

# Ilmanvaihtotekniikka ja -järjestelmät

Petteri Virranta



NUOHOUSALAN  
KESKUSLIITTO RY

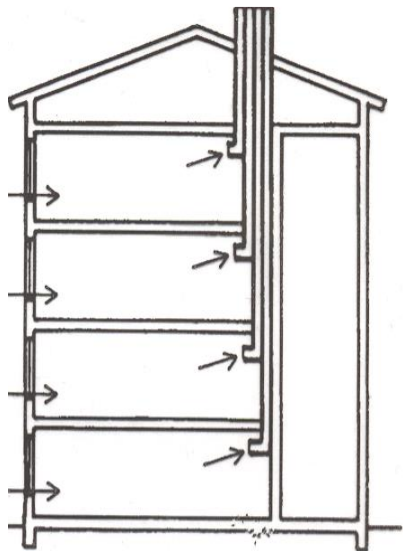
# Ilmanvaihtojärjestelmät

- Ilmanvaihtojärjestelmä määrittelee sen, miten ilma poistuu ja miten korvaavan ilman eli korvausilman saanti on järjestetty
- Usein ohjataan automatiikalla
  - Tulevaisuudessa automaatio tulee ohjaamaan rakennuksen koko talotekniikkaa tarpeenmukaisesti ja kustannustehokkaasti

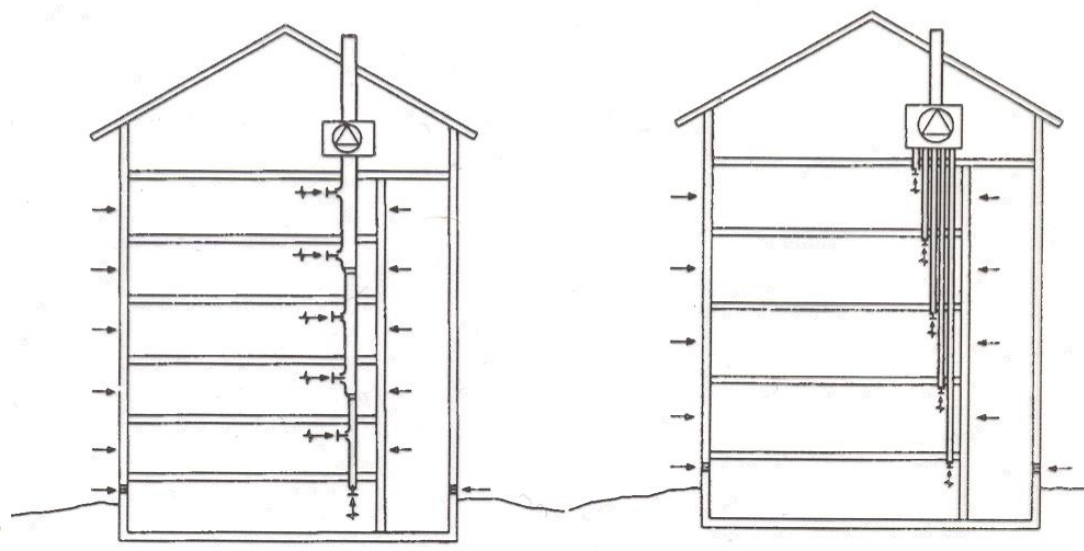
Automatiikan ohjaus  
saattaa tapahtua vaikka  
käyttäjän puhelimesta  
tai tabletista!

# Erilaiset järjestelmät

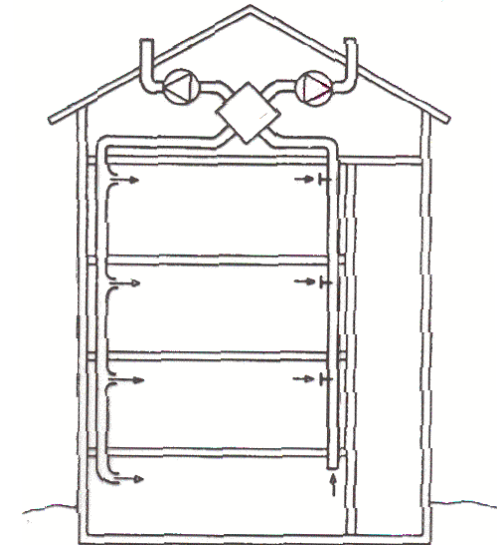
- Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä
- Koneellinen poistoilmajärjestelmä
- Tulo-poistojärjestelmä



Painovoimainen järjestelmä



Koneellinen poistoilmajärjestelmä



Tulo-poistojärjestelmä

# Painovoimainen ilmanvaihto

- 1960-luvulle saakka lähes kaikissa rakennuksissa
- Korkeus-, lämpötila- ja paine-eroihin (tuuli) perustuva
  - Ei ilmanvaihdon koneita
- Lämmin sisäilma virtaa poistokanavaa pitkin ylös, ulos rakennuksesta. Tilalle tulee ulkoilmaa rakenteiden tai korvausilmareittien kautta
- Edut
  - Edullinen
- Heikkoudet
  - Energiatehottomuus
  - Ei säätö tai tehostus mahdollisuutta
  - Usein ilmanvaihto ei ole kaikissa tiloissa riittävä
  - Huonot suodatus mahdollisuudet
  - Rakenneaineiset kanavat
  - Huonompi puhdistettavuus
  - Ilmanvaihdon liikkuminen väärään suuntaan
  - Vedon/tunkkaisuuden tunne
  - Ilman lämpötilavaihtelut
  - Sään vaikutukset

