensoimalla tuloilman lämpötila **Kuvan 32** mukaisesti, jos ulkoilman lämpötila on korkea ja suhteellinen kosteus suuri. Kompensoinnin alkulämpötila +5 °C voi vaihdella laitoksesta toiseen. Katso katkoviivoilla merkitty vaihtoehtoinen käyrä. On kuitenkin tärkeää, että ulkolämpötilan ollessa noin +22 °C ja korkeampi, ilma kuivataan ilmapölykoneen jälkeen siten, että tuloilman kastepistelämpötila on alhaisempi tai yhtä suuri kuin jäähdytysveden menolämpötila.

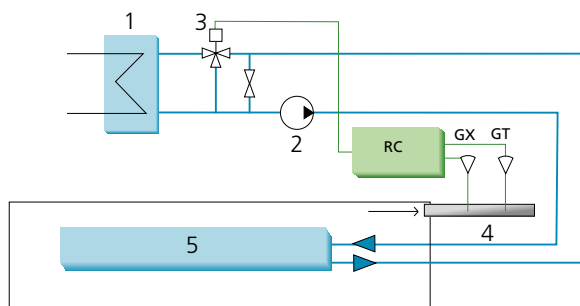


Kuva 31. Järjestelmäehdotus.

- 1 = Vesisäiliö
- 2 = Vedenjäähdytin
- 3 = Ilmankäsittelykone
- 4 = Säätokeskus
- 5 = Ylipaineventtiili
- 6 = Jäähdytyspalkit



Kuva 32. Tuloilmalämpötilan kompensointi ulkolämpötilan funktiona.



Kuva 33. Kondenssisuojan säätö sekoitusventtiilin avulla.

- 1 = Höyrystin/lauhdutin
- 2 = Kiertopumppu
- 3 = Sekoitusventtiili
- 4 = Poistoilmakanava
- 5 = Jäähdytyspalkki
- RC = Säädin
- GX = Kosteusanturi
- GT = Lämpötila-anturi

Kondenssisuojan suunnittelu

Seuraavassa ehdotuksia putkijärjestelmien suunnitteluun siten, että tuloilma kuivataan IV-koneen jäähdytyspatterissa ja jäähdytyspiiriin menoveden lämpötila on sopiva kondenssin muodostumisen estämiseksi.

Järjestelmän mitoitusolosuhteet ovat $T_u = +25\text{ °C}$ ja $RH = 50\%$, mikä vastaa $+14\text{ °C}$:n kastepistettä. Jäähdytysveden menoveden lämpötila asetetaan $+13\text{ °C}$:een ja paluupuolella $+17\text{ °C}$:een, ks. **Kuva 34**.

Ilmankäsittelypuolella jäähdytyspatterin menolämpötilaksi asetetaan $+8\text{ °C}$ ja paluulämpötilaksi $+13\text{ °C}$. Nämä lämpötilat antavat hyvät edellytykset myös kaukokylmälle. Esimerkissä on käytetty 1000 m^2 :n laitosta ja tuloilmavirtana $1,5\text{ l/s m}^2$.

Kaukokylmässä paluuv veden lämpötila pyritään pitämään vähintään $+16\text{ °C}$:ssa, mikä on mahdollista käytettäessä yhdistettyä ilma- ja jäähdytyspalkki-ilmastointia. On myös tärkeää pitää IV-koneen patterin paluulämpötila tarpeeksi korkeana, jotta se ei alenna paluulämpötilaa kaukokylmän lämmönsiirtimelle.

Kuten Mollier-käyrästä nähdään, saadaan edellä mainituilla tiedoilla entalpiaeroksi Δi 16 kJ/kg .

$$P_{TL} = q_{TL} \cdot \rho_{TL} \cdot \Delta i \text{ [kW]}$$

$$P_{TL} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 16 = 28,8 \text{ kW}$$

P_{TL} = tuloilman jäähdytyksen ja siihen liittyvän kondenssin muodostumisen vaatima teho mitoitusulkolämpötilassa.

$$\rho_{TL} = \text{tuloilman tiheys kg/m}^3$$

$$q_{TL} = \text{tuloilmavirta m}^3/\text{s}$$

Jäähdytysvesivirta q_w mitoitetaan edellä olevan mukaisesti, kun $\Delta T_w = 5\text{ K}$ ($+8\text{ °C} - +13\text{ °C}$), ja $P_{TL} = 28,8\text{ kW}$

