

John Petäistö

# Teknisten tilojen normaali ilmanvaihto ja ylilämmön poisto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

20.10.2014

Tekijä Otsikko	John Petäistö Teknisten tilojen ilmanvaihto ja yllämmön poisto
Sivumäärä Aika	35 sivua + 4 liitettä 20.10.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	insinööri Antti Pitkänen lehtori Seppo Inanen
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena on selvittää teknisille tiloille sopivia ilmanvaihto- sekä yllämmönpoistoratkaisuja. Työssä käsiteltävät tekniset tilat ovat ilmanvaihtokonehuoneet, lämmönjakohuoneet, sähkötilat sekä jäähdytysjärjestelmällä varustetut konehuoneet. Työ rajoittuu uudisrakennettuihin tai peruskorjattuihin kouluihin, päiväkoteihin, toimistorakennuksiin ja muihin tavanomaisiin rakennuksiin.</p> <p>Työssä perehdyttiin teknisten tilojen ilmanvaihdolle asetettuihin määräyksiin ja mitattiin palvelinhuoneen ja lämmönjakohuoneen lämpökuormia. Työssä myös haastateltiin suunnittelijoita, laitevalmistajia ja viranomaisia.</p> <p>Insinöörityössä päädyttiin siihen, että teknisille tiloille on suunniteltava tulo- poistoilmanvaihto, siten että ilma vaihtuu vähintään kerran kahdessa tunnissa. Työssä laskettiin lämmönjakokeskuksen hukkalämpö ja sen perusteella päädyttiin siihen, että lämmönjakohuoneen yllämmön poisto mitoitetaan lämmönsiirtimien tehon mukaan ilmavirralla <math>0,1 \text{ dm}^3/\text{s} / 1 \text{ kW}</math>:a kohden. Yllämmönpoistoa ohjaa termostaatti. Työssä laskettiin myös katolla olevan ilmanvaihtokonehuoneen kesäaikainen lämpökuorma. Esimerkkilaskelman ilmanvaihtokonehuoneessa ei tarvittu yllämmönpoistoa. Yllämmön poistoratkaisu suunnitellaan aina tapauskohtaisesti lämpökuormien perusteella. Haastatteleamalla saatiin kokemuseräistä tietoa laitteiden lämpökuormista.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tuloksia tullaan käyttämään pohjana, kun yritykselle laaditaan teknisten tilojen ilmanvaihdon ja yllämmön poiston suunnitteluohje.</p>	
Avainsanat	LVI, tekninen tila, ilmanvaihto, yllämmön poisto

Authors Title Number of Pages Date	John Petäistö Ventilation of technical rooms and removal of excess heat from technical rooms 35 pages + 4 appendices 20 October 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production oriented
Instructors	Antti Pitkänen, Bachelor of Engineering Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to determine what kind of system would be the best for exchanging air and removing heat from utility rooms. The thesis was limited to the study of newly constructed and renovated schools, daycare centers, office buildings or other similar structures.</p> <p>The focus was on the norms and requirements for the air exchange in utility rooms. Further, the amount of excess heat generated in computer rooms and heat distribution rooms was measured and engineers, equipment manufacturers, and public authorities were interviewed.</p> <p>It was concluded that these technical facilities should be designed to ensure an exchange rate of once every two hours. Excess heat removal solutions were designed on the basis of calculated thermal loads. On this basis, the excess heat was calibrated at a measured airflow of 0.1 dm<sup>3</sup>/s per each measured kW. The study calculated the thermal loads of rooftop air exchange units operating at summer temperatures. In the sample facility used, there was no need for excess heat removal. Each site is unique, so the thermal loads must be calculated individually. The interviews verified the actual thermal loads of active installations.</p> <p>In the future, the results of this study will be used as the basis of any ventilation or excess heat removal plan of utility rooms.</p>	
Keywords	HVAC, technical room, ventilation, removal of excess heat

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teknisten tilojen ilmanvaihto	2
3	Määräykset ja ohjeet	2
3.1	Määräykset	2
3.2	Ohjeet	3
3.3	Sisäilmastoluokitus	3
4	Ilmanvaihtokonehuoneet	4
4.1	Yleistä	4
4.2	IV-konehuoneen normaali ilmanvaihto	4
4.3	IV-konehuoneen yllämmön poisto	6
4.3.1	Palotekniset ratkaisut	7
4.3.2	Äänitekniset ratkaisut	8
5	Katolla olevan IV-konehuoneen lämpökuorma	8
6	Lämmönjakohuoneet	10
6.1	Normaali ilmanvaihto	10
6.2	Suodatinluokka	10
6.3	Palotekniset ratkaisut	11
6.4	Äänitekniset ratkaisut	11
6.4.1	Yllämmön poisto	11
6.4.2	Yllämmön poiston mitoitus	12
6.5	Ilmamäärän määräytyminen	13
6.6	Suunnitteluratkaisut	13
7	Lämmönjakokeskuksen häviöteho peruskorjatussa koulussa	14
7.1	Kohteen ilmanvaihto	15
7.2	Lämpökuormat	16
7.2.1	Eristetyt putket ja lämmönsiirtimet	16
7.2.2	Eristämättömät putket ja pumput	16

8	Sähkö- ja teletilat	22
8.1	Yleistä	22
8.2	Lämpötila ja lämpökuorma teletiloissa	22
8.3	Lämpötila sähkötiloissa	23
8.4	Lämpökuorma tarkkaamoissa ja äänentoistotiloissa.	23
8.5	Suunnitteluratkaisut	23
8.5.1	ATK- ja sähkökomerot	24
8.5.2	Ryhmäkeskustilat	24
8.5.3	Suodatustasovaatimukset	24
8.6	Esimerkkikohde	25
8.6.1	Sähköteho	26
8.6.2	Sähköteho ja kulutusmittaus	26
8.7	Mittaustulokset	26
9	Muuntamotilat	28
9.1	Yleistä	28
9.2	Lämpötila muuntamotiloissa	29
10	Jäähdytysjärjestelmällä varustettu konehuone	30
10.1	Yleistä	30
10.2	Jäähdytystehontarpeen ja ilmamäärän mitoitus	30
10.3	Hätätuuletus	31
10.4	Tunnistimet	32
10.5	Kylmäpiirin varoventtiilin ulospuhallusjohto	32
11	Yhteenveto	33
	Lähteet	34

## Liitteet

Liite 1. Toimistorakennuksen katolla olevan IVKH:n lähtötiedot ja olosuhdesimulointi (3 sivua)

Liite 2. Lämpökuvausraportti peruskorjatun koulun lämmönjakohuoneesta (14 sivua)

Liite 3. Peruskorjatun koulun LJH:n putkien ja osien lämpöhäviölaskelmat (5 sivua)

Liite 4. Peruskorjatun koulun LJH:n eristämättömien putkien lämpöhäviölaskelmat -1 °C ulkolämpötilassa (20 sivua)

## Lyhenteet

<b>ATEL</b>	Acute Toxicity Exposure Limit, välittömän myrkyllisyyden altistusaste
<b>A2-s1, d0</b>	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu. Savuntuotto on erittäin vähäistä. Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
<b>B-s1, d0</b>	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu. Savuntuotto on erittäin vähäistä. Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
<b>COP</b>	Coefficient Of Performance. Lämpökerroin, kuvaa kuinka paljon pumppu tuottaa lämpöä tai kylmää suhteessa sen käyttämään sähköenergiaan.
<b>DFL-s1</b>	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä. Savuntuotto on erittäin vähäistä.
<b>D2</b>	Rakentamismääräyskokoelman osa; Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto
<b>GWP</b>	Global Warming Potential, kylmäaineen ilmastoja lämmittävä vaikutus
<b>IVKH</b>	ilmanvaihtokonehuone
<b>LFL</b>	Lower Flammability limit, alempi syttyvyysraja
<b>LJH</b>	lämmönjakohuone, rakennuksessa oleva erillinen tila, jossa lämmönjakokeskus sijaitsee
<b>LTO</b>	lämmöntalteenotto
<b>ODL</b>	Oxygen Deprivation Limit, hapenpuutteen raja
<b>ODP</b>	Ozone Depletion Potential , kylmäaineen otsonikerrosta tuhoava vaikutus
<b>RakMK</b>	Suomen rakentamismääräyskokoelma

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää uudisrakennetun tai peruskorjatun koulun, päiväkodin, toimistorakennusten ja muiden tavanomaisten rakennusten ilmanvaihtokonehuoneille, lämmönjakohuoneille ja sähkötiloille sopivia ilmanvaihto- sekä yllilämmönpoistoratkaisuja ja tehdä niistä yrityksen omat teknisten tilojen ilmanvaihdon ja yllilämmön poiston suunnitteluohjeet.

