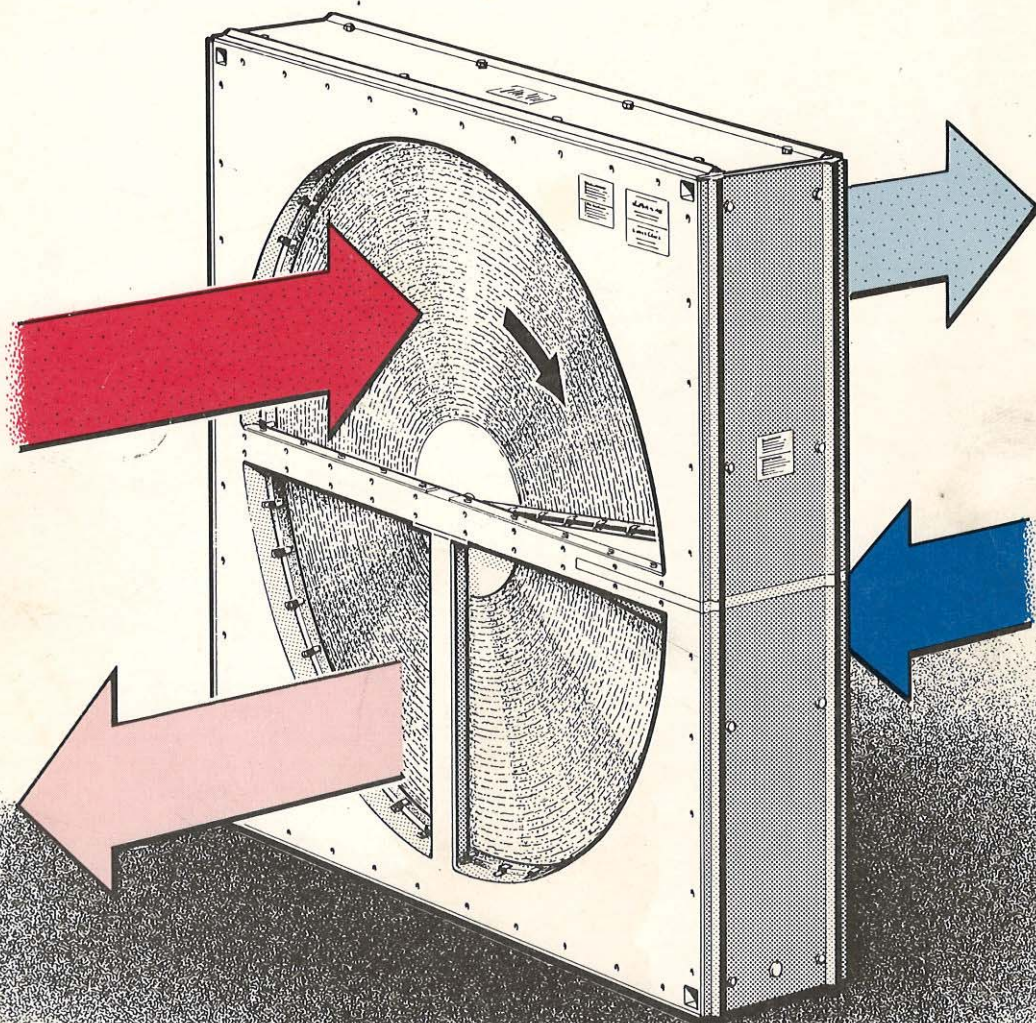


408 25:

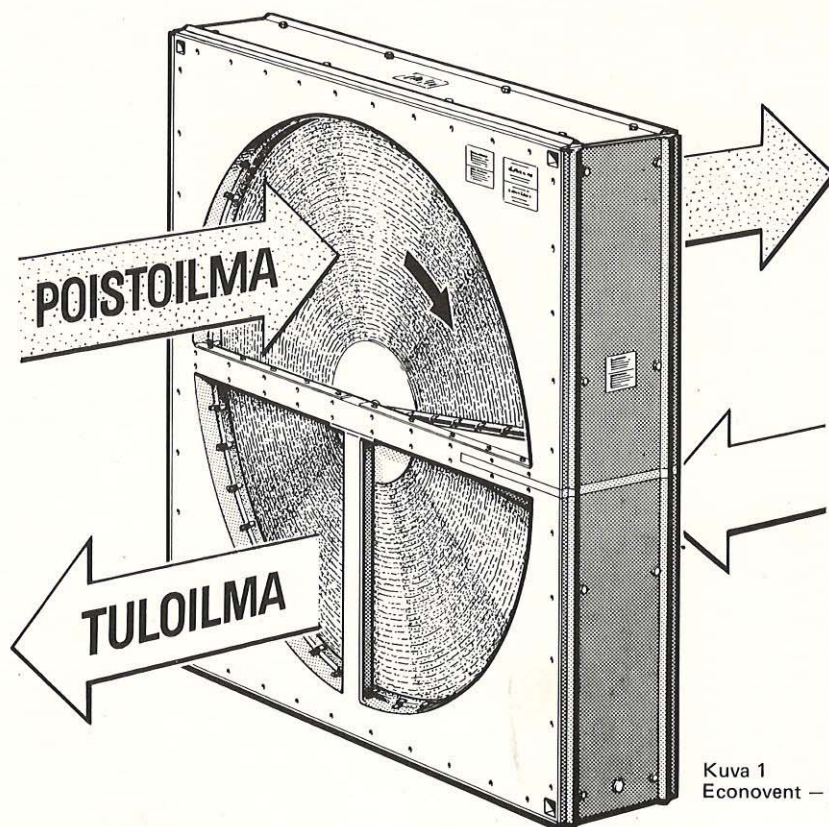


Econovent ET ja RT

lämmöntalteenottolaitteet
ilmastointijärjestelmiin



Yleistä



Kuva 1
Econovent — periaatekuva

Yleisesti myönnetään, että seinien ja katon hyvä lämpöeristys on tarpeen paitsi mukavuussyistä myös rakennusten lämmitys- ja jäähdytystarpeen pienentämiseksi. Ilmanvaihtoa taas tarvitaan hygieenisistä syistä. Tuloilma täytyy talvisaikaan lämmittää ja kesäaikaan jäähdyttää, jotta sisäilmasto voitaisiin pitää sopivana. Rakennusten ilmastointi-ilman käsittelemisessä kuluu yleensä monta kertaa enemmän lämpö- ja jäähdytysenergiaa kuin pelkät johtumislämpöhäviöt vievät.

Ulkoa otettavan raittiin ilman lämmitys- ja jäähdytys ovat näin ollen sekä energian- että tehontarpeeltaan yleensä ylivoimaisesti suurin menoerä rakennusten lämpötalouksissa. Eräs tapa pienentää näitä ilmastoinnin aiheuttamia kuluja on ottaa talteen mahdollisimman paljon poistoilman sisältämästä lämmöstä ja käyttää sitä tuloilman käsittelyyn. Tämä tehdään lämmöntalteenottolaitteilla.

Econovent ET ja RT ovat molemmat ilmastointilaitosten pyöriä regeneratiivisia lämmöntalteenottolaitteita.

- Econovent ET:llä on se ainutlaatuinen ominaisuus, että se ottaa talteen yhtä suurella hyötysuhteella sekä kuivan että kosteuteen sitoutuneen lämmön. Tämä vaihtelee valitun Econovent-koon ja ilmamäärän mukaan. Käytännössä se on yleensä 70–80 %. ET soveltuu kohteisiin, joissa poistoilman kosteus halutaan ottaa talteen, esim. sairaalat, konttorit, koulut ja tekstiiliteollisuus.
- Mallilla RT on sama lämpötilahyötysuhde kuin mallilla ET, kuitenkin kosteudensiirtohyötysuhde on yleensä alhaisempi. Malli RT on suunniteltu kohteisiin, joissa kosteuden talteenottoa ei pidetä tarpeellisenä tai toivottavana, etenkin kun kyseessä ovat teollisuustilat ja prosessi-ilmastointi.

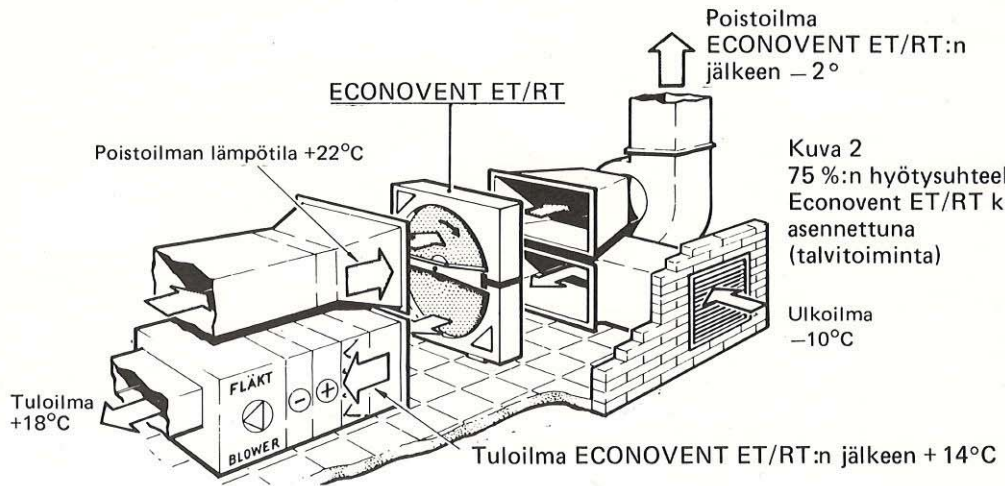
Korkea hyötysuhde sekä ilmastoinnin määräävä vaikutus energiankulutukseen aiheuttavat sen, että Econoventin käytön merkitys rakennusten lämpötalouteen on suurempi kuin seinäeristysten.

Kuten mainittua, vievät ulkoilman lämmitys ja jäähdytys huomattavan osan – usein 70–80 % – rakennusten lämmitykseen kaikkiaan käytetystä energiamäärästä. Asentamalla ilmastointilaitokseen Econovent on mahdollista vähentää kokonaislämmöntarvetta 50 % tai enemmänkin ja samalla pienentää vastaavasti sekä lämmityslaitoksen käyttö- että perustamiskustannuksia. Tämä yhdessä korkeiden energian hintojen kanssa tekee Econoventista erittäin taloudellisen hankinnan, jolla on laajat sovellutusmahdollisuudet.

Tärkeimmät Econoventin käytöllä saavutetut edut ovat seuraavat:

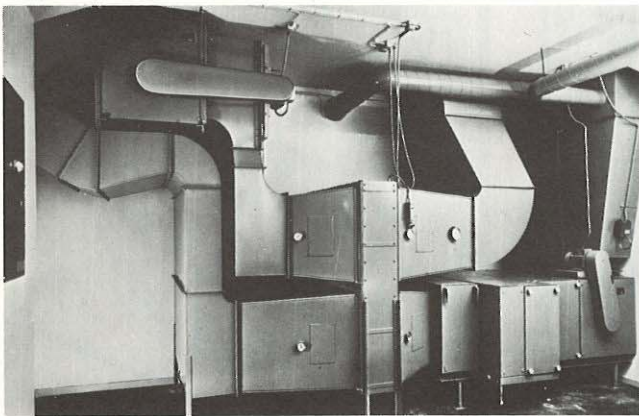
1. **Pienentynyt lämmöntarve** aiheuttaa säästöjä lämpökeskuksen hankintakustannuksissa. Rakennusta laajennettaessa tai ilmanvaihtoa tehostettaessa voidaan usein välttyä lämpökeskuksen laajentamiselta.
2. **Sähkö- tai kaukolämmityksen liittymismaksut ja vuotuiset tehomaksut pienenevät.**
3. **Energiankulutus pienenee.**
4. **Pienentynyt energiankulutus säästää** myös luonnonvaroja, valuuttaa ja ympäristöä.
5. **Kostutuslaitteita voidaan pienentää** tai jopa luopua niistä kokonaan kosteuden silti pysyessä miellyttävällä tasolla.
6. **Säästöä aiheutuu** myös jäähdytyslaitoksen hankintakustannusten pienemisen ansiosta.

Yleistä

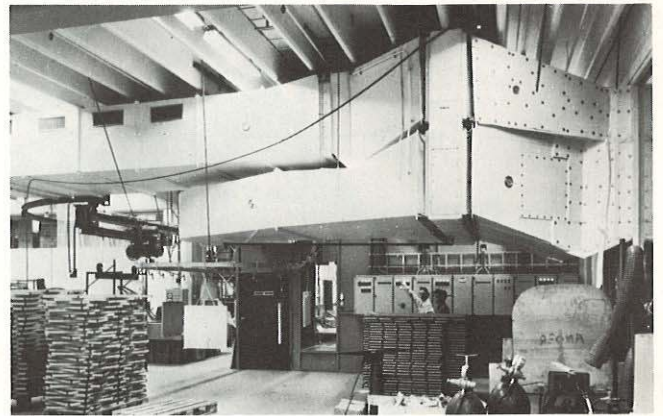


Kuva 2
75 %:n hyötysuhteella toimiva
Econovent ET/RT kanavaan
asennettuna
(talvitoiminta)

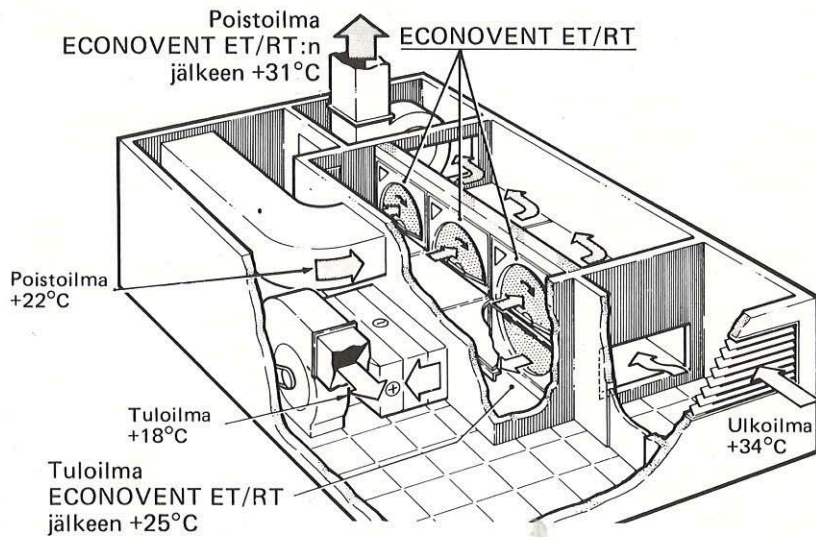
Ulkoilma
 -10°C



Kuva 3

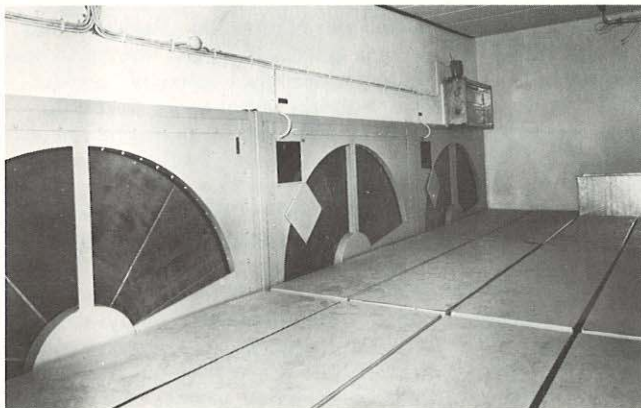


Kuva 4

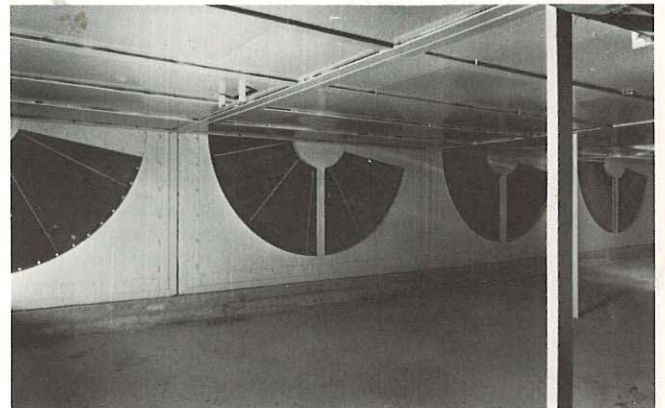


Kuva 5
75 %:n hyötysuhteella
toimiva Econovent ET/RT
kammioasennuksena
(kesätoiminta)

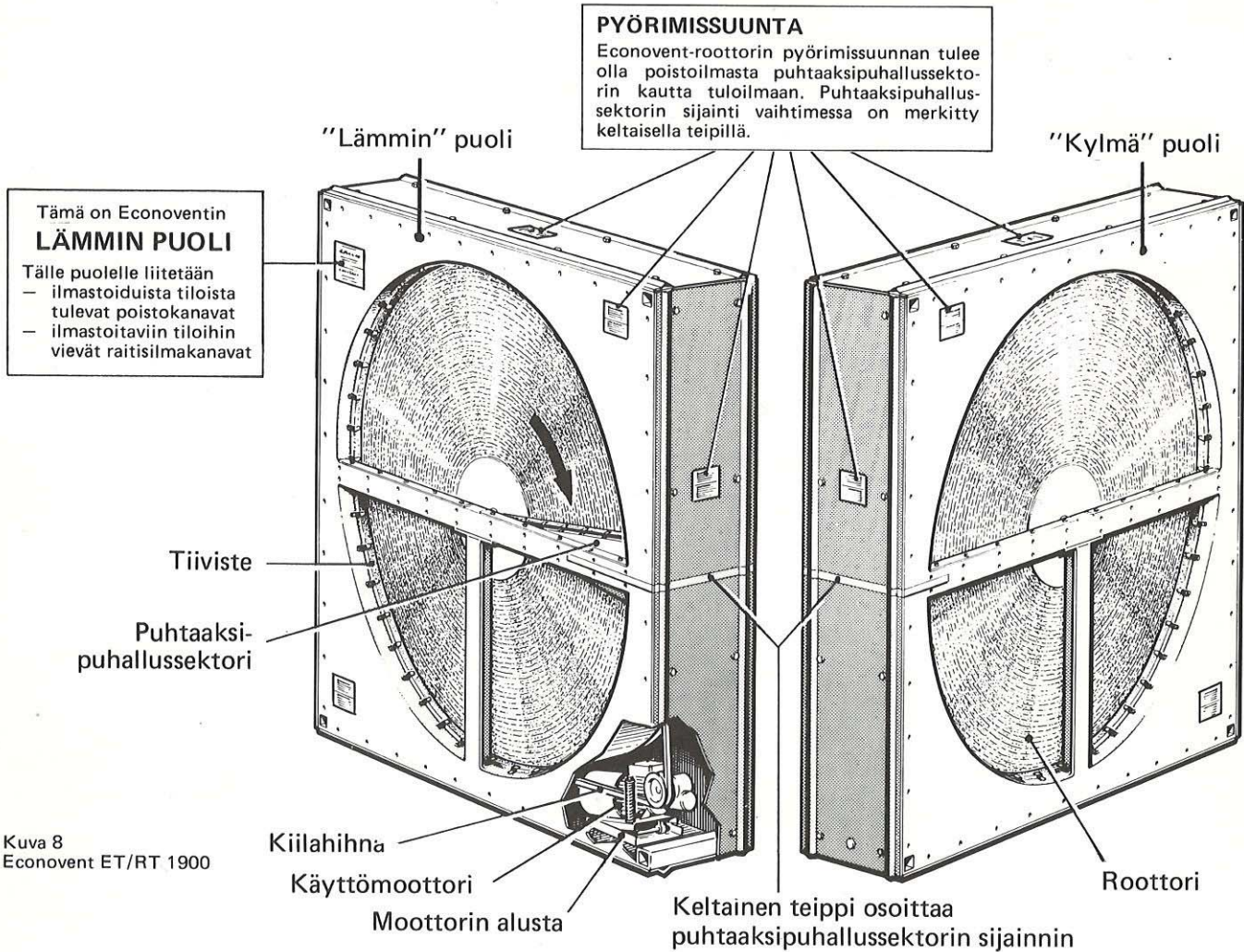
Kuva 6



Kuva 7



Rakenne



Kuva 8
Econovent ET/RT 1900

Econovent ET ja RT käsittävät jäykkään teräsrunkoon akselistaan laakeroidun roottorin, pyöritysmoottorin alustoineen, vetohihnan ja tiivisteet. Keskipalkki ja rungon kehys on varustettu kierteitettyillä rei'illä kanavien liittämistä varten. Rungon sisäkehukseen sekä keskipalkkiin on asennettu tiivisteliset, joilla tiivistetään rungon ja roottorin väli. Toisessa keskipalkissa sijaitsee nk. puhtaaksipuhallussektori, joka estää poistoilman siirtymisen tuloilmaan. Econovent ET ja RT voidaan toimittaa myös ilman puhtaaksipuhallussektoria.