# Koneellinen poistoilmanvaihto

- 1960-1980 luvuilla
- Rakennuksesta poistetaan koneellisesti (puhallin) ilmaa ja tilalle tulee ilmaa rakenteiden tai korvausilmareittien kautta
  - Yleensä katolla oleva huippuimuri
- Edut
  - Poistoilman säädettävyys ja tehostaminen
  - Ilma poistuu suunnitellusta, koneellisesti, tehokkaasti
  - Puhdistettavuus
- Heikkoudet
  - Puutteellisen korvausilman vuoksi hallitsematon korvausilma
  - Ilman riittämättömyys
  - Korvausilman ja poistoilman suodattamattomuus/huono suodatus
  - Huonohko energiatehokkuus

# Tulo-poistoilmanvaihto

- 2000-luvun alusta lähes kaikissa rakennuksissa
- Rakennuksesta poistetaan koneellisesti (puhallin) ilmaa ja tuodaan koneellisesti (puhallin) lämmitettyä/jäähdytettyä ja suodatettua ilmaa
- Huoneisto tai rakennuskohtaiset laitteet/koneet
- Edut
  - Tulo- ja poistoilman säädettävyys tarpeen mukaan
  - Tuloilman jäähdytys/lämmitys
  - Hyvä suodatus
  - Puhdistettavuus
  - Energiatehokas (lämmöntalteenotto)
- Heikkoudet
  - Kallein
  - Laiteviat

# Muut järjestelmät

- Ilmalämmitysjärjestelmä
- Keskitetyt tulo- ja poistoilmajärjestelmä
- Huoneisto- tai tilakohtaiset ilmanvaihtojärjestelmät
- Tarpeen mukaisesti ohjatut ilmanvaihtojärjestelmät

# Ilmanvaihtojärjestelmän tavoitteet

- Sisäilmaston hyvä laatu
- Energiakulutuksen minimointi
- Turvallisuus
- Käytön yksinkertaisuus
- Huollon helppous
- Asennuksen sujuvuus
- Vähäinen tilan tarve

Ilmanvaihdon tulisi  
aina olla päällä!



# Ilmanjako

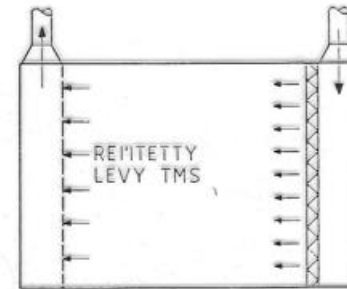
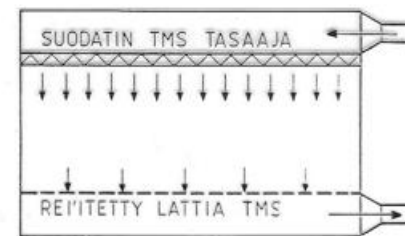
- Tuloilma johdetaan huonetilojen koko oleskeluvyöhykkeelle vedottomasti ja siten, että se poistaa tehokkaasti epäpuhtaudet
- Likaantunut ilma ei saa palautua haitallisissa määrin takaisin oleskeluvyöhykkeelle
- Rakennuksessa ilman on virrattava puhtaammasta tilasta epäpuhtaampaan päin
- Ilmanjakoon vaikuttaa esimerkiksi
  - Ilmanvaihtojärjestelmä
  - Pääte-laitteet ja niiden sijoittelu
  - Rakennuksen geometria/arkkitehtuuri
  - Ilmanvaihdon tehokkuus ja säädöt
  - Isot huonekalut/kiinteät kalusteet

# Ilmanjako

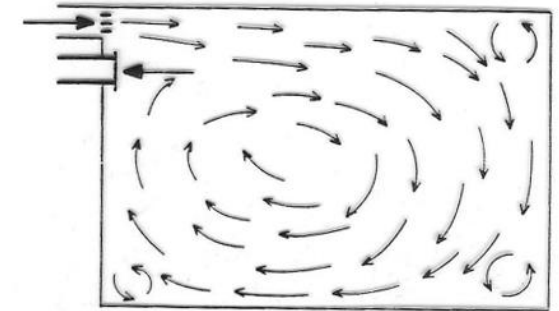
- Ilmanjako kolme yleisintä tyyppiä

- Sekoittava
- Syrjäyttävä
- Laminaarinen

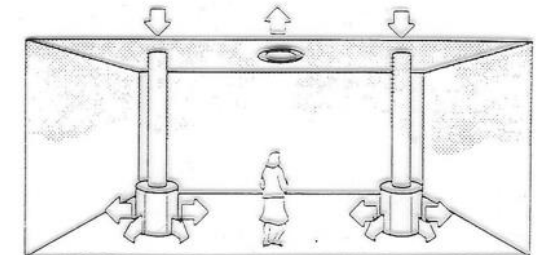
- Muita esimerkiksi
  - Kohdepoisto
  - Henkilökohtainen
  - Hybridi
  - Stratus
  - Hengitysvyöhykkeen suoja-ilmanvaihto



