EKVÜ

EESTI KÜTTE- JA VENTILATSIOONIINSENERIDE ÜHENDUS

Ventilatsiooniseadmed ja tehnoruumid

Pekka Mäkinen, Heikki Tammivaara, Ilkka Paasio, Esa Sandberg ja Jyrki Lönnström

Raamatu „Sisekliima ja kliimaseadmed“ 7. peatükk

7.1 Ventilatsiooniseadmete liigitus

7.2 Väikesed ventilatsiooniseadmed

7.3 Korpusega ventilatsiooniseadmed

7.4 Töövalmis ventilatsiooniseadmed

7.5 Ventilaatorid ja tööosad

7.6 Tehnoruumid

Eessõna

Käesoleva materjali näol on tegu MTÜ Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühenduse (EKVÜ) poolt tõlgitud ja välja antud digitaalse juhendmaterjaliga, mis baseerub raamatu „Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät“ 7. peatükil originaalpealkirjaga „Ilmastointikoneet ja-konehuoneet“. Tulevikus on MTÜ Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendusel kavas eesti keelde tõlkida ja välja anda tesigi raamatu „Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät“ peatükke.

Tegu on juhendmaterjali esmase avaliku versiooniga, millesse tehakse vastavalt vajadusele jooksvalt parandusi. Kui materjali lugejatel tekib parandusettepanekuid, siis andke sellest palun märku meiliaadressile ekvy@ekvy.ee.

Raamatu tõlkimist ja väljaandmist on lisaks EKVÜ-le toetanud ettevõte ETS NORD AS.

Huvitavat lugemist soovides,

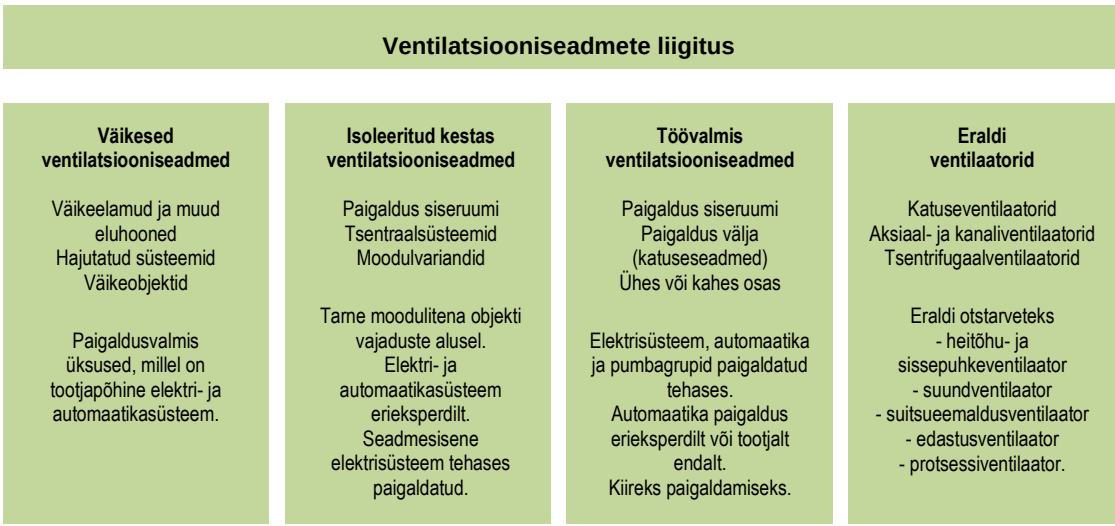
EKVÜ eestseisus

MTÜ EESTI KÜTTE- JA VENTILATSIOONIINSENERIDE ÜHENDUS EI VASTUTA KÄESOLEVA JUHENDMATERJALI SISU NING SELLE TÕLGENDUSTE EEST

7.1 Ventilatsiooniseadmete liigitus

Ventilatsiooniseadmeid võib liigitada paljude eri kriteeriumide alusel, sest aastakümnete jooksul on olnud kasutusel mitmeid erinevate omadustega seadmeid. **Joonisel 7.1** on kujutatud üks võimalus, mis põhineb nüüdisajal kasutataval seadmete ehitusel, varustusel ja paigalduskohtadel. Neile lisaks kavandatakse ja paigaldatakse tihti ka eraldi ainult teatud seadme komponente, näiteks väljatõmbeõhu soojuspumbaga soojustagasti tööstusobjektidel ja rekonstrueeritavates hoonetes. Ka sulgklappe paigaldatakse üsna tihti üksikult seadmetest eraldi. Ventilatsiooniseadmete arengut aastakümnete jooksul on tutvustatud iga seadme tüübi juures.

Väikesed ventilatsiooniseadmed on loodud peamiselt väike- ja ridaelamute tarbeks ning ka korteripõhise süsteemiga korruselamutele. Samu seadmeid kasutatakse ka üksikutes väiksemates bürooruumides ja kauplustes. Ka koolidesse on paigaldatud klassiruumipõhiseid seadmeid, mis võivad tööpõhimõtte ja ehituse poolest siiski eluruumide seadmetest erineda.



Joonis 7.1. *Ventilatsiooniseadmete üldliigitus.*

Väikesed ventilatsiooniagregaadid sisaldavad elektri- ja automaatikaseadmeid selliselt, et paigaldamisel on vaja ühendada vaid toitejuhe ning välise juhtimise ja andurite pistikud.

Tsentraalsete ventilatsiooniseadmetena on selgelt kõige rohkem kasutatud isoleeritud kestas ventilatsiooniseadmeid. Neid leidub kõigis hoonetes, välja arvatud väikeelamud. Need paigaldatakse tehnoruumidesse või teenindatavasse ruumi, nagu nt tööstushalli, kauplusesse, lattu vms juhul, kui ei soovita eraldi seadmeruumi ehitada või see on helitehniliselt võimatu.

Moodul-ventilatsiooniseadmed võivad olla sise- või välisoludesse paigaldatavad seadmed. Katusele paigaldatuna nimetatakse neid ka katuseseadmeteks.

Eraldi ventilaatorid on seadmed, millega ei seondu otseselt muid komponente, mõnikord ehk vaid sulgklapp, mis on

paigaldatud kohe ventilaatori juurde. Tavaline kasutuskoht üldventilatsioonisüsteemis on saastunud õhuga väljatõmme, mida ei saa suure saastekoguse tõttu ühendada tsentraalse ventilatsiooniseadmega. Peale selle kasutatakse eraldi ventilaatoreid näiteks suitsu eemaldamiseks ning erinevatel tööstusobjektidel. Sellised seadmed on katuseventilaatorid, telgventilaatorid, kanaliventilaatorid ja tsentrifugaalventilaatorid.

7.2 Väikesed ventilatsiooniseadmed

Väikesed ventilatsiooniseadmed on loodud peamiselt väike- ja ridaelamute tarbeks ning ka eraldi korteripõhiste süsteemiga korruselamutele. Samu seadmeid kasutatakse ka üksikutes väiksemates bürooruumides ja kauplustes. Ka koolidesse on eraldiseisva süsteemi kasutamisel paigaldatud klassiruumipõhiseid seadmeid.

Seadmete nominaalne vooluhulk on 50…500 l/s. Korterites ja väikeelamutes on õhuvooluhulk üldiselt 20…200 l/s ja muudel objektidel ka suurem.

Väikeste ventilatsiooniseadmete areng

Väikeste ventilatsiooniseadmete areng on toimunud käsikäes eluhoonete ventilatsioonisüsteemide muutumisega. Sundventilatsiooni kasutuselevõtuga 1960. aastatel hakati väikeelamutes kasutama katuseventilaatoreid. Pärast naftakriisi 1970. aastate keskel hakati Põhjamaades tootma õhkküttesüsteeme ja nendega seonduvaid seadmeid. Järgmisel aastakümnel sai alguse sissepuhke- ja väljatõmbesüsteemide ajajärk, mis on jätkunud kuni 2010. aastateni, nagu eelmises peatükis juba märgitud.

Eluhoonete ventilatsioonisüsteemide nõuded määratletakse tänapäeval standardis EVS-EN 16798-1: 2019. EN standardeid järgides viib näiteks Soome Tehnilise järelevalve amet VTT läbi seadmete testimisi. Testimistel kontrollitakse seadmete korpuse ning sissepuhke- ja väljatõmbepoole tihedust, ventilaatorite võimsust ja voolutarvet erinevate õhuvooluhulkade korral, soojustagasti temperatuuri suhtarvu välisõhu erinevate temperatuuride puhul ja mürataset. Testimistulemuste alusel määratakse seadmetele energiaklass. Väikehoone või eluhoone ventilatsiooniseadmed peavad 2016. aastast olema tähistatud kohustusliku energiamärgisega, kuid paljud tootjad on oma seadmetele märgise hankinud juba varem.

Tänapäeval varustatakse seadmeid üha rohkem ka jahutuspatareidega. Kui eluaseme õhuvooluhulgad on arvestatud õhuvahetuse vajaduste alusel, räägitakse tihti ka jahutusest. Kui õhukogused arvestatakse tegeliku jahutusvajaduse alusel, on õhuvooluhulgad üldjuhul selgelt suuremad ja sellisel juhul on tegemist konditsioneerimissüsteemiga. On ka selliseid ventilatsiooniseadmeid, millel on lisaks soojustagastile ka soojuspump, mille abil saab väljatõmbeõhust rohkem soojust tagastada ja suvel sissepuhkeõhku paremini jahutada.

Ehitus ja tööpõhimõte

Ehituselt on väikesed ventilatsiooniseadmed enamasti nö kapikujulised ning soojustatud väliskesta ja osaliselt ka vaheseintega. Pind on sellistel seadmetel kas tsinkplekist või värvitud. Kapilaadsete seadmete kanali-, toru- ja kaabliühendused asuvad seadme korpuse ülapoolel. Kondensaadi eemaldamise ava asub alati all.

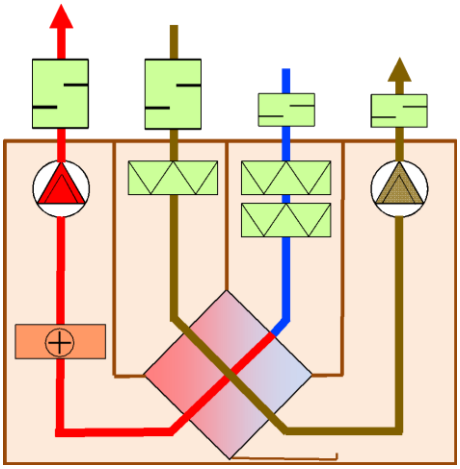
Seadmete tööpõhimõtted võivad olla erinevad. Peamised erinevused on seotud väljatõmbeõhu soojuse tagastamisega. Soojustagastid võivad olla näiteks

- ristvoolsed plaatsoojustagastid,
- kaks jadamisi ristvoolset plaatsoojustagastit
- vastuvoolsed plaatsoojustagastid,
- pöörlevad rootorsoojustagastid

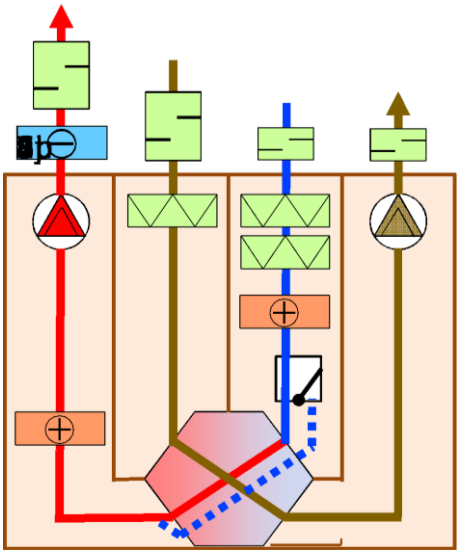
Lisaks kasutatakse ka väljatõmbeõhu soojuspumpasid, kuid järgnevalt käsitletakse neid vaid lisaseadmena.

Alljärgneval joonisel on kujutatud erinevaid tööpõhimõtteid. Kõigil joonistel on tööosad järjestuselt õiges kohas, kuid nende konkreetne asukoht võib varieeruda.

Joonisel 7.2 on esitatud tavalise ristvoolse soojustagastiga ventilatsiooniseadme põhimõttejoonis. **Joonisel 7.3** on toodud tänapäeval ehk kõige tavalisem ventilatsiooniseadme mudel. Sellele on märgitud numbritega tööosad, mille tööpõhimõtteid selgitatakse ja võrreldakse samas kõige lihtsama mudeliga.



Joonis 7.2. *Traditsiooniline lihtne ventilatsiooniseade ristvoolse plaatsoojustagastiga ja ilma möödaviiguta.*



Joonis 7.3. *Tavapärane ventilatsiooniseade vastuvoolse soojustagasti ja möödaviiguga. Tööosad: 1. sissepuhkeventilaator, 2. väljatõmbeventilaator, 3. soojustagasti, 4. mürasummutid, 5. filtrid, 6. eelsoojenduskalorifeer (ja/või jahutuskalorifeer), 7. soojustagasti möödaviiguklapp, 8. järelsoojenduskalorifeer, 9. jahutuskalorifeer kanalis (lisavõimalus).*

Sissepuhkeventilaator (1) ja väljatõmbeventilaator (2)

Ventilaatoriteks on väikesed ettepoole kaarduvate labadega radiaalventilaatorid, mille mootorid olid varem üldreeglina trafo abil reguleeritavad ühefaasilised mootorid, kuid tänapäeval valdavalt EC-mootorid, mis on selgelt parema kasuteguriga. Ventilaatorite õhuvoolu reguleeritakse juhtüksusest sujuvalt. Pöörlemiskiirust saab osadel seadmetel valida eraldi mõlemale ventilaatorile. Reeglina on kiirused üksteise suhtes fikseeritud nii, et väljatõmbe õhuvooluhulk on sissepuhke omast alati pisut suurem.

Vajaduse korral tuleb õhuvooluhulka lisaks seadistada reguleerklapi abil. Peakanalis peaks olema õhukoguste kontrollimiseks mõõteseadmed, mis võivad olla ühendatud

mõõtmis- ja reguleerimisseadmed. Nende töökindlusele ja mõõtetäpsusele tuleb siiski alati tähelepanu pöörata.

Tootja määratud seadmete maksimaalsed õhuvooluhulgad on üldjuhul kanali rõhukadudega 50 Pa või 100 Pa. Eluaseme pindala järgi ei tasu seadet valida, aluseks peab olema ikka arvutuslikud õhuvooluhulgad ja rõhukaod.

Soojustagasti (3)

Joonisel 7.3 kujutatud seadmel on vastuvoolu soojustagasti, mis on valmistatud alumiiniumplaatidest, mille ühes vahes voolab välisõhk ja teises väljatõmbeõhk. Vastuvoolu soojustagastis liiguvad õhuvood üksteise suhtes vastupidi ja osaliselt ka risti. Alumiiniumplaatide paksus on 0,1…0,2 mm ning plaatide vahed 2…4 mm. **Joonisel 7.2** kujutatud soojustagastis liiguvad õhuvood vaid risti, kuid õhuvoolude suund võib olla ükskõik kummale poole. Väljatõmbeõhk liigub allapoole, et kondensaat valguks all asuvasse kondensaadivanni.

Ristvooluga soojustagasti temperatuuri hetkeline kasutegur on kuiva väljatõmbeõhuga u 60%, vastuvooluga soojustagastil aga u 80%. Kaks jadamisi paiknevat ristvooluga soojusvahetit annavad samuti temperatuuri kasuteguri 80%. Soojus liigub plaatsoojustagastites läbi vahendajaaine, mistõttu nimetatakse neid rekuperatiivseteks soojusvahetiteks.

Mürasummutid (4)

Mürasummutid paigutatakse enamasti kanalitesse, kuid osadele seadmetele on saadaval ka eraldi mürasummutusüksus, mis paigutatakse seadme peale. Nagu näidatud **joonisel 7.3**, on seadme ja ruumi vahel vaja selgelt tõhusamaid mürasummuteid (4t ja 4p) kui seadme ja välisõhu vahele (4u ja 4j), mille parameetrid sõltuvad välisõhuresti ja heitõhu väljaviske paiknemisest. Akustiline arvutus on väga oluline asi. Uuringute kohaselt kasutavad elanikud ventilatsiooni liiga madalal võimsusel tihti just tekkiva müra vältimiseks. Soome ehitusseadustiku osas D2 nimetatud mürataseme nõue peab olema selgelt täidetud. Ka seadme paigutamine mõjutab müratast, sest müra liigub ka läbi seadme kesta ja ühenduskanalite. Tavaliselt paigutatakse ventilatsiooniseade korruselamutes panipaika ning rida- ja ühepereelamutes majandusruumi või tehnoruumi, milleks võib olla seadmele eraldatud spetsiaalne müraisolatsiooniga kamber.

Filtrid (5)

Tänasel päeval määrab filtrite klassid ära standard EN ISO 16890:2016. Täpse klassi valikul tuleks lähtuda nii väliskeskkonnast kui ka teenindavate ruumide kasutusotstarbest. Soovitused saab näiteks Eurovent 4/23-2018 dokumendist. Samas kirjatükis on ka võrdlustabel uues ISO standardi ja hetkel juba kehtetu EN 779:2012 filtrite klasside (mida siiski veel palju kasutatakse) kohta. Välisõhku on soovitav filtreerida vähemalt klass ISO ePM1 50% filtriga (EN 779 klass F7), millele on soovitav lisada eelfilter klassiga ISO Coarse 60% (EN 779 klass G4). Tähelepanu tuleb pöörata filtri kinnituse tihedusele, et õhk ei saaks ilma puhastamata filtritest mööda liikuda. Peenfiltrid võivad olla paneelfiltrid või kottfiltrid. Filtril peaks olema palju pinda, et filtri rõhukadu kogunenud tolmu tõttu kiiresti ei tõuseks. Peale selle peaks asukoht olema selline, et õhu liikumine toimuks võimalikult ühtlaselt. Väljatõmbefilter (5p) on vanemates seadmetes vähemalt klassist ISO Coarse 60% (EN 779 klass G4), mis kaitseb soojustagastit, väljatõmbeventilaatorit ja

heitõhukanalit määrdumise eest. Uuemates seadmetes on tihti väljatõmbefilter samast klassist, mis sissepuhkel.

Eelsoojenduskalorifeer (6) ja/või jahutuspatarei

Eelsoojenduskalorifeer on enamasti vajalik soojustagasti jaoks härmatise sulatamise käigus. Külmumisohu tõttu on enamasti tegemist elektrilise kalorifeeriga. Kalorifeer võib olla ka ühendatud maaküttepumba torustikuga, mis juhul selles voolab mittekülmuv lahus.

Kui kalorifeeri kasutatakse jahutamiseks maasoojuspumba külmakandjaga, peab sellel olema ka kondensaadivann. Suvisel ajal kondenseerub välisõhu niiskus kalorifeeri pinnale ja tekkiv vesi juhitakse vesiluku kaudu kanalisatsiooni. Talvisel ajal tuleb jälgida, et vesi vesilukus ega kanalisatsioonitorus ära ei külmuks.

Möödavooluklapp (7)

Soojusvaheti möödavooluklapil on kaks eesmärki: suvise aja möödavool ja talvise aja härmatise sulatamine. Siiber peab olema väga tihe, et möödaviik ei tekitaks talvisel ajal soojusvaheti kasuteguri ja võimsuse langust. Möödavoolu rõhukadu peab olema sama suur, kui soojusvaheti rõhukadu, et õhuvood püsiks muutumatud.

Suvisel ajal juhitakse välisõhk soojusvahetist mööda, et sissepuhkeõhk asjatult ei soojeneks. Selle juhtimine võib olla manuaalne või automaatne, mis juhul muudab möödaviiguklapi asendit vastav mootor. **Joonisel 7.2** kujutatud lihtsal seadmel sellist möödaviiku ei ole.

Jää sulatamine

Väljatõmbeõhus olev niiskus kondenseerub soojusvaheti pindadele, kui välisõhu temperatuur on madal. Kondenseerumise maht sõltub väljatõmbeõhu niiskusesisaldusest. Kui talvel välisõhu temperatuur langeb piisavalt madalale ning soojusvaheti pinnatemperatuur jääb miinuspoolele, hakkab soojusvaheti pinnale tekkima härmatist, millest võib tekkida soojustagastit ummistav jää, kui härmatist ära ei sulatata. Härmatise teke saab alguse soojusvaheti külmast nurgast, kus välisõhk siseneb soojusvahetisse, ja seda tekib kõige enam siseneva välisõhu otsapinna poolel (Sandberg 1978).

Härmatise sulatamiseks kasutatakse nende seadmemudelite puhul järgmisi võtteid.

- Sissepuhkeventilaatori ajutine seiskamine, mis juhul tekib hoones alarõhk ja soojust ei salvestata (**joonisel 7.2** kujutatud seadme puhul vältimatu).
- Eelsoojenduskalorifeeriga soojendamine, mis juhul jääb soojust salvestamata umbes kalorifeeri küttevõimsuse võrra.
- Välisõhu juhtimine soojusvahetist mööda, mis juhul jääb soojus salvestamata möödajuhtimise ajal. Suuremates seadmetes võidakse kasutada ka sektsioonsulatust.

Härmatise sulatamine põhineb asjaolul, et härmatise teke toimub palju aeglasemalt kui selle sulamine. Kui läbi soojusvaheti liigub vaid väljatõmbeõhk, toimub sulamine kiiresti. Sulatamise käivitamiseks ja seiskamiseks on mitmeid juhtimisvõimalusi. Tavalisemad neist põhinevad heitõhu temperatuuril, soojusvaheti sees teatud kohas mõõdetaval temperatuuril või härmatise tuvastamisel valguskiire abil. Härmatise sulatamine on oluline just aastase kasuteguri määramisel. Erinevad sulatamisviisid mõjutavad ka järelsoojenduskalorifeeri dimensioneerimist.

Järelsoojenduskalorifeer (8)

Pärast soojustagastit tuleb sissepuhkeõhku järelsoojendada. Seda eriti juhul, kui kasutatakse ristvooluga soojustagastit ja/või selle möödaviiguga jäätumisest hoidumist/jää sulatamist. Sissepuhkeõhu temperatuuri juhitakse vastava anduri mõõtmistulemuste alusel ja see peab tuuletõmbuse tekke vältimiseks olema reguleeritav vahemikku 15…20 °C. Temperatuuri võib olla võimalik juhtida ka ruumis paikneva anduri, väljatõmbeõhu anduri või kaskaadreguleerimise abil. Kalorifeer võib olla kas elektriline või soojuskandja vee baasil.

Eraldi jahutuspatarei (9)

Kui seadmel eelsoojendus-/jahutuskalorifeeri ei ole, võib jahutuse teostada eraldi kalorifeeri abil, mis asub soojusvaheti järel seadme sees või sissepuhkeõhu kanalis. Mõlemal juhul tuleb jahutuspatarei varustada kondensaadivanni ja vesilukuga äravoolutoruga.

Elektrisüsteem ja automaatika

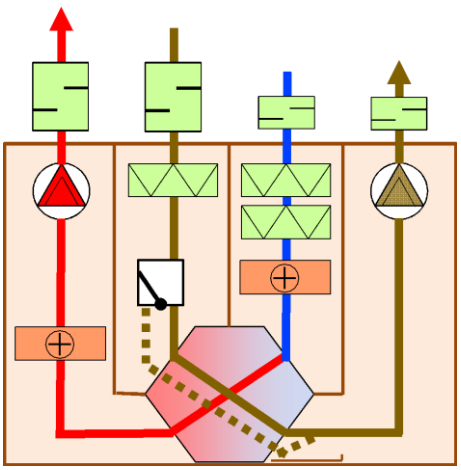
Ventilatsiooniseadmetes on mitmesuguseid elektri- ja automaatikasüsteeme. Juhtimiskeskus, kust saab määrata õhuvooluhulkasid ja sissepuhkeõhu temperatuuri, võib paikneda seadmes endas, seadme kõrval, pliidikubul või kusagil mujal. Õhuvooluhulga reguleerimine toimub enamasti manuaalselt, kuid selle aluseks võib olla ka CO_2 või suhtelise niiskuse mõõtmine. Filtri võib varustada rõhuvahe anduriga, mis näitab ära filtri ummistumise.

Enamasti on seadmetel ka eraldi lüliti väljatõmbe vähendamiseks ja/või sissepuhke suurendamiseks. Seda saab kasutada nt kamina süütamisel (kui põlemisõhku ei juhita kaminasse väljast eraldi) või tsentraaltolmuimeja kasutamisel, mis väldib korteris alarõhu tekkimist. Kodus/eemal-funktsiooni abil saab korteri ventileerimist vähendada ajal, kui seal ise ei viibita.

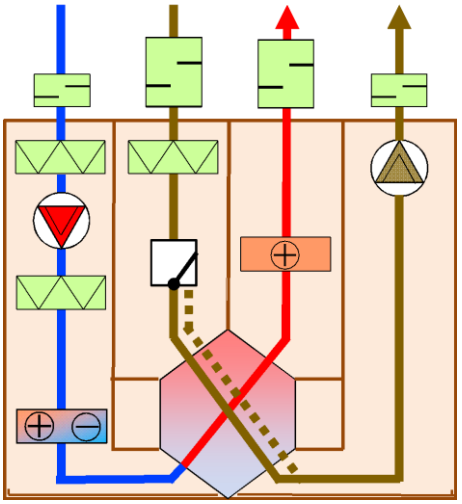
Uuemaid seadmeid võib olla võimalik ühendada muude hoone automaatsüsteemidega, mis näiteks korrus- ja ridaelamutes lihtsustavad oluliselt seadmete töö, energiatõhususe ja hooldusvajaduse jälgimist.

Muud seadmetüübid

Joonistel 7.4 ja 7.5 on kujutatud vastuvoolu soojustagastiga varustatud seadmed, mille möödaviiguklapp on väljatõmbepoolel. Suvel soojusvaheti sellisel juhul ruumidesse juhitavat õhku ei soojenda. Härmatise sulatamine toimub välisõhu soojendamise teel eelsoojenduskalorifeeris sellisel määral, et soojusvahetis härmatist ei teki. **Joonisel 7.5** näidatud seadmel on eelsoojenduseks kasutusel maaküttesüsteemiga ühendatud kalorifeer, ka soojustagasti on teises asendis ja sissepuhkeventilaator asub enne soojustagastit.



Joonis 7.4. *Möödaviiguklapp asub väljatõmbepoolel.*

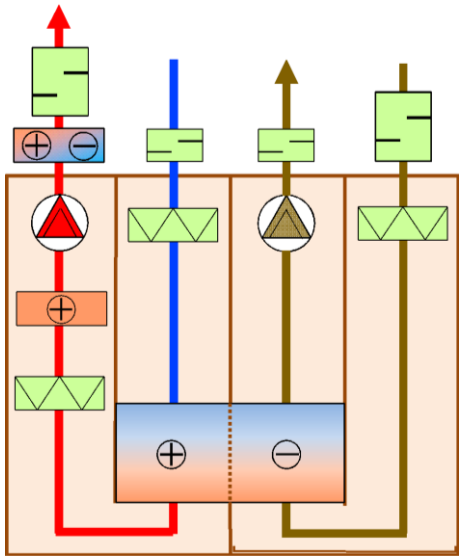


Joonis 7.5. *Möödaviiguklaqpp asub väljatõmbepoolel, sissepuhkeventilaator enne soojustagastit ja eelsoojendusena maaküttega ühendatud kalorifeer.*

Joonisel 7.6 on kujutatud pöörleva rootorsoojusvahetiga ventilatsiooniseade, mida kasutatakse palju just väikemajades. Rootor on enamasti valmistatud väikeste vahedega alumiiniumlehest, läbi mille voolab õhk. Rootor salvestab endasse väljatõmbeõhu soojust ja edastab selle välisõhule, olles end pööranud 180 kraadi. Seetõttu on tegemist regeneratiivset tüüpi soojusvahetiga. Soojustagasti hetkeline temperatuuri kasutegur on vahemikus 80…85% ja see edastab aja jooksul ka mõnevõrra niiskust (vt punkti 10.3.2). Soojustagasti võib olla ka rohkem niiskust edastav (hügroskoopne), mis juhul on talvel õhuniiskus korteris suurem ka suurema õhuvahetuse korral ning suvel saab välisõhku kuivatada, kui sissepuhkeõhu jahutuspatareis on ka kuivatusfunktsioon.