Roottoria pyörittää (maksimikierros-luku 20 r/min) vaihteistolla varustettu 3-vaihemoottori, joka on asennettu alustalleen. Pyöritysvoima siirretään säädettävän kiilahihnan välityksellä roottorille.

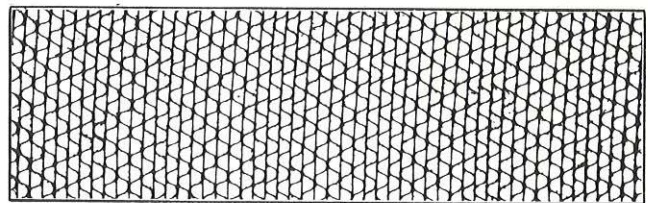
Käyttömoottoreita on kahta mallia:

Vaihtoehto 1

Säädettävälle kierrosluvulle, jolloin moottori liitetään sähköverkkoon (380/220 V, 50 Hz) kierroslukusäätimen (Thyrovent 313-3) ja moottorisuojan kautta. Ohjaamalla kierroslukua lämpötilan mukaan voidaan automaattisesti säätää laitteen hyötysuhdetta ja siten myös tuloilman lämpötilaa Econovent ET:n ja RT:n jälkeen.

Vaihtoehto 2

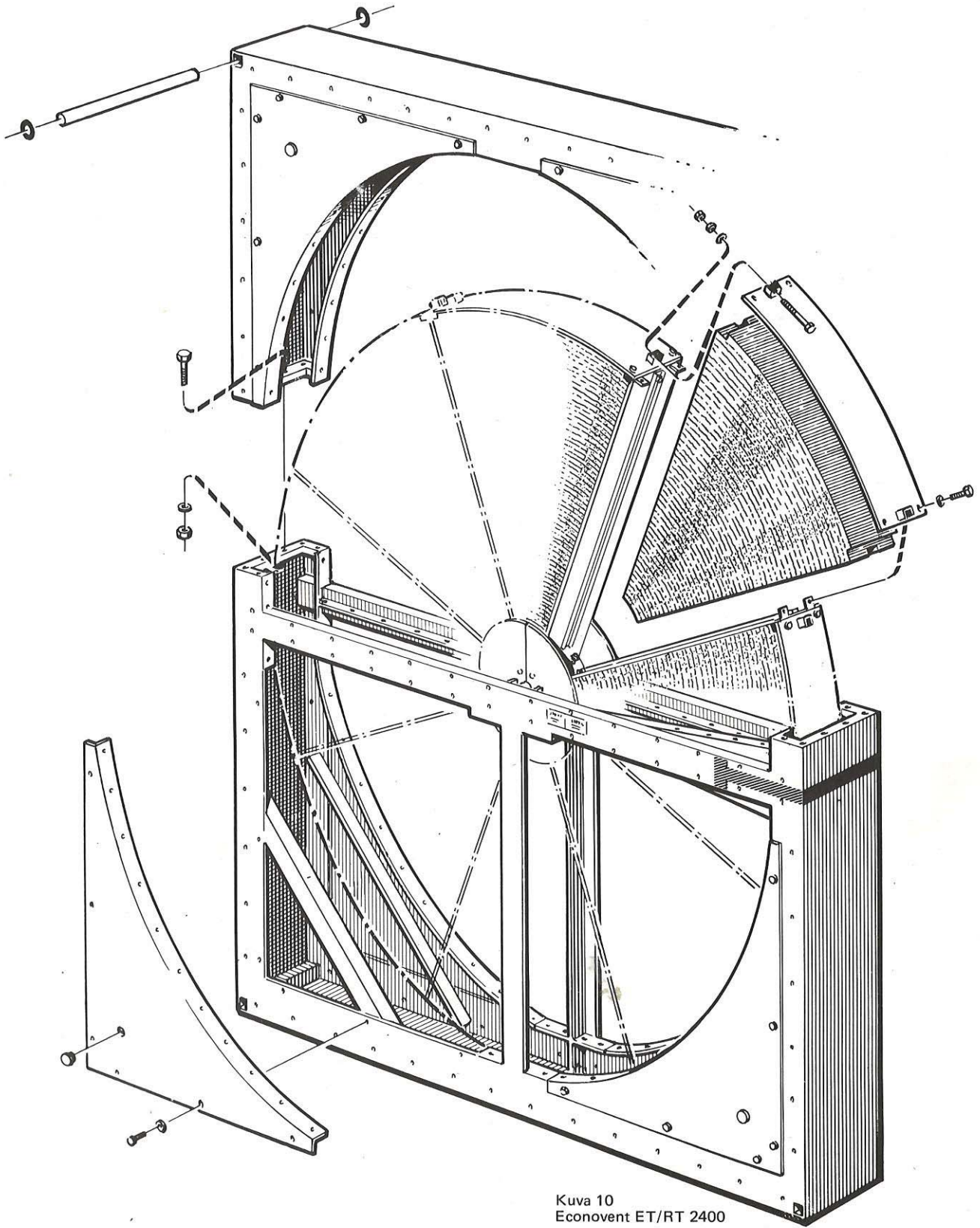
Kiinteälle kierrosluvulle, jolloin moottori liitetään moottorisuojan kautta suoraan verkkoon (380/220 V, 50 Hz).



Kuva 9
Roottorimateriaali luonnollisessa koossa.
Roottorin vakiosyvyys on 200 mm.

Roottorikonstruktion kuuluu napa laakeroituine akselileineen. Napaan on kiinnitetty säteistuet, jotka roottorin kehällä on yhdistetty toisiinsa peltilevyillä. Roottoriaines on kiinnitetty ko. tukien ja kehälevyn väliin. Roottori koostuu päällekkäisistä, erikoiskäsitellyistä folioista valmistetuista, vuoroin suorista, vuoroin aaltoilevista liuskoista, jotka muodostavat lukemattomia akselinsuuntaisia reikiä, joiden läpi ilma virtaa. Foliomateriaali ET-tyyppissä on erikoiskäsiteltyä alumiinia, jolla on erittäin hyvät hygroskooppiset ominaisuudet. RT-mallissa käytetään ei-hygroskooppista foliota. Lämmönsiirtopintaa on 3.000 m²/m³ roottoriainetta. Yksittäisen pikku kanavan läpimitta on n. 1,5 mm. Roottorimateriaali peittää laitteen otsapinnasta n. 5%. Sektorioimattomat "yhdestä puusta" tehdyt roottorit malleihin ET/RT voidaan toimittaa halkaisijaltaan aina 2.900 mm:iin asti. Sektoroituja roottoreita on saatavissa kaikkia kokoja, mutta näitä käytetään yleensä vain suurimissa tyypeissä.

Rakenne



Kuva 10
Econovent ET/RT 2400

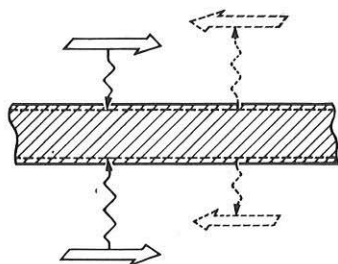
Toiminta

Tuloilma läpäisee roottorin toisen puolikkaan ja poistoilma vastakkaiseen suuntaan toisen puolikkaan. Näin ollen roottorin läpi virtaa vuoroin tulo- ja vuoroin poistoilmaa ja aina vastakkaisiin suuntiin. Tarkastelemme nyt, miten lämmönsiirto Econovent ET ja RT:ssä tapahtuu täydellä kierrosluvulla (n. 20 r/min) ja yhtä suurilla tulo- ja poistoilmamäärillä talvisaikana (kuva 11). Roottoriin muodostuu tasaisesti kasvava ohut lämpökerros siten, että koko ulkoilmaan päin olevan päädyn lämpötila on hieman ulkolämpötilaa korkeampi. Toisen, ilmastoitaviin tiloihin päin olevan päädyn lämpötila taas on jonkin verran alempi kuin poistoilman lämpötila ennen Econoventia. Kun ulkoilma saavuttaa roottorin kylmän päädyn, jonka lämpötila on siis hieman ulkolämpötilaa korkeampi, siirtyy lämpö roottorin seinämiä tuloilmaan, joka siirryessään roottorin pikku kanavissa eteenpäin sitoo itseensä yhä enemmän lämpöä. Lämmönsiirtoa tapahtuu siis koko sillä matkalla, jonka tuloilma kulkee roottorissa, niin että jättäessään roottorin on tuloilman lämpötila vähän lämmintä roottorin päätyä alkaisempi. Vastavalla tavalla on roottorin lämmin pääty jonkin verran poistoilman lämpötilaa alhaisempi, joten lämmön täytyy siirtyä poistoilmasta roottorin seinämiin. Lämmön siirtyminen jatkuu samalla tavalla poistoilman jatkaessa kulkuaan roottorin kanavissa. Poistoilma jäähtyy näin tehokkaasti ja jättäessään lämmönsiirtomateriaalin sen lämpötila on hieman roottorin kylmää päätyä korkeampi. Kesäaikaan, jolloin ulkoilma on poistoilmaa lämpimämpää, jäähdyy jälkimäinen edellistä.

Edellä on kuvattu lämmön siirtyminen ET- ja RT-tyypeissä. Samalla tavalla voidaan kuvata myös kosteudensiirto, sillä onhan ET:llä erittäin hyvät hygroskooppiset ominaisuudet.

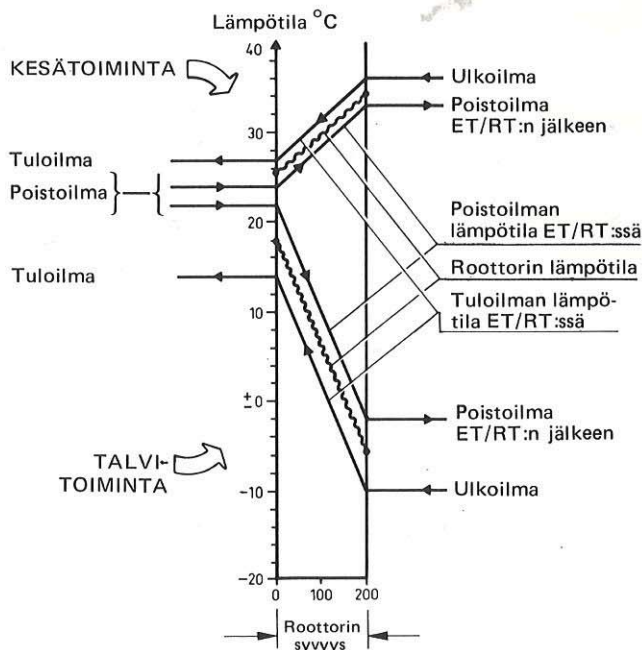
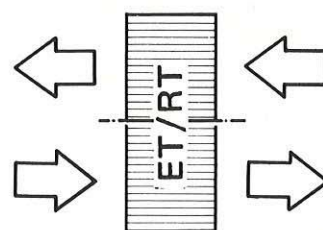
On tärkeää muistaa, että edellä kuvattu yhteys lämmönsiirron ja kosteudensiirron välillä perustuu ET:n hyviin hygroskooppisiin ominaisuuksiin. Jotta nämä ominaisuudet saavutetaan, edellytetään mm.

- tietty hygroskooppinen materiaali
- hygroskooppisen materiaalin tietty paksuus
- joustava materiaali, joka helpottaa kosteuden siirtoa.

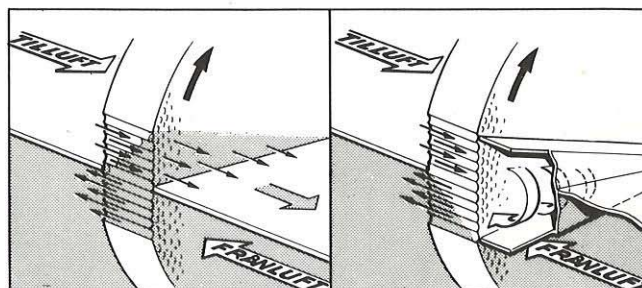


Kuva 12 Periaatekuva osoittaa kosteuden imeytymisen roottorin pintaan ja siirtymisen toiseen ilmapirtaan.

Kuva 12 osoittaa, kuinka kosteuden siirtyminen periaatteessa tapahtuu. Ehyellä viivalla piirretyt nuolet esittävät poistoilmaa, joka virtaa poistokanavaan liitetyn Econovent ET:n puolikkaan läpi. Vesihöyryn paine poistoilmassa on korkeampi kuin roottorimateriaalin pinnassa, ja kosteus siirtyy näin ollen ilmapirrasta kanavan seinämään. Hetken päästä on tämä roottorin osa siirtynyt tuloilmapuolelle, jossa raitis ilma virtaa roottorin läpi vastakkaisuuntaisesti. Koska nyt vesihöyryn osapaine tuloilmassa on pienempi kuin roottorin seinämässä, siirtyy kosteus roottorista tuloilmapuolelle. Käytännössä kosteus siirtyy näin samalla hyötysuhteella kuin lämpökin. Tämä on Econovent ET:n tärkeä etu, koska useinkin kesäaikaan suurimman osan muodostava latentti lämpö voidaan näin tehokkaasti saada talteen.



Kuva 11 Kuva osoittaa lämmön siirtymisen kesä- ja talviaikana tulo- ja poistoilmavirtojen ollessa yhtä suuret. Hyötysuhde on 75 %.



Kuva 13 Ilman puhtaaksipuhallusta

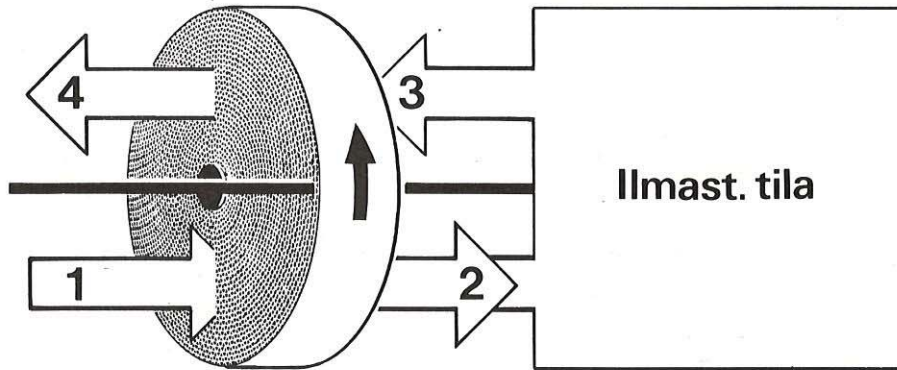
Kuva 14 Puhtaaksipuhallussektorilla varustettuna

Puhtaaksipuhallus

Econovent ET/RT-standardityypit on varustettu puhtaaksipuhallussektorilla, joka minimoi kaasujen, höyryjen, hajujen, hiukkasten, bakteerien jne. siirtymisen. Poistoilman siirtymisen tulopuolelta on estetty rakentamalla Econoventiin nk. puhtaaksipuhallussektori, jossa raittiilla ilmalla puhalletaan roottori puhtaaksi, ennen kuin se siirtyy tulopuolelle. Toiminta perustuu raitisilmapuolella ennen Econoventia ja poistopuolella Econoventin jälkeen vallitsevaan paine-eroon. Tietyissä tapauksissa, etenkin konttoreissa, kouluissa, hotelleissa yms. ei tällä siirtymisellä ole merkitystä.

Tämän vuoksi voidaan tyypit ET ja RT toimittaa myös ilman puhtaaksipuhallussektoria. Laite, jossa on puhtaaksipuhallussektori, edellyttää, että puhaltimen ilmamäärä on suurempi, joten ilman puhtaaksipuhallussektoria oleva laite tulee edullisemmaksi – mikäli sitä ei välttämättä tarvita. Kokeet ovat osoittaneet, että poistoilman siirtyminen tuloilmapuolelle on vain 0,05–0,2 %. Ilman puhtaaksipuhallussektoria se on n. 2–4 %. Yllä oleva kuva esittää toiminnan sekä ilman että puhtaaksipuhallussektorilla varustettuna.

Hyötysuhde



Kuva 15

Määritelmiä:

Tuloilman lämpötilahyötysuhde	$\eta_{ts} = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}$
Tuloilman kosteudensiirtohyötysuhde	$\eta_{xs} = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}$
Tuloilman entalpiahyötysuhde	$\eta_{is} = \frac{i_2 - i_1}{i_3 - i_1}$
Poistoilman lämpötilahyötysuhde	$\eta_{te} = \frac{t_4 - t_3}{t_1 - t_3}$
Poistoilman kosteudensiirtohyötysuhde	$\eta_{xe} = \frac{x_4 - x_3}{x_1 - x_3}$
Poistoilman entalpiahyötysuhde	$\eta_{ie} = \frac{i_4 - i_3}{i_1 - i_3}$

t = lämpötila °C

x = vesisisältö grammaa vettä per kilo ilmaa (g/kg)

i = lämpösisältö (kJ/kg)

Tyyppi ET

Valintakäyrältä saadaan kosteus- ja lämpötilahyötysuhde. Täydellä kierrosluvulla ja yhtä suurilla tulo- ja poistoilmamäärillä pätee tyypille ET seuraava kaava:

$$\eta_{ts} = \eta_{xs} = \eta_{te} = \eta_{xe}$$

Suurimmalla kierrosluvulla ja eri suurilla tulo- ja poistoilmamäärillä ovat tuloilman hyötysuhteet keskenään yhteydessä samoin kuin poistoilman hyötysuhteet.

$$\eta_{ts} = \eta_{xs} \quad \eta_{te} = \eta_{xe}$$

Kuinka hyötysuhde eri suurille ilmamäärille määrätään, selviää valintakäyrästä. Kun ET-malli samoin kuin tulo- ja poistoilmamäärät on määrätty, ovat kosteus- ja lämpötilahyötysuhteet riippumattomia tulo- ja poistoilman tilasta.

Tyyppi RT

Valintakäyrästä saadaan lämpötilahyötysuhde. Täydellä kierrosluvulla ja yhtä suurilla tulo- ja poistoilmamäärillä pätee tyypille RT

$$\eta_{ts} = \eta_{te}$$

Kuinka lämpötilahyötysuhde eri suurille ilmamäärille määrätään, selviää valintakäyrästä. Kun RT-malli samoin kuin tulo- ja poistoilmamäärät on annettu, on lämpötilahyötysuhde riippumaton tulo- ja poistoilman tilasta. RT-malli siirtää ainoastaan kuivaa lämpöä, kunnes vesihöyryn tiivistymistä roottorissa esiintyy. Pienentämällä roottorin pyörimisnopeutta voidaan hyötysuhdetta laskea. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi tuloilman lämpötilan säädössä Econoventin jälkeen.

Malleissa ET ja RT ovat lämpötilahyötysuhteet yhtä suuret samoilla ilman nopeuksilla.