$$q_w = P_{TL} / \Delta T_w \cdot c_p \cdot \rho_w$$

$$q_w = 28,8 / 5 \cdot 4,187 = 1,72\text{ l/s}$$

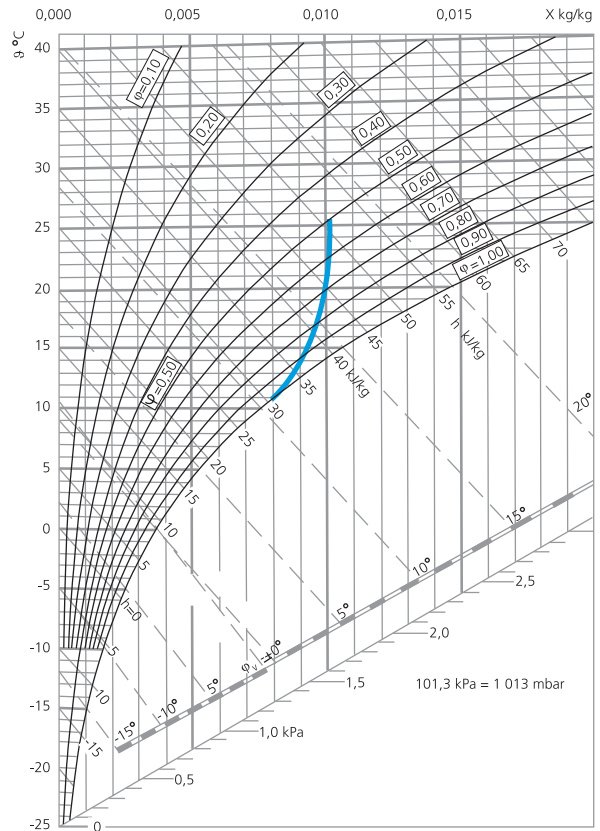
$$\rho_w = \text{veden tiheys kg/m}^3$$

$$c_p = \text{veden ominaislämpö kJ/kg °C}$$

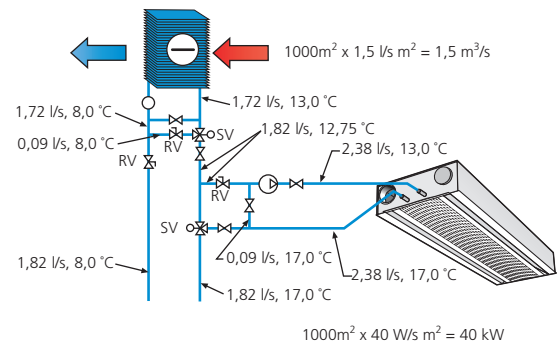
Jäähdytyskatto-osan jäähdytystehoksi saadaan vastaavasti $1000\text{ m}^2 \cdot 40\text{ W/m}^2 = 40\text{ kW}$.

$$q_{wk} = 40 / 4 \cdot 4,187 = 1,38\text{ l/s}$$

Kokeile ohitusvesivirralla $0,09\text{ l/s}$ kolmitieventtiilille SV1 ilmajähdyttimen ohi. Eri virtausten ja niiden lämpötilojen avulla lasketaan sen jälkeen sekoittumislämpötilat putkijärjestelmän eri osissa. Lasketuista sekoittumislämpötiloista ilmenee, että niiden yhteisvaikutus on esimerkitapauksessa hyvä. Säätöventtiilit mitataan ohjausventtiiliin ollessa täysin auki kumpaankin säätöventtiiliin, kun RV-venttiilille asetettua vesivirtaa säädetään laskettuun arvoon. Aikaansaadut vesivirrat ja lämpötilat ilmenevät **Kuvasta 35**.



Kuva 34. Kondenssisuoja - Tuloilman olotilan muutos.



Kuva 35. Kondenssisuoja - Järjestelmän periaate, vesivirrat ja lämpötilat.

Lämpötilat

Alla olevat lämpötilat ovat ohjeellisia.
Poikkeuksia saattaa tietenkin esiintyä.

Lämpötilasuositukset

Menoveden lämpötila:	>13 °C (ks. jakso Kondenssi- suoja)
Jäähdytysveden lämpötilan nousu:	2–4 K
Tuloilman lämpötila jäähdytyksessä:	ks. Kuva 32

Huonelämpötilan säätö

Jokaisen huoneen lämpötilaa säädetään yleensä erikseen huonekohtaisella säätölaitteella. Säätölaite ohjaa jäähdytysventtiiliä ja lämmityksessä myös lämmitysventtiiliä sarjassa siten, ettei samanaikainen jäähdytys ja lämmitys ole mahdollista.

Vanhempien, huonommin eristettyjen rakennusten jäähdytyksen ja lämmityksen ei ole aina tapahduttava sarjassa. Tällöin on syytä tarkastaa suunnatut operatiiviset lämpötilat. Rakennuksen ulkoseinä vaatii ehkä lämmitystä, mutta sen sisäosa jäähdytystä.

SWEGONIN ILMASTOINTIPALKKIEN KÄYTÖN SUUNNITTELU

Swegonin ilmastointipalkit jäädyttävät huoneilman sekoittamalla tuloilman huoneilmaan ja kierrättämällä huoneilman induktion avulla sisäänrakennettujen laippapattereiden läpi. Ilma saattaa virrata eri tavoin huoneen ominaisuuksista sekä lämpökuormien että ilmastointipalkkien sijainnista riippuen.

Käytävä - julkisivu

Tämä on asennusvaihtoehto moduulitoimistolle. Tuote voidaan sijoittaa vapaasti joko keskelle huonetta tai toisen väliseinän viereen. Keskeinen sijoitus on tavallisin vaihtoehto, joka sopii kaikille palkeille niin tuloilma- ja/tai lämmitystoiminnolla varustetuille kuin ilman. Väliseinän viereen voidaan sijoittaa tuotteet joko tuloilmatoiminnolla tai ilman. Tuloilmatoiminnon yhteydessä on hyvä käyttää tuloilman epäsymmetristä sisäänpuhallusta.

Edut: Yksinkertainen veden ja ilman liitäntä käytävältä.

Takareuna

Takareunaratkaisu sopii moduulitoimistoihin ja avokonttoreihin. Ilmamäärästä riippuen valitaan joko symmetrinen tai epäsymmetrinen sisäänpuhallus. Julkisivun läheisyydessä esiintyvien lämpökuormien ja alaspäin suunnatun ilmavirran yhdistelmästä on joskus seurauksena liian suuri virtausnopeus lattian tasossa. Vähintään 50 % tuloilmasta tulisi siksi suunnata julkisivua kohti ja suunnata ADC:n avulla. Säteilylämpötuotteita tulisi normaalisti välttää takareunassa. Epäsymmetrisen lämpösäteilyn varmistamiseksi suosittelemme patteria tai säteilylämmintä ulkoseinälle.

Edut: Yksinkertainen veden ja ilman liitäntä käytävältä.

Etureuna

Etureunaratkaisu sopii moduulitoimistoihin ja avokonttoreihin. Sijainti sopii erinomaisesti jäädytys-, tuloilma- ja lämmitystuotteille. Suurilla suutinpaineilla ja ilmavirroilla julkisivun lähellä on hyvä käyttää epäsymmetristä sisäänpuhallusta. Symmetrinen sisäänpuhallus toimii parhaiten lähempänä huoneen keskikohtaa.