Laminaarinen ilmanjako



Sekoittava ilmanjako



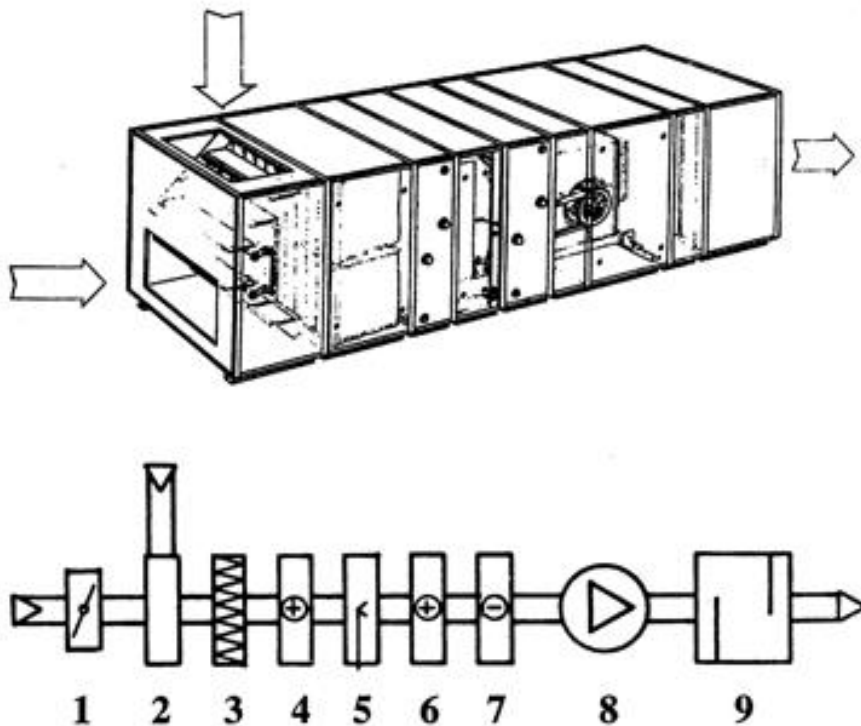
Syrjäyttävä ilmanjako

# Ilmanvaihdon tehokkuus

- Oleskeluvyöhyke
- Ilmanvaihtokerroin
- Ilmanvaihdon säädöt
- Ilman laatu
- Tehokkuuteen vaikuttaa
  - Pääte-elinten sijainti
  - Termiset olosuhteet
  - Epäpuhtauslähteet
  - Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys

Ilmanvaihtokerroin=ulkoilma virta, joka tunnin kuluessa virtaa huonetilaan tai tilasta ilmoitettua huoneenilma-tilavuusyksikköä kohti  $(\text{m}^3/\text{h})\text{m}^3 = 1/\text{h}$ .

# Ilmanvaihtokone

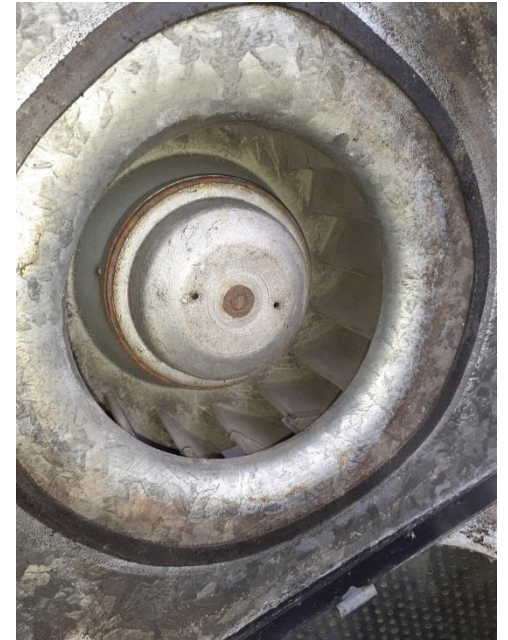


Esimerkki tulokoneesta

1. Sulkupelti
2. Sekoitusosa
3. Suodatin
4. Lämmityspatteri
5. Kostutin
6. Jälkilämmityspatteri
7. Jäähdytyspatteri
8. Puhallin
9. Äänenvaimennin

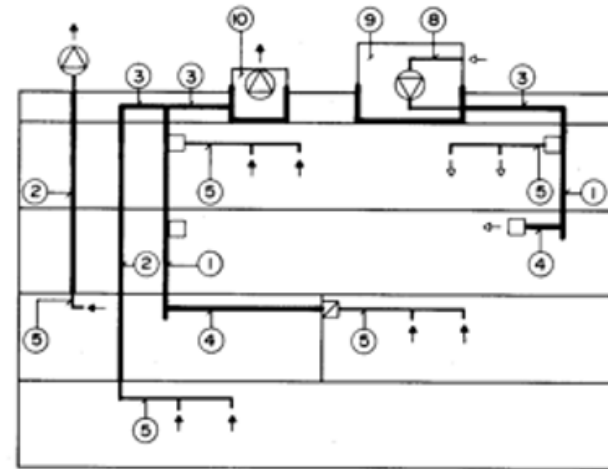
# Ilmanvaihtokone

Esimerkkejä huippuimureista, koneellisen poistoilmanvaihdon koneista

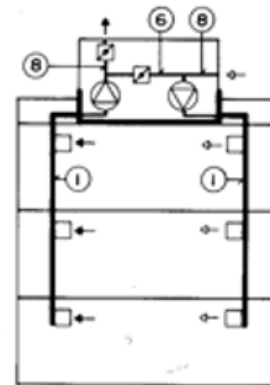


# Ilmanvaihtokanavat

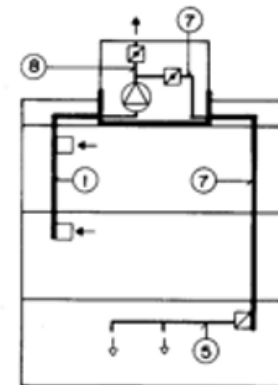
- Materiaali
- Kannatus, tuenta
- Tiiviys
- Asennus
- Eristys