Työn toimeksiantajana on Insinööritoimisto Äyräväinen Oy, joka on erikoistunut mm. hotellien, koulujen, päiväkotien, toimistorakennusten ja maanalaisten turvatiilojen LVIAJ-korjausrakennussuunnitteluun. Myös uudisrakennusten LVIAJ-suunnittelu ja talotekninen konsultointi kuuluu yrityksen toimenkuvaan. Yritys on toiminut vuodesta 1972 lähtien. Se työllistää 33 henkilöä, ja sillä on toimistot Helsingissä ja Rovaniemellä.

[1]

## 2 Teknisten tilojen ilmanvaihto

Teknisellä tilalla tarkoitetaan erillistä tilaa, jossa lämmönjakokeskuksen lisäksi voi sijoittaa muita yhdyskuntatekniikan vaatimia laitteita esim. ilmanvaihto-, vesi-, sähkö- ja tietoliikennejärjestelmien laitteita. Tarkoituksenmukaista olisi varata jokaiselle rakennukseen tulevalle tekniselle järjestelmälle omat, toisistaan fyysisesti erotetut tilansa. Myös jälkepäin varmuudella tuleva laajennustarve tulee ottaa huomioon. [17, s. 32.]

Teknisten tilojen ilmanvaihdon mitoitus poikkeaa tavanomaisten tilojen ilmanvaihdosta siinä, että mitoittavat tekijät eivät ole ihmisperäisiä päästöjä tai rakennusten rakenteiden ja pintamateriaalien aiheuttamat päästöt. Ilmanvaihdon ja jäähdytyksen mitoitus perustuu laitteiden lämmönluovutukseen, ympäröivien rakenteiden läpi tapahtuvaan lämmön siirtymiseen ulos ja sisään sekä tilan toivottuun lämpötilaan..

## 3 Määräykset ja ohjeet

### 3.1 Määräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 todetaan, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti ja oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. [2, s. 5.]

Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastovaatimukset on suunniteltu toteutuviksi. Yleensä oleskeluvyöhyke on vähintään huonetilan osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista. [2, s. 4.]

Tekniset tilat eivät yleensä kuulu oleskelutiloihin, mutta sisäilmaston on oltava terveellinen ja turvallinen myös huoltotoimenpiteitä ajatellen. Ilmanvaihto voi olla luonnollinen tai koneellinen.



### 3.2 Ohjeet

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 ei anna erikseen teknisille tiloille ohjeellisia vähimmäisilmamääriä. Määräys on, että oleskelutiloihin on käyttöaikana johdettava terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilman laadun takaava ulkoilmavirta. Ohjeen mukaan yleensä ulkoilmavirta tulee kuitenkin olla vähintään  $0,35 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ , joka vastaa ilmanvaihtokerrointa  $0,5 \text{ 1/h}$  huoneessa, jonka vapaa korkeus on  $2,5 \text{ m}$ . Ilmanvaihtokerroin kuvaa, kuinka monta kertaa aikayksikköä kohden huoneen ilma vaihtuu. Se lasketaan jakamalla huoneeseen tuleva ilmavirta huoneen tilavuudella.  $(\text{m}^3\text{/h)/m}^3 = \text{1/h}$ . [2, s. 5.]

Ilmavirta  $0,35 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$  vastaa varaston poistoilmamäärää. D2:n minimi-ilmamäärä varastoille on rakennustyyppistä riippuen  $0,35\text{-}0,5 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$  [3, s.14].

Tekniset tilat kuuluvat poistoilmaluokkaan 1, mikäli niissä ei ole hajua tuottavia lähteitä [12]. Tekniset tilat sisältävät vain vähän epäpuhtauksia ja ne voidaan poistoilmaluokan perusteella yhdistää muihin kiinteistön ilmanvaihtokanaviin, jos tilaa ei ole määrätty paloteknisesti eri osastoksi kuin muu kiinteistö. [17, s. 25.]

Uuden Energiateollisuuden Määräykset ja ohjeet K1/2013 -julkaisun mukaan uudisrakennuksissa tulee käyttää ilmanvaihtoverkostossa mitoituslämpötilaa  $60/30 \text{ }^\circ\text{C}$  [23]. Tämä laskee lämmönjakohuoneiden lämpökuormia uusissa lämmönjakohuoneissa, vanhoissa K1/2003 määräyksissä lämpötilat olivat  $70/40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 3.3 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmayhdistys ry:n julkaisema Sisäilmastoluokitus 2008 jaottaa sisäilmasto-olosuhteet kolmeen laatuluokkaan S1, S2 ja S3. S1 on paras ja takaa yksilöllisen sisäilmaston, S2 on hyvä sisäilmasto ja S3 tyydyttävä, RakMK D2:n edellyttämä. [3]

Teknisille tiloille riittää D2:n määrittelemä S3-luokan sisäilmasto.

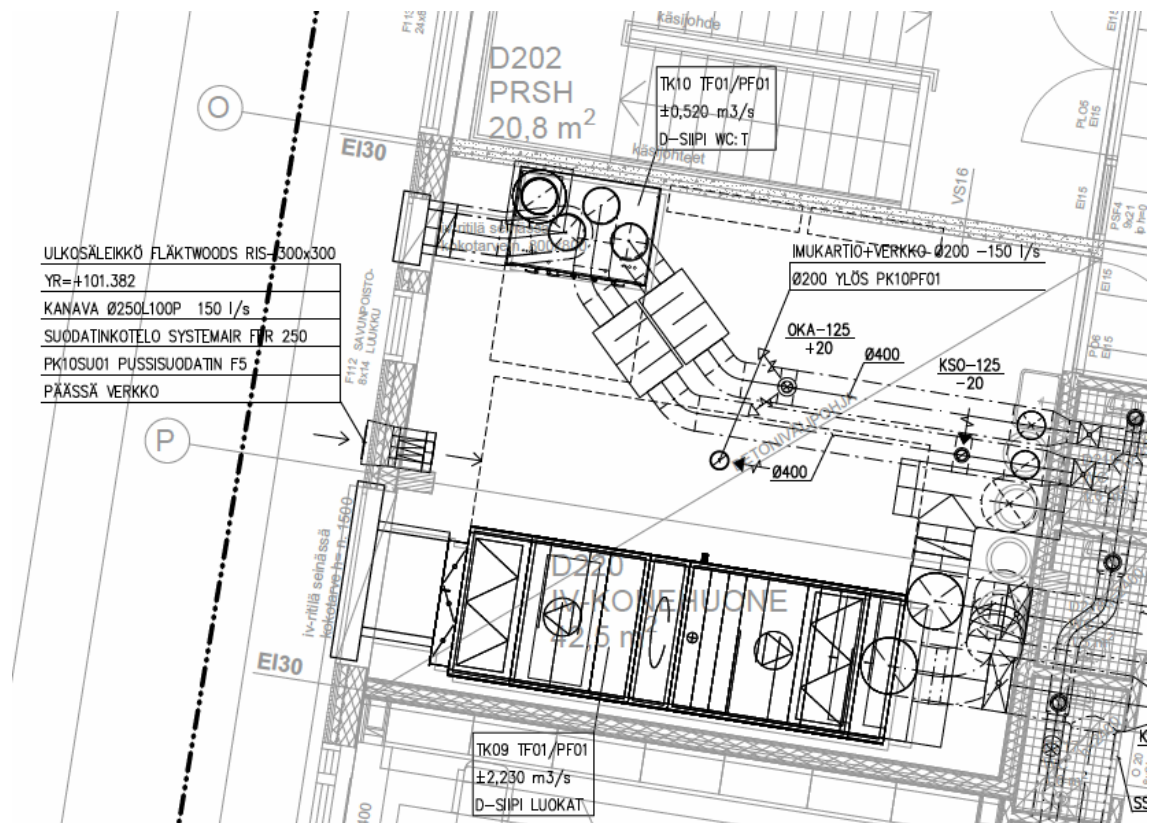
## 4 Ilmanvaihtokonehuoneet

### 4.1 Yleistä

Vanhan käsityksen mukaan ilmanvaihtokoneet ja -konehuoneet ovat olleet ”harakanpesiä” ja ilmanvaihtokonehuoneiden ilmanvaihdolle on riittänyt ilmanvaihtokoneiden vuotoilma. Nykyiset ympäristöministeriön Ilmankäsittelykoneiden tyyppihyväksyntäohjeet 2008 määräävät kuitenkin ilmankäsittelykoneiden vaipalle tiettyjä tiiveysvaatimuksia [6] ja ilmanvaihtokoneet ovat hyvinkin tiiviitä. Tästä syystä iv-konehuoneiden ilmanvaihtoon ja yllämmön poistoon on kiinnitettävä huomiota varsinkin jos iv-konehuone sijaitsee katolla, mahdollisen auringon tuottaman lämpökuorman vuoksi.