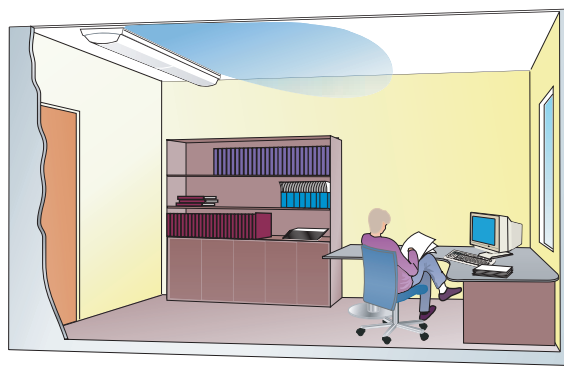
Edut: Yhteen yksikköön yhdistetyt ilmastointitoiminnot helpottavat suunnittelua ja asennusta. Mahdollistaa avokonttoreissa tavallisesti pitemmät etäisyydet tuotteiden välillä kun käytävä-julkisivusuuntainen asennus. Tämä puolestaan mahdollistaa suurempien jäädytystehojen käytön. Jättämällä yksiköiden päätyjen väliin vapaata tilaa lisätään tilan joustavuutta, koska väliseiniä voidaan asentaa ja purkaa huoneen mukavuuden heikkenemättä.

Solukonttori

Solukonttoreissa on aina pitkä sekoittumisalue ennen kuin kattolaitteesta virtaava alilämpöinen ilma saavuttaa oleskelualueella olevan henkilön. Ilmastointipalkista ilma saattaa virrata kattoa, seinää tai lattiaa pitkin ja sekoittua koko matkalla huoneilmaan ja nostaa kierrätys lämpötilaa. Näin koko tila voidaan lämmittää ilman vedon tunnetta. Pitkän sekoittumisalueen ansiosta myös ilmamäärä ja impulssi voivat vaihdella suurella alueella ilman, että oleskelualueen vectoriski kasvaa liian suureksi. Suutinkokoonpanoa ei sen vuoksi tarvitse välttämättä muuttaa ilmavirtaa muutettaessa.



Kuva 36. Käytävä - ulkoseinän suuntainen jäädytyspalkki solukonttorissa.



Kuva 37. Takareunaan asennettu ilmastointipalkki solukonttorissa.



Kuva 38. Etureunaan asennettu ilmastointipalkki solukonttorissa.

Suuret huonetilat

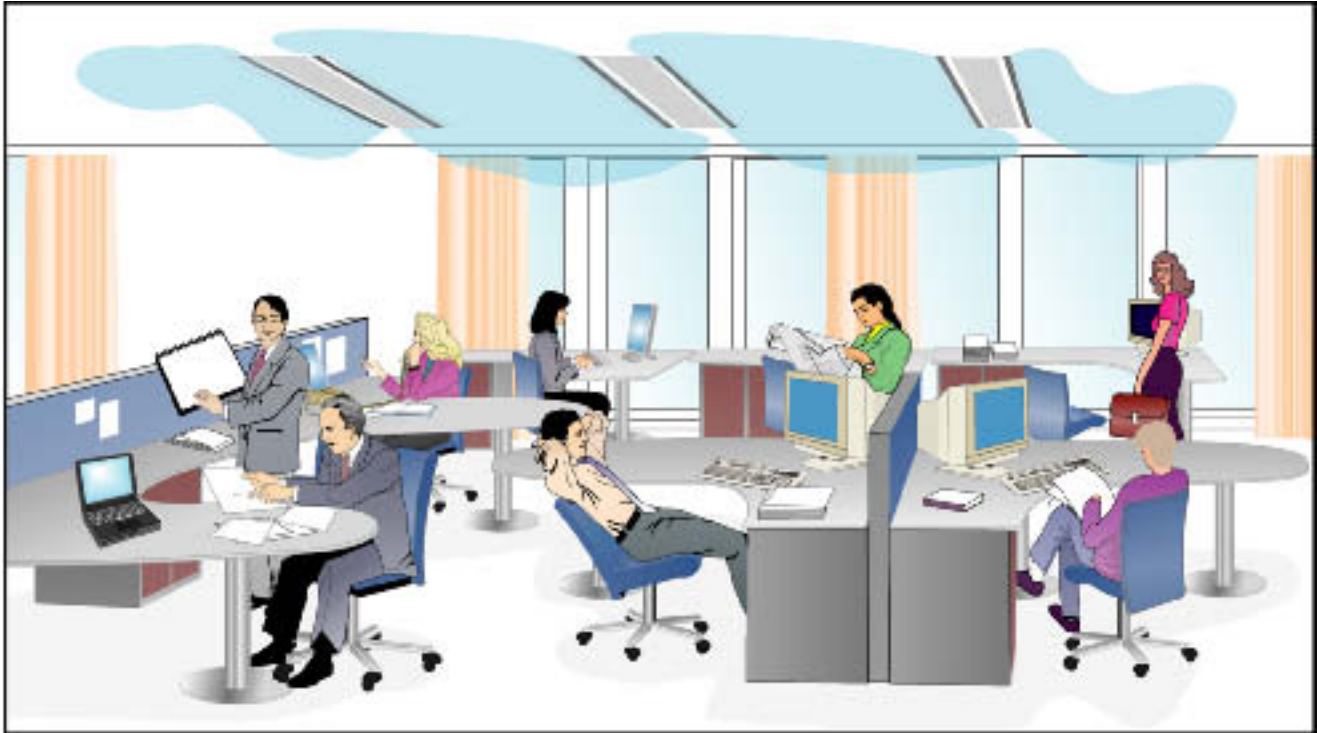
Suurtiloja ovat esim. myymälät ja maisemakonttorit. Suurtilassa ilmastointipalkkien olosuhteet ovat erilaiset kuin solukonttorissa. Täällä ei tavallisesti julkisivua lukuun ottamatta ole seinäpintoja, joita pitkin alilämpöinen ilma voi virrata, katso **kuva 39**. Siksi suositellaan aina ADC-toimintoa, erityisesti käytävä-julkisivusuunnatuille asennuksille vastakkain puhaltavilla yksiköillä. Myös etureuna-asennusta suositellaan, katso kappale edellä.

Sekoittavissa järjestelmissä ilman vaihtuminen tapahtuu pystysuunnassa alilämpöisen tuloilman pyrkiessä alaspäin. Koska avokonttoreilta vaaditaan joustavuutta kalustuksen, väliseinien sijainnin jne. suhteen, järjestelmä on suunniteltava alusta

lähtien siten, että vetoa ei pääse muodostumaan. Swegonin ProSelect-palkkivalintaohjelma sisältää kaikki suunnittelussa vaadittavat tiedot.

