

# Küte

- Hoones mugava siseõhutamperatuuri kindlustamine
- Hoone küttesüsteemi alla kuuluvad küttekehad soojuskandja torustiku ja reguleerimiseseadmetega
- Soojuskanda on eesmärgiks on soojusallikas salvestunud soojuse kandmine küttekehadesse

# Kütte võimsus

- Sõltub hoone välispiirete soojusülekandest
- Hoone õhutihedusest
- Hoone ventileeritavast õhu kogusest ning selle korraldamise viisist
- Soojusallika (katla) kasutegurist

# Sisekliima kujundamine hoones

Eelnevalt sai vaadeldud küttesüsteemile esitatavaid nõudeid. Kuid tähtsam nendest on mugava ja ühtlase temperatuurirežiimi tagamine ruumides.

Eeldusel et hoone piirdekonstruktsioonid on ehitatud vastavalt kaasaegsetele nõuetele saab ruumidesse paigutatud küttekehadega luua mugava elukeskonna

# Soojusülekanne küttekehadedelt

- Kiirguslik
- Konvektiivne

# Vesiküttesüsteemid

Vesikütte torustike ühendusviise hoones on mitmeid:

1. Kahetorusüsteem
2. Ühetorusüsteem
3. Ringsüsteem
4. Kollektorsüsteem

# Küttesüsteemi variandid

## 1.1 ÜHETORUSÜSTEEM:

Samuti alumise ja ülemise jaotusega süsteemid. Erineb selle poolest, et siin liigub küttekehadesse antav ja sealt tagastatav soojuskandja ühte ja sama toru pidi.

## 1.2 KAHETORUSÜSTEEM:

1.2.1 Alumise jaotusega

1.2.2 Ülemise jaotusega

Eripära: kõik küttekehad saavad võrdse temperatuuriga soojuskandjat, kus vajalike vooluhulkade tasakaalustamiseks on jaotustorustikud varustatud vajalike reguleerventiilidega.

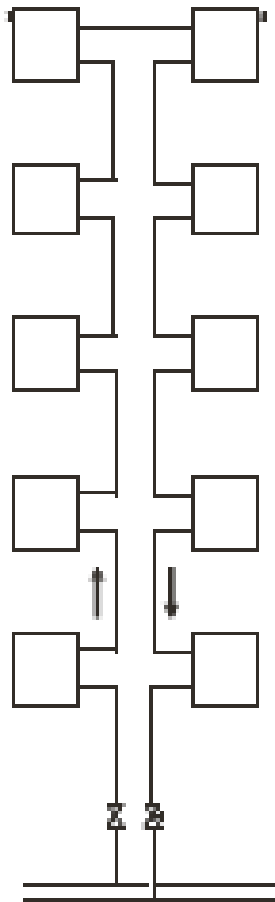
## 1.3 SEGASÜSTEEM:

Ühe ja kahetorusüsteemi segu

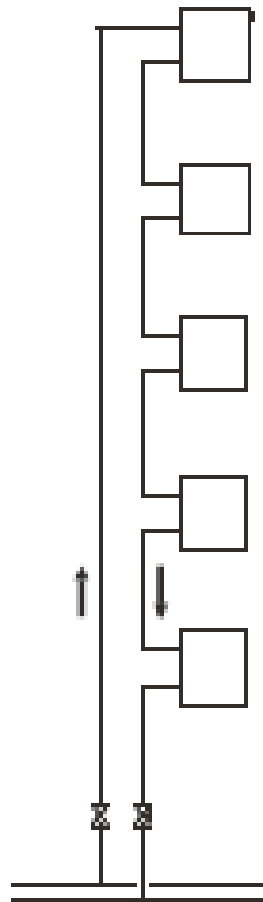
## 1.4 KOLLEKTORSÜSTEEM:

Eelis: võimaldab vältida tasakaalustus ja montaažitehnilisi probleeme

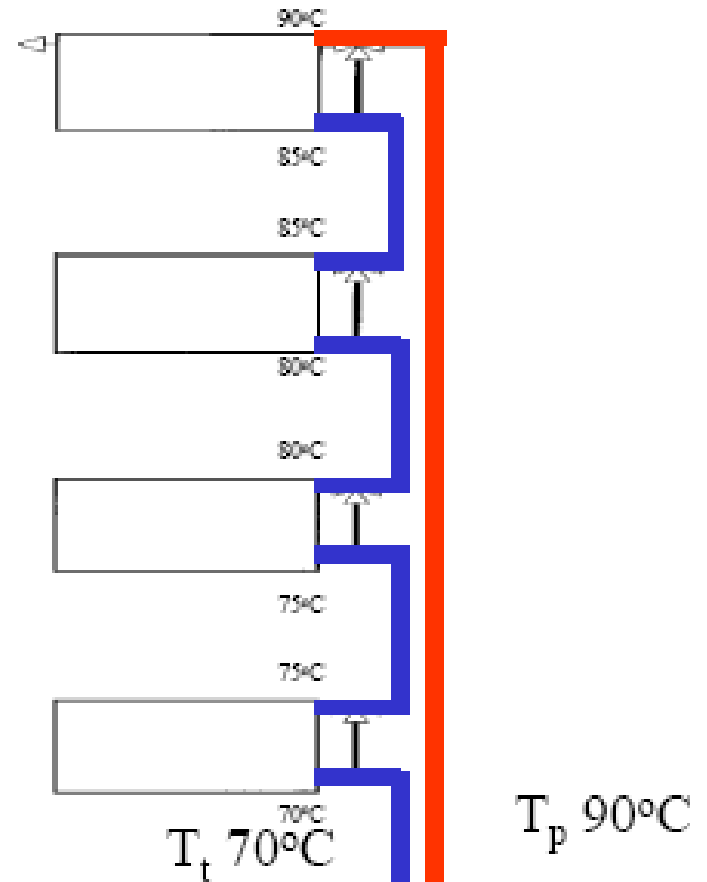
# Ühetoruline küttesüsteem



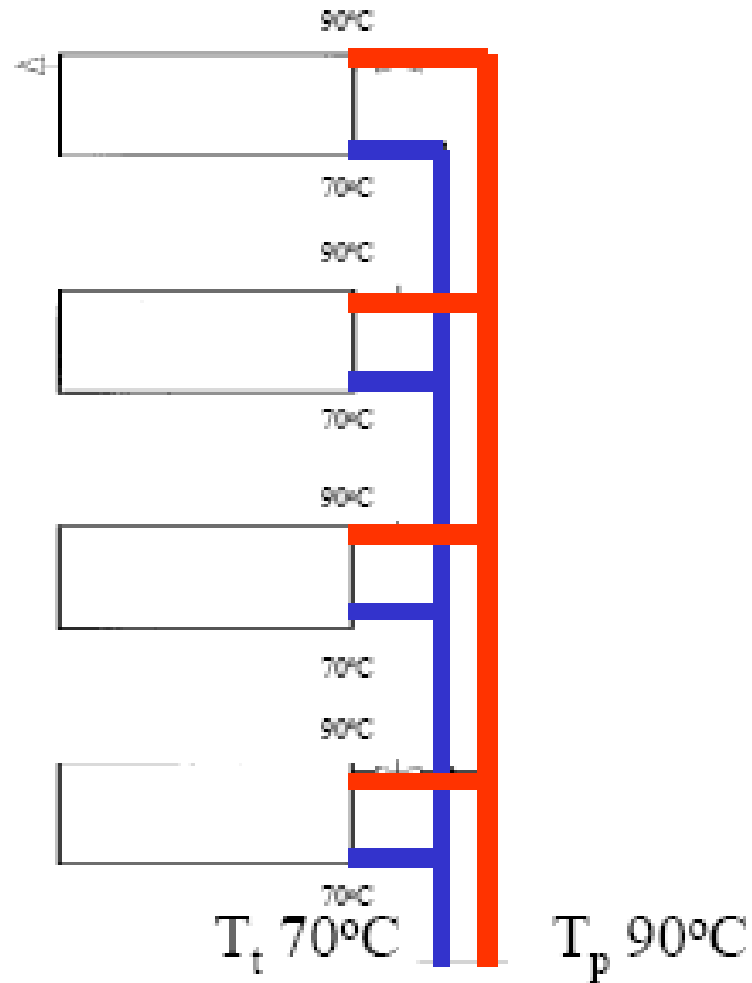
A



B



# Kahetorusüsteem





# Loomulik tsirkulatsioon

Soojendatud vee erikaal on väiksem kui jahtunud veel mille tulemusel tekib vee liikumine ehk tsirkulatsioon.