### 4.2 IV-konehuoneen normaali ilmanvaihto

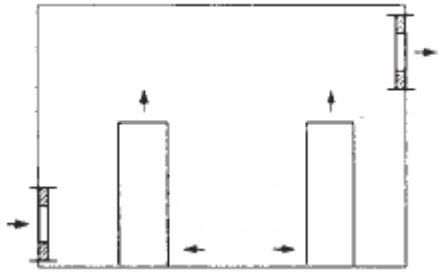
Ilmanvaihtokonehuoneissa normaali tulo-poistoilmanvaihto toteutetaan yleensä kana-  
vahaaroilla runkokanavista. Tuolloin järjestelmä on parempi, kun myös IV-konehuoneesta lähtevä ylimääräinen lämpö otetaan talteen. Esimerkki koneellisesti toteutetusta normaali-ilmanvaihdosta IV-konehuoneessa on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. IVKH:n normaali ilmanvaihto yleiskanavista sekä yllämmön poisto huippumurilla

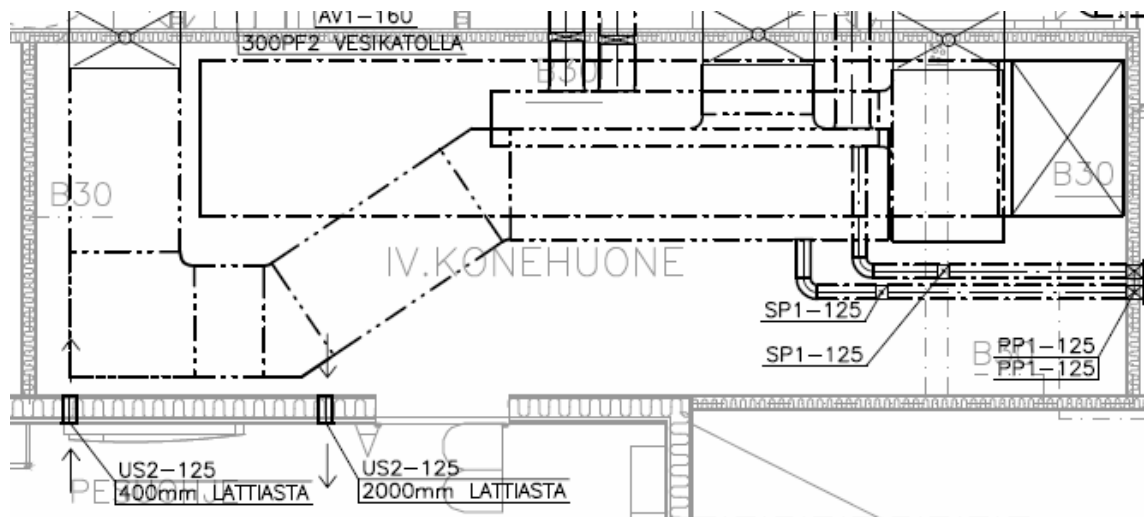
Toteutettaessa iv-konehuoneen normaali ilmanvaihto koneellisesti ilmamäärien määritymisessä on noudatettava vähintään D2:n määräämiä minimi-ilmamääriä, jolloin ilman tulisi vaihtua kerran kahdessa tunnissa, joka vastaa ilmamäärää  $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ .

IV-konehuoneen ilmanvaihto voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa myös painovoimaisella ilmanvaihdolla, jossa ilmavirta tuodaan huonetilaan ilman ominaispaine-eroa hyväksikäyttäen. Tilassa tuloilma lämpiää ja nousee ylös, eli paikkaan, jonne poistot sijoitetaan. Ilman virtaus painovoimaisesti toteutetussa teknisessä tilassa on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. Painovoimaisen ilmanvaihdon periaate [28]

Painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtoa ei saa sekoittaa keskenään. Painovoimainen ilmanvaihto sopii ainoastaan IV-konehuoneeseen jossa sekoitusta ei pääse tapahtumaan. Esimerkki painovoimaisesta ilmanvaihdosta IV-konehuoneessa kuvassa 3.



Kuva 3. Painovoimainen ilmanvaihto toteutettuna IV-konehuoneeseen

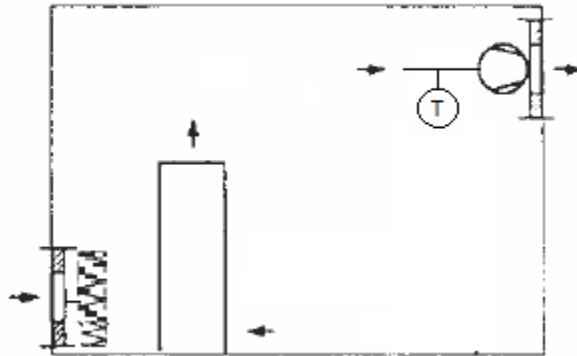
#### 4.3 IV-konehuoneen yllämmön poisto

IV-konehuoneessa puhaltimien moottoreiden tuottama lämpö siirtyy puhallettavaan ilmaan. Lähtökohtaisesti IV-koneiden takia yllämmön poistoa IV-konehuoneissa ei tarvita. Kuitenkin IV-konehuoneessa lämpöä tuottavat myös mahdolliset ulkoiset kuormat, tuloilman lämmityspatterien eristämättömät osuudet sekä säätö- ja valvontalaitteet.

Laitteiden lämpökuormat lasketaan aina tapauskohtaisesti. Mikäli normaali ilmanvaihto ei riitä poistamaan lämpökuormia, normaali-ilmanvaihdon lisäksi suositellaan termo-

staattiohjattua ylälämmön poistoa, varsinkin jos konehuone sijaitsee rakennuksen katolla, jolloin kesäaikana konehuoneen lämpötila voi nousta hyvinkin korkeaksi.

Ylälämmön poisto toteutetaan termostaattiohjatulla poistoilmapuhaltimella. Korvausilma tuodaan suodatettuna suoraan ulkoa. Esimerkki termostaattiohjatusta ylälämmön poistosta kuvassa 4.



Kuva 4. Termostaattiohjattu ylälämmön poisto

#### 4.3.1 Palotekniset ratkaisut

Mikäli konehuone sijaitsee eri palo-osastossa kuin muut tilat, on se rajattava paloteknisesti RakMK E7:n mukaan ja on käytettävä palopeltejä. Jos IV-konehuone on määrätty paloteknisesti eri osastoksi kuin muu kiinteistö, tilan voi liittää yleiseen koneelliseen ilmanvaihtoon, kun kanavassa on palopellit.

Keskusilmanvaihtolaitteiston koneet sijoitetaan palotekniset vaatimukset täyttävään konehuoneeseen tai kammioon. Tämä ei ole tarpeen, jos koneet on sijoitettu rakennuksen ulkopuolelle siten, ettei niistä aiheudu palon leviämisvaaraa. Mikäli yhtä palo-osastoa palvelevan ilmanvaihtolaitteiston koneet sijaitsevat toisen palo-osaston alueella, ne paloeristetään RakMK E7 mukaisesti tai sijoitetaan vastaavan palonkestovaatimuksen täyttävään koteloon tai osastoituun konehuoneeseen.

Keskusilmanvaihtolaitteiston konehuone tai kammio muodostetaan omaksi palo-osastoksi. P1-luokan rakennuksessa osastointi tehdään A2-s1,d0 -luokan rakennusosin EI 60 -luokkaisesti. P2-luokan 3–4-kerroksisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa osastointi tehdään EI 60 -luokkaisesti. Muissa P2-luokan rakennuksissa osastointivaatimus on EI 30. Näiden tilojen sisäpuolisten seinä- ja kattopintojen luokkavaatimus on B-s1,d0. Tarvittaessa sisäpinnat varustetaan RakMK E1:n mukaisella suojaverhouksella. P3-luokan rakennuksissa osastointi tehdään EI 30 -luokkaisin rakennusosin. Sisäpuolisten seinä- ja kattopintojen luokkavaatimus on B-s1,d0. Ilmanvaihtokonehuoneen tai kammion lattia tehdään

vähintään DFL-s1-luokan rakennustarvikkeista. Konehuoneen ja kammion oven palonkestoaja on vähintään puolet seinän palonkestoajasta.

[7, s. 5–6]

#### 4.3.2 Äänitekniset ratkaisut

Mikäli IV-konehuoneen ilmanvaihto toteutetaan koneellisesti yleisen ilmanvaihdon kautta, tulee äänenvaimentimien sijoitteluun kiinnittää huomiota, etteivät IV-konehuoneen äänet kantaudu muihin tiloihin.

Mikäli käytetään huippuimuria, on ulospuhalluskanava varustettava tarvittavalla äänenvaimennuksella niin, ettei äänitaso rakennuksen ulkopuolella ylitä arvoa 45 dB(A). [18, s. 7.]

## 5 Katolla olevan IV-konehuoneen lämpökuorma

Katolla olevan IV-konehuoneen kesätilanteen yllämmönpoiston tarpeellisuuden varmistamiseksi tehtiin lämpökuormalaskelma esimerkkikohteeseen Riuska-olosuhde- ja energiasimulointiohjelmalla käyttäen. Riuska käyttää dynaamista, ajasta riippuvaa laskentamenetelmää, jolloin jäähdytystehontarpeen lisäksi käy ilmi myös mahdollinen lämmitystehontarve.