Edut: Tuloilmatoiminnon omaavat tuotteet tarjoavat hyvän sisäänpuhalluksen ja sekoittumisen ilman melua ja vetoa.

Muistettavaa: Passiiviset palkit on asennettava konvektiovirtausten suuntaisesti, muuten niiden teho saattaa heikentyä. Tuloilmalaitteet on vastaavasti sijoitettava siten, että ne puhaltavat jäähdytyspalkkien suuntaisesti. Aina ADC aktiivisissä yksiköissä.



Kuva 39. Ilmastointipalkkien sijoitus suurtiloihin.

SWEGONIN ILMASTOINTIMODUULIEN SUUNNITTELU

Ilmastointimoduuli on perinteisen ilmastointipalkin, tuloilmalaitteen ja patterin yhdistelmä. Siinä yhdistyvät seuraavat ominaisuudet:

- Ilmastointipalkin suuri jäähdytys-/lämmitysteho pienillä ilmavirroilla
- Tuloilmalaitteen nopea tuloilman sekoitus huoneilmaan
- Patterin lämmitysteho

Tämä ainutlaatuinen yhdistelmä tarjoaa täysin uusia mahdollisuuksia.

Jakamalla tuloilma neljään suuntaan (katso **kuva 40**) luodaan suuri sekoittumisalue. Tämä mahdollistaa suurten jäähdytys-tehojen tuottamisen tuotteella, joka vaatii huomattavasti vähemmän tilaa katossa.

Solukonttori

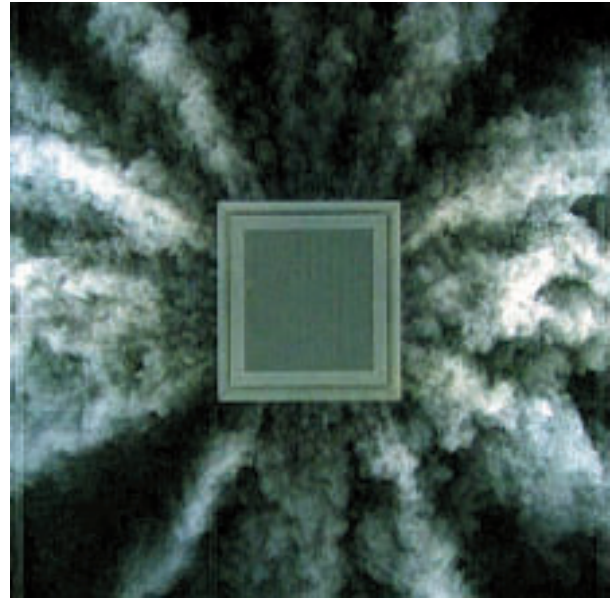
Ilmastointimoduuli voidaan sijoittaa mihin tahansa solukonttorissa. Koska ilmavirtojen suunnat voidaan säätää yksikön sijainnin mukaan, voidaan tilan viihtyvyys optimoida tapauskohtaisesti. Hyvä esimerkki tästä on takareunaan sijoitettu, vapaasti asennettu ilmastointimoduuli (katso **kuva 41**). 4-tiesisäänpuhalluksen ansiosta käytävän seiniä, kattoa ja väliseiniä voidaan käyttää tuloilman sekoittamiseen huoneilmaan. Perinteiseen 2-tiepuhallukseen verrattuna virtausnopeudet ovat pienempiä, erityisesti lattiatasossa.

Edut: Sama tuote tarjoaa optimaalisen mukavuuden sijoituspaikasta riippumatta.

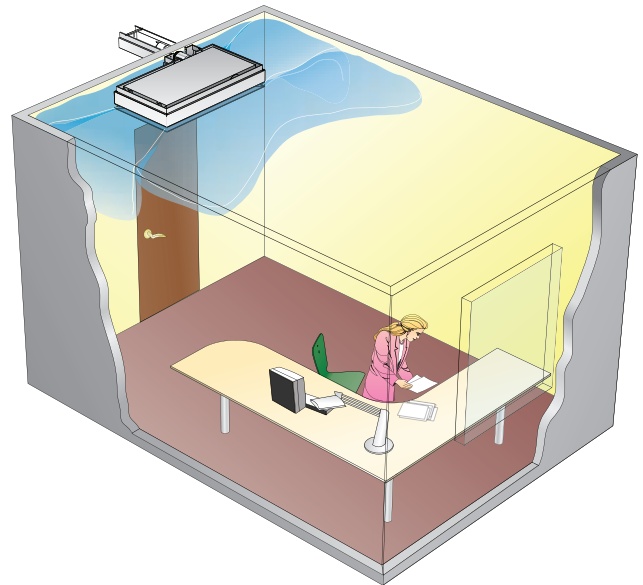
Suurtilat

Suurtiloissa ilmastointimoduulien 4-tiesisäänpuhallus pääsee oikeuksiinsa. Hyödyntämällä integroitua ADC-toimintoa (Anti Draught Control) viuhkaksi säädettynä (**kuva 40**) luodaan täysin ympäröivä hajotuskuvio. Toisin kuin ilmastointipalkit, joilla on taipumus luoda paikallisia suurempia ilmanopeuksia suurtiloissa, ilmastointimoduulit jakavat tuloilman tasaisemmin koko tilaan. Tämä pienentää vedon riskiä ja parantaa mukavuutta. Koska tuotteiden eliniät ovat tavallisesti pidempiä kuin tilojen muutos- tai saneerausvälit, tarvitaan joustavia järjestelmiä. Helposti säädettävien suuttimien ja ADC-toiminnon ansiosta järjestelmä voidaan säilyttää, vaikka olosuhteet muuttuisivat.

Edut: Erittäin tasainen ilmanopeuksien jakautuminen. Sopeutuu joustavasti ilmavirtojen muutostarpeisiin ja mahdollisiin muuttuneisiin olosuhteisiin.