- ☐ Palonrajotin
- ☒ Sulkeutuva palonrajoitin
- ☒ Sulkupelti
-  Puhallin
- 1. Yhteishormi
- 2. Erillishormi
- 3. Kokoojahormi
- 4. Liitehormi
- 5. Sisäinen hormi
- 6. Kiertoilmahormi
- 7. Siirtoilmahormi
- 8. Kammiohormi
- 9. Ilmanvaihtokonehuone
- 10. Kammio



KIERTOILMAJÄRJESTELMÄ



SIIRTOILMAJÄRJESTELMÄ



# Ilmanvaihtokanavat



teräskanavia



muovikanavia



# Ilmanvaihtokanavat

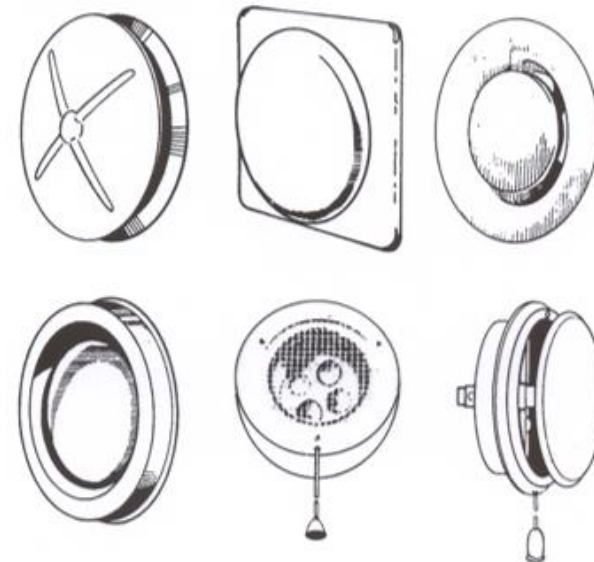
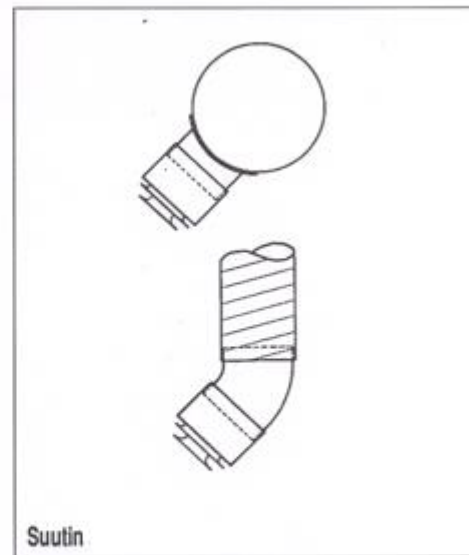
- Pyöreät kanavat(Ø)
  - Pienet kanavat 80-500 mm
  - Suuret >500 mm
- Kanttikanavat
  - Pienet kanavat < 600 x 400 mm > suuret kanavat
- Suuret kanavat vaativat puhdistusluukun, josta mahtuu ryömimään sisään
  - Vähintään 400 x 300 mm, mielellään 600 x 500 mm
  - Huomioitava kannatus





# Pääte-elimet/laitteet

- Tulo- tai poistopääte-elimet



Esimerkkejä tulopääte-elimistä

Esimerkkejä poistopääte-elimistä

# Pääte-elimet/laitteet

- Erikoispääte-elimet esim.
  - Huuvat, liesikuvut, -tuulettimet
  - Ilmastointikatto
  - Hajottajat
  - Tuloilmalaite päätelaitteena
  - Suutinputket



Uusinta uutta, katso:  
**Stravent Ecoclime –  
ilmastointikatto**



Uusinta uutta, katso:  
**Climecon MistMaster huuva**

# Säätö- ja sulkupellit

- Säätelevät ilmanliikettä kanavassa
- Manuaalisesti tai sähköisesti ohjattavia
- IMS-pellit ovat automaattisia säätöpeltejä



# Palo- ja savupellit/rajoittimet

- Palo-osastojen välillä kanavassa
- Osa reagoi savuun
- Estää palon tai savun leviämisen tilasta (palo-osastosta) toiseen
- Palonkestävyys oltava sama kuin rakennusosassa, minkä kanava lävistää
- Toimintakunto varmistettava automatiikalla tai manuaalisesti vähintään kuuden kuukauden välein
- Palopelti sulkeutuu vikatilanteessa myös mekaanisesti itsestään
- Huolehditava kanavan puhdistettavuudesta
- [Dahl uutiset: Optivent Ultra nostaa älykkään ilmanvaihdon uudelle tasolle](#)

Uusinta uutta, katso:  
**Lindab EKOSV**  
**takaisinvirtaussuoja**



# Suodatus

- Hyvän sisäilman kannalta oleellinen merkitys
- Suodatuksen tarkoituksena on epäpuhtauksien erottaminen ilmasta
  - Vaatimustaso määräytyy terveyden, turvallisuuden, siisteyden, laitteiston toiminnan, kulumisen, energiatehokkuuden, tilan/rakennuksen ja määräyksien mukaan
- Ilmanvaihtojärjestelmässä ilma suodatetaan ulko-, kierto- ja poistoilmasta

Jos Suomessa kaikki tuloilma olisi kaikissa rakennuksissa suodatettua, hengitys-sairauksien kuolleisuus laskisi sadoilla.