Katolla olevan iv-konehuoneen lämpökuorma muodostuu pääosin taajuusmuuntajien häviötehosta ja ulkoisista kuormista. Kesällä ilmanvaihdon lämmityspatterit eivät tuota lämpökuormaa.

Laskennassa käytetyt lähtötiedot

- Ilmanvaihtokonehuoneen koko 7 m \* 13 m eli 91 m<sup>2</sup>
- Korkeus 3,5 m eli tilavuus 318,5 m<sup>3</sup>
- Ilmanvuotoluku q<sub>50</sub> = 4,0 m<sup>3</sup>/(h,m<sup>2</sup>)
- Ulkoseinät Paroc-elementti 240 mm + konehuoneakustointivilla 50 mm, rakennepaksuus 290 mm, U=0,14 W/m<sup>2</sup>K

- Yläpohja teräspoimulevyrakenne, rakennepaksuus 256 mm,  $U=0,16$  W/m<sup>2</sup>K
- Lattiana ontelolaattavälipohja
- Mitoitussää testivuosi 1979, Helsinki, heinäkuu, ulkolämpötila max. 25 °C
- Taajuusmuuttajien hyötysuhde 95 % eli lämpökuorma  $0,05 \cdot$  puhaltimien ottoteho  $(2,31+1,74+1,88+1,81+0,462+0,339+1,83+1,81) = 0,609$  kW, klo 7-17
- Lämmitysverkosto kesällä pois päältä eli IV-lämmitysputkista ei tule lämpökuormaa
- Ei ihmis- eikä valaistuskuormaa
- Varastoilmanvaihto vakioilmavirta  $0,35$  dm<sup>3</sup>/(s,m<sup>2</sup>) eli  $32$  dm<sup>3</sup>/s, klo 7-17
- Ei jäähdytystä eikä jäähdytettyä tuloilmaa.

Liitteen 1 laskennan mukaan tilan lämpötila on simuloinnin mukaan 29,5...30,8 °C.  
[liite 1]

Ilmanvaihtokoneiden taajuusmuuttajien olosuhdelämpötilat ovat 0... +40 °C. Lämpötila saa laskea -10 °C:seen, mutta huurtuminen ei ole sallittua. Lämpötila saa nousta +50 °C:seen, mutta silloin täytyy redusoida tehoa, eli tarkastaa kuormitus. [22]

Laskennan ja taajuusmuuntajien olosuhdelämpötilojen puolesta yllilämmön poistoa ei esimerkkitapauksen ilmanvaihtokonehuoneessa tarvita. Käytännön kannalta lämpötila olisi hyvä pitää kuitenkin alle +28 °C:n, jolloin termostaattiohjatulle poistoilmapuhaltimelle tulee tarve.

## 6 Lämmönjakohuoneet

Ilmanvaihto suunnitellaan yleensä lämmönjakohuoneessa syntyvän häviötehon mukaan. Tulo- ja poistoilman lämpötilaeroa valittaessa otetaan huomioon siirtimien kuormituksen ajallinen vaihtelu, käytännössä termostaattiohjatulla yllämmön poistolla.

### 6.1 Normaali ilmanvaihto

Tekninen laitetila varustetaan riittävällä ja tarvittaessa säädettävällä ilmanvaihdolla. [5]

Ilmakanavat johdetaan suoraan ulkoilmaan. Tuloilma otetaan mahdollisimman pölyttömästä ja viileästä paikasta. Tuloilmakanavassa käytetään yleensä suodatinta. Erityisesti taajama-alueilla suodattimen laatuun on kiinnitettävä huomiota.

### 6.2 Suodatinluokka

Ulkoilma on hyvä suodattaa pienhiukkasten varalta ennen kuin se tuodaan lämmönjakohuoneisiin. Koska lämmönjakohuoneissa on säätölaitteita, voidaan katsoa taulukon 1 sähkötilojen suodatussuosituksia, jolloin lämmönjakohuoneissa yllämmönpoiston korvausilmakanavaan asetetaan pussisuodatin luokaltaan F7 tai hienempi. Suodatinluokkaa voidaan nostaa kohteen sijainnin tarpeen mukaan.

Suodatinluokat ja niiden tunnuksot perustuvat kansainvälisiin testausmenetelmiin ja standardeihin. Luokan G1 suodatin pysäyttää kaikkein karkeimmat hiukkaset, kun taas U17-luokan suodattimet pystyvät erottelmaan ultrapieniä hiukkasia. Kaikille suotimille ilmoitetaan myös prosenttiluku, joka kertoo suodattimeen jääneiden hiukkasten osuuden koko hiukkasmassasta. [27]

Suodattimet jakautuvat kolmeen eri luokkaan: karkeat suodattimet (G1-G4), hienosuodattimet (F5-F9) ja HEPA- (H10-H14) ja ULPA-suodattimet (U15-U17).



Hienosuodattimien kohdalla prosenttiluku kertoo, kuinka suuri osa yli 0,4 mikrometrin kokoisista hiukkasista (1  $\mu\text{m}$  on millin tuhannesosa) on jäänyt suodattimeen. Esimerkiksi

F5  $\geq$  40%

F6  $\geq$  60%

F7  $\geq$  80%

F8  $\geq$  90%

F9  $\geq$  95%

### 6.3 Palotekniset ratkaisut

Lämmönjakohuone ei yleensä ole erillinen palo-osasto. Ilmanvaihtaukkojen etäisyys yläpuolella olevista ikkunoista on oltava määräysten mukainen. Tarvittaessa on käytettävä palopeltiä. Ilmanvaihtolaitteille on varattava riittävä huoltotila.

### 6.4 Äänitekniset ratkaisut

Ilman otsapintanopeuden ilmanottosäleikössä tulee olla korkeintaan 2 m/s [2]. Ilmanvaihdon aiheuttama runkorakenteisiin johtuva ääni vaimennetaan riittävästi. Ilmanpaineesta avautuvia ulkosäleikköjä vältetään.

Ilmakanavien ulkoilmanpuoleisessa päässä on oltava vahva kiinteä säleikkö tai teräsverkko, jonka reiän sivun pituus saa olla enintään 20 mm. Säleikön rakenteen on oltava sellainen, ettei sen läpi voida työntää esineitä vaarallisesti lämmönjakohuoneeseen. Säleikön tulee olla sellainen, ettei sadevesiä pääse lämmönjakohuoneeseen. [9]

#### 6.4.1 Ylilämmön poisto

Lämpötilan nousu estetään ensisijaisesti putkistojen ja laitteiden lämmöneristyksellä.[5] Lämmönjakohuoneessa syntyvä häviölämpö on poistettava. Teknisen laittilan sisä-

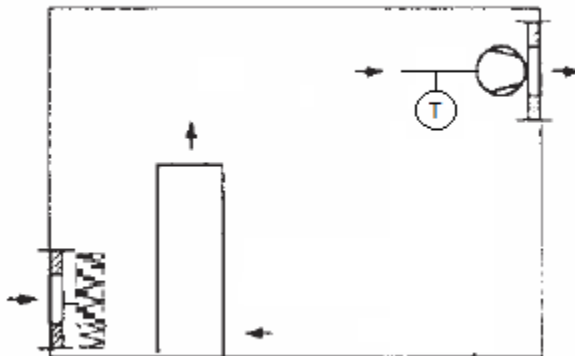
lämpötilan on oltava yli 10 °C. Lämpötila ei saa nousta yli 35 °C:n. [5] Kuvassa 5 on esitetty termostaattiohjatun ylilämmön poiston periaate.

Ylilämmön poistossa käytetään ensisijaisesti poistoilmapuhallinta. Tuloilmapuhaltimia ei suositeta koska ylipaineistus johtaa kosteuden työntymiseen rakenteisiin.

Ilmanvaihtokanavat johdetaan suoraan ulkoilmaan ja tuloilma otetaan mahdollisimman pölyttömästä paikasta. Tuloilma-aukko suunnataan mielellään mahdollisimman lähelle lämmönlähdettä.

Ilmanvaihtokanavien ulkoilman puoleiseen päähän suositellaan vahvaa kiinteää säleikköä, jonka silmäkoko on enintään 20 mm. [17, s. 24.]

LJH:n ulkopuolisten hormien rakenteen on täytettävä palomääräysten vaatimukset (E7). Palopeltien käyttö on mahdollista.