Kuva 40. 4-tiehajotus ADC viuhkatilassa.

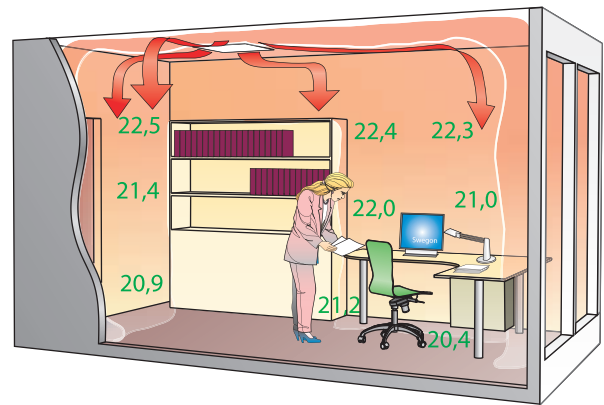


Kuva 41. Takareunaan asennettu ilmastointimoduuli solukonttorissa.

Lämmitystoiminto

Nykyisin uudisrakennusten ulkoseinien U-arvot ovat erittäin alhaisia samalla kun ikkunoiden laatu on parantunut merkittävästi. Tämä merkitsee korkeampia pintalämpötiloja ikkunan sisäpinnassa, josta on seurauksena vähemmän kylmästäteilyä ja minimaalisesti vetoa. Parempi ulkoseinä vähentää myös lämmitystarvetta talvisin eli lämpöä on harvoin tuotava huoneeseen silloin, kun se käytössä. Sisäiset lämpökuormat riittävät useimmiten tilan lämmittämiseen päiväsaikaan. Vähäisemmän kylmästäteilyn vuoksi perinteisiä pattereita ei enää tarvita operatiivisen lämpötilan nostamiseen.

Koska ilmastointimoduulit sekoittavat tuloilman nopeammin kuin ilmastointipalkki, myös lämpötilaerot tasoittuvat nopeammin. Yhdessä parantuneen rakennustekniikan kanssa tämä mahdollistaa sen, että tilat voidaan lämmittää paremmin ilmastointimoduulilla kuin perinteisillä ilmastointipalkeilla. Monissa saneerausprojekteissa on voitu lämmittää tiloja ilmastointimoduuleilla. Swegonin ProClim-mitoitusohjelmalla voidaan mm. laskea operatiivinen lämpötila erittäin tehokkaasti. ProClim on saatavana Swegonin kotisivuilta www.swegon.fi. Sivuilta löydät myös täysmittakaavaisia raportteja, joissa selostetaan miltä ilmastointimoduuleilla varustettu solukonttori näyttää. **Kuvassa 42** näkyy esimerkki simuloidusta talvitapauksesta.



Kuva 42. Kuva täysmittakaavakokeesta, lämmitys ilmastointimoduulilla.

SWEGONIN SUUTINKONVEKTORIEN SUUNNITTELU

Ulkoseinäasennus

Swegonin suutinkonvektorijärjestelmä PRIMO sisältää aina jäähdytys-, lämmitys- ja ilmanvaihtotoiminnot. Järjestelmä tarjoaa erittäin suuren mukavuuden niin jäähdytys- kuin lämmityskäytössä.

Edut: Täydellinen ilmastointijärjestelmä sisältäen ohjauslaitteiston. Sopii mataliin huonekorkeuksiin. Pieni huoltotarve ja alhaiset huoltokustannukset. Tarjoaa joustavat huoneratkaisut, joissa väliseiniä voidaan siirtää mukavuuden heikkenevästi.

Lattiaan upotettu

Voidaan myös upottaa vaaka-asentoon asennuslattiaan.

Edut: Täydellinen ilmastointijärjestelmä sisältäen ohjauslaitteiston. Mahdollistaa ratkaisut, joissa ikkunat ulottuvat lattiaan saakka (nk. lasijulkisivut) ilman, että laitteisto vaikuttaa kokonaisvaikutelmaan.

Sijoitus kattoon

Toinen vaihtoehto on sijoitus katon etu- tai takareunaan. Tavallinen asennusesimerkki hotellihuoneesta. Käytävöissä on tavallisesti varustettu alakatolla, josta päästään huoneisiin ilman alakattoa. Käytävän alakaton päällä olevaan tilaan voidaan asentaa suutinkonvektori vaaka-asentoon. Tämä sisältää ilmanvaihdon, lämmitys- ja jäähdytystoiminnon.

Edut: Täydellinen ilmastointijärjestelmä säätölaitteineen.

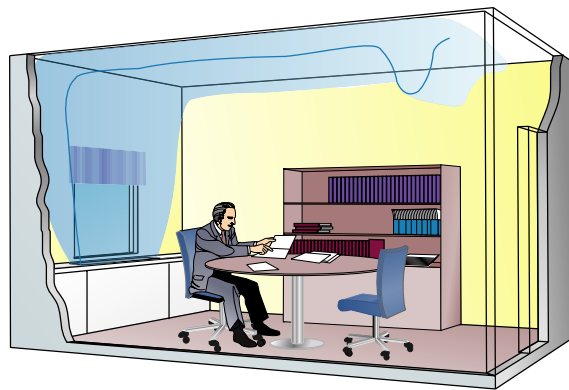
Suosittelut raja-arvot

Jokaisen tuoteluvun alla on ilmoitettu tuotteen suositellut raja-arvot. Vesipuolella ilmoitetaan raja-arvot työpaineelle ja valmiin asennuksen koeponnistuspaineelle. Ilmoitetut paineet ovat patterien työ- ja koeponnistuspaineita. Useimmissa tapauksissa liittimet ja venttiilit rajoittavat järjestelmän kokonaispainetta.

