

## OSA 4 – VENTILATSIOON

Välja töötatud koostöös MTÜga Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus

### SISUKORD

4.1.	KASUTATAV ALUSDOKUMENTATSIOON.....	2
4.2.	SISSEPUHKE-VÄLJATÕMBE- VENTILATSIOONI NÕUDED .....	3
4.3.	ERALDI VENTILATSIOONI-SÜSTEEMID .....	3
4.4.	ÕHUVÕTT.....	3
4.5.	VENTILATSIOONISEADMED .....	4
4.6.	VÄLJATÕMBE-VENTILAATORID.....	7
4.7.	MÜRASUMMUTID.....	7
4.8.	VENTILATSIOONITORUSTIK.....	7
4.9.	REGULEERKLAPID.....	9
4.10.	TULETÕKESTID .....	9
4.11.	PUHASTUSLUUGID.....	9
4.12.	LÕPUELEMENDID (ÕHUJAGAJAD, RESTID JA PLAFOONID) .....	10
4.13.	VENTILATSIOONITORUSTIKE PUHTUS .....	10
4.14.	MÕÕDISTAMINE JA SEADISTAMINE .....	10
4.15.	AUTOMAATIKA .....	10

Käesolev versioon:

juuni 2017

Esmane versioon:

märts 2011

#### 4.1. KASUTATAV ALUSDOKUMEN- TATSIOON

Juhul, kui antud juhendi nõuded ja alusdokumentatsiooni nõuded on vastuolus, tuleb järgida rangemaid nõudeid.

##### Seadused ja määrused

- [WWW] Ehitusseadustik
- [WWW] Majandus- ja taristuministri 02. juuni 2015.a määrus nr 54 „Ehitisele esitavad tuleohutusnõuded“
- [WWW] Majandus- ja taristuministri 3. juuni 2015. a määrus nr 55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“
- [WWW] Majandus- ja taristuministri 5. juuni 2015 määrus nr 58 „Hoonete energiatõhususe arvutamise meetodika“

##### Kvaliteedinõuded

- Hoone tehnosüsteemide RYL 2002 Osa 1
- LVI 12-10370 Soome juhendmaterjal 2004 „Torustike ja kanalite kinnitamine“
- D2 Soome Ehitusnormide kogumiku osa D2 Ehitiste sisekliima ja ventilatsioon, Määrused ja suunised 2012
- E7 Soome Ehitusnormide kogumiku osa E7 Ventilatsiooniseadmete tuleohutus 2012

##### Standardid

- EVS 932 „Ehitusprojekt“
- EVS 916 „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast“ Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 15251:2007
- EVS-EN 15251 „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast“
- EVS-EN 13779 „Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimissüsteemidele“

EVS 906

Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimissüsteemidele. Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 13779 EVS 916

“ „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast. Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 15251“

EVS 812-2

„Ehitiste tuleohutus. Osa 2: Ventilatsioonisüsteemid“

EVS-EN 12236

„Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalite riputid ja toed. Nõuded tugevusele“

EVS-EN 12237

„Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalid. Ümmarguste spiraalõhukanalite tugevus ja tihe-  
dus“

EVS 860-1

„Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 1: Torustikud, mahutid ja seadmed. Isolatsiooni-  
materjalid ja -elemendid“

## 4.2. SISSEPUHKE-VÄLJATÕMBE-VENTILATSIOONI NÕUDED

Hoonesse tuleb rajada mehaaniline sissepuhke-väljatõmbeventilatsioon.

Välisõhutamperatuurid tuleb valida vastavalt standardile EVS 906.

Ruumidesse antav värske õhk tuleb puhastada tolmust ja vajadusel soojendada, jahutada, erandjuhtudel niisutada ja/või kuivatada. Kõik sissepuhkesüsteemid tuleb varustada soojustagastitega. Juhul, kui soojustagastit ei kasutata, peab see olema põhjendatud.

Väljatõmme toimub üldväljatõmbesüsteemidega ning vastavalt vajadusele lisatakse lokaalseid väljatõmbesüsteeme, mis tuleb projekteerida nii, et konkreetsetest tingimustest lähtudes ei ületaks töötsoonis oleva saaste kontsentratsioon lubatud või konkreetse Tellija lähteülesandes defineeritud (nt keemiaklassid, õppetöökojad ja köögid). Kohtväljatõmbe süsteemide töö ei ole pidev ning vastavalt nende kasutamisele tuleb kompenseerida väljatõmmatav õhk sissepuhkesüsteemiga.

Abiruumide ventilatsioon võib põhjendatuse korral olla loomulik, samuti on kütmata ruumide ventilatsioon reeglina loomulik.

Ühe hoone (hoonekompleksi) piires tuleb tootegruppide lõikes kasutada seadmete ja lõppelementidena ühe tootja tooteid.

Ventilatsioonisüsteemid tuleb ühendada hooneautomaatika süsteemiga. Ühendatavad parameetrid on toodud kaart nr 11 „Hooneautomaatika“ tabelis 11.1. „Parameetrite ja häirete prioriteetide tabel“.

Ventilatsiooniga tuleb tagada, et UPSide laadimisel tekkiva vesiniku kontsentratsioon ruumis või akukapis ei ületaks 4%.

Ventilatsioonisüsteeme võib esmakäivitada ainult juhul, kui objekti on kuulutanud tolmuvabaks omaniku järelevalve ja/või Tellija kirjalikul loal. Seejärel võib alustada ventilatsioonisüsteemide seadistamisega. Tolmuvabaks loetakse objekti, kus on täielikult lõpetatud kõik puurimis- ja viimistlustööd ning on teostatud objekti koristus vastavalt ETF Sisekliimaliigitus 2008 RT 07–10946-et alapunkt 2.3.5 puhtusklassile P1.

## 4.3. ERALDI VENTILATSIOONISÜSTEEMID

Eraldi ventilatsioonisüsteemide rajamisel tuleb lähtuda hoone mahust, ruumide kasutusotstarbest ja kasutusaegadest ning hoone paiknemisest ilmakaarte suhtes.