Kuva 5. Termostaattiohjattu ylilämmön poisto

#### 6.4.2 Ylilämmön poiston mitoitus

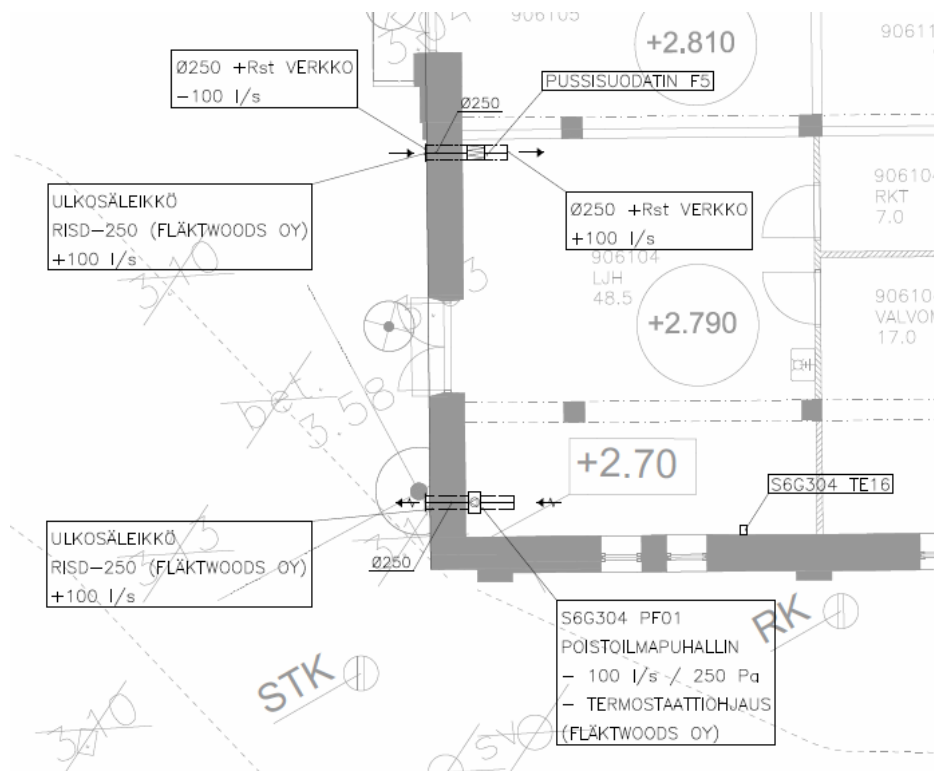
Ylilämmön poisto hoidetaan termostaattiohjauksella poistoilmapuhaltimella ja ilmaviraksi asetetaan yleensä 50–100 dm<sup>3</sup>/s, jolloin kanavakoot pysyvät järkevinä eikä äänenvaimennusta tarvita mutta kuitenkin lämpötila saadaan laskettua tarpeenmukaisesti.

## 6.5 Ilmamäärän määräytyminen

Lämmönjakohuoneissa koneellisesti toteutettuna normaali ilmanvaihto on 0,5-kertainen.

## 6.6 Suunnitteluratkaisut

Kuvassa 6 esitetään ratkaisu lämmönjakohuoneen yllämmönpoistoon. Ratkaisussa käytetään termostaattiohjattua yllämmönpoistopuhallinta.



Kuva 6. Lämmönjakohuoneen yllämmön poisto termostaattiohjatulla poistoilmapuhaltimella

Suunnitelmissa on esitettävä siirtimen toiminnan tarkastelu siinä käyttötilanteessa, jossa siirtimen virtamat ovat suurimmat (esim. täyden ilmanvaihdon alimmassa lämpötilassa).

## 7 Lämmönjakokeskuksen häviöteho peruskorjatussa koulussa

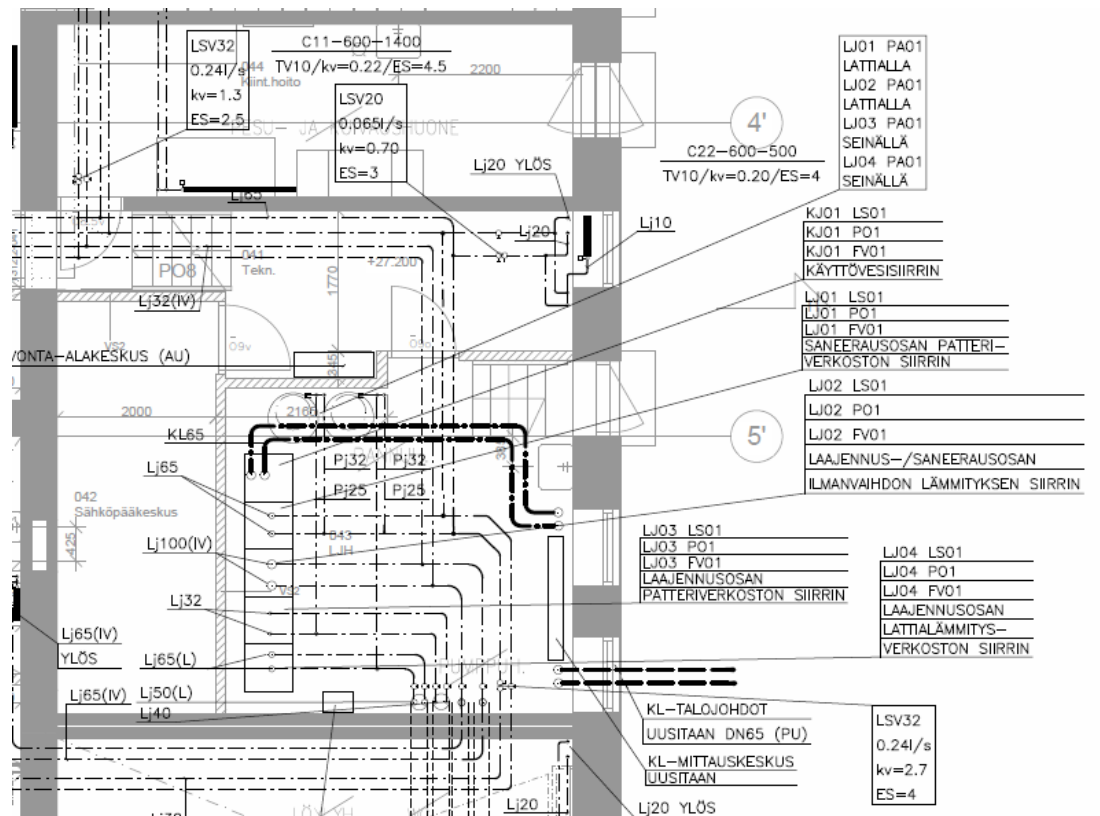
Lämmönjakohuoneen pintalämpötila- ja lämpökuvausmittaukset suoritettiin peruskorjatun koulun lämmönjakohuoneesta (kuva 7). Lämmönjakokeskus sisälsi viisi lämmönvaihdinta(kuva 8). Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella eristettyjen ja eristämättömien putkien ja komponenttien luovuttamaa hukkalämpöä lämpökamerakuvauksella ja pintalämpötilamittarilla. Lämmönsiirtimien tiedot ja tehot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Lämmönsiirtimet ja niiden tehot

SIIRTIMET Yksikkö VALMISTAJA	Käyttövesi LS01		Lämmitys LS02		Ilmanvaihto LS03		Lämmitys LS04		Lattialämmitys LS05	
Malli										
Teho kW	300		180		430		50		40	
	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio
Virtaus dm <sup>3</sup> /s	1.50	1.50	0.89	2.20	1.51	3.47	0.18	0.40	0.13	1.93
Lämpötilat C-aste	70/22	10/58	115/65	60/80	115/45	40/70	115/45	40/70	115/30	30/35
Painehäviö kPa	19	13	1	18	4	19	2	6	1	19
Suun.paine MPa	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6



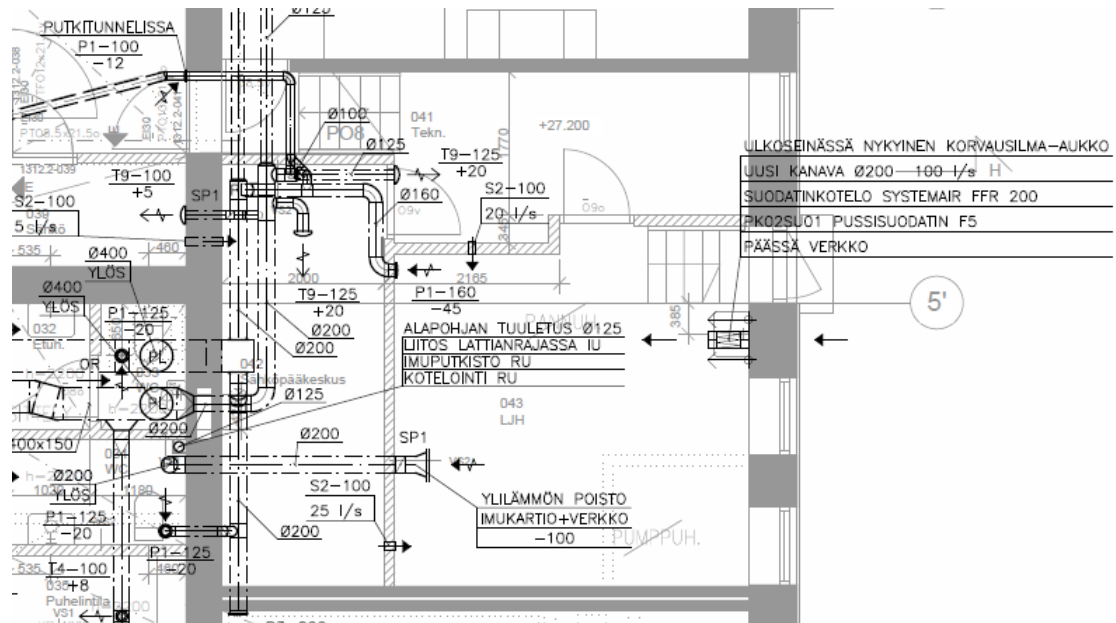
Kuva 7. Dickursby Skolan lämmönjakohuone



