

Ohje 2

IV-kuntotutkimus

## **ILMANVAIHTO- JA ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN YLEISARVIOINTI**

### **Sisällysluettelo**

1	Johdanto .....	2
2	Tulevan käytön tarpeet ja tavoitteet .....	2
3	Nykytilanteen analysointi, IV-järjestelmien kunnan selvittäminen ja tarkastus.....	3
3.1	Käyttäjähastattelut .....	3
3.2	Asiakirjatarkastus .....	3
3.3	Kenttätarkastus.....	4
4	Mittaus- ja säätölaitteet järjestelmien yleisarvioinnin yhteydessä.....	6
5	Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmät yleisarvioinnin yhteydessä .....	6
6	Energian käytön laskelmat.....	7
7	Johtopäätökset ja suositukset .....	7
8	Rakennustyypit .....	8
9	Asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmän tunnistaminen .....	9
9.1	Asuinkerrostalot 1960-luvulla ja sitä aikaisemmin.....	9
9.2	Asuinkerrostalot 1970- ja 1980-luvulla.....	10
9.3	Asuinkerrostalot 1990-luvulla.....	10
9.4	Pientalot.....	10
10	Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän tunnistaminen, muut kuin asuinrakennukset.....	10
10.1	Ilmastointijärjestelmien luokitus .....	10
10.2	Ilmajärjestelmät.....	10
10.3	Ilma-vesijärjestelmät.....	14
10.4	Vesijärjestelmät .....	20
11	Ilmastointijärjestelmiin liittyvät erikoisratkaisut ja laitteet .....	22
11.1	Käytäväpuhallus .....	22
11.2	Ontelolaatta tuloilmakanavana .....	22
11.3	Ontelolaatta poistoilmakanavana .....	23
11.4	Poistoilmaikkuna .....	23
11.5	Poistoilmavalaisin .....	24
11.6	Palautusilman käyttö.....	24
11.7	Siirtoilman käyttö .....	24
12	Ilmastoinnin lämmöntalteenotto .....	24
13	Ilmastointimääräykset ja muut suunnitteluohjeet .....	24

# ILMANVAIHTO- JA ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN YLEISARVIOINTI

## 1 Johdanto

Rakennuksen ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän yleisarvioinnin tarkoituksena on selvittää, täyttääkö nykyinen järjestelmä nykyiselle tai tulevalle käytölle asetetut vaatimukset. Tässä tarkastellaan mm. seuraavia ominaisuuksia: sisäilmasto, energiatehokkuus, toiminnallisuus, muunneltavuus, täydennettävyyden ja kustannustehokkuus. Yleisarvioinnin tuloksena saadaan suositukset siitä, mitä järjestelmälle on tehtävä vaatimusten saavuttamiseksi.

Yleisarvioinnin tehtäviin kuuluu myös päättää, mitä yksityiskohtaisia kuntotutkimuksia tarvitaan yleisarvioinnin lisäksi IV-järjestelmän kunnan selvittämiseksi.

Yleisarvioinnin tuloksena voidaan myös keskeyttää kuntotutkimus, jos yleisarvioinnin kuluessa voidaan todeta, ettei järjestelmää ole kunnostettavissa tulevan käytön vaatimuksia varten teknisesti tai taloudellisesti järkevällä tavalla verrattuna koko järjestelmän uusimiseen.

Tässä liitteen luvussa 2 määritellään tilaajan kanssa kiinteistön tulevan käyttötarkoituksen keskeiset tavoitteet. Luku 3 käsittelee varsinaista tarkastustehtävää ilmastointijärjestelmän osalta. Luvussa 4 keskitytään rakennusautomaatiojärjestelmään ja luvussa 5 ilmastoinnin jäähdytykseen. Yksi katselmuksen keskeisimmistä asioista, energiatehokkuus, on kuvattu luvussa 6. Luvussa 7 käsitellään kuntotutkimuksen yleisarvioinnin raportointia ja johtopäätöksiä.

Ohjeen luvuissa 9–14 kuvataan tyypillisiä ilmastointijärjestelmiä ja laitteita, joita on asennettu 1960–1990-luvulla. Niiden tarkoituksena on antaa ohjeen käyttäjälle yleiskäsitys järjestelmästä, joihin hän ei ole aikaisemmin mahdollisesti perehtynyt.

## 2 Tulevan käytön tarpeet ja tavoitteet

Yhdessä kiinteistön omistajan ja/tai käyttäjän kanssa määritetään tulevalle käyttötarkoitukselle keskeiset tavoitteet (tai nykyisen käyttötarkoituksen jatkuessa sille tavoitteet tulevaa käyttöä varten).

Tarveselvityksessä selvitetään mm. seuraavia asioita tutkittavien järjestelmien ominaisuuksista ja asetetuista tavoitteista riippuen.

- Rakennuksen ja ilmastoinnin yleinen haluttu laatutaso
- Huoneiden käyttötarkoitus
- Huoneissa olevat lämpöä tuottavat laitteet
- Ikkunoiden aurinkosuojaus ja avattavuus
- Sisäolosuhteiden taso, kesä ja talvi (sisäilmaluokat)
- Huonelämpötilojen hallittavuus; kesä, talvi
- Tarvitseeko ilmavirtoja voida muuttaa helposti huoneittain
- Huoneisiin sijoitettavien ilmastointilaitteiden paikat ja ulkonäkö (näkyviin, piiloon, lattiaan, seinälle, alakattoon)
- Halutaanko varautua ennakolta huoneiden käyttötarkoituksen muutoksiin (ilmastoinnin joustavuus)
- Halutaanko varautua ennakolta huoneiden väliseinien siirtämiseen (ilmastoinnin muunneltavuus)
- Halutaanko varautua ennakolta ilmastoinnin tason parantamiseen (täydennettävyyden)
- Investointikustannusten tavoitetaso
- Käyttö- ja huoltokustannusten tavoitetaso, mukaan lukien energiakustannukset

- Historiallisista tai muista syistä rakennussuojelun piiriin kuuluvista rakennuksista selvitetään, miltä osin rakennus on suojelun piirissä (julkisivu, tietyt huonetilat jne.). Myös virallisen suojelun piiriin kuulumattomissa rakennuksissa on usein säilyttämisen arvoista rakennuskulttuuria tai historiaan liittyviä ominaisuuksia.

### 3 Nykytilanteen analysointi, IV-järjestelmien kunnan selvittäminen ja tarkastus

Ilmastointilaitoksen tarkastus käsittää seuraavat työvaiheet:

- Käyttäjahaastattelut
- Asiakirjatarkastus
- Kenttätarkastus.

#### 3.1 Käyttäjähaastattelut

Käyttäjahaastattelu tehdään aina kiinteistön omistajan ja huolto- ja ylläpitohenkilöstön osalta.

Ensisijaisesti selvitetään ilmastointijärjestelmän mahdolliset toiminnalliset puutteet.

Käyttäjiä haastatellaan tarvittaessa viihtyisyystekijöistä.

Rakennuksessa aikaisemmin tehdyt kuntoarvioon tai sisäilmastaselvitykseen liittyvät käyttäjäkyselyt otetaan huomioon tässä yhteydessä.

#### 3.2 Asiakirjatarkastus

Ilmastointilaitoksen toimintaan perehtyminen alkaa suunnitelma-asiakirjoihin tutustumalla.

Tarkastettavat asiakirjat ovat

- Ilmanvaihtopiirustukset, joissa lopullinen tilanne on päivitettyä ajan tasalle
- Työselostus
- Luovutusasiakirjat
  - Ilmavirtojen mittauspöytäkirjat
  - Äänimittauspöytäkirjat
  - Kanaviston painekoepöytäkirjat
  - Konekortit ja muut laitteiden tekniset tiedot ja esitteet
  - Toimintakokeiden pöytäkirjat
- Huoltokirja tai käyttö- ja huoltosuunnitelma
- Piirustukset ja muut tiedot käytön aikana ilmastointijärjestelmään tehdyistä muutoksista.

Suunnitelma-asiakirjojen lisäksi on kiinteistöstä ja sen IV-järjestelmästä mahdollisesti saatavana sen käytön aikana tehtyjä asiakirjoja kuten

- Energiakatselmusraportti
- Kuntoarvio- tai kuntotutkimusraportti (sisäilmasto, putkistot)
- Luettelo tehdyistä korjauksista
- Luettelo viihtyvyystekijöihin liittyvistä käyttäjävalituksista
  - lämpöolosuhteet (kesä/talvi)
  - veto
  - melu
  - riittämätön ilmanvaihto
  - kosteusolosuhteet.

Asiakirjojen läpikäynnissä kannattaa keskittyä niihin asioihin, jotka ovat keskeisiä tulevan tai nykyisen käyttötarkoituksen sisäilma- ja energiatavoitteiden sekä käyttäjätyytyväisyyden saavuttamiseksi. Näitä asioita ovat mm.

#### **Koko rakennusta koskevia asioita**

- Vastaako IV-järjestelmä suunnitelmaltaan tulevaa käyttöä
- Voidaanko olevat ilmastoinnin palomääräykset toteuttaa
- Onko energian käyttö laitoksessa nykynäkemyksen mukaan tehokasta
- Vastaako järjestelmän mitoitus tulevan käytön suhteen nykyisten rakentamismääräysten tasoa.

#### **Huoneita koskevia asioita**

- Vastaako huonejako tulevaa käyttöä
- Ovatko huonekohtaiset ilmavirrat ja ilman jako tulevan käytön vaatimusten mukaisia
- Ovatko huonekohtaiset lämpötilan säädöt lämmitys- ja jäähdytystilanteessa tulevan käytön mukaisia

**Huom!** Jos asiakirjojen mukaan ilmastointilaitos ei kykene vastaamaan tulevan käytön vaatimuksiin, laaditaan väliraportti perusteluineen tilaajalle.

### **3.3 Kenttätarkastus**

Kiinteistöön tehdään tarkastuskierron, jonka tavoitteena on aistienvaraisten tarkastelun perusteella selvittää ilmastointijärjestelmän toimintakunto ja käyttökelpoisuus rakennuksen nykyistä tai tulevaa käyttötarkoitusta varten.