Ventilatsioonisüsteemid grupeeritakse vastavalt hoone kasutajatele ja kasutamistingimustele (tööaeg, spetsiifika jms).

Eraldi ventilatsioonisüsteemid peab rajama vähemalt järgmistele ruumidele või ruumigruppidele:

- Klassiruumidele ja koridoridele
- aulale, auditooriumitele, koosolekusaalidele
- spordisaalidele
- basseiniidele
- õppetöökodadele (tööõpetuseklassid, õppeköögid, jne)
- sööklale
- kohtväljatõmmetele sh tõmbekappidele, (mini)köögikubud jms
- koolides ruumidele, mida kasutatakse ka koolivälisel ajal
- tualettruumidele, koristajaruum, pesuruumidele ja nendega seotud ruumidele
- suitsetamisruumidele
- kinnipeetavate ruumidele
- tehnilistele ruumidele (vajadusel)
- laboratooriumitele
- autode hoolduskanalitele
- Jne.

Eraldi ventilatsioonisüsteemid peavad olema ka:

- eri hoone sektsioonidel
- eri aegadel kasutuses olevatel hooneosadel

## 4.4. ÕHUVÕTT

Ventilatsioonisüsteemide õhuvõtt peab toimuma läbi õhuvõtukambri viisil, mis tagab võimalikult puhta õhu. Seda tuleb teha võimalikult kõrgelt ning kaugus saasteallikateni ei tohi olla väiksem standardis EVS-EN 13779 lubatust. Välisõhuresti peab saama liigitada standardi EVS-EN 13030 järgi. Ilma erisüsteemita ei tohi õhu kiirus (õhuvool jagatud resti vaba pindalaga) restis olla suurem kui 1,5 m/s. Välisõhurestid peavad olema tehtud tsingitud terasplekist ja kuumvärvitud. Resti ehitus peab normaaltingimustes takistama vee ja lume läbipääsu. Vastavalt Eurovent 2/5 tingimustele peab vihmatakestus olema vähemalt 98%. Resti tagaküljel peab olema ilmastikukindel

kaitsevõrk, mille silma suurus on ligikaudu 10 mm. Resti eemaldamine peab olema võimalik ainult tööriistu kasutades.

### Õhuvõtukambrid

Õhuvõtukambrite konstruktsiooni eesmärgiks on välistada lume ning vee sattumise ventilatsioonisüsteemi filtritesse. Õhu kiirus õhuvõtukambri ristlõikes ei tohi ületada 1 m/s.

Õhuvõtukambri ehitamine on soovitatav, kui ventilatsioonimasina(-te) summaarne õhuhulk õhuvõtukambrit on 350-500 l/s. Õhuvõtukamber tuleb ehitada, kui ventilatsioonimasina(-te) summaarne õhuvõtt õhuvõtukambrit ületab 500 l/s.

Õhuvõtukambri põrand ja seinte alaosa tuleb teha veetihedaks hüdroisolatsiooniga, mille ülespööre seinal peab olema vähemalt 200 mm. Õhuvõtukambri seinte tuleb paigaldada tehases valmistatud kuivtrapp, haisulukk peab paiknema kergesti hooldatavas kohas ning sooja ruumis. Kanalisatsioon tuleb rajada nii, et hoolimata kambri valitsevast alarõhust ei pääseks kanalisatsioonist tulev lõhn õhuvõtukambri. Õhuvõtukambri hooldamiseks tuleb paigaldada normaal-mõõdus hooldusuks. Tellijaga kirjalikul kokkuleppel võib ukse mõõde vähendada kuni mõõtmeteni 0,6x1,2m. Uks peab olema metallist  $U \leq 1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , hingedel avanev, lukuga, soojustatud, ilmastikukindel (tsingitud või pulbervärvitud) ja tihediga. Ust peab saama seestpoolt avada tööriistu kasutamata. Õhuvõtukambri laius peab olema vähemalt 800mm ja seespoolisel viimistlusel tuleb välistada mistahes kips- ja puittoodete kasutamine.

Õhuvõtukambri müra summutav konstruktsioon projekteeritakse igal konkreetsel juhul eraldi, arvestades ventilatsiooniseadme(-te) poolt tekitatud mürataset ning selle levikut läbi õhuvõtukambri ümbritsevasse väliskeskkonda.

Kõik õhuvõtukambrid peavad olema käidavad ning põrandad taluma koormust 300kg/m<sup>2</sup>.

Õhuvõtukambrid varustatakse valgustusega. Keskmise valgustatus peab olema 50lx.

Õhuvõtukambri piirdekonstruktsioon peab välistama kondensaadi ja hallituse tekke ning garanteerima, et kogunev niiskus pääseb konstruktsioonist välja. Õhuvõtukambri piirete (sein, lagi ja põrand) soojusjuhtivus  $U \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Külmasillad tuleb välistada.

Õhuvõtukambri välisõhuresti alumine serv peab paiknema katusepinnast vähemalt 500mm kõrgusel ja

fassaadist õhuvõtu korral peab paiknema vähemalt 2000mm maapinnast.

### Ventilatsioonisüsteemi SFP

Kogu hoone ventilatsioonisüsteem, vastavalt EVS-EN 13779 p.6.5, tuleb projekteerida ja ehitada nii, et selle erielektritarve SFP (inglise keelest *specific fan power*), ei tohi ületada soojusvahetiga mehaanilise sissepuhke-väljatõmbe korral renoveerimisel  $SFP \leq 2,0 \text{ kW/m}^3/\text{s}$  ja uuel hoonel  $SFP \leq 1,8 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ .

Kogu hoone  $SFP = \frac{N}{V}$ , kus

N - kõikide õhujaoosüsteemide ventilaatorite käitamiseks vajalik võimsus koos kõikide kadudega (näiteks: kaod sagedusmuunduri(-te)s)

V - hoone summaarne õhuvahetuse suurus arvutuslikel koormustingimustel.