Loomuliku tsirkulatsioonipuhul peab katel asuma küttekehade allpool.

# Sundtsirkulatsioon

Kohtades kus loomuliku tsirkulatsiooni rõhk jääb väikeseks tuleb kasutada sundtsirkulatsiooni kasutades tsirkulatsiooni pumpasid, mis asetatakse küttesüsteemi ja katla vahele. Sundtsirkulatsiooni korral on vee liikumise kiirus torustikes 0,5-1 m/s, siis soojuskandja viib süsteemis oleva õhu kaasa ja see tuleb eemaldada eelvoolu lõpp-punktides.

Mida suurem on rõhk seda suurem on vedeliku keemistemperatuur. Selleks tekitatakse vesiküttesüsteemides teatav ülerõhk, mistõttu peab sundtsirkulatsiooniga küttesüsteemides paisupaak olema ühendatud tsirkulatsioonipumba imevale poolele.

# Küttekehad

Küttekehade ülesandeks on soojusenergia ülekandmine küttesüsteemis tsirkuleerivalt soojuskandjalt köetavatele ruumidele.

Soojus levib 25-30% küttekeha pinnalt ruumi kiirguse ja 70-75% ulatuses konvektsiooni teel.

Küttekehad jagunevad:

1. Radiaatorid- küttekehad mis annavad oma soojuse üle nii konvektsiooni kui kiirguse teel
2. Konvektorid- küttekehad mis annavad oma soojuse rohkem kui 75% üle konvektsiooni teel.

# Põrandaküte

Põrandakütte soojavõimsus määratakse vastavalt põranda pinnatemperatuurile.

Maksimaalsed lubatud temperatuurid:

- |    |                            |       |
|----|----------------------------|-------|
| 1. | Eluruumides, lasteaedades  | 24 °C |
| 2. | Tootmisruumid              | 26 °C |
| 3. | Ajutise viibimisega ruumid | 30 °C |
| 4. | Basseinid                  | 31 °C |

Põranda kiirgusenergia osatähtsus üldsoojushulgast on orienteeruvalt 40%. Põrandakütte pealevoolu temperatuur on 30-45 °C tagasivoolul on see 5-10 °C väiksem.

# Õhkküte

Õhkküttesüsteemides kasutatakse soojuskandjana õhku, mis soojendatakse vajaliku temperatuurini ning juhatakse köetavasse ruumi. Õhk liigub gravitatsiooni või ventilaatori jõul.

Õhkküttesüsteemid jagunevad ainult küttesüsteemideks ja kütte- ning ventilatsioonisüsteemideks.

# Õhkküte



# Elektriküte

## Elektriküte jaguneb

1. Otseküte- küttekehade võimsused võetakse vastavalt köetava ruumi soojakadude suurusele
2. Soojust akumuleeriv küte (vajalik võimsus ligi 1,5 korda suurem) - põrandaküte
3. Osaliselt soojust akumuleeriv küte- põrandküte
4. Kombineeritud küte

## Muud kasutusala

1. Vihmavee torude ja rennide soojendamine
2. Veetorude külmumise kaitsmiseks
3. Õues jää ja lume sulatamiseks

# Kiirgusküte

Kasutatakse infrapuna kiirgureid. Kiirgus langeb seintele, põrandale ja teistele pindadele. Pinnad soojendavad omakorda õhku.

Suure pinnaga ja umbes 100 °C pinnatemperatuuriga laepaneelkiirgur kiirgab pikilainelist soojust, mis annab mugava ja hea temperatuurijaotuse normaalses 2,7 m kõrguses ruumis.

Infrapuna kiirgust saab suunata piirkondadesse kus on vaja rohkem soojust (akende piirkond).

Infrapuna kiirgureid kasutatakse sageli täiendava küttena. Samuti on nad odavad ja lihtsad.



# Soojapuhurid

Soojapuhuritega kindlustatakse mugavus peamiselt ehitusplatside soojendamisel. Samuti kasutatakse neid kuivatamiseks ja ventileerimiseks.

Soojapuhuri liigid:

1. Statsionaarsed soojapuhurid millised paigaldatakse kohtkindlalt pikaajaliseks kasutamiseks
2. Kantavad soojapuhurid millised kasutatakse lühiajaliseks soojendamiseks.

Kõrgetes ruumides tuleb kasutada soojapuhureid koos laeventilaatoritega, see hajutab lae alla kogunenud kuuma õhu.

# Soojuspump küte

Soojuspumba töö põhineb külmakandja ringprotsessil.

Aurustudes seob endaga sooja, kondenseerudes annab selle ära. Külmakandjana kasutatakse tavaliselt halogeenitud süsivesinikke.

Soojuspumba kasutamise eelduseks on sobiv soojaallikas, milleks võib olla:

1. Välisõhk või heiteõhk
2. Pinnas
3. Päikesekiirgus
4. Tööstuse heitvesi
5. Põhjavesi

# Ahjuküte

1. Kasutatakse hoonetes kuni 2 korrust
2. Piirkondades kus puudub tsentraliseeritud soojavarustus
3. Küttematerjal odavalt käes (samuti koht puude ladustamiseks).

## Eelised:

1. Suhteliselt väike maksumus
2. Võimaldab kasutada kohalikku kütust
3. Õhutab ruume
4. Puudub külmumise oht

## Ahjukütte puudused:

1. Tuleohtlik
2. Ahjusid ja korstnaid tuleb puhastada
3. Köetavas ruumis võib esineda ebaühtlast temperatuuri jaotust
4. Ebaõigel ekpluateerimisel võib esineda vingugaasi oht
5. Võtab enda alla kasulikku pinda

Spot 52.5 °C

Box

Max. 102

Min. 42.7

Isotherm

Level 35.0

Difference

Sp - Ref 32.4

90.6



 **FLIR**

Dist = 1.0 Trefl = 20.0  $\epsilon$  = 0.95

23.7

# Ahjuküte

Ahjud jagunevad

- Soojust salvestavad
- Soojust mittesalvestavad

Ahjukolded liigitatakse

- Umbkolle (kasutegur 40-60%)
- Restkolle (kasutegur 70-75%)

# Vesiküttesüsteemides kasutatavad materjalid

Süsteemide ehitamisel kasutatakse põhiliselt:

1. Torud- terasest, vasesest, plastmassist.
2. Küttekehad- terasplekist, malmist, torust
3. Sulgarmatuur- pronksist, pronks+plastmass
4. Reguleerarmatuur- pronksist
5. Elektroonilised mõõteriistad, otsetoimega mõõteriistad
6. Tsirkulatsioonipumbad
7. Soojusvahetid (tihenditega, joodetud ühendustega)
8. Paisupaagid (lahtised paagid, membraaniga knnised paagid)



# Ventilatsioon

Ühes tunnis eraldab aktiivselt tegutsev inimene õhku:

- u. 50 grammi vett
- 19 liitrit süsihappegaasi
- Iga päev hingame sisse kuni 20-30 kg õhku.

Ventileerimata õhus moodustavad tolm ja mikroorganismid olulise osa sissehingatavast õhust. Ventileerimata või puudulikult ventileeritud ruumides on inimesed kergesti ärrituvad. Nad kannatavad väsimuse, depressiooni, korduvate peavalude, unetuse, masenduse ja viirushaiguste käes. Lastel võivad areneda kroonilised haigused. Hästi ventileeritud ruumides on aga inimesed töövõimelisemad, rõõmsamad ja konstruktiivsemad.



# Miks ventilatsioon

Ventilatsiooni ülesandeks on hoone tervisliku ja komfortse õhu kindlustamine.

Ventilatsioonisüsteemi abil eemaldatakse ruumis tekkinud saasteained ja asendatakse puhta töödeldud välisõhuga.