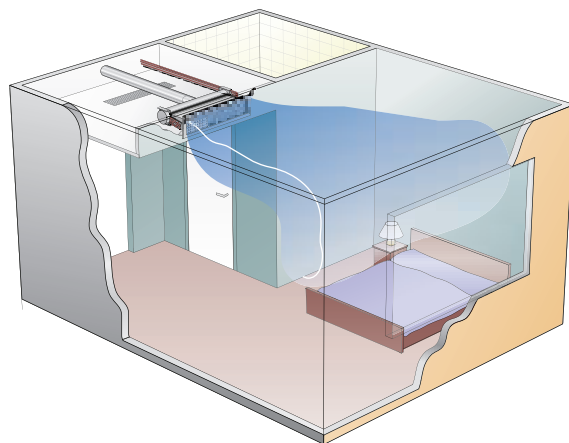
Jäähdytys- ja lämmitysvesipiirille on ilmoitettu pienin vesivirta. Tällä tarkoitetaan pienintä virtausta, joka vaaditaan piirissä olevan ilman siirtämiseen. Alhaisin menoveden lämpötila riippuu kastepistelämpötilasta ja se pitää aina mitoittaa niin, ettei vettä kondensoidu järjestelmän toimiessa, katso myös luku Kondenssisuojaus.

Suurin menoveden lämpötila ilmoittaa suurimman suositellun lämpötilan jatkuvassa käytössä. Huomaa, että suuret ja nopeat lämpötilanvaihtelut, erityisesti kattosäteilylämmittimissä mutta tiettyssä määrin myös ilmastointipalkeissa laippapattereilla, voivat aiheuttaa naksahdusta osien lämpöliikkeiden vuoksi. Korkeita lämpötiloja (60-80 °C) saa esiintyä vain, jos lämmitystarve on suuri ja menoveden lämpötilan pitää seurata ulkolämpötilaa niin, että se laskee lämmitystarpeen pienentyessä. Tämä on kannattavaa myös energianäkökulmasta, koska putkistohäviöt ovat silloin pienempiä.

Korkealämpöjärjestelmiä, joissa huonelämpötilan säätö perustuu tuotteiden jatkuvaan lämmitykseen ja jäähdytykseen, tulisi välttää.



Kuva 43. Suutinkonvektori asennettuna solukonttorin ikkunan alle.



Kuva 44. Kattoon asennettu suutinkonvektori hotellihuoneessa.

Täysmittakaavakokeet laboratorioympäristössä

Swegonin tehtaissa Tomelillassa, Arvikassa ja Kvänumissa on hyvin varustetut ilmanvaihtotekniikan laboratoriot. Uusien tuotteiden suunnittelu- ja kehitystyön ohessa tehdään laajaa kehitystyötä tuotteiden toiminnan ja suorituskyvyn selvittämiseksi. Tärkeä osa tätä työtä ovat täysmittakaavakokeet, joissa simuloidaan sisäilmastoa. Näiden kokeiden avulla selvitetään tuotteiden käyttörajat käytännössä sekä se, mitä suosituksia tarvitaan asiakkaiden opastamiseen suunnitteluvaiheessa.

Laboratoriosimulaatiota varten tarvitaan mahdollisimman todennäköisesti kalustettu tila.

Jotta saadaan oikea jäähditys- ja lämmitystarve, tulisi ilmastointijärjestelmän suunnittelun aina perustua ilmastolaskelmalle. Se voidaan tehdä esim. Swegonin ProClim-laskentaohjelmalla (katso www.swegon.fi) tai ottamalla yhteyttä myyntiedustajaamme.

Kun huonetiedot ovat selvillä, suunnitellaan koe jossakin yrityksen laboratorioista. Asiakkaalla on mahdollisuus itse valvoa koetta ja nähdä itse saadut tulokset.

Vaihtoehtona täysmittakaavakokeelle Swegon tarjoaa myös kehittyneitä tietokonesimulaatioita (CFD). Tämä voi olla erityisen mielenkiintoista silloin, kun kyseisen tilan rakentaminen ei ole käytännössä mahdollista. Esimerkkeinä mainittakoon urheiluhallit, konserttisalit ja muut suuret tilat. CFD-simulointi antaa hyvän kuvan tilan tapahtumakulusta ja se on helppo visualisoida erilaisilla väreillä.

Suutinkokoonpano

Ilmastointipalkkien tehotiedot ilmoitetaan yleensä eri suutinkokoonpanoille. Konfiguroinneilla annetaan tuotteille k-kerroimet, jotka mahdollistavat ilmavirran, suutinpaineen ja virtaussuunnan optimoinnin tilakohtaisesti ja tuotteen asennuspaikan suhteen. Ilmastointipalkeissa käytetään useimmiten symmetristä kaksitiesisäänpuhallusta (50-50 %), mutta se voidaan konfiguroida myös esimerkiksi epäsymmetriselle 2-tiesisäänpuhallukselle, jossa on suurempi ilmavirta oikealle tai vasemmalle (75-25 %). Valittuja konfiguraatioita voidaan myöhemmin muuttaa suuttimia avaamalla tai sulkemalla.

Myös ilmastointimoduuleissa on suuttimet. Yksinkertaisella toimenpiteellä voidaan yksiköiden suutinasetusta muuttaa suuremmalle tai pienemmälle ilmavirralla erikseen kaikilla neljällä sivulla. Tämän ansiosta ilmavirta ja ilmavirran suunta voidaan muuttaa milloin tahansa tuotteen koko eliniän ympäristön tarpeiden mukaan.

ADC-ilmanohjain

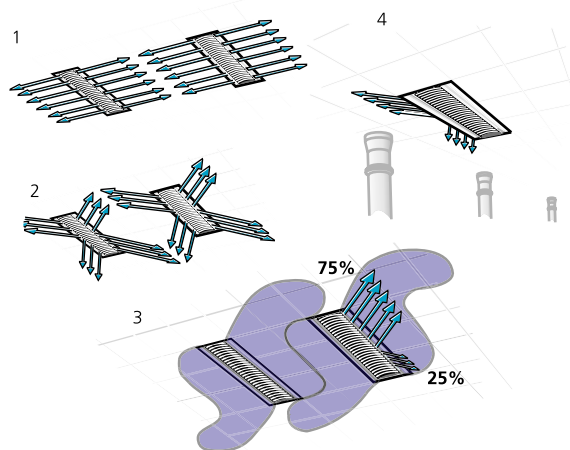
Ilmastointipalkkien hajotuskuviot löytyvät ProSelect-laskentaohjelmasta. Näiden avulla voidaan määrittellä etäisyys seinään tai esteeseen sekä vastakkain puhaltavien yksiköiden välinen etäisyys. Annetut yksiköiden väliset etäisyydet ja etäisyydet seiiniin ovat viiteparametreja, jotka perustuvat laajoihin laboratorioskokeisiin ja monivuotiseen kokemukseen.