Üksikute süsteemide SFP (ilma eelfiltriteta):

Tingimus	Süsteemi SFP <sub>v</sub> väärtus (uus hoone)	Süsteemi SFP <sub>v</sub> väärtus (renoveerimine)
Ainult mehaaniline väljatõmme	$\leq 0,6 \text{ kW/m}^3/\text{s}$	$\leq 0,8 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
Kui ventilatsioonisüsteemis on ainult veeküttekalorifeer	$\leq 1,6 \text{ kW/m}^3/\text{s}$	$\leq 1,8 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
Mistahes konfiguratsiooniga ventilatsiooniseade, mis töötab ööpäevaringselt	$\leq 1,6 \text{ kW/m}^3/\text{s}$	$\leq 1,8 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
Kui ventilatsioonisüsteemis on veeküttekalorifeer ja jahutuskalorifeer	$\leq 1,8 \text{ kW/m}^3/\text{s}$	$\leq 2,0 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
Kui seade sisaldab kütte-, jahutus-, niisutus- ja kuivatuskalorifeere	$\leq 2,3 \text{ kW/m}^3/\text{s}$	$\leq 2,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
Lühiajaliselt töötav seade (kuni 2 h ööpäevas)	$\leq 2,3 \text{ kW/m}^3/\text{s}$	$\leq 2,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$

### VAV süsteemide SFP

VAV süsteemide SFP arvutus toimub vastavalt standardile EVS-EN 13779.

## 4.5. VENTILATSIOONISEADMED

### Paigaldamise asukoht

Eelistada tuleb ventilatsiooniseadmete paigaldamist köetavatesse ventilatsioonikambritesse.

Ventilatsioonisüsteemi agregaadid paigaldamine välistingimustesse on lubatud üksnes rekonstrueeritava hoone puhul, kui puudub võimalus paigutada agregaat siseruumidesse. Antud lahendus tuleb kooskõlastada

Tellijaga ning selleks tuleb kasutada spetsiaalselt välispaigalduseks mõeldud agregate. Agregadi juhtimisautomaatika paigaldada köetavasse ruumi.

### **Nõuded**

Ventilatsiooniseadmetena tuleb kasutada kompleksseid ventilatsiooniseadmeid, mis on valmistatud vastavalt kehtivatele standarditele, on testitud vähemalt vastavalt standarditele EVS-EN 1886 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsiooni keskseadmed. Mehaanilised omadused” ja EVS-EN 13053 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsiooni keskseadmed. Seadmed, komponendid ja sektiioonid ning omadused” ning nende kohta peab olema piisav tehniline dokumentatsioon. Seadmed peavad omama kehtivat EUROVENT või analoogset sertifikaati.

Ventilatsiooniseadmed koosnevad isoleeritud kestast, sissepuhke- ja väljatõmbeventilaatoritest, soojendus- (jahutus-) kalorifeerist, niisutus- (kuivatus-) sektiioonist, hooldussektiioonidest, soojustagastist, sissepuhke- ja väljatõmbeõhu filtritest, vedrutagastusega ajamiga soojustatud klappidest ja juhtimisautomaatikast. Juhtimisautomaatika tarnitakse ventilatsiooniseadmest eraldi. Tellijaga kokkuleppel võivad siin erandi moodustada kodukasutajale mõeldud pisemad ventilatsiooniagregaadid (tavapäraselt koos tehaseautomaatikaga) ja ventilatsiooniagregaadid, mille tehases paigaldatud automaatika vastab kaardi „Hooneautomaatika“ nõuetele. Ventilatsiooniseadmed peavad olema kokkupandud nii, et need vastavad 98/37/EC nõuetele ning omavad CE tähistust.

Ventilatsiooniseadmete tehniliste parameetrite valikul on üheks oluliseks kriteeriumiks seadmete poolt tarbitav aastane soojus- ja elektrienergia kulu. Energiakulu arvutamisel tuleb kasutada dünaamilist arvutusprogrammi ja lähtuda Eestis valitsevatest kliimatilistest parameetritest. Energiakulu arvutustulemused peavad kajastuma projektis.

Roor- ja plaatsoojustagastiga ventilatsiooniagregaadid peavad vastama energiatõhususe A klassile ja vahesoojuskandjaga soojustagastiga vähemalt energiatõhususe B klassile vastavalt EUROVENT-i juhendmaterjalile: [http://www.eurovent-certification.com/fic\\_bdd/en/1486566975\\_2016-12\\_RS-6C005-2017\\_AHU\\_-\\_FINAL.pdf](http://www.eurovent-certification.com/fic_bdd/en/1486566975_2016-12_RS-6C005-2017_AHU_-_FINAL.pdf).

### **Ventilatsiooniagregadi kest ja alusraam**

Ventilatsiooniseadme kest peab vastama vähemalt klassile D2, et seade ei deformeeruks ka ventilaatori töötades suletud klappide (k.a tuleklapid) korral. Kesta tihedus peab vastama vähemalt klassile L2, soojajuhtivus klassile T3 ja külmasildade näitaja

klassile TB3 (vastavalt standardile EVS-EN 1886 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsiooni keskseadmed. Mehaanilised omadused”). Ventilatsiooniseadme kest ei tohi tulekahju ajal eritada mürgiseid gaase ega ka põlevaid tilku.

Ventilatsiooniagregaat paigaldatakse korrosiooni-kindlale (näiteks kuumtsingitud) profiilsest metallist alusraamile, mis on varustatud reguleeritavate jalgadega. Jalgade alla paigaldatakse mürasummutavad kummipadjad. Alusraami kõrgus koos reguleeritavate jalgadega peab olema vähemalt 150 mm (RYL 2002 I osa G3200.16). Ventilatsiooniagregaat ühendatakse alusraamiga poltühendustega.