# Õhu omaduse

## 1. Keemilised

- Lämmastikku 75,6%
- Hapnikku 23,1%
- Veeauru 0,05%
- Süsihappegaasi 0,05%

+ inertsgaasid

## 2. Füüsikalised omadused

- Temperatuur
- Liikumiskiirus
- Ionisatsioon
- Õhus lenduvad kõrvalised osakesed (tolm)

I. Ohtlike gaasiliste ainete puhul on nõutav õhuvahetus määratav valemiga:

$$L = G / (C_p - C_s) \times \varepsilon \quad \text{m}^3/\text{h}, \text{ milles}$$

$G$  – eralduv ohtlike ainete kogus mg/h

$C_p$  – ohtlike ainete piirkontsentratsioon viibimistsoonis mg/m<sup>3</sup>

$C_s$  – vastava paikkonna välisõhus sisalduvate ohtlike ainete piirkontsentratsioon, mis leitakse kohalike mõõtmiste või

Tervisekaitseametist saadud andmete alusel mg/m<sup>3</sup>

$\varepsilon$  - ventilatsiooni efektiivsuse koefitsient

## 2. Niiskuseralduste puhul on nõutav õhuvahetus määratav valemiga

$L = X / (X_p - X_s) \times 1,2 \times \varepsilon \text{ m}^3/\text{h}$ , milles

$X$  - ruumi eralduv liigniiskus g/h

$X_p$  - ruumis lubatav niiskussisaldus g/kg;

$X_s$  - sissepuhkeõhus olev niiskussisaldus g/kg

$\varepsilon$  - ventilatsiooni efektiivsuse koefitsient

Soojuseralduste puhul on nõutav õhuvahetus määratav kahel viisil:

soojussisalduste (entalpiate) vahe järgi  
temperatuuride vahe järgi.

### 3. Õhuvahetus soojussisalduste vahe järgi

$$L = Q / (h_{vt} - h_{sp}) \times 1,2 \times \varepsilon \text{ m}^3/\text{h},$$

milles

$Q$  - ruumi eralduv liigsoojus  $\text{kJ/h}$

$h_{vt}$  - väljatõmmatava õhu soojussisaldus  $\text{kJ/kg}$

$h_{sp}$  - sissepuhkeõhu soojussisaldus  $\text{kJ/kg}$

$\varepsilon$  - ventilatsiooni efektiivsuse koefitsient.

#### 4. Õhuvahetus temperatuuride vahe järgi

$L = Q / (t_{vt} - t_s) \times c \times 1,2 \times \varepsilon \text{ m}^3/\text{h}$ , milles

$Q$  - ruumi eralduv liigsoojus  $\text{kJ}/\text{h}$

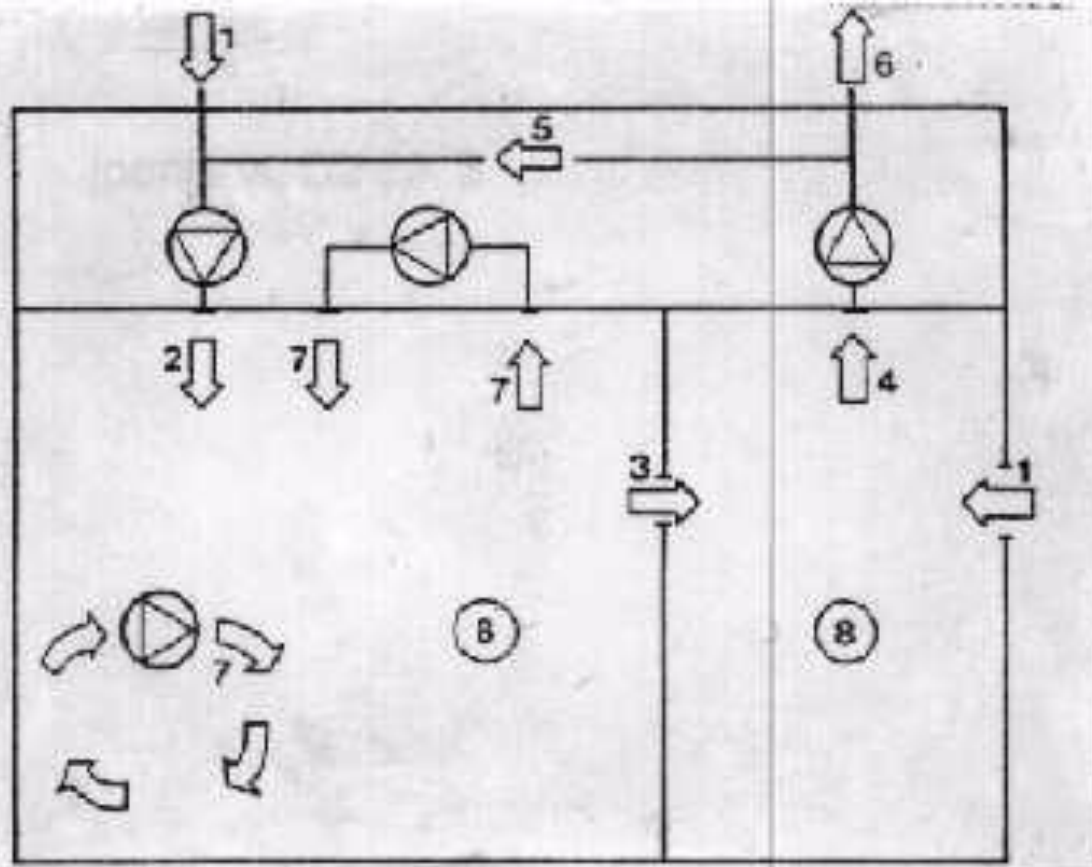
$t_{vt}$  - väljatõmmatava õhu temperatuur  
 $0^\circ\text{C}$

$t_s$  - sissepuhkeõhu temperatuur  $0^\circ\text{C}$

$c$  - õhu mahterisoojus  $1 \text{ kJ}/\text{kg} = 0,24 \text{ kcal}/\text{kg}$

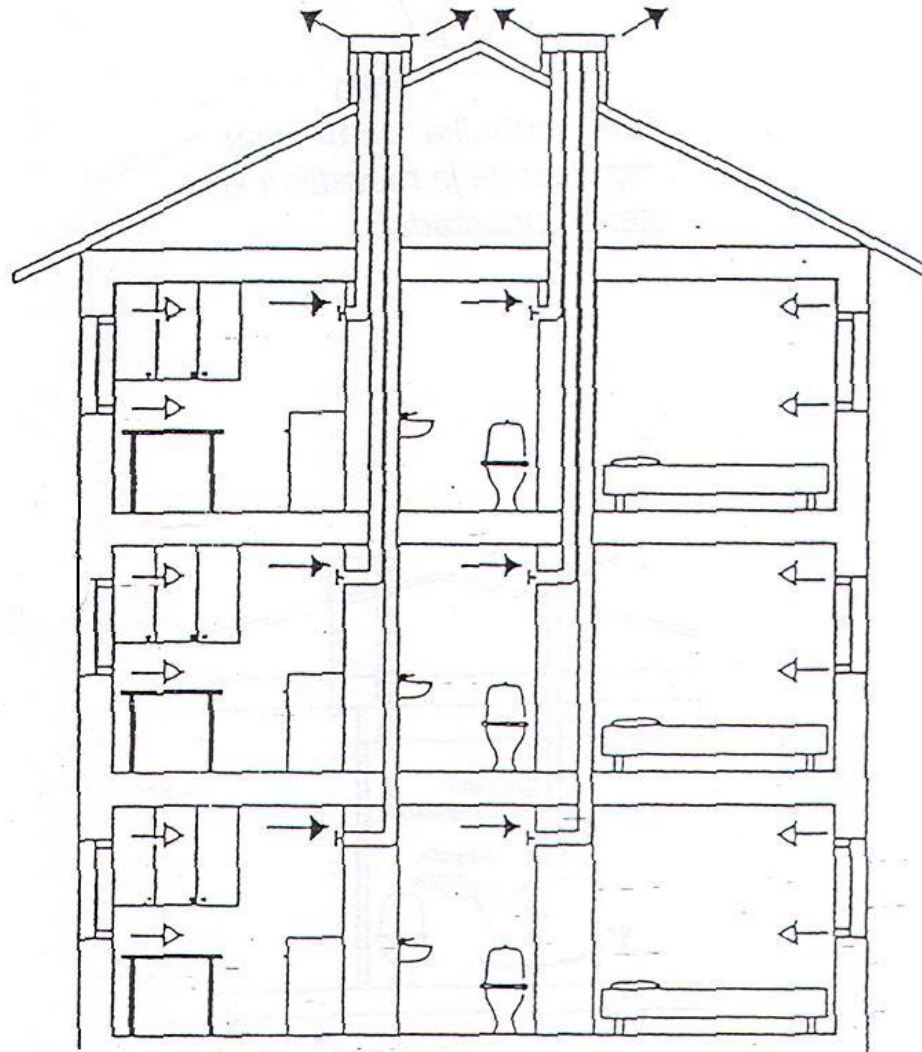
$\varepsilon$  - ventilatsiooni efektiivsuse koefitsient.