Kenttätarkastukseen kuuluu tarvittaessa esim. huoneiden ilmavirtojen mittaukset pistokoeluoontaisesti. Tarkoituksena on selvittää, pitävätkö vastaanottotarkastuksessa esitetyt ilmavirrat edelleen paikkansa.

Merkittävimpien ilmastointikoneiden ilmavirrat mitataan, ellei ole viimeisen kolmen vuoden ajalta ole mittaustietoja.

Tehdyt havainnot kirjataan, apuna käytetään tarkastuslistoja.

#### **Käynti huonetiloissa**

Valitaan kiinteistön omistajan kanssa, kuinka paljon huonetilojen katselmuksia tehdään. Huonetiloja tulee olla vähintään 10 % kokonaisuudesta. Huonetiiloja valitaan jokaisen ilmastointikoneen toiminta-alueelta jokaisesta rakennuksen kerroksesta. Lisäksi otetaan huonetilojen valinnassa huomioon käyttötarkoitukseltaan erilaiset tilat.

Huonetilojen tarkastus on pääosin visuaalinen täydennettynä tarkentavilla mittauksilla.

#### **Selvitetään**

- ilman raikkaus tai tunkkaisuusesiintyykö vetoa
- päätelaitteiden puhtaus
- vastaako ilmanvaihto tilan käyttötarkoitusta (ilmavirrat, päätelaitteiden tyyppi ja sijainti)
- huoneen käyttäjän kommentit

#### **Mittaukset**

- huoneen lämpötila
- ilmavirrat

- tilan painesuhteet
- ilmanvaihdon aiheuttama ääni.

### **Käynti valvomossa ja ilmanvaihtokonehuoneessa**

Tehdään katselmus valvomoon ja kaikkiin IV-konehuoneisiin. Selvitetään valvontajärjestelmän, kenttä-tarkastuksen ja mittausten avulla seuraavat asiat:

#### **Mittaukset**

- IV-koneiden kokonaisilmavirrat mitataan aina yli kolme vuotta vanhoissa laitoksissa
- IV-koneiden sähkön käyttö selvitetään pääilmanvaihtokoneiden osalta, tarvittaessa sähkön käyttö mitataan
- lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhteen selvitetään tai mitataan (laskenta edellyttää lämpötilamittauksia ja kokonaisilmavirran mittauksia).

#### **Selvitetään**

- IV-koneiden käyntiajat
- järjestelmän tasapaino selvitetään kerroksittain
- tuloilman lämpötilat
- huonelämpötilat ja kosteusolosuhteet
- suodattimien puhtausaste, tarvittaessa paine-ero mittauksien perusteella
- käyttöhäiriöt ja vikahistoria
- merkinnät koneiden ja laitteiden huollosta
- tarpeelliset trendiajot.

Tehdään visuaalinen tarkastus konehuoneen yleiskunnosta ja siisteydestä. Sen yhteydessä tarkastetaan mm.

- IV-konehuoneen ja kammioiden ulkoasu
- näkyvät nestevuodot
- kuuluvat ilmavuodot
- merkinnät koneiden ja laitteiden huollosta
- kanaviston puhtaus: milloin puhdistettu, tarvittaessa visuaalinen tarkastelu
- kanaviston tiiviys
- IMS-säätimien toiminta pistokokeilla (säädin kokonaan auki, mitataan ilmavirta)
- säätö- ja valvontalaitteiden toiminta (katso *luku 4*)
- ilmastoinnin jäähdytyksen toiminta (katso *luku 5*)

Tarpeen mukaan selvitetään lisäksi

- Uusien ilmanvaihtokoneiden asennusmahdollisuudet olevaan konehuoneeseen
- Uusien konehuoneiden rakentamismahdollisuus
- Kanavien asennusmahdollisuus oleviin kuiluihin
- Uusien kuilujen sijaintivaihtoehdot
- Vaakakanavien mahdolliset reittivaihtoehdot.

#### 4 Mittaus- ja säätölaitteet järjestelmien yleisarvioinnin yhteydessä

Rakennusautomaatiojärjestelmä liittyy ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien säätö, ohjaus ja hälytys toimintoihin. Järjestelmä koostuu yleensä valvomosta, alakeskuksista, kenttälaitteista ja itsenäisistä säätimistä.

IV-järjestelmän yleisarvioinnin yhteydessä kuntotutkija käy läpi rakennusautomaatiojärjestelmän yleisellä tasolla. Tavoitteena on saada yleiskäsitys täyttääkö rakennusautomaatiojärjestelmä sille asetetut tavoitteet ja mitä mahdollisia jatkotoimenpiteitä tarvitaan tavoitteiden toteuttamiseksi.

Yksityiskohtaisen kuntotutkimuksen yhteydessä tehtävällä rakennusautomaation tutkimuksella selvitetään täyttääkö järjestelmä nykyisellään tai tuleville tarpeille asetetut vaatimukset. Vaatimuksia voivat olla esim. Energiategokkuus, toiminnallisuus, käytettävyys, muunneltavuus ja sisäilmasto.

Automaatiojärjestelmän yleisarvioinnin suorittaa yleensä alan koulutuksen saanut asiantuntija.

IV-kuntotutkimukseen kuuluvista rakennusautomaatiojärjestelmän tutkimuksista on erillinen ohje.

#### 5 Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmät yleisarvioinnin yhteydessä

Jäähdytysjärjestelmät on luokiteltu niiden jäähdytystehon mukaan seuraavasti:

- alle 12 kW jäähdytyslaitteet ja ilmalämpöpumppulaitteet
- pienet jäähdytyslaitteet 12–70 kW
  - kaappi- ja vakioilmastointikoneet
  - tuloilmakoneiden suoraohyrytyspatterit
  - vedenjäähdytyskoneet
- split-järjestelmät
- keskikokoiset jäähdytyslaitteet 70–300 kW
  - tuloilmakoneiden suoraohyrytyspatterit
  - vedenjäähdytyskoneet
- suuret jäähdytyslaitteet yli 300 kW
- vapaajäähdytysjärjestelmät.

IV-järjestelmien yleistarkastus jäähdytysjärjestelmien osalta käsittää asiakirjojen tarkastuksen sekä esitarkastuksen paikan päällä.

Asiakirjatarkastuksen tavoitteena on saada hyvät lähtötiedot ja yleiskuvaus paikan päällä tehtävää esitarkastusta ja myöhempiä tutkimuksia varten.

Esitarkastus paikan päällä käsittää

- Aistiensavaraiset tarkastukset
- Käyttöhenkilökunnan haastattelut
- Jäähdytyksen käyttöajat ja -tavat
- Havaitut poikkeamat suunnitelmista, viat ja puutteet.

Esitarkastuksen tuloksena saadaan tieto järjestelmän nykytilanteesta sekä niistä asioista, mitä tulee tutkia tarkemmin.

Yksityiskohtaisesta jäähdytysjärjestelmien kuntotutkimuksesta on laadittu erillinen ohje.

## 6 Energian käytön laskelmat

Ilmastointijärjestelmän energian käyttö sekä tehon tarve selvitetään laskennallisesti seuraavien kulutustekijöiden osalta:

- Ilmastoinnin vuotuinen sähköenergian kulutus
- Ilmastoinnin vuotuinen lämpöenergian kulutus
- Ilmastoinnin lämmitysteho
- Ilmastoinnin jäähdytysteho (lasketaan koko rakennukselle, vaikka jäähdytys olisi vain osassa rakennusta)
- Ilmastoinnin jäähdytyksen vuotuinen sähköenergian kulutus.

Energialaskennan avulla tutkitaan energian käytön pienentämismahdollisuuksia erityisesti jäähdytysenergian osalta. Pienentämismahdollisuus ilmoitetaan lukuarvona (kWh/a) sekä toimenpidelutetelona. Laskennassa käytetään ilmanvaihdon normaalikäytön ilmavirtoja.

Laskentamenetelmät on esitetty erillisessä asiakirjassa.

Energian kulutustietoja saadaan ainakin kokonaiskulutuksen osalta energialaitokselta laskujen muodossa. Ne ilmoittavat nykyisen käytön mukaisen todellisen energian kulutuksen, niin sähkön kuin lämpöenergiankin osalta. Niiden avulla voidaan arvioida ilmastoinnin energiankulutuksen osuutta. Tarkempaan tulokseen päästään, jos saadaan ilmastoinnin ilmavirrat mitattua.

IV-yleisarvioinnin jälkeen yksityiskohtaisessa kuntoarviossa voidaan tarkentaa laskennallisesti seuraavia asioita:

- Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde
- Vapaajäähdytyksen vuosihyötysuhde
- Ominais sähköteho
- Huoneiden lämpötilaolosuhteet.

Näiden laskentamenetelmät on esitetty erillisessä IV-kuntotutkimuksen laskentaohjeessa.

## 7 Johtopäätökset ja suositukset

### Vaihtoehto 1

Suunnitteluasiakirjojen, rakennukseen tutustumisen ja käyttäjähaastattelujen perusteella arvioidaan vastaako alkuperäinen käyttötarkoituksen mukainen mitoitus tulevaa toimintaa.

Jos katsotaan, että todennäköisesti voidaan edetä tavoitteiden mukaisesti, päätetään yksityiskohtaisten kuntotutkimusten suorittamisesta. Yksityiskohtaiset kuntotutkimukset suoritetaan niistä laadittujen ohjeiden mukaan.

Kuntotutkimukset voivat koskea mm.

- sisäolosuhteita
- koneita ja laitteita
- kanavistoa
- päätelaitteita
- lämmöntalteenottoa
- jäähdytyslaitteita
- säätö- ja valvontalaitteita
- sähkölaitteita.

Jatkoselvittely voi käsittää myös mittauksia, olosuhdesimulointeja, kuormituskokeita ym.

Jos katsotaan, että voidaan edetä tavoitteiden mukaan, laaditaan raportti, joka sisältää

- nykytilanteen kuvauksen
- selvityksen, mitä tutkittu ja mitkä asiat ovat selvittämättä
- kuvaus tarvittavista yksityiskohtaisista kuntotutkimuksista
- toteutusvaihtoehdot laatutasokuvaksineen (vähintään kaksi vaihtoehtoa)
- toteutusvaihtoehtojen kustannusarviot hankinta- ja käyttökustannusten osalta
- suosituksen, minkä toteutusvaihtoehdon mukaan edetään.