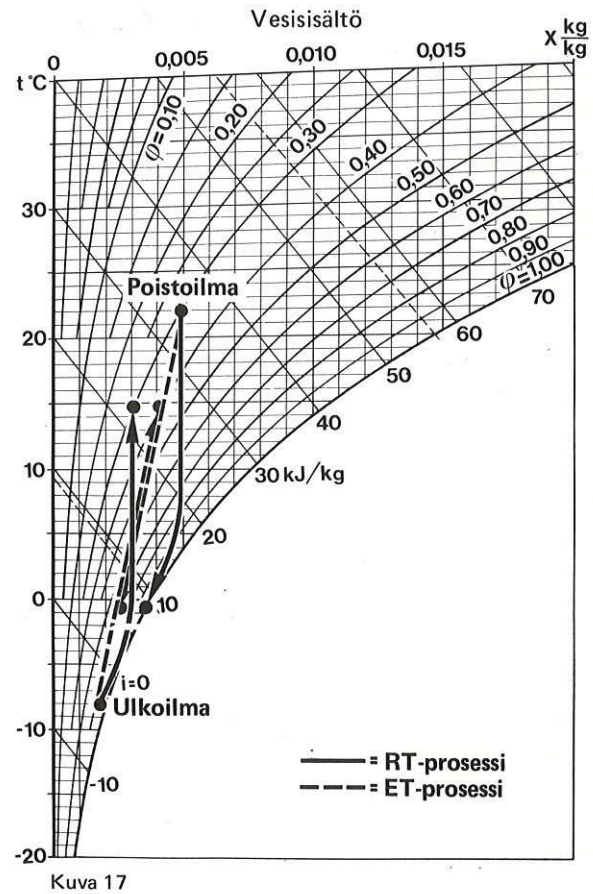
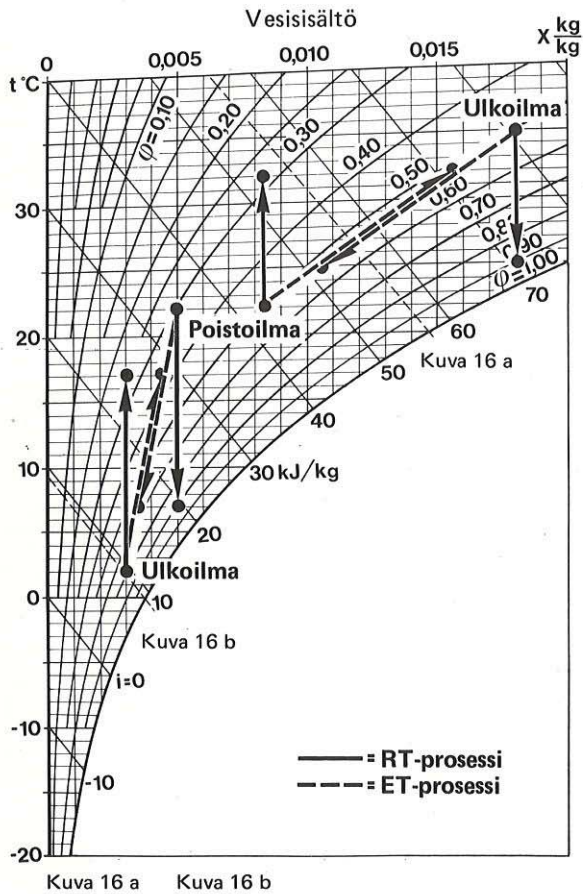
Toiminta Mollier-diagrammilla

Koska **ET-mallissa** ovat lämpötilan- ja kosteudensiirtohyötysuhteet yhtä suuret, kuvaa lämmönsiirtotapahtumaa tulo- ja poistoilman tilaa kuvaavien pisteiden yhdistysjana Mollier-diagrammilla.

RT-mallissa tapahtuu ainoastaan kuivan lämmön siirtymistä niin kauan kuin poistoilman vesihöyryn tiivistymistä ei esiinny. Kun tiivistyminen alkaa, haihtuu kosteus tuloil-

maan. Lämmönsiirtotapahtuman kulku Mollier-diagrammilla vaihtelee käyttöolosuhteiden mukaan eikä sitä näin ollen voida yleisesti määritellä.

Alla olevissa kuvissa on esitetty erilaisia käyttötappauksia malleille ET ja RT hyötysuhteen ollessa 75 %. Katkoviivat kuvaavat ET-prosessia, yhtenäiset viivat RT-prosessia.



Toiminta kesällä

Kuvassa 16 a on esitetty tapaus, jossa ulkoilma on kosteampaa ja lämpimämpää kuin huoneilma. ET-mallissa laskee tällöin sekä kosteus että lämpötila lähes poistoilman tasolle, tällöin saadaan entalpiahyötysuhteeksi 75 %. RT-mallissa laskee lämpötila yhtä paljon, mutta kosteuspitoisuus ei muutu. Tämän vuoksi on tuloilman entalpiahyötysuhde vain 25 %.

ET-mallin korkean kosteushyötysuhteen merkitys erityisesti kosteassa, lämpimässä ilmastossa selviää esimerkistä.

Talvikäyttö

Kuvassa 16 b on esitetty tapaus talvikäytöstä kohtalaisen alhaisessa lämpötilassa. Tiivistymistä RT-mallin roottorissa ei esiinny, ja tällöin ei tuloilman kosteus lisäännä. ET-mallin roottori sen sijaan kohottaa tuloilman kosteutta n. 1,5 g/kg ilmaa, mikä useinkin talvikäytössä on toivottua tuloilman kostuttamiseksi.

Talvikäyttö

RT-mallin roottori voi toimia ilman jäätymisvaaraa myöskin alle 0°C lämpötiloissa, vaikka poistoilman vesihöyryn tiivistymistä tapahtuu.

Kuvassa 2 on osoitettu tapaus, jolloin tuloilma sitoo kosteuden leikkaamatta kyllästymiskäyrää.

Kosteushyötysuhde RT-mallin roottorissa on 45 % em. tapauksessa.

ET-mallin roottori 75 %:n hyötysuhteella talteenottaa näissä olosuhteissa kosteutta 1 g/kg ilmaa enemmän kuin RT-mallin roottori. Tällöin ilmastoiduissa tiloissa saavutetaan huomattavasti korkeampi kosteustaso.

Toiminta Mollier-diagrammilla

Milloin jäätymistä voi esiintyä?

Malli ET

Jäätymisvaara esiintyy mallissa ET silloin kun poistoilman ja tuloilman tilaa kuvaavien pisteiden yhdistysjana leikkaa kyllästymiskäyrän. Täten ET-roottori toimii ilman jäätymisvaaraa kuvassa 18 osoitetussa tapauksessa.

Malli RT

Mallissa RT ei prosessi Mollier-diagrammilla eikä näin ollen myöskään jäätymisvaaran toteaminen etukäteen ole yhtä yksinkertaista kuin mallissa ET. Tekijöitä, jotka tähän vaikuttavat, ovat mm. ilman nopeus, ulkoilman lämpötilan pysyvyys sekä hyötysuhde.

Normaalin ulkoilman lämpötilan pysyvyyden ja ilman nopeuden vallitessa pätevät samat säännöt kuin mallissa ET, toisin sanoen tuloilman ja poistoilman tilaa kuvaavien pisteiden yhdistysjana ei saa leikata kyllästymiskäyrää.

Miten estää jäätyminen?

Jäätymisen estämiseksi on valittavissa useita erilaisia keinoja, mm. esilämmitys, vaihtimen ohitus ja roottorin kierrosluvun alentaminen. Esilämmitys voidaan suorittaa joko tulo- tai poistoilmaa lämmittämällä.

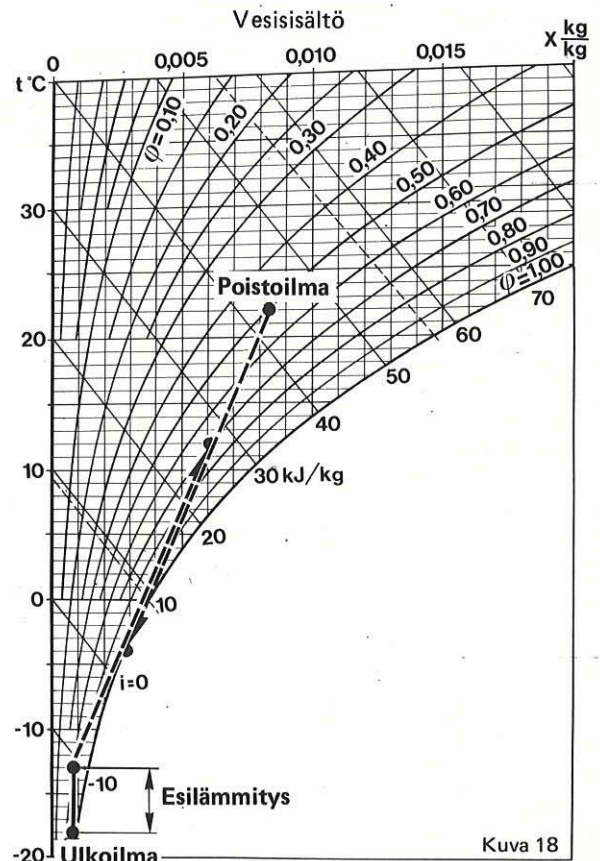
Toiminta Mollier-diagrammilla Econoventin pyöriessä osateholla

Koska lämmönsiirtohyötysuhde pienenee roottorin pyörimisnopeuden mukana, voidaan tuloilman lämpötilaa Econoventin jälkeen säätää muuttamalla roottorin käyttömoottorin kierroslukua.

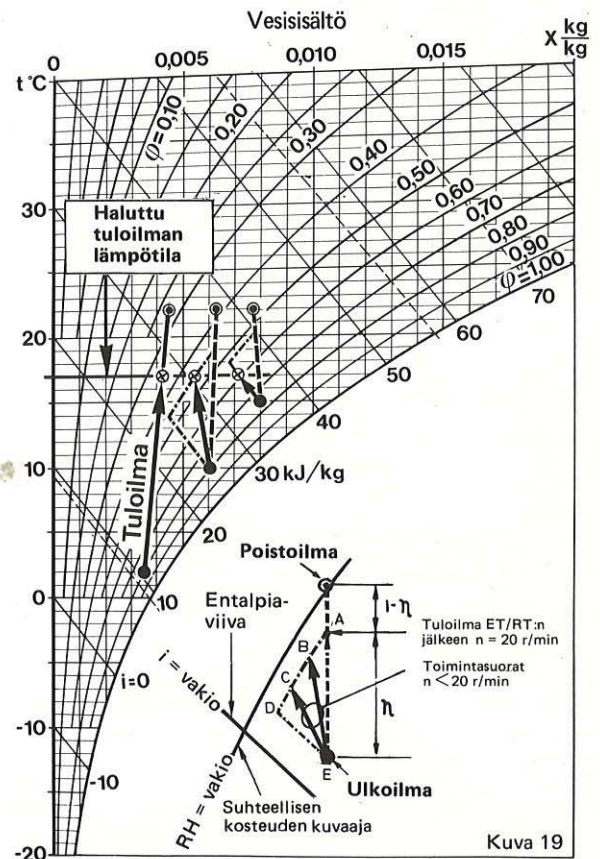
Seuraavassa kuvataan mallin ET toiminta Mollier-diagrammilla eri pyörimisnopeuksilla.

1. Täysi nopeus ($= 20 \text{ r/min}$). Tällöin saavutetaan nimellishyötysuhde ja toiminta tapahtuu kuten edellä jo kerrottiinkin poisto- ja tuloilman tilaa kuvaavien pisteiden yhdistysjanaa pitkin.
2. Osatehot. Mitä hitaammin säätöjärjestelmä pakottaa Econoventin pyörimään, jotta tuloilma vaihtimen jälkeen olisi toivotun lämpöistä, sitä enemmän poikkeaa toimintaa kuvaava viiva poisto- ja tuloilman tilaa osoittavien pisteiden yhdistysjanasta, lähestyen entalpiaviivojen kaltevuutta. Se ilmavirta, jonka suhteellinen kosteus on suurempi, pyrkii samaan suhteelliseen kosteuteen kuin kuivemalla ilmalla on ja päinvastoin. Ilmantilan muutokset pienenevän kierrosluvun mukaan voidaan periaatteessa esittää kuvan 19 merkityllä tavalla kirjainmerkintöjen A–E mukaisesti. Piste A esittää tuloilman tilaa Econoventin jälkeen täysillä kierroksilla, pisteet B–C vastaavaa ilmantilaa pienemmällä pyörimisnopeuksilla. E osoittaa ulkoilman tilan. Voidaan sanoa, että Econoventin jälkeistä ilmantilaa kuvaa hyvin piste, joka on samalla suhteellista kosteutta kuvaavalla käyrällä kuin piste A. Kun kierroslukua edelleen pienennetään, liikkuu tuloilman tilaa Econoventin jälkeen kuvaava piste D:stä kohti pistettä E entalpiapysyessä muuttumattomana.
3. Roottori ei pyöri ($n = 0 \text{ r/min}$). Kun roottori ei pyöri, ovat sekä lämpötila että kosteus-hyötysuhteet $= 0$.

Tuloilman kosteuden laskemiseksi RT:n jälkeen ei ole olemassa mitään yksinkertaista kaavaa, vaan se on määriteltävä tietokoneohjelman avulla, jossa syötetään poisto- ja tuloilman arvot ennen RT:tä sekä haluttu tuloilman lämpötila. Useinkin tuloilman kosteudella RT:n jälkeen on merkitystä ainoastaan teoriassa, koska RT on suunniteltu käytettäväksi ennen kaikkea kohteissa, joissa kosteuden talteenotto ei ole välttämätöntä eikä toivottavaa.



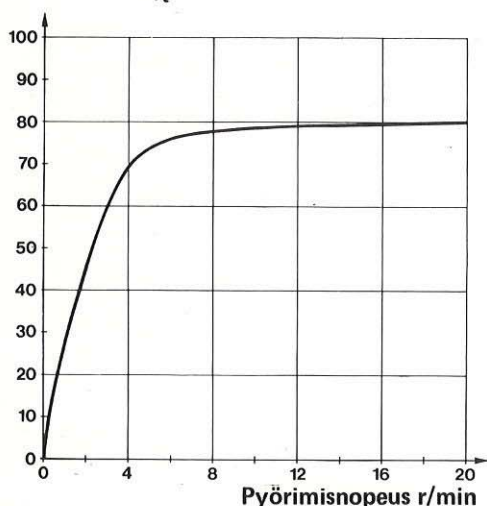
Kuva 18



Kuva 19

Säätö

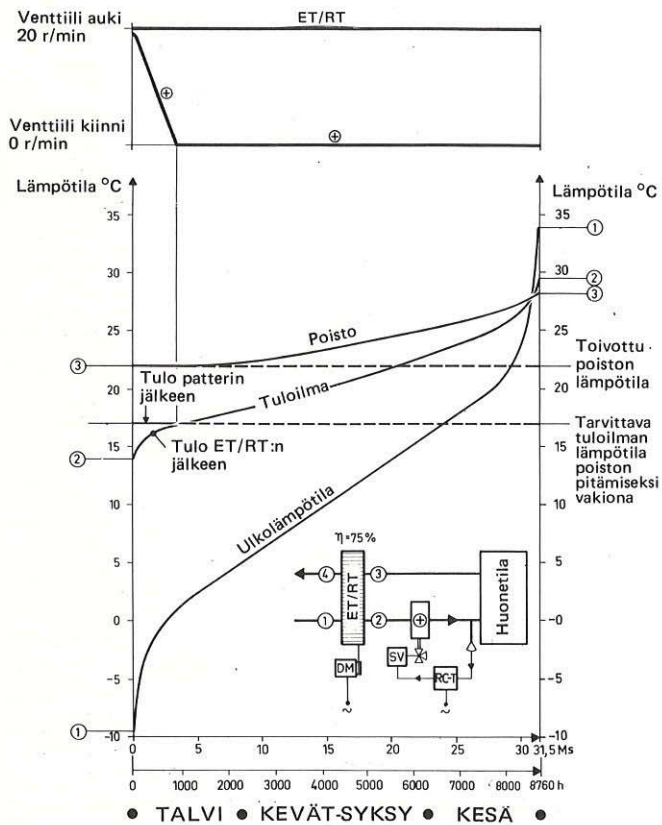
Hyötysuhde $\eta_t\%$



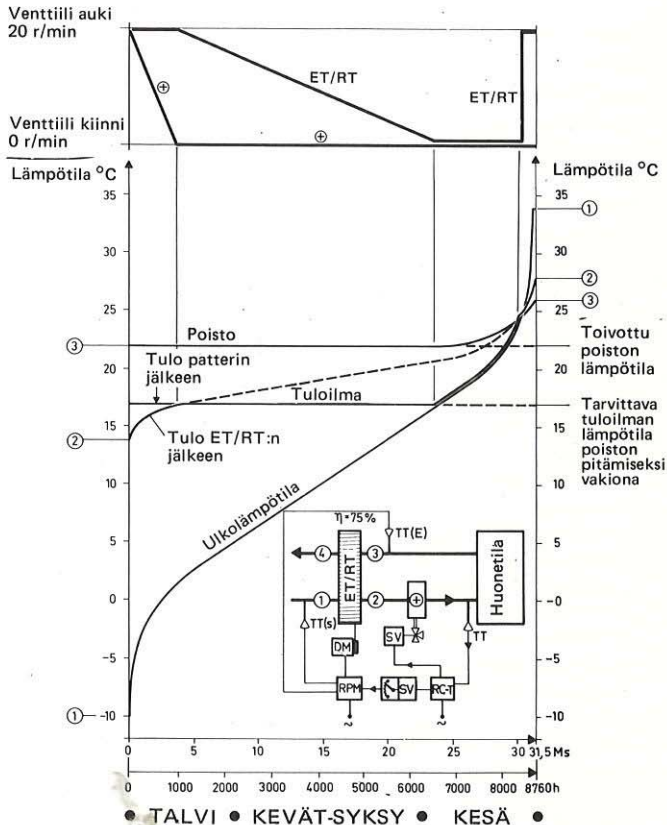
Kuva 20
Esimerkki: hyötysuhde ja pyörimisnopeus riippuvat toisistaan.

- = kierrosluvun säätökeskus
- = lämpötilan säätökeskus
- = Econovent-pyöritysmoottori
- = moottoriventtiili
- = moottoripotentimetri
- = moottoripelti
- = lämpötila-anturi
- = suht. termostaatti

Kuva 21
Säätölaitteiden merkinnät.



Kuva 22
Tätä järjestelmää ei ole varustettu Econoventin kierroslukusäädöllä, ts. roottori pyörii täydellä kierrosluvulla. Näin ollen ei tuloilman eikä huoneilman lämpötilaa voida pitää vakiona.



Kuva 23
Tässä järjestelmässä on hyötysuhteen säätö. Tuloilman ja siten myös ilmastoidun tilan lämpötilä voidaan pitää säädetyssä arvossa.

Yleistä

Econovent ET/RT:n tuloilmaan siirtämää lämpömäärää voidaan säätää automaattisesti samaan tapaan kuin säädetään lämmitys- ja jäähdytyspatterin tehoa. Econoventin hyötysuhde muuttuu nimittäin roottorin pyörimisnopeuden mukaan. Näin ollen voidaan lämmönsiirtoa säätää portaattomasti muuttamalla pyöritysmoottorin kierroslukua. Tähän käytetään kierrosluvun säätökeskusta, joka muuttaa

verkkojännitteen kulloistakin kierroslukua vastaavaksi. Moottorille syötetyn jännitteen ja siten myös roottorin pyörimisnopeuden määrää kierrosluvun säätökeskukseen kytketty potentimetrivastus, joka käytännössä on joko suhteellinen termostaatti (elektromekaaninen järjestelmä) tai potentimetrillä varustettu säätömoottori, jota ohjaa ilmastointikojeen säätökeskus (elektroninen järjestelmä)

Suunnitteluohjeita

Tarkastusluukut

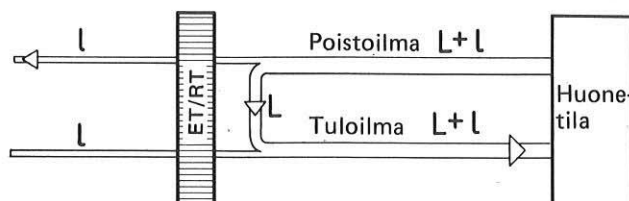
Suunnittelussa on otettava huomioon, että Econovent on tarvittaessa voitava puhdistaa ja tarkastaa kaikilta neljältä sivulta. Kanavaan on asennettava tarkastusluukut molemmin puolin välittömästi vaihtimen viereen roottorin huoltoa ja tarkastusta silmällä pitäen.

Suunnittele laitos niin, ettei lunta tai vettä pääse Econoventiin

Lyhytaikainen pienten vesipisaroiden tai lumihitaleiden pääsy Econoventiin ei vahingoita sitä, mutta suurempia määriä on syytä välttää. Tästä syystä on raitisilmasäleikkö mitoitettava niin pienelle ilmamäärälle, että suuret hiukaset eivät kulkeudu raittiin ilman mukana.

Lämmöntalteenotto ja kiertoilma

Kohteissa, joissa tarvitaan tietty ilmamäärä (L + I) lämmi-



Kuva 24

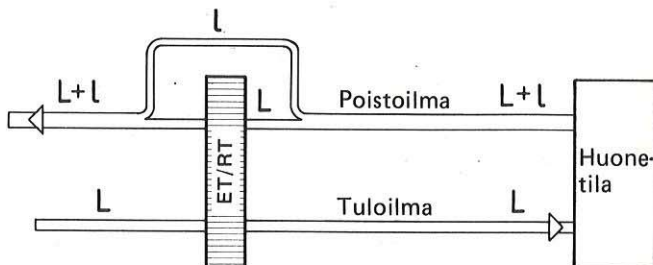
tyksen tai jäähdytyksen takia ja raitista ilmaa tarvitaan vain pieni määrä (I) suhteessa koko ilmamäärään, on syytä käyttää lämmönsiirrintä vain raittiin ilman lämmitykseen ja kierrättää loppua ilmamäärää.