Rootorile on iseloomulik ka lekketundlikkus, sest soojusvaheti otsapindadel on laiad tihendid, läbi mille õhk saab voolata, kui sissepuhke- ja väljatõmbe poole vahel on rõhuerinevus. Kui väljatõmbe poolel on suurem rõhk kui sissepuhke poolel, võib väljatõmbeõhk liikuda sissepuhkeõhu hulka ja vastupidi. Õhuvooluhulgad tuleb reguleerida selliselt, et rõhuerinevus oleks minimaalne ning leke toimuks väljatõmbe poolele. Lekketundlikkusega seondub ka tuleohutus, seepärast ei või pliidikubu õhku läbi soojusvaheti juhtida.

Joonisel 7.7 on fotod mitmesugustest väikestest plaatsoojustagastiga ventilatsiooniseadmetest.



Joonis 7.6. *Pöörleva rootorsoojustagastiga varustatud ventilatsiooniseade, millel on sissepuhkeõhu kanalis järelsoojenduskalorifeer.*



Joonis 7.7. *Plaatsoojustagastiga varustatud ventilatsiooniseadmed avatud hooldusukse või -luugiga.*

Joonisel 7.8 on kujutatud pöörleva soojustagastiga ventilatsiooniseadmed.





Joonis 7.8. *Pöörleva rootorsoojustagastiga varustatud ventilatsiooniseadmed. Ülal rootor seadmest väljatõmmatuna. Keskmisel pildil on lisaks soojuspump. Keskel paremal on mürasummutusmoodul seadme peal. Alumisel pildil on pealt ühendustega korteripõhine rootoriga ventilatsiooniseade.*

Paigaldus ja liitmikud

Väikesed ventilatsiooniseadmed paigaldatakse enamasti kas seinale või lakke, kuid neid võib paigaldada ka põrandale. Põrandale paigaldamist soovitatakse ennekõike suuremate seadmete puhul, et ühenduskanalite ühendamine oleks kergem, ka juhul, kui kanalid väljuvad vahelae alapoolel külgsuunas. Oluline on ka lihtsa hooldatavuse tagamine, sest muidu võib hooldus jääda tegemata või selle sagedus olla ebapiisav.

Väga oluline on seadme ülapoolsete kanalite läbiviikude tihendamine, kui kanalid läbistavad vahelae aurutõkke. Enamusel tootjatel on valmis aurutõkke tihendusplaadid, mis tagavad hea paigalduse. Meeles tuleb pidada ka ühenduskanalite soojus- ja niiskusisolatsiooni.

Hooldus

Ventilatsiooniseadme paigutamise ja paigaldusviisi olulisust hooldatavuse seisukohast on märgitud juba varem. Hooldustööd on järgmised.

- Filtrite vahetamine vastavalt välisõhu tingimustele, kuid vähemalt kaks korda aastas (vt punkti 7.3.2) või filtri vahetamise meeldetuletuse alusel. Vahetamise aeg võib olla ka lühem, kui välisõhus on palju mustust või filtri pindala on väike.
- Seadme sisemiste pindade puhastamine ja kondensaadivanni äravoolu kontrollimine filtri vahetamise käigus.
- Soojusvaheti puhastamine väljatõmbeõhu saasteastme alusel. Kui

läbi soojusvaheti juhitakse ka pliidikubu õhk, tuleks soojusvahetit puhastada ilmselt filtri vahetamise käigus, muudel juhtudel iga paari aasta tagant.
- Kalorifeeride puhastamine vastavalt mudelile kas filtri vahetamise käigus või paari aasta tagant.
- Ventilaatorite tiivikute puhastamine 1–2 aasta tagant, sest mustus mõjutab õhuvooluhulkasid ning võib ka ventilaatori tasakaalu häirida ja selle tööiga vähendada.
- Möödaviiguklapi töö ja tiheduse ning rootori rihmülekande kontrollimine filtri vahetamise käigus.
- Seadme muu töö, nt temperatuuri reguleerimise, ventilaatorite toimivuse, juhtsüsteemi ja häirefunktsioonide kontrollimine filtrite vahetamisel.

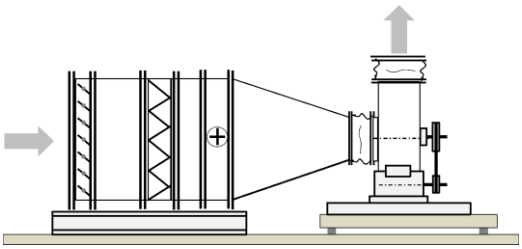
7.3 Kompaktsed ventilatsiooniseadmed

Keskventilatsiooniseadmetena on kõige rohkem kasutatud ja kasutatakse isoleeritud kestas ventilatsiooniseadmeid. Neid leidub kõigis hoonetes, välja arvatud väikeelamud. Sellised seadmed paigaldatakse tehnoruumidesse või teenindusruumi, nagu nt tööstushalli, kauplusesse, lattu vms juhul, kui ei soovita eraldi tehnoruumi ehitada või see on helitehniliselt võimatu.

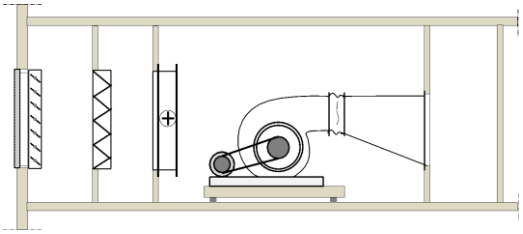
7.3.1. Kestas seadmete areng

Keskventilatsiooniseadmed olid veel 1950.–1960. aastatel eraldi komponentidest ehitatud seadmed, mille puhul ühe sissetõmbeavaga tsentrifugaalventilaator paiknes õhuvoo suhtes risti (**joonis 7.9**). Need olid suured tsentrifugaalventilaatorid, mille tööratas tehti tahapoole kaarduvate labadega. Ventilaatoritele rajati vibratsiooni summutamiseks enamasti betoonalus. Suuremad seadmed valmistati eraldi kambritest, mille vaheseintes paiknesid sulgklapid, filtrid, kalorifeerid ja võimalikud pihustus- või kärgniisutid. Ventilaatorid paigaldati puhurikambrisse. Filtriteks olid volditud jämefiltreerimismatid, kuid kasutati ka tasapinnalisi filtreid, mida rulliti juurde, kui filter määrdus. Kalorifeeride torud paigutati kambrisse või väljapoole. **(Joonis 7.10).**

1960. aastate lõpupoolel hakati arendama ka isoleeritud kestas ventilatsiooniseadmeid, mille eeliseks oli väiksem ruumivajadus. Suur muutus toimus ventilaatorite ehituses, mille puhul paigaldati terasprofiil- ja plekkkonstruktsiooniga ja seest u 15 mm summutusvillaga korpuse sisse tsentrifugaalventilaator mõlemalt poolelt imevana ning ettepoole kaarduvate lühikeste nn „sirocco“ labadega. Selline ventilaator toodab oma suuruse kohta suure õhuvooluhulga ja taolist tiiviku konstruktsiooni kasutatakse siiani väiksemate ventilatsiooniseadmete juures. Tihti paigaldati ühele võllile kaks ventilaatorit, mis muutis seadme madalamaks.

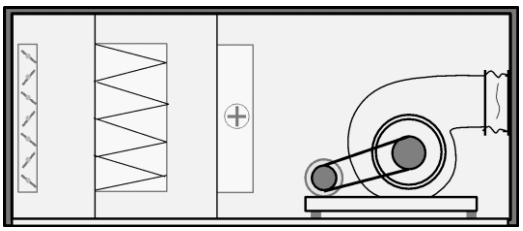


Joonis 7.9. *Eraldi tööosadest ehitatud ventilatsiooniseade.*



Joonis 7.10. *Kamberkonstruktsiooniga ventilatsiooniseade.*

Soojustagastid muutusid 1970. aastate alguses seadmete üheks osaks. Need olid peamiselt pöörleva rootoriga või alumiiniumist plaatsoojustagastid. Seadmete erinevad osad ühendati üksteisega ühendussiinide abil. 1980. aastate keskel võeti tänu uute seadmete tiheduse ja kasuteguriga seotud nõuete karmistumisele kasutusele moodulkonstruktsioon, mille puhul koondati mitmed funktsioonid ühte korpusesse (**joonis 7.11**).



Joonis 7.11. *Ühisekestaga ventilatsiooniseade, tsentrifugaalventilaatoril rihmülekanne.*

Korpuse seinad olid konstruktsiooniga plekk-vill-plekk ning 25…30 mm paksused. Selle kaudu paranesid seadmete tihedus ja hügieenilisus. Sulgklappe hakati varustama soojusisolatsiooniga. Samas loobuti nn „sirocco“ tiivikust ja parema kasuteguri tõttu võeti kasutusele tahapoole kaarduvad tiivikulabad. Ventilaatori ühenduskohas tekkivad kaod olid siiski suhteliselt suured, sest ventilaatori järele ei jäetud üldjuhul piisavalt ruumi. Üsna eranditult kasutati õige õhuvoolu seadistamiseks rihmülekannet. Kui oli vaja pidevat õhuvoolu reguleerimist, teostati see peamiselt klappide labade reguleerimise teel. Filtreerimisosa eraldusastet parandati oluliselt uute tihendusmehhanismide abil.

Sagedusmuundurite areng algas 1980. aastatel eesmärgiga reguleerida mootorite pöörlemiskiirust. Alguses väiksemate mootorite, kuid 1990. aastatel üha suuremate mootorite kiiruse reguleerimine muutus majanduslikult võimalikuks. Aastatuhande alguses hakkasid levima otseajamiga kamberventilaatorid, mida reguleeritakse sagedusmuunduriga. Tänapäeval on peaaegu kõik ventilatsiooniseadmed varustatud kamberventilaatoritega. Kuigi sellise ventilaatori otsene kasutegur on varasemast väiksem, parandasid üldist kasutegurit oluliselt rihmülekande ärajätmine ja ventilaatorile järgneva ühenduskoha kadude vähenemine.

Mootorite tehnoloogia on viimasel aastakümnel samuti oluliselt arenenud. Asünkroonmootorite asemele on tulnud energiatõhusamad PM-mootorid (püsimagnetmootorid) ja EC-mootorid (elektronkommutaatoriga mootor).

Seadmete hügieenile, õhuleketele ja filtreerimisele on 2000. aastatel üha rohkem tähelepanu pööratud. Lisaks muutusid rangemaks ventilatsioonisüsteemide elektrilise erivõimsuse (SFP-arv) nõuded, seadmete otsapindade kiirused vähenesid ja selle tulemusel kahanesid ka tööosade rõhukaod. Võib öelda, et tänapäevased korpusega ventilatsiooniseadmed on alates 1970. ja 1980. aastatest täielikult uuenenud.

7.3.2. Ehitus ja tööosad

Ehitus ja paigaldus

Hoonete ventileerimisel kasutatakse peaaegu eranditult tehases valmistatud nn

isoleeritud kestas sedmeid. See tähendab siinkohal seda, et õhutöötlemisel vajalikud komponendid on standardmõõdus soojustatud kesta sees. Korpusega ümbritsetud komponente saab moodulitena kokku ühendada vajalike õhutöötlemisefunktsioonide alusel (**joonis 7.12**). Vajalik õhuvooluhulk määrab korpuse ristlõikepinna suuruse, sest õhu kiirus peab püsima vahemikus umbes 2 m/s. Seadme väliskesta ristlõikepinna mõõdud moodustuvad üldjuhul standardmõõdus filtriraamide kordsetest mõõtudest. Tehases valmistatud korpusega ventilatsiooniseadmete õhuvool hõlmab ligikaudu vahemikku 0,5…25 m³/s. Sisene ristlõikepindala on vastavalt 0,6 × 0,3 m … 3,6 × 2,4 m.



Joonis 7.12. *Tüüpiline 2000. aastate kestaga ventilatsiooniseade.*

Seadme väliskesta materjaliks on enamasti tsingitud terasplekk. Tsingitud terasplekk peab väga hästi vastu vähese korrodeeriva mõjuga oludes, nt kuivas tehnoruumis. Tsingist oluliselt parema vastupidavusega on alutsink, mis on tsingi ja alumiiniumi segu. Sellist pinnakatet tuleks kasutada alati juhtudel, kui on oht, et õhutöötlemisseadme mingi osa peab töötama niisketes oludes, nt õhutöötlemisseadme välisõhu poolel olev osa enne soojuse salvestamist. Roostevaba terast kasutatakse kas korrosiooni seisukohast keerukates oludes või kui on seatud tavapärasest kõrgemad nõuded hügieenile ja puhastatavusele. Roostevaba teras on siledama pinnaga kui tsingitud teras, mistõttu on seda ka lihtsam puhastada ja desinfitseerida. Sellise ruumi näiteks on haiglate operatsioonisaalid ja isolatsiooniruumid.

Ventilatsiooniseadmete konstruktsioon koosneb enamasti karkassist ja soojustatud kestaga paneelidest. Väliskesta paneelid on alutsink plaadist, mille soojustuseks on nt 50 mm mineraalvill. Selline konstruktsioon tagab piisava soojustuse ja hea heliisolatsiooni. Soome ehitusseadustiku osas E1 määratakse, et keskventilatsiooniseade võib sisaldada süttivat materjali vaid väga vähesel määral, mistõttu on mineraalvill kasutamiseks sobiv valik. Kesta soojusisolatsiooni klassid määratakse näiteks standardis SFS-EN 1886 (**tabel 7.1**). Mineraalvillaga soojustus 50 mm kuulub klassi T3.

Seadme väliskesta oluline omadus on tihedus. Mõõtmine tehakse alarõhuga 400 Pa. **Tabelis 7.2** on esitatud tihedusklassidele vastavad maksimaalsed õhulekked. Minimaalseks tihedusklassiks korpusega seadmetele võib pidada klassi L2.

Korpusega ventilatsiooniseadmed püütakse valmistada suuremate tervikutena, mitte eraldi komponentidena. See vähendab paigaldustöid, osade vaheliste liitekohtade arv väheneb, mis parandab tihedust, ning tänu ühenduskohtade arvu vähenemisele muutub ka seadme kogupikkus väiksemaks. Osade maksimaalse suuruse määravad paigalduskoha tõstevõimalused, transporditeed ja avade suurused.

Tabel 7.1. *Standardile SFS-EN 1886 vastavad ventilatsiooniseadme soojustusklassid.*

Kesta soojustusklass	Soojusläbivust W/(m²*K)
T1	$U \leq 0,5$
T2	$0,5 < U \leq 1,0$
T3	$1,0 < U \leq 1,4$
T4	$1,4 < U \leq 2,0$
T5	Nõuded puuduvad

Tabel 7.2. *Standardile SFS-EN 1886 vastavad ventilatsiooniseadme tihedusklassid. Lekkemõõtmine alarõhul 400 Pa. Tihedusklasse A…C on täpsemalt selgitatud peatükis 8.*

Kesta tihedusklass	Max leke l/s /m²	Vastav tihedusklass ehitusseadustiku osa D2
L1	0,15	A
L2	0,44	B
L3	1,32	C

Kompaktsed õhutöötlemisseadmed paigaldatakse üldjuhul eraldi seadmeruumi (vt punkt 7.6). Paigalduskohas tuleb jälgida, et jääks piisavalt hooldusruumi. Ventilatsiooniseadme kõrvale tuleb jätta ka komponentide vahetamiseks seadme laiuse jagu ruumi. Ka seadme taha tuleb jätta vähemalt 400 mm ruumi. Seadmed paigaldatakse alati metallprofiilidest koostatud eraldi alusele, mitte kunagi otse seadmeruumi põrandale. Alusraam on üldjuhul õhutöötlemisseadme enda varustuses. Erandjuhul valmistatakse see ka kohapeal. Alusraami kõrgus peab olema vähemalt 150 mm, mis juhul vesiluku paigaldus on võimalik nendesse seadme osadesse, kus tekib kondensaati. Alusraami kasutatakse ka seadme tõstmiseks. Väiksemaid ja kergemaid seadmeid saab tõsta ka nurkades asuvatest tõsteaasadest.

Klapid

Õhuklappi võib kirjeldada kui ventiili, mida kasutatakse õhuvoolu reguleerimiseks kanalites või ventilatsiooniseadmes. Ventilatsiooniseadmes on klappidel järgmised rakendused:

- õhuvoolu sulgemine
- õhuvoolu reguleerimine
- õhuvoolude segamine
- möödaviigu reguleerimine.

Õhutöötlemisseadmetes kasutatavad reguleerimis- ja sulgklapid on üldjuhul ristkülikukujulised labaklapid. Kui klapi pindala ületab 2 m², jagatakse klapp üldjuhul horisontaalsuunas kaheks eraldi osaks. Seda seepärast, et muidu muutub ribide pikkus liiga suureks ja survetaluvus väheneb. Klappi käitab elektriline mootor, millel peab olema piisav väändemoment. Välisõhuga kokkupuutuvad klapimootorid on tihtipeale varustatud vedrutagastusega, mis juhul ka võimaliku elektrikatkestuse toimumise puhul klapp sulgub ja väldib jäätumisohtu.

Sulgklapid

Sulgklapi (**joonis 7.13**) ülesanne on sulgeda õhuvool ja soojaleke võimalikult tihedalt, reguleerimisklapi ülesanne on õhuvoogu reguleerida.



Joonis 7.13. *Sulgklapp.*

Sulgklapilt nõutavad omadused on järgmised:

- pindala on võimalikult suur, mis juhul on läbivoolava õhu rõhukadu väike
- tihedus piisavalt hea, et suletud siibri kaudu ei teki õhuleket ja soojuskadu (välisõhu vastas asuvad klapid)
- soojusisolatsiooniga labad, et suletud klapi soojuskadu oleks väike (välisõhu vastas olevad klapid)
- survekindlus.

Suletud klapi õhuleke on oluline näitaja ja see määratakse kindlaks näiteks standardis SFS-EN 1751. Suletud õhuklapi tihedus sõltub klapi ribide jäikusest, ribi ääretihendite kvaliteedist ning ribide ja raami vahelisest tihedusest. Klapp on alati mõeldud kindlale maksimaalsele rõhuerinevusele, mida ei saa ületada. Seepärast on oluline vaadata üle klapi tarnija esitatud tehnilised andmed.

Reguleerimis- ja segamisklapp

Kohtades, kus on lubatud ringlus- või tagastusõhu segamine, kasutatakse kolme õhuklappi, mis reguleerivad välisõhu ja väljatõmbeõhu suhet seguõhus. Segamissektsiooni klapid seadistatakse selliselt, et täidetud on välisõhu miinimumnõue (**joonis 7.14**).



Joonis 7.14. *Segamissektsiooni klapid*

Reguleerimis- ja segamissiibrilt nõutavad omadused:

- pindala selgelt väiksem kui sulgklapil, et saavutada paremad õhuvoolude reguleerimise omadused
- soojustatud labad pole enamasti vajalik, sest reguleerklapid ei paikne enamasti välisõhu vastas
- ka tihedus pole sedavõrd vajalik.

Õhuklapid valmistatakse kas vastupidises või samas suunas pöörduvate ribidega. Neil konstruktsioonidel on erinevad reguleerimisomadused. Levinud siibri konstruktsiooniks õhutöötlemisseadmetes on saanud vastassuunas pöörduvate ribidega klapp, sest selle omadused sobivad selliseks otstarbeks paremini.

Möödavoolu reguleerimine

Õhusiibrit saab ventilatsiooniseadmete osade funktsioonide, nt plaatsoojustagasti abil teostatud soojuse salvestamise puhul kasutada ka õhuvoolu reguleerimiseks. Sellisel juhul lastakse osal õhust liikuda plaatsoojustagastist mööda, mille eesmärk on reguleerida tagastatava soojuse hulka ning selle kaudu sissepuhkeõhu

temperatuuri. Möödavoolu kasutatakse ka härmatise sulatuse/hoidumise ajal. Möödavoolusiibri olulisim omadus on tihedus, et kogu õhuvool liiguks vajaduse korral läbi soojustagasti.

Filtreerimisosa

Õhk meie ümber sisaldab palju mitmesugust saastet. Osa sellest pärineb loodusest, nt õietolm, taimede eosed jms. Teine osa saastest pärineb inimtegevusest nagu energiatootmisest, transpordist ja tööstusest. Siinkohal vaadeldakse filtreerimist vaid ventilatsiooniseadmes.

Filtrite peamine ülesanne on sissepuhkeõhk siseruumide jaoks piisavalt puhtaks teha. Paljudes ventilatsioonisüsteemides on filter paigutatud vähemalt seadme algusossa sulgklapi järele. Sellisel juhul kaitseb see ventilatsiooniseadet ja sissepuhkekanaleid mustuse eest ning vähendab sellega viimaste puhastamise vajadust. Filtrite abil paraneb ka ruumis oleva õhu kvaliteet. Välisõhk tuleb juhtida seadmesse selliselt, et filtrid märjaks ei saaks (vt punkti 7.6 „Seadmeruumid“). Filtreerimine võiks olla kaheastmeline, s.t põhifiltri ees kasutatakse eelfiltrit, mis kogub suurema sodi endasse ning kaitseb põhifiltrit ning pikendab selle eluiga. Tänapäeval paigutatakse põhifilter kohe eelfiltreerimise järele, kuid nt haiglates ja puhasruumides tihti ka seadme osade järele.

Käesoleval hetkel klassifitseeritakse ventilatsioonifiltreid EN ISO 16890:2016 alusel. Eristatakse nelja filtriklassi erinevate osakeste ja nende kinnipidamise võime järgi:

- ISO ePM1 (osakeste suurus 0.3 µm $\leq x \leq$ 1 µm; minimaalne efektiivsuse nõue $\geq$ 50 %)
- ISO ePM2,5 (osakeste suurus 0.3 µm $\leq x \leq$ 2,5 µm; minimaalne efektiivsuse nõue $\geq$ 50 %)
- ISO ePM10 (osakeste suurus 0.3 µm $\leq x \leq$ 10 µm; keskmise efektiivsuse nõue $\geq$ 50 %)
- ISO Coarse (osakeste suurus 0.3 µm $\leq x \leq$ 10 µm; keskmise efektiivsuse nõue < 50 %)

Kuna paljud seadmete ja filtrite tootjad kasutavad aga jätkuvalt ka vana (tänaseks kehtetu) standardit EN 779:2012, siis toome filtriklassid välja ka selle alusel:

- jämefiltrid G1…G4
- üldfiltrid M5…M6
- peenfiltrid F7…F9

Et paremini uue ISO standardi ja vana EN779 vahel orienteeruda, on Eurovent loonud juhendmaterjali Eurovent 4/23-2018, kus kirjeldatakse nende erinevusi ning antakse näpunäiteid, kuidas filtriklassi tänasel hetkel paremini valida ning millisele ISO standardi klassile mingi EN 779 klassiga filter võib vastata.

Ka ülipeen (bakter)filtrite puhul on kaasaegsem ISO 29463 standard välja vahetanud vana EN 1822 standardi. Toome alljärgnevalt välja EPA, HEPA ja ULPA filtriklassid mõlema järgi:

- EPA-filtrid ISO 15 E…ISO 30 E (EN 1822 järgi E10…E12)
- HEPA-filtrid ISO 35 H...ISO 45 H (EN 1822 järgi E13…E14)
- ULPA-filtrid ISO 50 U...ISO 75 U (EN 1822 järgi E15…E16)

Kõige tavalisemad filterelementide suurused on nn standardsed täis- ja poolmõõdus filtrid, mille raami mõõdud on vastavalt 592 · 592 mm ja 592 · 287 mm. Filterelementide tihendamine filtriraami

vastu on eraldusastme seisukohast väga oluline, et vältida möödavoolu teket. Tihedus on seda olulisem, mida parem eraldusaste filtril on.

REHVA juhendis nr 11 esitatakse soovitusi filtri vahetamise kohta. Filter tuleb vahetada hiljemalt siis, kui saavutatakse seadmele määratatud optimaalne lõplik rõhukadu. Esimese astme (eel-)filtri vahetamine tuleks teha umbes 2000 töötunni ja teise astme (põhi-)filtri vahetamine umbes 4000 töötunni järel. Hügieenilistel põhjustel soovitatakse filtreid vahetada siiski vähemalt kord aastas, nt sügisel pärast õietolmu ja muu mikrobioloogilise saaste vähenemist. Sellisel juhul püsib filter pikka aega suhteliselt puhas.

Eelfilter

Eelfiltrina võib kasutada ISO Coarse kuni ISOePM2,5 klasside (EN 779 klasside G3…M6) jäme- ja üldfiltreid, mis eraldavad suurema mustuse ja seega ka suurema osa tolmu massist. Filtrid on kas voltidega mattfiltrid (**joonis 7.15**) või tänapäeval enamasti kottfiltrid (**joonis 7.16**), millel on suurem filtreerimispindala ja väiksem rõhukadu.

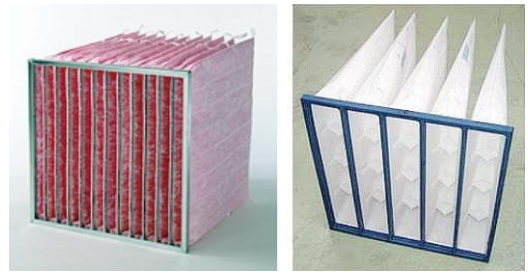


Joonis 7.15. *Eraldusastme G3…G4 eelfilter. Tänapäeval kasutatakse peamiselt kottfiltreid.*

Põhifilter

Teise astme filtrina (või ka esimesena, kui teist astet ei ole) kasutatakse peenfiltreid, mis on enamasti kottfiltrid, kuid teatud juhtudel ka kompaktfiltrid. Kottfiltritel on suur filtreerimispindala, mis on kasuks nii rõhukao kui ka eraldusastme seisukohast, seda eriti juhul, kui kotid on pikad ja neid on palju. Kompaktfilter on hea variant, kui filtrile eraldatud ruum on piiratud. Tihedalt volditud filter on paigaldatud raamile.

Viimastel aastatel on olnud tavaks kasutada sissepuhkeõhu filtreerimisel minimaalselt filtriklasse vahemikus ISO ePM2,5 65% kuni ISO ePM1 55% filtreid (EN 779 klassidega F7…F8 filtreid) (**joonis 7.16**). Linnakeskkonnas, kui välisõhk on sõidukite liiklusest saastatud, soovitatakse sissepuhkepoolele veelgi parema peenosakeste kinnipidamisvõimega filtreid.