Kuva 8. Dickursby Skolan lämmönjakuhuoneen lämmitysjärjestelmät

## 7.1 Kohteen ilmanvaihto

Kohteessa oli vasta säädetty normaali-ilmanvaihto  $-45 \text{ dm}^3/\text{s}$  ja korvausilma tulee vierisestä tilasta (kuva 9). Termostaattiohjatun yliämpöpoiston ilmavirta on  $-100 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Termostaattia ei ollut mittauhetkellä vielä asennettu.



Kuva 9. Dickursby Skolan lämmönjakohuoneen ilmastointijärjestelmät

## 7.2 Lämpökuormat

### 7.2.1 Eristetyt putket ja lämmönsiirtimet

Eristettyjen putkien pintalämpötilat olivat lämpökamerakuvien ja pintalämpötilamittausten mukaan hyvin lähellä huonelämpötilaa (lämpötilaero huonelämpötilaan +2...+4 °C). Eristettyjen putkien lämpökuormaa ei laskettu.

Lämmönsiirtimet ja pumput olivat eristettyjä, ja lämpöhäviöitä ei ollut huomattavissa lämpökamerakuvien perusteella. [Liite 2.]

### 7.2.2 Eristämättömät putket ja pumput

Lämpökamerakuvien perusteella erityisesti venttiilien, mudanerotinten ja lämmönjakokeskuspaketin eristämättömien osien lämpökuorma on suuri ja niiden eristykseen tulisi kiinnittää enemmän huomiota (kuva 10).

Eristämättömien putkistojen lämpökuormat laskettiin viidessä eri ulkolämpötilassa:  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kaukolämmön ensiöpuolen tuloveden lämpötila laskettiin kaavalla 1. [5, s. 9]

$$T = 115\text{ }^{\circ}\text{C} + (t_u - t_x) \times \frac{45\text{ }^{\circ}\text{C}}{(8\text{ }^{\circ}\text{C} - T_u)} \quad (\text{Kaava 1})$$

jossa

$t_u$  on paikkakunnan mitoitusulkolämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$t_x$  on tarkasteltava ulkolämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

Toisiopuolen menoveden lämpötila lasketaan kaavalla 2

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1) \quad (\text{Kaava 2})$$

jossa

$y$  on tarkasteltava menoveden lämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$y_1$  on menoveden maksimilämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$y_2$  on menoveden minimilämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$x$  on tarkasteltava ulkolämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$x_1$  on minimi ulkolämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$x_2$  on maksimi ulkolämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

Eristämättömien putkien koot ja pituudet mitattiin ja lämpökuormat laskettiin Paroc Calculus –laskentaohjelmalla. Laskentaohjelma käyttää mitoituksessa standardin SFS 3799 kaavoja ja taulukoita (taulukko 2). Eristämättömien putkien lämpöhäviöksi laskettiin mittaushetken olosuhteissa 1714 W. [Liite 3].

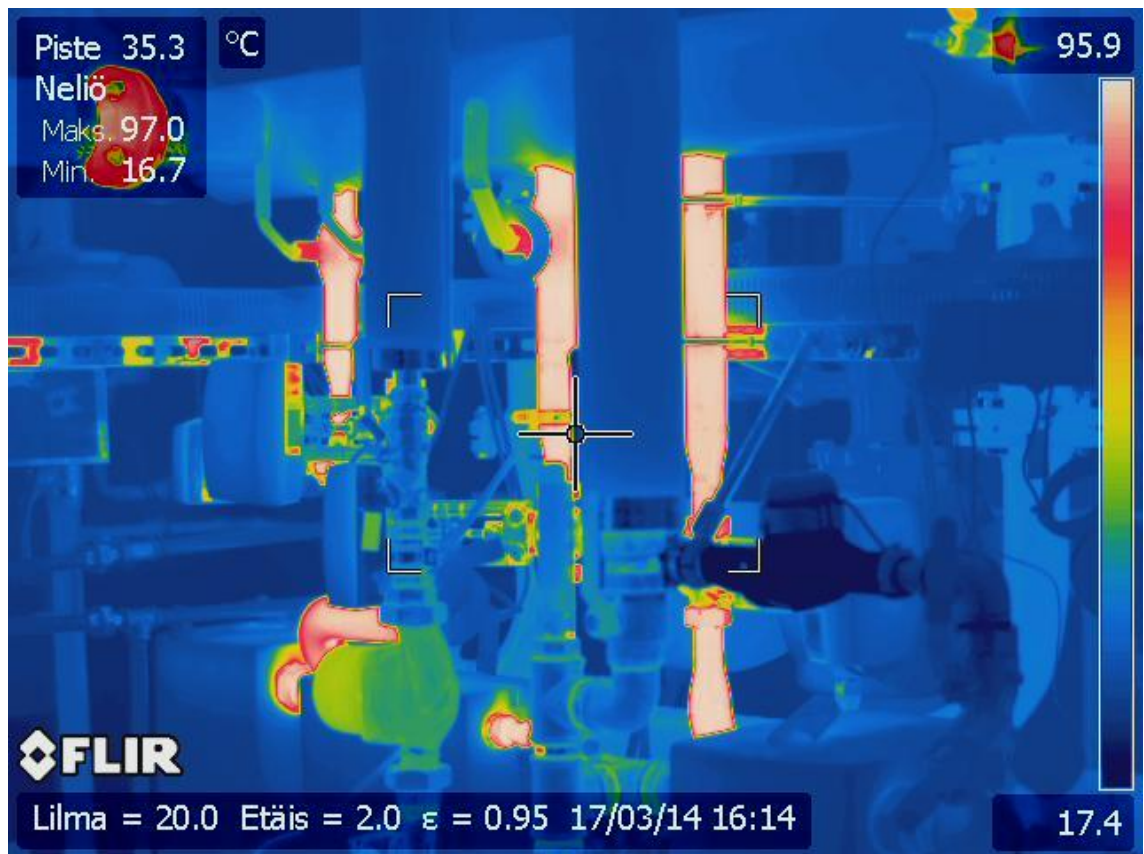
Taulukko 2. Ohjeellinen eristämättömän putken lämpöhäviö W/m, W/m<sup>2</sup>. Pinnan emissiivisyydelle on käytetty arvoa 0,8 ja ympäristön lämpötilana +20 °C sekä ilman nopeutena 0 m/s. [26]

Putkikoko Pipe size	Pintalämpötila / Surface temperature, °C Lämpöhäviö / Heat loss, W/m, W/m <sup>2</sup>								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
DN	70	220	430	700	1030	1440	1940	2550	4130
50	90	310	610	970	1460	2050	2760	3640	5940
80	110	390	760	1230	1820	2560	3470	4580	7510
100	160	550	1070	1740	2590	3650	4960	6560	10800
150	200	690	1350	2210	3300	4660	6340	8400	13800
200	250	840	1646	2690	4030	5700	7760	10300	17100
250	290	980	1914	3140	4670	6660	9100	12100	20100
300	350	1200	2350	3860	5790	8230	11200	15000	25000
400	430	1470	2880	4740	7120	10100	13900	18500	30900
500	500	1720	3400	5590	8410	12000	16500	22000	36800
600	650	2240	4410	7280	11000	15700	21600	28800	48400
Taso Plane surface	260	1150	2240	3620	5340	7460	10100	13200	21600

Eristämättömien pumppujen, lianerottimien, venttiilien ja muiden eristämättömien osien aiheuttamaa lämpöhäviötä voidaan verrata eristämättömän putken lämpöhäviöön käyttäen seuraavia standardin SFS 3799 mukaisia ekvivalenttipituuksia:

- laippaliitos 0,4...0,6 m eristämättömää putkea
- hitsattu venttiili 0,8...1,3 m eristämättömää putkea
- laipallinen venttiili 1,5...2,0 m eristämättömää putkea
- metalliset tukirenkaat 100 kpl 0,3...0,5 m eristämättömää putkea
- liukukannake 10 kpl 0,2...0,5 m eristämättömää putkea
- riippukannake 10 kpl 0,1...0,3 m eristämättömää putkea. [26]





Kuva 10. Eristämättömien osien pintalämpötilat näkyvät lämpökamerakuvassa.