# Ventilatsiooni kasutatavad õhuvoolude nimetused



1. Välisõhk
2. Sissepuhkeõhk
3. Siirdõhk
4. Väljatõmbeõhk
5. Tagastusõhk
6. Heitõhk
7. Ringlusõhk
8. Ruumiõhk

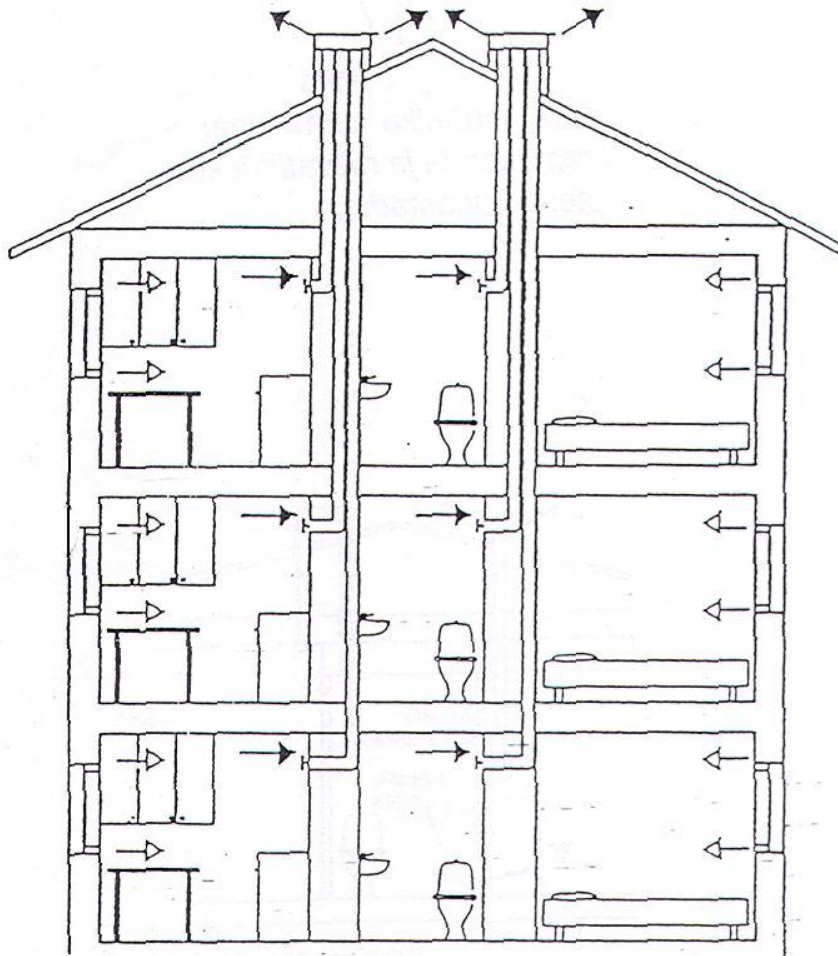
# Loomulik ventilatsioon



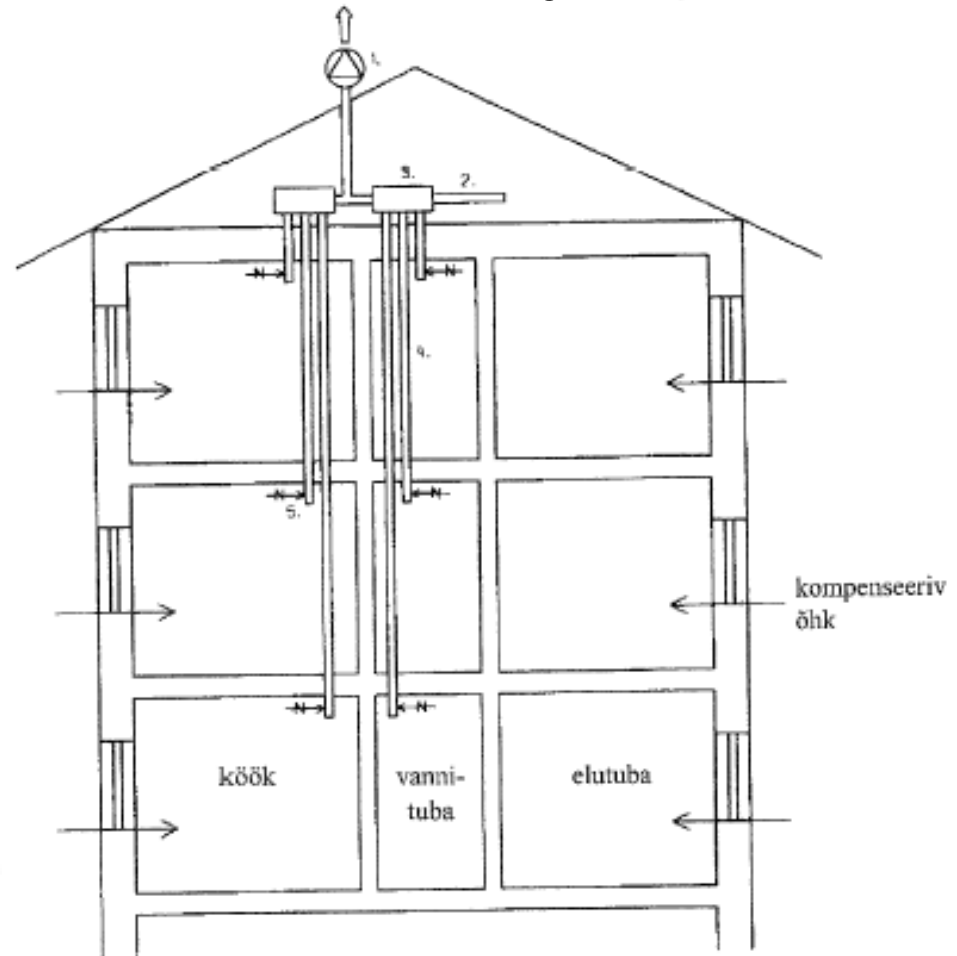


# Loomulik sissepuhe ja mehhaaniline väljatõmme

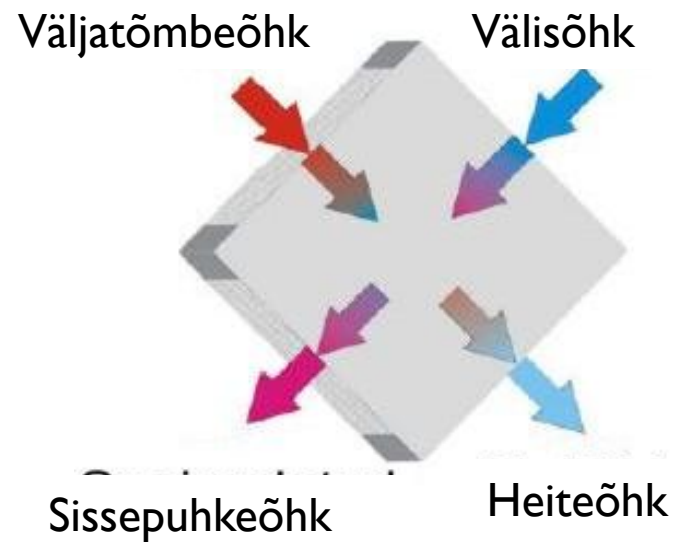
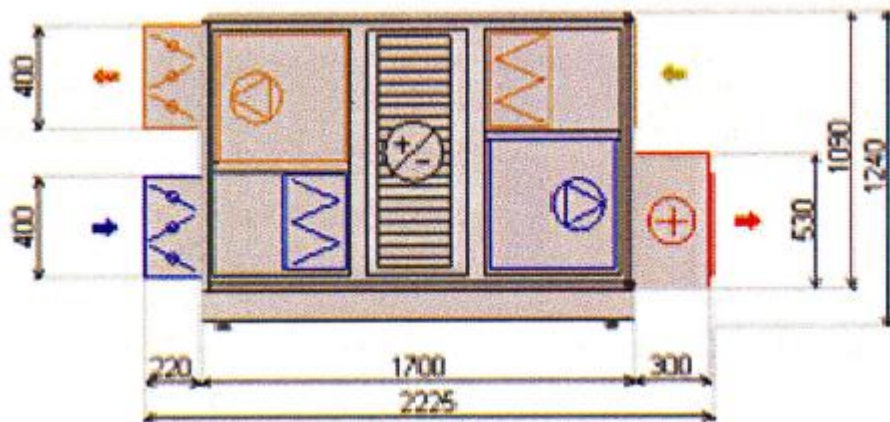
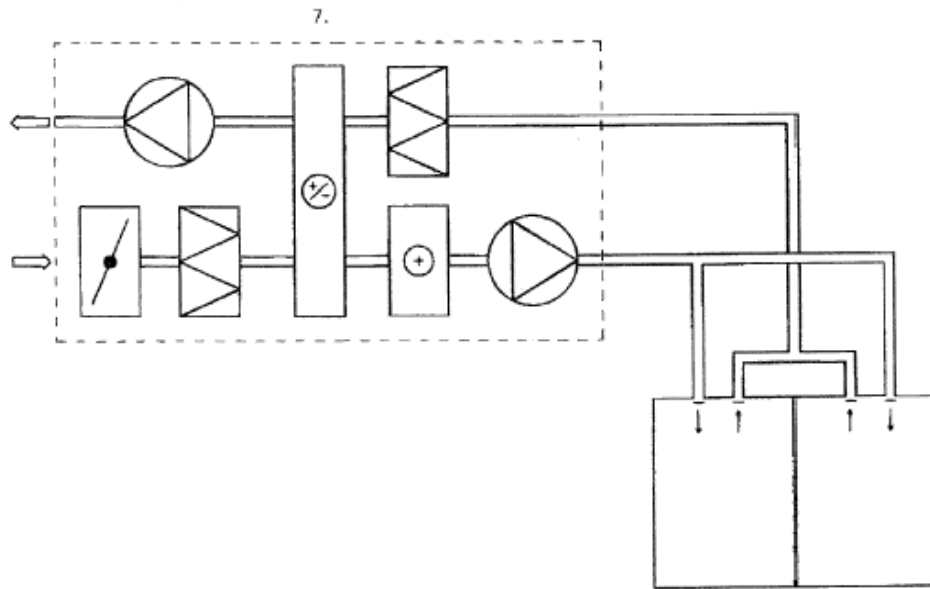
Loomulik ventilatsioon