Tähän kirjataan myös sellaiset toiminnalliset puutteet ja viat, jotka voidaan korjata heti.

### **Vaihtoehto 2**

Jos todetaan, ettei tavoitteisiin voida päästä kohtuullisella panostuksella, laaditaan raportti, joka sisältää

- nykytilanteen kuvauksen
- selvityksen, mitä on tutkittu ja mitkä asiat ovat selvittämättä
- selvitys, mitkä asiat vaikuttavat siihen, ettei järjestelmällä voida toteuttaa teknisiä tavoitteita kohtuullisin kustannuksin
- ehdotukset toimenpiteiksi kustannusvaikutuksineen.

## **8 Rakennustyyppit**

Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän yleisarvioinnin ohjeessa on käsitelty pääsääntöisesti 1970-, 1980- ja 1990-luvuilla rakennetut järjestelmät ja seuraavat rakennustyyppit:

- pienet asuinrakennukset
- suuret asuinrakennukset
- toimistorakennukset
- liikerakennukset
- opetusrakennukset
- päiväkodit
- terveydenhoitorakennukset
- kokoontumisrakennukset
- uimahallit
- muut.

Yleisarviointia voidaan soveltuvin osin käyttää muidenkin rakennustyyppien sekä 1960-luvulla tai aikaisemmin rakennettujen järjestelmien arviointiin.



## 9 Asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmän tunnistaminen

Asuinkerrostaloissa käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät ovat

- painovoimainen poisto
- hybridi-ilmanvaihto
- keskitetty koneellinen poisto
  - korvausilmaventtiilit puuttuvat, korvausilmareittinä ikkunasta vähennetyt tiivisteet
  - korvausilmaventtiilit
    - lautasventtiilit
    - karmiventtiilit
    - korvausilmaikkunat
    - ulkoilmapatteri
- asuntokohtaisesti tehostettava koneellinen poisto
  - säädettävä liesikupu
  - tehostusmahdollisuus ajastinventtiilillä keittiössä ja kylpyhuoneessa
- keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
  - asukas säättää ilmanvaihtoa
- hajautettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
  - asuntokohtainen ilmanvaihtokone, huolletaan asunnosta käsin
  - asuntokohtainen ilmanvaihtokone, huolletaan porraskäytävästä käsin.

Asuinpientaloissa käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät ovat

- painovoimainen ilmanvaihto
- painovoimainen ilmanvaihto täydennettynä koneellisella poistolla
- koneellinen poistoilmanvaihto
- koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla
- ilmanvaihtolämmitys
- poistoilmakone liesikuvussa tai liesikupukohtainen huippuimuri.

### 9.1 Asuinkerrostalot 1960-luvulla ja sitä aikaisemmin

Tämän aikakauden kerrostaloissa on rakenneaikaiset hormit. Ilmanvaihtojärjestelmä on vaatimaton ja sen tyypillisiä ominaisuuksia ovat

- painovoimainen poistoilmanvaihto
- koneellinen yhteiskanavapoisto 1960-luvulta alkaen
- korkeissa taloissa kaksi poistovyöhykettä pystysuunnassa, tyypillisesti 7 kerrosta yhdessä vyöhykkeessä
- rakenneaineiset poistoilmahormit
- rakenneaineisia puhallinkammioita
- poistoilmaventtiilit rako- tai ritiläventtiileitä
- ei liesikupuja, ei korvausilmaventtiilejä
- keittiön kylmäkomerossa ulkoilmaventtiilit
- korvausilmaventtiilit, jos niitä on, ovat yleensä tukittuina
- yleisin ilmanvaihtoratkaisu on koneellinen yhteiskanava poistoilmanvaihto.

## 9.2 Asuinkerrostalot 1970- ja 1980-luvulla

Vallitsevana ilmanvaihtoratkaisuna on koneellinen yhteiskanavapoisto. Ilmanvaihdon tyypillisiä ominaisuuksia ovat

- poistoilmakanavat ovat peltikanavia
- käytettiin kertasäädettäviä poistoilmaventtiilejä
- säätöpeltejä ei ole asennettu edes korkeisiin rakennuksiin
- kaksi pystysuuntaista vyöhykettä korkeissa taloissa, Arava-standardi
- ei korvausilmaventtiilejä, paitsi talokohtaisissa saunoissa
- ei siirtoilmareittejä lukuun ottamatta WC:n ja kylpyhuoneen ovirakoja
- liesikuvut alkoivat yleistyä
- poistoilmapuhaltimen ohjaus keskitetysti kellolla.

## 9.3 Asuinkerrostalot 1990-luvulla

Pääosassa rakennuksista on koneellinen yhteiskanavapoisto sekä korvausilmaventtiilit ja oviraot. Keittiöissä on liesikuvut.

Huoneistokohtaiset lämmöntalteenotolla varustetut ilmanvaihtokoneet ilmestyivät markkinoille.

Keskitetyt, lämmöntalteenotolla varustetut ilmanvaihtojärjestelmät ilmestyivät markkinoille.

## 9.4 Pientalot

Pientalojen ilmanvaihtojärjestelmät voidaan tunnistaa seuraavasti:

- Painovoimainen ilmanvaihto
- Painovoimainen ilmanvaihto, johon on lisätty esim. koneellinen keittiön poisto, tai kellaritilojen poisto
- Koneellinen poistoilmanvaihto kaikista tiloista
- Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
- Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla
- Ilmanvaihtolämmitys.

## 10 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän tunnistaminen, muut kuin asuinrakennukset

### 10.1 Ilmastointijärjestelmien luokitus

Ilmastointijärjestelmien tunnistamiseen voidaan käyttää apuna yleisesti tunnettua ilmastointijärjestelmän luokitusta (*kuva*). Luokittelu perustuu siihen, miten jäähdytysteho tuodaan huoneeseen. Tämän periaatteen mukaan käytetään nimityksiä ilmajärjestelmät, ilma-vesijärjestelmät ja vesijärjestelmät.

### 10.2 Ilmajärjestelmät

Ilmajärjestelmissä ilmanvaihto, jäähdytys ja usein myös lämmitys hoidetaan samalla ilmavirralla. Ilmavirran mitoitusperuste on yleensä jäähdytystehon tarve.

Ilmanvaihdon vaatima ilmavirta on yleensä oleellisesti mitoitusilmavirtaa pienempi. Ilmajärjestelmissä huoneeseen tuotavan ilmavirran määrää ja lämpötilaa voidaan säätää vyöhyke- tai huonekohtaisesti.

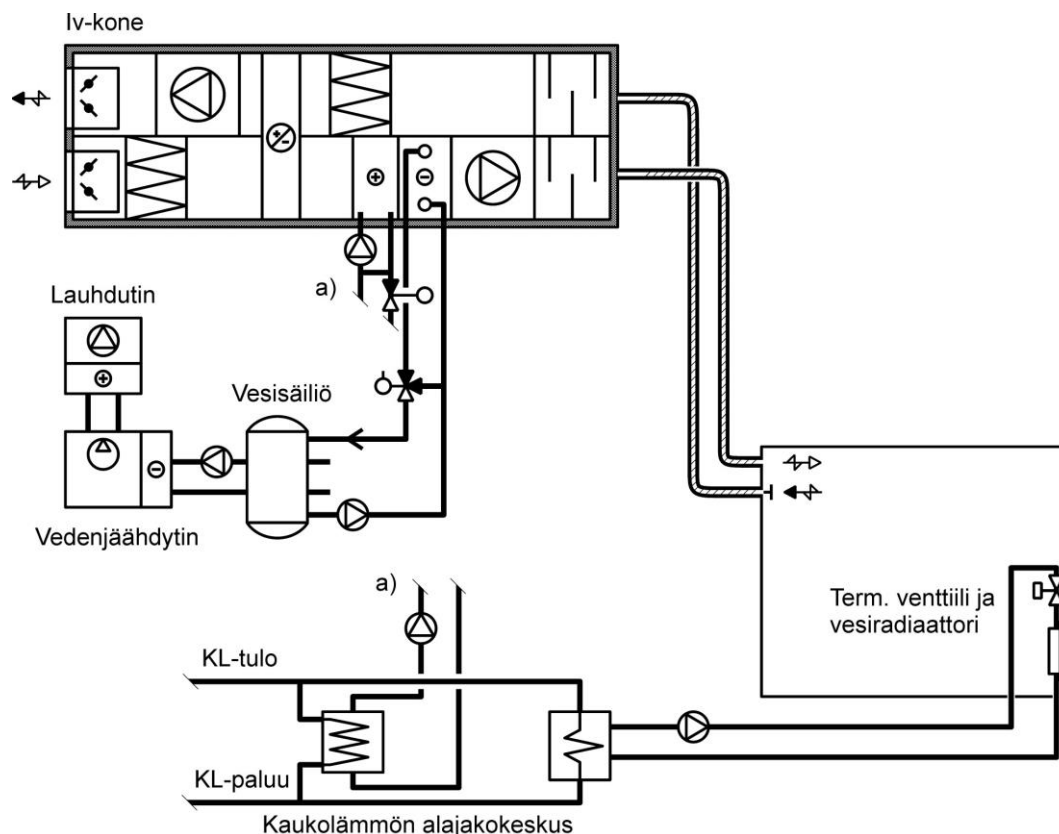
Seuraavassa on kuvattu yleisimmin käytetyt ilmajärjestelmät, jotka ovat

- yksivyöhyke järjestelmät
- monivyöhykejärjestelmät
- kaksikanavajärjestelmät
- ilmavirtasäätöiset järjestelmät
  - johtosiipisäätö
  - siipikulmasäätö
  - säätö taajuusmuuttajalla.

### Yksivyöhykejärjestelmä

Yleisin 1960–1980-lukujen ilmastointijärjestelmä on yksivyöhykejärjestelmä. Tällöin järjestelmän keskuskone palvelee kaikkia tiloja yhtenä vyöhykkeenä. Tuloilman lämpötila säädetään tilojen keskimääräisen lämmöntarpeen mukaan. Huonekohtainen lämpötilan säätömahdollisuus rajoittuu lämmityskaudella radiaattorin säätörajoihin.