### **Ventilaatorid**

Ventilaatoritena peab kasutama otse võllil olevaid tsentrifugaal-, radiaal- või aksiaal-tsentrifugaalventilaatoreid. Ventilaatorid tuleb ühendada seadme korpussega vibratsioonitõkestuspukside kaudu. Erilist tähelepanu tuleb pöörata masinate isoleerimisele hoone konstruktsioonidest.

Ventilaatori käitamiseks tuleb alati valida EC või PM mootor, et tagada ventilaatori efektiivne töö ka madalatel pööretel.

Manomeetrite, andurite ja õhuhulgaandurite ühendamiseks vajalikud mõõteotsikud- ja osad, peavad olema tehases paigaldatud.

### **Kalorifeerid**

Soojenduskalorifeerina tuleb kasutada veekalorifeeri. Kalorifeeri soojusväljastust reguleeritakse soojuskandja temperatuuri reguleerimisega pumbasõlmes. Tsirkulatsioonipump peab asetsema tagasisvoolul. Kalorifeeri kaitsmiseks külmumise eest peab see olema varustatud spetsiaalse keermestatud külmakaitse anduri väljaviigu taskuga. Antud külmakaitse väljaviigu asukoht on tehase poolt paigaldatud. Külmumisriski vähendamiseks ei tohi soojuskandja temperatuurilang kalorifeeris olla suurem kui 20°C, soovitatavalt 15°C. Soojuskandja voolutakistus on kuni 25 kPa. Küttekalorifeeri mustumise kompenseerimiseks tuleb võimsuse valikul arvestada 5°C reserviga (soojustagastist väljuva õhu arvutuslik temperatuur peab olema 5°C kõrgema temperatuuriga kui küttekalorifeeri siseneva õhu arvutuslik temperatuur). Antud võimsuse reservi ei arvestata küttesüsteemi soojusallika dimensioneerimisel.

Kõik ventilatsiooniseadmetes paiknevad jahutuskalorifeerid tuleb varustada segamissõlmedega. Külma- ja soojakandja voolutakistus võib olla kuni 25 kPa ja takistus õhule max 70Pa. Jahutuskalorifeeri võimsuse reservi



valikul tuleb arvestada mitte töötava soojustagastiga - kalorifeeri sisenev välisõhuparameetrid tuleb valida +27°C Rh=50%, kondensaadivabade süsteemide korral +27°C Rh=60%.

## Niisutus

Õhu niisutamine tuleb ette näha eriotstarbelistele ruumidele (nt. hoidlad, näitusesaalid jne.) või hoonetele (arhiivid, muuseumid, teatrid jne.). Niisutusseadmete paigaldamisel tuleb järgida valmistaja juhendeid. Seadmed tuleb varustada tilgapüüduriga. Niisutite survestatud torustiku ja toruosade kvaliteedinõuded peavad vastama nendega ühendatud vee toitetorustikule seatud nõuetele [RYL 2002, G3150.10].

Niisutusseadmetes kasutatavad tihendusmaterjalid ei tohi siduda niiskust [RYL 2002, G3152].

Niisutite valikul tuleb arvestada niisutusvee lubatud keemilise ja bioloogilise koostisega. Kui niisutusvee keemiline koostis ületab lubatavaid kontsentratsioone soolade ja raua sisalduse osas, on vajalik niisutusvee eelnev töötlemine, et vee näitajad vastaksid tootja juhendile. Niisutusvee bakterisisalduse piirväärtuseid vt. standardist EVS-EN 13053:2006+A1:2011. Niisutusvee võtmisel niisutusseadme põhjavannist tuleb ette näha abinõud niisutusvee saastumise (näit. bakterid) ja soolade kontsentratsiooni tõusu vältimiseks [EVS 906:2010]. Aurustusniisuti aurustuspind peab töötamisel olema üleni märg. Niisutusvõimsust reguleeritakse kastepunktreuleerimisega. Mikroorganismide arengu tõkestamiseks ei tohi vee temperatuur aurustusniisutis tõusta üle 15°C. Aurustusniisuti varustatakse ülevoolu-, tühjendus- ja ülevooluseadmetega. Ülevoolu-vee kogus reguleeritakse valmistaja juhendite kohaselt ja/või lubatud vee temperatuuri alusel. Kogumisvanni tühjendusühendus varustatakse vesilukuga [RYL 2002, G3151]. Aurustusniisutiseksioon ei tohi ventilatsiooniseadmes olla vahetult filtrite või mürasummuti ees [EVS-EN 13053:2006+A1:2011].

Aurniisuti puhul peab ventilatsiooniseadme ventilator pärast niisuti seiskumist, töötama nii kaua kui on vaja niisuti seiskumise järel tekkinud auru väljumiseks ventilatsiooniseadmest [RYL 2002, G3152].

## Filtrid

Ventilatsiooniseadme mustumise vastu tuleb kasutada filtreid. Filtrid peavad olema kas metall- või plastraamis ning peavad olema testitud vastavalt EN 779 standardi järgi ja omama EUROVENT, VTT või analoogset sertifikaati. Sisepuhkeõhu filtri klass on F7, vajadusel kasutatakse G4 eelfiltrit, väljatõmbel

kasutada vähemalt M5 klassi filtrit. Filtri pindala peab olema arvutatud järgmiselt:

$$\frac{\text{õhuhulk m}^3/\text{s}}{\text{õhu liikumiskiirus filtri pinnal 0,1 m/s}} = \text{filtri pindala m}^2$$

Kõik filtrisektsioonid tuleb varustada filtri rõhukadu näitavate manomeetritega. Manomeetrite ja andurite ühendamiseks vajalikud mõõteotsikud peavad olema tehases paigaldatud. Töövõtja peab ventilatsiooni-tööde lõpetamisel Tellijale üle andma ühe komplekti puhtaid filtreid.