Kanavien eristys

Eristä sekä tulo- että poistoilmakanavat Econoventin ja ulkosäleikköjen välillä, koska ne ovat kylmät talvisaikaan. Tulo- ja poistoilmakanavat on eristettävä huoneen ja Econoventin välillä silloin kun ne kulkevat kylmien tilojen läpi. Tällä eliminoidaan turhat lämpöhäviöt.

Yhtä suuret tulo- ja poistoilmamäärät

Taloudellisista syistä on pyrittävä käyttämään yhtä suuria tulo- ja poistoilmamääriä. Jos ilmamäärät poikkeavat toisistaan paljon, on syytä ajaa erotus Econoventin ohi.



Kuva 25

Minimikierrosluvun asetus

Jotta tuloilman lämpötila vaihtimen jälkeen voitaisiin pitää samana kuin ulkoilman lämpötila (mikä on toivottavaa silloin kun ulkoilman jäähdytyskykyä voidaan käyttää hyväksi), täytyy kierrosluvunsäädin säätää siten, että roottori on täysin pysähtynyt, kun lämmöntalteenottoa ei tarvita. Tietyissä olosuhteissa on kuitenkin mahdollista, että roottori likaantuu tai tulee epätasapainoiseksi, jos se joutuu seisomaan liian kaun. Syynä on se, että roottorin itsepuhdistumiskyky katoaa ja kosteuden tasainen jakautuminen roottorissa estyy.

Siksi minimikierroslukua (ts. kierroslukua silloin kun lämpöä ei tarvita) valittaessa on huomioitava seuraavaa:

A. Normaalitytapauksissa eli ilman ollessa suhteellisen puhtaasta ja kosteuseron poisto- ja tuloilman välillä ollessa kohtuullinen, ei mitään likaantumisen- ja tasapainotusongelmia synny. Tällöin asetetaan säädin siten, että Econovent ET ja RT ovat pysähdyksissä, kun lämmöntalteenottoa ei tarvita eli minimikierrosluku = 0.

B. Sellaisissa tiloissa, joissa roottorin tasapainotomuutta tai likaantumista voidaan olettaa tapahtuvan tai missä myöhemmin osoittautuu käyvän näin, on ongelman ratkaisemiseksi kaksi vaihtoehtoa:

1. Minimikierrosluku ≥ 0

Kierrosluvunsäädin asetellaan siten, että tilanteessa, jossa ei tarvita lämmöntalteenottoa, roottorin pyörimisnopeudella on mahdollisimman alhainen, vakaa arvo. Tällöin siirtyy poistoilmasta alhaisesta kierrosluvusta huolimatta jonkin verran lämpöä tuloilmaan (ks. sivu 9). On siis huomattava, että joka ilman lämpötila tulee olemaan hieman korkeampi kuin alunperin on suunniteltu (mikäli laitoksessa ei ole jäähdytystä) tai mikäli jäähdytys on olemassa, tapahtuu jossain määrin jäähdytysenergian tuhlausta.

2. Minimikierrosluku = 0

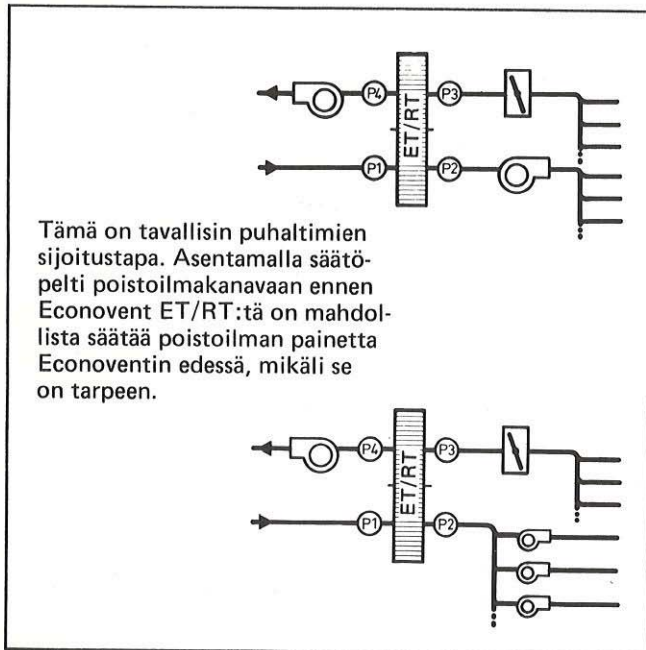
eli kierrosluvunsäädin asetellaan siten, että roottori on täysin pysähtynyt, kun lämmöntalteenotto ei ole tarpeen. Jotta tällöin vältettäisiin roottorin osittainen likaantuminen ja mahdollinen tasapainotomuus roottorin seistessä, on suositeltavaa, että aikarele TR (käyntiaikarele, taukoaikarele) kytketään kesätermostaatin ulkoilmatuntoelimiin liittimiin. Aikareleen kärkien ollessa kiinni käyntiaikana panee Thyrovent 313-3:n kesäautomaattikka roottorin pyörimään täydellä kierrosluvulla (20 r/min). Jotta tällöin ei häiritäisi ilman jälkikäsittely-yksiköiden säätöä, ei käyntiaika saa olla pitempi kuin 1–2 min. Taukoajan pituus on tietenkin riippuvainen siitä, kuinka paljon epäpuhtauksia ilmassa on. Esimerkiksi alussa voidaan taukoajaksi asettaa 1 tunti. Tällöin siis roottori pyörii käyntiaikana täysillä kierroksilla 1...2 min ajan ja taukoajana, siis esim. tunnin aikana, se pyörii säätölaitteiden määräämällä kierrosluvulla.

Säätö kesäkäytön aikana

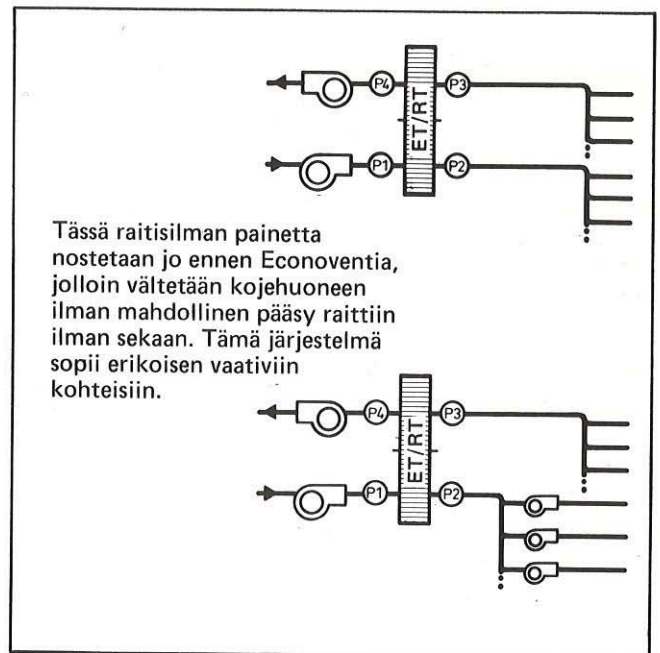
Silloin kun ulkoilman lämpötila on korkeampi kuin poistoilman, voidaan Econoventilla jäähdyttää ulkoilmaa lähelle poistoilman lämpötilaa hyötysuhteesta riippuen. Näin ollen jäähdytystarvetta voidaan vähentää ja jäähdytyspatterien ja muiden varusteiden kokoa pienentää. Ilman jäähdytystä olevissa laitoksissa voidaan olosuhteita huomattavasti parantaa. Jotta tämä teho saataisiin hyödynnettyksi, on kierrosluvunsäädin varustettu ns. sisäänrakennetulla kesäaikakeskuksella. Ohjausimpulssi tähän keskukseseen tulee kahdesta lämpötila-anturista, joista ensimmäinen on asennettu ulkoilmaan TT (S) ja toinen poistoilmaan TT (E) ennen Econoventia. Niin pian kuin poistoilman lämpötila on ulkoilman lämpötilaa alhaisempi, lähtee roottori pyörimään täydellä kierrosluvulla riippumatta siitä, minkä impulssin potentio-metri antaa.

Suunnitteluohjeita

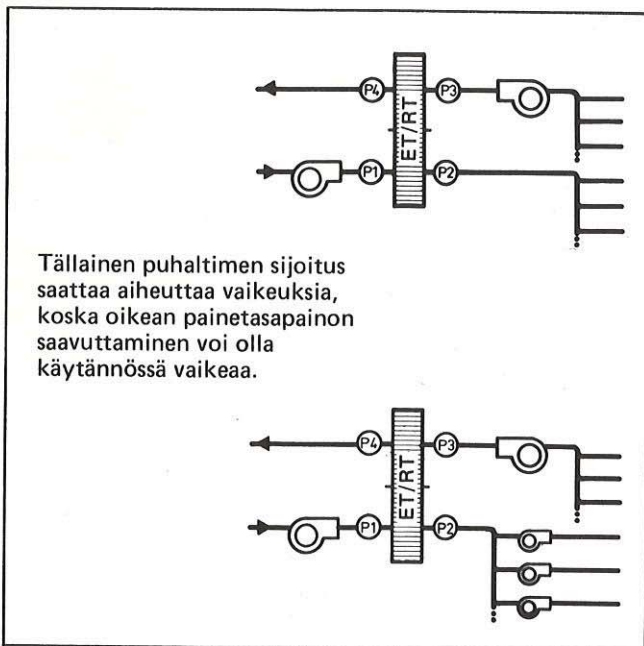
Puhaltimien sijoitus



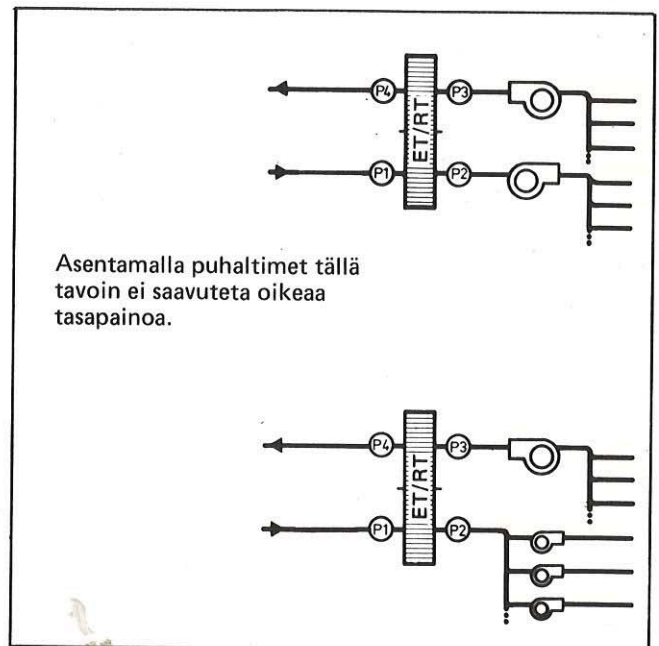
Kuva 26



Kuva 27



Kuva 28



Kuva 29

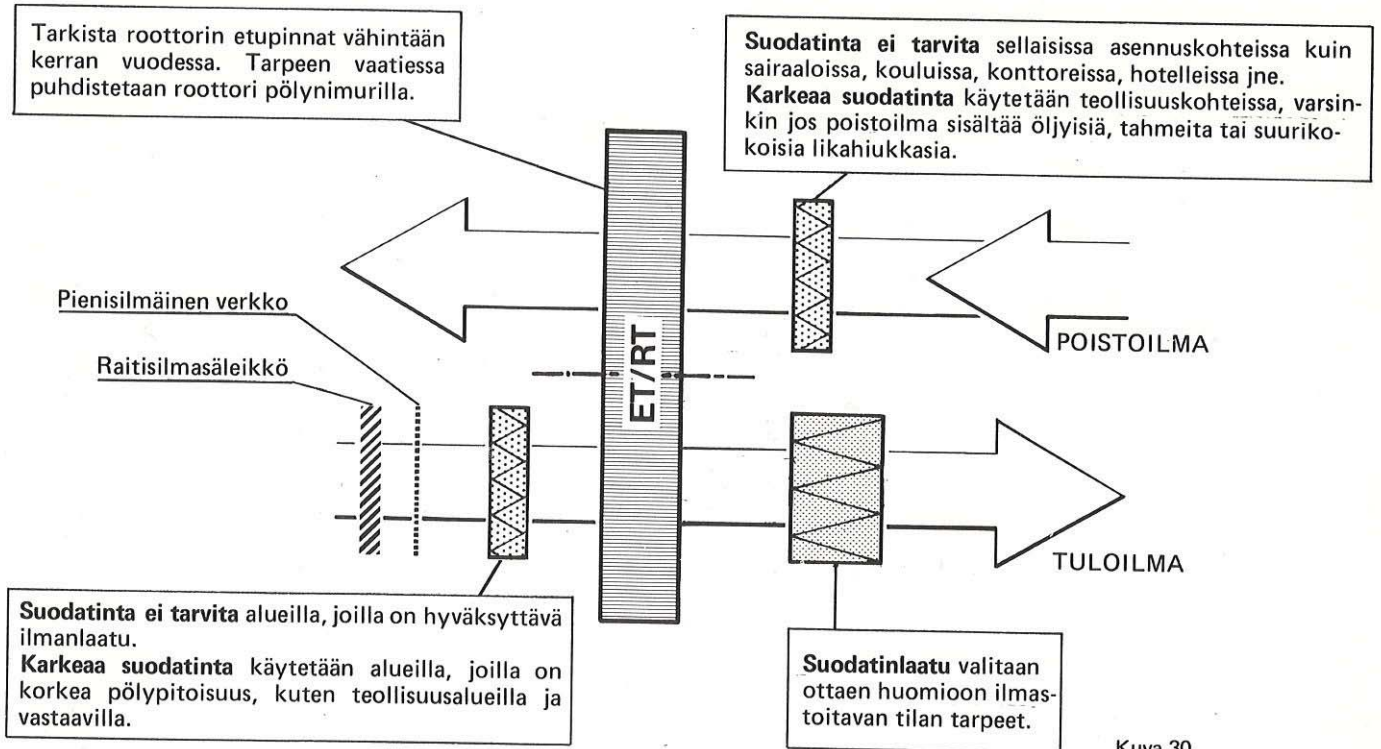
Painetasapaino

Puhdistusteho riippuu lämmönvaihdinta edeltävän tuloilman ja vaihtimen jälkeisen poistoilman välisestä paine-erosta. Tehokkaan puhdistumisen saavuttamiseksi on lämmönvaihdinta edeltävän tuloilman paineen (P1) oltava vähintään 500 Pa lämmönvaihtimen jälkeisen poistoilman painetta (P4) korkeampi. On kuitenkin vältettävä liian suurta paine-eroa, koska tämä lisää puhdistusilmavirtaa ja vaatii siten tehokkaamman puhaltimen.

Kun puhtaaksipuhallussektorin ei katsota olevan tarpeellinen, voidaan paine-eroa P1–P4 ja samalla myös puhallintyötä pienentää. Riittää kun tuloilman paine (P2) vaihtimen jälkeen on hieman korkeampi kuin poistoilman paine (P3) ennen lämmönvaihdinta.

Tämä ehto on voimassa myös puhtaaksipuhallussektorilla varustetulle laitteelle.

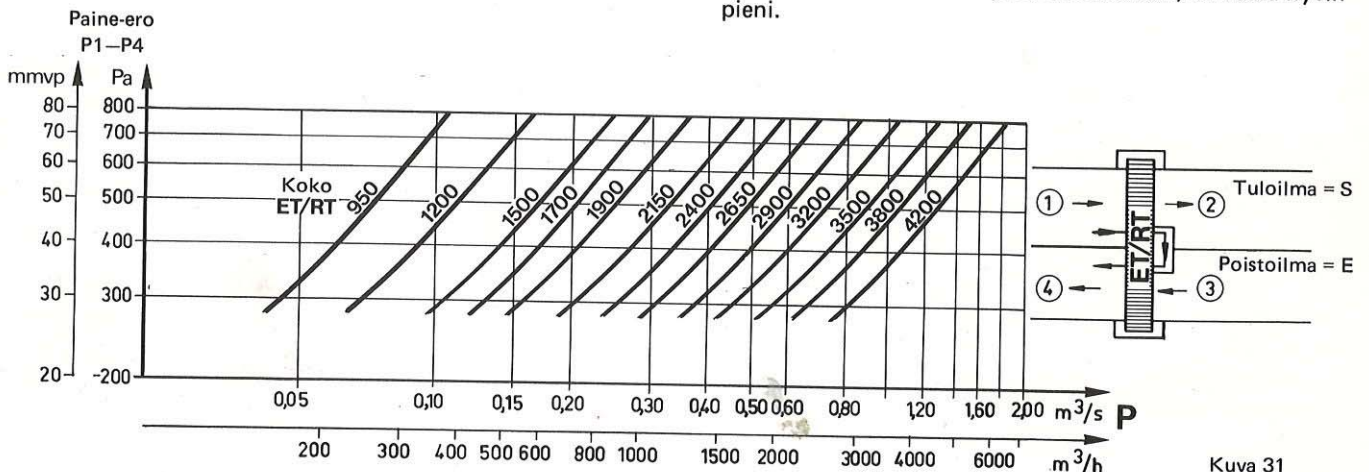
Suunnitteluohjeita



Suodatin

Tuntuu siltä, että roottori pienien kanaviensa (n. 1,5 mm) takia olisi hyvin arka tukkeutumiselle. Kokemukset useista tuhansista Econoventlaitoksista osoittavat kuitenkin, että vaara on hyvin pieni. Tämä johtuu siitä, että ilmapirta roottorin läpi vaihtaa jatkuvasti suuntaansa. Roska, joka on tarttunut poistopuolella roottoriin, joutuu pudistussektorissa vastakkaisuuntaiseen voimakkaampaan ilmapirtaan ja irtoaa. Puhtaaksipuhallussektorilla on siis kaksi tehtävää:

poistoilman tulopuolelle siirtymisen ehkäiseminen sekä roottoriin tarttuneiden roslien irrotus. Mikäli roottori kuitenkin likaantuu, tämä tapahtuu lähes aina vain roottorin etupinnalla – erittäin harvoin sisällä kanavissa – joten puhdistus on helppoa ja tapahtuu yksinkertaisesti imuroimalla roottorin pinta. Käytännössä esiintyy toisinaan tukkeutumisongelmia, mutta jos kuvan 30 mukaisia ohjeita noudetetaan, on vaara hyvin pieni.



Puhaltimien mitoitus

Seuraavassa esitetty koskee ET/RT vaihtimia, jotka on varustettu puhtaaksipuhallussektorilla. Vältä liian suuria paine-eroja lämmönvaihdinta edeltävän raittiin ilman ja vaihtimen jälkeisen poistoilman välillä (P1-P4), koska tämä aiheuttaa tarpeettoman suuren puhdistusilmavirran ja lisää tiivistysten ohi tapahtuvaa raitisilmavuotoa. Kuvassa näkyy lisäilmamäärä paine-eron (P1-P4) funktiona. Normaali välitys tiivisteiden ja roottorin välillä on huomioitu.

Silloin kun puhaltimet on sijoitettu vaihtimen kylmälle puolelle, täytyy niiden mitoituksessa ottaa nimellisilmamäärän lisäksi huomioon myös puhdistusilmamäärä.

S = nimellinen tuloilmamäärä
 E = nimellinen poistoilmamäärä
 P = puhtaaksipuhallus- ja vuotoilmamäärä

Ilmamäärä, kun puhallin on sijoitettu paikkaan 1 = S + P
 " " " " " " 2 = S
 " " " " " " 3 = E
 " " " " " " 4 = E + P

Lämpötekniinen laskenta

Yleistä

Pitkän ajan kuluessa samanaikaisesti tehtyjen ulkoilman lämpötilan ja kosteuden mittausten perusteella voidaan Mollierin käyrästä piirtää kyseisen paikkakunnan ulkoilman tilaa kuvaava käyrä sekä merkitä tälle tiettyä ajanjaksoa kuvaavat pisteet, jotka osoittavat, kuinka monta tuntia vuodessa ulkoilman entalpia on ollut alhaisempi kuin kyseisessä pisteessä (kuva 32). Tämän käyrän avulla voidaan sitten helposti piirtää lämpötilan tai entalpian pysyvyyskäyrät (kuva 33 ja 34). Tarkoituksena on saada pohja tehon- ja ennen kaikkea energiantarpeen ja -säästön laskemiseen pysyvyyskäyrien avulla.

