

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Energiatehokkaalla ilmastoinnilla korkeatasoinen sisäilmasto

Jorma Säteri, diplomi-insinööri

Osaamisaluepäällikkö, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Toiminnanjohtaja, Sisäilmayhdistys ry

jorma.sateri@sisailmayhdistys.fi

Nykyjärjestelmien tarve nähtiin jo 1960-luvulla

Sisäilman laadun ja lämpöolojen merkitys hyvinvoinnille ja työteholle oli hyvin tiedossa jo 1960-luvun alun artikkelissa ilmanvaihdon perusteista [1]. Viime vuosien aikana tämä tieto on lisääntynyt ja täsmentynyt, esimerkkinä tuore tanskalainen tutkimus koulun ilmanvaihdon vaikutuksista [2]. Sen mukaan koulun koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja alhainen hiilidioksidipitoisuus paransivat selvästi opiskelumenestystä.

1960-luvun alussa todettiin niin ikään, että ilmanvaihdon onnistuminen edellyttää ilman tuomista tiloihin suodatettuna ja lämmitettynä, mahdollisesti myös kostutettuna ja jäähdytettynä. Pelkällä poistoilmanvaihdolla ei näitä vaatimuksia pystytty täyttämään, mutta kesti yli 40 vuotta ennen kuin koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto vakiintui perusvaihtoehdoksi kaikissa rakennustyypeissä.

Ilmanvaihtolaitteiden ja kanavien tilantarve oli sekin haasteena jo yli 50 vuotta sitten. Hormien tilantarve oli johtamassa painovoimaisesta ilmanvaihdosta luopumiseen ja yhteiskanavajärjestelmien yleistymiseen. Tiukentuneet tiiviyshaatimetukset johtivat peltikanavien yleistymiseen ja entistä suuremmat ilmamäärät kanavanopeuksien kasvattamiseen. Ilmanvaihtokonehuoneiden tilantarpeesta tuli uusi haaste rakennussuunnitteluun.

Käyttäjien vaatimustaso nousee

Elintason kasvu ja työn muuttuminen toimistotyöksi ovat kasvattaneet käyttäjien vaatimuksia sisäilmaston suhteen. Tyytymättömyys lämpöoloihin on hyvin yleistä, liian alhaisia (veto) ja liian korkeita lämpötiloja valittavien käyttäjien yhteenlasketut osuudet ovat monissa tutkimuksissa olleet reilusti yli 50 % vastanneista. Vetovalitukset ovat yleisimpiä rakennuksissa esiintyviä valituksia, myös modernilla ilmastointiteknikalla toteutetuissa tiloissa. Korkean lämpötilan aiheuttamat ongelmat ovat yleistyneet erityisesti kesäaikana, kun ikkunoiden koko on kasvanut. Tämä näkyy etenkin lisääntyneenä jäähdytyksen tarpeena ja koneellinen jäähdytys yleistyy jo asuinrakennuksissakin. Myös talvikaudella on yleistä, että lämpötilat nousevat yli suositusarvojen. Tämä johtuu osittain siitä, että käyttäjien ve-

tovalitusten vuoksi koko rakennuksen lämpötilaa nostetaan.

Tutkimuksesta tiedetään, että on mahdotonta löytää yhtä lämpötilaa, johon kaikki tilan käyttäjät olisivat tyytyväisiä. Nykytiedon valossa operatiivisen lämpötilan tavoitearvoksi soveltuu talvella 21–22 °C. Korkean lämpötilan terveyshaitoista johtuen ei ole suotavaa antaa lämpötilan nousta lämmityskaudella yli 23 °C:een. Tämä koskee myös toimistorakennuksia, minkä vuoksi niiden yllämpenemisen estämisestä tulee huolehtia myös talviaikana.

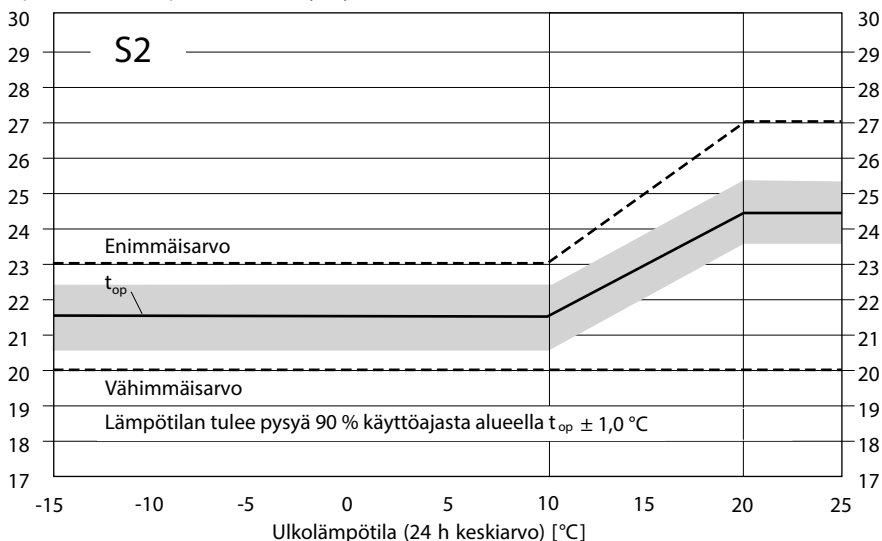
Kesällä voidaan tavoitearvona käyttää 24–25 °C. Viihtyisyyden kannalta operatiivisen lämpötilan voidaan antaa nousta korkeammaksi, mikäli tilan käyttäjä pystyy vaikuttamaan omaan ympäristöönsä esimerkiksi ilman liikenopeutta kasvattamalla. Tämän vuoksi asunnoissa lämpötila voi tilapäisesti nousta jopa 27 asteeseen. Tuottavuuden kannalta toimistoympäristön lämpötilan tulisi pääsääntöisesti olla alle 25 °C. Liian alhaista (alle 23 °C) lämpötilaa tulee jäähdytystilanteessa välttää sekä viihtyisyys- että energiankulutusyistä.