Joonis 7.16. *Kottfiltritel on kottide pikkus ja arv erinev.*

EPA- ja HEPA-filtrid

Kõrge eraldusastmega EPA- ja HEPA-filtreid (**joonis 7.17**) kasutatakse, kui õhk peab olema väga puhas. Sellised filtrid valmistatakse õhukesest ja väga tihedast ning sügavalt volditud filterpaberist, mille kiu läbimõõt on ligikaudu 1 µm ning mis kinnitatakse väga tihedalt puit- või metallraamile. Läbivoolu pindala võib olla rohkem kui 70 korda suurem kui otsapind, mistõttu on läbi materjali liikuva õhu kiirus väike. Neid võib kasutada mitmeid aastaid

ilma vahetamata. Eelfiltri filtreerimisklass peab olema vähemalt ISO ePM1 65% (EN 779 järgi klassiga F8).



Joonis 7.17. *HEPA-filter ventilatsiooniseadmes.*

Ventilatsiooniseadmes võidakse HEPA-filtreid kasutada nii sissepuhke kui ka väljatõmbe poolel. Sissepuhke poolel asub HEPA-filter alati õhuvoo suunas ventilaatori järel nii, et selle sees olev õhk on ümbritseva õhu suhtes ülerõhu all. Sellisel juhul on võimalikud väikesed lekked suunatud väljapoole ning seadme välispoolel olev filtreerimata õhk ei saa juba puhastatud õhku ära saastada. Väljatõmbe õhu filtreerimisel peab filter olema keskkonna suhtes alarõhu all. Väljatõmbe poolel kasutatakse HEPA-filtrit nt tõmbekappide väljatõmbeõhu filtreerimiseks, kui neis käideldakse nakkusohtlikke aineid või filtreeritakse meditsiinitööstuse heitõhku. HEPA-filtri puhul on tegeliku filteerimisastme seisukohast eriti oluline, et filtri möödavool oleks väike. Möödavoolu võib esineda nii filterkasseti kinnitusraami tihenduspinna kaudu kui ka ventilatsiooniseadme kesta sees toimuva lekkena. Kesta sees toimuvat leket saab vältida nt selliselt, et filterkasseti kinnitusraam viiakse hermeetiliselt keevitatuna äärikuna kuni õhutöötlusseadme välispooleni (**joonis 7.18**). Sellisel juhul lekkeõhu teekond katkeb ja leke on suunatud seadmest väljapoole.

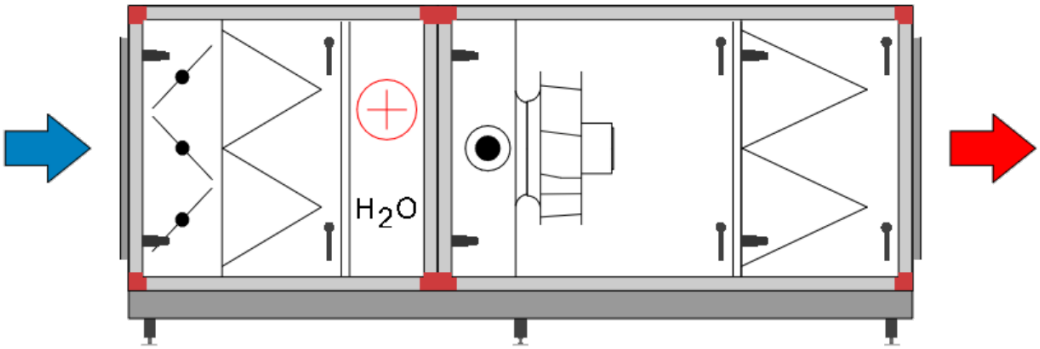
HEPA-filtrite vahetamiseks ja hooldamiseks tuleb eraldada piisavalt ruumi ning filtrite mõlemal poolel peab olema võimalus peenosakeste sisalduse mõõtmiseks. See tagatakse nt nii, et filtri kest koosneb kahest osas, mille vahel on õhuleket katkestav äärikuga filtersein.

Gaase püüdvad filtrid

Söefiltrid (**joonis 7.19**) ja keemilised filtrid eemaldavad toidulõhnasid suurköökides, vähendavad lennukikütusest tekkivaid gaase lennujaamades ning eemaldavad õhust kahjulikke gaase ja aineid tööstuse elektriruumides, arhiivides, muuseumides jne.



Joonis 7.19. *Silindritüüpi söefilter.*

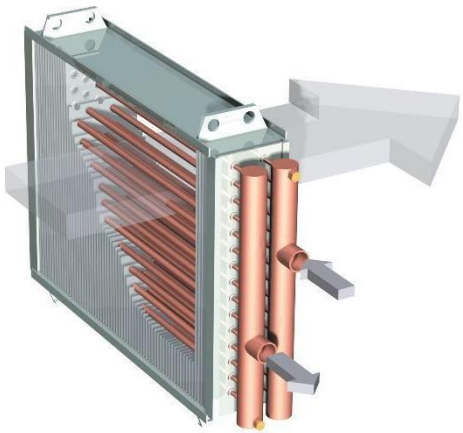


Joonis 7.18. *HEPA-filter ventilatsiooniseadme sissepuhkepoolel.*

Soojendus- ja jahutuskalorifeeri osad

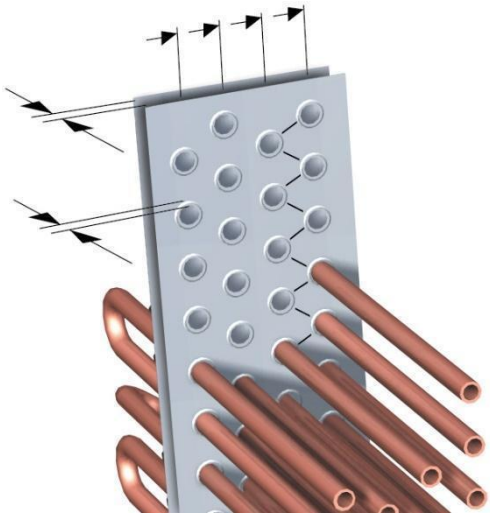
Kalorifeeri ehitus

Kalorifeere kasutatakse ventilatsiooniseadmetes õhu soojendamiseks ja jahutamiseks. Töö üldpõhimõte on mõlemal juhul sama. Kalorifeeri ülesanne on tagada võimalikult hea soojusülekanne võimalikult väikese rõhukaoga. Kuna õhupoole soojusülekanne on palju halvem kui vedelikupoolel, suurendatakse soojusedastuse pindala suure hulga õhukeste plaatide ehk lamellide abil, milles on augud torude jaoks (**joonis 7.20**). Lamellide avadesse paigaldatakse torud, mis surutakse mehaaniliselt lamellide sisse spetsiaalsesse soklisse või torusse kinni. Sellise konstruktsiooni abil saab torudes voolav vesi väga tõhusalt läbi kalorifeeri liikuvat õhku soojendada või jahutada. Lamellid on üldjuhul alumiiniumist ja torud vasest, kuid vastavalt kasutuskohale võib kasutada ka muid materjale.



Joonis 7.20. *Soojendus- või jahutuskalorifeer.*

Kollektorisse on toodud kokku torukontuurid, mida võib olenevalt kalorifeeri suurusele ja muudele asjaoludele olla väga erineval hulgal. Kollektor ühendatakse torustikuga keermes- või äärikühenduse abil. Kalorifeeri torude arv õhu voolamise suunas määrab kalorifeeri „sügavuse“ (**joonis 7.21**).



Joonis 7.21. *Kalorifeeri toruridade arv, „sügavus“.*

Soojenduskalorifeer

Soojenduskalorifeerid on mõeldud peamiselt õhu ja muude gaaside soojendamiseks. Soojust edastava ainena kasutatakse küttevõrgu vett, mis võib mõnedel juhtudel olla ka nt vee ja glükooli lahus ning tööstuses ka õli, muu soojuskandja vedelik või aur. Jahutamiseks kasutatakse jahutusvõrgu vett, vee ja glükooli lahust ja aurustuvaid külmaaineid, kuid tööstuses ka õli või muid vedelikke. Jahutamise otseaurustuskalorifeeri saab kindlaks teha auru jaoturi alusel (**joonis 7.22 ja 7.23**).

Jäätumiskaitse ja jäätumine

Soojenduskalorifeeris on vahendusaineks enamasti vesi, mistõttu seda tuleb vastavate võtetega külmumise eest kaitsta. Kasutatakse temperatuuriandurit, mis aitab vältida kalorifeeris oleva vee temperatuuri langemist alla külmumispiiri. Temperatuuri mõõtev andur on vardalaadne 200…300

mm pikkune õhuke uputatud andur, mis kinnitatakse kollektoris asuva paigaldusühenduse kaudu kalorifeeri lamelltoru külge, mille kaudu vesi kalorifeerist välja liigub, sest selles punktis on vee temperatuur kõige madalam. **Joonisel 7.20** näidatud kalorifeeril on külmumiskaitsmele kaks paigalduskohta, üks kogumisjaoturi alaservas ja teine ülaservas. Andur võib paikneda nii jaoturi ala- kui ka ülaosas. Oluline on see, et andur asuks kalorifeerist väljuva vee poolel. Väga väikestel kalorifeeridel kogumisjaotureid ei ole ning seepärast pole ka kohta vardalaadsele andurile. Sellistel juhtudel kasutatakse pinnaandureid, mis kinnitatakse kinnitusklambri ja soojust juhtiva pasta abil kalorifeerist väljuva toru välispinnale.

Külmumine kahjustab kalorifeeri koheselt ja tekitab vedeliku lekke. Kahjustus tekib enamasti kalorifeeri otstes torupöörangutes, mis purunevad. Külmumine ise ei teki nende pöörangute kohas, vaid jää tekib lamelltorude sirges osas, mis puutub kokku külma õhuvooluga. Torusse tekib jäätroppe, mis takistavad vee voolamist. Jäätumise edenemisel jää hulk kasvab ning vee maht külmudes kasvab. Tekkinud jäätropid takistavad rõhu vallandumist. Hüdrauliline rõhk torupöörangutes kasvab, kuni tekib rebend.

Õhu ja vee temperatuur

Tavaliselt on soojendusvee temperatuur sisenemisel 55 °C ja väljumisel 40 °C. See puudutab kaugküttega ühendatud hooneid. Küttevõrgu temperatuurid on sellisel juhul 60/40 °C. Vee temperatuuri langus kalorifeeris toimub vee segamisel kalorifeeri sõlmes. Kalorifeeri tsirkulatsioonipumba ringi aetava vee kogus kalorifeeris on eelnevalt nimetatud temperatuuride puhul 1,3-kordne võrreldes küttevõrgust kalorifeeri tuleva vee vooluhulgaga. Välisõhu soojendamiseks mõeldud soojenduskalorifeeris peab alati olema tsirkulatsioonipump. Seda ka juhul, kui enne kalorifeeri on soojusvaheti, mis soojendab õhu selgelt plusspoolele. Pumba tekitatud ringlus tagab ka selle, et lamelltorudes on alati sama kiirusega vool sõltumata küttevõimsusest ning kalorifeeris ei teki seisva veega kohti, mis võivad hakata külmuma. Vee voolamise kiiruse jaoks on kindel sobiv vahemik, vt **tabel 7.3.** Soojustagasti soojendab välisõhku sõltuvalt süsteemist ja õhuvoolude suhtest väärtuseni −10...+15 °C. Tavajuhul soojendab soojenduskalorifeer õhu edasi väärtuseni +18…+20 °C. Mõningatel juhtudel, nt õhkküttega ruumides või ujulates, on vaja kõrgemat sissepuhketemperatuuri.

Vee ja õhu vaheline temperatuuride erinevus on soojenduskalorifeeris suur, mistõttu on toruridasid üldjuhul vaja vaid 1 või 2. Kui õhku soojendatakse madala temperatuuriga vedeliku abil, nt külmaseadme jääksoojusega, on vaja 4…6 torurida.

Joonisel 7.20 on hästi näha nn vastuvooluühendus. Sellisel juhul liiguvad vedelik ja õhk kalorifeeris vastassuunas. Vastuvooluühendus tekitab vee ja õhu vahel suurima temperatuuride erinevuse. Selle olulisus on seda suurem, mida sügavam on kalorifeer õhu liikumise suunas ehk milline on kalorifeeri toruridade arv. Jahutuskalorifeerides ja soojussalvestites on õige ühendamine väga oluline – need tuleb alati ühendada vastuvoolu. Soojenduskalorifeerid on üldjuhul 1–2 torureaga ja sellisel juhul jääb erinevus vastu- või pärivoolu ühenduse vahel väga väikeseks. Ühterealise süsteemi puhul ei saagi vastuvoolu kasutada.

Toruridade arv erinevat tüüpi kalorifeeride jaoks on järgmine:

- soojenduskalorifeerid 1…2, kondenseerumissoojuse kasutamisel 4…6, kui vedeliku temperatuur on madal
- jahutuspatareid 3…4, mõnikord ka 6
- soojustagasti kalorifeerid 6…14.

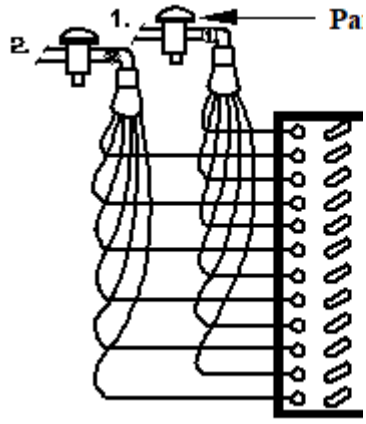
Jahutuspatareid

Jahutuspatarei ülesanne on jahutada suvine soe välisõhk ruumi sissepuhumiseks sobivale temperatuurile. Välisõhu suveaja arvestuslik temperatuur ning suhteline niiskus on EVS 906 alusel 27 °C ja 50% ja kondensaadivabadel süsteemidel 27 °C ja 60%. Sissepuhkeõhu vajalik temperatuur varieerub üsna suuresti. Seda mõjutab soovitud jahutusvõimsus, õhujaotussüsteemi tüüp, kas tegemist on püsiva või muutuva õhuvooga, kas on ruumipõhiseid jahutuspalke jne. Vajalik temperatuur määratakse olukorrapõhiselt, varieerumisvahemik on nt +15...20 °C.

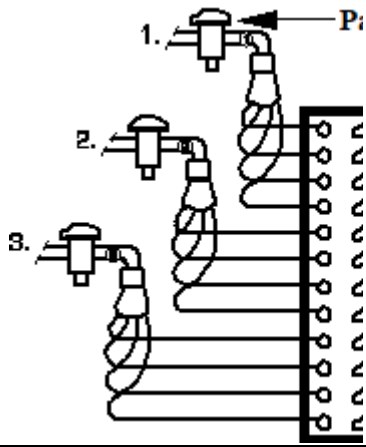
Jahutusvee temperatuur kalorifeeris on tavaliselt 7 °C sissevoolul ja 12 °C väljavoolul. Seda juhul, kui jahutusvett toodetakse kompressoriga veejahuti abil. Kui jahutus toimub kaugjahutuse süsteemi abil, on vee temperatuur kõrgem. Vee kõrgemat temperatuuri võib kasutada ka kompressoriga jahutussüsteemi puhul. Kõrgem temperatuur annab külmaseadmele kõrgema soojusteguri ning jahutamiseks vajalik elektrivõimsus väheneb. Jahutuspatareisse tuleva vee temperatuur arvestatakse samaks jahutusvõrgu temperatuuriga, mis tähendab, et kalorifeeri ühendamisel võrku ei toimu segunemist. Kalorifeeri ühendamisel ei kasutata enamasti pumpasid, sest jahutuspatareil ei ole külmumist takistavat püsiringlust vaja. Pumbaringluse tekitab sellisel juhul jahutussüsteemi peapump.

Õhu jahutamine võib toimuda ka otseaurustamise abil toimiva jahutuspatarei abil, **joonised 7.22 ja 7.23**. Sellisel juhul toimib jahutuspatareid otse jahutusseadme aurustina. Jahutusvõimsuse reguleerimiseks peab jahutusseadmes olema mitmeid võimsusastmeid ning ka jahutuspatarei tuleb jaotada nende astmete alusel.

Tänapäeval kasutatakse ka ventilatsiooniseadmesse integreeritud jahutus- ja soojuspump seadmeid, mis on tootja poolt projekteeritud ja katsetatud, varustatud komplektse automaatikaga.



Joonis 7.22. *Jahutuse otseaurust uspatarei, millel on kaks külmaaine kontuuri jagatud vaheldumis i (interlace-ühendus).*



Joonis 7.23. *Jahutuse otseaurust uspatarei, mille kontuurid on jagatud kolmeks pealistikus eks segmendik s.*

Jahutuspatareis toimub niiskuse kondenseerumine ja tekib kondensaat. Kui õhu kiirus kalorifeeris on liiga suur, liigub tekkiv vesi õhuvooluga kaasa. Kiirus 3 m/s

on selge piir asjaolule, et vesi hakkab õhuvooluga rohkesti kaasa liikuma. Kui kindlasti on vaja kasutada suurt õhukiirust, varustatakse kalorifeer piisapüüdjaga. Tänapäeval kasutatavate ventilatsiooniseadmete arvestamise põhimõtte kohaselt on tegelik otsapinna kiiruse tase kuni 2 m/s (**tabel 7.3**). Sellisel juhul ei ole ohtu, et vett kaasa tõmmatakse. Erijuhtudel võib tekkiva kondensaadi hulk olla sedavõrd suur, et piisapüüdja kasutamine on vältimatu. Selline olukord on nt juhul, kui õhu temperatuur tuleb jahutada tasemele 10…12 °C.

Jahutuspatarei tuleb alati varustada kondensaadivanniga, mis juhitakse vesiluku kaudu põrandatrappi. Vesiluku konstruktsioon peab olema selline, et selle kaudu ei liiguks õhku ka juhul, kui seal ei ole vett. Vesilukk talvel kuivab ja kui kalorifeeri juures olev alarõhk tõmbab õhku vesiluku kaudu vales suunas, ei pääse kevadine esimene kondensaat vesilukku ja kondensaadivann hakkab üle ajama.

Elektrisoojenduskalorifeer

Elektriga toimivat õhusoojendit (**joonis 7.24**) kasutatakse üldjuhul siis, kui vee baasil soojuskandja juhtimine ventilatsiooniseadmesse oleks ebamõistlikult kulukas. Tehnilises mõttes on elektrikalorifeeril mitmeid häid omadusi: hea reguleeritavus, ei külmu, ei leki, ei vaja pumpa jne. Halvemaks küljeks on aga elektrienergia kõrgem hind võrreldes eriti kaugkütte soojusega. Lisaks kõrgemale hinnale tekitab elekter lisakulusid vajaliku arvestatava maksimaalse võimsuse tõttu. Elektri liitumisvõimsus tuleb arvestada suurima võimsusvajaduse alusel, mis esineb kõige madalamate temperatuuride ajal. Vajalikku soojendusvõimsust (kW) ja aasta tasandil tarbitud energiat (kWh) vähendab soojustagasti, mis eelsoojendab välisõhku enne selle jõudmist elektrikalorifeeri.



Joonis 7.24. *Elektriline õhusoojendi.*

Joonisel on kujutatud nn varrastüüpi kalorifeer ilma lamellideta. Sellel olevad elektrilised küttekehad on paigutatud roostevabast terasest valmistatud torukujuliste varraselementide sisse. Soojusülekande pindala on väike, mistõttu pinnatemperatuur on kõrge. Kõrgele pinnatemperatuurile vaatamata on varraselementidega elektrikalorifeer tuleohutuse seisukohast parem kui tihedate lamellidega varustatud mudel.

Tabel 7.3. *Kalorifeeri arvutamist mõjutavad asjaolud.*

	Vee min kiirus ja piirav tegur	Vee max kiirus ja piirav tegur	Õhu kiirus ja piirav tegur	Tavaline lamellide jaotus
Kütte-kalorifeer	0,2 m/s Külmumisoht	1,5 m/s Erosioon	2…5 m/s Rõhukadu	1,7…2,5 mm
Jahutus-patarei	0,2 m/s Soojusedastus	2,0 m/s Erosioon	2…3 m/s Rõhukadu ja kondensaadi kaasatõmbamine õhku	Tavaliselt 2…3 mm

Kui kalorifeerile eelnev filter jääb hooldamata, koguneb tolmu täis või läheb aja jooksul katki, on varrastüüpi kalorifeeri ummistumise oht väiksem kui lamellidega variandil. Elektrikalorifeer annab sama soojusvõimsuse sõltumata sellest, kas see on puhas või lokaalselt ummistunud. Kui sooja edastamine on kalorifeeri mõnes kohas tolmu kogunemise tõttu vähenenud, toimub seal ülekuumenemine. Elektrikalorifeerile on enamasti määratud minimaalne õhuvool, mis vastab tavaliselt õhuvoolu minimaalsele kiirusele 1,5 m/s. Iga üksik kütteelement eraldab püsivat soojusvõimsust sõltumata õhu temperatuurist või õhuvoolust. Kui õhuvool on liiga väike või õhu temperatuur liiga kõrge, tõuseb küttekeha pinnatemperatuur liiga kõrgeks ning rakendub elektrikalorifeeri ülekuumenemiskaitse. Võimsuse reguleerimine toimub kas astmeliselt või sujuvalt või nende kombinatsioonina.

Ventilaator

Võib öelda, et ventilaator on õhutöötlussüsteemi süda. Ilma ventilaatorita ei hakka õhk kanalites ega ruumis liikuma. Ventilaatori peamised osad on mootor ja tiivik. Kui tiivik pöörleb, teevad tiiviku labad õhus tööd selliselt, et õhu voolamise kiirus ja rõhk kasvavad. Kanalites õhuvoolu tekitatav rõhukadu vastab alati ventilaatorite tekitatavale rõhu tõusule, mis tähendab, et ventilaator jääb alati kanalitega automaatselt tasakaaluolekusse. Enamasti ajab tiivikut ringi elektrimootor. Ventilaator tõstab läbi tiiviku voolava õhu kogurõhku. Kogurõhk koosneb staatilisest rõhust ja dünaamilisest rõhust. Dünaamilise rõhu osa (õhu liikumise kiirusest tulenev osa kogurõhust) püütakse minimeerida, sest see tekitab müra ja kadusid enne, kui osa sellest muutub staatiliseks rõhuks. Sel põhjusel on ventilaatorid loodud selliselt, et dünaamiline rõhk püütakse muuta staatiliseks rõhuks tiiviku välisserva läheduses ja ventilaatori kesta juures.

Ventilaatori soovitud õhuvool määratakse ventilaatori pöörlemiskiiruse muutmisega. Selleks valitakse kas rihmajami sobiv ülekanne või reguleeritakse mootori pöörlemiskiirust sagedusmuunduri abil. Rihmarataste läbimõõt muutub umbes 6% astmetega, mistõttu ei võimalda see väga täpseid seadistusi teha. Sagedusmuunduri abil saavutatakse sujuv reguleerimine. Kui ventilatsiooniseadmes õhuvooluhulgad muutuvad, reguleeritakse õhuvoolu üldjuhul sagedusmuundurite abil. Õhuvooluhulga muutumisel muutub ka kanalite rõhukadu ja seepärast paigutatakse kanalitesse VAV- ja CAV klapid, mille abil saab õhuvooluhulkasid ruumides vajaduspõhiselt tagada.

Ventilaatori tasakaalustamatus tekitab dünaamilisi jõude, mis võivad põhjustada konstruktsioonides vibratsiooni. Seepärast isoleeritakse ventilaator ventilatsiooniseadme korpusest vibratsiooniamortisaatorite abil. Amortisaatorid on kas kummist või terasvedrud. Kummiamortisaator on levinud valik, mis tagab tavapärastes oludes piisava vibratsiooni summutamise. Lisaks on kummil ka sisene amortiseeriv omadus, mis vähendab võimaliku resonantsi teket. Kui on vaja paremat vibratsioonisummutust, kasutatakse terasvedrusid. Terasvedrudel puudub aga seesmine summutus, mistõttu neid ei või kasutada juhul, kui pöörlemiskiirus jääb vedrude resonantssageduse lähedusse. Summutid valitakse vastavalt olukorrale ja arvestades ventilaatori ja mootori massi ning kasutatavat pöörlemiskiirust.

Ventilaatori mootor

Ventilaatori mootorina kasutatakse peamiselt kolme tüüpi mootoreid:

- asünkroonmootorid
- EC-mootorid ehk elektrooniliselt kommuteeritud mootorid
- PM-mootorid eh nn püsimagnetitega mootorid

3-faasiline asünkroonmootor on nn traditsiooniline IEC-mootorikorpusega elektrimootor, mis ühendatakse 3 × 400 V vooluvõrku kas otse või sagedusmuunduri abil. Mootori pöörlemiskiirused 50 Hz võrgus on näiteks 750, 1000, 1500 ja 3000 p/min. Kui soovitakse kasutada muid kiirusi, tuleb kasutada sobivat pöörlemiskiiruse regulaatorit. Asünkroonmootorite kasutegur on suhteliselt kõrge, v.a mootori väiksema võimsuse korral. Kasutegur näitab seda, kui hästi muudab mootor elektrienergiat mootori võlli mehaaniliseks tööks.

EC-mootor on elektrooniliselt kommuteeritud (ingl *electronically commutated*) harjadeta alalisvoolumootor, mis on varustatud püsimagnetitega. Kommutatsiooni all mõistetakse seda, et voolu suunda staatoris muudetakse rootori suhtes anduritelt saadud signaalide alusel. Elektroonilise kommutatsiooni puhul saab mootori pöörlemiskiirust väga tõhusalt reguleerida. Mootori pöörlemiskiirus sõltub sellest, kui kiiresti mootori magnetväli muutub. EC-mootoritel on parem kasutegur (väiksem energiakadu) kui asünkroonmootoritel ja seega ka väiksem temperatuuri tõus. EC mootoritel on ka lai pöörlemiskiiruse vahemik, mille puhul kasutegur püsib kõrge. Seepärast sobivad need otse käitatavatele ventilaatoritele. EC-mootor vajab alati pöörlemiskiiruse regulaatorit, seda ei saa otse vooluvõrku ühendada. Regulaator on enamasti integreeritud mootoriga, vt **joonis 7.25.** EC-mootor sobib kõige paremini väiksema võimsusvajaduse puhul, kus kasuteguri paranemine on kõige suurem, nt korteri ventilatsiooniseadmetes. Mootori mehaaniline ehitus on üldiselt selline, et pöörlev osa on mootori väliskest, mitte keskel asuv rootor, nagu traditsioonilisel mootoril. See piirab ventilaatori kasutatava max võimsuse umbes 5 kW.

PM-mootor (ingl *permanent magnet motor*) on püsimagnetitega varustatud mootor. Mootori mehaaniline ehitus on sama nagu 3-faasilisel asünkroonmootoril ja see sobib hästi ventilaatori käitamiseks. Mootori kasutegur on oluliselt kõrgem kui asünkroonmootoritel. Erinevus on kõige suurem väiksemate mootorivõimsuste puhul ja 11 kW puhul läheneb juba nullile. PM-mootor vajab alati pöörlemiskiiruse regulaatorit, seda ei saa kasutada otse vooluvõrku ühendatuna. Regulaatorina kasutatakse sagedusmuundurit, mis peab olema spetsiaalselt PM-mootori jaoks valmistatud. Ka sagedusmuunduri parameetrid peavad vastama mootoritootja juhistele. PM-mootor on praktiline valik, sest see on konstruktsioonilt IEC-mootori sarnane ja ühendatakse sagedusmuunduri vahendusel 3-faasilisse võrku.