Mollier-diagrammin ja ulkoilman pysyvyyskäyrän avulla lasketaan tehonsäästö ja -tarve käytettäessä Econovent ET:tä ja RT:tä.

Teho P (kW) = tuloilmamäärä q_s (m³/s) · tiheys ρ (kg/m³) · entalpiaero Δi (kJ/kg).

Entalpian pysyvyyskäyrää käytetään laskettaessa energiansäästö ja -tarve, kun käytetään ET-roottoria. Tämä on mahdollista, koska ilman lämpötila ja -kosteus ET-vaihtimen jälkeen on helppo määrittellä.

Entalpian pysyvyyskäyrällä kuvaa energiaa pinta-ala, jonka laskemiseksi on mukavinta käyttää planometriä.

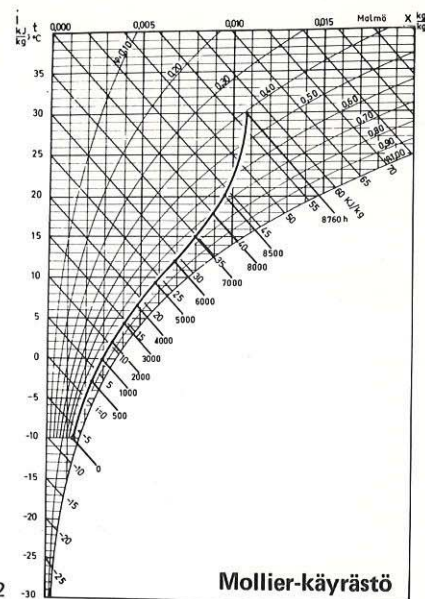
Energia Q (kJ) = ko. energiapinta-ala A (mm²) · vaakasuora mittakaavakerroin h_s (sekunti per mm) · pystysuora mittakaavakerroin v_s (kJ/kg per mm) · tiheys ρ (kg/m³) · tuloilmamäärä q_s (m³/s) · ilmastoinnin käyttöaste k (%).

Lämpötilan pysyvyyskäyrää käytetään laskettaessa "vapaa" kuivan energian säästö ja tarve. Kuten aiemmin on esitetty, malli RT ottaa talteen ainoastaan kuivan lämmön niin kauan kuin tiivistymistä ei roottorissa esiinny. Tätä mallia käytetään näin ollen silloin kun kosteuden talteenotto ei ole toivottua eikä välttämätöntä. Tuloilman kosteutta RT:n jälkeen ei voida yleisellä kaavalla määrittellä. Sitoutumatonta energiaa kuvaa lämpötilan pysyvyyskäyrästä pinta-ala, joka mitataan. Tämä käy mieluiten planometrillä.

Energia Q (kJ) = ko. energiapinta-ala A (mm²) · vaakasuora mittakaavakerroin h_v (sekuntia per mm) · pystysuora kerroin h_s (°C per mm) · tiheys ρ (kg/m³) · c_p (kJ/°C · kg) · tuloilmamäärä q_s (m³/s) · ilmastoinnin käyttöaste k (%).

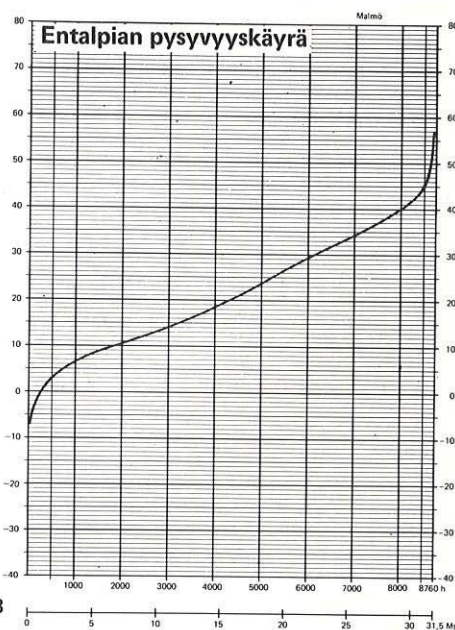
Tietokoneohjelma

Käsin suoritettujen laskennan vaatiman suhteellisen paljon aikaa vievän työn välttämiseksi olemme laatineet tietokoneohjelman, joka laskee nopeasti tehon- ja energiansäästöt annettujen lähtötietojen perusteella (paikkakunta, ilmamäärät, käyttöaste, ilmantilat jne.). Tätä varten on olemassa valmis lomake. Tietokoneohjelma tapahtuu periaatteessa samalla tavalla kuin käsin suoritettu. Tämän lisäksi saadaan tietokoneella myös taloudellisuuslaskelma kuolettuisaikoihin. Se perustuu lähtötietolomakkeella annettuihin tietoihin ko. investointikuluista, energian hinnoista jne.

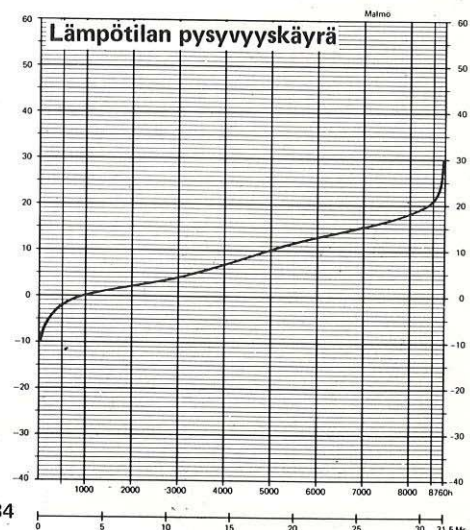


Kuva 32

Mollier-käyrästä



Kuva 33

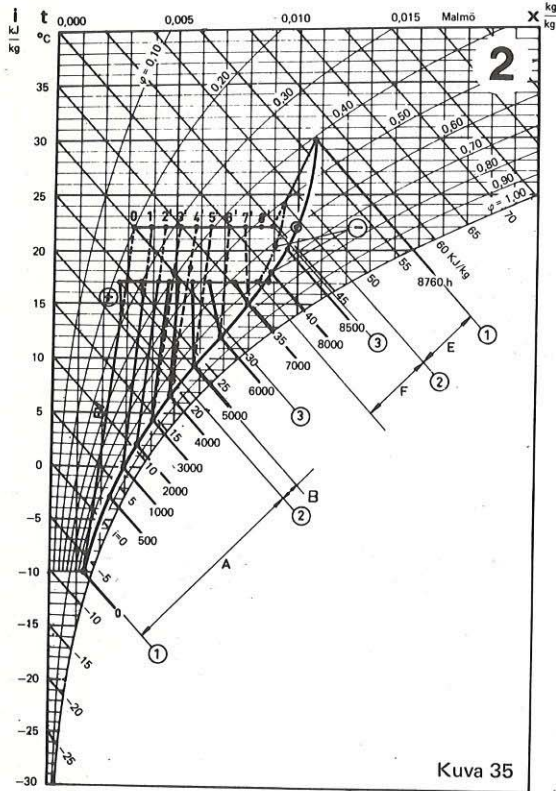


Kuva 34

Lämpötekniinen laskenta

Periaate laskettaessa energiansäästöä ET-mallia käytettäessä

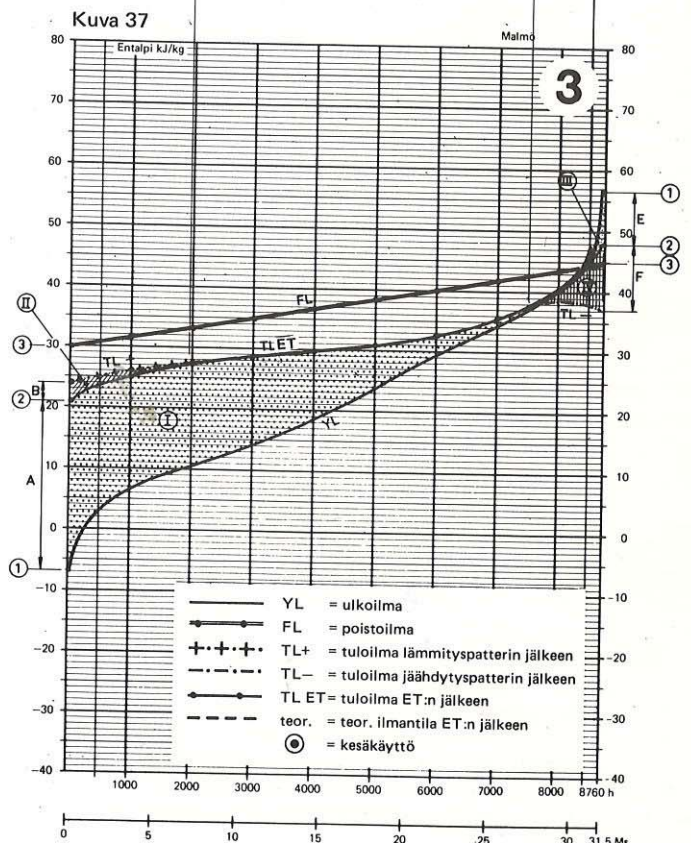
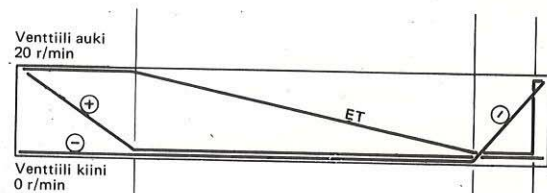
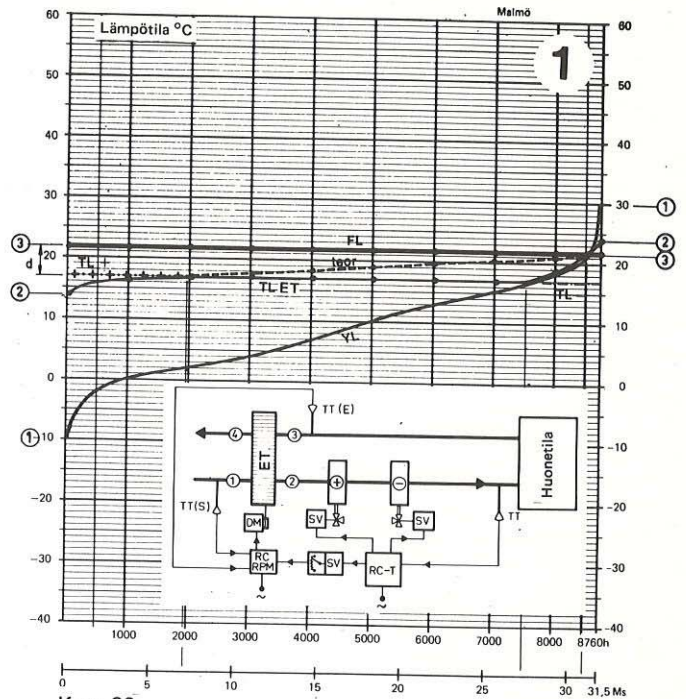
1. Piirrä toiminta lämpötilan pysyvyyssäyrälle.
 - Piirrä viiva, joka kuvaa poistoilman tilaa ennen Econovent ET:tä
 - Tämän jälkeen määrätään tuloilman teoreettinen lämpötila Econovent ET:n jälkeen. Tämä on hyötysuhteen osoittama osa lämpötilaerosta, ts. ulkoilman ja poistoilman lämpötilojen välisestä pystysuorasta etäisyydestä.
 - Piirretään tuloilman toivottua lämpötilaa kuvaava viiva.



2. Piirrä toiminta Mollierin ix-diagrammille. Koska ilman kosteus ja siihen sitoutunut lämpö on myös otettava huomioon, piirretään prosessi vielä Mollier-diagrammille, johon on valmiiksi piirretty ulkoilman tilan vuotuista keskiarvoa kuvaava käyrä sekä pysyvyyttä merkitsevät pisteet.

Aluksi merkittään diagrammille poistoilman tila talvea ja kesää vastaavissa mitoitusolosuhteissa. Tämän jälkeen merkitään ne poistoilman entalpiaa kuvaavat pisteet, jotka vastaavat 1000 h, 2000 h jne. vuodessa. Riittävä tarkkuus saadaan useimmiten olettamalla, että poistoilman kosteus kasvaa tasaisesti siirryttäessä talven mitoitusolosuhteista kesän vastaaviin olosuhteisiin. Tämän jälkeen yhdistetään poistoilman ja ulkoilman vastaavaa pysyvyyttä 1000 h, 2000 h jne. edustavat pisteet toisiinsa suoralla. Prosessi kulkee tätä suoraa pitkin niin kauan kuin Econovent toimii täydellä hyötysuhteella, ts. kunnes säätöjärjestelmä saa roottorin pyörimään osateholla. Mitä hitaammin säätöjärjestelmä pakottaa Econoventin pyörimään tuloilman lämpötilan pitämiseksi toivottuna, sitä enemmän prosessisuora lähestyy entalpia- viivojen kaltevuutta. Hyvin pienellä kierrosluvulla tapahtuu toiminta lähes entalpia- viivojen suuntaisena.

3. Piirrä toiminta entalpiakäyrästä. Mollier-käyrästä luetaan kulloistakin pysyvyyttä vastaavat entalpia-arvot ja nämä merkitään entalpien pysyvyyssäyrälle. Tarkoitus oli laskea tehon- ja ennen kaikkea energiantarve ja -säästö. Tämä voidaan nyt suorittaa käyttäen entalpien pysyvyyssäyrää apuna.



ET-mallin valinta ja lämmitys- ja jäähdytyspatterien mitoitus

Järjestelmän kuvaus

Järjestelmä on varustettu lämmitys- ja jäähdytyspatterilla. Tuloilman lämpötila pyritään pitämään vakiona (+17°C) ympäri vuoden.

Lähtötiedot

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s} = (11.000 \text{ m}^3/\text{h})$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s} = (10.000 \text{ m}^3/\text{h})$
 Poistoilma talvella : $t = 22^\circ\text{C}; x = 0,0032 \text{ kg/kg} =$
 $i = 30 \text{ kJ/kg}$
 Poistoilma kesällä : $t = 22^\circ\text{C}; x = 0,0090 \text{ kg/kg}$
 $i = 45 \text{ kJ/kg}$

ET-tyyppin valinta

ET:n koko valitaan ilmamäärän, hyötysuhteen, painehäviön ja asennuskustannusten perusteella. Käytännön kokemukset osoittavat kuitenkin, että taloudellisesti parhaaseen tulokseen päästään, kun valitaan Econovent niin, että ilmanno-
 peus on 2–5 m/s. Esimerkissä tulisi siis valita joko ET 1500 tai ET 1900. Koska poistoilmamäärä on pienempi kuin tuloilmamäärä, pienenee tuloilman hyötysuhde. Tämän kompensoimiseksi valitaan tässä tapauksessa tyyppi ET 1900. Painehäviö saadaan kapasiteetikäyrästä $\Delta p_s = 120 \text{ Pa}$, $\Delta p_e = 110 \text{ Pa}$.

Hyötysuhde

Lämpötila- ja kosteushyötysuhde määrätään käyttämällä apuna kapasiteetikäyrästä sivulla 27. Ensinnäkin on kuitenkin laskettava tulo- ja poistoilmamäärien suhde. Esimerkissä se on $3,06/2,78 = 1,1$. Ottaen tämän huomioon voidaan käyrästä lukea tuloilman hyötysuhde $\eta_{ts} = 75\%$.

Määrää tuloilman tila ET:n jälkeen talven mitoitusolo- suhteiden vallitessa

$$\eta_{xs} = \eta_{ts} = \frac{t_2 + 10}{22 + 10} = \frac{x_2 - 0,0013}{0,0032 - 0,0013} = 0,75$$

jolloin $t_2 = 14^\circ\text{C}$, $x = 0,0027 \text{ kg/kg}$
 näin saadaan $i = 21 \text{ kJ/kg}$

Määrää tuloilman tila ET:n jälkeen kesäolosuhteissa

$$\eta_{xs} = \eta_{ts} = \frac{t_2 - 30}{22 - 30} = \frac{x_2 - 0,0107}{0,0090 - 0,0107} = 0,75$$

jolloin $t_2 = 24,0^\circ\text{C}$, $x = 0,0094 \text{ kg/kg}$
 näin saadaan $i = 48 \text{ kJ/kg}$.

Lämmityspatterin mitoitus

Tilanne talviaikana jälkilämmityspatterin jälkeen.

Lämpötila $t = 17^\circ\text{C}$.

Kosteuspitoisuus on sama kuin ET:n jälkeen, ts.

$x = 0,0027 \text{ kg/kg}$, jolloin $i = 24 \text{ kJ/kg}$.

Entalpia ET:n jälkeen talviaikana on yllä olevan mukaisesti 21 kJ/kg .

Näin ollen patterin mitoitusote on

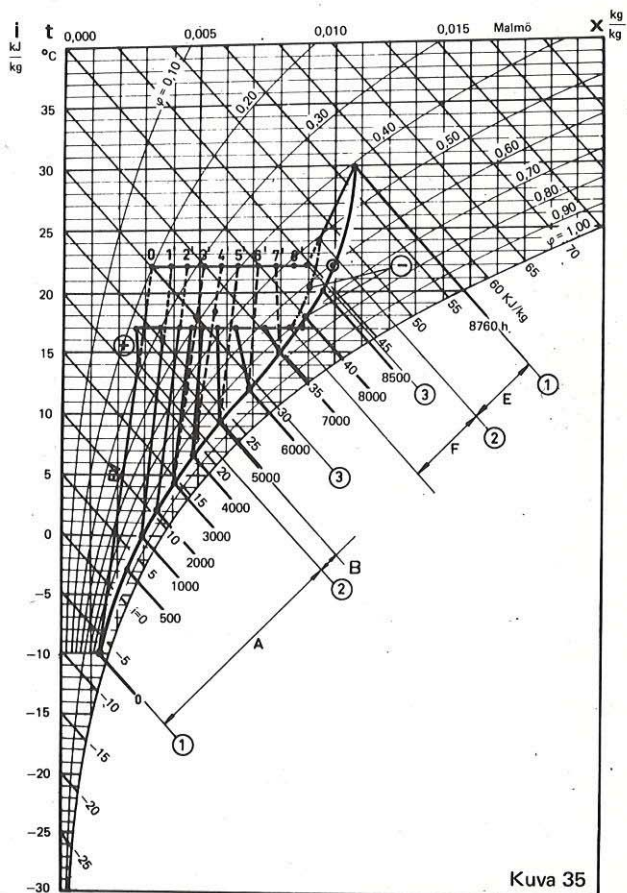
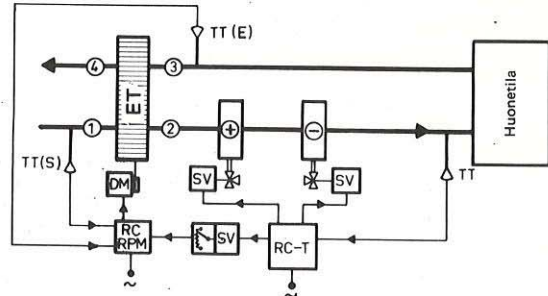
$$P_w = 3,03 \cdot 1,2 (24 - 21) = 11 \text{ kW}$$

Jäähdytyspatterin mitoitus

Tilanne kesäaikana jäähdytyspatterin jälkeen mitoitusolosuhteissa. Lämpötila $+17^\circ\text{C}$. Koska patterissa tapahtuu tiivistymistä, alenee kosteus arvoon $x = 0,0083 \text{ kg/kg}$, jolloin entalpia = 37 kJ/kg .

Näin ollen jäähdytyspatterin nimellistehontarve on

$$P_k = 3,06 \cdot 1,2 (48 - 37) = 40 \text{ kW}$$



Yhteenveto

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$
 ET-tyyppi = ET 1900
 $\Delta p_s = 120 \text{ Pa}$
 $\Delta p_e = 110 \text{ Pa}$

Lämmityspatterin nimellisteho = 11 kW
 Jäähdytyspatterin nimellisteho = 40 kW

RT-mallin valinta ja lämmitys- ja jäähdytyspatterien mitoitus

Järjestelmän kuvaus

Järjestelmä on varustettu lämmitys- ja jäähdytyspatterilla. Tuloilman lämpötila pyritään pitämään vakiona (+17°C) ympäri vuoden.