Kesäaikainen lämpötilan hallinta on rajallista. Ilmavirrasta riippuen alilämpöisellä tuloilmalla saadaan muutaman asteen aleneminen sisäilman lämpötilaan, jos jäähdytysenergiaa on saatavana.



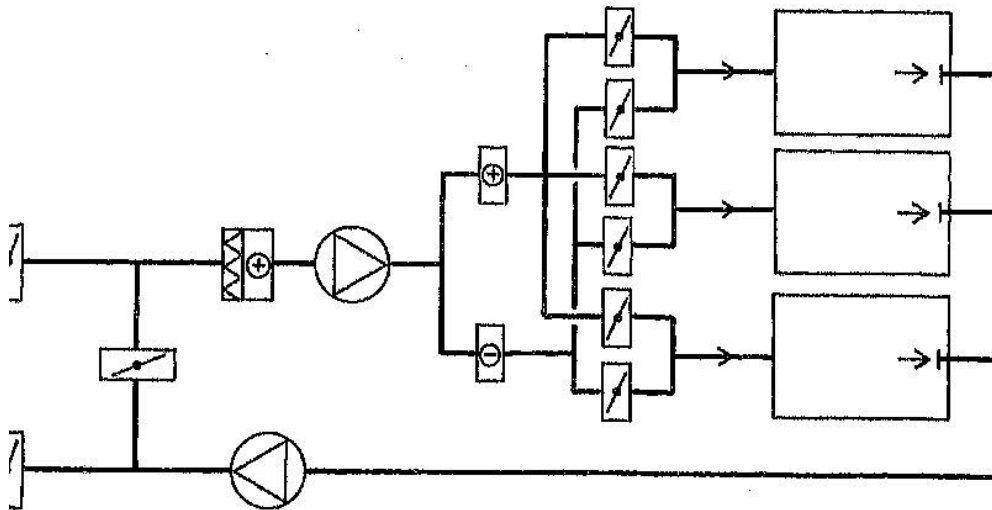
**Kuva 2.** Vakioilmavirtailmastointi.

### Monivyöhykejärjestelmä

Monivyöhykejärjestelmässä ilma jaetaan ilmastointikonehuoneessa kahdelle tai useammalle vyöhykkeelle niin, että kukin vyöhyke saa halutun lämpöistä ilmaa. Monivyöhykejärjestelmä on toteutettu yleensä siten, että keskuskoneella on suodatus, lämmöntalteenotto tai palautusilma sekä esilämmitystoiminta. Jokaisella vyöhykkeellä on oma jälkilämmitys ja -jäähdytystoiminto. Lämmitys-

ja jäähdytyspatterit voivat olla myös rinnan omissa kanavissaan. Tällöin vyöhykkeen tuloilman haluttu lämpötila saadaan sekoittamalla sopivassa suhteessa lämmintä ja kylmää ilmaa.

Vyöhykejako perustuu yleisimmin julkisivujakoon. Myös rakennuksen toiminnallinen tilajako on ollut monivyöhykejärjestelmän valinnan perusteena.



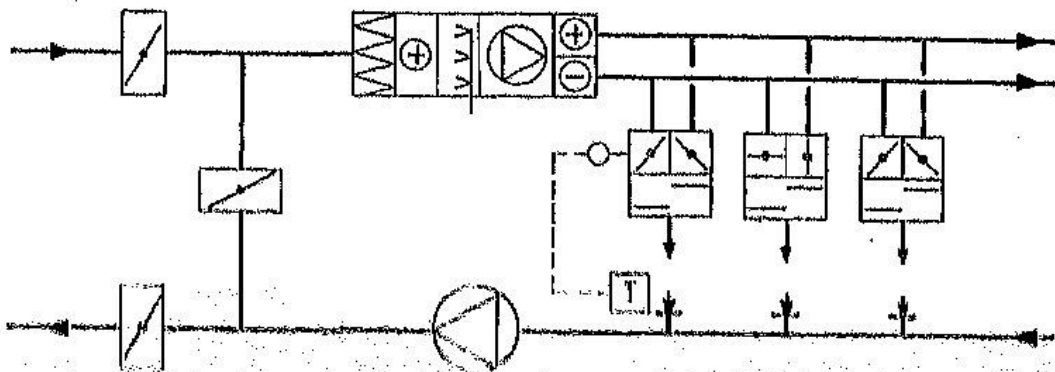
**Kuva 3.** Monivyöhykejärjestelmä, lämmöntalteenotto palautusilmaa käyttäen.

### Kaksikanavajärjestelmät

Kaksikanavajärjestelmässä ilma käsitellään ilmanvaihtokonehuoneessa ja tuloilma johdetaan huoneilojen läheisyyteen kahdella kanavalla, kylmä- ja lämminilmakanavalla. Kanavien ilmavirtoja sekoitetaan säätölaitteilla sekoitusyksikössä huonetermostaatin ohjaamana niin, että saavutetaan haluttu sisänpuhalluslämpötila.

Kaksikanavajärjestelmissä kaikki lämmönsiirto tapahtuu ilman avulla. Tämä tarkoittaa kanavien suurta tilantarvetta. Sen vuoksi kanavat on yleensä mitoitettu ns. suurnopeusperiaatteella.

Kaksikanavajärjestelmiä on toteutettu perinteisen alakattoon asennettujen tuloilmalaitteiden lisäksi ikkunapenkkiratkaisuna.



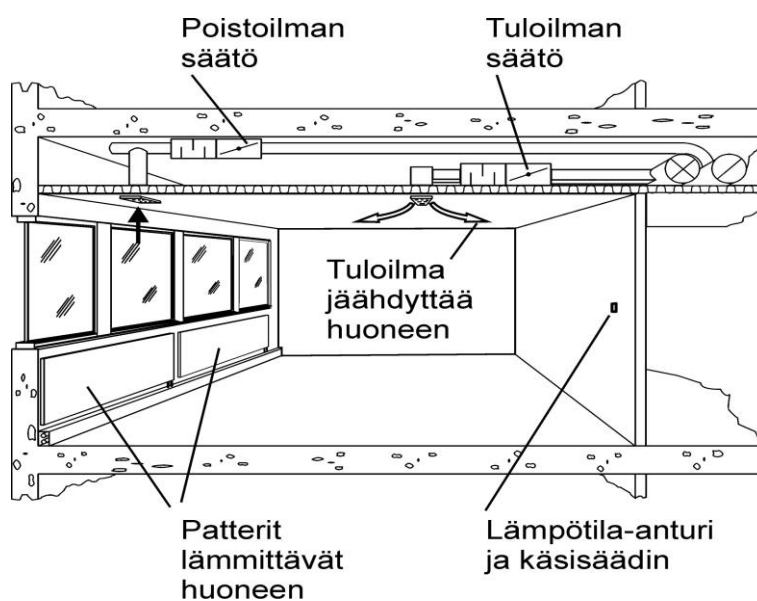
**Kuva 4.** Kaksikanavajärjestelmä, lämmöntalteenotto palautusilmaa käyttäen.

### Ilmavirtasäätöiset järjestelmät

Neuvottelutilojen, auditorioiden, maisemakonttorien ym. tilojen, joiden kuormitus vaihtelee suuresti, ilmastoinnin ilmavirtaa on pyritty ohjaamaan todellisen tarpeen mukaan aina 1960-luvun loppupuolelta alkaen.

Ilmavirtasäätöisessä järjestelmässä keskuskoneen mitoituksessa on yleensä otettu huomioon rakennuksen lämpökuormien eriaikaisuus. Keskuskoneen ilmavirran mitoitus on kokemukseräisesti mitoitettu noin 65 % enimmäisilmavirrasta. On hyvä muistaa, että myös poistoilmapuhaltimien ilmavirtaa säädetään tuloilmavirran mukaan.

Ilmavirtasäätöiseen järjestelmään kuuluvat tärkeänä osana myös kenttälaitteet; ilmavirran säätimet ja säätöpellit, äänenvaimentimet, huonelaitteet.



**Kuva 5.** Ilmavirtasäätöisen järjestelmän huonelaitteet.

Puhaltimen ilmavirran säädössä on käytetty neljää eri menetelmää.

- Kuristussäätö
- Johtosiipisäätö
- Siipikulmasäätö
- Taajuusmuuttaja säätö.

#### Kuristussäätö

Tilavuusvirtaa kuristetaan kanavistoon asennetulla säätöpellillä. Aiheutettua lisävastusta vastaava osuus suoritustehosta menee hukkaan. Säätölaite on yksinkertainen ja halpa, tehohukka on suuri.

#### Johtosiipisäätö

Puhaltimen imuaukolle asennetulla johtosiipisäätimellä aiheutetaan ilmavirralla siipipyörän pyörimissuunnan mukainen pyörimisliike. Tilavuusvirta pienenee, mutta tehohäviö on ilman pyörimisliikkeen johdosta paljon pienempi kuin kuristussäädössä. Säätötapa on keskipakopuhaltimilla yleisesti käytetty.