## Soojustagasti

Ventilatsiooniseadmetes tuleb kasutada töö ja õpikeskkonnas üldjuhul niiskustagastust võimaldavat hügrokoopset rootortagastit. Võrdsete õhuhulkade korral peab hügrokoopse rootorsoojustagasti niiskusülekanne kasutegur talvisel perioodil olema vähemalt 75%. Ebavõrdsete õhuhulkade korral peab niiskustagastuse kasutegur olema võrdne temperatuurikasuteguriga. Juhul, kui väljatõmme toimub ruumidest, kus eksisteerib kõrgendatud saaste ja/võiter-viseohtlike ainete esinemise võimalus, tuleb kasutada kas plaatsoojustagastit või vahesoojuskandjaga soojustagastit.

Vahesoojuskandjaga tagasti vedeliku poole voolukistus ei tohi ühe soojusvaheti kohta olla suurem kui 40 kPa.

Soojustagastite temperatuurikasutegur võrdse sissepuhke- ja väljatõmbeõhu hulga korral:

- vahesoojuskandja - vähemalt 68 %
- ristivoolu plaatsoojustagasti – vähemalt 73 %
- vastuvoolu plaatsoojustagasti - vähemalt 85 %
- rootorsoojustagasti - vähemalt 80%.

Antud kasutegurid on talviste olude arvestusega, et piirkondlik välisõhutemperatuur vastavalt EVS 906, välisõhuniiskus Rh=90 %, siseõhutemperatuur +21°C õhuniiskus siseruumides on Rh=20 %.

Suvised siseõhu parameetrid on +25 °C ja Rh=40 %.

Suvised välisõhuparameetrid on +27 °C ja Rh=50 %, kondensaadivabade süsteemide korral +27 °C ja Rh=60 %.

Ventilatsiooniagregaadi automaatika peab plaatsoojustagasti hoidma talvisel perioodil jää- ja härmatise vaba. Üks võimalik variant on plaatsoojustagasti jää-

vabana hoidmine kastepunkti kaudu: ruumist väljatõmbele TE1 ja ME1 andur, väljaviskele TE2 andur. TE1, ME1 ja TE2 kaudu arvutatakse kastepunkt ja TE2 kaudu hoitakse sulatusklappi niipalju lahti, et TE2 temperatuur oleks  $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$  võrra kõrgem, kui arvutatud kastepunkti temperatuur.

Suvised õise jahutamise eesmärgil peab plaatsoojustagasti olema varustatud mootorajamiga möödaviiguklappidega. Soojustagasti jäätmise vältimise tõttu lisanduv küttevõimsuse ja -energia vajadus võetakse küttesüsteemi arvutuses arvesse.

Kõik soojustagastid tuleb varustada rõhukadu näitavate manomeetritega. Manomeetrite ja andurite ühendamiseks vajalikud mõõteotsikud, peavad olema tehases paigaldatud. Rootorsoojustagastil peab olema pöörlemist kontrolliv andur, mis rihma katkemisel annab häire hooneautomaatikasse.

Vahesoojuskandjaga soojustagasti korral tuleb automaatikasüsteemiga ühendatud rõhuandur paigaldada kontuuri kõrgeimasse punkti.

### Klapid

Ventilatsiooniseadme värskeõhu- ja väljaviskeklapid peavad olema varustatud vedrutagastusega ajamiga ja asendikontaktiga. Need tuleb paigaldada välispiirde ja seadme vahele nii, et seadme mittetöötamisel oleks välditud külma välisõhu tungimine seadmesse. Klapi soojajuhtivustegur  $\leq 4 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja tiheduse klass  $\geq 3$  (vastavalt standardile EVS-EN 1751 „Hoonete ventilatsioon. Lõppelemendid. Klappide ja ventiilide aerodünaamiline katsetamine”).

### Ventilatsiooniagregaadi hoolduse võimaldamine

Ventilatsiooniseadme hooldust või puhastamist vajavate osade juurde pääsemiseks jäetakse kuni 800mm sügavatesse seadmesse ligikaudu 300 mm ja sügavamate seadmete korral ligikaudu 500mm laiused hooldussektsioonid. Hooldussektsioonid peavad olema soojustagasti ja kalorifeeri vahel, kalorifeeri ja jahutuspatarei vahel ning mõlemal pool niisutit/kuivatit. Kõik hooldussektsiooni ukSED peavad olema varustatud hingedega ja linkkäepidemetega. Täiendavalt peavad olema avatavad soojustagasti-, filtri- ja ventilaatorisektsioonid. Kõrvuti paiknevate seadmete ette hoolduspoolele, peab jääma vähemalt suurema seadme laiune teenindusala. Ventilatsiooniagregaatide ventilaatori ja rootorisektsioonid, mille tootlikkus  $\geq 1\text{m}^3/\text{sek}$  tuleb varustada vaatlusaknaga ja sise-  
mise valgustusega (RYL 2002 I osa G3200.17).

## 4.6. VÄLJATÕMBE-VENTILAATORID

Juhul, kui väljatõmbeks ei kasutata kompleksseid sissepuhke-väljatõmbeseadmeid (näiteks väljatõmme tualettruumidest ja kohtväljatõmmete puhul), tuleb kasutada ruumi paigaldatavaid ventilaatoreid või katuseventilaatoreid. Nendele esitatavad nõuded on samad, mis ventilatsiooniseadmetes olevatel ventilaatoritel (v.a. ventilaatorid mille tööaeg on  $\leq 4$  h ööpäevas). Ventilaatorid, mis töötavad alla 4 h ööpäevas võivad töötada sagedusmuundurita. Kohtväljatõmmete ventilaatorid peab ühendama hoone automaatikasüsteemiga (olek ja ajaline juhtimine).

Katuseventilaatori puhkeava kõrgus katusepinnast ei tohi olla madalam kui 900mm. Samuti tuleb jälgida, et katuseventilaator ei põhjustaks lume sulamist katusel. Katuseventilaatorid peavad olema varustatud turvalülitiga (RYL 2002 I osa G3113).