Loomulik sissepuhe mehhaaniline väljatõmme



# Mehhaaniline soojustagastusega ventilatsioon



# Soojustagastid

Soojustagasti – seade, kus väljatõmbeõhu soojust kasutatakse sissepuhkeõhu soojendamiseks

Jagunevad kahte suurde gruppi:

1. Regeneratiivne soojustagasti – soojusvaheti, kus tahke aine vaheldumisi jahtudes ja soojenedes annab soojust üle ühest õhuvoolust teise-  
Rootor soojustagasti
2. Rekuperatiivne soojustagasti – soojusvaheti, kus soojus antakse üle ühest õhuvoolust teise läbi õhuvoolusid eraldavate vaheseinte

# Soojustagastid

Vahesoojuskandjaga soojustagasti – seade õhk-vesi soojusvahetitega, mis vahetavad soojust vahesoojuskandja (glükooli vesilahus) abil ja edastavad soojust väljatõmbeõhust sissepuhkeõhule

Kahefaasilise soojuskandjaga (gaas – vedelik) soojustagasti – seade, kus sissepuhke ja väljatõmbe õhuvoolumineering on torudes soojusülekanne toimub soojuskandja vahelduva aurustumise ja kondenseerumise teel

# Soojustagastid

Kasutatava soojustagasti kasutegur peab jääma sõltuvalt soojustagasti tüübist alljärgnevatesse piiridesse:

Regeneratiivne ST -  $\eta_t = 70...80 \%$

Rekuperatiivne ST -  $\eta_t = 50...60 \%$

Vahesoojuskandjaga ST -  $\eta_t = 40...55 \%$

Kahefaasilise soojuskandjaga ST -  $\eta_t = 50...65 \%$

Soojustagasti kasutegur sissepuhkele temperatuuri järgi on määratav valemiga:

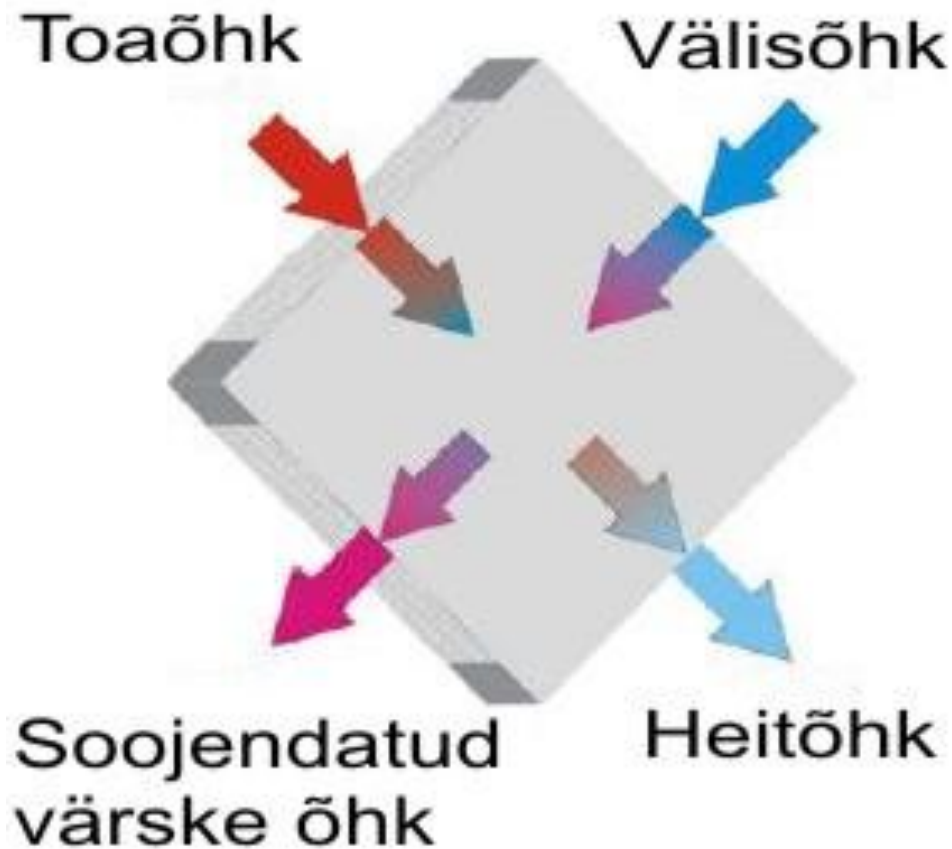
$\eta_t = (t_2 - t_1) \times 100 / (t_3 - t_1) \%$ , milles