Eristämättömien putkien ja osien yhteislämpöhäviöksi ulkolämpötilassa  $-1\text{ °C}$  saatiin  $1714\text{ W}$  [liite 4].

Lämpökuorman poistamiseen tarvittava ilmamäärä saadaan kaavalla 3

$$q_v = \left( \frac{\emptyset}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} \right) \quad (\text{Kaava 3})$$

jossa

$q_v$  on vaadittava ilmavirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\emptyset$  on laitteiden sähköteho, joka on sama kuin jäähdytettävä teho [ $\text{kW}$ ]

$\rho$  on ilmantiheys [ $1,2\text{ kg}/\text{m}^3$ ]

$c_p$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [ $1,0\text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{kg})$ ]

$t_1$  on sisäilman lämpötila kuumimmillaan, kesätilanteessa [ $dt = 10\text{ °C}$ ]

$t_2$  on tuloilman eli ulkoilman lämpötila kesätilanteessa

Lisäksi otetaan huomioon normaali tulo-poisto-ilmanvaihdon  $+45/-45 \text{ dm}^3/\text{s}$ ,  $+21 \text{ }^\circ\text{C}$  kautta tapahtuva yllämmön poisto. Ilmanvaihdon kautta poistuva lämpökuorma laske-  
taan kaavalla 4

$$\dot{Q}_{iv} = q_v * \rho * C_p * (t_1 - t_2) \quad (\text{Kaava 4})$$

$$\dot{Q}_{iv} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ J}/(\text{K} * \text{kg})(35^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q}_{iv} = \mathbf{0,756 \text{ kW}}$$

Lämpökuorman 942 W poistamiseen tarvittava ilmamäärä  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ :n ulkolämpötilassa saadaan kaavan 5 avulla

$$q_v = \left( \frac{\dot{Q} - \dot{Q}_{iv}}{\rho * C_p * (t_1 - t_2)} \right) \quad (\text{Kaava 5})$$

$$q_v = \left( \frac{0,942 \text{ kW} - 0,756 \text{ kW}}{1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ J}/(\text{K} * \text{kg})(35^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})} \right)$$

$$q_v = = 0,0062 \text{ m}^3/\text{s} \cong \mathbf{6 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

Lämpökuorman 1714 W poistamiseen tarvittava ilmamäärä mitatussa  $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ :n ulkolämpötilassa saadaan kaavalla 5

$$q_v = \left( \frac{1,714 \text{ kW} - 0,756 \text{ kW}}{1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ J}/(\text{K} * \text{kg})(35^\circ\text{C} - -1^\circ\text{C})} \right)$$

$$q_v = = 0,0222 \text{ m}^3/\text{s} \cong \mathbf{22 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

Lämpökuorman 2387 W poistamiseen tarvittava ilmamäärä  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ :n ulkolämpötilassa saadaan kaavalla 5

$$q_v = \left( \frac{2,387 \text{ kW} - 0,756 \text{ kW}}{1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ J}/(\text{K} * \text{kg})(35^\circ\text{C} - -10^\circ\text{C})} \right)$$

$$q_v = = 0,0302 \text{ m}^3/\text{s} \cong \mathbf{30 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

Lämpökuorman 3268 W poistamiseen tarvittava ilmamäärä  $-20\text{ °C}$ :n ulkolämpötilassa on

$$q_v = \left( \frac{3,268\text{kW} - 0,756\text{kW}}{1,2\text{kg/m}^3 \cdot 1,0\text{J}/(\text{K} \cdot \text{kg})(35\text{°C} - -20\text{°C})} \right)$$

$$q_v = 0,0381\text{m}^3/\text{s} \cong \mathbf{38\text{dm}^3/\text{s}}$$

Lämpökuorman 3834 W poistamiseen tarvittava ilmamäärä  $-26\text{ °C}$ :n ulkolämpötilassa on

$$q_v = \left( \frac{3,834\text{kW} - 0,756\text{kW}}{1,2\text{kg/m}^3 \cdot 1,0\text{J}/(\text{K} \cdot \text{kg})(35\text{°C} - -26\text{°C})} \right)$$

$$q_v = 0,0420\text{m}^3/\text{s} \cong \mathbf{42\text{dm}^3/\text{s}}$$

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-1,1\text{ °C}$  ja sisälämpötila  $+28\text{ °C}$ . Ylilämmön poiston puhallin ei ollut käytössä, koska termostaattia ei ollut vielä asennettu. Laskelmista voidaan päätellä, että lämpötilan pysyttelemiseksi sallituissa  $+35$  asteen rajoissa suurimman,  $3,834\text{ kW}$ :n lämpökuorman poistoon riittää  $42\text{ dm}^3/\text{s}$  ylilämmön poisto  $45\text{ dm}^3/\text{s}$  tulo-poistoon normaali-ilmanvaihdolla. Lämpökuormien laskelmissa ei otettu huomioon eristettyjä putkia, jotka luovuttavat alhaisista pintalämpötiloista huolimatta jonkin verran lämpöä. Sikäli ylilämmön poisto  $100\text{ dm}^3/\text{s}$  ei ole ylimitoitettu.

Kohteissa olleiden lämmönsiirrinten mitoitustehot olivat LS01 300 kW, LS02 180 kW, LS03 430 kW, LS04 50 kW ja LS05 40 kW, eli yhteensä  $1\ 000\text{ kW}$ . Tästä voidaan tehdä päätelmä, että normaali-ilmanvaihdolla varustettujen lämmönjakohuoneiden ylilämmönpoiston mitoituksessa voidaan käyttää nyrkkisääntönä  $0,1\text{ dm}^3/\text{s}$  / lämmönsiirrinten mitoitusteho kW. Ylilämmönpoistoa ohjaa termostaatti.

## 8 Sähkö- ja teletilat

### 8.1 Yleistä

Paloturvallisten tietokonetilojen vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 1047-2 (Secure storage units. Classification and methods of test for resistance to fire. Part 2: Data rooms and data containers) [9, s. 33].

Palvelinhuoneiden ilmanvaihdosta ja jäädytyksestä on SFS-standardin ja vakuutusyhtiöiden ohjeet. Vuoden 1987 RakMK D2 antaa ATK-tilojen konesaleille ulkoilmamääräksi 0,4 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>. ST-kortista 53.61 löytyy eri sähkötiloille sallitut minimi- ja käyttölämpötilat jotka on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Eri sähkötiloissa sallitut lämpötilat [16, s.3]

Tila	Maksimi lämpötila	Minimi lämpötila	Käyttölämpötila	Huomautuksia	Ylipaine	Suodatus-tarve
Muuntajatilat luokka 0 <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	100 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilat luokka 10K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	88 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilat luokka 20K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	77 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilat luokka 30K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	63 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Pääkeskustila	40°C	5 °C	15...25 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Kaapelitilat tai vastaavat	40 °C	5 °C	10...30 °C	Kaapelien kuormitus!		huom. 6
Mootorigeneraattoritila	35 °C	5 °C	10...30 °C			huom. 6
Akustotilat	25 °C	15 °C	20 °C	SFS-EN 50272-2		huom. 6
UPS-tilat	30 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Automaatiotilat yleensä	25 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Tietokonetilat yleensä	25 °C	18 °C	22 °C	toleranssi yksi aste	huom. 3	huom. 4 tai 5
Inverteri- ja tasavirtakäytöt	25 °C	15 °C	18...22 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Erillinen kompensointitila	40 °C	5 °C	15...25 °C			huom. 4 tai 5

Lämpötilat positiivisia lukuja.

huom. 1 IEC 61 330 mukainen koteloitiluokka.

huom. 1a Maksimiarvon määrää muuntajan lämpeneminen .

huom. 2 Mitä alhaisempi sen parempi. Ympärillä olevat tilat otettava huomioon.

huom. 3 Tarvittaessa pieni ylipaineistus ympäristöön nähden.

huom. 4 Mekaaninen suodatus.

huom. 5 Tarvittaessa kemiallinen suodatus.

huom. 6 Harkinnan mukaan.

### 8.2 Lämpötila ja lämpökuorma teletiloissa

Teletiloissa lämpötila laitteiden pitkäikäisyyden kannalta on pidettävä alle +32 °C:n, suositeltava lämpötila on +15 °C ... +25 °C, käytännön syistä ilmanvaihdon mitoitus on mielellään alle +28 °C.

Teletiloissa voidaan käyttää mitoittavana häviötehona noin 2 kW operaattoria kohden. [20]

Mikäli teletiloissa on lisäksi kulunvalvonnan, kameravalvonnan, rikosilmoitusjärjestelmän ja paloilmoitinjärjestelmän laitteita sekä niitä palveleva ryhmäkeskus, tulee häviötehoa huippukuormituksella n. 3 kW.