Joonis 7.25. *Kestata kamberventilaator. Esimesel pildil on mootoriks standardkorpusega asünkroonmootor ja teisel pildil EC-mootor.*

Kamberventilaator

Kamberventilaatoris on tiivik tahapoole keerduvate labadega ilma kestata, **joonis 7.25**. Selle võimsusnäitajad sarnanevad kestaga ventilaatori näitajatele, kuid sel puudub kesta juures toimuv staatilise rõhu tõus. Seepärast on kamberventilaatori kasutegur väiksem kui samalaadsel kestaga ventilaatoril. Kamberventilaatori tiiviku ratta konstruktsioon moodustab laieneva difuusori, mis seda puudust leevendab. Ventilaatorirattast liigub õhk otse kambrisse, kus ventilaator asub. Kambris õhu kiirus väheneb ja järgmine tööosa võib paikneda ventilaatorile väga lähedal.

Kamberventilaator on otsekäitusega, mis tähendab, et tiivik on paigaldatud otse mootori võllile. Sellel on mitmeid eeliseid, mistõttu on kamberventilaator kestaga radiaalventilaatori ventilatsiooniseadmetes peaaegu täiesti kõrvale tõrjunud. Kamberventilaatoril puudub hooldust vajav rihmülekanne, mis tekitab kummitolmu. Seepärast on kamberventilaator ka hügieenilisem ja tänu lahtisele konstruktsioonile lihtsamalt hooldatav ja puhastatav. Rihmülekanne põhjustab ka jõuülekande võimsuskadu. Just väiksemate õhuvoolude ja võimsuste puhul võib rihmülekande kasutegur olla väga kehv. Otsekäitamine võimaldab ventilaatori tasakaalustada peaaegu vibratsioonivabaks, sest ventilaator, mootor ja paigaldusalus tasakaalustatakse ühe tervikuna.

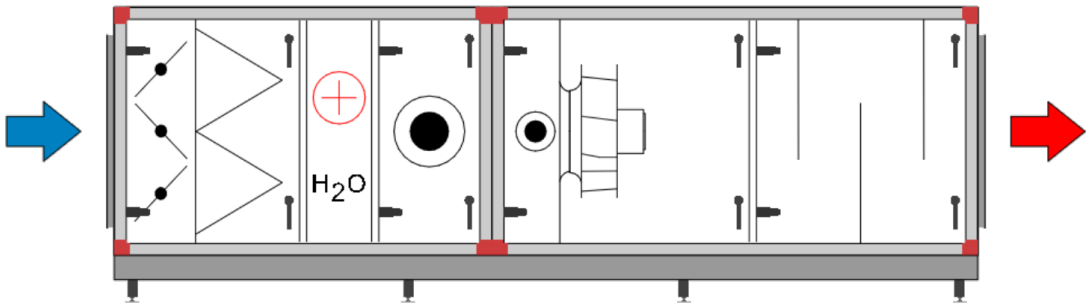
See ventilaatoritüüp vajab praktikas vaid sagedusmuunduriga reguleerimist. On olemas ka rihmülekandega kamberventilaatoreid, kuid need leiavad siiski väga vähe kasutust.

Joonisel 7.26 kujutatud ventilatsiooniseadmes on kamberventilaatori järel järgmine komponent mürasummuti. See on summutile väga hea asukoht, sest seal on müratase kõige kõrgem. Kamberventilaatori hea omadus on, et ventilaatori järel asuv tööosa, nt mürasummuti, soojendus- või jahutuspatarei, saab paigaldada kohe ventilaatori järele.

Kestaga radiaalventilaator

Kestaga radiaalventilaator (tsentrifugaalventilaator) oli enne kamberventilaatorite levimist praktiliselt ainuke ventilatsiooniseadmetes kasutatav ventilaatoritüüp. **Joonisel 7.27** on kujutatud tüüpiline rihmülekandega ventilaator. Mootor on paigutatud ventilaatori kõrvale, et ruumivajadus oleks pikisuunas võimalikult väike. Kestaga radiaalventilaatori spiraalkest toimib optimaalse difuusorina, muutes õhuvoo

kiiruse energia staatiliseks rõhuks. Seepärast saavutatakse sellise ventilaatori abil kõrge kasutegur.

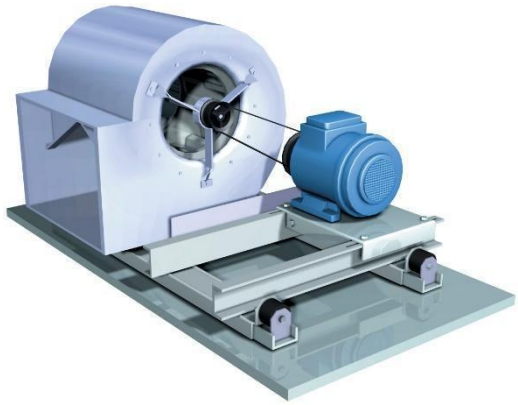


Joonis 7.26. *Kamberventilaator ventilatsiooniseadmes.*

i

Ventilatsiooniseadmetes kasutatud kestaga ventilaatorite maksimaalne kasutegur on ligikaudu 85%. Ventilaator sobib igasuguste õhuvoolude tarbeks, kuid eriti hästi suurtele õhuvooluhulkadele, kus võimsusvajadus ja kasutegur on suure tähtsusega. Kasutegurit vähendab jõuülekandes kasutatav rihmülekanne, kuid ka rihmülekande kasutegur on suuremate võimsuste korral üsna kõrge.

Tabelis 7.4 on esitatud kamberventilaatori ja kestaga radiaalventilaatori omaduste võrdlus.



Joonis 7.27. *Kestaga tsentrifugaalventilaator.*

Tabel 7.4 *Kamberventilaatori ja kestaga radiaalventilaatori omaduste võrdlus.*

	Kamberventilaator	**Kestaga radiaalventilaator**
Kasutegur	Max u 77%	Max u 85%
Õhuvool 0–10 m³/s	Sobib hästi.	Sobib hästi.
Õhuvool üle 10 m³/s	Sobib halvemini. Vajab paljude ventilaatorite paralleelset kasutamist.	Sobib hästi. Laias valikus ventilaatoreid suurtele õhuvoogudele. Kasutegur kasvab koos suurusega.
Tasakaalustatud, vibratsioon	Madala vibratsioonitase. Saab eriobjektide jaoks väga täpselt tasakaalustada.	Kõrgem vibratsioonitase. Rihmülekanne raskendab täpset tasakaalustamist.
Paigaldusruum	Kompaktne paigaldus ventilatsiooniseadmes. Ei vaja rõhupoolel kaitsekaugust.	Väljapuhkeava ühendus vajab kaitsekaugust, sest õhu kiirus rõhuavas on suur.
Hooldus	Väike hooldusvajadus, rihmülekanne puudub.	Rihmülekanne vajab regulaarset hooldust.
Puhtus, hügieenilisus	Ei tekita mustust. Tänu avatud konstruktsioonile on lihtne puhastada. Nt puhasruumide seadmetes.	Rihmülekanne tekitab musta kummitolmu, kui rihmad kuluvad. Tänu kestale keerukam puhastada.
Mootori valimise vabadus ja vahetamine	Ventilaatori ratas ja mootori suurus üksteisega seotud. Mootori vahetamine keerukas. Alati peab kasutama sagedusmuundurit.	Mootori saab vabalt valida. Mootori vahetamine lihtne. Saab kasutada ilma sagedusmuundurita.
Sagedusmuunduri avariilülitus rikkeolukordade tarbeks	Keerukas. Avariilülitusel elektrivõrgust tulev 50 Hz sagedus sobib ventilaatorite töösageduseks vaid erijuhtudel.	Lihtne. Rihmülekanne arvestatakse üldjuhul nii, et mootor pöörleks arvestatud tööpunktis sagedusel 50 Hz läheduses. Sama avariilülituse korral.

Väljatõmbeõhu soojuse tagastamine

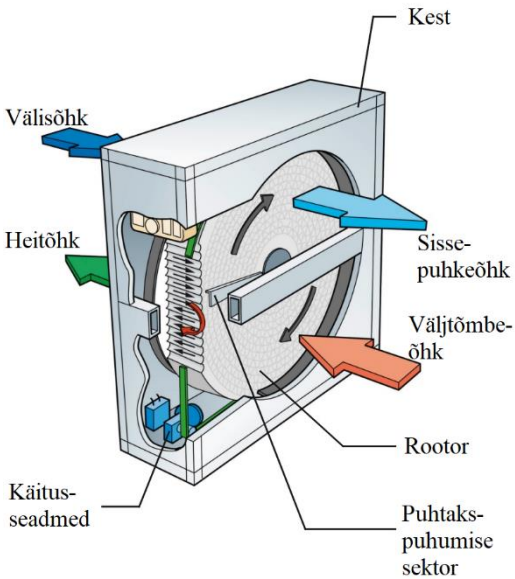
Rootorsoojustagasti

Rootorsoojustagasti koosneb kettalaadsest rootorist ja käitusseadmetest. Rootori korpus on jagatud kaheks osaks, millest ühte juhitakse väljatõmbeõhk ja teise sissepuhkeõhk. Rootor kannab väljatõmbeõhu soojuse pöörlemise teel edasi sissepuhkeõhule (joonis 7.28). Rootor on valmistatud õhukesest alumiiniumplekist või keraamilisest materjalist kärgelemendina, milles on kolmnurksed voolukanalid. Kanalid on hüdraulilises mõttes läbimõõdult sedavõrd väikesed, et õhuvool on täiesti laminaarne. Rootor töötab puhtalt vastuvoolu põhimõttel ning ilma vahendajaaineta, mis tagab väga kõrge kasuteguri. Soojus ei pea tegelikkuses isegi liikuma läbi õhukese materjali, vaid kandub voolavast väljatõmbeõhust rootori materjali. Kui rootor on teinud pool ringi, liigub salvestunud soojus samalt pinnalt külma sissepuhkeõhku. Tänu voolamissuuna muutumisele püsib rootor hästi puhas, sest otsapinnale sattuv võimalik mustus puhutakse järgmise poole ringi ajal ära.

Soojustagasti valmistatakse tavaliselt õhukesest 0,05…0,08 mm alumiiniumplekist. Kärgstruktuur on väga tihe, kolmnurkse voolukanali kõrgus varieerub vahemikus 1,5…3,0 mm. Tänu tihedale konstruktsioonile on soojusedastuse pindala väga suur, mis parandab seadme efektiivsust. Soojusedastuse pindala võib 1 m^3 rootorimaterjali kohta olla üle 1000 ruutmeetri. Puhta vastuvoolul toimiva soojusvahetuse ning suure soojusedastuspindala tõttu on saavutatav kasutegur väga kõrge, tavaliselt 75…85%, sõltuvalt seadme kaudu liikuvast õhuvooluhulgast.

Rootorsoojustagasti sobib oma konstruktsioonilt hästi ventilatsiooniseadmesse, sest see võtab vähe ruumi. Rootori sügavus õhuvoolu liikumise suunas on enamasti 200-300 mm ning kogu tööosa ruumivajadus samas suunas u 400 mm.

Ventilatsiooni energiatõhususe seisukohast on rootorsoojustagasti samuti hea. Vajadus sissepuhkeõhu järelsoojendamiseks kalorifeeri abil on väga väike, enamus aega, aastast piisab ainult soojustagastuse abil soojendamisest. Samas on ka survekadu mõõdukas ning seega ei teki suurt ventilaatorite elektrikulu kasvu.



Joonis 7.28. *Pöörlev soojustagasti*

Rootorsoojustagastid saab jagada kahte peamisse rühma: niiskust mitte ülekandvad ning niiskust ülekandvad ehk hügroskoopsed. Niiskust mitte ülekandev rootor edastab peamiselt ainult ilmset soojust, kuigi teatud niiskusoludes võib

edasi kanduda ka niiskust. Hügroskoopne rootor seevastu edastab kõigis oludes nii ilmset kui ka varjatud soojust. Kui mittehügroskoopse rootori temperatuuride suhe määratakse praktikas soojusülekande pinna suuruse ja rootori pöörlemiskiiruse alusel, on hügroskoopse rootori puhul asi keerulisem. Neil moodustavad oluliseima parameetri hügroskoopse pinnakihi omadused. Selles suhtes võivad eri tootjate või eri tüüpi hügroskoopsete rootorite tööväärtused erineda üksteisest üsna suurel määral.

Temperatuuri suhet reguleeritakse tavaliselt rootori pöörlemiskiiruse muutmisega, pöörlemiskiiruse vähendamisel suhe väheneb. Käitusseadmete hulka kuuluvad reguleeritav või püsikiirusel mootor, reduktor ja ülekanderihm. Reguleerimisseade võimaldab muuta rootori pöörlemiskiirust minimaalselt 0,5 pöördelt kuni u 15 pöördeni minutis.

Rootorsoojustagasti on enimkasutatud soojuse tagastamise seade. Seda püütakse kasutada alati, kui see on ruumivajaduse ja õhu puhtuse seisukohast võimalik. Kui rootorsoojustagastit kasutatakse tsentraalses ventilatsiooniseadmes, võib sellesse juhtida maksimaalselt 5% klassi 3 väljatõmbeõhku (D2). Bürooruumides piirab see mõnevõrra WC-ruumide ventilatsiooni ühendamist tsentraalse seadmega. Kui ventilatsiooniseade teenindab ühte ruumi, saab rootorsoojustagastit kasutada ka väga musta õhuga ruumide ventileerimisel. Sellisel juhul ei ole probleem, kui sissepuhkeõhuga liigub ruumi tagasi ka pisut väljatõmbeõhus olevat mustust. Sellise ruumi näitena võib tuua metallitööstuse keevitushalli.

Madalate välistemperatuuride puhul kondenseerub väljatõmbe poolele niiskust, mis enamasti aurustub sissepuhkepoole õhuvoolu. Kui väljatõmbeõhu niiskusesisaldus on suur ja samas välistemperatuur väga madal, on kondenseerumine suurem kui aurustumine ja rootorile jääb vett. Kui rootori pöörde keskmine temperatuur on madalam kui 0 °C, külmub vesi härmatiseks ja tuleb kasutada härmatise eemaldamise süsteemi.

Normaalse üldventilatsiooni puhul ehk ruumides, kus ei teki niiskust ja ei kasutata niisutamist, saab mittehügroskoopne rootor ilma härmatise ja külmumise probleemideta hakkama välistemperatuuriga kuni –15 °C. Seda eriti juhul kui ventilatsioon ööseks seisma pannakse (äriruumid, kontorid jms), mis juhul jõuab võimalik tekkinud härmatis seismise ajal sulada.

Hügroskoopne rootor töötab ilma üleliigse vee ja härmatise tekketa isegi temperatuuril kuni –25 °C. Seda saab kontrollida Mollieri diagrammi abil. Kui sirgjoon väljatõmbeõhu temperatuuri ja välisõhu temperatuuri vahel küllastuskõverat ei lõika, ei teki ka üleliigset vett. Kui ruumides tekib niiskust või seal hoitakse ka talvel püsivat niiskustaset, tuleb külmumisohtu uurida vastavalt olukorrale.

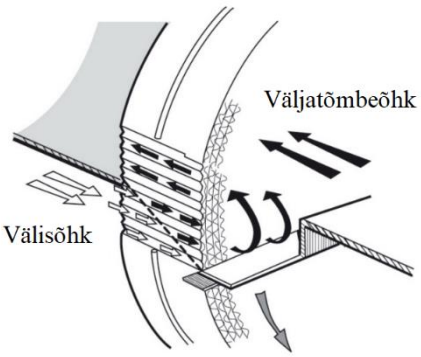
Härmatise eemaldamiseks võib näiteks aeglustada pöörlemiskiirust umbes 0,5 pöördeni minutis. Sulatamise käivitab rootori väljatõmbeõhu poolele paigaldatav rõhuvahe andur, mis mõõdab rootori rõhukadu. Kui rõhukadu ületab 1,3 x kuiva rõhukadu + 50 Pa, käivitub härmatise sulatus. Teise võimalusena saab härmatise sulatamist juhtida taimeri abil, mis käivitub temperatuuril –15 °C ja eemaldab härmatist 2…3 korda päevas. Härmatise tekkimise kestus on pöörleval soojusvahetil pikk, see võib võtta mitu tundi. Härmatise sulamine toimub aga kiiresti 15–20 minutiga. Sel ajal on kasutegur madalam ja seda tuleb arvestada soojenduskalorifeeri võimsuse määramisel.

Vältimaks väljatõmbeõhu kandumist rootori kaudu sissepuhkepoolele, kasutatakse

puhtakspuhumise sektorit. Selles sektoris on otseühendus välisõhu ja väljatõmbeõhu vahel. Kui väljatõmbeõhus on suurem alarõhk kui välisõhus, liigub välisõhk voolukanalitest läbi enne, kui kõnealune koht liigub sissepuhkeõhu poolele.

Joonisel 7.29 on toodud näide sektori töö kohta. Puhtaks puhumise õhuvool on õigete rõhusuhete korral tähtsusetult väike. Kui sektor on kasutatava pöörlemiskiiruse ja rõhuerinevuse puhul liiga väike, lekib väljatõmbeõhk sissepuhkeõhku ning tekib oht lõhnade edasikandumiseks. Kui sektor on liiga suur, lekib puhast õhku väljatõmbepoolele. Ka juhul, kui puhtaks puhumise sektor on õigesti arvestatud, võivad tugevamad lõhnad rootori pindade adsorbtsiooni vahendusel sissepuhkeõhku liikuda. Sellisel moel võivad kergesti edasi kanduda nt tubakasuitsu ja söögivalmistamise lõhnad.

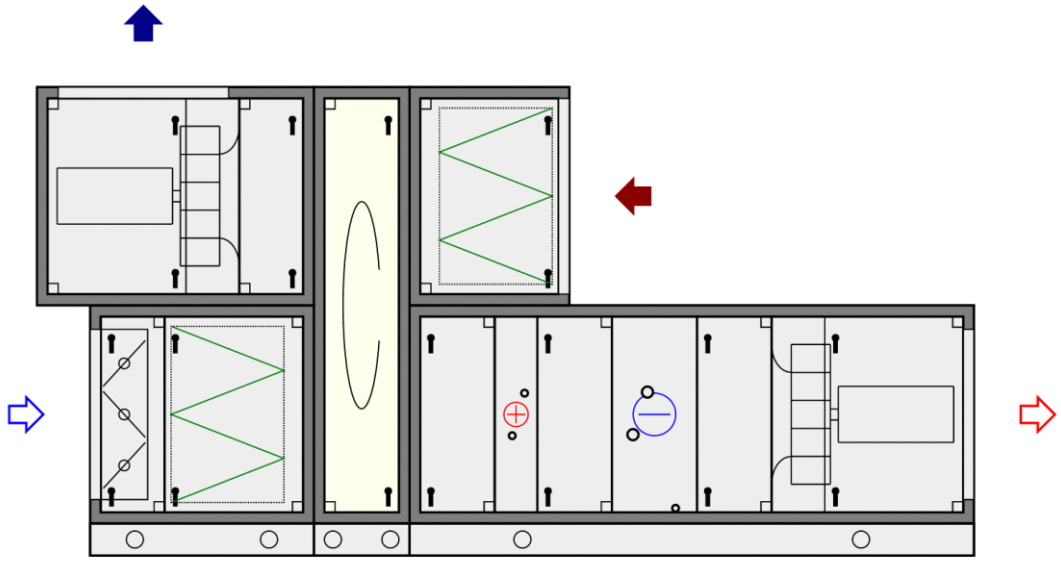
Rootorsoojustagastis peavad õhuvoolud liikuma alati vastupidistes suundades, **joonis 7.30**. Mingil juhul ei või kasutada samasuunalisi õhuvoole, sest soojusvahetina väheneb sellisel juhul kasutegur tasemele 40...50%. Ka õhuvoolude suunamuutusest tulenev rootori isepuhastuvus jääks saavutamata.



Joonis 7.29. *Puhtaks puhumise sektor rootorsoojustagastis.*

Ristvoolu plaatsoojustagasti

Plaatsoojustagasti on rootorsoojustagasti kõrval arvuliselt enim kasutatud ventilatsiooniseadmete soojustagasti tüüp. Kõige rohkem kasutatakse seda väikeelamute ventilatsioonisüsteemides. Selle teeb populaarseks kulutõhus ehitus, hügieenilisus ja suhteliselt hea soojustagastuse kasutegur. Plaatsoojusvaheti koosneb sobivast hulgast nelinurksetest plaatidest.



Joonis 7.30. *Rootorsoojustagasti ventilatsiooniseadmes*

.

Õhk liigub plaatide vahel risti nii, et ühes kanalis on soe väljatõmbeõhk ja teises külm välisõhk ning soojus kandub edasi läbi plaatide. Plaadid on õhukesed ja need on tõhusa soojusülekande tagamiseks valmistatud soojust hästi juhtivast materjalist. Enamasti kasutatakse alumiiniumi ja materjali paksus on 0,1...0,2 mm. Plaatide vahe varieerub vastavalt soojusvaheti suurusele ja õhuvoolule. Väiksematel soojusvahetitel on plaatide vahe u 3 mm ning suurematel isegi üle 10 mm. Soojusedastus toimub puhta ristvoolu teel, mis juhul ei ole kasuteguri seisukohast oluline, millises suunas sissepuhkeõhk või väljatõmbeõhk ventilatsiooniseadmes liiguvad. Plaatsoojusvahetis liiguvad õhuvood alati täiesti risti.

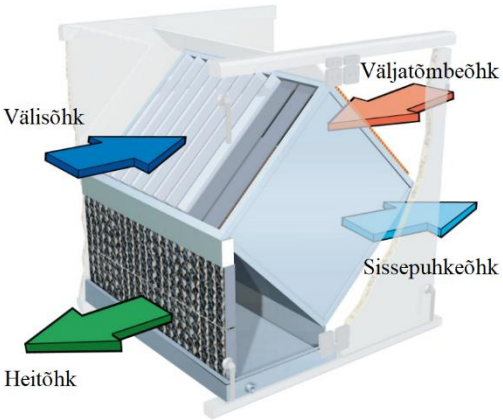
Ristvoolupõhimõte piirab ka saavutatavat maksimaalset kasutegurit, mis jääb vahemikku 65…75%. Plaatsoojustagasti on väga töökindel, tegelikuks soojuse salvestamiseks ei ole vaja liikuvaid osi.

Liikuvaid osi on kasutusel küll võimsuse reguleerimisel ning härmatise sulatamiseks vajalike mootori abil toimivate klappide juures.

Plaatsoojustagasti saab ehitada väga tihedaks, nende leke on rõhuvahe 400 Pa korral vähem kui 0,5%. Kui lisaks tagatakse, et sissepuhkeõhu surve on suurem kui väljatõmbeõhul, liigub ka võimalik väike leke õiges suunas sissepuhkeõhust väljatõmbeõhku. Plaatsoojustagasti sobib seetõttu hästi kasutamiseks näiteks korruselamu tsentraalses ventilatsioonis. **Joonisel 7.31** on toodud ristvoolutüüpi plaatsoojustagasti

Plaatsoojustagasti puhul tuleb külmas kliimas siiski alati arvestada selle suhteliselt kerget külmumist. Külma välisõhu puhul jahtub väljatõmbeõhk alla kastepunkti ning veeaur kondenseerub plaadi pinnale. Vesi külmub, kui plaatsoojustagasti pinnatemperatuur langeb alla null kraadi. Eriti just eluhoonete puhul tuleb kasutada töökindlat sulatussüsteemi, sest eluruumide väljatõmbeõhk sisaldab üsna palju niiskust ja ventilatsioon töötab kogu ööpäeva.

Ventilatsiooniseadet ei panda öiseks ajaks seisma, nagu büroodes ja äriruumides, kus tekib korra päevas automaatselt pikk sulatusperiood.



Joonis 7.31. *Ristvoolutüüpi plaatsoojustagasti.*

Ristvooluga plaatsoojustagasti kriitiline välisõhu temperatuur on umbes –7 °C, mis juhul hakkavad kondenseerunud veepiisad külmuma. Esmalt tekib härmatis ja vähehaaval tahke jää, kui külmumist ei suudeta pidurdada. Ristvooluga ehituse tõttu tekib välisõhu ja heitõhu kokkupuutekohta nn „külm nurk“. Selles nurgas on soojusülekandepinna ühel poolel kõige külmem välisõhk ning teisel poolel kõige rohkem jahtunud väljatõmbeõhk. Külmumine saab alguse sellest nurgast ning liigub edasi, kuni soojusvaheti on jääd sedavõrd täis, et õhk enam läbi ei liigu. Pärast seda nõuab sulatamine juba väga palju aega ja soojust.

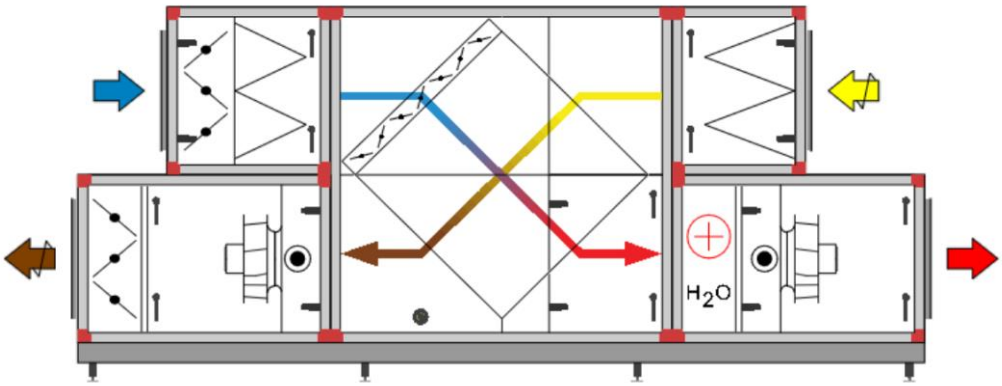
Härmatise eemaldamine sektsioonisulatust kasutades on tõhus meetod. Soojusvaheti otsapind jagatakse välisõhu kohas sulgklappide abil sektsioonideks (2–4 tk). Selliste sektsiooniklappide abil suletakse välisõhu juurdepääs soojusvahetisse kordamööda ühte ossa korraga ja teatud ajaks, mis juhul soe väljatõmbeõhk sulatab jää antud segmendilt. Kasutegur küll mõnevõrra väheneb, sest osa soojusvahetist ei ole tõhusalt kasutusel. Kasutegur ei lange samas suhtes kasutusest väljas oleva osa suurusega, sest plaatsoojusvaheti teistes osades soojusedastus tõhustub. Samas ka soojusvaheti võimsusvajadus kasvab sulatamise ajal üsna vähe. Energiatõhususe ja salvestamise aastase kasuteguri seisukohast on see härmatise eemaldamise meetod väga tõhus. Sektsioonsulatussüsteem hõlmab alati ka möödaviiguklappi. Sellisel juhul saab möödaviiguklappi suvisel ajal kasutada soojustagastuse võimsuse reguleerimiseks, et saavutada sissepuhkeõhu õige temperatuur.

Ajutise möödavoolu meetodi puhul juhitakse välistemperatuurist sõltumata 100% sissepuhkeõhust soojustagasti kaudu seni, kuni tuvastatakse, et on tekkinud vajadus härmatist puhastada. Seejärel välisõhu pääs soojusvahetisse tõkestatakse sulgedes soojustagasti ees olevad klapid ja samas avatakse täielikult soojustagasti möödaviiguklapp. Möödavoolu kasutatakse seni, kuni soojusvaheti väljapuhkepoolele kogunenud härmatis on sulanud. Selline meetod on suhteliselt tõhus ja härmatis sulab kindlasti ära, kui sulatusfaas kestab piisavalt kaua. Möödavoolu faasis on soojustagasti tervikuna tööst väljas. Sissepuhkeõhu soojenduskalorifeer tuleb arvestada täielikule välisõhu voole ja välisõhu temperatuurile ilma soojuse tagastuseta.