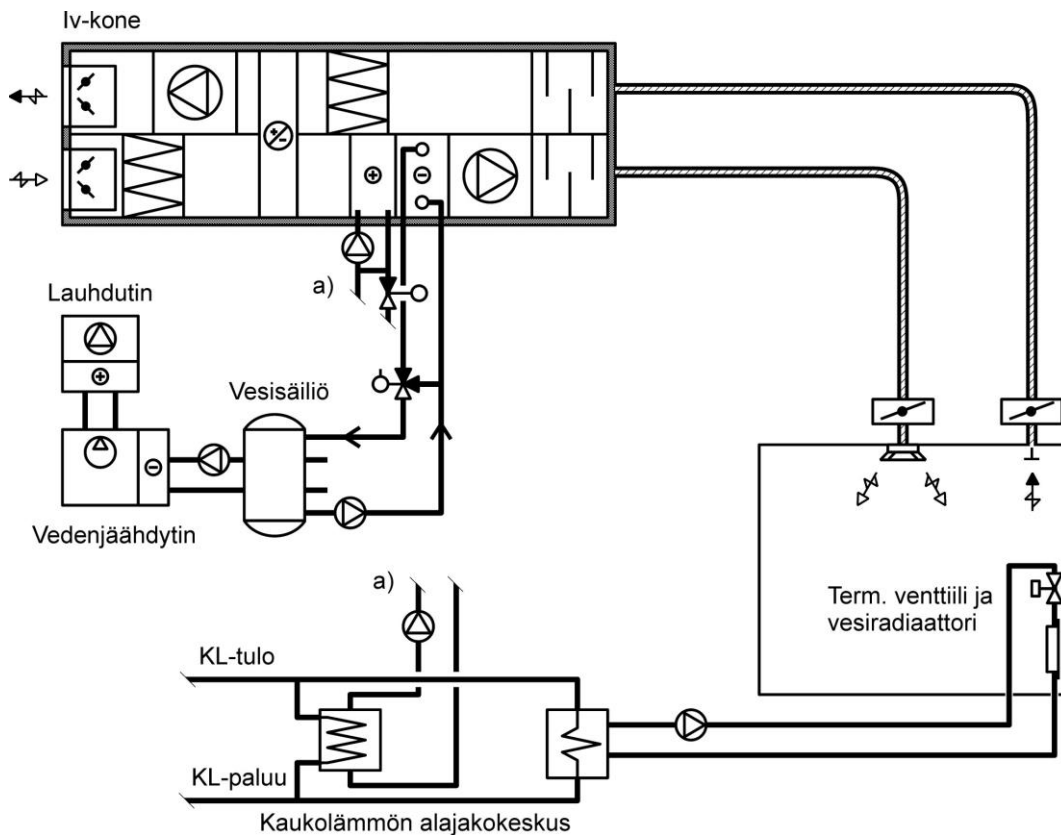
### Siipikulmasäätö

Ilmavirtaa voidaan säätää energiatehokkaasti säädettäväsiipisellä aksiaalipuhaltimella. Siiven asentoa muuttamalla muuttuu paine-ero ja tilavuusvirta. Säätö on lähellä ihanteellista, sillä puhaltimen suoritusarvoissa syntyy lisähäviötä vain siksi, että puhaltimen hyötysuhde pienenee etäännyttäessä optimipisteestä.

### Pyörimisnopeussäätö

Puhaltimen pyörimisnopeuden säätötavoista taajuusmuuttajasäätö on tällä hetkellä yleisin. Muita aikaisemmin käytettyjä pyörimisnopeuden säätötapoja ovat mm.

- useammalla kierrosnopeudella toimiva oikosulkumoottori, joka on varustettu erilaisilla käännyksillä
- kiilahihnakäyttö, hihnapyöriä vaihtamalla
- tyristorisäädöllä varustetut tasavirtamoottorit.



Kuva 6. Ilmavirtasäätöinen järjestelmä.

## 10.3 Ilma-vesijärjestelmät

Ilma-vesijärjestelmissä ilmavirta määräytyy pääasiassa ilmanvaihdon tarpeen mukaan. Jäähdytys- ja lämmitysteho tuodaan huoneeseen veden mukana. Huonekohtainen lämpötilan säätö toteutetaan vesivirtaa säätämällä.

Yleisimmät ilma-vesijärjestelmät ovat

- suutinkonvektorijärjestelmät
- puhallinkonvektorijärjestelmät
- ilmastointipalkkijärjestelmät.

### Suutinkonvektorijärjestelmät

Suutinkonvektorijärjestelmiä asennettiin "edistyksellisiin" toimistorakennuksiin 1950–1970-luvuilla. Niitä on sittemmin uusittu lähinnä pneumaattisten säätölaitteiden osalta.

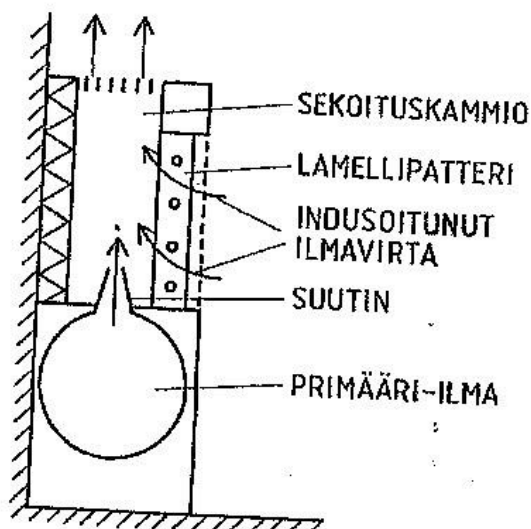
Järjestelmässä tuodaan huoneiden ikkunapenkkeihin asennettuihin konvektoriyksiköihin tuloilmaa sekä vettä lämmitystä ja mahdollisesti jäähdystä varten.

Tuloilma johdetaan korkealla paineella konvektoriin. Konvektorin suuttimista suurella nopeudella purkautuva ilma imee ejektorin tavoin kierrätysilmaa huonetilasta mukaansa. Kierrätysilma kulkee konvektiopatterin kautta, jolla ilmaa kesällä jäähdytetään ja talvella lämmitetään. Huoneen lämpötilaa säädetään vesiputkissa olevilla termostaattiventtiileillä tai sekundääri-ilmaa ohjaavien peltien avulla. Vanhemmissa järjestelmissä käytettiin käsikäyttöisiä tai pneumaattisia säätö- ja vaihtoventtiilejä.

Järjestelmän tuloilman heittopituus huoneessa vaihtelee tuloilman lämpötilasta riippuen.

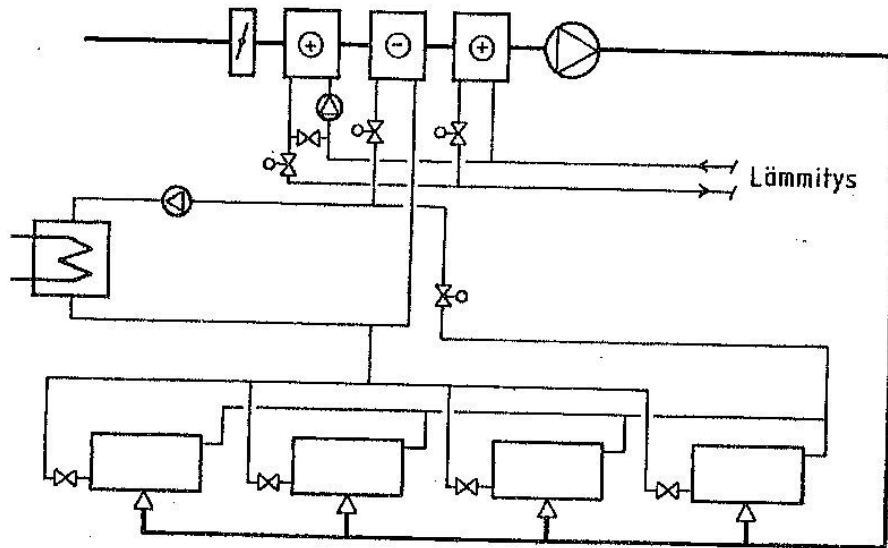
Suutinkonvektorijärjestelmiä on asennettu kaksi-, kolme- ja neliputkikytkennällä varustettuna, riippuen siitä tuodaanko lämmitys- ja jäähdytysvesi samoja tai eri putkistoja pitkin konvektoreille.

Suutinkonvektorijärjestelmiä on suunniteltu sekä ei kondensoituviksi, että kondensoituviksi järjestelmiksi. Jälkimmäiset on varustettu viemäroinnillä.



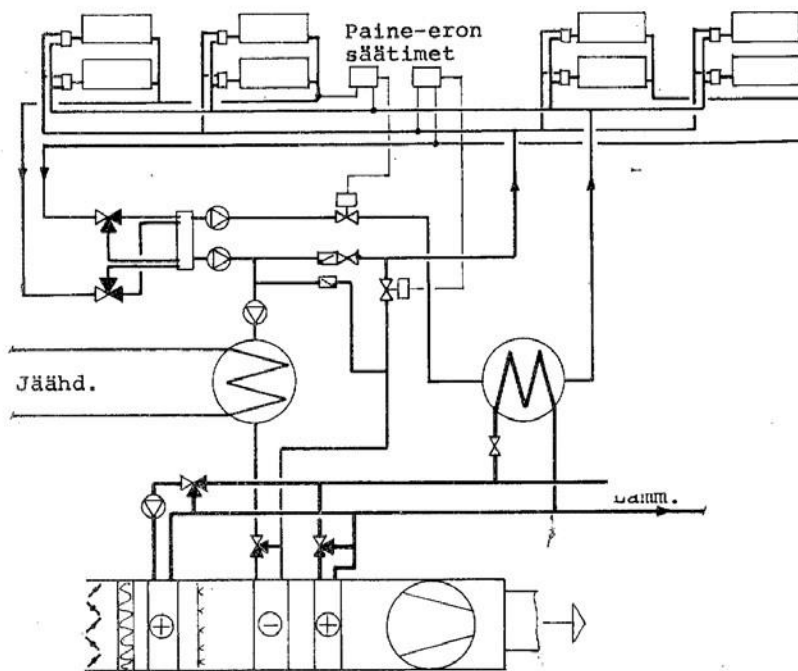
**Kuva 7.** Suutinkonvektori.

**Kaksiputkikytkennällä** varustetussa järjestelmässä joudutaan lämmitys ja jäähdytys suorittamaan vuorotellen. Järjestelmän runkoputket on varustettu tulo- ja paluupuolen vaihtoventtiileillä, joiden avulla siirrytään lämmitystilanteesta jäähdystilanteeseen ja päinvastoin. Järjestelmä toimii hyvin tilanteissa, joissa kaikissa järjestelmän piirissä olevissa huoneissa on samanaikaisesti joko lämmityksen tai jäähdytyksen tarvetta. Syksyllä ja keväällä, jolloin vaihto lämmitykseen tai jäähdytykseen tehdään, esiintyy pitkä ajanjakso, jolloin huonelämpötilat eivät ole hallittavissa leudosta säästä sekä ulkoisista, että sisäisistä kuormitustekijöistä johtuen.