ADC-ilmanohjaimen, Anti Draught Control, avulla voidaan muuttaa erikseen jokaisen ilmastointipalkin hajotuskuviota ja tunkeutumissyvyyttä, mikä lisää merkittävästi niiden joustavuutta. Säätöyhdistelmiä on runsaasti ja tavallisimmat hajotuskuviot löytyvät tuotetiedotteista. Minimietäisyydet

yksiköiden välillä ja seiiniin voidaan helposti laskea Swegonin ProSelect-mitointiohjelmalla.

Kääntyvät tuloilmasuuttimet

Swegonin ilmastointipalkit tarjoavat optimaalisen ilmanjaon pienillä oleskelualueen ilmanopeuksilla riippumatta tuloilmavirrasta ja -lämpötilasta. Siksi tietyt tuotteet varustetaan integroiduilla tuloilmasuuttimilla. Ilmanjako on siten säädettävissä kääntyvien tuloilmasuuttimien ansiosta. Tuloilmasuuttimet ovat samaa tyyppiä kuin Swegonin tuloilmalaitteissa. Tuloilmasuuttimia voidaan käyttää huoneissa, joissa tarvitaan enemmän ilmaa kuin tavallinen ilmastointipalkki pystyy käsittelemään, esim. kokoushuoneet.



Kuva 45. Esimerkki ADC-ilmanohjaimesta eri säädöillä.

BSA upotettuna alakattoon

Jotta BSA saisi aikaan oikean kierrätysilmavirran, on tärkeää että alakattoon tehdään kiertoilma-aukot. Jokaista ilmastointipalkin juoksumetriä kohti alakattoon pitää tehdä kiertoilma-aukko, jonka nettoala on vähintään 0,1 m².

Jos mahdollista kiertoilma-aukot pitää sijoittaa yksikön päätyihin. Ellei tämä ole mahdollista, kiertoilma-aukot sijoitetaan etäisyydelle (L), joka on vähintään puolet suositellusta kahden yksikön välisestä etäisyydestä, katso **kuva 46**.

Ilmastointipalkkien välinen etäisyys

Yksityiskohtaiset suositukset yksiköiden väliseksi etäisyydeksi saadaan mitoitusohjelmalla ProSelect, joka on käytettävissä osoitteessa www.swegon.fi.

Huolto

Swegonin ilmastointipalkkeille, ilmastointimoduuleille ja suutinkonvektoreille on tunnusomaista mm. se, ettei niissä ole liikkuvia osia. Ne eivät siten kaipaa mitään muuta huoltoa kuin puhdistuksen. Puhdistusväli vaihtelee riippuen tuotteen tyypistä, sen sijainnista ja tilan käyttötarkoituksesta. Normaaleissa käyttöolosuhteissa 5 vuotta on sopiva aikaväli ilmastointipalkkeille ja -moduuleille ja 2 vuotta suutinkonvektoreille. Runsaasti pölyävissä tiloissa puhdistus on ehkä suoritettava lyhyemmin aikaväleihin. Tämä koskee esim. hotellihuoneita.

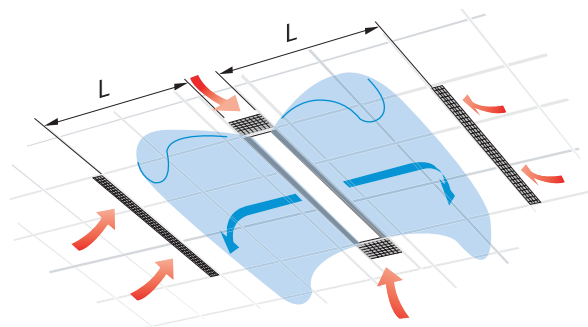
Maalatut pinnat puhdistetaan miedolla saippualliuoksella. Älä käytä liuotainaineita, koska ne saattavat vahingoittaa maalipintaa.

Ilmakanavat voidaan puhdistaa ilmakanavan puhdistusluukun kautta.

Patterit puhdistetaan pölynimurisuulakkeella, jota siirretään patterin ulkopinnan päällä. Tietyissä tuotteissa pöly voidaan imuroida perforoidun alaosan läpi ilman, että alapelti pitää irrottaa.

Alakaton yläpuolelle asennetut patterit vaativat yleensä hyvin harvoin tällaista puhdistusta kierrätysilman alhaisten ilmanopeuksien vuoksi.

Puhdistuksen yhteydessä tarkastetaan ripustusosat sekä näkyvät juotokset. Jos jokin on löysällä tai jos juotoksissa on vesipisaroita, yksikkö on tarkastettava ja mahdolliset puutteet on korjattava.



Kuva 46. Kiertoilma-aukkojen suositellut sijoituspaikat BSA:n alakatossa.

SUUNTAVIIVAT

Vesikiertoisten ilmastointijärjestelmien testausmenetelmät

Testistandardeja tarvitaan eri toimittajien tuotteiden vertailuun. Tuotteiden standardien mukaisia, yksiselitteisiä tietoja voidaan tällöin verrata keskenään.

Euroopassa voimassa olevat standardit ovat Nordtest-menetelmä NT VVS 078 "Ceiling Cooling Systems" ja nk. V-menetelmä, V-julkaisu 1996:1 (lähinnä Ruotsissa). Saksassa on samaan aikaan käytetty DIN-standardia, joka on kehitetty tasaisille jäähdytyskatoille, mutta jota on käytetty myös passiivisille jäähdytyspalkkeille (jäähdytyspalkki ilman tuloilmaa).