# Suodatus

- Tavanomaisimmat suodattimet ovat Kuitusuodattimet, joita ovat mm.
  - Tasosuodattimet
  - Poimusuodattimet
  - Kennosuodattimet
  - Pussisuodattimet
- Muita suodattimia ovat mm.
  - Sähkösuodattimet
  - Kemialliset suodattimet



# Suodatus

- Kuitusuodattimet
  - Jaetaan
    - Karkeasuodattimiin
    - Hienosuodattimiin
    - Mikro- eli HEPA- suodattimiin
  - Lasikuitu, synteettistä materiaalia tai kuitumaista ainetta



# Suodatus

- Karkeasuodatin
  - Kuitumainen tai synteettinen materiaali
  - Voi olla myös palon- tai lämmönkestävää
  - Ilman suodatus heikointa
  - Painehäviö vähäisin, ilman nopeus suurin
  - Pestäviä tai kertakäyttöisiä
  - mm. osa korvausilmaventtiileistä tai osana suodatusta pienissä iv-koneissa



# Suodatus

- Hienosuodatin
  - Kuitumainen materiaali
  - Ilman suodatus keskivertoinen, kuitenkin tavanomaisiin kohteisiin riittävä
  - Jo enemmän painehäviötä, ilman nopeus laskee
    - Kerää enemmän likaa, joten painehäviöön vaikuttaa suodattimen puhtaus
  - Kertakäyttöisiä
  - Kaiken kokoiset iv-koneet



# Suodatus

- Mikro- eli HEPA-suodatin
  - Kuitumainen materiaali, ohuet kuidut
  - Ilman suodatus erinomainen
  - Aina käytettävä esisuodatusta
  - Eniten painehäviötä
  - Vaativat kohteet kuten laboratoriot, puhtaat tilata, ydinvoimalat, väestönsuojat
  - Myös usein mm. ilmanpuhdistimet, imurit



# Suodatus

- Sähkösuodattimet
  - Hiukkaset sähkövarataan
  - Kerätään vastakkaismerkkisiin elektrodeihin
  - Läpi päässeet varautuneet hiukkaset tarttuvat pintoihin
  - Pieni painehäviö
  - Automaattipuhdistus vedellä
  - Ei sovellu ulkoilmasuodattimeksi
  - Likaantuessaan teho heikkenee olennaisesti
  - Käytetään savukaasujen puhdistamiseksi mm. puuta polttavissa tehtaissa

# Suodatus

- Suodattimista puhutaan myös niiden ominaisuuksien mukaan
- Nämä suodattimet voivat olla karkea-, hieno tai HEPA-suodattimia tai niissä voi olla kahta eri suodatusluokkaa
- Tasosuodattimet
  - Yleensä muovireunukset, jonka keskellä pehmeä suodatinkangas, voi olla myös kennomainen
  - Yleinen pienissä iv-koneissa, kuten omakotitalojen tulo-poistokoneissa
- Pussisuodattimet
  - Muovi tai metallikehikko, jossa pusseja
  - Yleinen tulo-poistokoneissa, isommat kohteet kuten liike- ja teollisuuskiinteistöt, koulut, päiväkodit...





# Suodatus

- Kaasujen suodatus
  - Yleisin aktiivihiihi (orgaaniset kaasut)
  - Aktivoitu alumiinioksidi (epäorgaaniset kaasut)
  - Vielä paljon tutkittavaa



# Esisuodatus

- Esisuodatus tarpeen hieno, HEPA-, ja sähkösuodattimille
- Pidentää kalliin hieno tai HEPA-suodattimen käyttöikää
- Yleensä karkeasuodatin
- Pitää puhtaampana suodattimien välisen kanavan
- Esisuodatus on koneessa ilman liikesuunnan mukaan ennen lämmönvaihdinta



# Suodattimen valinta

- Suodattimen valinnassa on hyvä ottaa huomioon
  - Suodattimen rakenne ja mitat
  - Tehollinen suodattimen pinta-ala
  - Otsapintanopeus
  - Paine-ero puhtaana
  - Suositeltu vaihdon paine-ero
  - Suodattimen pölynsitomiskyky/luokka

# Suodattimien vaihto

- Suodattimien vaihdosta/huollosta on pidettävä huolta
- Lika/pöly lisää suodattimen tiheyttä ja kasvattaa painehäviötä
  - Painehäviötä seurataan paine-eromittarilla tai silmämääräisesti
  - Kun paine-ero kasvaa 2-3 kertaiseksi alkupainehäviöstä, suodatin on vaihdettava
- Tehdään yleensä 2krt/vuosi
  - Hyvä pitää kirjaa
- Asennus tehtävä huolella
  - suodatin oltava tiiviisti urassa / kehyksessä
  - materiaalin oltava ehjä
  - oikea suodatinluokka
  - oikea määrä pusseja suodattimessa
  - pussit oltava pystysuorassa
  - ei ohivirtoja, mitä korkeampi luokka, sitä tärkeämpää on estää ohivirtaus
  - alkupainehäviö