Külma nurga meetodi puhul reguleeritakse soojustagasti möödavoolu soojustagasti külma nurga temperatuuri mõõtmise alusel. Möödaviiguklapi abil suurendatakse õhuvoolu soojustagastist mööda ja soojustagasti ees olevate klappide abil vähendatakse välisõhu voolamist soojusvaheti kaudu.

Joonisel 7.32 on ristivoolutüüpi plaatsoojusvaheti väljaviskeõhu suund allapoole. Sellisel juhul viivad nii õhuvool kui ka raskusjõud väljatõmbeõhus tekkivat kondensaati soojusvahetist eemale. Väljatõmbeõhu suuna olulisus sõltub täielikult soojustagasti ehitusest. Kui konstruktsioon on õige ja näiteks lamellide vahe piisavalt suur, võib väljatõmbeõhu suunata ka ülespoole. Kondensaat saab sellele vaatamata soojusvahetist välja voolata. Lamellide vahe peab olema sedavõrd suur, et tekkivad piisad ei saa puutuda kokku kahe plaadiga. Kui piisad puutuvad kokku kahe plaadiga, on kondensaadi eemaldumine oluliselt raskem.

Soojustagastis on alati kondensaadivann, millelt juhitakse tekkinud kondensaat vesiluku kaudu põrandatrappi.



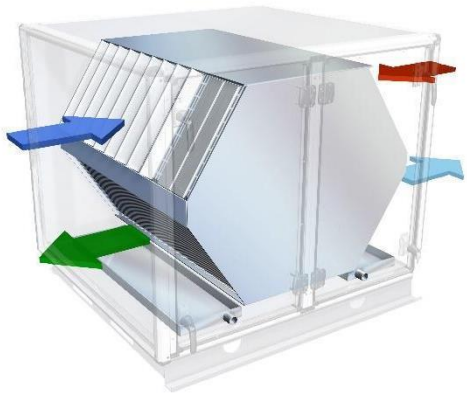
Joonis 7.32. *Ristvooluga plaatsoojustagasti ventilatsiooniseadmes.*

Vastuvoolu plaatsoojustagasti

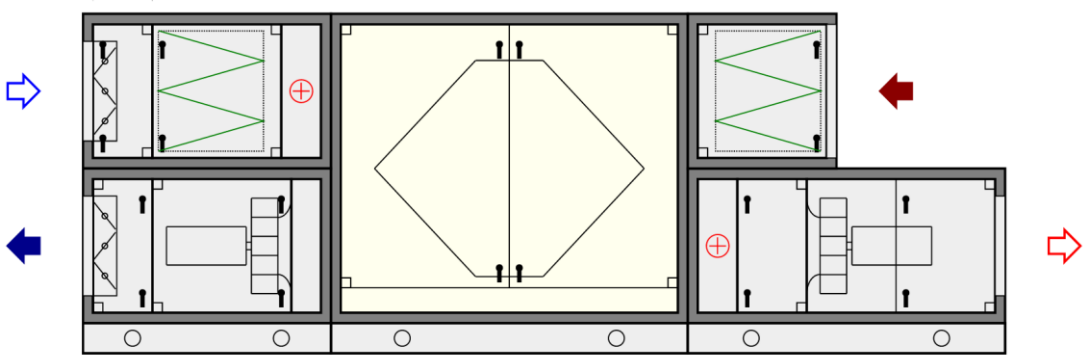
Vastuvooluga soojustagasti puhul on muudetud ristvooluga soojustagasti geomeetriat nii, et õhuvoolud liiguvad üksteisest rohkem vastassuunas. See ei ole seega puhas vastuvooluga soojusvaheti, vaid nende kahe kombinatsioon. Sel juhul on võimalik saavutada ristvooluga seadmetega võrreldes oluliselt parema kasuteguri. Praegu turul olevate seadmete kasutegur on parimal juhul ca 85%, mis näitab, et paranemine on märkimisväärne (**joonis 7.33**).

Suurem kasutegur tähendab, et väljatõmbeõhk muutub külmemaks ja niiske siseõhu korral on selline vastuvooluga soojusvaheti härmatise tekkele tundlikum. Seepärast peab härmatise sulatamine olema lahendatud väga töökindlalt. Peamiselt eluhoonete ventilatsiooni puhul tuleb arvestada külmumisohtu, sest ventilatsioon on töös ööpäevaringselt ja väljatõmbeõhus on palju niiskust. Siin võib kasutada samasuguseid sektsioonideks jagatud härmatise eemaldamise süsteeme nagu ristvooluga soojusvahetitel, kuid see ei pruugi olla piisav. Mõnedel juhtudel on vaja lisaks eelsoojenduskalorifeeri, mis välisõhu kindlale temperatuurile soojendab (näiteks –18 °C). Eelsoojenduse mõju aastasele kasutegurile on siiski üldjuhul väike.

Vastuvooluga soojustagastite kasutamisel peavad õhuvoolud liikuma vastassuunas ka ventilatsiooniseadmes endas (**joonis 7.34**). See piirab mõnevõrra kanaliühenduste võimalusi, nagu ka rootorsoojustagasti kasutamisel. Vastuvooluga soojustagasti on suurem kui ristvooluga, mida tuleb arvestada tehnoruumide suuruse määramisel. Kondensaadi eemaldumise tõttu peab väljatõmbe õhuvool olema suunatud soojustagastist allapoole. Tekkiva kondensaadi kogus on suurem ja plaatide vahe tavaliselt väiksem kui ristvooluga soojustagastitel.



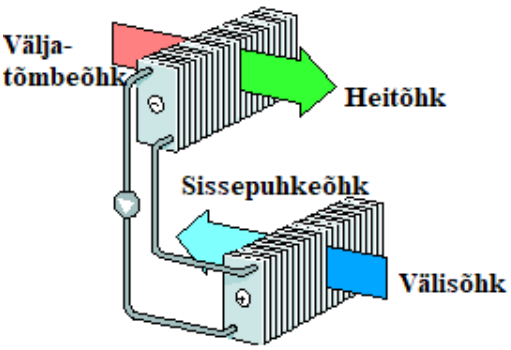
Joonis 7.33. *Vastuvoolne plaatsoojustagasti.*



Joonis 7.34. *Vastuvoolne plaatsoojustagasti ventilatsiooniseadmes.*

Vahesoojuskandjaga soojustagasti

Vahesoojuskandjaga soojustagasti puhul toimub soojuse edastamine väljatõmbeõhust sissepuhkeõhku vahesoojuskandja, enamasti ringleva vedeliku abil (**joonis 7.35**). Nii väljatõmbe- kui ka sissepuhke õhuvoolus on soojusvaheti, mille konstruktsioon on sama nagu soojendus- või jahutuskalorifeeril. Vedelik soojeneb väljatõmbeõhu soojusvaheti kaudu soojusülekande teel. Seejärel juhitakse soojuskandja vedelik sissepuhkeõhu soojusvahetisse, kus vesi soojendab sissepuhkeõhku. Vahesoojuskandjana ei kasutata tegelikult puhast vett, vaid vee ja külmumisvastase aine segu, mida aetakse ringi pumba abil. Väljatõmbeõhu soojusvahetis toimub niiskuse kondenseerumine, mistõttu tuleb see varustada kondensaadivanniga, millest juhitakse äravoolutoru vesiluku kaudu põrandatrappi.



Joonis 7.35. *Vedelikuringlusega soojustagasti.*

Soojusvahetuse temperatuuride erinevus on väike, mistõttu peab soojusülekande pindala olema suur. Sissepuhke ja väljatõmbe osades paiknevate soojusvahetite ehitus on samalaadne nagu soojendus- ja jahutuskalorifeerides, kuid pindala on oluliselt suurem. Kui küttekalorifeeris piisab ühest või kahest torureast, siis vastav soojusvaheti on tavaliselt 6 või 8 reaga. Kui soovitakse veelgi paremat kasutegurit, peab ridu olema 10–14. Valmistusmaterjaliks on enamasti vasktorud ja profileeritud alumiiniumlamellid. Mõlemal nimetatud metallil on hea soojusjuhtivus. Lamellide jaotus on sedavõrd tihe, et õhu liikumine hakkab lähenema laminaarsele voolamisele. Lamellide profileerimine suurendab turbulentsi, mis parandab soojusülekannet õhust lamellidesse. Lamellide jaotus on tavaliselt 2 mm. Kui väljatõmbeõhus on saastet, nt köökide ventileerimisel, kasutatakse 4 mm lamellide jaotust, et soojusvaheteid oleks lihtsam pesta. Tavaline kasutegur on umbes 60 - 70%.

Vahesoojuskandjaga soojustagastiga süsteemil on mõned head omadused, mis seda teistest süsteemidest eristavad.

- Kuna sissepuhke ja väljatõmbe õhuvoolud on üksteisest täielikult lahutatud, ei esine nende vahel ka mingeid lekkeid. Seda süsteemi kasutatakse seetõttu nt haiglate operatsioonisaalides ja isolatsiooniruumides, laborite ventileerimisel, puhasruumides jne.
- Seda süsteemi saab kasutada ka sellistes ventilatsiooniseadmetes, mille puhul sissepuhke- ja väljatõmbekanalid paiknevad konstruktsioonilistel põhjustel üksteisest kaugel. Näiteks suured parkimismajad, kus sissepuhkeõhk juhitakse sisse ühest otsast ja väljatõmbeõhk välja teisest otsast.
- Süsteemi saab suhteliselt lihtsalt paigaldada juba olemas olevatele seadmetele. Lisaruumi vajadus on väike ja ventilatsiooniseadmete asukohta või kanaleid ei ole vaja muuta.

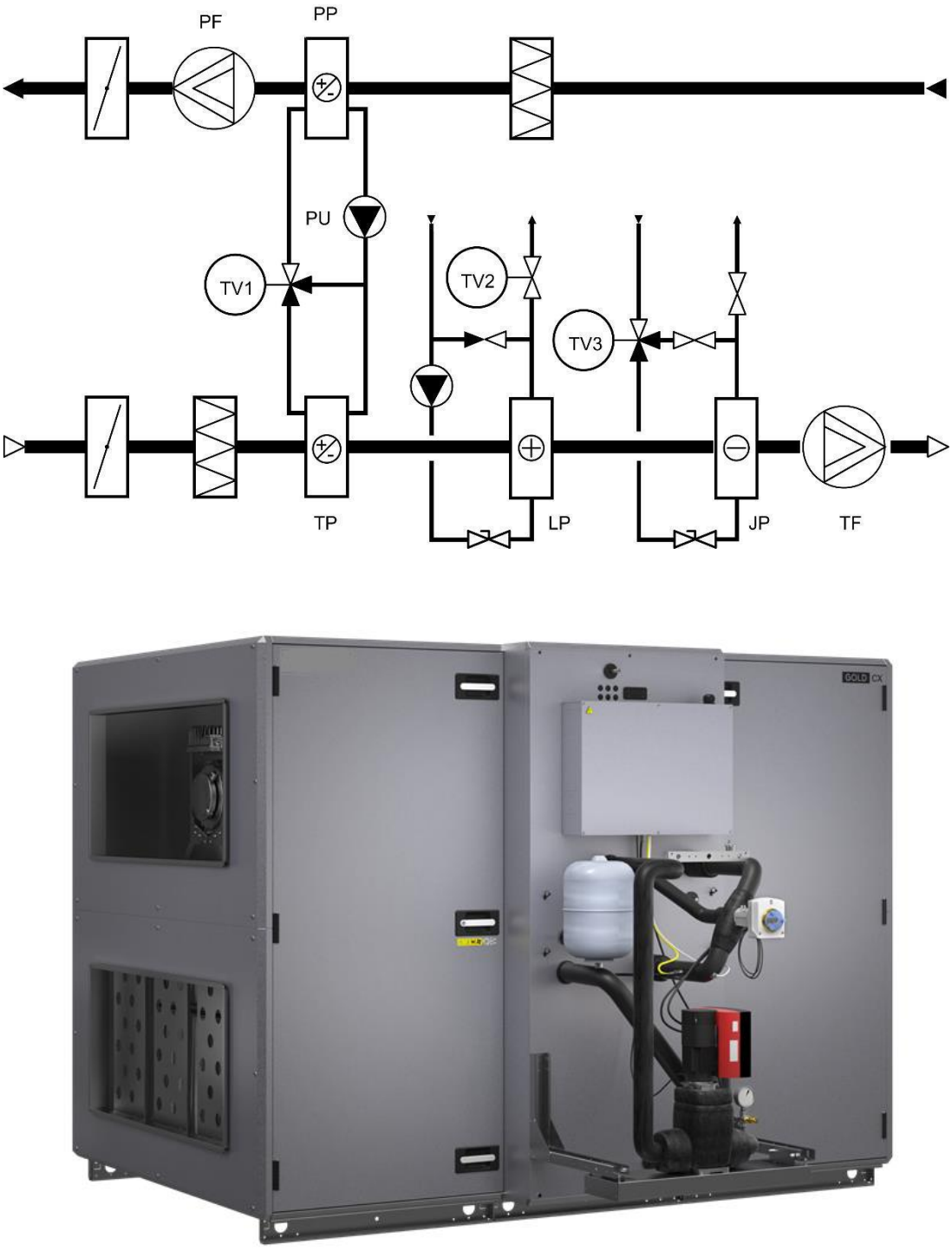
Ka selle soojustagastus võimsust peab reguleerima kahel põhjusel:

- soovitakse jahedamat sissepuhkeõhku kui maksimaalne soojustagastus annab
- soovitakse vältida väljatõmbe soojusvaheti jäätumist

Soojustagastuse võimsuse reguleerimine toimub vedelikuvoolu reguleerimise teel. Ühendus varustatakse 3- tee ventiiliga, mille abil osa vedelikuvoolust juhitakse teisest soojusvahetist mööda (**joonis 7.36**). Soojusvaheti vedelikuvool väheneb, mistõttu ka soojustagastus väheneb ja saavutatakse vajalik sissepuhkeõhu temperatuur. Reguleerimist on vaja ka selleks, et vältida väljatõmbe soojusvaheti jäätumist. Ka selleks kasutatakse soojustagastuse piiramist. Väljatõmbeõhu soojusvahetisse tuleva vedeliku temperatuuril ei lasta langeda nt alla –5 °C, mis juhul lamellide temperatuur ei lange alla nulli ja härmatist ei hakka tekkima. Vedelikringlusega süsteemi hea reguleeritavus on tähtis omadus.

Sellist seadet saab kasutada keerukamates oludes kui muid soojustagasteid. Näiteks ujulate väljatõmbeõhu soojuse salvestamine on keeruline väljatõmbeõhu suure niiskusesisalduse tõttu. Ujulate väljatõmbepoole soojusvahetis tekib rohkesti kondensaati ja soojusvaheti töötab pikka aega märjana. Vahesoojuskandjaga süsteemi härmatisetekke takistamine eespool kirjeldatud moel toimib kindlalt ka sellistes oludes. Väljatõmbepoole soojusvahetisse liikuva vedeliku madalaim lubatud temperatuur määratakse väljatõmbeõhu omaduste alusel. Nimetatud temperatuur saadakse tootja arvutusprogrammi abil. Basseinivee osoneerimine vähendab vees oleva kloori hulka, kuid korrosiooniga tuleb siiski arvestada. Väljatõmbepoole soojusvahetid tehakse enamasti korrosioonikindla kattega. Kõige tõhusam meetod on epoksiidiga katmine. Selle halvemaks pooleks on soojustagastuse vähenemine ning vajadus laiemate lamellivahede järele. Teise võimalusena võib sellise soojusvaheti valmistada juba valmis korrosioonikindlast materjalist. Pinnakatteid on erinevat liiki ja need on mõeldud erinevate tingimuste jaoks.

Veel oleks soojuskandjana optimaalsed omadused. Kahjuks aga vesi külmub, kui temperatuur langeb alla nulli. Seepärast kasutatakse vedelikuna vee ja külmumist vältiva aine segu. Kõik seguained vähendavad soojusedastuse omadusi, mistõttu hoitakse lisaaine kontsentratsioon võimalikult madal.



Joonis 7.36. *Vahesoojuskandjaga soojustagasti tööpõhimõte (üleval) ja seadme pilt (all).*

Külmumisvastase aine ülesanne on vältida seadme purunemist külmumise tõttu ning tagada soojustagastuse toimivus ka madalamatel välistemperatuuridel. Selleks piisab üsna väikesest kontsentratsioonist (nt 15% etüleenglükool). Selline segu ei muutu külma käes tahkeks, vaid moodustab jääklombi. Osalise jäätumise põhjustatav paisumine saab vabaneda jäävabasse ossa ja rõhk ei kasva kunagi nii suureks, et see tekitaks kahjustusi.

Külmumise vältimiseks kasutatakse mitmesuguseid aineid (**tabel 7.5**). Kõige enam leiab soojusülekandesüsteemides kasutust etüleenglükool, sest sellel on kõige paremad soojust juhtivad omadused. Tavapärane kontsentratsioon on 25…30%. Muud kasutatavad ained on propüleenglükool, betaiinilahus (tuntakse ka nime all Thermera), kaaliumformiaadi lahus (tuntud nime all Freezium). Etüleenglükooli parimad omadused ilmnevad monoetüleenglükoolil, mis ongi see nn tavaline etüleenglükool. On olemas ka trietüleenglükool, mille viskoossus on madalal temperatuuril suurem. Neid ei või omavahel vahetada. Süsteem tuleb täita sama külmumist vältiva ainega ja samas kontsentratsioonis, millele süsteem arvestatud on. Vastasel juhul kavandatud toimivust ei saavutata. Kui näiteks aine viskoossus on suurem kui kavandatud, väheneb vedeliku vooluhulk ning ka soojusedastus torudes väheneb. Tulemuseks on soojusedastuse oluline vähenemine.

Soojuskandja vedelikuna tuleks kasutada vaid valmis segatud lahust. See tagab segu homogeensuse. Halvasti tehtud segamise tulemusel võib osades torudes olla peamiselt vesi ja teistes torudes liiga suure kontsentratsiooniga lahus. Segunemine ei pruugi korralikult toimuda isegi kasutamise käigus. Liiga väikese kontsentratsiooniga segu võib torudes külmuda ning seadet kahjustada.

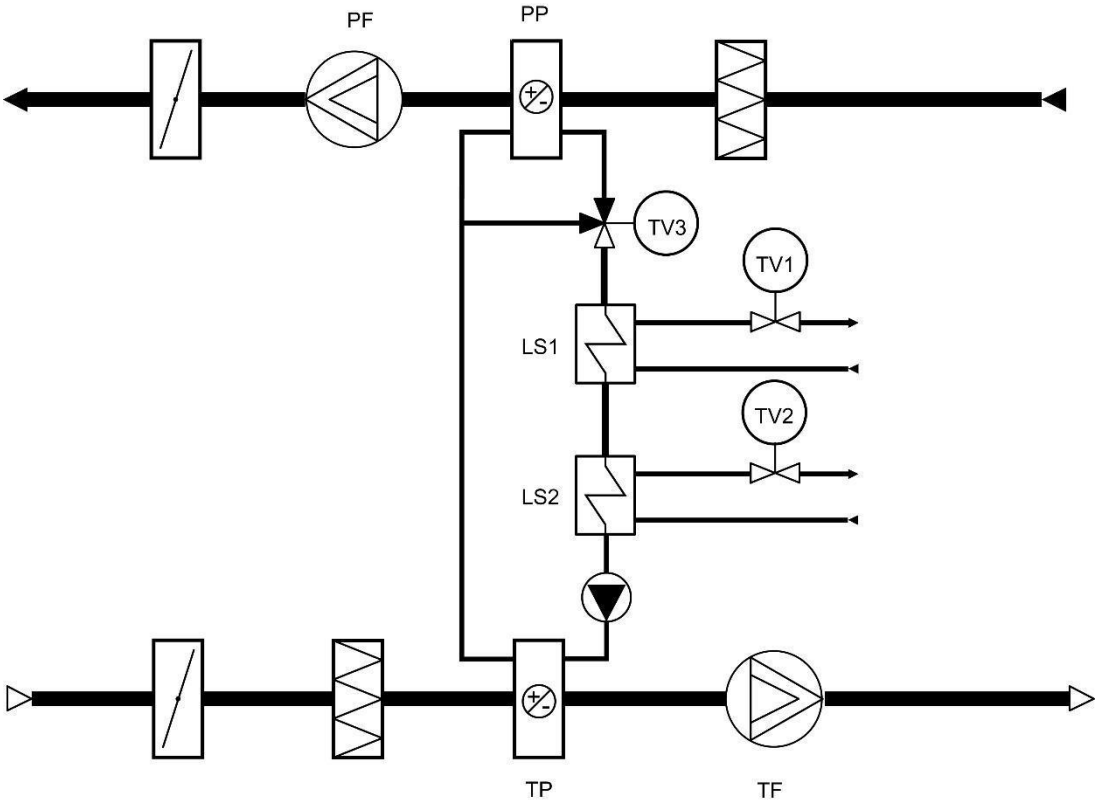
Tabel 7.5. *Veega segatavate külmumisvastaste ainete omadused.*

Omadus	Etüleenglükool	Propüleenglükool	Kaaliumformiaat	Betaiin
Soojusjuhtivus tavalisel soojusvaheti temperatuuril	Hea, kui kontsentratsioon ei ületa 30%	Halb. Väga viskoosne segu ja halb soojusjuhtivus.	Hea	Hea
Toimivus madalatel temperatuuridel	Keskmine, viskoossus kasvab ja soojusjuhtivus halveneb	Halb. Segu viskoossus kasvab ja soojusjuhtivus halveneb	Hea	Keskmine, viskoossus kasvab ja soojusjuhtivus halveneb
Toimivus kõrgetel temperatuuridel	Hea	Hea	Soojustehniliselt hea. Korrosioon kasvab. Arvestada materjali valimisel.	Hea
Mürgisus	Mürgine	Ei ole mürgine	Ei ole mürgine	Ei ole mürgine
Korrosioon	Ei tekita korrosiooni	Ei tekita korrosiooni	Tekitab korrosiooni. Arvestada materjali valimisel.	Ei tekita korrosiooni

Integreeritud vahesoojuskandjaga soojustagasti

Vahesoojuskandjaga soojustagasti üheks erivormiks on kombineeritud soojustagastisüsteem, mida tuntakse peamiselt selle algse tootenimetuse Econet kaudu. See süsteem põhineb vahesoojuskandjaga soojusvahetite paaril, kuid seda on täiendatud nii soojendus- kui ka jahutusenergia lisamisega samasse vedelikuringlusse ehk nn lisaenergiaga. Lisasoojus tuuakse vedelikuringlusse soojusvahetiga LS1 ja jahutus soojusvahetiga LS2 (**joonis 7.37**). Soojusvahetid TP (sissepuhe) ja PP (väljatõmme) on mitme torureaga nagu tavapärase vedelikringlusega süsteemi puhul. Kirjeldatud soojustagasti vedelikupoole ringluskontuur on pikem ja vedeliku rõhukadu oluliselt suurem. Sellisel moel saavutatakse kõrgem kasutegur kui tavalises vahesoojuskandjaga soojustagastis. Kõrge kasuteguri saavutamine ja hoidmine muutuva õhuvoolu puhul nõuab eriomadustega vahesoojuskandja ringlussüsteemi.

Süsteemi kuulub spetsiaalne pumbasõlm, kus on vastavalt kasutusolukorrale muutuv vooluhulk, mida juhitakse sagedusmuunduriga pumbaga. Vooluhulk muudetakse optimaalseks hetke tööoleku (soojuse tagastamine, sissepuhkeõhu soojendamine või jahutamine) ja õhuvoolu alusel. Sellisel moel püsib kasutegur maksimaalselt kõrge. Nagu **joonisel 7.37** esitatud skeemil näha, ei ole selle süsteemi puhul sissepuhkeõhu soojenduskalorifeeri ega jahutuspatareid – sissepuhkeõhu talvine lisasoojendamine ja suvine jahutus korraldatakse energia lisamisega vedelik-vedelik tüüpi soojusvahetite abil. Kahe ära jäetud kalorifeeri tekitatav rõhukao osa vähendab ventilaatorite elektritarbimist ning ka ventilatsiooniseadme ruumivajadus väheneb oluliselt.



Joonis 7.37. *Kombineeritud vahesoojuskandjaga soojustagastussüsteem*

Mürasummutid

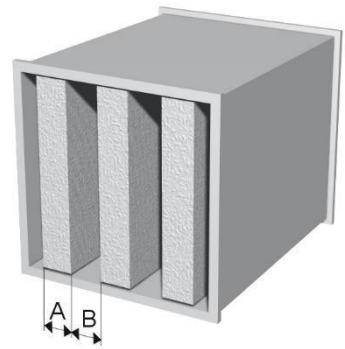
Mürasummutite ülesanne on vähendada müritaset häiriva heliallika ja ruumi vahel. Müraallikas on enamasti ventilatsiooniseadme ventilaator, kuid see võib olla ka mõni kanalisüsteemi osa, nt õhujaotaja, VAV-klapp või reguleerklapp, mille müra kostub sissepuhkeseadme kaudu ruumi. Tööpõhimõte on sama, sõltumata sellest, kas mürasummuti asub ventilatsiooniseadmes või õhukanalil.

Müra summutamisel muutub mehaaniline helienergia soojuseks (resistiivne mürasummutus). Kui helilained liiguvad läbi heli absorbeeriva aine, liiguvad peale õhumolekulide ka absorbendi kiud ja struktuuriosakeste seinad. Kiudude hõõrdumine muudab vibratsioonienergia soojuseks. Avatud kiud ja vajalik struktuur annab laial sagedusalal võimalikult kõrge absorbtsiooni.

Joonisel 7.38 on toodud tavapärases ventilatsiooniseadmes kasutatav lamell- ehk plaatsummuti. Lamellsummutis on õhu voolamise alale paigaldatud summutavat materjali sisaldavaid lamelle nii, et õhu liikumisteeks jäävad vaid suhteliselt kitsad käigud. Lamellsummuti annab praktikas parima tulemuse müra summutamisel ventilatsiooniseadmes.

Mürasummuti valimisel tuleb alati teha valik summutuse taseme ja rõhukao vahel. Kui lamellid on liiga paksud, on mürasummutus küll parem, kuid voolukiiruse kasvamisel lamellide vahel suureneb ka rõhukadu ja tekib lisaheli, mis võib mõjutada madalaimat saavutatavat müritaset mürasummuti järel.

Summuti määrab valmistaja kindlaks sobiva suhte lamellide paksuse (A) ja õhuvahe laiuse (B) vahel. Lamellide paksus on enamasti suurusjärgus 100…200 mm ja lamellivahe 50…100 mm. Mõõtudega saab mõjutada seda, millist sagedusriba summutamine enim hõlmab. Ventilaatorite tekitatava heli spekter jääb madalate sageduste alasse, mille summutamine on keerukam. Paksem lamell annab madalatele sagedustele parema summutavuse. Kahjulikuks pooleks on kitsad õhuvooluvahed, mida on sellisel juhul ka arvuliselt vähe.



Joonis 7.38. *Lamelltüüpi mürasummuti. A on lamelli paksus ja B õhuvahe laius.*

Summuti pikkus mõjutab summutamise suurust. Kõige lühemad summutid on pikkusega u 500 mm ja pikimad 1500…2000 mm. Sellest pikemate summutite puhul väheneb lisapikkusega saavutatav lisasummutus dB/m kiiresti. Kui vajalik summutus on väga suur, paigaldatakse kaks summutit järjestikku nii, et nende vahele jääb piisavalt tühja ruumi.