**Kuva 8.** Suutinkonvektorijärjestelmä kaksiputkikytkennällä.

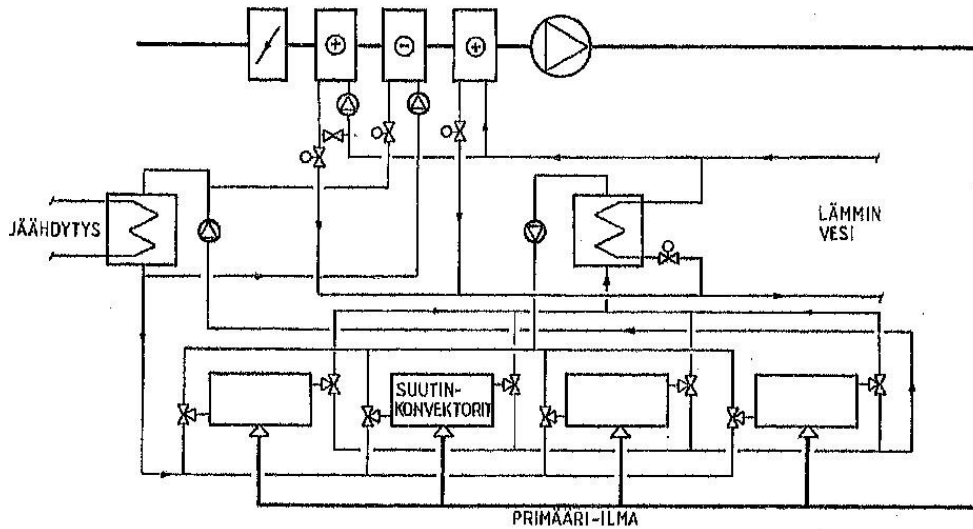
**Kolmiputkikytkennällä** varustetussa järjestelmässä toteutuu yksilöllinen huonekohtainen lämpötilan säätö. Järjestelmässä ovat menopuolen lämmitys- ja jäähdytysjohdot erilliset mutta paluujohto on yhteinen. Yhteisestä paluujohtosta johtuen syntyy sekoitushäviöitä, jotka huonontavat järjestelmän energiatehokkuutta. Paluujohtossa on vaihtoventtiili, jonka avulla lämmin paluuvesi johdetaan lämmitettäväksi ja kylmä jäähdytettäväksi. Järjestelmä on yleensä jaettu vyöhykkeisiin julkisivukohtaisesti.



**Kuva 9.** Kolmiputkikytkennällä varustettu suutinkonvektorijärjestelmä.



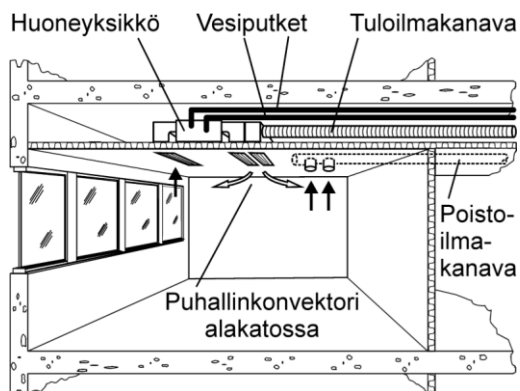
**Neliputkikytkenällä** varustetussa suutinkonvektorijärjestelmässä ovat lämmitys- ja jäähdytysveden meno- ja paluujohdot erikseen. Lämpimän ja kylmän veden sekoitus tehdään huonetermostaatin ohjaamalla säätöventtiilillä. Patterin paluupuolelle on asennettu vaihtoventtiili, joka ohjaa paluuveden lämpimään tai kylmään paluujohdot. Venttiili toimii termostaattiperiaatteella. Neliputki suutinkonvektorijärjestelmä oli ensimmäinen ”korkeatasoinen” huonekohtaisella lämpötilasäädöllä toteutettu ilmastointijärjestelmä.



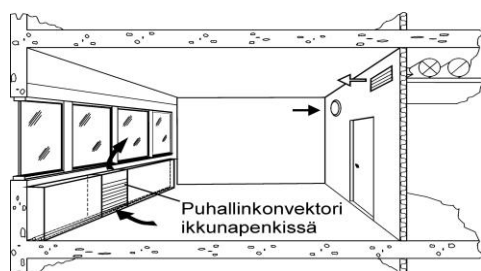
**Kuva 10.** Neliputkikytkenällä varustettu suutinkonvektorijärjestelmä.

### Puhallinkonvektorijärjestelmä

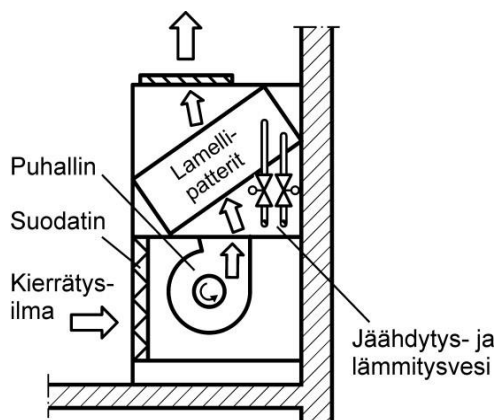
Konvektoriyksiköt on useimmiten sijoitettu alakattoon, myös vapaasti huonetilan kattoon sekä ikkunapenkkiin sijoitettuja asennuksia löytyy.



**Kuva 11.** Puhallinkonvektorin alakattoasennus.



**Kuva 12.** Puhallinkonvektorin ikkunapenkki-asennus.



**Kuva 13.** Puhallinkonvektori.

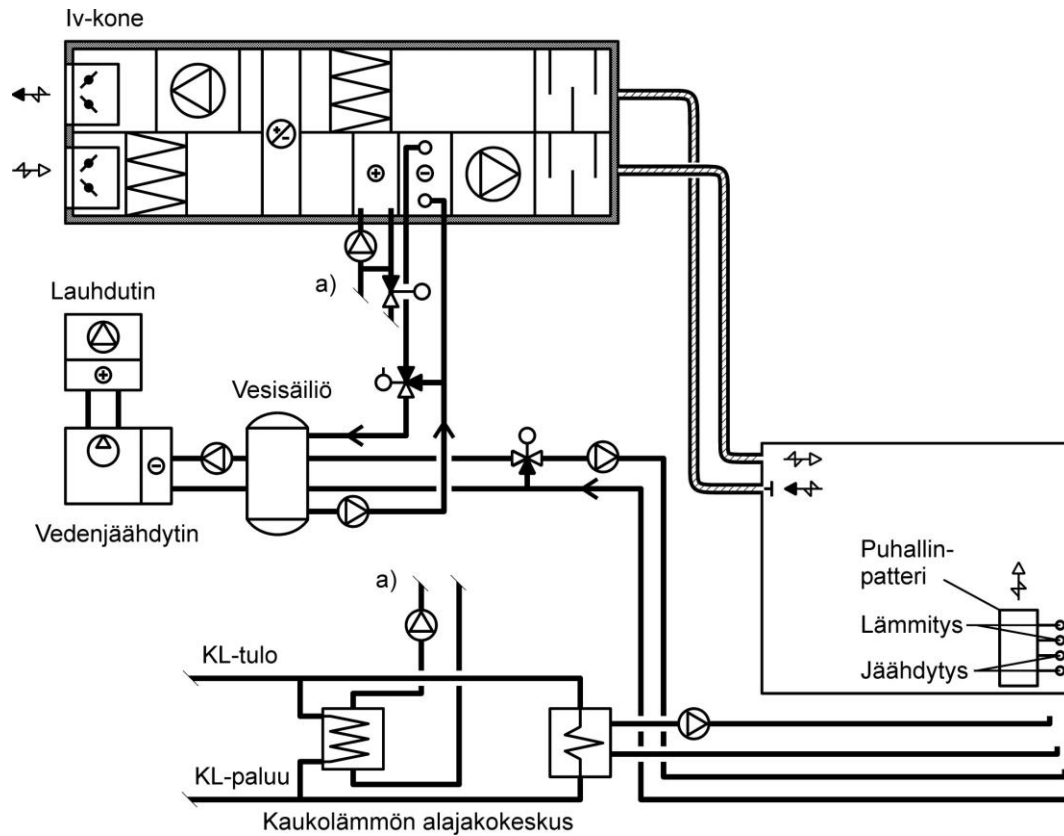
Puhallinkonvektoreja alettiin ensin käyttää "Amerikan mallin" mukaan huonekohtaisina ikkunapenkki-koneina, joissa ulkoilma otettiin suoraan seinän läpi ulkoa. Lämmitys toteutettiin rakennuksen lämmitysverkostoon liitetyn konvektorin lämpöpatterin ja kierrätysilman yhdistelmänä. Myös pelkästään jäähdytykseen tarkoitettuja huonekohtaisia kompressorikoneikkoja asennettiin. Puhallinkonvektori-järjestelmiä alettiin asentaa laajassa mittakaavassa 1970-luvun loppupuolella.

Järjestelmä sisältää huonetilaan sijoitetun puhallinkonvektoriyksikön (fan-coil) huonelämpötilan termostaattiohjauksineen ja ilmavirran säätömahdollisuuksineen sekä keskusjärjestelmästä tulevat jäähdytys- ja/tai lämmitysputkistot. Joissakin tapauksissa myös keskusilmavaihtojärjestelmästä tulevan tuloilman sisäänpuhallus on toteutettu integroituna puhallinkonvektoriin.

Puhallinkonvektoriyksikön toiminta perustuu huoneilman kierrätykseen yksikön säädettävällä puhaltimella. Yksikön patterin kautta kierrätettävä ilma lämmitetään tai jäähdytetään tarpeen mukaan. Tuloilma tuodaan huoneeseen yleensä erillisenä, keskusilmavaihtolaitoksen kautta.

Konvektoriyksiköt on useimmiten sijoitettu alakattoon, myös vapaasti huonetilan kattoon sekä ikkunapenkkiin sijoitettuja asennuksia löytyy.

Kondensoituvaksi suunnitellut puhallinkonvektori-järjestelmät on varustettu viemäröinnillä.