# Suodatusluokat

- Suodatusluokat ovat uudistuneet standardin uudistumisen myötä kesällä 2018
  - Pääluokat ovat ISO ePM<sub>1</sub>, ePM<sub>2,5</sub>, ePM<sub>10</sub> ja Coarse
- Testaustapa muuttui standardin myötä, eikä suodatusluokat (vanha vs. uusi) täsmää tai ole keskenään verrannollisia
  - Uudessa standardissa mitataan eri hiukkasten läpäisevyyttä

Puhdastiloissa hiukkasia on 1000/m<sup>3</sup>, kun taas kaupungeissa hiukkasia voi olla jopa 100 000 000 000/m<sup>3</sup>.

# Suodatusluokat

- Suodatusluokka valitaan kolmen kriteerin avulla
  - ulkoilman laatutason arvioiminen
  - tuloilman laatutason määrittäminen, että sisäilman laatu toteutuu
  - suodattimien valinta niin, että tuloilman laatutaso toteutuu
- [Suodatusluokan valinta yleisilmanvaihdon sovellukseen](#)
- Vanhat suodatusluokat ovat edelleen (osittain) käytössä
- Vanhat suodatusluokat
  - karkeasuodattimet: EU1 – EU4, G1 – G4
  - hienosuodattimet: EU5 – EU9, M5-M6, F7 – F9
  - Mikro- eli HEPA – suodattimet EU9 – EU15

# Lämmöntalteenotto

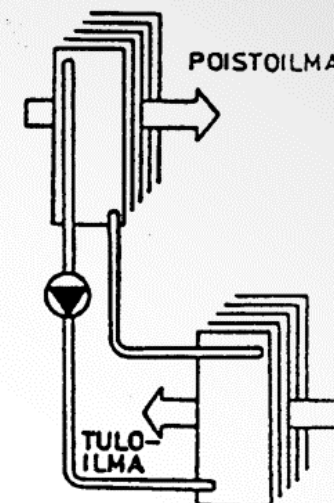
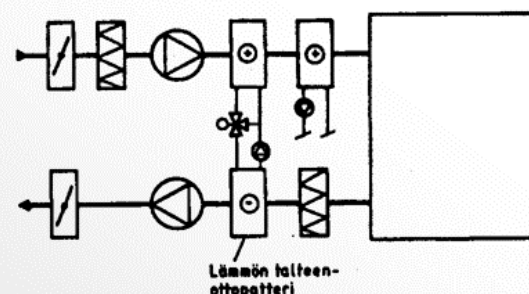
- Eli LTO-laitteet
- Lämmöntalteenotossa poistuvasta ilmasta siirretään lämpöenergiaa takaisin tuloilmaan
  - Vähentää ilmanvaihdon aiheuttamaa lämpöhäviötä
  - Energiatehokkuus
- Järjestelmälle ilmoitetaan hyötysuhde %
  - Lämpötilahyötysuhteet ovat yleisesti 40-80%
- Järjestelmät jaetaan neste- ja ilmakiertoisiin laitteisiin
- Erilaisia lämmönsiirtimiä: levy-, neste- ja lämpöä varaavat lämmönsiirtimet
- 2000-luvulla käytännössä kaikissa uusissa koneissa, lähes pakollinen 2003 lähtien

# Lämmöntalteenottojärjestelmät

- Neste yleensä vesi-glukoli- seos
  - Glykoli 30-40%
- Lämpö siirtyy erillisten nestepattereiden kautta
  - Tulo- ja poistokanavissa omat
  - Lämpö siirtyy nesteeseen ja kulkee putkiston kautta koneesta toiseen
    - Tulo- ja poistokoneen ei tarvitse olla lähekkäin
- Liike- ym. isot kiinteistöt
- Tehokkuus 50-70%