## 4.7. MÜRASUMMUTID

Mürasummutid ja ventilatsioonitorustiku lahendus tuleb kavandada nii, et ventilatsioonitorustikus leviv ja/või ventilatsiooniseadmete poolt tekitatud müra ei põhjustaks teenindatavates ruumides ja seadme suhtes ümbritsevas keskkonnas lubatust suuremat mürataset ning ventilatsioonisüsteem ei halvendaks piirdekonstruktsioonide minimaalselt vajalikku mürapidavust. Kasutada võib nii toru- kui ka plaatmürasummuteid. Painduvate mürasummutite kasutamine on lubatud vaid erandkorras, seda Tellijaga eelnevalt kirjalikult kooskõlastades. Mürasummutid peavad olema testitud ja omama mürasummutuskarakteristikuid oktaavribade kaupa. Mürasummutid peavad olema valmistatud mittepõlevatest materjalidest.

## 4.8. VENTILATSIOONITORUSTIK Nõuded

Ventilatsioonitorustik tuleb reeglina ehitada tsinkplekist spiraalvaltsiga ümartorudest. Vajadusel kasutatakse kandilise ristlõikega torustikku. Kasutatavate torude materjali valik, ehitus ja seinapaksused peavad vastama EVS 812-2 „Ehitiste tuleohutus. Osa 2: Ventilatsioonisüsteemid.” nõuetele. Painduvate ventilatsioonitorude kasutamine on lubatud vaid erandkorras, seda eelnevalt Tellijaga kirjalikult kooskõlastades. Võimlate ventilatsioonitorustik peab muljumise vältimiseks olema valmistatud vähemalt 1,0mm plekist. Selleks, et pallid ei jääks torustiku taha kinni,

peavad torud olema laest ning seinast ca 500mm kaugusel või olema kaitstud muude ehituslike konstruktsioonidega.

Ventilatsioonitorustik ühendatakse üksteisega nii, et torustik ega liitmikutarvikud ei kahjustuks. Kanaliosade paigaldamine tuleb tagada tõmbeneetide, mitte suurkruvidega, mille kasutamine on keelatud. Haru kui ka magistraaltorustikku ühendamise korral tuleb kasutada tööstuslikult toodetud tihenditega kanalühendusi. Sadulate kasutamine on lubatud vaid kokkuleppel tellijaga juhul kui harukanali läbimõõt on  $\leq 0,5$  peakanali läbimõõdust (RYL 2002 I osa G3300.10.06). Õhukanalite üleminekul väiksemale ristlõikele tuleb kasutada sujuvaid üleminekuid.

### Õhukanalite isoleerimine

Ventilatsioonitorustiku isoleerimine peab tagama, et soojuskaod ei ole optimaalsetest suuremad. Vältima peab niiskuse kondenseerumist ventilatsiooni kanali pinnal ning tagada tuleohtu.

Isoleerimine peab vastama Soome LVI 50-10344, LVI 50-10345 või EVS 860 nõuetele.

Isolatsioon teostatakse fooliumkattega mineraalvillega va šahtides, kus fooliumkate ei ole vajalik. Isolatsiooni tuleb kaitsta välistingimuste või mehaaniliste vigastuste eest plekiga. Välisõhu käes (katusel, fassaadidel jne) paiknevad õhukanalid tuleb katta veetihedalt (kandilised kanalid topelt valtsimisega ja ümarkanalid sikete teel) tsinkplekiga. Kütmata kuivades ruumides olevad kanalid ei pruugi vajada ilmastikukindlat katet, kuid nad võivad vajada mehaanilist kaitset – nt kütmata pööningud. Kui kattepleki läbimõõt/küljepikkus on  $D < 500\text{mm}$  on kattepleki paksus 0,5mm ja kui kate läbimõõt  $D \geq 500\text{mm}$ , peab kattepleki paksus olema 0,7mm. Tsingi paksus katteplekil peab olema vähemalt  $275\text{g/m}^2$ . Katteplekkide ühendused peavad olema needitud vähemalt 7tk/jm. Arhitektuursetest nõuetest tulenevalt võivad katteplekid olla värvilised, sellisel juhul tuleb eelistada PVC-ga kaetud tsingitud terasplekke.

Heliisolatsiooni paksus õhukanalitel määratakse akustiliste arvutustega.

Õhukanalite soojusisolatsiooni paksus sõltuvalt kanalisisese ning ümbritseva õhu temperatuuride vahet:

Kanali Ø(mm)	Soojustuse paksus mm					
	ΔT5° C	ΔT10°C	ΔT20° C	ΔT30° C	ΔT40°C	ΔT50° C
100	-	20	30	50	50	60
125	-	20	30	50	50	80

160	-	20	30	50	60	80
200	-	20	30	50	60	80
250	-	20	30	50	60	80
315	-	20	30	50	80	80
400	-	20	30	50	80	100
500	-	20	50	60	80	100
630	-	20	50	60	80	100
800	-	20	50	60	80	100
1000	-	20	50	80	100	120
1250	-	20	50	80	100	120

Jahutatud õhuga torudest ei isoleerita õhujaotajaga samas ruumis olevaid ühendustorusid kuni 6m ulatuses.

Tuletõkkeisolatsiooni paksuse valikul tuleb lähtuda kehtivatest nõuetest.

### Õhukanalite kinnitamine

Ventilatsioonitorustiku kinnitused tuleb teha vastavalt EVS-EN 12236 „Hoonete ventilatsioon. Ventilatsioonikanalite riputid ja toed. Nõuded tugevusele.” ja LVI 12-10370 Soome juhendmaterjal 2004 „Torustike ja kanalite kinnitamine” nõuetele. Kinnituste dimensioneerimisel tuleb lisaks torustiku kaalule arvesse võtta ka muud koormused nagu torustiku või konstruktsioonide vibratsioon ning torustiku puhastamisest tulenev koormus. Suuremõõtmeliste torustike ja kambrite puhul lisandub ka seal puhastustöid teostava inimese kaal. Ventilatsioonitorustiku kinnituste tulepüsivusaeg peab olema vähemalt sama pikk kui on torustiku tulepüsivusaeg.