**Kuva 14.** Puhallinkonvektorijärjestelmä.

### Ilmastointipalkki

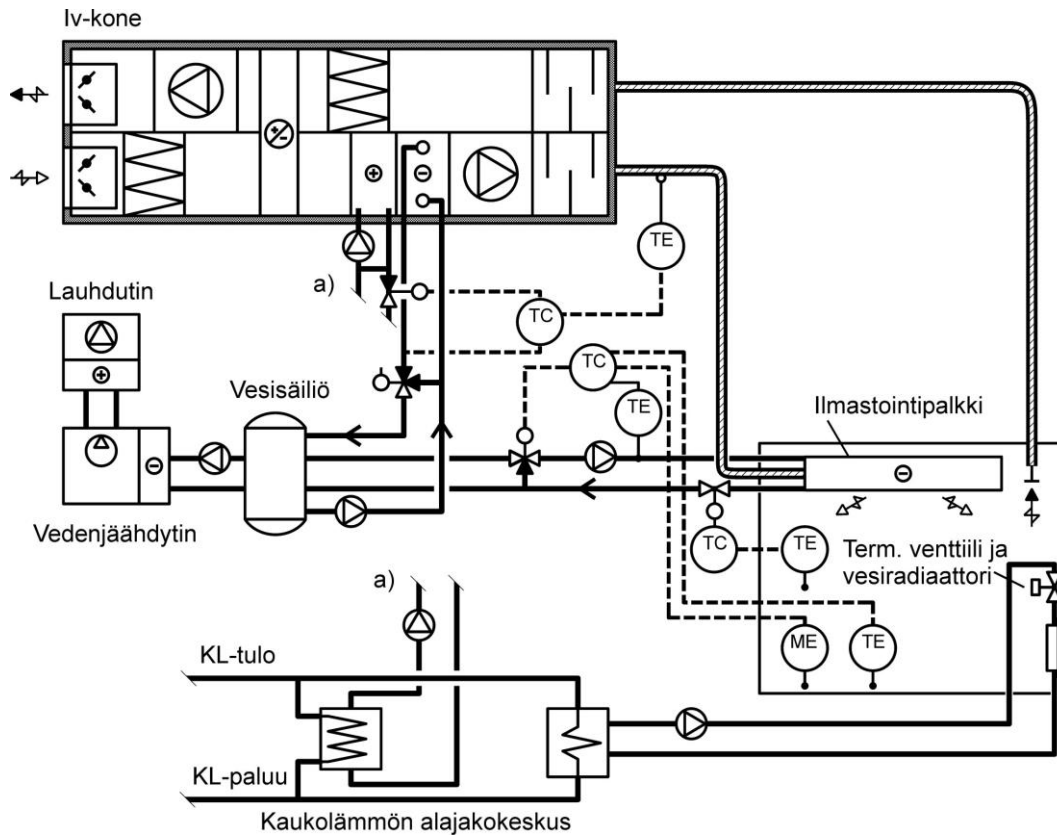
Ilmastointipalkki-ilmastointijärjestelmiä on asennettu 1980-luvun loppupuolelta alkaen. Se on ollut viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana yleisin maassamme asennettu ilmastointijärjestelmä.

Aktiivipalkiksi kutsutaan ilmastointipalkkia, joka on liitetty rakennuksen ilmastointijärjestelmään siten, että huoneen tuloilma johdetaan palkin kautta huonetilaan. Tuloilma ottaa mukaansa ejektoriliini johdosta runsaasti huoneilmaa. Tuloilman lämpötilaa säädetään palkin jäähdytyspatterissa niin, että halutut huoneen lämpöolosuhteet saavutetaan.

On olemassa myös ilmastointipalkkimalli, jossa tuloilman lämpötilasäädön lisäksi on myös ilmavirran säätöominaisuus.

Ilmastointipalkki kehitettiin alun perin tuloilman huonekohtaiseen jäähdytykseen. Viime vuosina, kun ikkunoiden lämpötekniset ominaisuudet ovat parantuneet, eikä perinteistä ikkunavettoa enää esiinny, on ilmastointipalkkeihin kehitetty myös lämmitystoiminto.

Ilmastointipalkkien veden lämpötilaa säädetään aina niin, ettei vesi tiivisty palkin rakenteisiin.



**Kuva 15.** Ilmastointipalkkijärjestelmä.

## 10.4 Vesijärjestelmät

Vesijärjestelmissä jäähditys- ja lämmitysteho tuodaan huoneeseen veden avulla. Ilmanvaihtojärjestelmä on erillinen järjestelmä. Huonelämpötilan säätö tapahtuu vesivirtaa säätämällä.

Vesijärjestelmät ovat

- puhallinkonvektorijärjestelmät (katso kohta 4.3.1)
- passiivi-ilmastointipalkkijärjestelmät
- jäähdytyspaneelit
- erilaiset säteilykatto ja -lattijärjestelmät.

### Passiivijäähdytyspalkit

Passiivipalkkeja käytetään yksinomaan jäähdytyksen. Niitä on asennettu lukuisiin toimistorakennusten toimistohuoneisiin, joissa on aikaisemmin ollut pelkkä ilmanvaihto tai riittämätön tuloilma-jäähdytys.

Järjestelmään kuuluu huoneissa olevat jäähdytyspalkit, niiden säätöventtiilit ja huonetermostaatit sekä jäähdytysveden kiertoputkisto ja jäähdytysenergian tuotantojärjestelmä.

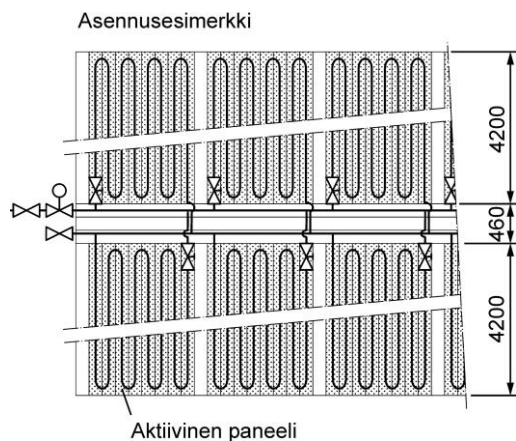
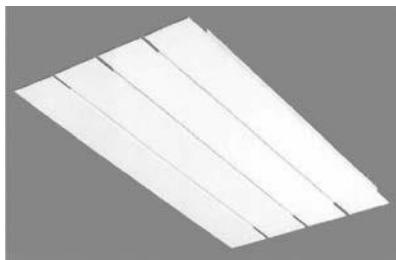
Passiivipalkit ovat konvektoreita, jotka on koteloitu. Niiden lämmönsiirrosta n. 80 % tapahtuu konvektiona ja 20 % säteilynä.

Passiivipalkkijärjestelmät mitoitetetaan ei kondensoituviksi.

### Jäähdytyspaneelit

Viimeisen vuosikymmenen aikana huoneiltojen lämpötilan hallintaan on yhdeksi vaihtoehdoksi tullut huoneiltojen kattoon vaakatasossa asennettavat jäähdytyspaneelit. Kylmä vesi kulkee jäähdytyspaneeliin liitetyissä putkissa ja siirtää tehon paneeliin. Jäähdytyspaneeli jäähdyttää lämpimän huoneiltojen lähinnä säteilyperiaatteella.

Markkinoilla on myös tuote, joissa jäähdytyspaneeliin on yhdistetty lämmitystoiminto.



**Kuva 16.** Jäähdytyspaneeli.

### Jäähdytyskatto ja -lattiajärjestelmät

Käytetyistä jäähdytyskattojärjestelmistä lienee tunnetuin ns. Frenger-katto. Viimeisen vuosikymmenen aikana on tullut markkinoille useita kattojäähdytysjärjestelmiä, kuten Uponorin, Stifabin, Fläktin jne. alakattojärjestelmät, joissa jäähdytysvesiputkistot on integroitu alakattoon.

Lattiajäähdytystä markkinoivat erityisesti lattialämmitysjärjestelmien toimittajat, joiden ideana on ollut tuottaa ns. lattiaviilennystä, mikä tapahtuu ajamalla lattialämmityspotkistoon jäähdytettyä vettä kesäaikana.

Varsinaisia lattiajäähdytysjärjestelmiä ovat perinteisesti ATK-konesalien jäähdytysjärjestelmät.

Myös toimistotilojen ilmastointi hoidettiin asennuslattian alle asennetun laitetekniikan avulla. Periaate oli asentaa kaikki talotekniset järjestelmät samaan tilaan, asennuslattiaan ja välttää näin alakaton tarvetta. Näin toteutetut projektit jäivät kuitenkin lukumäärältään vähäisiksi.

## 11 Ilmastointijärjestelmiin liittyvät erikoisratkaisut ja laitteet

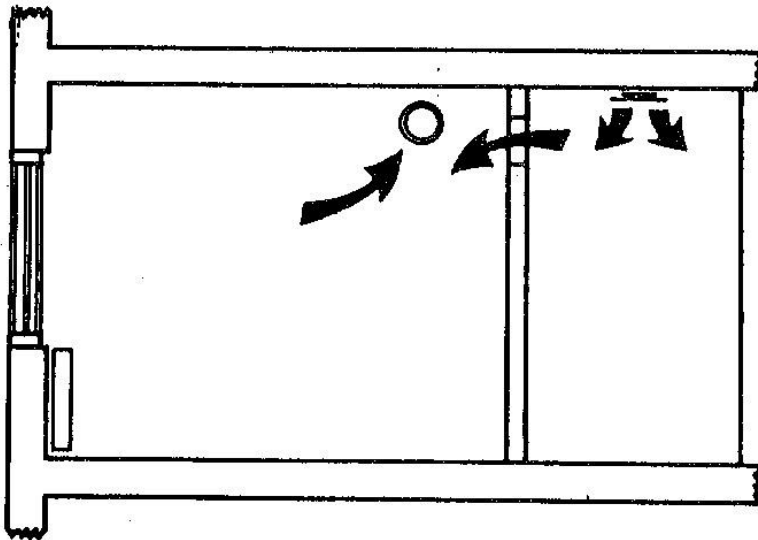
Viime vuosikymmeninä rakennettuihin ilmastointijärjestelmiin liittyy erilaisia ilman jakoon tai poistoon liittyviä ratkaisuja, jotka ovat oleellinen osa järjestelmää. Nämä toteutusratkaisut voivat liittyä useisiin erilaisiin ilmastointijärjestelmiin.