Lähtötiedot

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s} = (11.000 \text{ m}^3/\text{h})$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s} = (10.000 \text{ m}^3/\text{h})$
 Poistoilma talvella : $t = 22^\circ\text{C}; x = 0,0032 \text{ kg/kg} =$
 $i = 30 \text{ kJ/kg}$
 Poistoilma kesällä : $t = 22^\circ\text{C}; x = 0,0090 \text{ kg/kg}$
 $i = 45 \text{ kJ/kg}$

RT-tyyppin valinta

RT:n koko valitaan ilmamäärän, hyötysuhteen, painehäviön ja asennuskustannusten perusteella. Käytännön kokemukset osoittavat kuitenkin, että taloudellisesti parhaaseen tulokseen päästään, kun valitaan Econovent niin, että ilmannoisuus on 2–5 m/s. Esimerkissä tulisi siis valita joko RT 1500 tai RT 1900. Koska poistoilmamäärä on pienempi kuin tuloilmamäärä, pienenee tuloilman hyötysuhde. Tämän kompensoimiseksi valitaan tässä tapauksessa tyyppi RT 1900. Painehäviö saadaan kapasiteetikäyrästä $\Delta p_s = 120 \text{ Pa}$, $\Delta p_e = 110 \text{ Pa}$.

Hyötysuhde

Lämpötilahyötysuhde määrätään käyttämällä apuna kapasiteetikäyrästä sivulla 27. Ensin on kuitenkin laskettava tulo- ja poistoilmamäärien suhde. Esimerkissä se on $3,06/2,78 = 1,1$. Käyrästä saadaan tuloilman lämpötilahyötysuhde $\eta_{ts} = 75\%$.

Määrää tuloilman tila RT:n jälkeen talven mitoitusolosuhteissa

$$\eta_{ts} = \frac{t_2 + 10}{22 + 10} = 0,75$$

jolloin $t_2 = 14^\circ\text{C}$.

Määrää tuloilman tila RT:n jälkeen kesäolosuhteissa

$$\eta_{ts} = \frac{t_2 - 30}{22 - 30} = 0,75$$

jolloin $t_2 = 24,0^\circ\text{C}$.

Lämmityspatterin mitoitus

Koska roottorin keskilämpötila on jonkin verran alaisempi kuin poistoilman kastepistelämpötila, tiivistyy osa poistoilman kosteudesta vedeksi. Tämä siirtyy tuloilmaan, jonka tila RT:n jälkeen on näin ollen 14°C ja $x = 0,0016 \text{ kg/kg}$, jolloin $i = 18 \text{ kJ/kg}$. Ilma lämpiää patterissa $14\text{--}17^\circ\text{C}$:een, ilman että kosteus lisääntyy. Näin ollen on lämmityspatterin jälkeen $t = 17^\circ\text{C}$ $\bar{x} = 0,0016 \text{ kg/kg}$ ja $i = 21 \text{ kJ/kg}$.

Lämmityspatterin mitoitus-teho on näin ollen

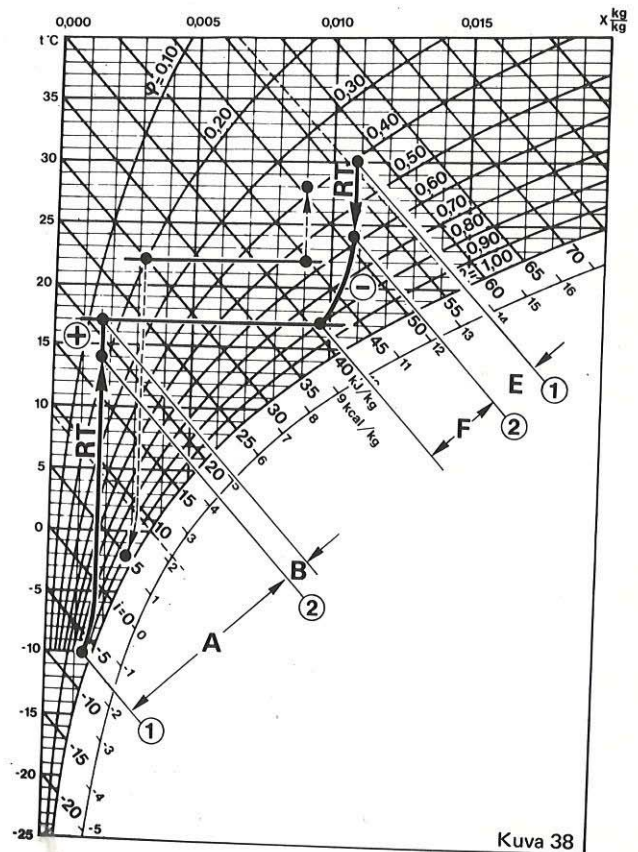
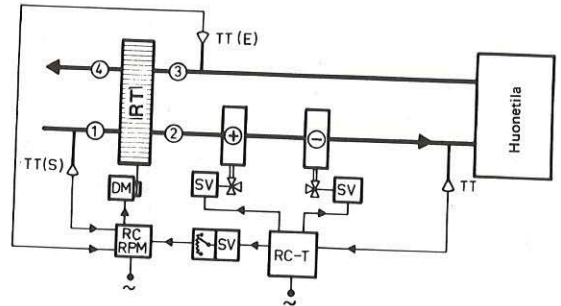
$$P = 3,06 \cdot 1,2 (21 - 18) = 11 \text{ kW}$$

Jäähdytyspatterin mitoitus

Tuloilman tila RT:n jälkeen on 24°C ja $x = 0,0108 \text{ kg/kg}$, jolloin $i = 51 \text{ kJ/kg}$. Ilma jäähtyy $24\text{--}17^\circ\text{C}$:een, jolloin patterissa tapahtuu tiivistymistä. Kosteus 17°C :n lämpötilassa on $x = 0,0095 \text{ kg/kg}$ ja vastaava entalpia $i = 42 \text{ kJ/kg}$.

Jäähdytyspatterin teho on

$$P = 3,06 \cdot 1,2 (51 - 40) = 40 \text{ kW}$$



Kuva 38

Yhteenveto

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$
 RT-tyyppi = RT 1900
 $\Delta p_s = 120 \text{ Pa}$
 $\Delta p_e = 110 \text{ Pa}$

Lämmityspatterin nimellisteho = 11 kW
 Jäähdytyspatterin nimellisteho = 40 kW

Tehon- ja energiantarpeen laskeminen käytettäessä Econovent ET:a

Jotta voitaisiin määrätä lämmöntalteenoton kannattavuus, on laskettava tehon- ja energiantarve sekä käytettäessä Econovent ET-lämmönsiirintä että ilman sitä. Tehon- ja energiantarpeen laskennan periaate on esitetty jo edellä.

Järjestelmän kuvaus

Järjestelmässä on lämmitys- ja jäähdytyspatterilla varustettu jälkikäsitteily-yksikkö. Tuloilman lämpötila pyritään pitämään vakiona +17°C ympäri vuoden.

Lähtötiedot

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$
 Ilmastointiaste $k = 10 \text{ h}, 5 \text{ pv viikko} = \frac{10 \cdot 5}{168} = 30 \%$

Teho

Lämpötehon tarve $P \text{ (kW)} = q_s \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot \rho \text{ (kg/m}^3) \cdot \Delta i \text{ (kJ/kg)}$

Lämpötehon tarve

Lämpötehon tarve ilman ET siirintä (A + B) = $3,06 \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \text{ (24 + 7) kJ/kg} = 114 \text{ kW}$

Lämpötehon tarve, kun käytetään ET-siirintä (B) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (24 - 21) = 11 \text{ kW}$

Lämpötehon säästö, kun käytetään ET-siirintä (A) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (21 + 7) = 103 \text{ kW}$

Jäähdytystehon tarve

Jäähdytystehon tarve ilman ET-siirintä (E + F) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (57 - 37) = 73 \text{ kW}$

Jäähdytystehon tarve, kun käytetään ET-siirintä (F) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (48 - 37) = 40 \text{ kW}$

Jäähdytystehon säästö, kun käytetään ET-siirintä (E) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (57 - 48) = 33 \text{ kW}$

Energia

$Q \text{ (kJ)} = A \text{ (mm}^2) \cdot h_s \text{ (s per mm), vs (kJ/kg per mm)} \cdot \rho \text{ (kg/m}^3) \cdot q_s \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot k \text{ (%)}$

Lämpöenergian tarve

Lämpöenergian tarve ilman ET-siirintä (I + II) = $373 \text{ (GJ per m}^3/\text{s)} \cdot 3,06 \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot 0,3 \text{ (%) = 342 GJ}$

Lämpöenergian tarve, kun käytetään ET-siirintä (II) = $6 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 6 \text{ GJ}$

Lämpöenergian säästö, kun käytetään ET-siirintä (I) = $367 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 337 \text{ GJ}$

Jäähdytysenergian tarve

Jäähdytysenergian tarve ilman ET-siirintä (III + IV) = $19 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 18 \text{ GJ}$

Jäähdytysenergian tarve, kun käytetään ET-siirintä (IV) = $15 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 14 \text{ GJ}$

Jäähdytysenergian säästö, kun käytetään ET-siirintä (III) = $4 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 4 \text{ GJ}$

Yhteenveto

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$

Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$

ET-malli = ET 1900

$\Delta p_s = 120 \text{ Pa}$

$\Delta p_e = 110 \text{ Pa}$

Lämmityspatterin nimellisteho = 11 kW

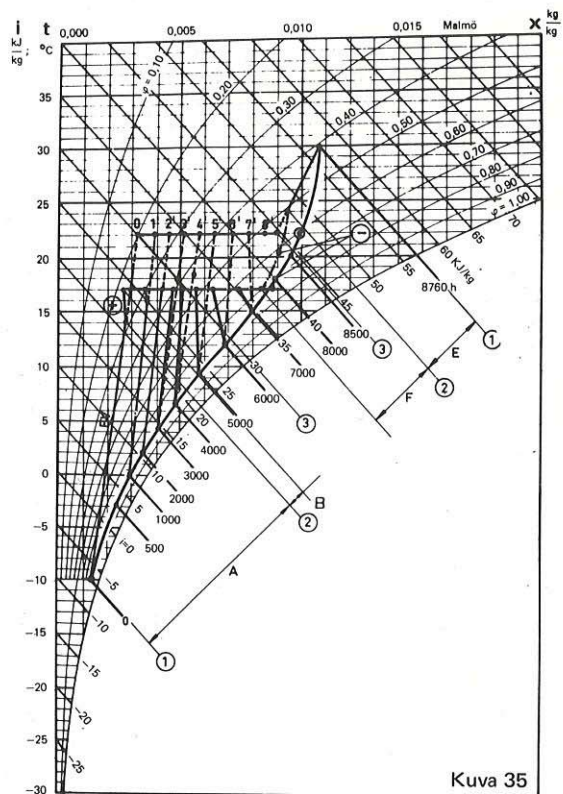
Jäähdytyspatterin nimellisteho = 40 kW

Kun käytetään lämmöntalteenottolaitetta lämpöteho pienenee 114 – 11 kW:iin

jäähdytysteho pienenee 73 – 40 kW:iin

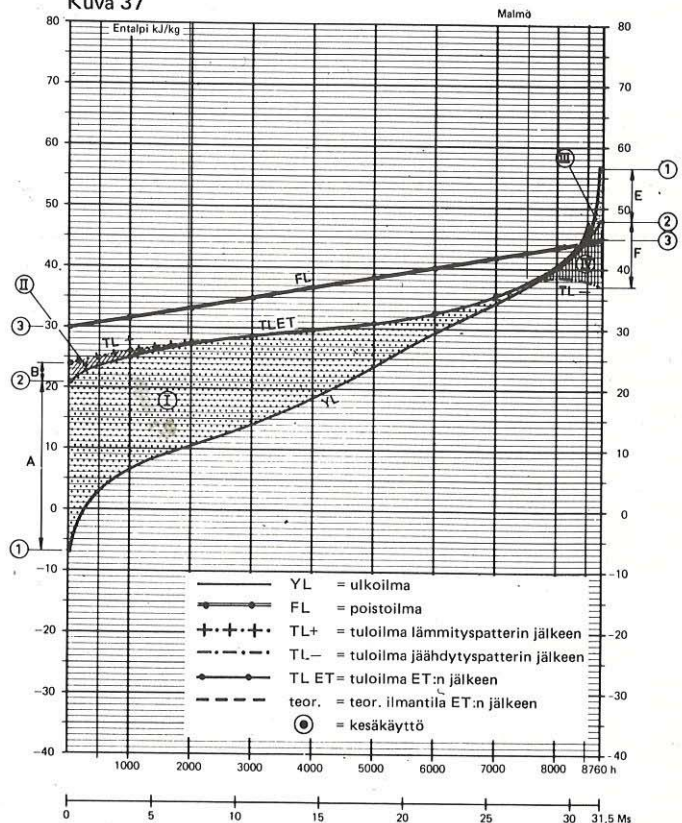
lämpöenergian tarve pienenee 342 – 6 GJ:een

jäähdytysenergian tarve pienenee 18 – 14 GJ:een



Kuva 35

Kuva 37



Tehon- ja energiantarpeen laskeminen käytettäessä Econovent RT:a

Jotta voitaisiin määrätä lämmöntalteenoton kannattavuus, on laskettava tehon- ja energiantarve sekä käytettäessä Econovent RT-lämmönsiirintä että ilman sitä. Laskennan periaate on esitetty aiemmin.

Järjestelmän kuvaus

Järjestelmässä on lämmitys- ja jäähdytyspatterilla varustettu jälkikäsitely-yksikkö. Tuloilman lämpötila pyritään pitämään vakiona +17°C ympäri vuoden.

Lähtötiedot

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$
 Ilmastointiaste $k = 10 \text{ h}, 5 \text{ pv viikko} = \frac{10 \cdot 5}{168} = 30 \%$

Teho

Lämpötehon tarve $P \text{ (kW)} = q_s \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot e \text{ (kg/m}^3) \cdot \Delta i \text{ (kJ/kg)}$

Lämpötehon tarve

Lämpötehon tarve ilman RT siirintä (A + B) = $3,06 \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot (20 + 7) \text{ kJ/kg} = 99 \text{ kW}$
 Lämpötehon tarve, kun käytetään RT-siirintä (B) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (20 - 17) = 11 \text{ kW}$
 Lämpötehon säästö, kun käytetään RT-siirintä (A) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (17 - 7) = 88 \text{ kW per m}^3/\text{s}$

Jäähdytystehon tarve

Jäähdytystehon tarve ilman RT-siirintä (E + F) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (57 - 41) = 58 \text{ kW}$
 Jäähdytystehon tarve, kun käytetään RT-siirintä (F) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (52 - 41) = 40 \text{ kW}$
 Jäähdytystehon säästö, kun käytetään RT-siirintä (E) = $3,06 \cdot 1,2 \cdot (57 - 52) = 18 \text{ kW}$

Energia

$Q \text{ (kJ)} = A \text{ (mm}^2) \cdot h_s \text{ (s per mm)}, v_s \text{ (}^\circ\text{C per mm)} \cdot e \text{ (kg/m}^3) \cdot c_p \text{ (kJ/}^\circ\text{C kg)} \cdot q_s \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot k(\%)$

Lämpöenergian tarve

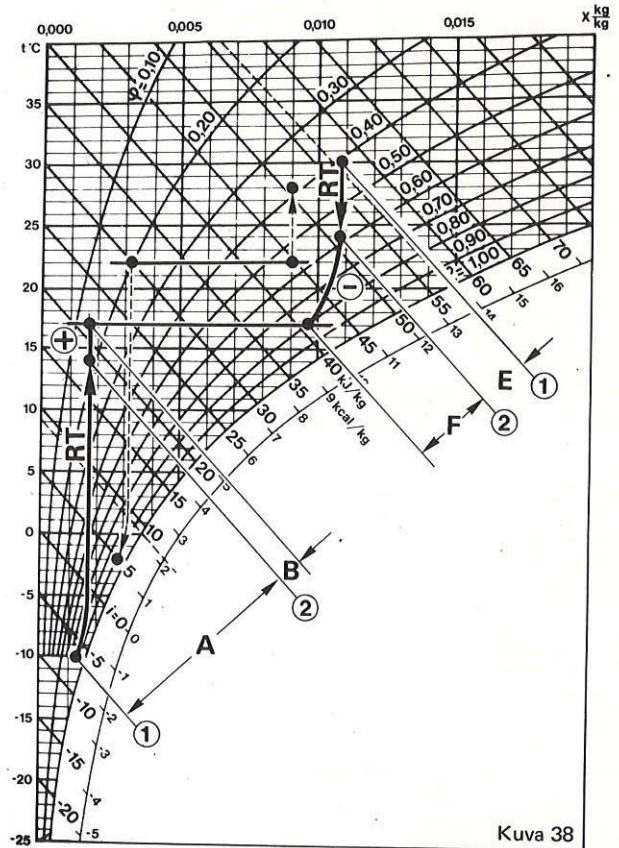
Lämpöenergian tarve ilman RT-siirintä (I + II) = $345 \text{ (GJ per m}^3/\text{s)} \cdot 3,06 \text{ (m}^3/\text{s)} \cdot 0,3 \text{ (\%)} = 317 \text{ GJ}$
 Lämpöenergian tarve, kun käytetään RT-siirintä (II) = $5 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 5 \text{ GJ}$
 Lämpöenergian säästö, kun käytetään RT-siirintä (I) = $340 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 312 \text{ GJ}$

Jäähdytysenergian tarve

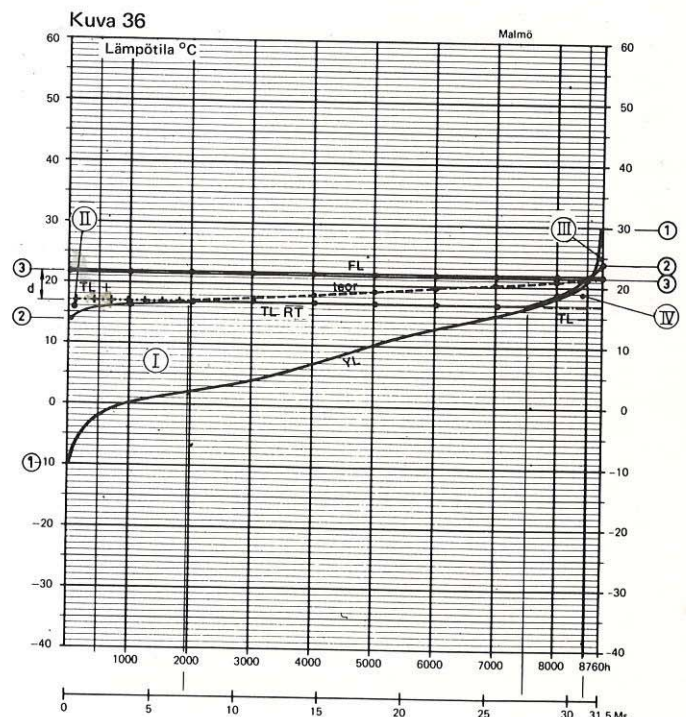
Jäähdytysenergian tarve ilman RT-siirintä (III + IV) = $18 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 17 \text{ GJ}$
 Jäähdytysenergian tarve, kun käytetään RT-siirintä (IV) = $14 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 13 \text{ GJ}$
 Jäähdytysenergian säästö, kun käytetään RT-siirintä (III) = $4 \cdot 3,06 \cdot 0,3 = 4 \text{ GJ}$

Yhteenveto

Tuloilma $q_s = 3,06 \text{ m}^3/\text{s}$
 Poistoilma $q_e = 2,78 \text{ m}^3/\text{s}$
 RT-malli = RT 1900
 $\Delta p_s = 120 \text{ Pa}$
 $\Delta p_e = 110 \text{ Pa}$
 Lämmityspatterin nimellisteho = 11 kW
 Jäähdytyspatterin nimellisteho = 40 kW
 Kun käytetään lämmöntalteenottolaitetta lämpöteho pienenee 99 - 11 kW:iin
 jäähdytysteho pienenee 58 - 40 kW:iin
 lämpöenergian tarve pienenee 345 - 5 GJ:een
 jäähdytysenergian tarve pienenee 17 - 14 GJ:een



Kuva 38



Tuotevalikoima

Tyyppimerkinnät

Roottorityyppi

W = Roottoria ei ole sektoroitu

S = Roottori koostuu säteistukien väliin asennettavista roottori-sektoreista. Tämä malli voidaan koota asennuspaikalla

Tyyppimerkintä

ET = Ottaa talteen sekä vapaan että vesihöyryyn sitoutuneen lämmön

RT = Ottaa talteen vapaan lämmön

Roottorin halkaisija

Toimitustapa

M = Valmiiksi kasattuna

D = Osina, kasataan asennuspaikalla

Moottorityyppi

F = Moottori vakiokierrosluvulla. Mikäli tämä merkintä puuttuu, toimitetaan kierroslukusäätöinen moottori.