Ka muudel ventilatsiooniseadme tööosadel on mõnevõrra heli summatav mõju, mida võib võtta arvesse mürasummuti valimisel. Muude tööosade summutav mõju on siiski seotud pigem kõrgema sagedusalaga. Sellist summutavust võetakse tavaliselt arvesse ventilatsiooniseadme valikuprogrammis, mille abil määratakse heli võimsustase sagedusribade kaupa ventilatsiooniseadme ühenduskohas kanalitega.

Mürasummuti tuleb alati paigaldada müraallikale nii lähedale kui võimalik. Seda seetõttu, et mürataseme erinevus müraallika ja summuti enda heli vahel on sellisel juhul suurim. Et mürasummuti toimiks ettenähtud moel, peab õhuvool olema ühtlane. Kestaga radiaalventilaator tekitab ristpinnal ebaühtlase kiiruse jagunemise, mistõttu peab summuti paiknema sellest piisavalt kaugel. Kui ventilaatori ja mürasummuti vahe on liiga lühike, ei jõua õhuvool ühtlustuda ning mürasummutus ei saavuta vajalikku väärtust. Ka mürasummuti rõhukadu ja omaheli tekitamine suureneb, kui õhuvool on summuti ristpinnal ebaühtlane.

Joonisel 7.39 kujutatud ventilatsiooniseadmel on lamelltüüpi mürasummuti nii sissepuhke- kui ka väljatõmbepoolel. Väljatõmbepoolel (ülemine õhuvool) on summuti ja rootorsoojusvaheti vahel kitsas vahe õhuvoolu ühtlustumiseks. Sissepuhkepoolel (alumine õhuvool) on summuti kohe ventilaatori vastas. Tegemist on kamberventilaatoriga, mille kestata radiaalventilaator puhub õhu kambrisse ja sealt väljub õhuvool kogu ristlõikepinna alalt. Sellisel juhul pole eraldi tasanduskambrit kasutada vaja.

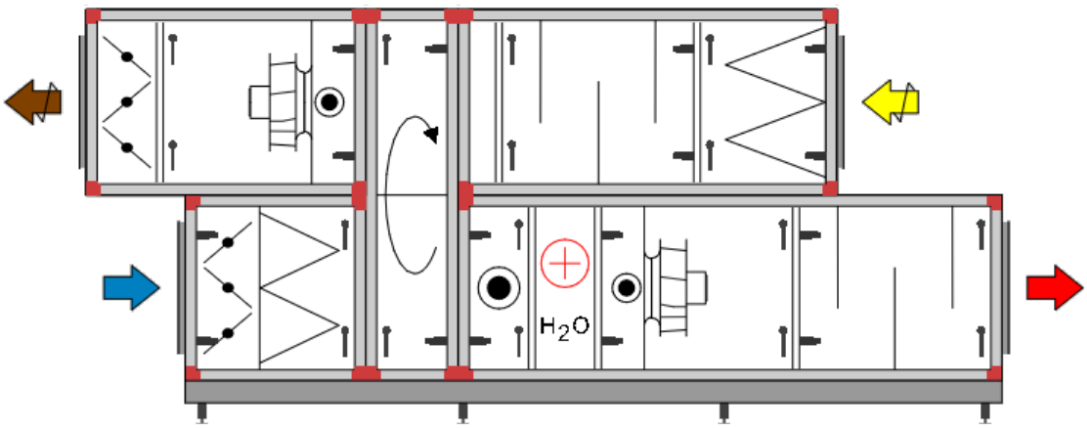
Mürasummuti on tihti vajalik ka välisõhu ja heitõhu poolel. Välisõhu restil ja õhukambril ei ole olulist müra summutavat mõju.

Mürasummuti olulisemad omadused on:

- hea summutus laial sagedusalal
- tuleohutus
- hügieenilisus, puhastatavus
- võimalus lamelle välja tõmmata
- madal rõhukadu
- vähene omaheli tekitamine.

Materjal ja pinnakate

Enim kasutatud absorbeeriv materjal on mineraalvill. Sellel on palju häid omadusi. Kõige olulisem on laiaribaline summutavus, mida saab lisaks varieerida, kui kasutada erineva tihedusega villa. Vastavalt nõuetele võib tsentraalne ventilatsiooniseade sisaldada vaid vähesel määral süttivat materjali. Ka keskmise suurusega ventilatsiooniseadme mürasummuti võib sisaldada mitu kuupmeetrit summutavat materjali, mistõttu on mittesüttiv mineraalvill hea valik.



Joonis 7.39. *Mürasummutid ventilatsiooniseadmes. Joonisel on näha summuti avatav hooldusluuk ja selle käepidemed.*

See materjal on ka hügieeniline ning seetõttu ebasoodne kasvupinnas erinevatele organismidele. Mineraalvilla ainuke halb omadus on kiudude kaasa tõmbamine õhuvoolu, kui õhuga kokku puutuvat pinda ei kaeta. Pinda võib kaitsta kas õhukindla või õhku läbilaskva kattematerjaliga. Õhku läbi laskva katte, nt kootud kiudkanga abil saavutatakse parimad summutavad omadused. Kui pinnakate on kilelaadne (õhukindel), muutub summuti selektiivseks ja summutamine toimib väga kitsal sagedusalal.

Kattematerjal peab taluma mehaanilist puhastamist – mõned kattematerjalid taluvad ka veega pesemist. Puhastatavuse seisukohast on hea, kui summutil on avatavad luugid ja väljatõmmatavad lamellid. Kohapeal pestava summuti konstruktsioonis tuleb tagada pesuvee juhitud eemaldamine.

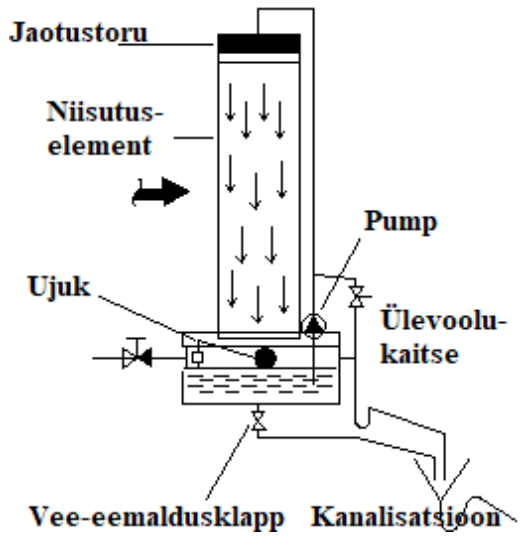
Niisutusosa

Õhu niisutamine

Hoonete ventilatsiooni puhul on õhu niisutamine suhteliselt haruldane, kuigi suur osa talveperioodist on eluruumide õhk liiga kuiv. Niisutamist kasutatakse üldjuhul vaid siis, kui selleks on eriline vajadus. Niisutamisel aurustatakse vett, mis tarbib palju energiat.

Aurustusniisuti

Aurustusniisutis aurustatakse vett soojendamata märjalt niisutuselemendilt. Aurustumisenergia võetakse õhust, mille ühe kilogrammi temperatuur langeb 2,5 K ühe grammi aurustunud vee kohta (vt Mollieri graafik). Niisutuselemendi ülesanne on luua suur kokkupuutepind õhu ja vee vahel. Elemendi materjaliks on mikroklaas või enamasti ka alumiinium, mis on töödeldud hügroskoopseks. Kärje kujulist niisutuselementi kastetakse ülevaltpoolt pihustustorude abil (**joonis 7.40**). Vesi valgub alla ja kastab kogu pinna märjaks. Tavaliselt aurustub vaid väike osa veest ja suurem osa valgub elemendi all asuvasse vanni.



Joonis 7.40. *Ringlusveega aurustusniisuti.*

Aurustusniisuti on õigesti hooldatuna tööpõhimõttelt hügieeniline. Vesi moodustab niisutuselemendis ühtse kihi ja õhuvoolu piisku ei satu. Niisuti kasutamisel tuleb arvestada, et niisuti vajab regulaarset hooldust püsimaks puhas ja hügieeniline.

Kasutatakse kahte erinevat aurustusniisuti tööpõhimõtet:

- ühekordse läbivooluga aurustusniisutussüsteem
- ringlusveega aurustusniisutussüsteem.

Ühekordse läbivooluga niisutussüsteemi puhul kasutatakse kärje kastmiseks filtreeritud tarbevett. Elementidest eemaldumisel valgub vesi otse

kanalisatsiooni. Niisutamine on hügieeniline, kuid veekulu on suur.

Ringlusveesüsteemi puhul on elementide all vann ja pump, mis pumpab vee pihustustorude kaudu elementidele. Osa veest aurustub ja suurem osa kogutakse elementide kaudu tagasi vanni. Vett tuleb sellisel juhul puhastada ja osa juhtida kanalisatsiooni (ülevool), et vältida vee saastumist, mineraalide kogunemist ja mikroorganismide kasvu niisutuselementidel.
Aurustusniisutite juhtimise ja reguleerimisvõimalused:

- Kastepunkti alusel. Reguleeritakse niisutisse tuleva õhu temperatuuri niisuti järel oleva (kastepunkti) temperatuuri alusel. Saavutatakse täpne reguleerimine ja hea niiskuse juhtimine.
- Möödavoolu abil, mis juhul osa õhust juhitakse kärje kaudu ja osa mööda.
- Astmeline reguleerimine. Niisuti on jagatud mitmeks segmendiks ja segmente lülitatakse töösse vastavalt vajadusele.
- On-off-reguleerimine. Niisutuspump käivitatakse, kui ruumi soovitakse lisaniiskust. See on lihtne üldreguleerimine, mis pole soovitatav, sest vees olevad mineraalid ja saaste kogunevad niisutuselementidesse.

Aurustusniisutite kasutegurit kirjeldab niisutusaste, mis on näiteks 60% või 90%.

Aurustusniisuti kasutamisel määrab saavutatava niiskuse niisutisse tuleva õhu temperatuur. Õhku tuleb tugevalt eelsoojendada, et õhuga saaks soovitud niiskusastme saavutamiseks seguneda piisavalt vett (grammi ühe kilogrammi kuiva õhu kohta). Eelsoojenduskalorifeer peab enamasti suutma õhu enne niisutit soojendada temperatuurini 25...35 °C. Niisutis õhk jahtub märja termomeetri temperatuurini 12...14 °C. Õhu järelsoojendus on vajalik kastepunkti järgi reguleerimisel.

Aurniisuti

Aurniisutis tuuakse niiskus õhku otse veeauruna õhuvoos olevate aurudüüside abil. Auru toodetakse tavaliselt elektri abil. Müügil on kompaktseid automaatikaga varustatud aurniisuteid, mille saab ühendada ventilatsiooniseadmega. Lokaalne aurniisuti nõuab üldjuhul vee eeltöötlemist. Haiglates ja osades tööstusettevõtetes on kasutusel ka tsentraalsed aurniisutussüsteemid, kus üks niisutusseade teenindab mitme ventilatsiooniseadme niisutussektsioone.

Auruniisuti omadused on:

- õhu temperatuur niisutamise käigus oluliselt ei muutu
- niisutada võib mistahes kanaliosas
- lubi ja soolad eralduvad juba auru tootmiskohas
- lihtne ja kiire reguleerimine
- väike rõhukadu õhukanali poolel.

Kuna õhku juhitav vesi on auru kujul, on aurustumiseks vajalik varjatud soojus juba vette toodud. Aurustumisenergiat ei ole seega vajalik võtta õhuvoolust, mistõttu õhk ei jahtu, vaid soojeneb vastavalt niisutamismahule 0,5…1 K.

Hügieeni seisukohast on oluline, et õhku ei satuks veepiisku. Tähtis on ka, et kaugus aurudüüside järgmise komponendini oleks piisavalt pikk, et neisse ei kondenseeruks vett.

Ventilatsiooniseadmega integreeritud jahutusüksus

Kui jahutus toimub ainult sissepuhkeõhu abil, on üheks tänapäeval levinud meetodiks ventilatsiooniseadmega integreeritud jahutusenergia tootmiseks kompressoriga varustatud jahutusüksus (kasutatakse ka mõistet "seadmesse sisseehitatud jahutus"). Jahutusüksus, mis sisaldab kõiki vajalikke jahutusseadmeid, on korpusega ventilatsiooniseadme üks tööosa teiste kõrval. Eraldi veejahutit vaja ei ole, nagu ka katusele paigaldatavat kondensaatorit koos ventilaatoritega. Sageli ei sobi või ei lubata kondensaatorit paigaldada katusele ega fassaadile sellistel renoveeritavatel objektidel, mille puhul soovitakse säilitada hoone võimalikult algne välimus. Jahutusüksus sobib renoveeritavatele objektidele ka oma vähese ruumivajaduse tõttu. Jahutuse saab tagada lihtsalt tehases komplekteeritud tervikseadme abil, eraldi jahutussüsteemi töid pole vaja.

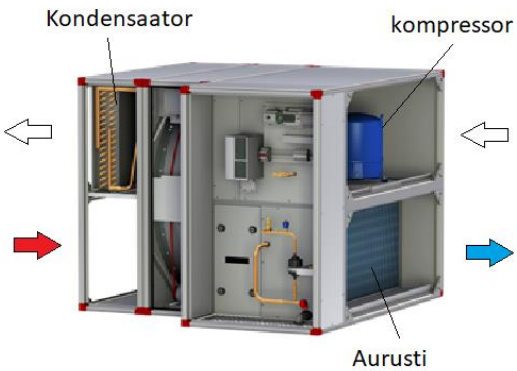
Sissepuhkeõhku jahutatakse jahutuskompressori ja otseaurustusel toimiva jahutuskalorifeeri abil. Jahutamisel tekkiv soojusenergia juhitakse seadmes oleva kondensaatori abil väljaviskeõhku. Väljaviskeõhk soojeneb kondensaatoris enamasti 45…50 kraadini. Väljatõmbeõhu piiratud maht määrab maksimaalse jahutusvõimsuse.

Joonisel 7.41 on kasutusvalmis tervikuks valmistatud jahutusüksus. Hooldususte taga paistev tehnika asub eraldi tehnikaruumis, mis on õhuvoolust eraldatud. Võimalik külmaaine leke ei pääse sellisel juhul õhuvoogu ja ruumide õhku. Eraldatud tehnikaruum ei ole vajalik, kui on tagatud, et lekke puhul külmaaine ei satu sissepuhke kanalisse. Seade on tarnimisel külmaainega täidetud ja katsetatud. Paigaldamisel tuleb ühendada elektritoide ja juhtkaablid.

Teine jahutusüksuse põhitüüp toimib veega jahutamisel. Sellisel juhul ei jahuta jahutusüksuse aurusti otse sissepuhkeõhku, vaid toodab külma vett, mida kasutatakse kahel eesmärgil:

- sissepuhkeõhu jahutamiseks
- ruumipõhiste jahutusseadmete jahutuskontuuri jahutamiseks.

Ruumipõhised jahutusseadmed võivad olla kas jahutuspalgid või puhurkonvektorid. Kuna vesijahutus vajab pumbaringlusega torustikku, ei ole selline seade enam täielikult töövalmis, kuid muud eelised on endiselt olemas. Väljatõmbeõhu piiratud maht määrab ka siin maksimaalse jahutusvõimsuse.



Joonis 7.41. *Ventilatsiooniseadme osana toimiv jahutusüksus.*

Elektri- ja automaatikaseadmed

Enamasti piiratakse tööde ulatust selliselt, et elektri- ja automaatikaseadmed kuuluvad elektri- ja automaatikasüsteemide töövõtu hulka (näiteks **Joonis 7.42** toodud lahenduse näol), kuid üha sagedamini on seadmete sees juhtmestik valmis ja teiste tööetappide tegijad ei pea seadmesse midagi paigaldama. Mootoritele, anduritele ja

tööseadmetele valmis paigaldatud juhtmed kiirendavad paigaldust ning juhtmestik saab tehtud seadmega kõige paremini sobivamal moel.



Joonis 7.42. *Objektil paigaldatud ventilatsiooniseadme automaatikakilp*

7.4 Töövalmis ventilatsiooniseadmed

Töövalmis ventilatsiooniseadmed võivad olla nii sise- kui ka välisoludesse paigaldatavad seadmed. Välisoludesse paigaldatavad seadmed moodustavad samas ka tehnoruumi koos hooldusruumidega. Katusele paigaldatuna nimetatakse neid ka katuseseadmeteks. Töövalmis seadmete eelised:

- paigaldusaja kiirenemine tööobjektil
- abitööde vähenemine tööobjektil
- tööobjektil pole vaja teha kontrollimisi ja proovikasutust.
- tootja vastutab ja annab komplektsele seadmele garantii.

Arendused paigalduse viimiseksehitusobjektilt tehasesse

Ehitamisel on juba aastakümneid järjest rohkem püütud paigaldustöid viia tehastesse, kus on võimalik töötada paremates oludes ning soojas, puhtas ja kontrollitud sisekliimaga ruumis. Selline areng sai alguse 1940. aastate lõpus fassaadielementidest. 1960. aastatel muutus elamuehituses betoonelementide kasutamine juba üsna levinuks. Väikeelamu pakettide valmistamine sai hoogu 1970. aastatel. Samal ajal alustati laevaehituse

eeskujul ka vannitubade elementide valmistamist tehastes. Seda võib nimetada elemendi asemel ka ehitusmooduliks, sest koos torude ja elektrisüsteemiga on tegemist suurema valmis tervikuna. Elemendi ja mooduli nimetust kasutatakse varieeruvalt. Hoonete soojusvarustuse osas hakati samal ajal tootma kaugküttesõlmi tervikpaketina koos elektri- ja automaatikaseadmetega.

Sellise eeskuju alusel algas arendustöö ka ventilatsiooniseadmete paigaldustöö teostamiseks ehitusobjektilt tehasesse. Aegade jooksul selliste seadmete kohta kasutatud mitmesuguseid nimetusi: katuseseade, pakettseade, konteinerseade ja ventilatsioonikonteiner, kuid töövalmis ventilatsiooniseade on neid kõige paremini kirjeldav üldnimetus. Elementseadme ruumiks nimetatakse seadme ruumi, mille seinad on enamasti ehitatud elementidest konstruktsiooniga plekk-soojustusvill-plekk.

Paigaldusvalmis seadmete ajajärk sai alguse 1960. aastatel, kui turule jõudsid esimesed katuseseadmed, esialgu peamiselt tööstusobjektide jaoks. Neil oli soojustuse paksus vaid 50 mm ning neid hooldati otse välisõhus, tihti vihma-, lume- ja lörtsisajus.

Paljudes kohtades võis seadme ainus juurdepääsutee kulgeda mööda seinaredelit. 1970. aastate lõpus hakati katuseseadmeid ehitama varustatuna hooldusteega. Samal ajal hakati seadmete juures kasutama ka soojustagasteid. Paigaldusvalmis siseruumidesse mõeldud seadmete valmistamine sai alguse samuti nimetatud kümnendi lõpus. Paigaldusvalmis seadmete toru-, elektri- ja automaatikatööde piiride määramise kavandamise ja töövõtjate õpetamisega on läinud suhteliselt kaua aega ka seetõttu, et seadmete valmistajatel olid tihti erinevad kontseptsioonid.

Siseruumi paigaldatavad seadmed

Siseruumi paigaldatavad ventilatsiooniseadmed koosnevad korpusega seadmete komponentidest või moodulitest, millest ehitatakse tehases valmis tervikseade, mis sisaldab elektri- ja automaatikaseadmeid koos elektrikeskuste ja automaatika alakeskustega ning kalorifeeride pumbasõlmi koos sulg- ja reguleerventiilidega. Juhtmestikud on tehases valmis paigaldatud, kuid automaatikaseadmed võivad siiski kuuluda hooneautomaatika tööde alla, kui nimetatud töövõtja on seadmed tehasest tarninud. Seadmetele tehakse lõppülevaatus ja proovikasutus tehases enne tarnimist.

Paigaldus toimub samamoodi nagu korpusega seadmete puhul, erinevus on vaid toru-, elektri- ja automaatikaühendustes.

Mõnikord võidakse siseruumi paigaldamiseks lasta tehases teha kogu tehnoruum, mis ehitatakse ja tarnitakse samalaadselt välja paigaldatava seadmega. Paigalduskohaks võib sellisel juhul olla kasvõi pööning või tehase hall.

Välja paigaldatava seadmed

Välja paigaldatavate seadmete (**joonised 7.43** ja **7.44**) ehitus on enamasti selline, et tehases ehitatud tehnoruumi tehakse „vahesein“ seadmeosade ja hooldusruumi vahele, kuid see võib konstruktsioonilt olla ka tehnoruum, millesse on paigaldatud korpusega seadme komponentidest koosnev ventilatsiooniseade. Sise- ja välisoludesse paigaldatavad paigaldusvalmis seadmed erinevad üksteisest vaid selle poolest, et välja paigaldatavatel seadmetel on hooldusruum välisustega ning nende seinad varustatud palju paksema soojustusega. Välja paigaldatavate seadmete tugevusarvutused tehakse selliselt, et lisaks oma kaalule võetakse arvesse ka lume-, tuule- ja inimkoormust.

Üldiselt tarnitakse seadmed tervikuna, kuid suurte seadmete tarne võib toimuda ka mitmes osas. Tarne suuruse määravad tihti vedu objektile ning tõste- ja teisaldustööd lõplikku kasutuskohta.

Töövalmis seadmed kiirendavad paigaldust ning paljudel juhtudel on see ainuke võimalus ehitamise kiiret ajagraafikut täita. Kuna proovikasutamine on tehases juba tehtud, muutub ka vastuvõtt kiiremaks.



Joonis 7.43. *Katusele paigaldatud töövalmis kesksead.*



Joonis 7.44. *Eluhoone katusele paigaldatud töövalmis keskseadmed.*

7.5 Eraldi ventilaatorid ja tööosad

Eraldi ventilaatorid on seadmed, millega ei seondu otseselt muid komponente, mõnikord ehk vaid sulgklapp, mis on paigaldatud kohe ventilaatori juurde. Tavaline kasutuskoht ventilatsioonisüsteemis on saastunud õhu väljatõmme, mida ei saa suure saastekoguse tõttu ühendada keskventilatsiooniseadmega. Peale selle kasutatakse eraldi ventilaatoreid näiteks suitsu eemaldamiseks ning erinevatel tööstusobjektidel. Sellised ventilaatorid on katuseventilaatorid, telg- ehk aksiaalventilaatorid, kanaliventilaatorid ja tsentrifugaalventilaatorid ehk radiaalventilaatorid.

Tsentrifugaalventilaatorid sobivad väga laiale õhuhulga ja rõhu vahemikule, välja arvatud väga väikesed rõhutõusud. Telgventilaatoritele sobivad kõige paremini suured õhukogused ja väikesed rõhutõusud. Kanaliventilaatorid on enamasti väga väikeste õhuvoolude tarbeks. Aksiaalventilaatorite kasutegur, mis lihtsamate mudelite puhul jääb tavalisest tsentrifugaalventilaatori omast selgel väiksemaks, muutub suuremaks, kui kasutada suunamislabasid, väljavoolu hajuteid (difuusorit) ja muid lisaseadmeid.

Lisaks ventilaatoritele projekteeritakse ja paigaldatakse eraldi ka ainult üksikuid seadmete komponente, nt väljatõmbeõhu soojustagasteid ning sulgklappe tööstus- ja renoveeritavatele objektidele.

Ventilaatorite jõuülekanne

Ventilaatorid võivad olla otseajamiga, mis juhul on tiivik paigaldatud mootori võllile või välisrootoriga mootori kasutamisel mootori pöörlevale välisosale. Tiivik võib olla mootoriga ühendatud ka jõuülekandesüsteemi vahendusel.

Otseajami kasutamine võimaldab vältida jõuülekande hõõrdumisest tekkivaid kadusid ja rihmadest tekkivat tolmu. Ka hooldusvajadus on väiksem. Katuseventilaatorite, aksiaalventilaatorite ja kamberventilaatorite puhul on otseajam üsna tavapärane.

Otseajami puhul vastab ventilaatori pöörlemiskiirus alati mootori pöörlemiskiirusele. Paljudel telgventilaatoritel on lisaks reguleeritav tiiviku nurk, mis võimaldavad kasutuskohta kanalitega paremini sobitada. Radiaalventilaatoritel ja katuseventilaatoritel reguleeritavaid labasid ei ole, vaid muudetakse mootori pöörlemiskiirust. Enamasti kasutatakse mootori pöörlemiskiiruse muutmiseks sagedusmuundurit. Jõuülekandesüsteemi ärajätmisest saadav energiasääst võib sagedusmuunduri tõttu osaliselt kaduma minna, sest seadme kasutegur on mootori ja sagedusmuunduri koormusastme funktsioon. Otseajamit ei saa kasutada kahepoolselt imevate radiaalventilaatorite puhul, välja arvatud väga väikesed ventilaatorid, mis on varustatud pikendatud võlliga.

Rihmülekandega ventilaatoritel on kasutatud peamiselt kiilrihmu, mida tuleb kulumise tõttu aeg-ajalt pingutada ja/või regulaarselt vahetada. Selliste ventilaatorite kasutegur on võimsusel üle 3 kW suurusjärgus 95%. Teine kasutatav rihmatüüp on lamerihm, mille eelised on väiksem kulumine, pikem kasutusiga ja parem kasutegur (u 98%). Lamerihmu ei ole vaja järelpingutada ja ka tolmu tekkimine on kiilrihmadega võrreldes olematu. Lamerihmu ei saa kasutada välisoludes ja ka siis, kui ventilaatorit tuleb vahepeal seisata ja käivitada.

7.5.1. Katuseventilaatorid

Katuseventilaatoreid kasutatakse üsna levinult väljatõmbe ventilaatoritena igat tüüpi hoonetes. Need paigaldatakse nimele vastavalt hoone katusele. Nende puhumissuund peab olema ülespoole, et heitõhk ei hakkaks katuselt lund sulatama. Katuseventilaator on konstruktsioonilt otseajamiga radiaalventilaator, mille mootor ja võll paiknevad vertikaalselt.

Tavalisemad kasutuskohad on saastunud õhuga väljatõmme, mida ei saa suure saastekoguse tõttu ühendada keskventilatsiooniseadmega. Sellised kohad on nt WC-de, koristuskambrite, olme- ja pesuruumide jms väljatõmme. Tööstushallides ja ladudes kasutatakse katuseventilaatoreid palju ka nt suitsueemalduseks.

Katuseventilaatorite puhul kasutatakse soojuse salvestamiseks peamiselt vahesoojuskandjaga kalorifeere. Tänu heale kasutegurile on katuseventilaatorite puhul hakatud kasutama EC-mootoreid.

Kui katuseventilaator töötab, on hoone sees ventilatsioonikanalid alarõhulised. Tööstushoonete ja ka nt väikeelamute köökide kohtäratõmbe kanalid on alarõhuga, et võimalikud õhulekked ei levitakse hoones haisu. Kasutades tööstuses kohtäratõmbe ventilaatorit või väikeelamus pliidiventilaatorit, kandub selle tekitav müra otse ruumi.

Katuseventilaatorite paigaldus on lihtne ja nende hoolduskulud madalad. Katuseventilaatori hooldamiseks ja kanalite puhastamiseks tuleb see varustada hoolduslülitiga ning seade ise peab olema eemaldatav või pööratav (**joonis 7.45**). Lihtne pääs katusele on hõlpsa hoolduse eeldus.