Nordtest ja V-menetelmä

Nordtest ja V-menetelmä ovat melko samanlaisia. V-menetelmä on hieman muunneltu versio Nordtest-menetelmästä, ja sen on laatinut Ruotsin Provnings- och Forskningsinstitut ja Svensk Ventilation-yhdistys yhteistyössä joidenkin ruotsalaisten ja suomalaisten toimittajien kanssa. Nämä kaksi menetelmää eroavat toisistaan lähinnä siinä, millä vesivirralla tuotteita tulee testata. Nordtest-menetelmässä käytetään kiinteää vesivirtaa suhteessa jäähdytyspatterin putken kokoon, eli kaikki tuotteet testataan samalla vesivirralla jäähdytystehosta riippumatta.

V-menetelmän tavoitteena on testata tuotteet todellisuutta vastaavissa oloissa. Siksi on päätetty käyttää vesivirtaa, joka antaa kahden asteen lämpötilaeron jäähdytyspatterissa. Tämä tarkoittaa, että jäähdytysteholtaan erilaiset tuotteet testataan erisuuruisilla vesivirroilla.

Testihuone koostuu kahdesta huoneesta, katso **kuva 47**. Lämpö tuodaan sisempään testauskammioon epäsuorasti lattian ja seinien kautta. Tuotu lämpömäärä on yhtä suuri kuin mittausjakson aikana testikohteesta otettu jäähdytysteho, niin että testauskammion lämpötila pysyy vakiona.

DIN 4715

Saksalaisessa testistandardissa DIN 4715 käytetään toisenlaisia testihuonetta, katso **kuva 48**. Testauskammio koostuu yhdestä eristetystä huoneesta. Testauskohteen jäähdytysteho kompensoidaan testikammiossa huoneeseen lämpöä luovuttavilla henkilösimulaattoreilla.

EN-standardit

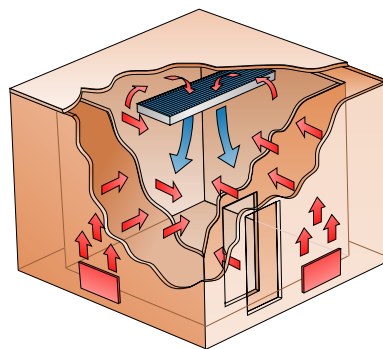
Jäähdytyspalkkien yleistyessä muualla Euroopassa aloitettiin vuonna 1996 yhteisten eurooppalaisten testistandardien laatiminen. Swegon on alusta alkaen ollut aktiivisesti mukana tässä yhteiseurooppalaisessa hankkeessa, jonka tuloksena on laadittu kolme uutta standardia. Tällä hetkellä on olemassa uusi standardi tasaisille jäähdytyskatoille, EN 14240, yksi passiivisille jäähdytyspalkkeille, EN 14518 sekä esistandardi aktiivisille jäähdytyspalkkeille, prEN 15116. Uusien EN-standardien mukaan molempia testaushuoneita (**kuvat 47-48**) voidaan myös jatkossa käyttää jäähdytyspalkkien testaamiseen.

EuroVentin sisällä on vireillä hanke jäähdytyspalkkien sertifiointiseksi, joka toteutuu luultavasti vuoden 2007 aikana. Tähän hankkeeseen osallistuvat toimittajat, heidän joukossaan Swegon, viittaavat sen jälkeen uusiin EN-standardeihin jäähdytystehosta puhuttaessa.

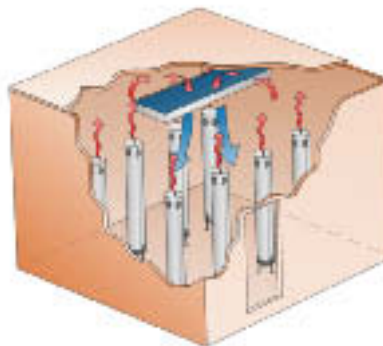
Mietittävä

Riippumatta siitä, mihin standardiin viitataan, niiden taustalla on testausmenetelmä tuotetietojen selvittämiseksi. Uudet EN-standardit muistuttavat paljon vanhoja ja merkittävin ero on se, miten testihuoneen viitelämpötila mitataan. Aikaisemmin se laskettiin tasosta, joka oli 1,1 m lattian yläpuolella. Uusissa jäähdytyspalkkeja koskeissa standardeissa viitataan aina lämpötilaan "on coil" ts. lämpötilaan jäähdytyspalkin läheisyydessä. Aikaisemmin on runsaasti keskusteltu siitä, saadaanko jäähdytyspalkilla täysin sekoitettu järjestelmä vai onko katon lähellä lämpimämpää. Tämä seikka on muuttunut epäoleelliseksi nyt kun viitteenä käytetään "on coil" -lämpötilaa. Aktiivisten jäähdytyspalkkien tuotetiedot eivät luultavasti muutu. Passiivisten, itsekonvektioon perustuvien jäähdytyspalkkien tuotetiedot tulevat luultavasti muuttumaan, koska testaus tapahtuu ilman tuloilmaa, jolloin testihuoneen ilma kerrostuu. Tätä kerrostumista ei aikaisemmin ole otettu huomioon.

Huomaa, että kyseisten standardien testausmenetelmät eivät välttämättä vastaa niitä tapauksia, jotka saattavat tulla kyseeseen ilmastointijärjestelmän suunnittelussa. Standardeissa jäähdytysvesi on suunniteltu 2 asteen lämpötilaerolle, kun taas useimmat laitteistot mitoitetaan 3-4 asteen erolla. Oikean jäähdytystehon määrittämiseksi jäähdytysteho pitää laskea uudelleen kyseisen vesivirran mukaan. Swegonin dokumentaatiossa kaikki tehotiedot perustuvat kiinteään vesivirtaan, jolloin arvot on helppo korjata halutun vesivirran mukaan. Nämä korjauskäyrät löytyvät aina tuotetietojen yhteydessä. Yksinkertaisuuden vuoksi suosittelemme Swegonin vesijäähdytystuotteille suunniteltuja ProSelect, BeamSelect ja ProPipe -ohjelmia, jotka korjaavat automaattisesti jäähdytystehot kulloinkin haluttuun vesivirtaan.



Kuva 47. V-menetelmä.



Kuva 48. DIN 4715.