Sisäilmaston tavoitteiden asettamisessa käytetään yleisesti kolmiportaista Sisäilmastoluokitusta [3]. Luokka S1 (yksilöllinen sisäilmasto) on paras ja tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Luokassa S2 (hyvä sisäilmasto) pyritään neutraaliin lämpöaistimukseen ja 90 %:n laskennalliseen tyytyväisten osuuteen. Luokka S3 (tydyttävä sisäilmasto) vastaa rakentamismääräysten vähimmäistasoa. Kuvassa 1 on esimerkki lämpötilatavoitteiden asettamisesta.

Sisäilman laadulla on valtava merkitys ihmisten terveydelle. Kyseessä on suurimmasta ympäristön kemikaalien ja saasteiden ihmiselle aiheuttamasta terveysriskistä. Suomessa menetetään huonon sisäilman vuoksi arviolta 13 000 tervettä elinvuotta, mikä aiheuttaa noin miljardin euron kustannukset. Esimerkiksi pienhiukkaskasaltuksen arvioidaan aiheuttavan yli 1 300 ennenaikaista kuolemaa Suomessa ja radonin 200–300 keuhkosityöpää vuosittain [4]. Pienhiukkasten haittojen torjumiseksi tarvitaan tuloilman suodatusta, joka on ollut yhtenä synnä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmien yleistymiseen.

Sisäilman laadun hallinnan päähuomio on kiinnitettävä epäpuhtauslähteiden poistamiseen ja vähentämiseen, sillä ilmanvaihdon mitoitus kaikki-

Operatiivinen lämpötila oleskeluvyöhykkeellä [°C]



Kuva 1. Sisäilmastoluokan S2 lämpötilatavoitteet ulkolämpötilasta riippuvana. [3].

en epäpuhtauksien poistamiseksi ei ole järkevää eikä taloudellista. Ilman puhdistaminen nykyteknikalla ei myöskään ole riittävän luotettavaa, eikä se johda hyvään tulokseen kaikkien epäpuhtauksien osalta. Rakennus- ja sisustusmateriaalien osalta on Suomessa käytössä oleva rakennusmateriaalien päästöjen M1-luokitus jo onnistunut vähentämään näitä päästöjä merkittävästi.

Monet epäpuhtaudet ovat lähtöisin ihmisestä tai muusta tilan käyttöön kiinteästi liittyvästä toiminnasta, jolloin epäpuhtauslähteiden eliminointi ei ole mahdollista vaan tarvitaan riittävää ilmanvaihtoa. Tätä ”riittävän” ilmanvaihdon määrää on etsitty tutkimuksiin jo 150 vuoden ajan, mutta yksimielisyyttä ei vielä ole löydetty. Tämän päivän suomalainen viranomaisohjaus asettaa minimitasoksi $6\text{ dm}^3/\text{s}$ henkeä kohden, minkä lisäksi on määriteltä suuri joukko tilakohtaisia ilmavirran ohjearvoja. Hyvä taso on esimerkiksi Sisäilmastoluokituksen mukaan $8\text{--}12\text{ dm}^3/\text{s}$ henkeä kohden. Yhtenä suunnitteluvaiheen ongelmana on se, ettei tilan tulevaa käyttäjämäärää tiedetä, joten ilmanvaihto mitoitetaan lattiapinta-alan mukaan. Tämä on johtanut toimistorakennuksissa yleensä tarpeettoman suuriin ilmamääriin ja toisaalta koulu- ja päiväkotirakennukset kärsivät liian pienestä ilmanvaihdesta.

Ilmanvaihdon puhtaus on saatu kuntoon

Ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla puhdas toimiakseen oikein. Puhtaan ilmanvaihdon asennusmenetelmät kehitettiin Suomessa ja otettiin käyttöön noin 15 vuotta sitten. Sisäilmayhdistys esitti puhtausvaatimukset Sisäilmastoluokituksessa ja puhtauden toteuttamiseen kehitettiin menetelmät. Samalla myös laitevalmistajat paransivat toimittamiensa kanavien ja osien puhtautta merkittävästi, ja Rakennustietosäätiössä käynnistettiin Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus. Kaikki merkittävät valmistajat ovat M1-luokitelleet valmistamansa kanavat ja kanavaosat. Luokituksen piirissä ovat myös äänenvaimentimet ja suodattimet. Tavanomaisissa rakennuskohteissa käytetään nykyään lähes yksinomaan tulpattuja M1-luokiteltuja kanavia. Näiden toimintatapojen avulla on päästy eroon uusien ilmanvaihtojärjestelmien hygieniaoongelmista. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden varmistamista työmaalla on käsitelty Rakentajain kalenterissa vuonna 2011 [5].

Energiatehokkuus asettaa uusia vaatimuksia ilmanvaihdolle

Rakennustyyppistä riippuen noin 60–80 % rakennusten energiankulutuksesta kuluu lämpöolojen ja ilman laadun hallintaan. Ilmanvaihtojärjestelmän osuus on tästä hieman alle puolet, joten järjestelmän energiatehokkuudesta on välttämätöntä huolehtia. Merkittävä parannus tapahtui noin 10 vuotta sitten, kun lämmön talteenotto poistoilmasta tuli käytännössä pakolliseksi kaikissa rakennustyypeissä. Sen avulla saadaan vuositasolla hyödynnettyä 30–60 % poistoilman sisältämästä lämmöstä, uusien rakennusten minimitasoin ollessa 45 %. Vaatimusten kiristäminen on pakottanut laitevalmistajat kehittämään tuotteitaan, mutta myös suunnittelussa on tapahtunut muutoksia. Esimerkiksi likaisten tilojen poistot varustetaan nykyisin lämmön talteenotolla.