Joonis 7.45. *Katuseventilaator.*

7.5.2. Telgventilaatorid

Kasutuskohad

Põhjamaades sai ventilatsioonisüsteemides aksiaalventilaatorite kasutamine alguse 1960. aastate lõpus, kuid tööstushoonete puhul oli neid kasutatud ka juba märksa varem. 1970. aastatel olid need peamiselt suurte hoonete põhiventilaatorid, sest seadmed olid tol ajal kamberkonstruktsiooniga. 1980. aastatel hakati kasutama rohkem korpusega ventilatsiooniseadmeid, mistõttu telgventilaatorite kasutamine ventilatsiooni peaventilaatoritena vähenes ja neid kasutati peamiselt suurte õhuvooluhulkade korral.

Aksiaalventilaatoreid kasutati 1970. ja 1980. aastatel suuremates seadmetes muudetava õhukogusega ventilatsioonisüsteemide puhul, sest nende tiivikulabade nurga reguleerimine oli tsentrifugaalventilaatorite reguleerimisest selgelt energiatõhusam. Labade nurga reguleerimise tõrjusid 1990. aastatel kõrvale sagedusmuundurid.

Aksiaalventilaatorite kasutamine piirdus peamiselt tehnoruumide jahutamise, eraldi väljatõmbesüsteemide, eeltöötlemise ventilaatorite ja alates 1990. aastatest jõudsalt arenenud suitsueemaldusega. Viimasel ajal on suurenenud telgventilaatorite kasutamine evakuatsiooniteede turvamiseks kasutatavate ülerõhuventilaatoritena.

Ehitus

Aksiaalventilaator koosneb silindrilisest kestast ja tiivikust, mis on enamasti paigaldatud otse asünkroonmootori võllile, ning lisaks mootori kinnituskohtadest. Tiivikut kutsutakse tihti ka propelleriks. Selle pöörlev liikumine paneb õhu aksiaalselt voolama läbi silindri nii, et õhu liikumine on pöörlev. Tiivik koosneb rummust ja tiiviku labadest, mis võivad olla liikumatud või reguleeritavad. Tiiviku rummu suurust ja labade arvu varieerides saavutatakse optimaalne hea kasutegur ning soovitud töötsoonis madal müratase.

Reguleeritavus tähendab seda, et laba nurka silindri ristlõikepinna suhtes saab vajaliku võimsuse saavutamiseks muuta (õhu

vooluhulga ja rõhu tõus). Eelreguleeritava tiiviku labanurka saab muuta enne tarnimist või ka hiljem paigalduskohas, kuid mitte töötamise ajal. Seadistust võib ka hiljem muuta. **Joonisel 7.46** on toodud muudetava eelreguleeritava labanurgaga ventilaatori näide. Sellist ventilaatorit, mille tiivikut saab muuta ka töötamise ajal, nimetatakse pideva reguleerimisega aksiaalventilaatoriks.



Joonis 7.46. *Eelreguleeritav aksiaalventilaator.*

Eelreguleeritava telgventilaatori tiivik on enamasti alumiiniumisulamist ja tiiviku labad on hea kasuteguri ja madala müratasemе saavutamiseks valatud vajaliku kujuga. Ventilaatorite korpus ning mootori kinnitusvardad on terasest ja enamasti pärast valmistamist kuumgalvaanitud.

Rihmülekandega aksiaalventilaatoreid, mille mootor asub korpusest väljaspool, on mõnevõrra kasutatud tööstuses, kuid tänapäeval on nende kasutamine oluliselt vähenenud.

Tööpiirkonnad

Telgventilaator toodab oma suuruse ja massi suhtes suure õhuvoo, kuid rõhk võib piirata selle kasutamist kõrge rõhuga seadmetes.

Kõige väiksemad telglventilaatorid on siseläbimõõduga 315 mm (õhuhulk 100 l/s ja rõhk 400 Pa). Aksiaalselt õhku edastavad on ka kanaliventilaatorid, mida tihti peetaksegi ekslikult telgventilaatoriteks. Tegelikult on tegemist tsentrifugaalventilaatoritega, mille võimsus on väiksem ja siseläbimõõt on vähemalt 100 mm (õhu vooluhulk 10 l/s).

Telgventilaator võib olla väga suur. Näiteks võimaldab ventilaator läbimõõduga üle 3 m tekitada õhuvooluhulga 200 m³/s, kui tekitatav rõhk on 2000 Pa.

Ventilaatori valimine toimub karakteristikute ja spetsiaalsete valikutabelite abil või tänapäeval ka enamasti vastavate arvutusprogrammide kaudu, mis lihtsustavad valimist ning võimaldavad tõsta esile kasutuskoha mingit olulist omadust.

Tuleb märkida, et kui ventilaatori rõhu tekitamise võime ei ole süsteemi rõhukadude suhtes piisav, jääb kasutuskoht nominaalkarakteristiku ebastabiilsesse piirkonda, kus ventilaatorit kasutada ei saa. Seda nimetatakse triivimispiirkonnaks.

Eriti väiksemate telgventilaatorite puhul tuleb rõhu arendamiseks kasutada kõrgemaid pöörlemiskiiruseid. Seetõttu paigutub ka helivõimsus kõrgematele oktaaviribadele ja tekib vajadus müra summutada. Kõrgematel sagedustel on see ka lihtsamalt teostatav.

Aksiaalventilaator on ainuke ventilaatoritüüp, mille õhuvoo puhumissuunda saab vahetada tiiviku pöörlemissuuna vahetamise teel.

Ventilaatori valimine võib olla raske, sest tootjatel on ühe võimsuse jaoks palju erinevaid ventilaatorite variante. See tuleneb ennekõike eelreguleerimise omadusest, kuid ka sellest, et ventilaatoreid on paljudes eri suurustes. Standardsete kanalimõõtude jaoks on enamasti saadaval erineva suuruse, eri rummude, labade arvu ja pöörlemiskiirusega variante.

Eelreguleerimisega telgventilaatori võimsust saab parandada, kui paigaldada sellele juhttiivik, mis võib olla eraldi ventilaatori äärikule paigaldatav või püsivalt ventilaatoriga integreeritud, nagu näidatud **joonisel 7.47**.



Joonis 7.47. *Juhttiivikuga ventilaator.*

Ventilaatori imemispoolele paigaldatav juhttiivik pöörab õhuvoolu tiiviku pöörlemissuuna vastu nii, et õhk tuleb tiivikule soodsa nurga alt ja ventilaatori rõhutootlikkus paraneb. Rõhupoolele paigaldatav juhttiivik korrigeerib tõhusalt tiiviku tekitatavat pöörlevat õhuvoogu ja

parandab sellega rõhutootlikkust, tõstes samas siiski ka võimsusvajadust.

Mitmeastmelised telgventilaatorid

Aksiaalventilaatorite järjestikku kasutamine võeti kasutusele juba aastakümneid tagasi, et saavutada parem rõhutootlikkus, **joonis 7.48**.

Kahe ventilaatori järjestikku kasutamisel ehk kaheastmelise ventilaatori puhul on tiivikud üldjuhul erikäelised ja pöörlevad vastastikustes suundades, mis võimaldab saavutada u 2,7-kordse staatilise rõhu kasvu võrreldes sellega, kui järjestikku kasutatakse kahte tavalist ventilaatorit.

Kui kasutatakse vaid ühte järjestikku ühendatud ventilaatorit ja teine pöörleb õhuvoos vabalt, saavutatakse ligikaudu 2/3 kogu õhuvooluhulgast. Vanemates ventilatsiooniseadmetes on päris palju selliseid nn kahe kiirusega süsteeme.

Ventilaatoreid võib teatud põhjendatud erijuhtudel ühendada järjestikku ka rohkem kui kaks.



Joonis 7.48. *Kaheastmeline aksiaalventilaator.*

Paigaldusvariandid

Aksiaalventilaatori saab paigaldada sisse või välja, horisontaalselt või püsti, kanali vahele või eraldi õhku sisse tõmbama või välja puhuma. Alati peab siiski jälgima, et õhuvool ei tuleks tiivikule pöörlevana, sest sellisel juhul ei saavutata soovitud jõudlust.

Väga oluline on ka paigaldada kaitsevõred vabalt imeva või puhuva ventilaatori ohutuse tagamiseks. Nõutava jõudluse saavutamiseks paigaldatakse eespool nimetatud süsteemi puhul imemispoolele äärik ja rõhupoolele puhumiskoonus ehk difuusor.

Vibratsiooni summutite ja elastsete ühenduste abil tõkestatakse korpuses tekkiva heli edasi kandumine mööda kanaleid ja konstruktsioone. Ventilaatoritele valmistatud silindrilised mürasummutid vähendavad õhukanalisse ja vabalt paigaldatud ventilaatoritel keskkonda kanduvat müratasetet.

Kui ventilaator paigaldatakse kanali vahele, on see enamasti varustatud korpusevälise ühenduskarbiga ning juhtmestik karbi ja mootori vahel on tehases juba valmis tehtud.

Paigaldamisel kasutatakse üldjuhul vastuäärikuid ja paigaldusjalgu. Korrektse paigaldamise tagamiseks ja lihtsustamiseks vajalikud paigaldustarvikud tuleks hankida koos ventilaatoriga.

Mõnikord soovitakse tagada ventilatsiooni toimivus kahe eraldi ventilaatoriga nii, et kui üks katki läheb, on teine varus ja kasutatav ning tagab veel rahuldava õhuvahetuse.

Aksiaalventilaator suitsueemaldamisel

1980. aastatel hakkas levima suitsueemaldusventilaatorite kasutamine. Kuna suitsueemalduse õhuvood on suured, oli suurem osa kasutatavaid seadmeid

aksiaalventilaatorid ja need on seda ka tänapäeval.

Algusaegadel olid suitsueemaldusventilaatorid nn kattega mootoriga telgventilaatorid. Mootori jahutamine toimus kanalist väljaspool jahutusõhuga. See piiras ventilaatorite paigalduskoha valimist. Siiski oli suitsueemalduseks kasutatav ventilaator välimuselt juba 1990. aastate alguseks juba nagu tavaline aksiaalventilaator (**joonis 7.49**). Mootor asub õhuvoolus ja seade vastab seatud erinõuetele. Suitsueemaldusventilaatorite koguala on tänapäeval sama lai nagu eelreguleeritavatel aksiaalventilaatoritel.



Joonis 7.49. *Suitsueemalduseks mõeldud aksiaalventilaator.*

Suitsueemaldussüsteemi ventilaatorilt nõuti algusaegadel kuumataluvust 350 °C ühe tunni jooksul, tänapäeval on vastav temperaturi ja aja suhe 400 °C/2 h.

Suitsueemaldusventilaatorid peavad olema valmistatud, testitud ja CE-märgistatud kõige uuema harmoniseeritud Euroopa tootestandardi kohaselt.

Suitsueemaldusventilaator võib toimida nii üldväljatõmbe- kui ka suitsueemaldusventilaatorina, enamasti siiski vaid põlengu käigus tekkivate suitsugaaside väljatõmbeventilaatorina. Viimasel juhul paigaldatakse ventilaator statsionaarselt konstruktsioonide külge ja vaid eri juhtudel pööratakse tähelepanu müratasemele. Ka energiakulu ei oma erilist tähtsust, kuigi tarbitav võimsus on majanduslikus mõttes oluline.

Turule on toodud tooteid, mille puhul on ühendatud suitsueemaldusventilaator ja optimaalne üldväljatõmme (suur kiirus, kuid väike rõhukadu).

Joonisel 7.50 on toodud näide katusele paigaldatava ja suitsueemaldusluugiga integreeritava suitsueemaldusventilaatori kohta.



Joonis 7.50. *Suitsu eemaldusluugiga integreeritud suitsueemaldusventilaator.*

Aksiaalventilaator rõhu tekitamiseks

Hoonete evakuatsiooniteede suitsuvabana hoidmiseks võeti 2000. aastatel kasutusele ülerõhu tekitamise ventilaatorid, mille abil hoitakse külgnevate põlevate ruumide suhtes ülerõhku. Ventilaatoritelt nõutakse suurt õhuvooluhulka väikese rõhutõusuga ning samas väikeseid mõõtmeid, mistõttu kasutatakse enamasti aksiaalventilaatoreid.

Ülerõhu tekitamise süsteemide reguleerimisega seondub hulgaliselt nõudeid, sest nt ukse avamine toob kaasa kiire ja suure õhuvooluhulga muutmise vajaduse.

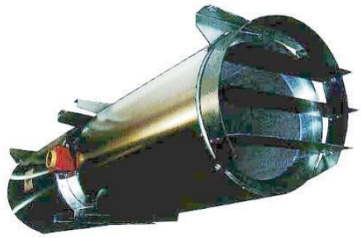
Suunamisventilaator

Õhu suunamiseks mõeldud seadmeid on kasutatud õhu juhtimiseks juba pikka aega ning peamiselt tunnelite õhuvahetuse tagamisel. Selliseid ventilaatoreid nimetatakse impulssventilaatoriteks

2000. aastatel on suunamisventilaatorite kasutamine peamiselt parkimismajade ventileerimisel ja suitsueemaldusel oluliselt suurenenud. Nende abil asendatakse õhukanaleid madalates tunnelilaadsetes või laiades ruumides, nt parkimismajades.

Ruumi lakke paigaldatud ventilaatori võimas õhujuga paneb õhumassi liikuma soovitud suunas. Projekteerimine toimub enamasti õhuvooluhulga arvutamise (CFD-simulatsioon) abil ning ventilaatori valimise aluseks on selle tekitatav tõukejõud. Vooluhulga arvutamise abil määratakse ventilaatorite suurus ja tüüp ning arv ja paigalduskohad.

Parkimismajade suunamisventilaatorid on enamasti **joonisele 7.51** vastavad aksiaalventilaatorid, millega on integreeritud mürasummutid ja võimalikult ka õhu suunamise ribid.



Joonis 7.51. *Parkimismaja suunamisventilaator.*

Sellised ventilaatorid on üldjuhul väiksemad, siseläbimõõduga 315…400 mm, ning need töötavad nii tavapärase ventileerimise kui ka suitsueemalduse eesmärgil. Suitsueemalduse korral saab tihti ka puhumissuunda vastavalt olukorrale vahetada. Tänapäeval on kasutusel ka tsentrifugaalpõhimõttel toimivaid suunaventilaatoreid.

Seinapaigaldusega aksiaalventilaatorid

Seinapaigaldusega aksiaalventilaatoreid on kasutatud pikka aega hoonete tehnoruumide üleliigse soojuse väljutamiseks (**joonis 7.52**). Selliseid seadmeid nimetatakse tihti ka propellerventilaatoriteks.

Need on üldjuhul mittemuudetavate labadega ning nende tiivik on pressitud terasplaadist või valatud plastist. Sellised ventilaatorid tarnitakse üldjuhul seinakinnitusplaatide ja vajalike turvakaitsetega.

Õhuvoolu vahemik on 100 l/s…10 m³/s ja vastavad siseläbimõõdud on 250…1000 mm.



Joonis 7.52. *Seinapaigaldusega aksiaalventilaator.*

7.5.3. Tsentrifugaalventilaatorid

Ka radiaalventilaatoriteks nimetatud tsentrifugaalventilaatoreid kasutati varem ventilatsiooniseadmete juures rihmülekandega, kuid tänapäeval leiavad peaaegu eranditult kasutust otseajamiga kamberventilaatorid (vt punkti 7.3). Eraldi ventilaatoritena leiavad tsentrifugaalventilaatorid kasutust peamiselt tööstusobjektidel. Peaaegu kõik protsesside sissepuhke- ja väljatõmbeseadmed kasutavad tsentrifugaalventilaatoreid, mida valmistatakse paljudest erinevatest materjalidest, erineva korpuse, paigaldusvariantide, tiivikutega jne. Keevituskohtade kohtäratõmbeventilaatorid on samuti tsentrifugaalventilaatorid.

Radiaalventilaatoris tuleb õhk ventilaatorisse tiiviku võlli suunas, kuid väljub ventilaatorist suunas, mis on radiaalne (võlliga risti asetsev). Õhu sissetõmbe- ja väljapuhkeavad on seega üksteise suhtes täisnurga all.

Tsentrifugaalventilaatoreid liigitatakse mitmel eri moel. Traditsiooniliselt tehakse seda rõhu suurendamise alusel:

alla 720 Pa	madalsurve,	„L“
720…3600 Pa	kesksurve	„M“
üle 3600 Pa	kõrgsurve,	„H“

Peale selle on veel palju muid jaotamisviise, mis täpsustavad ventilaatori mingit omadust, nt:

- paigaldusviisi alusel (ühelt poolelt imev, mõlemalt poolelt imev)
- ajami alusel (otse, siduriga, rihmaga)
- reguleerimisviisi alusel (juhttiivik, trafo, sagedusmuundur, türistor)
- kasutuskoha, töökeskkonna või vastupidavuse alusel.

Ehitus

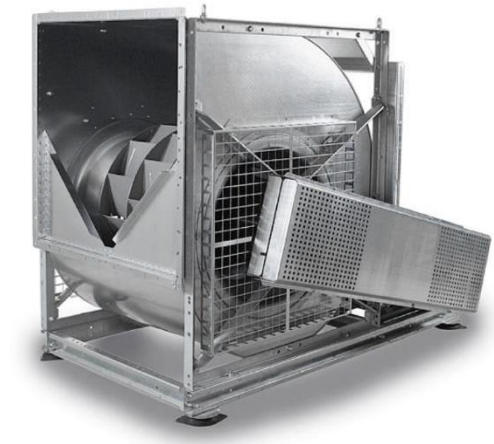
Joonisel 7.53 on kujutatud ühe imevavaga radiaalventilaatoreid. Nende puhul aetakse tiivikut ringi väljatõmbeava vastaspoolelt, mis juhul rihmaratas ja rihm ei sega õhuvoolu. Ühe imevavaga ventilaatorid sobivad hästi ühendamiseks väljatõmbe ja survepoole kanalitega. Kestaga varustatud radiaalventilaator tuleb ühendada nii imev- kui ka väljaviske poolelt nii, et see ei põhjusta pööriste tõttu ühenduskadusid.

Joonisel 7.54 on kujutatud kahe imevavaga ventilaator, mille eeliseks ühe avaga seadme ees on peaaegu kahekordne õhuvooluhulk. Ventilaatori imiavas asuvad komponendid nagu laagrid, rihmaratas, sissetõmbeava kaitsevõrk ja rihmakaitse häirivad ventilaatori tiiviku õhuvoolu, mida tuleb arvestada ventilaatori määramisel.



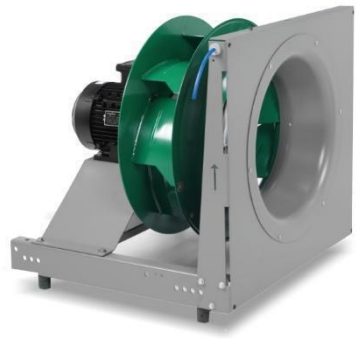


Joonis 7.53. *Ühe väljatõmbeavaga tsentrifugaalventilaatorid. Ülemine otseajamiga ja alumine rihmülekandega.*



Joonis 7.54. *Kahe väljatõmbeavaga radiaalventilaator.*

Kamberventilaator (**joonis 7.55**) on radiaalventilaator, millel puudub spiraalikujuline kest, mille ülesanne on muuta dünaamiline rõhk staatiliseks rõhuks. Kamberventilaator on tänapäeval ventilatsiooniseadmetes enim kasutatav mudel. Tänu otseajamile on kamberventilaatorid hügieenilisemad, kergemini hooldatavad, puhastatavad ja tasakaalustatavad kui kestaga ventilaatorid.



Joonis 7.55. *Radiaalventilaator kamberventilaatorina.*

Tiivik

Tiiviku kuju mõjutab oluliselt tsentrifugaalventilaatori omadusi. Tiiviku labade kujust sõltub ventilaatori tekitatav rõhk, müratase ning õhu vooluhulk ja kasutegur. Tiiviku labad võivad olla voolamissuuna suhtes ette- või tahapoole kaarduvad või need võivad olla ka otse raadiuse suunalised.

Tahapoole kaarduvad labad annavad kõrge kasuteguri ning tugev konstruktsioon võimaldab kasutada kõrgemat maksimaalset kiirust kui ettepoole kaarduvate labade puhul. Lisaks on ka müratase suhteliselt madal. Tahapoole suunatud, profileerimata ja ühtlase paksusega labadel on samad

eelised, mis profileeritud labadel, kuid nende kasutegur jääb madalamaks.

Tööstuses kasutatakse ventilaatoreid, millel on raadiuse suunas ja sirged labad, sest selline konstruktsioon on töökindel ja lihtne. Sellised ventilaatorid on ka odavama hinnaga. Laba mudelist tulenevalt on see ventilaatoritüüp isepuhastuv ning sobib tolmu sisaldavale õhule ja ka ainete edastamiseks. Kasutegur on samas madal.

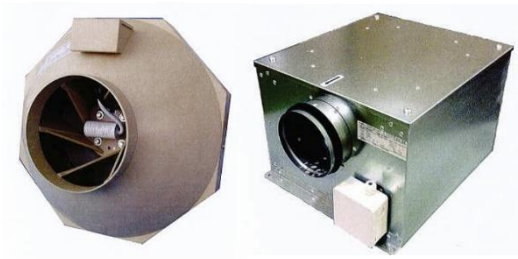
Radiaalventilaator, millel on ettepoole kaarduvad labad, tekitab tiivikus peamiselt dünaamilist rõhku ja seepärast on ventilaatori kesta spiraalne kuju tööks vajalik. Ettepoole kaarduvate labadega tiivikuratas tekitab väikese läbimõõdu ja suhteliselt madala pöörlemiskiiruse juures kõrge rõhutõusu ja suure õhuvooluhulga, kuid kasutegur on väiksem kui tahapoole kaarduvate labadega ventilaatoril. Seepärast sobib see kohtadesse, kus väikeste mõõtmete juures on vaja suurt õhu vooluhulka, nt autode soojendusseadmete ventilaatorid, puhurkonvektorid, väikeelamute ventilatsiooniseadmed jne. Tänapäeval on kasutamine piirdunud siiski väiksema õhuvooluga ventilaatoritega.

7.5.4. Kanaliventilaatorid

Kanaliventilaatoriteks nimetatakse väikseid tsentrifugaaltiivikuga varustatud aksiaalselt puhuvaid ja kanalisse paigaldatavaid ventilaatoreid. Paigalduskoha läbimõõdud on enamasti 100…400 mm ja õhuvoolu vahemik 10…400 l/s.

Ventilaatorid on ristlõikepinna kuju alusel kahte liiki: ümmargused kanaliventilaatorid ja kandilised (**Joonis 7.56**).

Ventilaatorite eelis on kõrge staatilise rõhu loomine väikese õhuvooluhulga juures ning lihtne paigaldatavus kanalisse, kuid tiiviku paigaldusviisi tõttu on kasutegur madal. Ventilaatorite mootorid on olnud üldjuhul ühefaasilised asünkroonmootorid, mille pöörete arvu reguleerimist on lihtne teostada, kuid praeguseks on EC-mootorid neid juba kõrvale tõrjumas.



Joonis 7.56. *Ümmarguse ja kandilise ristlõikepindalaga kanaliventilaatorid.*

7.5.5. Erioludesse mõeldud ventilaatorid

Tööstushoonete ventilatsiooni puhul võib väljatõmbeõhk olla happeline, tavapärasest kuumem või sisaldada plahvatusohtlikke gaase või tolmu.

Aksiaalventilaatori puhul on õhu maksimaalne temperatuur korpuses mootoriga ventilaatorite puhul piiratud temperatuuriga 200 °C. Tsentrifugaalventilaatori puhul võib õhu temperatuur olla oluliselt kõrgem.

Plahvatusohtlike ruumide ATEX-seadmete direktiivi 94/9/EÜ kohaselt valmistatud nii tsentrifugaal- kui ka aksiaalventilaatorid sobivad kasutamiseks enamuse 1 ja 2 klassi gaaside ja tolmuga. Seadmedirektiiv määrab, kuidas sädemete tekkimist välditakse. Tiivikute sädelemist välditakse tsentrifugaalventilaatorite ja katuseventilaatorite puhul üldjuhul messingist sissetõmbekoonuse abil ning aksiaalventilaatoritel vastavast materjalist korpuse kestale paigaldatud sädemerõnga

abil. Kindlaks on määratud ka tiiviku minimaalne kaugus seadme korpusest, võllide läbiviigud, mootorid ja ühenduskarbid koos läbiviikudega.

Korrosiooni tekitava toimega heitõhu eemaldamiseks saab valida ventilaatori, mille tavapäraselt värvitud või kuumtsingitud terasosad on kaetud epoksiidiga või valmistatud happekindlast terasest või harvematel juhtudel ka alumiiniumist.

Alumiiniumkorpusega asünkroonmootori korrosioonikindlus on üldiselt hea ja selle võib katta epoksiidiga, kui see jääb õhuvoolu. Eritöötlemist ei vaja enamasti aksiaalventilaatori alumiiniumist tiivik.

7.5.6 Ventilaatorite hooldus ja kaasajastamine

Ventilaatorite esmane hooldus hõlmab laagrite ja rihmade seisukorra jälgimist, kinnituste kontrollimist ja üldise puhtuse jälgimist, et tiivikule kinnitunud mustus ei põhjustaks ventilaatori tasakaalustatuse kadumist ja sellest tulenevat laagri kahjustumist. See on levinud probleem näiteks köökide väljatõmbeventilaatorite puhul.

Peamine hooldusvajadus seondub kiilrihmajamiga ventilaatorite rihmade vahetamisega, mille käigus reguleeritakse rihma pingsust ja rihti.

Vanemate ventilaatorite laagrid on tihti varustatud määrdeniplitega, mille abil saab laagreid määrida ja nii nende tööiga pikendada. Sel aastatuhandel valmistatud ventilatsiooniseadmete mootorid on üldjuhul varustatud püsimääritud laagritega, mida hiljem enam määrida ei saa. Mootoritootjad soovitavad laagrid vahetada enamasti 20 000…50 000 töötunni järel sõltuvalt pöörlemiskiirusest ja koormusest. Kasutamisel kuluvad ka laagripesad, mistõttu laagrite vahetamisest enam ei piisa – välja tuleb vahetada kogu mootor.

Otseajamiga ventilaatorite, eriti aksiaalventilaatorite puhul võib praeguste mootorite füüsiline suurus tekitada probleeme, ja seepärast tuleb välja vahetada kogu ventilaator.

Süsteemide moderniseerimisel tuleb võtta arvesse, et vanade ventilaatorite mootorid ei sobi tootjate andmetel kasutamiseks sagedusmuunduritega. Moderniseerimise eesmärgid seonduvad tihti õhuvoolu automaatse reguleerimisega ja seepärast tuleb ventilaatorid vahetada uute, tihti oluliselt parema kasuteguriga toodete vastu.

7.5.7. Eraldi paigaldatavad muud komponendid

Eraldi komponentidena paigaldatakse lisaks ventilaatoritele sulgklapid ja soojustagasteid, millega võib seonduda ka filtreid. Enamasti on paigalduskohaks renoveeritavad objektid, kus uuendatakse ventilatsioonisüsteeme või lisatakse soojustagasti, ning peale selle ka tööstushooned. Tööstuses võib olla kasutusel ka muid soojustagasteid kui eespool nimetatud või on need valmistatud tavalisest erinevatest materjalidest.