## EPÄSUORAT REKUPERATIIVISET lämmönsiirtimet esim. nestekiertoinen

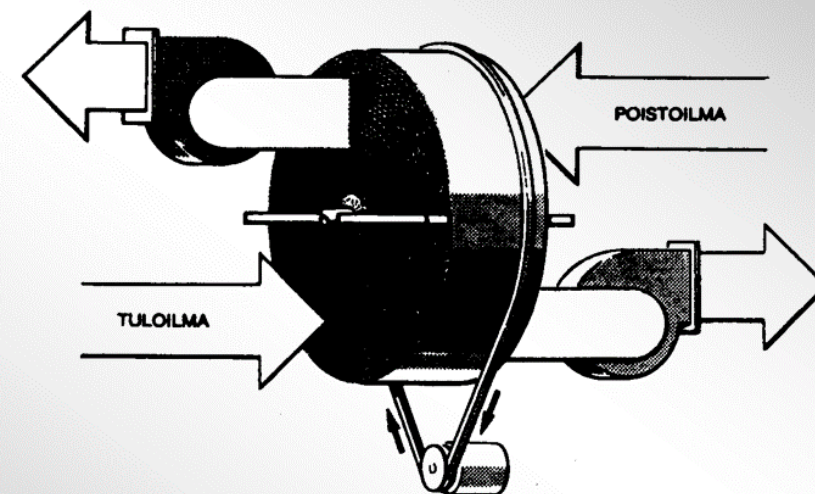


# Lämmöntalteenottojärjestelmät

- Varaava järjestelmä varaa lämpöä johonkin massaan, yleensä metalliin
- Pyörivässä kennossa ilmavirrat ohjautuvat pyörivän metallimassan läpi
  - Lämpö varastoituu pyörivään massaan
  - Siirtyy pyörivän massan siirtämänä suoraan
- Tehokkuus yli 70%, mikä ei kuitenkaan ole maksimaalinen
  - Massa ei ole koskaan täysin viileä tai lämmin
- Haittana
  - hajujen siirtyminen poistoilmasta tuloilmaan
  - Kosteutta jää massan pintaan
    - Mikrobin kasvu
    - Kosteuden siirtyminen ulkoilmaan/sisäilmaan
    - Jäätymisen estäminen lisäenergialla
  - Ilmat sekoittuvat
  - Pyörivä kenno vaatii laakeroinnin huoltamista ja uusimista aika-ajoin
- Varaavia järjestelmiä olemassa myös kiinteällä kennolla
- Kaiken kokoiset iv-koneet



## REGENERATIIVISET lämpöävaraavat lämmönsiirtimet



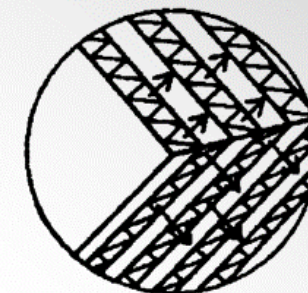
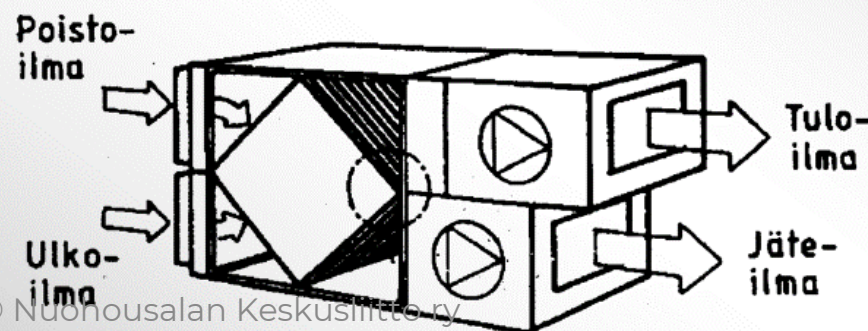


# Lämmöntalteenottojärjestelmät

- Ilmat ohjataan ristiin, välissä lämpöä johtava metallilevy
- Etuna vähäinen ilmojen sekoittuminen
- Ongelmana
  - veden kondensoituminen metallilevyn pintaan, kun lämpötilaero suuri
  - Veden jäätymisen estäminen vaatii lisäenergiaa
  - Kennoston likaantuminen
  - Mikrobin kasvaminen, jos kosteutta
- Yleisiä omakotitaloissa ja huoneistokohtaisissa laitteissa
- Tehokkuus 40-60%
- Ei haju tai bakteeri haittoja
- Massatuotannon vuoksi yleisesti edullinen



## SUORAT REKUPERATIIVISET levylämmönsiirtimet



# Jälkilämmitys/viilennyspatteri

- Tuloilmaa on myös mahdollista lämmittää/jäähdyttää
  - Yleistä suuremmissa ilmanvaihtojärjestelmissä
    - Esim. teollisuus- ja suuret kiinteistöt
- Lämmitetään/jäähdytetään tuloilma ennalta säädettyyn lämpötilaan
- Patteri on vesikiertoinen
- Ilmanvaihdon lämmitys/viilennys on kiinteistön muusta lämmityksestä erillisenä piirinä

# Ilmanvaihdon huolto

- Käyttöönotto
  - Rakennuksen käyttöönoton yhteydessä tehdään rakennusvalvonnan määrittelemät käyttöönottotarkastukset ja mittaukset
  - Käyttöönottotarkastuksessa varmistetaan, että laitteisto
    - toimii oikein ja turvallisesti, on käyttövalmis
    - on puhdas
    - ja ilmavirrat on säädetty vaatimusten ja suunnitelmien mukaan
- Vuosi- ja määräaikaishuollot, esimerkiksi
  - Suodatinhuolto (yleisesti ottaen tehtävä 2krt/vuosi)
  - Konehuollot

# Ilmanvaihdon huolto

- Puhdistus
  - 10 vuotta - asuinrakennukset, tavanomaiset kohteet
  - 5 vuotta - koulut, päiväkodit, sairaalat, vanhustentalot
  - 1 vuotta - Ravintoloiden keittiöiden rasvapoistot
- Mittaus- ja säätö
  - Puhdistuksen yhteydessä suositellaan ilmavirtojen mittausta ja säätöä
- Seuranta
  - Automatiikan ja energiatehokkuuden seuranta
  - Seurannan avulla huomataan myös viat helpommin
- Raportointi

Ilmanvaihdon osuus  
koko Suomen  
energiakulutuksesta on  
noin 10%.

# Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden vaikutus sisäilmaan

- Ulkoilman ha pölypitoisuuteen vaikuttavat
  - Vuodenaika
  - Viikonpäivä
  - Vuorokaudenaika
  - Paikkakunta
  - Sijainti mm. liikenne ja muut epäpuhtaudet
  - Mittauspisteen sijainti mm. korkeus maasta
  - Erikoistilanteet ja muut huomiotavat mm. siitepölyaika, kovat pakkaset, katujen siivous

# Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden vaikutus sisäilmaan

- Sisäilmaan vaikuttavat tekijät
  - Miten ulkoilma otetaan sisälle ja miten se käsitellään ennen sitä
  - Sisällä tapahtuva toiminta
    - Ihmiset, koneet, prosessit
  - Rakennus- ja sisustusmateriaalit
    - Päästöt eli emissiot

# Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden vaikutus sisäilmaan

- Sisäilman epäpuhtaudet
  - Rakennusmateriaalit
    - Rakennuslevyt/formaldehydi
  - Tekstiilit, kokolattiamatot
  - Kiviaines/sora/maapohja
    - Radon
  - Huonekalut
    - Liimat, lakat
  - Saumaus- ja tiivistysaineet
  - Pinnoitteet
    - Liimat, lakat, maalit
    - Formaldehydi
    - Orgaaniset yhdisteet
  - Myös palotilanteessa huomioitavaa
    - polyuretaani kehittää myrkyllistä kaasua palaessaan
- Ihminen
  - Hengitys = hiilidioksidi, hajut jne.
  - Vaatteet
    - Hiukkaset
    - Pöly
    - hajut
  - Tupakointi
  - Kosmetiikka-aineet
- Prosessit, teollisuus
  - Koneet, laitteet
    - Sähkö
    - Otsoni
    - Pöly
    - Kuumuus
    - kaasut, käryt
  - Valmistus
    - Ruoka
    - muu toiminta
  - Remontit, rakentaminen



# Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden vaikutus sisäilmaan

- Ulkoilman epäpuhtaudet
  - Maanpinnassa suurimmat pitoisuudet
    - N. 10 metrin korkeudessa pitoisuus puolittuu
- Luonto
  - Siitepölyt, allergeenit
  - Ilman biologiset epäpuhtaudet
- Liikenne
  - Pölyt
  - Hiilidioksidit
  - Typpioksidit
  - Raskasmetallit
- Teollisuus
  - Päästöt
  - Jäteilmat
  - Myrkyt
- Likainen poistoilma
  - Sairaalat
  - Ravintolat, keittiöt
  - Muut kiinteistöt
- Tupakansavu
- Epäorgaaniset kaasut

# Radon

- Radiumin kaasumainen hajoamistuote
  - On maaperässä ja kiviaineksen sisällä
  - Vapautuu ilmaan
  - Puoliintumisaika 1622 vuotta
  - Säteilyä mitataan Bq/m<sup>3</sup> (1 Bq = 1 becquerel = 1 hajoaminen sekunnissa)
  - Radioaktiivisuus aiheuttaa keuhkosyöpää
  - Keskimääräiset arvot suomessa 20 Bq/m<sup>3</sup>
  - Esiintyy kalliossa, sorassa, rakennusmateriaaleissa (kiviaineksesta valmistetut), pohjavedessä
  - Torjunta
    - Ilmastoinnin, paine-erojen avulla

# Hiilidioksidi

- CO<sub>2</sub>
- Uloshengityksessä vapautuva hajuton kaasu
- ppm-yksikkö
- Sisäilmastoluokituksessa tavoiterajat
  - Usein ilmanvaihdon automatiikka on ohjelmoitu tehostumaan 900 ppm raja-arvon kohdalla.

Ihmistä alkaa haukotuttamaan, kun hiilidioksidipitoisuus on n. >1200 ppm.

# Formaldehydi

- Teollisuuskemikaali
- Lastulevyt, laminaatit, päällysteet, paperituotteet ym.
- Aiheuttaa ärsytystä silmiin ja hengitysteihin
- Aineelle on annettu 8 tunnin HTP-arvoksi (Haitalliseksi todettu pitoisuus) 0,37 mg/m<sup>3</sup>
- Ainetta ei voida biomonitoroida (biologisen altistumisen mittaaminen) eli se liukenee nopeasti
- SFS-merkintä

# Tupakointi

- Aktiivinen ja passiivinen
- Aiheuttaa hengityseli- ja sydänsairauksia sekä syöpää
- Suurin sisäilmaan liittyvä kansanterveysongelma
- Tupakan epäpuhtaudet
  - Terva
  - Nikotiini
  - Hiilimonoksidi
- Aiheuttaa erityistä haittaa allergisille, keuhkosairaille ja lapsille

# Hiukkaskoot

- Pölyt  $< 100 \mu\text{m}$
- Huurut  $< 1 \mu\text{m}$
- Savut  $\sim 0,4 - 0,3 \mu\text{m}$
- Bakteerit  $\sim 0,4 - 5 \mu\text{m}$
- Virukset  $\sim 0,005 - 0,1 \mu\text{m}$
- Sieni-itiöt  $0,5 - 10 \mu\text{m}$
- Siitepöly  $10 - 100 \mu\text{m}$
- Terveydelle haitallisimmat hiukkaset ovat kooltaan  $< 2 \mu\text{m}$

**Mikro** (tunnus  $\mu$ ) on SI-järjestelmän kerrannaisyksikön etuliite, joka tarkoittaa miljoonasosaa ( $10^{-6}$ ). Esimerkiksi mikrometri ( $\mu\text{m}$ ) on miljoonasosa metriä (m) ja siten  $1\,000\,000 \mu\text{m} = 1 \text{ m}$ .

# KIITOS