Kanali Ø(mm)	Kinnituste ja toestuste max vahe-maa (m)	Min läbi-viigu ava Ø (mm)	Min nee-tide arv ka-nali ja ka-naliosade kinnitami-sel (tk)
100	3	125	3
125	3	160	3
160	3	200	3
200	3	250	3
250	3	315	3
315	3	400	4
400	3	500	4
500	3	630	4
630	3	800	5

### Ventilatsioonisüsteemide tiheduse nõuded

Ventilatsioonitorustiku tihedusklass peab olema vähemalt C (D2 p. 3.7.) . Kui paigalduse käigus esineb



tehnilisi puudujääke, peab läbi viima ventilatsiooni-kanalite survekatsetused vastavalt standardile SFS 4699 „Ilmastointi. Ilmastointilaitosten tiiviysvaatimukset.”

Õhukanalite tihedus määratakse rõhukatsega, kus mõõdetakse lekkeõhu hulka kanalite välispinna ruutmeetri kohta.

Kui ventilatsioonisüsteem on koostatud tootesertifikaadiga kanaliosadest, võib tihedust kontrollida pisteliselt. Pistelise kontrolli ulatus on 20% väljaspool ventilatsiooniseadme ruumi olevate peakanalite pindalast.

Kui õhukanalite hulgas on tootesertifikaadita detaile, suurendatakse valikkatse ulatust nende pindala võrra. Kui selliseid osi on üle 25% õhukanalite kogupinnast, tuleb mõõta kogu kanalitesüsteemi tihedust.

Juhul, kui õhukanalid on täies ulatuses valmistatud C-tihedusklassile vastavatest kontrollitud kvaliteediga ja katsetatud osadest, võib üht ruumi või ruumigruppi teenindava ventilatsioonisüsteemi tiheduskatse asendada paigaldusülevaatusena.

Õhukanalite tihedust peab mõõtma täies ulatuses järgmistel juhtudel:

- kui nende kaudu liigub radioaktiivseid, mürgiseid või söövitavaid gaase sisaldavat või muud tervist kahjustavat õhku
- kohtades, kus õhukanaleid ei ole võimalik hiljem remontida ilma ehitustarindeid rikkumata
- kui õhukanaleid on vigastatud

### Tiheduskatse

Tiheduskatse puhul luuakse ventilaatori abil katsetatavas õhukanalis nõutud üle või alarõhk (katserõhk). Seejärel mõõdetakse lekkeõhu hulk.

Ventilatsioonisüsteemide tihedusklassid vastavad standardile EVS-EN 12237 „Ventilation for buildings-Ductwork-Strength and leakage of circular sheet metal ducts”.

## 4.9. REGULEERKLAPID

Kasutada tuleb ainult testitud (reguleerimis- ja müra-karakteristikutega) IRIS- tüüpi reguleerklappe, mis on varustatud mõõtotsikutega ja mille paigaldus peab võimaldama sealt õhuhulga mõõtmise. Ümarad reguleerklapid tuleb valida sellised, mis ei ole ventilatsiooni kanalite puhastamisel takistuseks. Kandiliste

õhukanalite puhul tuleb kasutada restklappe. Kanalites ristlõike pindalaga üle 0,1 m<sup>2</sup>, kasutatakse mitme-labalisi restklappe.

## 4.10. TULETÕKESTID

Kõik tuletõkestid peavad vastama Majandus- ja taris-tuministri 02. juuni 2015.a määrus nr 54 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded”. Kõik paigaldatud tule-tõkestid peavad olema hooldatavad ja ligipääsetavad. Tuleb kaaluda tuletõkestite sidumist ja kontrollimist hooneautomaatikasüsteemiga.

Suitsugaaside levimist tuletõkketsoonis takistatakse tõusukanalitega ja õhukanalitele paigaldatavate õhuklappide abil. Õhuklapp all mõeldakse suitsugaa-side levikut tõhusalt tõkestavat väljatõmbe- või sisse-puhkeelementi või muud küllaldast voolutakistust omavat elementi. Õhuklapi või -klappide suurim lu-batud lekkeõhuvool on 42 dm<sup>3</sup>/s ruumi kohta, kui rõhkude vahe on 100 Pa (vastavalt Soome Ehitusnor-mide kogumiku osale E7 Ventilatsiooniseadmete tu-leohutus 2012 Soome). Tuletõkkeklapi termoelement peab olema vahetatav väljaspoolt. Tuletõkkeklapil peab olema väljaspoolt käsitsi käepi-demega ava-tav/suletav.

## 4.11. PUHASTUSLUUGID

Puhastusluugid tuleb paigaldada nii sissepuhke- kui ka väljatõmbetorustikele:

- sisemise sulavkaitsmega tuletõkestite juurde
- armatuuri ja seadmete juurde kui armatuur või seade ei ole kergelt eemaldatav või selle konst-ruktsioon ei võimalda torustiku puhastamist läbi selle
- üle 45° põlvede juurde
- püstikute ülemistesse ja alumistesse otstesse
- õhujaotuskambritele
- väljatõmbetorustikul sirgetele torulõikudele, kui puhastusluukide või muude puhastamist võimaldavate seadmete vahekaugus on üle 15 m. Vahekaugus võib olla pikem, kui vahepeal puuduvad puhastamist takistavad asjaolud. Sis-sepuhketorustikel võib puhastusluukide vahe-line kaugus olla kuni 15 m.

## 4.12. LÕPUELEMENDID (ÕHUJAGAJAD, RESTID JA PLAFOONID)

Lõpuelemendid tuleb valida ja paigutada nii, et kogu viibimistsooni ulatuses on tagatud efektiivne ja nõuetekohane õhuvahetus, õhu liikumisest läbi lõpuelemendi ei teki lubatust suuremat müra, lõpuelemendid summutavad piisavalt ventilatsioonitorustikust levivat müra ja omavad piisavat reguleerimisvõimet. Juhul kui reguleerimisulatus ei ole piisav, siis tuleb enne lõppelementi paigaldada täiendav reguleeriv element.