Koneelliset ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät ovat myös merkittävä sähkönkuluttaja. 2–3 % kaikesta energiasta kulutetaan puhaltimissa, joten niidenkin tehokkuutta on ollut pakko parantaa. Ilmanvaihtojärjestelmien sähkötehokkuusvaatimusten avulla on rajoitettu ilman liikuttamiseen tarvittavaa sähköenergiaa. Tämä on johtanut hie-

man aiempaa väljempiin kanaviin ja pykälää suurempiin ilmanvaihtokoneisiin, joka taas näkyy kasvaneena tilantarpeena. Puhaltimien hyötysuhdetta on parannettu siirtymällä hihnavälityksestä suorakäyttöön (puhallin ja moottori samalla akselilla) ja paremman hyötysuhteen moottoreihin. Ilmavirtojen paineohjaus taajuusmuuttajan säätämällä pyörimisnopeudella on jo lähes kaikissa uusissa ilmastointilaitoksissa. Vanhoissa järjestelmissä on kuitenkin vielä suurta säästöpotentiaalia. Huonon hyötysuhteen puhaltimet, likainen ja epätiivis kanavisto sekä vanhanaikaiset päätelaitteet tuhlaavat energiaa ja aiheuttavat veto- ja meluongelmia.

Olosuhteiden tarpeenmukaisessa ohjauksessa on suuri säästöpotentiaali erityisesti toimistorakennuksissa. Niiden käyttöasteet ovat vain 25–50 %:n luokkaa, eli tilat ovat tyhjiään suurimman osan ajasta. Ilmanvaihto, lämmitys/jäähdytys ja valaistus ovat kuitenkin useimmiten päällä 100 %:lla teholla, joten tuhlauks on suurta. Tarpeenmukainen ohjaus on helpointa valaistuksessa ja vaikeinta lämmityksessä. Ilmanvaihdon osalta se on mahdollista, mutta vaatii tilakohtaisia antureita, säätimiä ja toimilaitteita. Näiden pitkäaikaistoiminnassa on ollut likaantumista ja vikaantumista aiheuttavia ongelmia, mikä on hidastanut niiden yleistymistä.

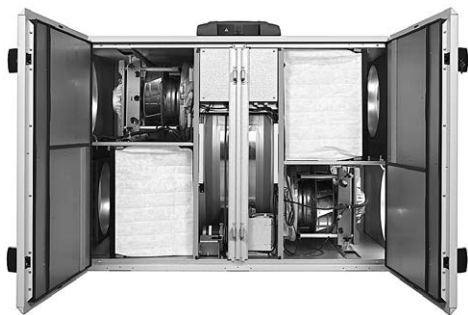
Asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmät

Uusien asuinrakennusten ilmanvaihto toteutetaan tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä, jossa on lämmön talteenotto sekä tuloilman esilämmitys ja suodatus. Pientalojen lämmön talteenotossa käytetään pyöriviä roottoreita tai risti-vastavirtasiirtimiä, joilla molemmilla päästään noin 80 %:n lämpötilasuhteeseen (vuosihyötysuhde on alhaisempi, koska tiivistyvän kosteuden jäätyminen rajoittaa talteenottotehoa). Useita asuntoja palvelevissa ilmanvaihtokoneissa ei voida käyttää pyörivää lämmönsiirintä epäpuhtauksien kulkeutumisvaaran vuoksi. Tuloilman esilämmityksessä käytetään sähkövastusta, lämmitysverkostoon kytkettävää vesipatteria tai näiden yhdistelmää (toinen ennen LTO:tta ja toinen sen jälkeen). Myös maapiiriä voidaan käyttää esilämmityksessä (ja kesällä viilennyksessä). Suodattimina käytetään M6–F8 luokan kuitusuodatimia, jotka erottavat myös hengitysilman mukana kulkeutuvia hiukkasia. Pientalojen puhaltimissa ovat yleistyneet sähkötehokkaat tasavirtapuhaltimet ja suuremmissa järjestelmissä ollaan siirtymässä elektronisesti ohjattuihin EC-puhaltimiin.

Asuinrakennustalojen ilmanvaihto voidaan toteuttaa keskitetysti tai hajautetusti. Keskitetyssä järjestelmässä yksi kone hoitaa koko rakennuksen tai portaan ilmanvaihdon. Se voidaan toteuttaa vakio-



Kuva 2. Pientalon ilmanvaihtokone. 1 Poistoilmapuhallin (suojakannen takana), 2 Tuloilmapuhallin (poistoilmakanavan takana), 3 Ulkoilmasuodatin F7, 4 Lämmöntalteenottokenno, 5 Kesä-/talvipelti, 6 Ulkoilmasuodatin G4, 7 Poistoilmasuodatin G4, 8 Jälkilämmityspatteri (poistoilmakanavan takana), 9 Turvakytkin, 10 Lisälämmityspatteri (poistoilmakanavan takana). (Kuva: Vallox Oy).



Kuva 3. Keskusilmavaihtokone. Kuvassa näkyvät suoraikäyttöiset kammiopuhaltimet, tulo- ja poistoilman suodattimet sekä pyörivät lämmönsiirrin. (Kuva: Oy Swegon Ab).

ilmavirroilla, mutta huoneistokohtainen tarpeenmukainen ohjaus on yleistymässä. Tällöin jokaiseen huoneistoon asennetaan ilmapuhaltimet tulo- ja poistopuolille. Kanavointi voidaan toteuttaa yhteiskanavilla tai huoneistokohtaisilla kanavilla. Lämmön talteenotossa käytetään myös nestekiertoista LTO:ta, jolloin samaan liuospiiriin voidaan kytkeä myös lämmitys ja viilennys, ja näin tarvitaan vähintään yksi lämmönsiirtopatteri vähemmän. Kerrostalon hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä on melko samanlainen kuin pientaloissa. Järjestelmän etuna on kanaviston pienempi tilantarve ja asennuskustannus sekä hyvä tarpeenmukainen ohjausmahdollisuus. Keskitetyn järjestelmän etuna on puolestaan

vähäisempi huoltopisteiden määrä, järjestelmien energiatehokkuudessa ei ole merkittäviä eroja.