$t_1$  – välisõhu temperatuur °C

$t_2$  – soojustagastist väljuva õhu temperatuur °C

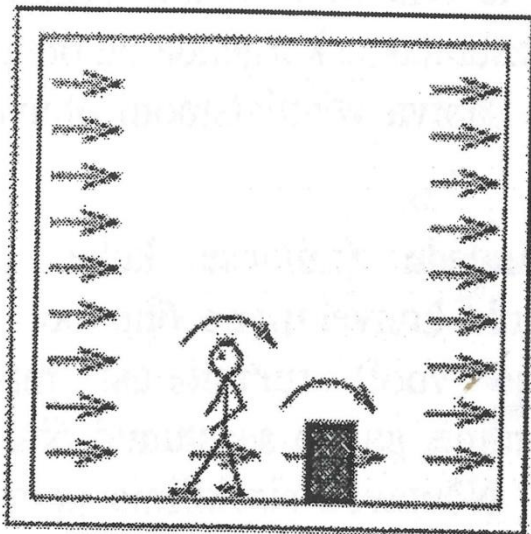
$t_3$  – väljatõmbeõhu temperatuur °C

# Soojustagasti töötamise põhimõte

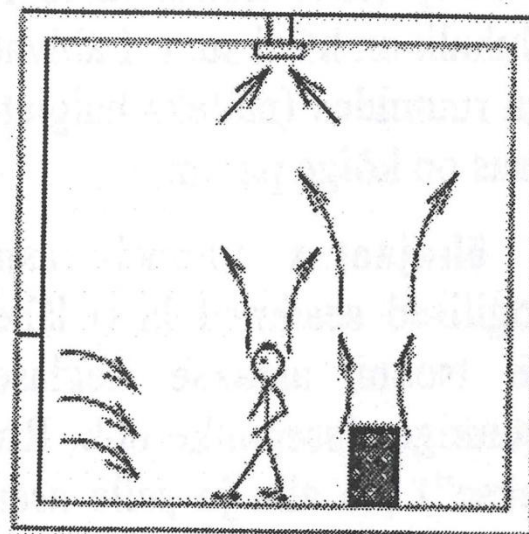




# Õhu jaotusskeemid

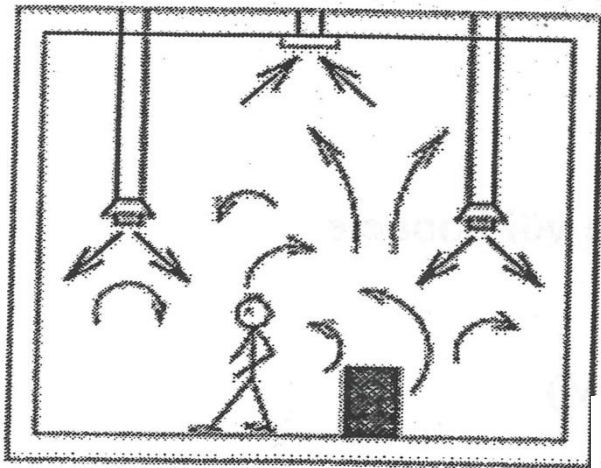


Läbiv õhujaotus

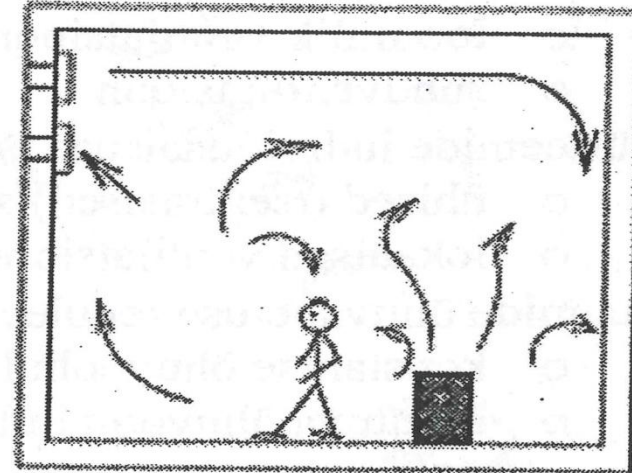


Tõrjuv õhujaotus

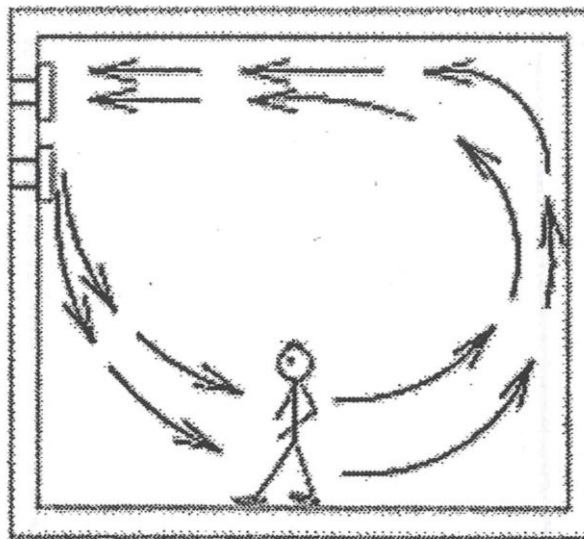
# Õhu jaotusskeemid



Tsonaalne õhujaotus



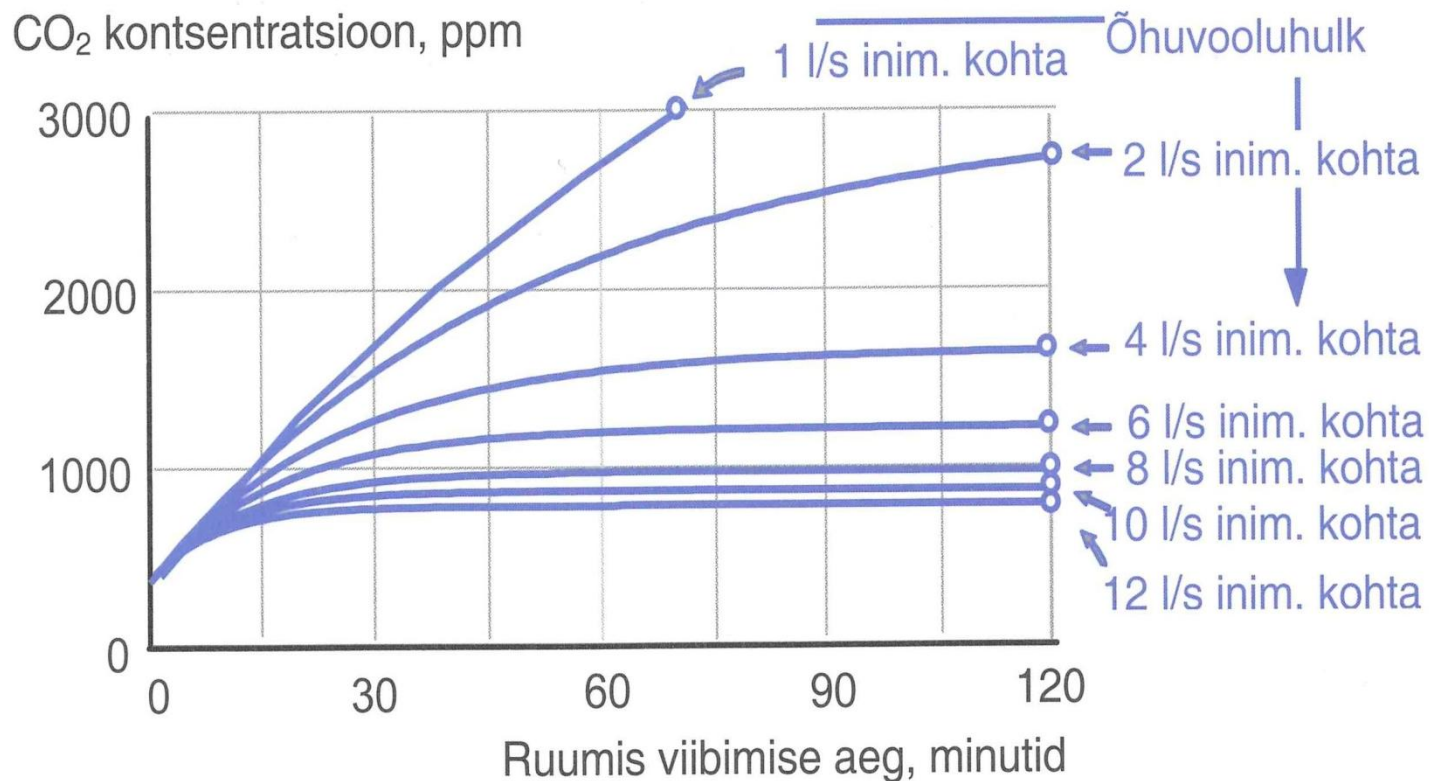
Segunev õhujaotus



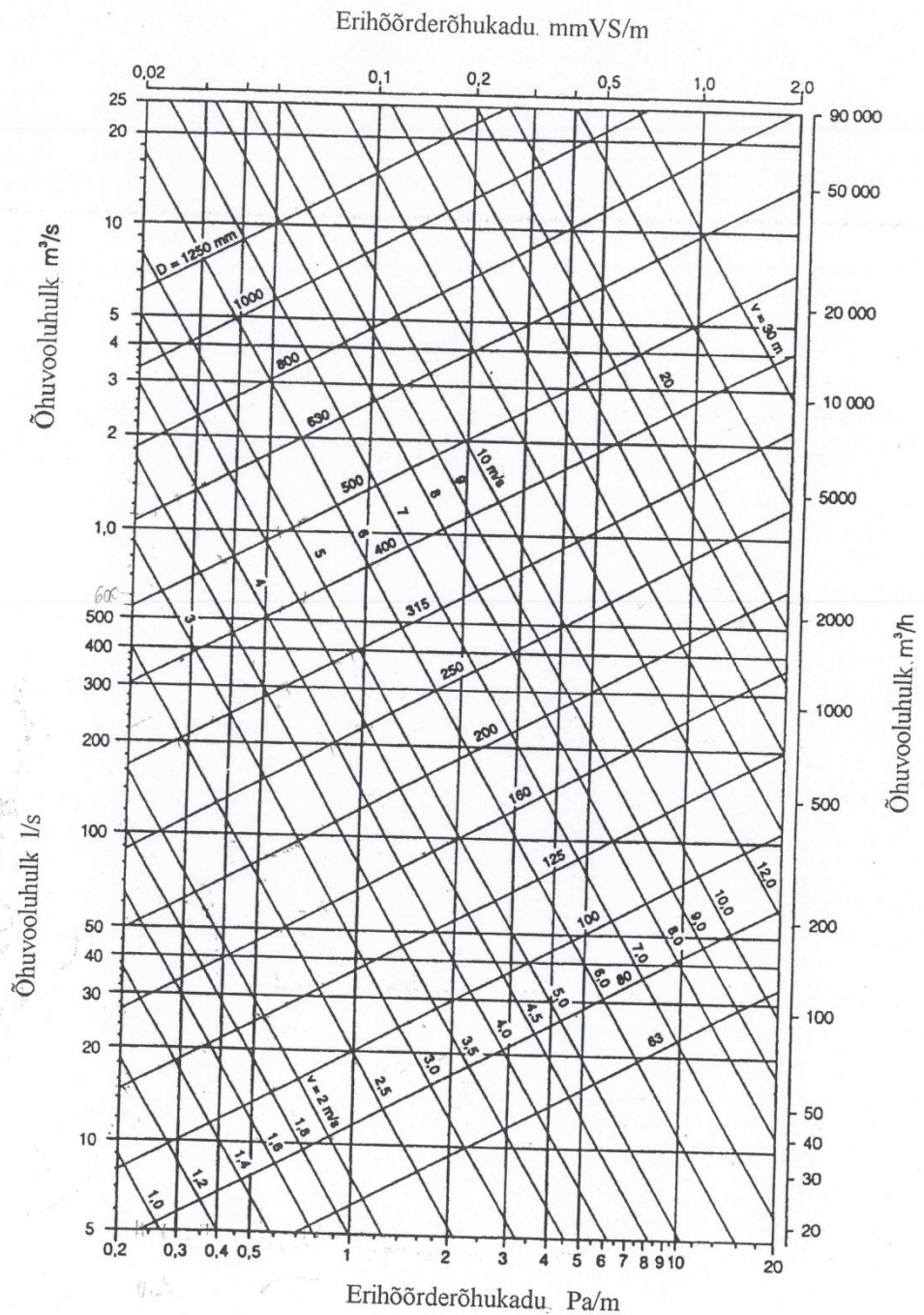
Joonis 12.2 Kihistuv õhujaotus



# CO<sub>2</sub> kontsentratsioon sõltuvalt õhuvooluhulgast



# Ventilatsiooni kanali valiku diagramm



# Ventilaatorid

## Liigid:

1. Telgventilaatorid- silindris asub tiivik, milles liikuva õhuvoolu suund ei muutu, reguleeritav on pöörete arv või juhtlabad.
2. Tsentrifugaalventilaatorid- õhuvool on kiiresuunaline (radiaalne), labad keerduvad kas ette (F-rattaga) või tahapoole (B-rattaga)
3. Kombineeritud ventilaatorid- eelmiste kombinatsioon,