Kui väljatõmbeõhu ja sissepuhkeõhu kanaleid ei saa juhtida samasse kohta selliselt, et soojustagastuseks saaks kasutada rootorsoojustagastit või plaatsoojustagastit, on enamasti lahenduseks vahesoojuskandjaga soojustagastid. Väljatõmbeõhu võimalik mustus või tuleohutusega seotud nõuded võivad ka muul juhul eeldada vesilahusega pesemissüsteemiga varustatud soojustagasti

kasutamist ning ka suuremaid lamellide vahesid. Olemasoleva hoone sama sissepuhkeseadme töötsoonis võivad heitõhuotsikud asuda üksteisest eraldi, mis juhul on eraldi süsteemidesse jaotatud soojustagastiga ventilatsiooniseadmed tihti hea lahendus.

7.6 Tehnoruumid

Hoone tehnoruumide asukohta, arvu ja vajalikku suurust mõjutavad väga mitmed asjaolud. Projekteerimise algfaasis on oluline eraldada piisavalt palju ja piisavalt suuri tehnoruume, sest ruuminappus toob tõenäoliselt kaasa väiksema energiatõhususe, halvema toimivuse, hooldatavuse ja paindlikkuse. Tehnoruumid võivad paikneda hoones koondatult ühes kohas või hajutatult eri paikades. See eeldab ventilatsioonisüsteemi projekteerijalt õigeaegset ventilatsioonisüsteemide lahenduse esitamist.

Tehnoruumide asukohta ja projekteerimist mõjutavad asjaolud on järgmised:

- tuleohutus
- õhuvõtu paiknemine
- heitõhu väljaviskekoht ja võimalik saaste
- seadmete arv ja ruumivajadus
- sissepuhke- ja väljatõmbekanalite teekonnad tehnoruumi (kanalid, šahtid)
- sissepuhke- ja väljatõmbekanalite teekond tehnoruumis
- jahutusseadmed ja nende asukoht
- torustike teekond tehnoruumi ja selle sees
- elektrisüsteemi ja automaatika alakeskuste ja kaabliredelite asukoht
- põrandakonstruktsioonide hüdro- ja heliisolatsioon
- konstruktsioonide kandvus
- seadmeruumi konstruktsioonid (ruumi piiravad talad ja postid)
- teisaldus- ja hooldusteekonnad, paigaldus ja hooldatavus
- tehnoruumi mürasummutus
- müra tehnoruumist keskkonda
- tehnoruumi ventilatsioon, jahutus ja küte.

Tuleohutus

Tuleohutuse seisukohast on tehnoruumi kõige ohutum koht teenindatavate ruumide ülapoolel, mistõttu paikneb tehnoruum tihti hoone katusel. Ohutuse suhtes järgmine koht on teenindatavate ruumidega samal korrusel. Keskventilatsioonisüsteemi tehnoruum moodustab eraldi tuletõkkesektsiooni, kuid tehnoruumi osa , mis on üle 300 mm katusest kõrgemal ei pea olema tuletõkkesektsioon. Tehnoruumi kaugus kõrval asuvast kõige kõrgemast hoone osast peab olema min 4 m.

Tuleohutus määrab ka selle, millised ventilatsiooniseadmed saab paigutada ruumide kasutusviisi alusel ühte ventilatsioonisüsteemi ning sellega ka samasse tehnoruumi. Kui ventilatsiooniseade teenindab ühte tuletõkkesektsiooni ja asub kõnealuses tuletõkkesektsioonis, ei ole eraldi ruumi tuletehnilistel põhjustel vaja.

Välisõhu haarded

Ventilatsioonisüsteemi õhuvõtt kavandatakse selliselt, et sisse juhitava õhu kvaliteet oleks võimalikult hea ja suviti võimalikult jahe.

Liiklusest tekkivate heitgaaside ja suitsu liikumist sissepuhkeõhuga ruumidesse tuleb vältida. Välisõhu haarded paigutatakse enamasti hoone hoovipoolsele küljele

võimalikult kaugele liiklusest. Paigutamist mõjutavad oluliselt ka kinnistu enda ja naaberkinnistute parkimis- ja laadimiskohad või muud õhku saastavad ja haisu tekitavad tegevused.

Hoone enda väljaviskeõhu segunemist sissepuhkeõhuga tuleb vältida muuhulgas nii, et heitõhu ja õhuvõtu avad tuleb paigutada üksteisest piisavalt kaugele. Heitõhuklassi 4 puhul peab nimetatud kaugus olema alati võimalikult suur, sest nt suurköögi saaste ja lõhnad levivad väga kaugele. Sissepuhkeõhku võib kanduda ka garaažide, ahjude jms kohtade tekitatav gaasiline saaste. Välisõhu sissevõtuava läheduses ei või asuda muid õhu kvaliteeti halvendavaid seadmeid, nt tuulutustorusid, protsessiseadmeid, tolmueemalduse väljaviskekohti vms. Juhiseid välisõhu sissevõtuavade ja heitõhu väljapuhkeavade asukoha suhtes hoones ja üksteise suhtes on esitatud ventilatsiooni standardites.

Kuna õhu tolmusisaldus väheneb oluliselt maast kõrgemal, tuleks sissevõtuava rest paigutada võimalikult kõrgele, soovituslikult kõrgemale kui 5 meetrit. Minimalne kõrgus maapinnast on 1,5m ja inimeste käidavates kohtades 2m

Suvisel ajal tuleb õhk ventilatsioonisüsteemi võtta võimalikult jahedana. Sel põhjusel püütakse välisõhuhaare paigutada hoone põhjaküljele või võimaluse korral ka idaküljele. See põhimõte on oluline, et vältida asjatut energiakulu ja eriti siis, kui ventilatsioonisüsteem ei ole varustatud sissepuhkeõhu jahutamisega. Katusel peaks välisõhuhaare asuma katuse pinnast vähemalt 2 m kõrgusel. Pindalalt suurel katusel võib suvisel ajal temperatuur väga kõrgeks tõusta ja sellisel juhul võib olla vajalik ehitada õhuvõtuhaare, mis võimaldab õhku sisse juhtida mitme meetri kõrguselt. Ka talvel võib kõrgus katusest 2 m olla oluline, sest lumi võib tuisates jääda resti seinale. Näiteks Soome ehitusseadustiku osa D2 kohaselt on minimaalne kaugus 0,9 m. Eestis on minimaalne kaugus katusepinnast 0,7m.

Rõhusuhted peaks ventilatsioonisüsteemis püsima võimalikult muutumatud, mistõttu peaks õhuvõtu rest asuma selliselt, et tuule mõju on võimalikult vähene. Valdavad tuule suunad on enamasti teada, kuid olulised on ka võimalikud muutused ümbruskonnas ja taimestik. Rõhu seisukohast tuleks vältida selliseid kohti nagu hoonete sisenurgad ja sopid.

Välisõhus sisalduva niiskuse pääs süsteemi koos sademete ja lumega peab olema võimalikult hästi tõkestatud. Kui vett satub ventilatsioonisüsteemi, saavad sissepuhke osas paiknevad puhastusfiltrid märjaks ja nende puhastamisvõime väheneb oluliselt. Tagajärjeks võib olla mikroorganismide areng filtris.

Vihma ja lume sattumist sissepuhkeseadmesse välditakse üldiselt, kasutades

- õhuvõtu restil väikest vaba otsapinna kiirust < 1,5 m/s (kiirus vabas avas)
- piisavalt suurt ära välisõhukambrit, milles õhu kiirus on alla 1 m/s ja milles sadevee äravool
- standardi SFS 13030 alusel testitud õhuvõtureste.

Rest varustatakse ka võrguga (silma suurus 10 mm või rohkem), et vältida lindude ja näriliste pääsu ventilatsioonisüsteemi. Välisõhukambrist tehakse piisav vee-eemaldus vesiluku kaudu põrandatrappi. Tuleb hoolitseda ka selle eest, et võrelt või kambrist ei pääseks vesi seadmetesse või seadmeruumi konstruktsioonidesse. Välisõhukanal peab olema hästi soojustatud

ja difusioonikindla kattega, kui see paikneb soojas ruumis. Tihtipeale võtab ühest suurest välisõhukambrist õhku mitu sissepuhkeseadet. Sellisel juhul peab kamber olema piisavalt suur, et vältida õhuvoolude segunemist ja õhuvoolude varieerumist. Välisõhukanal peab olema ka võimalikult lühike, et selle hügieenilisus püsiks hea, sest õhk ei ole veel filtreid läbinud.

Välisõhu restide tööpõhimõtted võivad olla väga erinevad ning vee ja lume eraldamine võib põhineda erineval tehnikal. Üldiselt liigub õhuvool resti vahel nii, et piisad ja lumehelbed satuvad resti ribidele ja eralduvad õhust. **Joonisel 7.57** on mitmesuguseid restide näiteid. Teatud juhtudel varustatakse rest ka sulatusega, kui olud seda nõuavad. Resti asukoha valimisel võetakse arvesse ka hooldatavust ja puhastatavust.



Joonis 7.57. *Välisõhu restide mudeleid. Kõrged restid varustatakse lisakanalisatsiooniga.*

Heitõhu väljavise ja võimalik saaste

Heitõhuavad paigutatakse üldjuhul hoone kõrgeima osa katusele nii, et õhk suunatakse väljapuhke hajutite abil ülespoole (**joonis 7.58**). See väldib heitõhu liikumist sama hoone ja ka naaberhoonete õhuvõtuavadesse ja avatavatesse akendesse. Lume tõttu peaks heitõhuava alaserva kaugus katusest olema vähemalt 0,7 m.



Joonis 7.58. *Tüüpiline väljapuhkehajuti.*

Heitõhu klassi 4 kuuluva heitõhu osas peab olema eriti hoolikas. Laborite, haiglate ja tööstushoonete heitõhku tuleb vajaduse korral enne väljaviset puhastada.

Seinast võib väljutada heitõhuklassi 1 õhku, kui õhuvool jääb alla 1 m³/s. Tuule mõju vähendamiseks võib kasutada suuremat väljaviskekiirust (üle 5 m/s). Kui heitõhk on erandlikult niiske, tuleb koha leidmisel arvestada, et niiskuse kondenseerumine ei kahjustaks hoone konstruktsioone.

Seadmete arv ja ruumivajadus

Keskseadmete ja eraldi ventilaatorite arv määratakse hoonele valitud ventilatsiooni- ja konditsioneerimissüsteemide, tuleohutuse ja hügieeninõuete, kasutusaegade ning tehnoruumide alusel. Tehnoruumi seadmete, kanalite ja muude süsteemide ruumivajadust tuleb uurida iga olukorra puhul eraldi.

Suurte seadmete mõõtmed määravad enamasti ka tehnoruumi vajaliku kõrguse. Vajaduse korral saab ühe seadme asemele

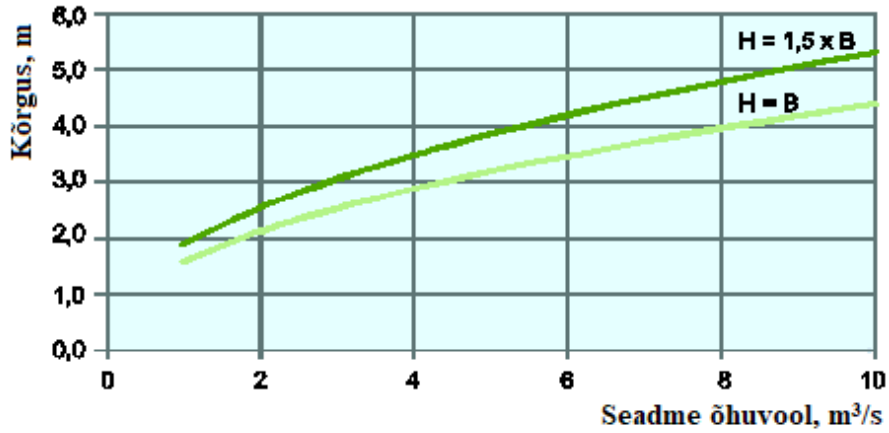
kõrguse tõttu paigaldada kaks seadet või kavandada pesemissüsteemiga soojustagasti kasutamist. Seadmete ülapoolel vajatava ruumi suurus määratakse kanalite, torustike ja kaabliredelite põhjal. Seadmete kõrgusvajadust saab üldjoontes hinnata õhuvoolu ja otsapinna kiiruse 1,2 m/s alusel valemist 7.1. Kui seadme kõrgus on suurem kui laius, vajab rootorsoojusvaheti siiski rohkem laiust.

$$A = \frac{2q_v}{1{,}2}\ ;\quad H = \frac{A}{B} \qquad (7.1)$$

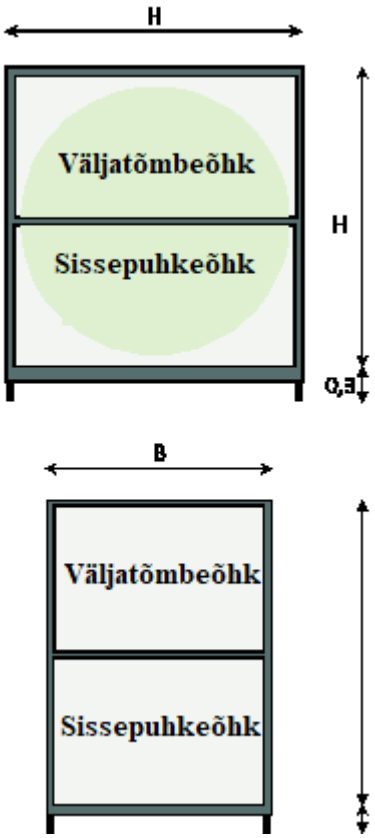
kus

A on seadme ristlõike otsapinna kiirus välismõõtude alusel [m²]
q_v on suurem õhuvool [m³/s]
H on seadme kõrgus ja laius ilma alusraami ja jalgadeta [m]
B on seadme laius [m].

Joonisel 7.59 on arvutatud valemi 7.1 kohaselt seadme kõrgus eri õhuvooludega, kui alusraamile ja jalgadele on lisaks eraldatud kõrgus 0,3 m. **Joonisel 7.60** on kujutatud kasutatud välismõõte.

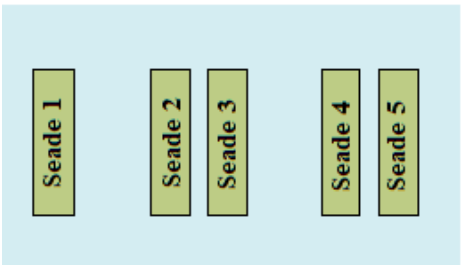


Joonis 7.59. *Ventilatsiooniseadme kõrgusvajadus tehnoruumis. Joonisel 7.59 on kujutatud seadme mõõdud. Alusele ja jalgadele on arvestatud kõrguseks 0,3 m. Tehnoruumis on seadmete kohal võimalikult vaja ruumi ka kanalitele, torudele ja kaabliredelitele.*



Joonis 7.60. *Ventilatsiooniseadme suuruse ja kõrgusvajaduse hindamine ruumi eraldamiseks.*

Seadme pikkus arvestatakse tööosade alusel. Seadmete juures tuleb arvestada ruumi kalorifeeride sõlmedele 0,5…1 m ning üldist hooldusruumi vähemalt seadme laiuse võrra. Kui tehnoruumi tuleb mitmeid seadmeid, peab need paigutama selliselt, et kahel seadmel on ühine hooldusruum (**joonis 7.61**) ja kõrvuti asetsevate seadmete vahele jääb liikumistee 0,5…1 m.

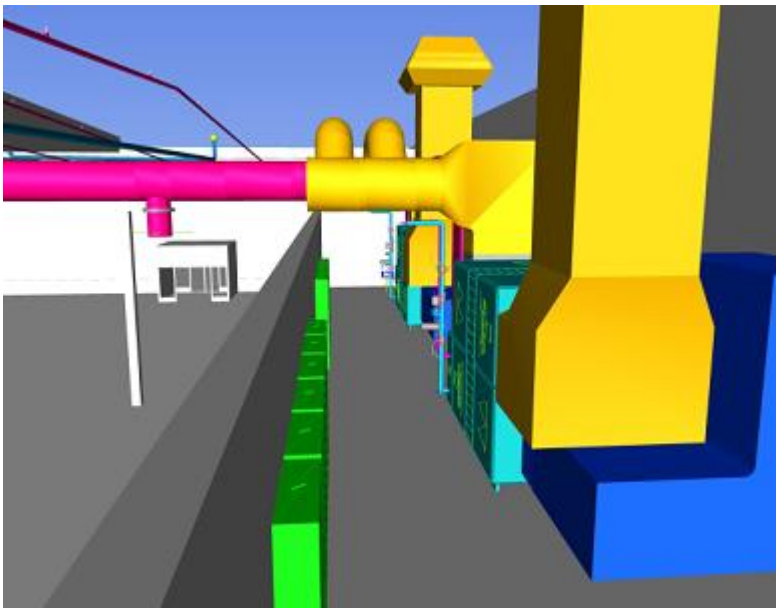


Joonis 7.61. *Ventilatsiooniseadmete üks paigutamisvõimalus.*

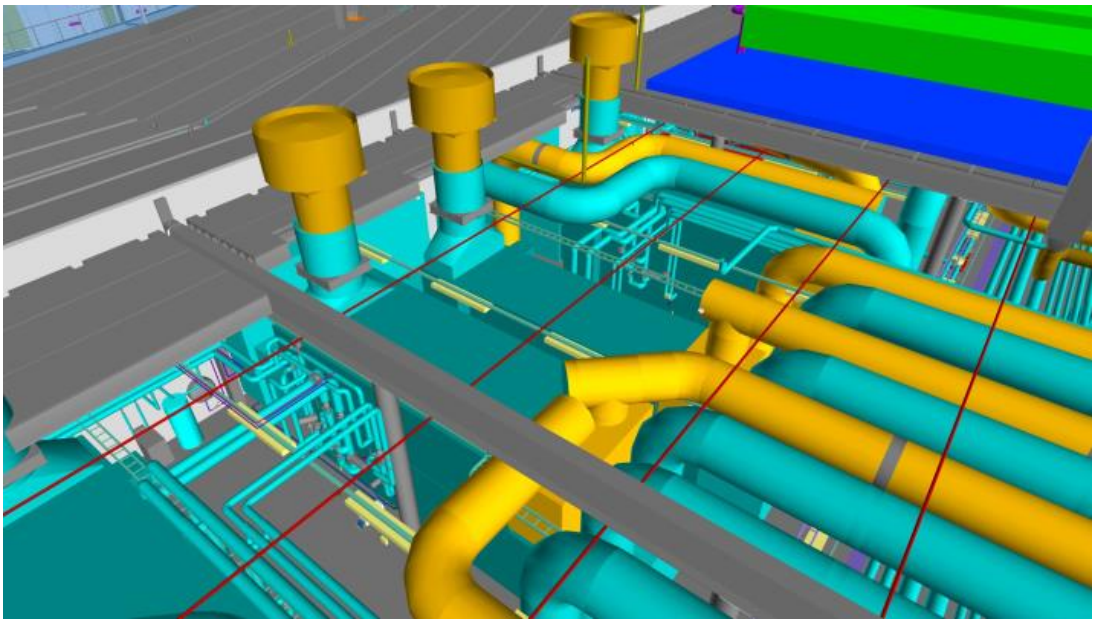
Sissepuhke- ja väljatõmbekanalite kulgemine tehnoruumidesse ja seadmeruumide sees

Kui tehnoruumi saab paigutada teenindatavate ruumide lähedusse või päris nende äärde, saab vältida pikki kanaleid ja rõhukaod jäävad seega väiksemaks. Sellisel juhul on ka tehnoruumi sees kanalite arv üldjuhul väike ja pikkus lühike (**joonis 7.62**).

Mitmekorruselise hoone tehnoruumide ruumikasutust mõjutavad šahtide asukohad, mis on määratud peamiselt teenindatavate korruste horisontaalkanalite alusel. Kui enamusest šahtidest tuleb kanaleid samasse seadmesse, on kanalite arv seadmeruumis suur (**joonis 7.63**).



Joonis 7.62. *Kui tehnoruum paikneb teenindatavate ruumide kõrval, on tehnoruumi kanalite arv üldjuhul väike ja pikkused lühikesed.*



Joonis 7.63. *Sageli tuleb tehnoruumi palju horisontaalkanaleid.*

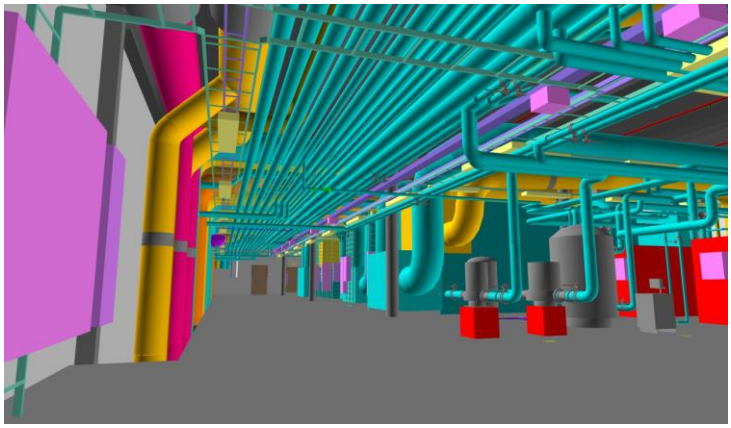
Jahutusseadmed ja nende torustikud

Ventilatsiooniseadmete juures kasutatakse kütte- ja jahutustorustikke, mis võtavad omakorda ruumi ja vajavad eraldi teid. Küttetorustikud tulevad tehnoruumi üldiselt šahtidest. Kui veejahutusseadmed või muud jahutusagregaadid paiknevad tehnoruumis, asuvad ventilatsiooniseadmeid teenindavad jahutustorud vaid tehnoruumis. Kanalite ja torustike paigutamine tehnoruumi on keeruline ülesanne eriti sel juhul, kui ruumi on vähe (**joonis 7.64**).

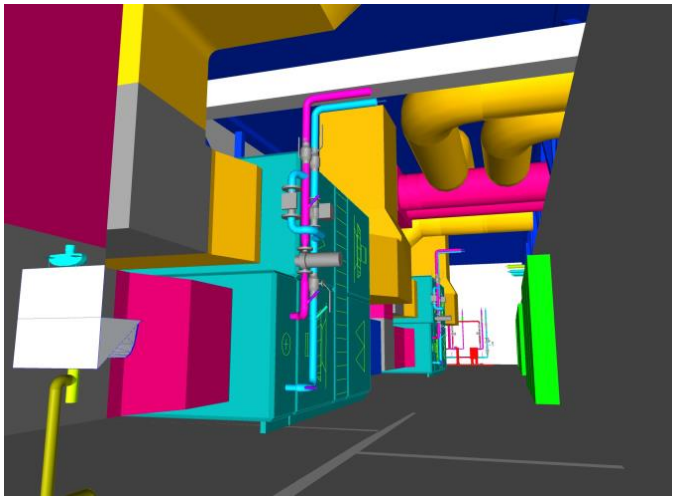
Ventilatsiooniseadmete kalorifeeride sõlmedele tuleb teha toruühendused. Kalorifeeride sõlmed vajavad seadme suuruse alusel ruumi seadme ristlõikepinna suunas 0,5…1 m.

Elektrisüsteemi ja automaatika alakeskuste ja kaabliredelite asukoht

Joonisel 7.65 on näidatud rohelisena elektri- ja automaatikasüsteemide keskused. Nende ette peab jääma ohutuseeskirjadele vastav vaba ruum. Kaabliriiulitele vajalik ruum on kujutatud valgega.



Joonis 7.64. *Veejahutid, pumbad ja paagid asuvad üsna tihti tehnoruumis. Torustikel peab olema oma selgelt eraldi tee.*



Joonis 7.65. *Pumbad, elektrisüsteemide rühmakeskused ja hooneautomaatika alakeskused tehnoruumis. Elektrikeskuste ees peab alati olema ohutuseekirjades nõutav vaba ruum.*

Põrandakonstruktsioonide hüdro- ja heliisolatsioon

Tehnoruumi põranda materjal peab olema tugev ja veekindel, et see peaks vastu paigalduse ja hoolduse käigus tekkivale koormusele. Materjalidena kasutatakse epoksiid-, akrüülbetoon- või muud sobivat katet (ka nt plastkatteid). Kui ventilatsiooniseadmed ruumi tuuakse, peab tehnoruumi põrand olema valmis, et põranda hüdroisolatsiooni koos trappide ja kalletega saaks vajalikul moel valmis teha. Põrandatrapid püütakse paigutada seadmete juurde, et välisõhukambris ja seadmete kondensaadivannidest saaks torud vedada nii, et need ei jääks ette hooldusteedele.

Põrandakonstruktsioonide planeerimisel tuleb võtta arvesse ventilatsiooniseadmete ja veejahutite massi ja vibratsiooni. Konstruktsioonid peavad olema piisavalt massiivsed, et vibratsioon ei häiriks allpool asuvaid ruume.

Teisaldus- ja hooldusteed, paigaldus ja hooldatavus

Seadmed püütakse kohale tuua võimalikult valmis osadena, seepärast peab nende teisaldamine olema hoolikalt läbi mõeldud. Enamasti jäetakse tehnoruumi lakke või seina seadmete tõstmiseks ja teisaldamiseks vajalik ava.

Tehnoruumile tehakse hooldustee selliselt, et kohale pääseb liftiga või treppi mööda. Teenindusala ja hooldusteed peavad olema sellised, mis võimaldavad seadmeid vahetada (**joonised 7.63 ja 7.64**). Tee mõõtmed määratakse kõige suurema seadme alusel. Kui seadmed asuvad pealistikku, peab ülemisele seadmele rajama turvalise hooldusplatvormi, mis võib olla ka teisaldatav.

Tehnoruumi mürasummutus

Tehnoruumi lakke ja seintele paigaldatakse vastavalt vajadusele müra summutavaid elemente, et tehnoruumi müratase ei segaks ümbritsevates ruumides viibijaid.

Seadmete tekitatav müra võib välisõhuhaarde ja heitõhu väljaviske kaudu kanduda keskkonda sellisel määral, et see segab hoone enda elanike, töötajaid või isegi naabreid. Ventilatsioonisüsteemi projekteerija määrab seadmetele sellise mürasummutuse, et tekkiv müratase jääks piisavalt madalale.

Tehnoruumi ventileerimine, soojendamine ja jahutamine

Tehnoruumis peab olema korraldatud ka ventilatsioon, küte ja vajaduse korral ka jahutus, et olud püsiks nii seadmete töö kui ka hooldamise seisukohast sobival tasemel. Tehnoruumi juhitav õhk peab olema hästi filtreeritud, et minimeerida mustuse kaasa tõmbamist sissepuhkeseadmete alarõhuga osade lekkeõhu kaudu.

Kirjandus:

D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Ymparistöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2012.

Nilsson (ed.) 2003. Achieving the Desired Indoor Climate. Studienlitteratur, Lund 2013. ISBN 91-44-03235-8.

Sandberg Esa 1978. Rekuperatiivisten ilma/ilma lasilevy- ja lasiputkilämmönsiirtimien jäätyminen ja sen estäminen. Diplomityö TKK 1978. Espoo.

Seppänen O. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo 1996. ISBN 951-96098-0-6.

Seppänen O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Suomen LVI-liitto, Helsinki 1996. ISBN 952-91-6896-9.

SFS-EN 12101-3:2003 Savunhallintajärjestelmät. Osa 3 Savunpoistopuhaltimet.

SFS-EN 12101-3:2006 Savunhallintajärjestelmät: Paineistus.

SFS-EN 13141 Ventilation for buildings. Performance testing of components/products for residential ventilation. Parts 1 – 7.

i