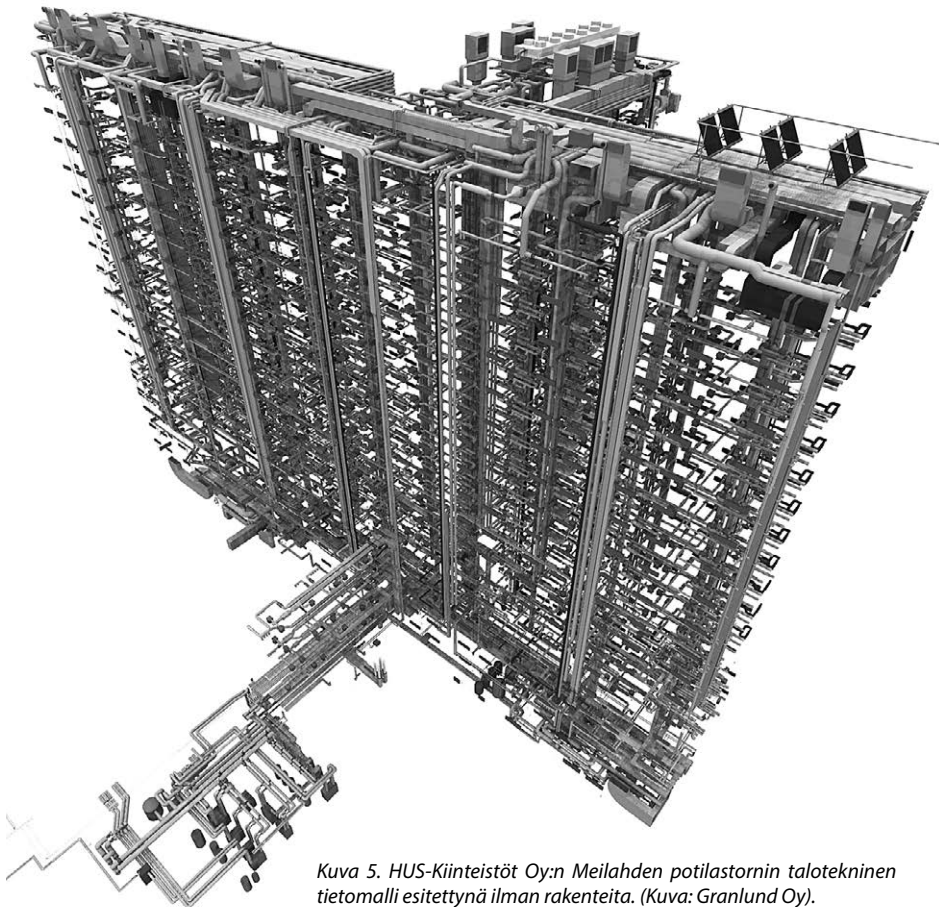
Toimitilojen ilmastointijärjestelmät

Liike- ja palvelurakennusten ilmanvaihtoa on jo 1960-luvulta alkaen aloitettu varustaa koneellisella jäähdytyksellä, jolloin puhutaan ilmastointijärjestelmästä. Järjestelmät luokitellaan sen mukaan, miten jäähdytysteho tuodaan tiloihin. Ilmajärjestelmissä ilma lämmitetään ja/tai jäähdytetään ilmastointikoneella ja tuodaan kanavia pitkin huoneisiin. Ilmavirtojen suuruus määräytyy tehotarpeen mukaan. Tämä vaatii suuret kanavakoot ja soveltuu kohteisiin, joissa tehontarpeet ovat melko pienet. Vesijärjestelmissä teho tuodaan huoneisiin lämmitys- ja/tai jäähdytysverkoston kautta ja kanavissa kulkee vain ilman laadun ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä. Lämmitys- tai jäähdytysteho siirretään huoneilmaan puhallinkonvektoreilla, eikä ilmanvaihtokoneessa ole jäähdytyspatteria. Tällöin jäähdytystilanteessa sisäilman kosteus tiivistyy puhallinkonvektorille ja tiivistyvä vesi tulee johtaa viemäriin. Järjestelmän haasteena on huonelaiteiden hygienia ja kunnossapito.

Tämän päivän toimitilarakentamisessa yleisin ilmastointijärjestelmä on jäähdytyspalkkijärjestelmä. Se on ilma-vesi-järjestelmä, jossa tuloilmaa jäähdytetään ja samalla kuivataan keskuskoneen jäähdytyspatterilla. Loput jäähdytystehosta tuodaan vesiverkostoa pitkin jäähdytyspalkille, joissa huoneilmaa kierrätetään lämmönsiirtimen läpi. Järjestelmä mitoitetaan niin, ettei kosteus tiivisty lämmönsiirtimelle (tai vesiputkien pinnalle). Ilmavirrat



Kuva 4. Aktiivipalkki. Kuvassa näkyvät tuloilman kanavan liitosyhdet ja jäähdytysvesiverkoston yhteydet säätöventtiileineen. (Kuva: Halton Oy).