# Ventilaatorid

**Ümara kanali ventilaatorid**



**Kandilise- ja ruudukujulise  
kanali ventilaatorid**



## **Katuseventilaatorid**



## **Tsentrifugaalventilaatorid**



## **Vannitoa- ja köögiventilaatorid**



# Õhu töötlemine

Võimalik mehaaniline, keemiline ja termodünaamiline töötlemine.

Mehaaniline- tolmu kui muude mehaaniliste osakeste eemaldamine õhust

Keemiline- õhu desinfitseerimine

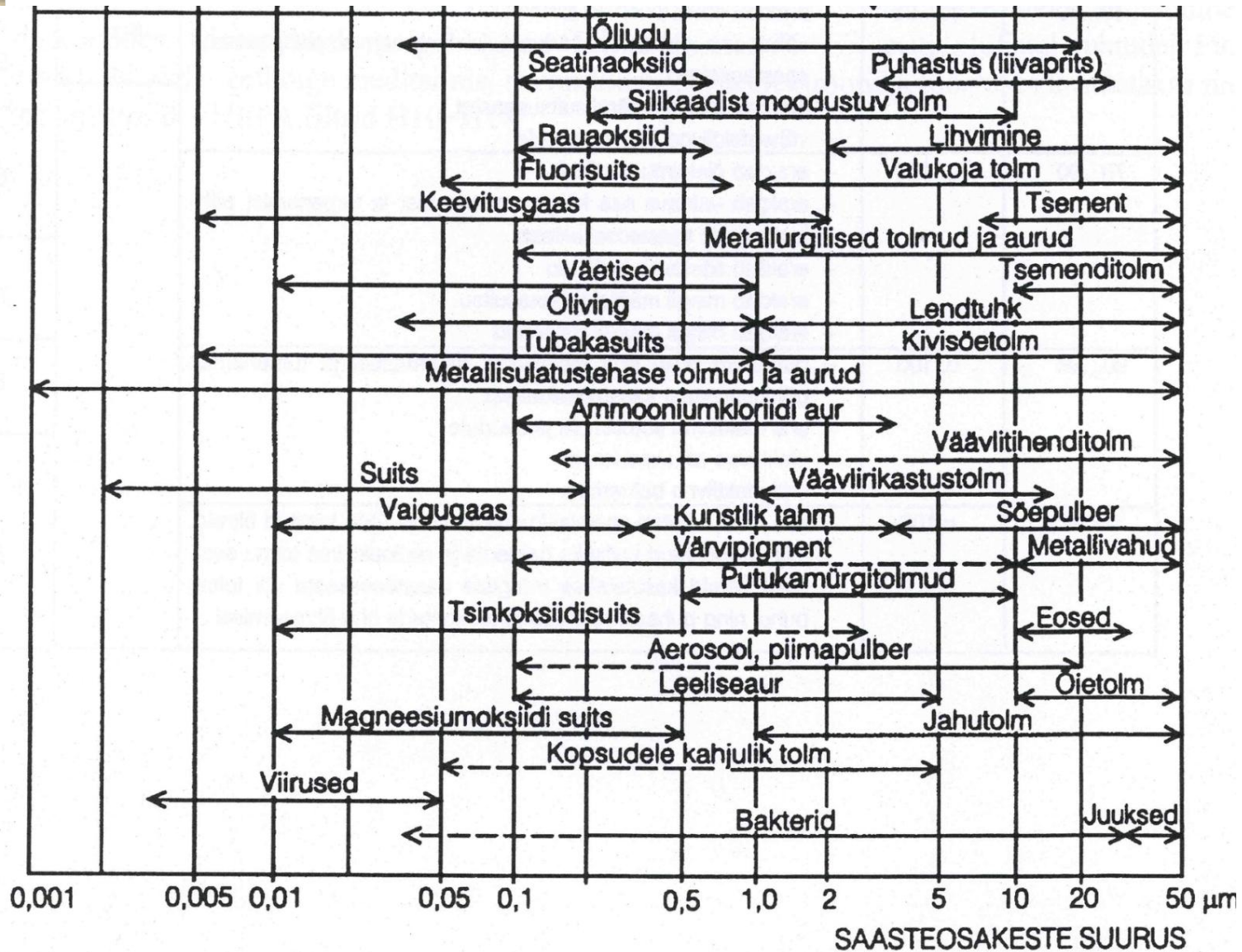
Termodünaamiline- soojendamine ja jahutamine

Õhu niisutamine/kuivatamine

# Õhu töötlemine

- Õhu mehaaniline puhastamine





On nähtavad elektronmikroskoobis	On nähtavad mikroskoobis	On nähtavad palja silmaga
----------------------------------	--------------------------	---------------------------

Kopsudesse sattuda võivad saasteosakesed



# Õhu mehaaniline puhastamine

Kasutatakse mitmesugusest riidest, paberist või õlifiltreid.

Puhastamise efektiivsust hinnatakse puhastuskasuteguriga

Väljapuhke õhu puhastamiseks kasutatakse tsükroneid, varrukfiltreid, elektrifiltreid.