Puhtaaksihallussektori

U = Ilman puhtaaksi puhallussektoria. Mikäli tämä merkintä puuttuu, toimitetaan laite puhtaaksi puhallussektorilla

ET-S 2400 M F U

ECONOVENT ET					
SEKTOROIMATON ROOTTORI (W)			SEKTOROITU ROOTTORI (S)		
Toimitus kasattuna (M)		Toimitus kasattuna (M)		Toimitus osina (D)	
Toim.koodi	Paino	Toim.koodi	Paino	Toim.koodi	Paino
ET-W 950 M	160	ET-S 950 M*	170		
ET-W 1200 M	190	ET-S 1200 M*	200		
ET-W 1500 M	250	ET-S 1500 M*	260		
ET-W 1700 M	310	ET-S 1700 M*	330		
ET-W 1900 M	370	ET-S 1900 M*	390		
ET-W 2150 M	590	ET-S 2150 M	630	ET-S 2150 D	630
ET-W 2400 M	700	ET-S 2400 M	790	ET-S 2400 D	790
ET-W 2650 M	860	ET-S 2650 M	990	ET-S 2650 D	990
ET-W 2900 M	930	ET-S 2900 M	1080	ET-S 2900 D	1080
				ET-S 3200 D	1340
				ET-S 3500 D	1550
				ET-S 3800 D	1730
				ET-S 4200 D	2100

ECONOVENT RT					
SEKTOROIMATON ROOTTORI (W)			SEKTOROITU ROOTTORI (S)		
Toimitus kasattuna (M)		Toimitus kasattuna (M)		Toimitus osina (D)	
Toim.koodi	Paino	Toim.koodi	Paino	Toim.koodi	Paino
RT-W 950 M	160	RT-S 950 M*	170		
RT-W 1200 M	190	RT-S 1200 M*	200		
RT-W 1500 M	250	RT-S 1500 M*	260		
RT-W 1700 M	310	RT-S 1700 M*	330		
RT-W 1900 M	370	RT-S 1900 M*	390		
RT-W 2150 M	590	RT-S 2150 M	630	RT-S 2150 D	630
RT-W 2400 M	700	RT-S 2400 M	790	RT-S 2400 D	790
RT-W 2650 M	860	RT-S 2650 M	990	RT-S 2650 D	990
RT-W 2900 M	930	RT-S 2900 M	1080	RT-S 2900 D	1080
				RT-S 3200 D	1340
				RT-S 3500 D	1550
				RT-S 3800 D	1730
				RT-S 4200 D	2100

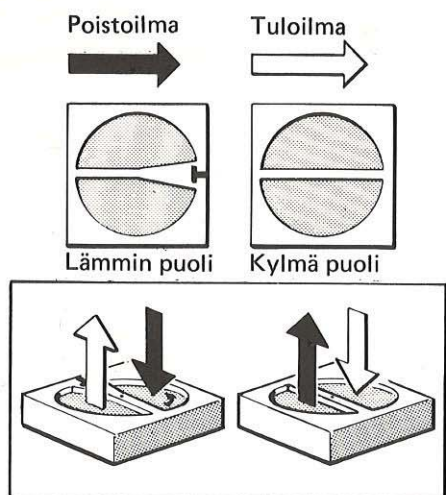
D-rakenne on useinkin kuljetuksen kannalta välttämätön. Asennuksen paikalla suorittavat huoltomiehemme.

Taulukossa olevat Econoventin painot ovat ilman pakkausta.

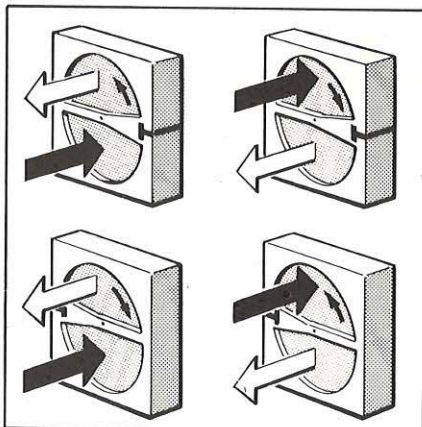
Toimitamme myös ET- ja RT-lämmöntalteenottolaitteita, joiden roottorin halkaisija on 5 m.

* Pienien sektoroidulla roottorilla varustettujen ET- ja RT-mallien asennus ja purkaminen vaatii erittäin vähän tilaa.

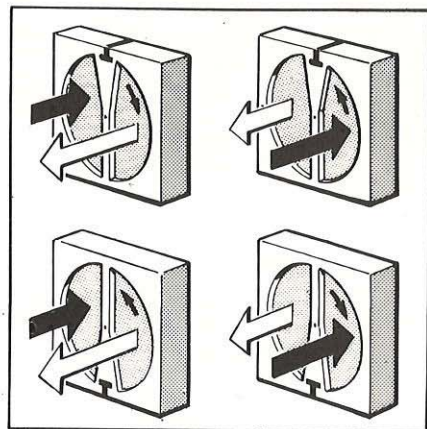
Asennus



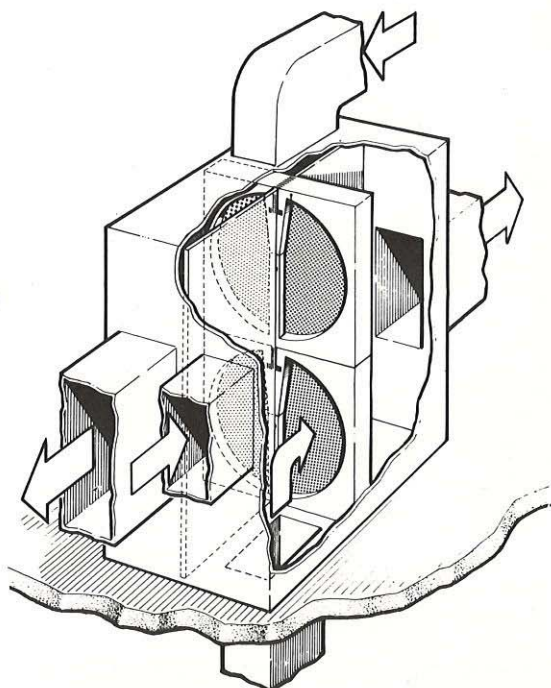
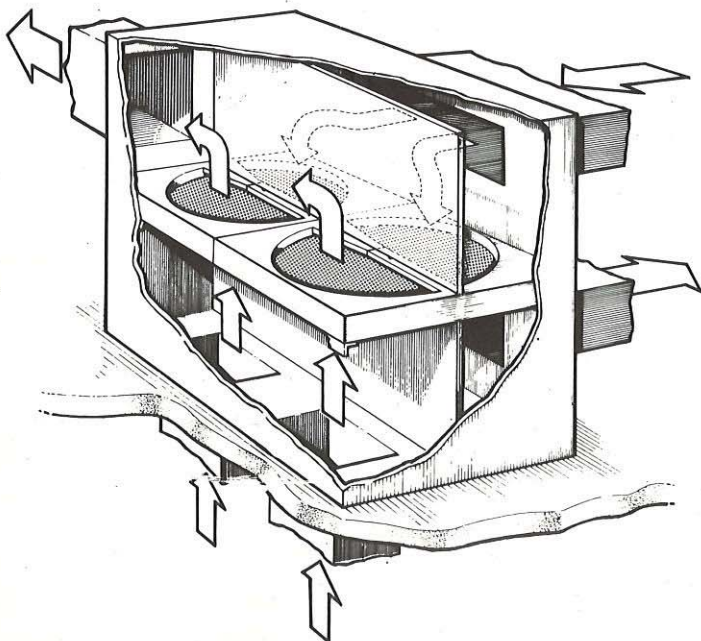
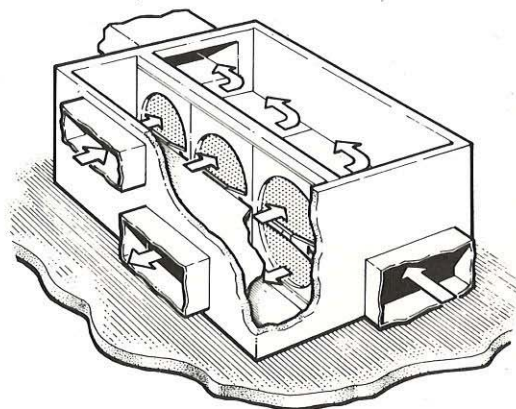
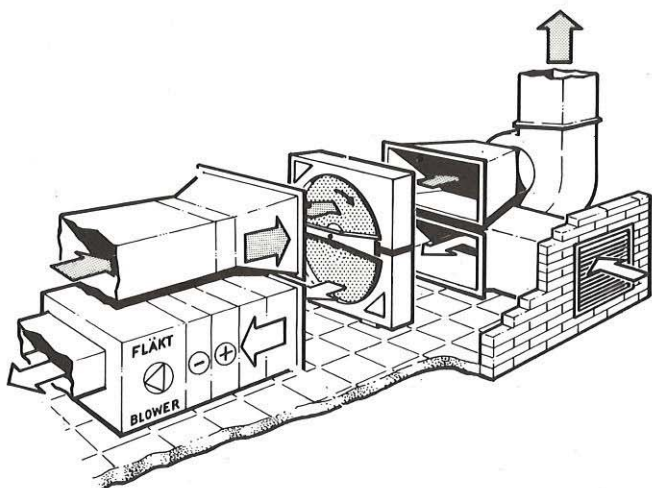
Vaakasuora asennus



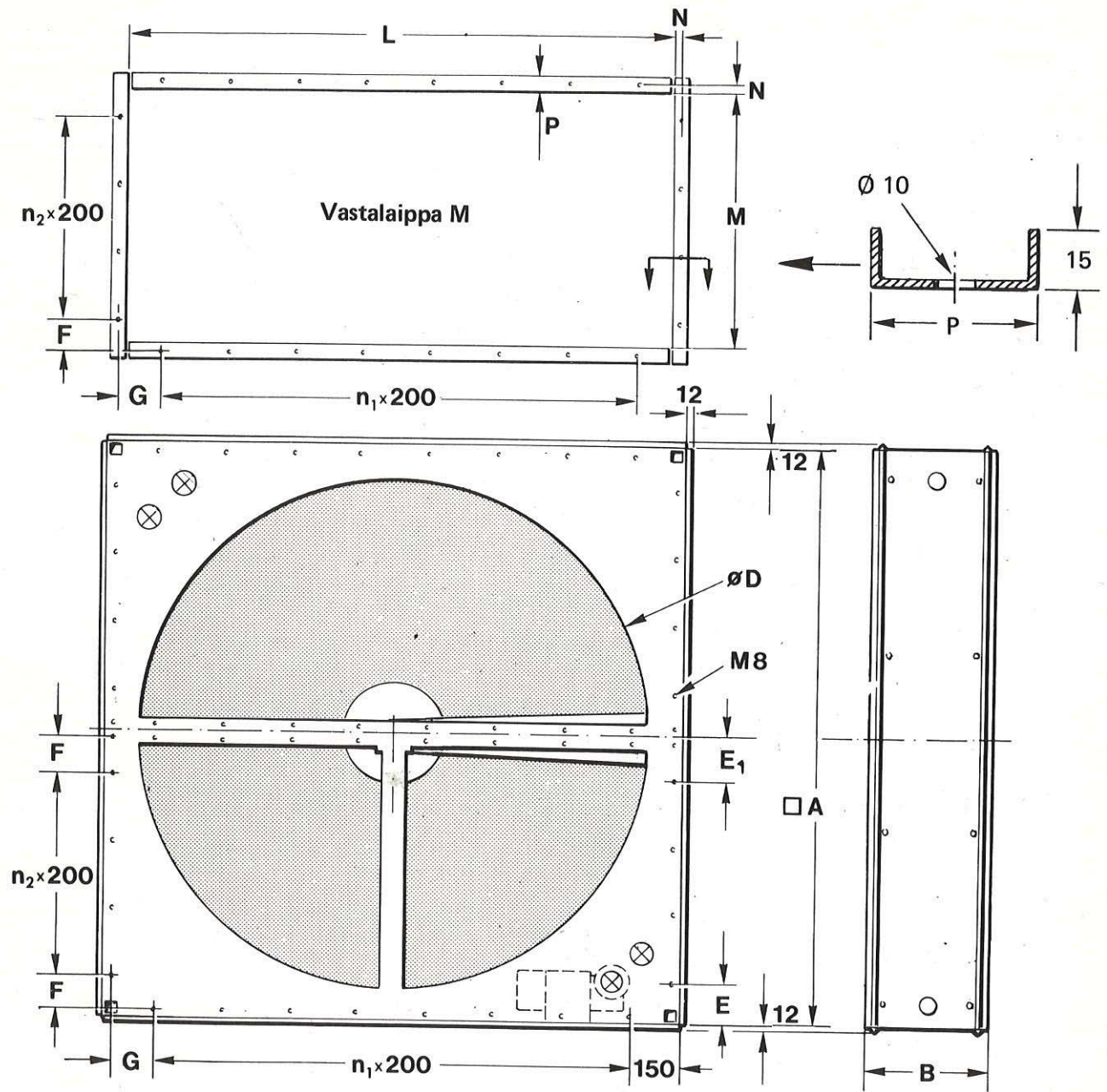
Pystysuora asennus —
kanavat päällekkäin



Pystysuora asennus —
kanavat vierekkäin



Mitat ET ja RT 950-1900

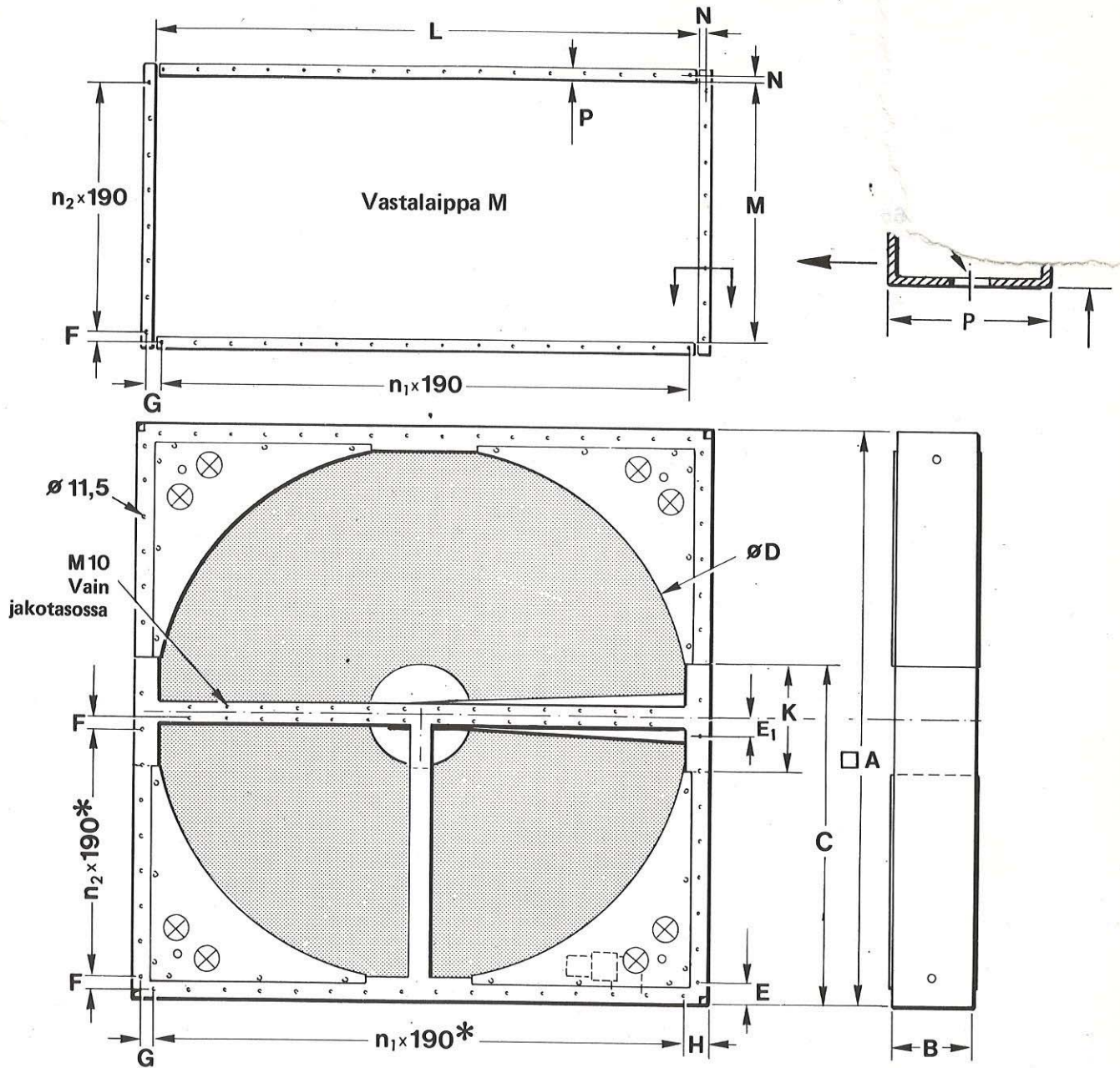


⊗ Vaihtoehtoinen käyttömoottorin sijoitus

Malli ET/RT	A □	B	Ø D	n_1	n_2	E	E_1	F	G	L	M	N	P
950	1300	320	950	5	2	130	120	102	122	1210	570	17	34
1200	1500	320	1200	6	3	80	70	52	122	1410	670	17	34
1500	1700	360	1500	7	3	125	125	100	120	1600	760	20	40
1700	1900	360	1700	8	4	75	75	50	120	1800	860	20	40
1900	2100	360	1900	9	4	125	125	100	120	2000	960	20	40

Oikeus mittamuutoksiin pidätetään.

Mitat ET ja RT 2150-4200



⊗ Vaihtehtoinen moottorin sijoitus

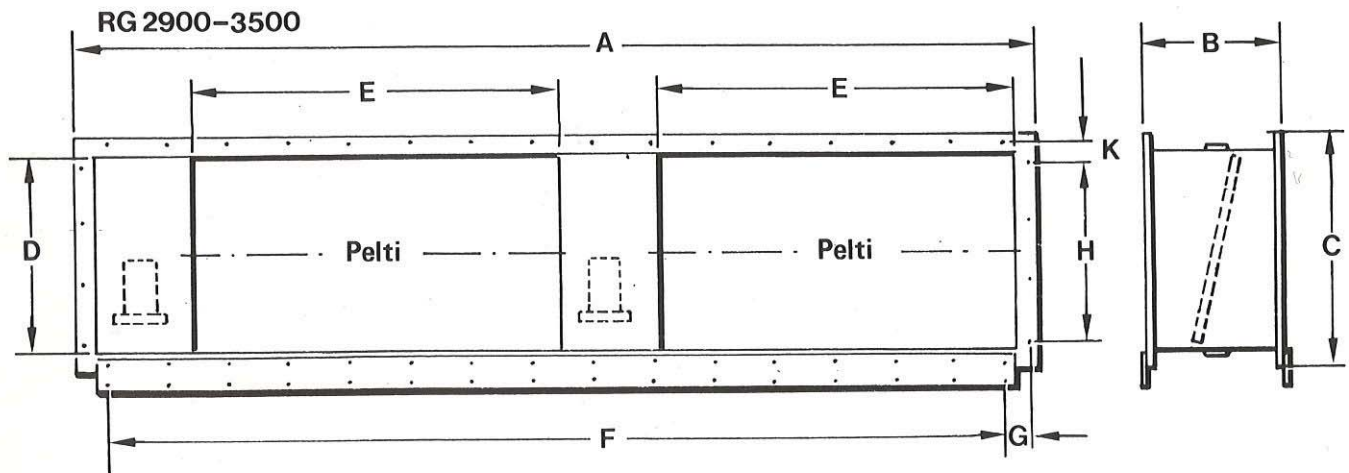
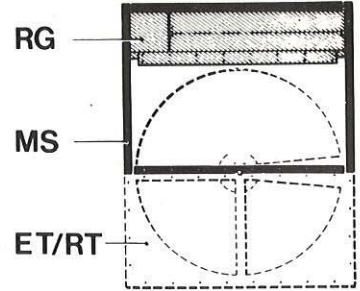
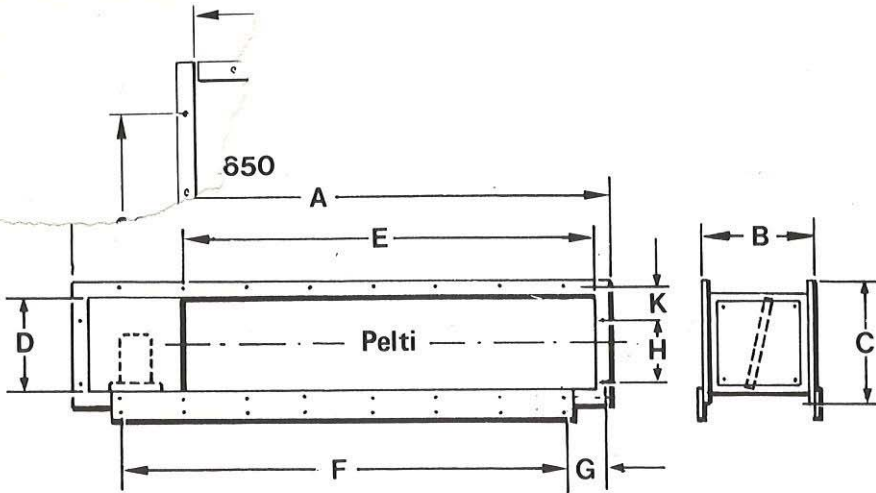
* Koko 4200 n_1 n_2 x350

Malli ET/RT	A □	B	C	Ø D	n_1	n_2	E	E_1	F	G	H	K	L	M	N	P
2150	2400	390	1300	2150	12	5	132,5	117,5	87,5	15	60	—	2260	1075	25	50
2400	2640	390	1475	2400	13	5	192,5	177,5	147,5	40	85	—	2500	1195	25	50
2650	2900	390	1565	2650	14	6	162,5	147,5	117,5	75	120	—	2760	1325	25	50
2900	3100	430	1840	2900	15	7	120	100	70	75	125	—	2950	1420	25	50
3200	3400	430	2010	3200	16	8	100	80	50	130	180	—	3250	1570	25	50
3500	3660	430	2280	3500	17	9	70	50	15	160	215	—	3500	1690	25	50
3800	4000	430	2390	3800	19	9	155	135	100	140	195	—	3840	1860	25	50
4200	4500	470	2705	4200	12	6	82,5	67,5	27,5	95	150	910	4340	2105	25	50

Oikeus mittamuutoksiin pidätetään.