Kuva 5. HUS-Kiinteistöt Oy:n Meilahden potilastornin talotekninen tietomalli esitettynä ilman rakenteita. (Kuva: Granlund Oy).

mitoitetaan tilan ulkoilmavirran tarpeen mukaan. Jäähdytyspalkit voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Aktiivipalkeissa tuloilma johdetaan palkin läpi niin, että se imee mukaansa huoneilmaa lämmönsiirtimen läpi. Passiivipalkissa alaspäin valuva jäähdytetty ilma imee huoneilmaa palkin läpi ja ilmanvaihdon tuloilma tuodaan erillisten päätelaitteiden kautta. Jäähdytyspalkkijärjestelmä soveltuu hyvin toimistotiloihin, joiden jäähdytystarve on suuri mutta ulkoilman tarve pieni. Järjestelmä on lisäksi muuntojoustava ja teknisesti yksinkertainen. Passiivipalkeilla voidaan lisätä koneellinen jäähdytys vanhaankin rakennukseen, koska se ei välttämättä edellytä ilmanvaihtokoneen tai kanaviston peruskorjausta. Palkkijärjestelmän haasteena on ilmanja-

ko vedottomasti, erityisesti suurilla jäähdytystehoilla. Ilmamäärien säätö ja ilmasuihkujen ohjaaminen pois työpisteistä on uusissa palkeissa mahdollista, mutta tilan virtauskentän hallintaa vaikeuttavat ihmisistä, laitteista ja ikkunoista syntyvät muuttuvat konvektiovirtaukset.

Rakennuksen ja talotekniikan vuorovaikutus

Rakennussuunnittelu ja talotekniikka ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa keskenään. Syvärunkoisten ja tilatehokkaiden rakennusten kehittäminen on ollut mahdollista kun ilmanvaihtojärjestelmillä on tuotu raitista ilmaa myös sisävyöhykkeelle. Ilmas-

toinnin jäähdytyksellä pystytään poistamaan suuresta henkilötiheydestä sekä valaistuksesta ja tietotekniikasta syntyvät lämpökuormat ja pitämään olosuhteet viihtyisinä. Vastapainona on ollut karnavien ja konehuoneiden kasvanut tilantarve. Viime vuosien rakennussuunnittelussa trendinä olleet suuret ikkunapinnat ovat tuoneet suuria haasteita tilojen lämpöolosuhteiden hallinnalle. Suuret ikkunapinnat ovat talvella sisäilmaa kylmempää, mikä aiheuttaa kylmiä virtauksia ja säteilyvetoa. Kesällä samat pinnat voivat olla jopa yli 40 asteisia aiheuttaen suuren jäähdytystarpeen. Molemmissa tapauksissa käyttäjät kokevat vetoa, koska näitä virtauksia on vaikea hallita hyvälläkään ilmanjaolla. Matala- ja nollaenergiarakentaminen tuo tähän helpotusta, sillä siinä on pakko kiinnittää huomiota ikkunoiden lämpöhäviöihin talvella ja auringonsuojaukseen kesällä. Myös valaistuksen ja tietotekniikan energiatehokkuuden paraneminen vähentää jäähdytystarvetta, vaikkakin henkilötiheyden kasvaminen vie tilannetta toiseen suuntaan. Uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen saattaa lähitulevaisuudessa muuttaa myös lämmitys- ja ilmastointijärjestelmiä. Pienenevät lämmitys- ja jäähdytystehontarpeet mahdollistavat molempien hoitamisen ilmastointijärjestelmän avulla. Toisaalta vaihtoehdoksi nousee pintalämmitys ja -jäähdytys, lattian, seinien tai katon käyttäminen lämmönsiirtopintana. Tällöin ilmanvaihtolaitoksen tehtäväksi jää pääasiassa ilman laadusta huolehtiminen.

Suunnittelu siirtyy tietomalliaikaan

Tiukentuvien tehokkuus-, sisäilmasto- ja energia-vaatimusten vuoksi koko rakennusprosessia pi-

tää kehittää. Hyvä esimerkki tästä on tässäkin Rakentajain kalenterissa esitetty allianssimalli. Myös muita tapoja parantaa suunnittelijoiden, toteuttajien ja käyttäjien yhteistyötä on kehitteillä. Rakennusten tietomallinnus on lyömässä läpi, tästä hyvänä esimerkkinä Meilahden sairaalan juuri valmistunut perusparannus. Vuoden 1963 kalenterissa esiteltiin saman rakennuksen ilmanvaihtosuunnitelmaa, kuvassa 5 on tämän päivän versio ko. rakennuksen perusparannuksesta. Erot näkyvät selvästi mm. tekniikan määrässä. Tämän päivän vaatimukset täyttävälle ilmastointijärjestelmälle on pitänyt rakentaa mm. kokonaan uusi konehuone katolle.

Lähteet

- [1] Ilmanvaihdon perusteista. Rakentajain kalenteri 1963.
- [2] J. Toftum et al. Association between classroom ventilation mode and learning outcome in Danish schools. *Building and Environment*, Vol 92. October 2015 pp. 494–503.
- [3] Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmayhdistys. Sisäilmayhdistys ja Rakennustietosäätiö. Suomen Arkkitehtiliitto SAFA, Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI, Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL, Sisäilmayhdistys julkaisu 5. 2008. Julkaistu myös LVI-korttina no LVI 05-10318.
- [4] Hänninen O and Asikainen A. (2013.) Efficient reduction of indoor exposures. Health benefits from optimizing ventilation, filtration and indoor source control. *THL Report* 2/2013
- [5] Säteri J. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden varmistaminen. Rakentajain kalenteri 2011.