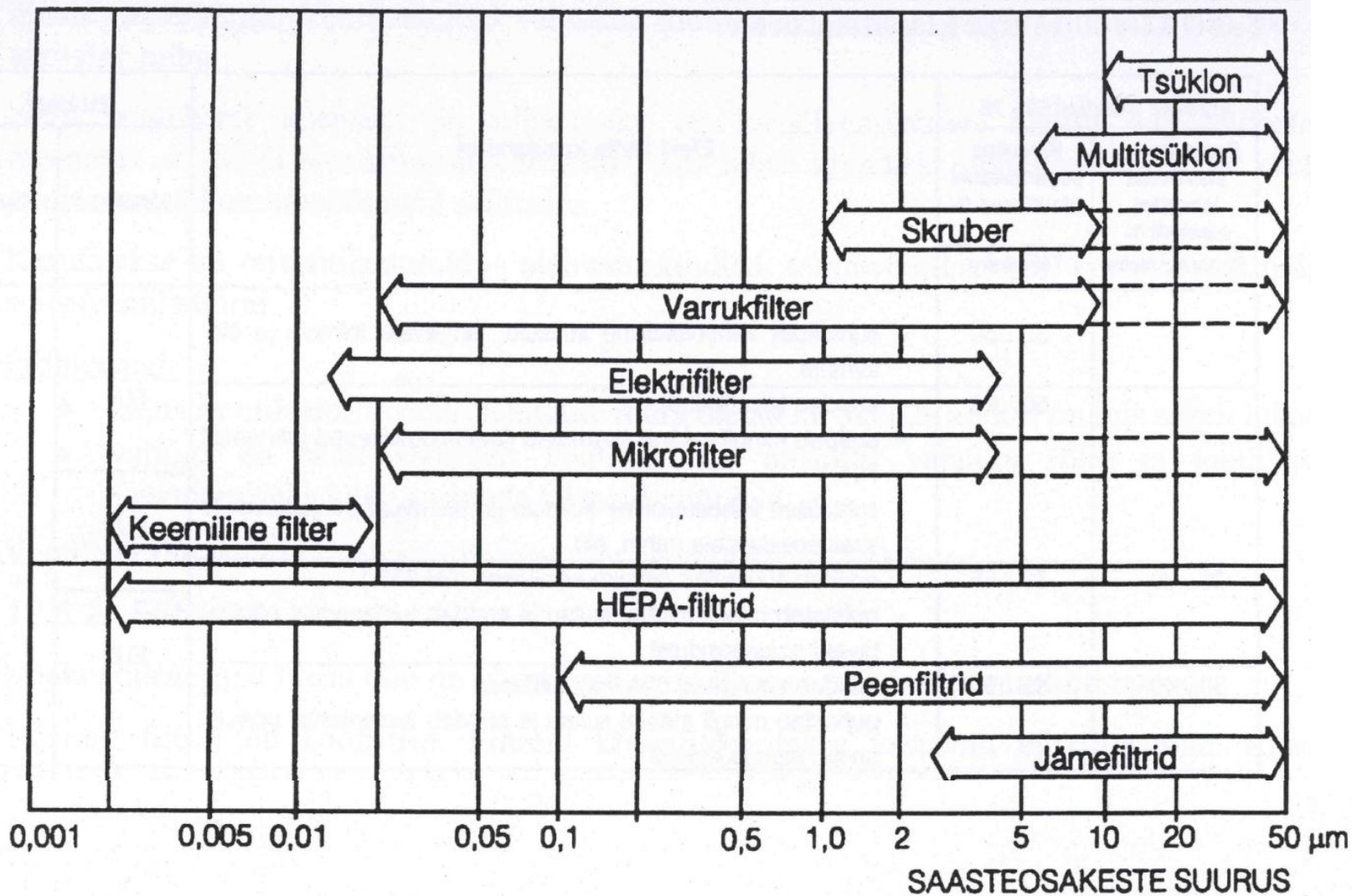
# Filtrid

## FILTRITE FILTREERIMISKLASSID

ASHRAE Standard 52 - 76		Efekt filtrite kasutamisel	EU klass		
Separatsiooni efektiivsus tolmutäpi meetodil %	Kaaluline separatsiooni efektiivsus %		Jämefilter	Peenfilter	
Atmosfääritolm	Tehistolm				
	30...50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suhteliselt väheefektiivne suitsule, langevale tolmu ja õietolmu</li> </ul>	EU1		
20	50...70	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eraldab tekstiilikiud</li> <li>- eraldab mingil määral suuremad õietolmuosakesed (vähemalt 70%)</li> <li>- suhteliselt väheefektiivne suitsule ja määrivust põhjustavatele saasteosakestele (tahm, õli)</li> </ul>			EU2
20...30	70...85	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eraldab suuremad õietolmuosakesed (üle 85%)</li> <li>- puhastab mingil määral suitsu ja eraldab tumenemist põhjustavaid saasteosakesi</li> </ul>			EU3
30...40	85...90	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eraldab suuremad õietolmuosakesed</li> <li>- puhastab mingil määral suitsu ja eraldab tumenemist põhjustavaid saasteosakesi</li> </ul>			

# Filtrid

40...70	90...95	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eraldab õhust peen- ja õietolmu</li> <li>- vähendab oluliselt määrivaid ja tumenemist põhjustavaid saasteosakesi</li> <li>- eraldab mingil määral suitsusaastet</li> <li>- väheefektiivne tubakasuitsule</li> </ul>	EU4	EU5
70...90	u. 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eraldab õietolmu täielikult</li> <li>- eraldab valdava osa kõigist määrivatest ja tumenemist põhjustavatest saasteosakestest</li> <li>- eraldab söetolmu ja õliudu</li> <li>- eraldab mingil määral tubakasuitsu</li> <li>- eraldab mingil määral baktereid</li> </ul>		EU6
90...98	u. 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- puhastab õhku eriti efektiivselt määrivatest ja tumenemist põhjustavatest saasteosakestest</li> <li>- eriti efektiivne söetolmule ja õliudule</li> <li>- efektiivne tubakasuitsule</li> <li>- eriti efektiivne bakteritele</li> </ul>		EU7
üle 98	u. 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- see rühm käsitab spetsiaalmenetlusel üle 98% testitud filtreid, mis on mõeldud kaitseks bakterite ja radioaktiivse tolmu eest. Neid filtreid kasutatakse mürgiste saasteosakeste või tolmu puhul ning puhaste ruumide ja töökohtade õhu filtreerimisel</li> </ul>		EU8
				EU9



On nähtavad elektronmikroskoobis

On nähtavad mikroskoobis

On nähtavad palja silmaga

# Õhu soojendamine

Seadmeid õhu soojendamiseks nimetatakse kalorifeerideks, soojendamist vajab välisõhk mis on sisetemperatuurist tunduvalt madalam.

Soojendamiseks kasutatakse vett, auru, jne. Samuti on olemas elektrikalorifeerid.



# Õhu niisutamine

Ruumides kus viibivad pidevalt inimesed on vajalik hoida mugavat niiskustaset. Selleks sissepuhutavat õhku kas niisutatakse või kuivatakse. Niisutatakse reeglina külma talveõhku mille soojendades ruumiõhu temperatuurini on niiskussisaldus langenud kohati alla 10%.

Selleks kasutatakse niisutuskambreid kus jahutusvesi pihustatakse pihustite abil piiskadeks, läbiv õhk haarab selle endaga kaasa ja liigub kanalisse edasi.

# Õhu konditsioneerimine

Nimetakse õhu komplekset töötlemist, mille eesmärgiks on kindlustada ruumides ettenähtud püsivad siseõhu parameetrid.

Konditsioneerid peavad täitma järgmisi ülesandeid: puhastama õhku tolmust, soojendama sisenevat õhku, vajadusel jahutama sisenevat õhku, niisutama (talvel), kuivatama (suvel)- kui kõik need protsessid läbitakse nimetatakse seda õhu täielikuks konditsioneerimiseks.

Režiimid: suvine, talvine, ülemineku.

# Müra

Müra põhjustavad ventilatsioonisüsteemides peamiselt: ventilaator mitte korrasolek, vibratsioonid ja suured õhu liikumise kiirused.

Aerodünaamilist müra tekitab ventilaatori töörotta labadel tekkivad õhukeerised. Müra vältimiseks tuleb piirata töörotta ringkiirust ja õhu liikumiskiirust torustikus.



# Müra vähendamise abinõud

1. Ruumid mille müratase on rangelt piiratud peavad jääma ventilatsiooni sõlmest kaugemale
2. Ventilatsioonisõlmed peavad olema helineelavad
3. Aerodünaamilise müra leviku tõkestamiseks kasutatakse mürasummuteid
4. Ventilaatori tööratas peab olema hoolikalt balanseeritud.