Jahutust nõudvates ruumides tuleb kasutada kõrgema külmakandja temperatuuriga mittekondenseerivaid kohtjahuteid (aktiivseid ventilatsiooniga läbipuhutavaid jahutuspalke). Lõpuelemendid peavad olema testitud ja valmistatud mittepõlevatest materjalidest. Lõpuelemente peab saama kontrollida vastava simulatsiooniprogrammiga või valiku diagrammiga.

Lõpuelementide valikul tuleb arvestada sisekujundusprojekti või töökohtade paigutusega.

Kuumkõikides (kõõgiseadmete summaarne võimsus on 20 kW või enam), tuleb kasutada eelfiltritena toimivaid kõõgikubusid, mille rasvaeraldus  $4\mu\text{m}$  rasvaosakese puhul on vähemalt 80%. Kõõgikubu järel tuleb sel juhul paigaldada eelistatult osoonigeneraator või põhjendatud juhul UV filter ja seadmesse M5 filter. Kasutada tuleb soojustagastiga ventilatsioonisüsteemi. Kuumutusseadmete kohale jäävates kubes, peavad kasutatavad valgustid olema temperatuuritaluvusega  $\geq T_{a40}$ , kaitseastmega  $IP \geq 54$ , soovitatavalt happekindel roostevaba - või alumiinium/tsink korpusega ja mehaanilise vastupidavusega  $IK \geq 08$ .

Juhul kui naaberhooned asuvad kõõgi heitõhuavale lähemal kui 16 meetrit, peab heitõhu puhastamiseks ja lõhnade elimineerimiseks kasutama täiendavaid meetmeid, kasutades aktiivsõefiltreid, osoonigeneraatorit (eelistatult) või põhjendatud juhtudel UV-filtrit.

## 4.13. VENTILATSIOONITORUSTIKE PUHTUS

Ehituse ajal tuleb ventilatsioonitorustik hoida suletuna, et vältida ehitustolmu jms sattumist torustikku. Enne objekti üleandmist Tellijale, on töövõtjal kohustus ventilatsioonitorustikud puhastada ja esitada Tellijale torustike ülevaatusvideoraport Tellija poolt ettenäidatud kohtadest. Torustike puhastusaste

peab vastama Soome standardile Suomen Sisäilmayhdistys „Sisäilmastoluokitus 2008” visuaalsele puhtusklassile  $P1 \leq 0,7 \text{ g/m}^2$ .

Peale ehitustööde lõppemist ja vahetult enne objekti üleandmist peavad ventilatsioonitorustikud olema puhastatud. Vastav tõenduskohustus (videoraport) lasub Töövõtjal.

## Õhkkardinad

Õhkkardinad tuleb valida sõltuvalt ruumi kasutusotatsrbest, kasutusajast, ning ava kõrgusest ja laiuselt. Õhkkardina õhuvooluhulk tuleb reeglina valida vähemalt  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$  arvestuslikult  $1 \text{ m}^2$  suuruse ava kohta. Oluline on jälgida ka õhkkardina õhuvoolukiirust õhkkardina all oleval põrandapinnal mis peab reeglina olema  $\geq 3,0 \text{ m/s}$ . Erandjuhtudel kui tingimused ei ole täidetavad või täitmine ei ole mõistlik ja põhjendatud tuleb nii õhuvooluhulk kui ka õhukiirus põrandapinnal kooskõlastada tellijaga

## 4.14. MÕÕDISTAMINE JA SEADISTAMINE

Pärast ventilatsioonisüsteemi õhuhulkade tasakaalustamist peab töövõtja mõõtma õhuvooluhulgad ja seadistama kõik õhujaotajad. Vajalik on teostada tehnosüsteemide müra ja õhuliikumiskiiruse kontrollmõõtmised inimeste viibimistsoonis üldjuhul vähemalt 10-s ruumis (ruumide valik tuleb kokku leppida tellijaga). Töövõtja peab täiendavalt protokollima ja tellijale esitama järgmised mõõteprotokollid: müra, kogu hoone SFP, ventilatsioonisüsteemide SFP<sub>v</sub>, ventilatsiooniagregaadis olevat rõhkude vahet õhuvõtu ja väljapuhke sektsioonide vahel (kontrollimaks puhtakspuhumissektori toimivust).

## 4.15. AUTOMAATIKA

Ventilatsiooniagregaadid tuleb ühendada tsentraalse hooneautomaatikaga, mille kaudu toimub jälgimine, juhtimine ja häirete töötlemine. Visualiseeritavad parameetrid on toodud kaardil „Hooneautomaatika“ tabelis „Parameetrite ja häirete prioriteetide tabel“ (peaarvesti, küttekontuur, ventilatsiooni kontuur). Agregaatide juhtimine peab olema võimalik samuti kohapealse ventilatsiooniagregaadi kontrolleri ekraanilt. Spordisaalide, aulate, suuremate auditoriumite ja muude ruumide suure õhuvahetuskuluga ventilatsiooniagregaate peab olema võimalik käsitsi lühiajaliselt sisse lülitada või peab olema juhitud vajaduspõhiselt ( $\text{CO}_2$ ,  $^\circ\text{C}$ ) vasatavalt ruumide tegelikule kasutusele ja kasutusintensiivsusele.

Keelatud on kasutada tehases paigaldatud automaatikat, ventilatsiooniagregaadi automaatika peab olema ehitaja töövõtt, välja arvatud juhul, kui tehases paigaldatud automaatika vastab „Hooneautomaatika“ kaardile ning varustatud hooneautomaatikas kasutatava protokolliga (LON, M-bus, Modbus või Bacnet). Automaatikakaardi valik tuleb kooskõlastada automaatika töövõtjaga.