Savukaasupelti RG

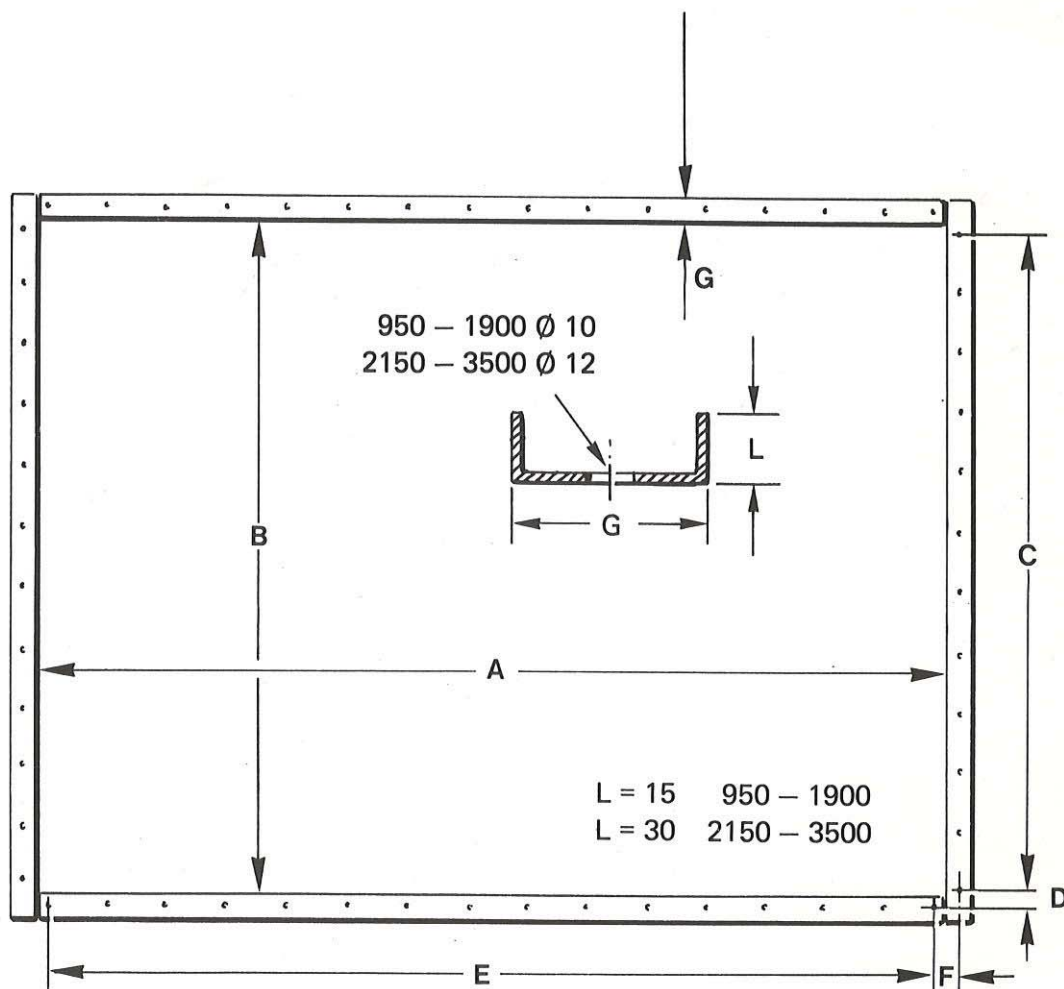
RG:n asennus:
Savukaasupellin akselin on oltava vaakasuorassa asennossa.



Malli	A	B	C	D	E	F	G	H	K	Paino kg
RG 950	1300	320	390	310	900	5 x 200	122	200	117	40
RG 1200	1500	320	390	310	1100	6 x 200	122	200	67	45
RG 1500	1700	360	390	310	1300	7 x 200	120	200	112	49
RG 1700	1900	360	390	310	1500	8 x 200	120	200	62	53
RG 1900	2100	360	390	310	1700	9 x 200	120	200	112	57
RG 2150	2400	390	550	450	1950	12 x 190	15	2 x 190	97,5	75
RG 2400	2640	390	550	450	2190	13 x 190	40	190	157,5	85
RG 2650	2900	390	750	650	2440	14 x 190	75	3 x 190	137,5	125
RG 2900	3100	430	750	650	1170	15 x 190	75	3 x 190	95	165
RG 3200	3400	430	920	800	1315	16 x 190	130	4 x 190	55	190
RG 3500	3660	430	920	800	1445	17 x 190	160	4 x 190	25	210

Oikeus mittamuutoksiin pidätetään.

Vastalaippa MS



Malli	A	B	C	D	E	F	G	Paino kg
MS 950	1210	985	4 x 200	102	5 x 200	122	34	4,2
MS 1200	1410	1085	5 x 200	52	6 x 200	122	34	4,8
MS 1500	1600	1172	5 x 200	100	7 x 200	120	40	5,4
MS 1700	1800	1272	6 x 200	50	8 x 200	120	40	6
MS 1900	2000	1372	6 x 200	100	9 x 200	120	40	6,5
MS 2150	2260	1655	8 x 190	87,5	12 x 190	15	50	13
MS 2400	2500	1775	8 x 190	147,5	13 x 190	40	50	14
MS 2650	2760	2105	10 x 190	117,5	14 x 190	75	50	16
MS 2900	2950	2205	11 x 190	70	15 x 190	75	50	16,5
MS 3200	3250	2525	13 x 190	50	16 x 190	130	50	18,5
MS 3500	3500	2650	14 x 190	15	17 x 190	160	50	19

Oikeus mittamuutoksiin pidätetään.

Erittely

Econovent ET

Econovent ET on lämmöntalteenottoyksikkö, joka siirtää sekä kosteutta että lämpöä samalla korkealla hyötysuhteella. Kosteushyötysuhde täydellä kierrosluvulla noudattaa kapasiteettikäyrästä myöskin silloin kun poistoilman vesihöyryn tiivistymistä ei tapahdu. Roottorimateriaali on erikoiskäsittelyä alumiinifoliota.

Econovent ET toimitetaan: valmiiksi koottuna (M)
osina ja kasataan
asennuspaikalla (D).

Runko on valmistettu primerillä maalatusta teräslevystä.

Roottori voi olla: sektoroimaton (W)
sektoroitu (S)

Moottori voi olla: säädettävällä kierrosluvulla.
Liitetään verkkoon 380/220 V,
50 Hz Thyrovent 313-3-kierros-
lukusäätimen kautta
kiinteällä kierrosluvulla, verk-
koliitanta 380/220 V, 50 Hz (F)

Econovent ET toimitetaan: puhtaaksi puhallussektorilla
(vakio)
ilman puhtaaksi puhallussektoria

Econovent RT

Econovent RT on lämmöntalteenottoalaite, joka ottaa talteen kuivan lämmön. Lämpötilahyötysuhde noudattaa kapasiteettikäyrästä täydellä kierrosluvulla. Roottorimateriaali on käsittelemätöntä alumiinifoliota.

Econovent RT toimitetaan: valmiiksi koottuna (M)
osina ja kasataan
asennuspaikalla (D).

Runko on valmistettu primerillä maalatusta teräslevystä.

Roottori voi olla: sektoroimaton (W)
sektoroitu (S)

Moottori voi olla: säädettävällä kierrosluvulla.
Liitetään verkkoon 380/220 V,
50 Hz Thyrovent 313-3-kierros-
lukusäätimen kautta
kiinteällä kierrosluvulla, verk-
koliitanta 380/220 V, 50 Hz (F)

Econovent ET toimitetaan: puhtaaksi puhallussektorilla
(vakio)
ilman puhtaaksi puhallussektoria

HYÖTYSUHDE JA PAINEHÄVIÖ

Katso tuloilmamäärä alemman käyrästä pystyakselilta ja piirrä tästä pisteestä vaakasuora. Piirrä tämän ja halutun Econoventin kokoa kuvaavan viivan leikkauspisteestä pystysuora ylemmälle käyrästä. Lue hyötysuhde käyrästä vasemmalta tai oikealta pystyakselilta ottaen huomioon kulloinkin kysymyksessä olevien ilmamäärien suhde (tuloilma/poistoilma).

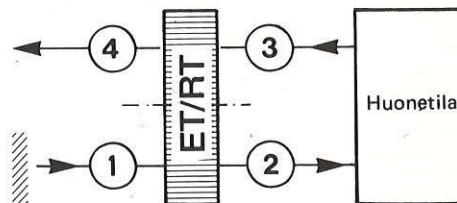
Esimerkki:

Tuloilmamäärä:	5,8 m ³ /s
Poistoilmamäärä:	7,6 m ³ /s
Ilmamäärien suhde:	$q_t/q_f = 5,8/7,6 = 0,76$
Econovent-koko ET 2650:	
Ylemmältä käyrältä saadan $\eta_t =$	85 %
Tuloilman painehäviö:	110 Pa
Poistoilman painehäviö:	150 Pa

Valintakäyrästä saatu hyötysuhde pätee vaihtimen pyöriessä täydellä nopeudella, ts 20 r/min.

Huom!

Econovent ET -tyyppisen vaihtimen lämpötila- ja kosteuden siirtohyötysuhteet ovat täydellä pyörimisnopeudella yhtä suuret ($\eta_t = \eta_x$). Econovent RT -tyyppisen vaihtimen lämpötilahyötysuhde on sama kuin ET-mallilla. Kosteudensiirtokyky riippuu huomattavasti poisto- ja tuloilmavirtojen kulloisestakin olotilasta. Tästä syystä ei ole olemassa helppoa menetelmää kosteudensiirtohyötysuhteen laskemiseksi käsin.



Määritelmät:

Tuloilman lämpötilahyötysuhde $\eta_{ts} = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}$

Tuloilman kosteudensiirtohyötysuhde $\eta_{xs} = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}$

Poistoilman lämpötilahyötysuhde $\eta_{te} = \frac{t_4 - t_3}{t_1 - t_3}$

Poistoilman kosteudensiirtohyötysuhde $\eta_{xe} = \frac{x_4 - x_3}{x_1 - x_3}$

t = lämpötila °C

x = ilman sisältämä absoluuttinen vesimäärä (g/kg)

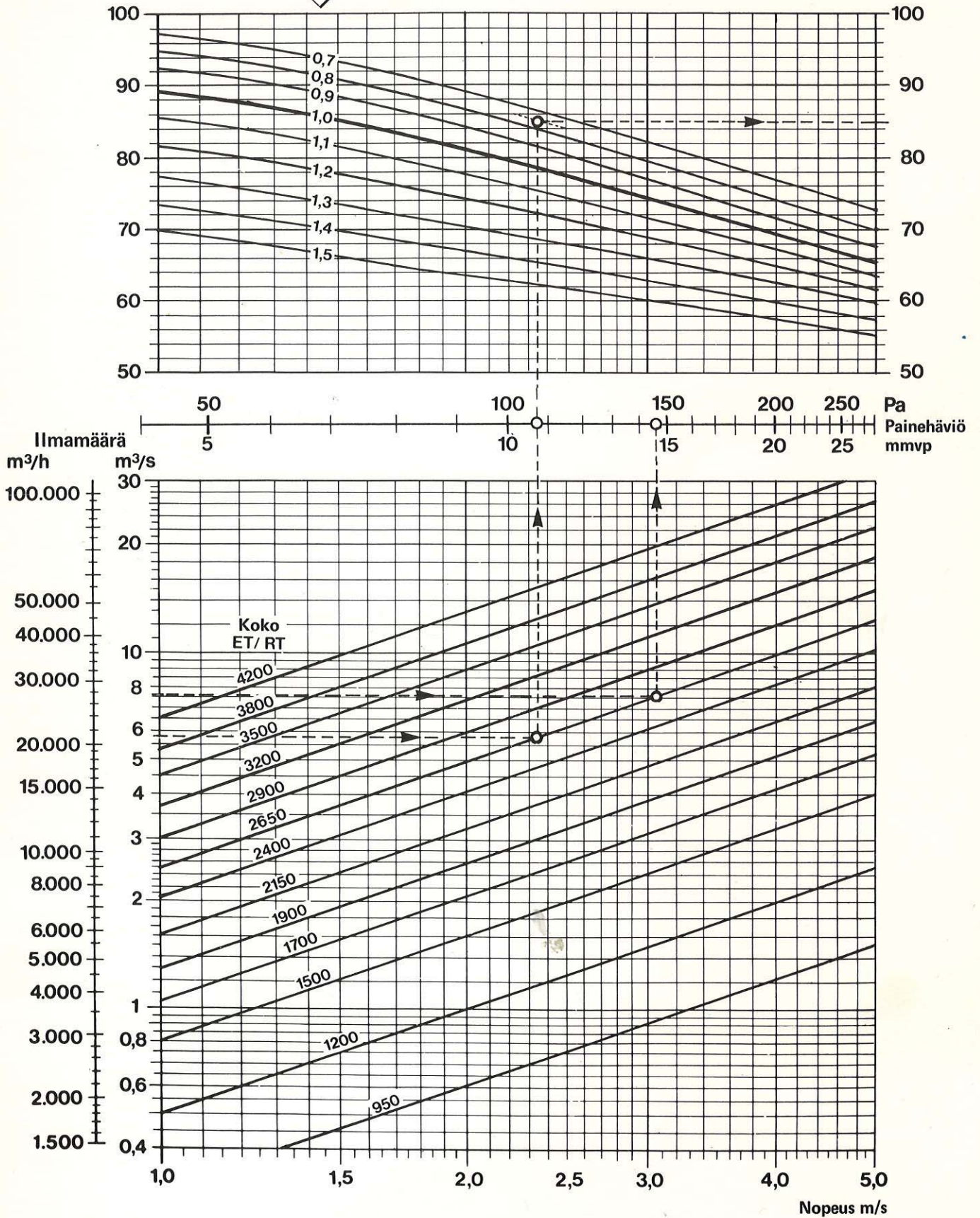
Kapasiteettikäyrästä malleille ET ja RT

η_t = Tuloilman lämpötila-
hyötysuhde % täydellä
kierrosluvulla

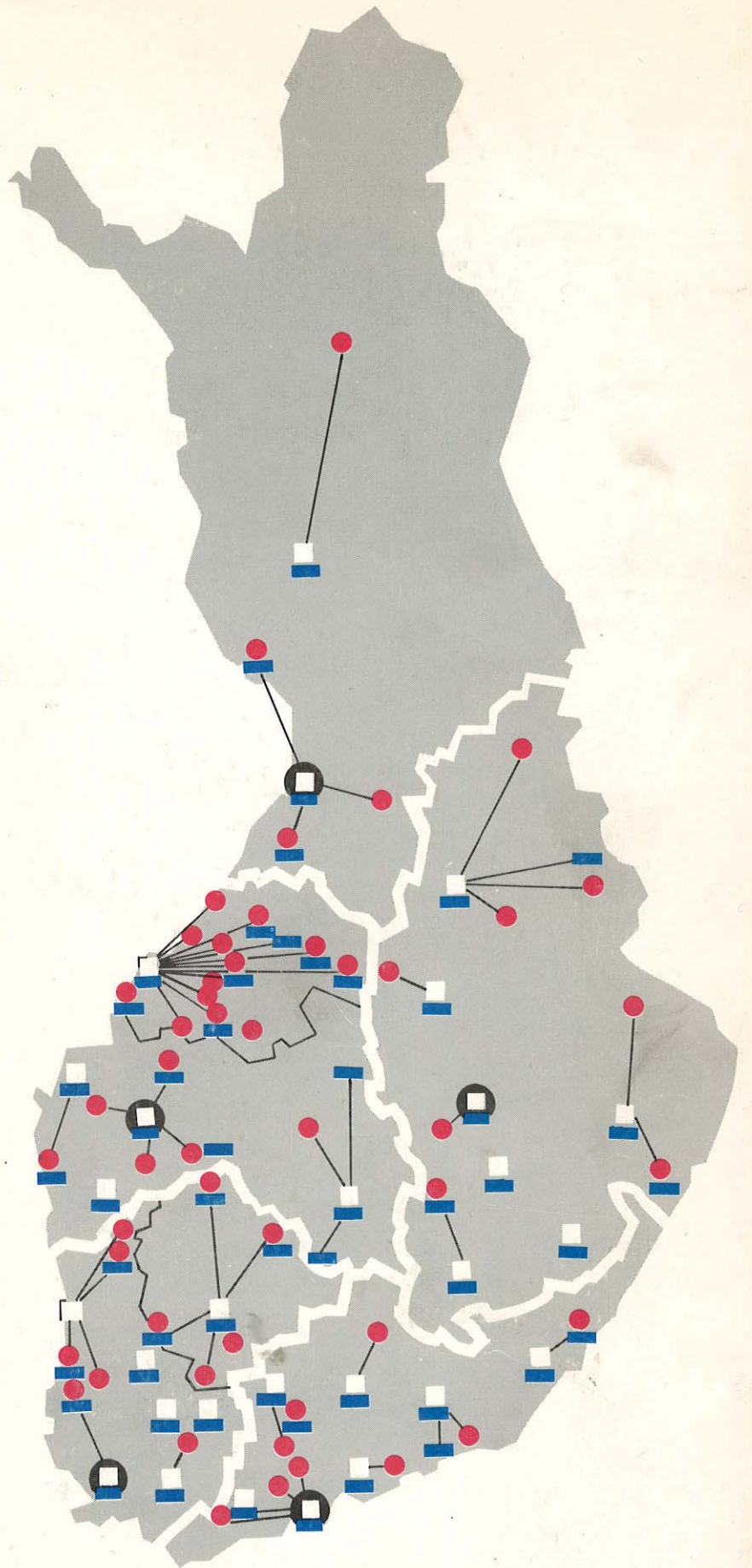
Ilmamäärien suhde =
Tuloilma
Poistoilma



ET:lle täydellä kierrosluvulla (20 r/min): $\eta_t = \eta_x$
RT:lle täydellä kierrosluvulla (20 r/min): $\eta_t \neq \eta_x$



- Aluekeskus
— Raskaskonekonttori
— Laitoskonttori
- Myyntikonttori
- Palvelukeskus/
Myymä
- Huoltokeskus



TEKNILLINEN  **HANKKIJA**

MIKKOLANTIE 1 • 00640 HELSINKI 64 • PUH, 90-7291, TELEX 12-1707