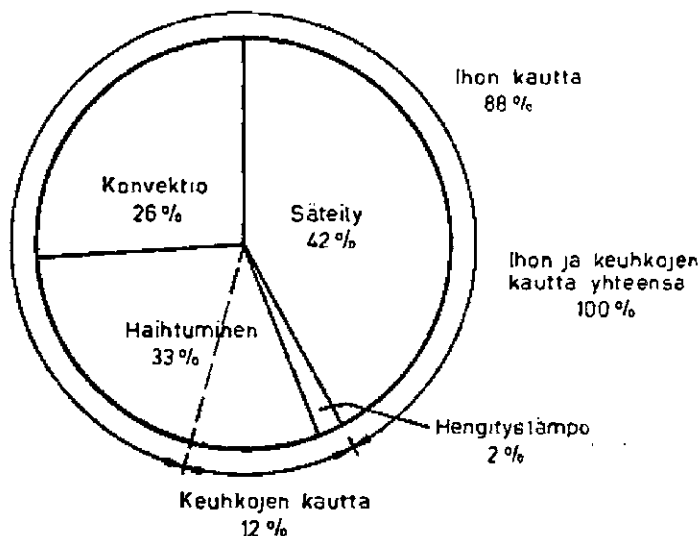
Ilmanvaihdon perusteista

Laatinut Ekono Voima- ja Polttoainetaloudellinen Yhdistys

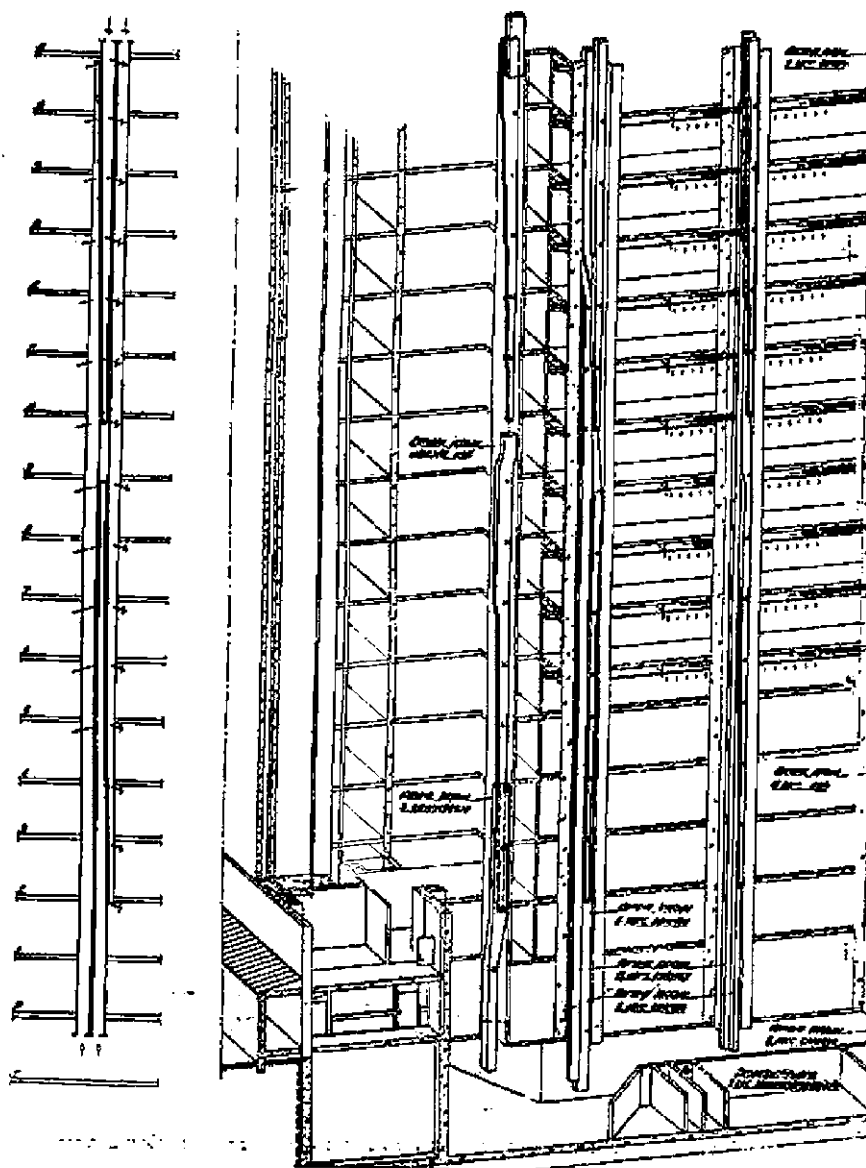
Ilma on cräs elämämme tärkeimpiä perustekijöitä, elimistömme hän saa siitä aineenvaihduntansa tarvitseman hapen. Ilman merkitystä korostaa se, että sitä on oltava keskeytyksettä ihmisen saatavilla, koska elimistömme ei kuten ravintoaineita ja vettä lainkaan kykene varastoimaan happea. Ihminen saattaaakin elää 40 vuorokautta syömättä, 3 vuorokautta juomatta mutta vain 3 minuuttia hengittämättä.

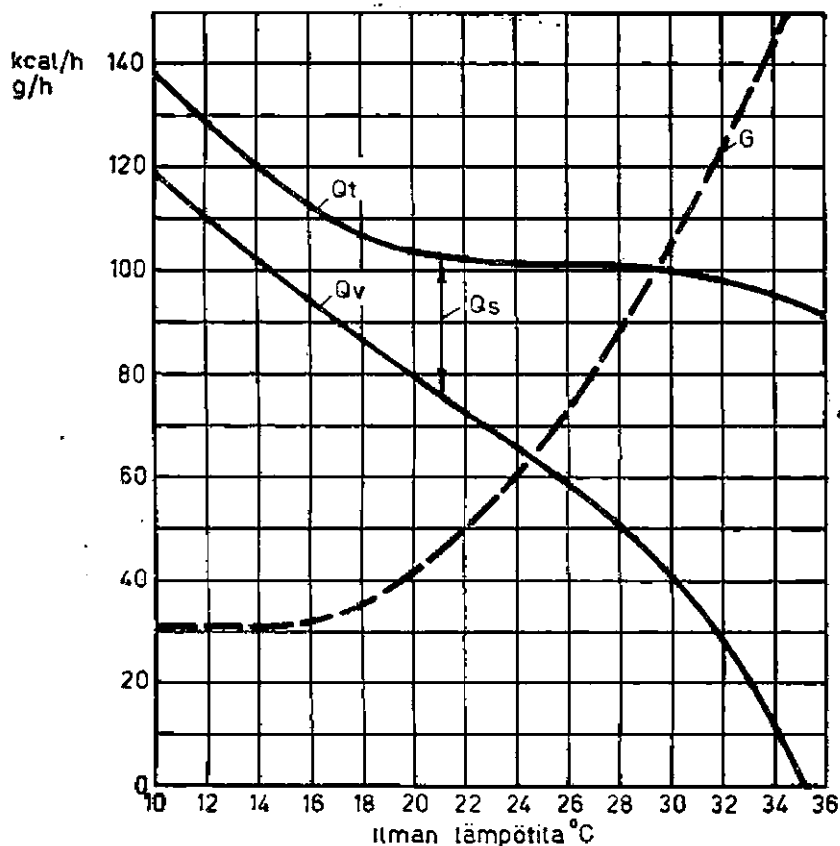
Ilman laadulla, so. sen lämpötilalla, kosteudella ja liikkeellä puhtauden ja hajuttomuuden lisäksi on suuri merkitys ihmisen työpanokselle. Huonossa ilmassa vähennämme vaistomaisesti hengitystämme, jolloin tunnemme haluttomuutta ja työtehomme pienenee. Ilmastointisuunnittelijan tehtävänä onkin pitää huoli siitä, että ilman laatu voi luoda edellytykset aktiiviseen fyysiseen ja psyykkiseen toimintaan. Hengitettävän ilman tulee olla viihtyisä, komfortabel, mistä nimitys komfort-ilmastointi. Erikoistapauksissa on ilmastoinnin tehtävänä lisäksi estää ilmaa saastuttavien työprosessien terveydelle vaaralliset vaikutukset.