Yleisesti toteutettuja ratkaisuja ovat

- käytäväpuhallus
- ontelolaatta tuloilmakanavana
- ontelolaatta poistoilmakanavana
- poistoilmaikkuna
- poistoilmavalaisin
- palautusilma käyttö
- siirtoilman käyttö.

### 11.1 Käytäväpuhallus

Valtion rakennuttamissa toimistotiloissa käytettiin vakioratkaisuna 1970-luvulla käytäväsisäänpuhallusta. Järjestelmän perustui ratkaisuun, jossa toimistotilojen tuloilma puhallettiin toimistojen yhteiselle käytävälle. Jokaisessa toimistohuoneessa oli poistoilmaventtiili, jonka kautta käytävälle puhallettu poistoilma poistettiin. Käytävän ja huoneiden välillä oli virtaussäleikkö. Järjestelmä perustui ajatukseen, että poistoilman imun vaikutuksesta huoneen ilma vaihtuisi kohtuullisessa määrin.



**Kuva 17.** Sisäänpuhallus käytävälle ja poisto toimistohuoneesta.

### 11.2 Ontelolaatta tuloilmakanavana

Toimistorakennusten kerroskorkeutta pyrittiin 1970-luvulla minimoimaan. Samalla tutkittiin mahdollisuutta käyttää rakennuksen massaa (betonirakenteita) hyödyksi energiatehokkuuden ja viihtyvyyden parantamiseksi. Erityisesti keskityttiin kesäaikana yön tunteina olevan alhaisen ilman ulkolämpötilan avulla viilentämään rakennusmassaa, jolloin päiväaikaista jäähdytystarvetta voitiin pienentää ja sisäilman ylläpitäminen siirtää iltapäivään.

Ontelolaattaa käytettiin tuloilmakanavana useimmiten ilmareittinä toimiston käytävältä toimistohuoneen ikkunaseinälle (kuva). Näin saatiin toimistohuoneisiin hyvä ilmanjako, kun sisäänpuhallus

tapahtui ulkoseinän puolelta huoneeseen päin. Huoneeseen ei tarvittu erillistä alakattoa peittämään perinteiset kierresaumakanavat näkyvistä.

Ontelolaattasisäänpuhalluksesta tehtiin teollinen tuote, joka käsitti ontelolaatan päiden tiivistyksen, ontelon puhdistuksen ja ilmanvaihtokanavien ja tuloilmalaitteiden komponentit.

Ontelolaatan käytöstä tuloilmakanavana luovuttiin, kun koneelliseen jäähdytys lisääntyi. Samalla huonekohtainen lämpötilan säätö myös jäähdytystilanteessa tuli vaatimukseksi. Rakennusten kerronkorkeuden minimointi muuttui optimoinniksi rakennuttajien asettamien tilojen muuntojoustovaatimusten myötä.

### 11.3 Ontelolaatta poistoilmakanavana

Ontelolaatta käytettiin vähäisessä määrin myös poistoilmakanavana. Siitä ei tullut yleistä ratkaisua pääasiassa siksi, ettei sille ollut samanlaista luonnollista reititystarvetta kuin sisäänpuhallustapauksessa. Poistoilma voitiin johtaa toimistohuoneesta pois suoraan käytäväseinän läpi poistoilmakanavaan.

### 11.4 Poistoilmaikkuna

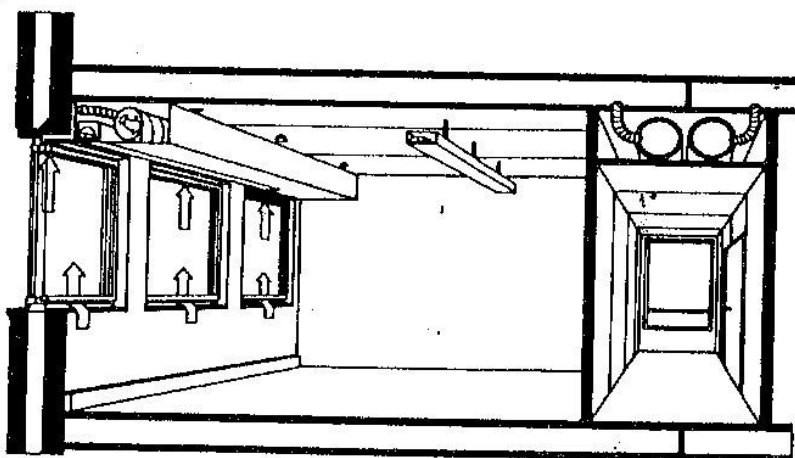
Poistoilmaikkuna oli ensimmäinen lämmöntalteenotto-laite, joka liitettiin ilmanvaihtojärjestelmään.

Poistoilmaikkuna-järjestelmässä toimistohuoneiden poistoilma imetään poistoilmapuhaltimella ikkunan alla olevan aukon kautta ikkunalasien väliin ja sieltä lämmöneristetyssä kanavassa edelleen ilmastointikonehuoneeseen.

Poistoilmaikkuna vaikuttaa huoneen lämpöolosuhteisiin niin talvi- kuin kesäaikaanakin. Koska lämmin huoneen poistoilma johdetaan ikkunalasien väliin, sisälasin pintalämpötila pysyy lähellä huoneilman lämpötilaa kovallakin pakkasella. Näin ei normaalisti koettua ikkunavettoa ollut ja ikkunan alle tavallisesti asennetut lämmityspatterit voitiin jättää pois. Poistoilmaikkunan käyttö tarkoittaa siten ilmalämmitysjärjestelmää.

Kesäolosuhteissa auringon säteiden osuessa ikkunalasien välissä oleviin sälekaihtimiin ne lämpenevät. Ikkunan läpi virtaava ilma lämpenee vastaavasti ja vie lämpöenergian mennessään. Näin huoneeseen tuleva lämpökuorma on pieni. Talvi- ja kevätilanteessa (joskus syksylläkin), kun ulkona on kylmä, ikkuna toimii aurinkoenergian lämmöntalteenottolaitteena. Ikkunassa lämmennyt poistoilma palautetaan osittain tuloilmaksi, jolloin sen energiasäilytys saadaan talteen lämmittämään tuloilmaa.

Poistoilmaikkunan käytöstä luovuttiin 1980-luvun puoleen väliin mennessä, kun ikkunoiden lämpötekniset ominaisuudet kehittyivät ja vaatimus yksilöllisestä huoneen talvi- ja kesäaikaisesta lämpötilan hallinnasta vakiintui.



**Kuva 18.** Sisäänpuhallus ontelolaatan kautta, poisto poistoilmaikkunan kautta.

### 11.5 Poistoilmavalaisin

Valaisimien tehot olivat korkeita etenkin maisemakonttoreissa. Sähkötehosta suuri osa muuttui lämmöksi, joka johtui sitten itse tilaan ja lämmitti sitä. Poistoilmavalaisin kehitettiin jotta valaisimen tuottaman lämpöenergia ei siirtyisi kokonaan huonetilaan, vaan se saataisiin johdetuksi pois.

Toimintaperiaate on yksinkertainen. Valaisimen rungon pohjaan porattiin reikiä, reiät liitettiin poistoilmakanavaan, valaisimien tuottama lämpöenergia saatiin näin suurelta osaltaan talteen poistoilmaan ja voitiin sitten johtaa kiertoilmakäytön kautta takaisin tuloilman lämmitykseen, tai kesällä suoraan ulos. Markkinoille tuli myös kaksoiskuorella ja kanavaliitännällä varustettuja tehdasvalmisteisia poistoilmavalaisimia.

### 11.6 Palautusilman käyttö

Ennen ilmanvaihtokoneisiin liitettyjen lämmöntalteenottolaitteiden markkinoille tuloa palautusilman käyttö oli yleisin keino pienentää ilmanvaihdon energian kulutusta lämmityskaudella. Ilmanvaihtokoneessa oli ns. palautusilmapelti, jota ohjaamalla saatiin osa poistoilmasta takaisin sekoittumaan tuloilmaan.

Ilmastoinnin ulkoilmavirratt mitoitetiin yleensä jäähdytyskauden tarpeiden mukaan. Lämmityskaudella ulkoilmavirtojen tarve oli paljon pienempi, koska silloin tarvittiin vain ilmanvaihdon tarvittavat tilakohtaiset ilmavirratt. Näin voitiin lämmityskaudella käyttää palautusilmaa energiatehokkuuden parantamiseen. Ulkoilmavirraksi oli yleensä suunniteltu 60 % kokonaisilmavirrasta ja palautusilmavirta 40 %. Käytännössä paljon suurempia palautusilmavirtoja käytettiin.

Palautusilman käytöstä luovuttiin ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottolaitteiden tultua markkinoille 1980-luvun loppupuolella.

### 11.7 Siirtoilman käyttö

1970- ja 1980-luvulla, ennen ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteiden kehitystä, siirtoilman käyttö rakennuksen energiatehokkuuden parantajana oli yleistä. Käytetyin ratkaisu oli toimistotilojen poistoilman johtaminen lämmityskaudella rakennuksen kellarikerroksissa sijaitsevien pysäköintitilojen tuloilmaksi. Tällöin koko poistoilman energiasisältö saatiin talteen. Siirtoilman lisäksi pysäköintitiloihin tuotiin myös ulkoilmaa riittävän ilmanvaihdon turvaamiseksi.

## 12 Ilmastoinnin lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton periaatteena on ottaa talteen poistoilmasta lämpö talteen ja siirtää se tuloilman lämmitykseen. Käytetyimmät lämmöntalteenottotavat ovat

- pyörivät lämmönsiirtimet
- levylämmönsiirtimet
- nestekiertoinen lämmöntalteenotto (vesi/glykoli lämmönsiirtimet)
- lämpöputkilämmönsiirtimet
- lämpöpumppulämmöntalteenotto (esim. Kryoterm).

## 13 Ilmastointimääräykset ja muut suunnitteluohjeet

- D2 1978
- D2 1987
- D2 2003
- D2 2007
- D2 2010
- D2 2012
  
- LVI-suunnitteluohjeet, Rakennushallitus 1/1984
- Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohje 1964
- Muut suunnitteluohjeet eri aikakausilta.