Ilman lämpötilan ja kosteuden sekä liikkeen vaikutuksen hyvinvointiimme ymmärrämme, kun tarkastelemme ihmisen lämpötasapainoa. Ihminen on tasalämpöinen pyrkien pitämään lämpötilansa kaikissa olosuhteissa vakiona. Ihmisruumis saa lämpönsä omasta aineenvaihdunnastaan palamislämpönä, lämpötasapainon ehtona on siis, että ihmisruumiin lämmönluvovutus ympäristöön ja aineenvaihdunta ovat tasapainossa. Aineenvaihdunnan ja työsuorituksen välisen yhteyden vuoksi on lämmönluvovutuksen mukauduttava myös työsuoritukseen.



Kuva 1. Ihmisen lämmönluvovutuksen osatekijät normaaliolosuhteissa.

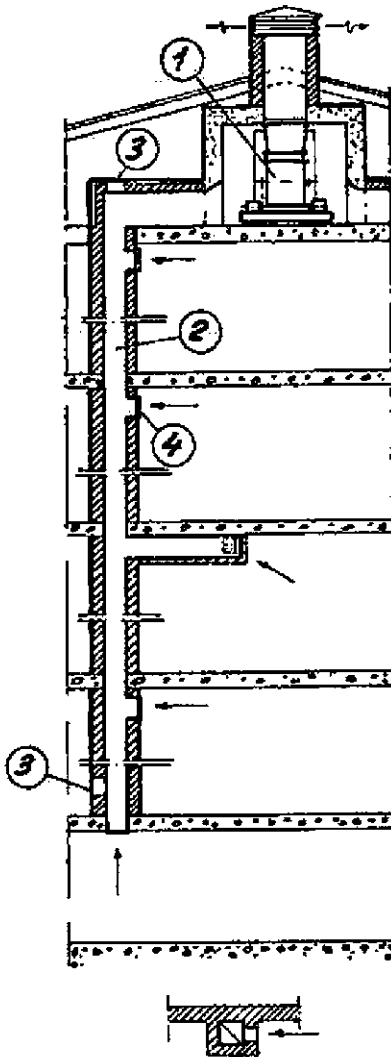
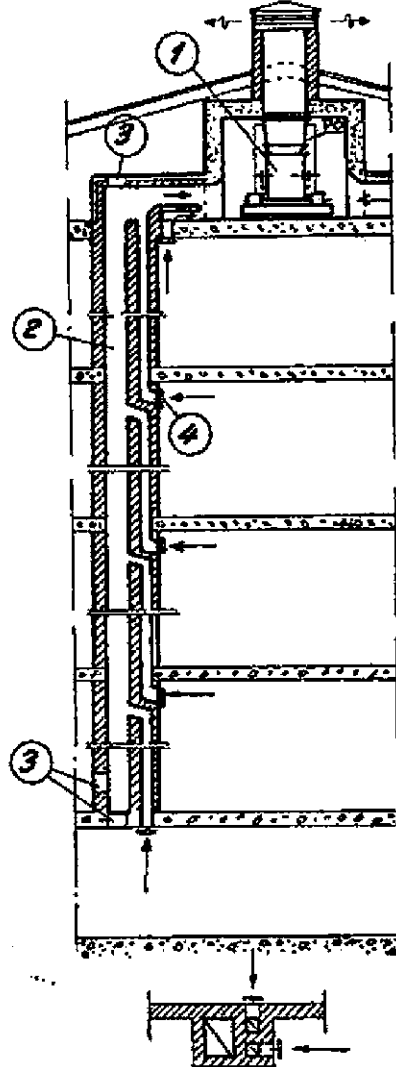




Q_t = kokonaislämpömäärä kcal/h
 Q_v = kuiva lämpömäärä kcal/h
 Q_s = kostea lämpömäärä kcal/h
 G = vesihöyrymäärä g/h

Kuva 3. Ihmisen lämmön- ja vesihöyryn luovutus eri lämpötiloissa.

Ihminen luovuttaa lämpöä säteilyinä, haihtumisena, konvektiona sekä hengityslämpönä. Kuvan 1 mukaan normaaleissa huoneolosuhteissa istuva ihminen luovuttaa lämmöstään 88 % ihon kautta ja loput 12 % keuhkojen kautta. Säteilynä ja konvektiona siirtyvä ns. kuiva lämpömäärä pienenee ympäristön lämpötilan noustessa. Ympäristön lämpötilan ylittäessä ihon pintalämpötilan muuttuu kuivan lämpömäärän kulkusuunta, ruumiisemme siirtyy tällöin ympäristöstä lämpöä. Lämpötasapainon ylläpitämiseksi kasvaa kostea lämpömäärä, so. haihtuminen. Kuva 3 esittää istuvan ihmisen lämmön- ja vesihöyryn luovutusta ympäristön lämpötilan funktiona. Kokonaislämpömäärä Q_t on esitetty diagrammissa kuivan lämpömäärän Q_v ja kostean lämpömäärän Q_s summana.

Yhteiskanava-
järjestelmäYhteishormi-
järjestelmä

Kuva 4.

1. Keskipakoispuhallin
2. Nousukanava

3. Puhdistusluukku
4. Poistovenkki

Ihmisen suorittaman fyysisen työmäärän kasvaessa lisää nopeutunut aineenvaihdunta lämmönluovutusta. Säteilylämpö määrä pysyy tällöin jokseenkin vakiona, konvektiolämpö määrä kasvaa hieman mutta haihtuminen kasvaa erittäin voimakkaasti. Esimerkkinä mainittakoon, että halonhakkaajan lämmönluovutus on n. 450 kcal/h istuvan henkilön lämmönluovutuksen ollessa n. 100 kcal/h. Ihokudos säätlee ruumiin lämmönluovutusta pääasiallisesti haihtumisen avulla, jonka kyllin voimakkaana tai haihtumiselle epäedullisissa olosuhteissa huomaamme hikoiluna. Ihon merkitys lämpötasapainon ylläpitäjänä käy korostetusti ilmi palovammojen vaarallisuudesta; välitön hengenvaara aiheutuu jo n. 15 % ihosta turmeltuessa.

Ilmassa saattaa useastakin syystä olla epäpuhtauksia, joiden fysiologiset vaikutukset riippuvat oleellisesti ko. aineen laadusta ja määrästä sekä vaikutusajasta. Ilmaostoinnin tehtävänä on osaltaan estää epäpuhtauksien määrää ylittämästä sallittua maksimiarvoaan l. enimmäispitoisuuttaan. Työturvallisuuslaki sekä säteilysuojauslaki asettavat tiettyjä vaatimuksia työpaikkojen ilman laadulle. Työterveyslaitoksen teknillis-hygieninen sekä lääketieteellinen osasto suorittavat ilman laadun valvontaa sekä antavat tietoja epäpuhtauksien enimmäispitoisuuksista.

Yleinen harhakäsite on, että koneellisten poistoilmalaitteiden katsotaan yksinään tyydyttävän kaikki ilmanvaihdolle asetettavat vaatimukset. Ilmanvaihtojärjestelmän onnistuminen edellyttää kuitenkin useimmiten korvausilman tuomista huoneisiin etukäsiteltynä, so. suodatettuna ja lämmitettynä, mahdollisesti kosteutettuna ja lämmityksen sijaan jäähdytettynä. On huomattava, että rakennuksesta poistetun ilman tilalle tarvitaan vastaava määrä korvausilmaa, ja että tämän korvausilman lämmitykseen kuluu sama lämpöenergia lämmitettiin se sitten lämmönvaihtokojien tai huoneiloihin sijoitettujen lämpöpatterien avulla. Lisäksi on riittävän suuren lämmittämättömän korvausilman määrän johtaminen suoraan huonetilaan kylminä vuodenaikoina vedottomasti vain harvoin mahdollista.

Ilmanvaihtojärjestelmän valinta, so. käytetäänkö yksinomaan painovoimaista tai koneellista poistojärjestelmää tai yhdistettyä koneellista poisto-sisäänpuhallusjärjestelmää, on ehdottomasti jätettävä suunnittelun kyllin varhaisessa vaiheessa pätevän ilmanvaihtoasiantuntijan tehtäväksi. Ilmanvaihtojärjestelmän valintaan ja mitoittamiseen vaikuttavat sikäi monet tekijät, että yleispäteviä ohjeita ei voida antaa vaan kukin tapaus on tutkittava erikseen.

Ilmanvaihdolle asetettujen vaatimusten noustessa riiman elintason kanssa ovat ilmamäärät vastaavasti kasvaneet. Tämä sekä yleensä rakennustilavuuden kalleus ovat pakottaneet kehittämään ilmanvaihtojärjestelmien kanavointia entistä vähemmän tilaa vieväksi. Näin ovat syntyneet asuinrakennuksissa käytetyt yhteiskanava- ja yhteishormijärjestelmät, kuva 4, joissa eri kerrosten vastintilojen poistoilma johdetaan tietyt ääni- ja paloeristysnäkökohdat huomioonottaen samaan pystykanavaan. Toisaalta on ilman nopeutta kanavissa korotettu, näin ovat syntyneet liikerakennuksissa käytetyt ns. keski- ja korkeapainejärjestelmät. Kuva 2 (s. 311) esittää esimerkkinä suuren nykyaikaisen sairaalarakennuksen ilmanvaihtokanaviston sijoittelua. Rakennuksen ilmanvaihtokanavisto tehdään kokonaisuudessaan galvanoidusta pellistä. Ilmanvaihtokanavien laadulle, lähinnä niiden tiiveydelle ja virtausmekanisille ominaisuuksille asetetut vaatimukset ovatkin johtaneet lähes yksinomaan peltikanavien käyttöön. Peltikanavat suojataan tarpeellisin paloeristyksin (vrt. Keskusilmanvaihtojärjestelmien paloturvallisuusohjeet) joko muuraamalla tai betoniseinämällä. Erikoistapauksissa (esim. vetokaapit ja akkuhuoneet) on kanavat tehtävä muovista tai ruostumattomasta pellistä ilman korrodoivia ominaisuuksien vuoksi.