Ilmanvaihto säädetään 2 kertaa tunnissa.

Palvelinräkit tuottavat lämpöä kuluttamansa tehon verran.

### 8.3 Lämpötila sähkötiloissa

Sähköpääkeskuksissa lämpötila laitteiden pitkäikäisyyden kannalta pidettävä alle +32 °C:n. Käytännön syistä lämpötila saa olla mielellään alle +28 °C. Laitteet eivät ole kuitenkaan niin herkkiä korkealle lämpötilalle kuin teletiloissa.

### 8.4 Lämpökuorma tarkkaamoissa ja äänentoistotiloissa.

Näyttämövalaistusten ohjaus hoidetaan yleensä sille tarkoitettu huoneesta. Tälle huoneelle käytetään lämpökuormana 1,5 kW/m<sup>2</sup>. [18]

Äänentoistolaitetiloissa vahvistimet tuottavat paljon lämpöä ja jäähditys on oltava, koska korkea lämpötila vanhentaa laitteita. Pelkästään äänentoistolaitteita sisältävän huoneen lämpökuormana käytetään 1 kW/m<sup>2</sup>. [18]

Kouluissa keskusäänentoistolaitteet sijaitsevat yleensä vahtimestarin huoneessa, jossa on oltava jäähditys. Lämpökuorma on 500 W/m<sup>2</sup>. [18]

### 8.5 Suunnitteluratkaisut

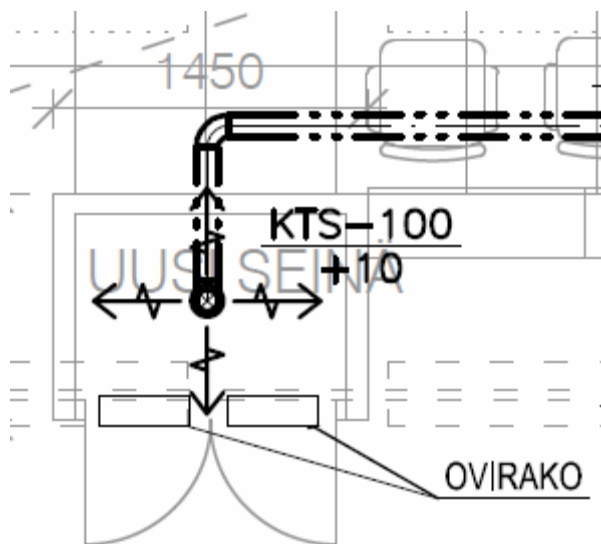
Muuntajatilat, pääkeskustilat, UPS-tilat, automaatiotilat, tietokonetilat ja tietokonetilat varustetaan yleensä pienellä ylipaineistuksella, jotta tilaan ei virtaa kosteutta ja epäpuhtauksia vuotoilman mukana [taulukko 3].

### 8.5.1 ATK- ja sähkökomerot

ATK-saleissa jäähdytystä mitoittavan lämpökuorman määrä on 200–300 W/m<sup>2</sup>. Konesaleissa määrä on jopa 2–2,5 kW/m<sup>2</sup>. [19]

Palvelinhuoneissa lämpökuorman mitoituksessa käytetään suoraan palvelimen tai rakin sähkötehon määrää. [19]

ATK- ja serverikomeroihin laitetaan tuloilmapäätelaitteet ja oviraot (kuva 11). Tuloilmapäätelaite tarvitaan sen vuoksi, että pöly pysyy poissa serveritilasta ja laitteista. Ilmämäärä määräytyy tapauskohtaisesti lämpökuomien mukaan.



Kuva 11. ATK-komeron tuloilmaventtiili sekä oviraot

### 8.5.2 Ryhmäkeskustilat

Ryhmäkeskuksissa ja valvonta-alakeskuksissa sähkö menee sulakkeiden läpi, eikä keskus tuota juurikaan lämpöä. Ryhmäkeskuskomeroihin riittää luonnollinen ilmanvaihto. [20]

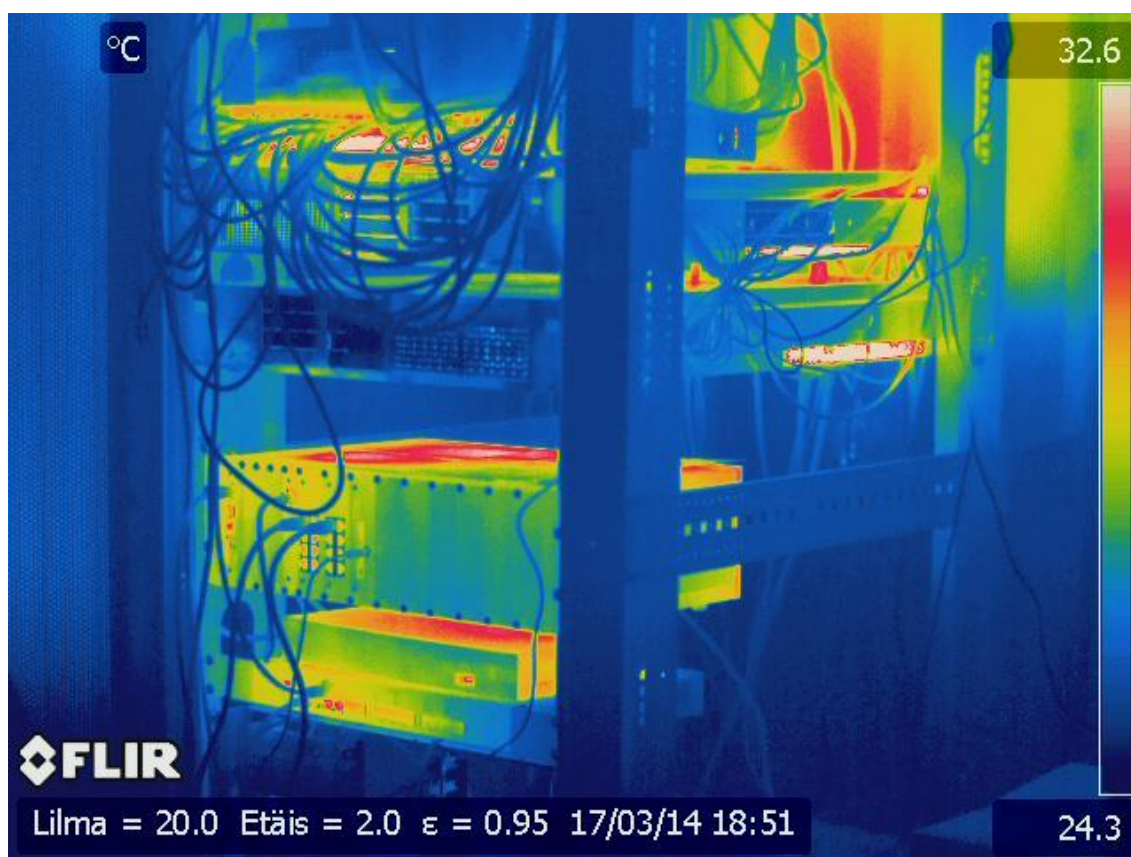
### 8.5.3 Suodatustasovaatimukset

Sähkö- ja teletilojen ilmanvaihdossa on syytä kiinnittää erityistä huomiota suodatukseen. Ulkoilman epäpuhtaudet kuten liikenteen ja teollisuuden saasteet (häkä, muut

kaasut, hiukkaset, hajut) ja siitepölyt lyhentävät atk-laitteiden käyttöikä. Tuloilman suodatus on tehokkain torjuntakeino. Tuloilman suodatus suunnitellaan yleensä siten, että ilmansuodattimen erotusaste on vähintään 80 % 1,0 µm:n hiukkasilla suodattimen käyttöiän aikana, tätä vastaava ilmansuodattimen luokka on F7 [10, 2.] Kaasujen suodatus on mahdollista. Erityisistä epäpuhtauslähteistä johtuvien päästöjen aiheuttama ilmanvaihdon tarve on otettava tapauskohtaisesti huomioon.

## 8.6 Esimerkkikohte

Toimistoissa yleinen tapa sijoittaa palvelin rakennuksen keskelle on toimiva, mikäli ilmanvaihto on riittävä. Suoritin kahteen varastotilaan sijoitettuun palvelimeen sähköteho- ja vuorokausikulutusmittaukset. Palvelinräkissä olevien laitteiden välillä tulee olla riittävät ilmarat, jotta lämpö poistuu tehokkaasti ja lämpötilat pysyvät laitteiden pitkäikäisyyden kannalta sopivan matalina (kuva 12).



Kuva 12. Esimerkkikohteen palvelinrakin tuottama lämpö näkyy lämpökamerakuvassa.

### 8.6.1 Sähköteho

Suorittamissani mittauksissa yhden noin 27 tietokoneen palvelinräkin käyttämä sähköteho oli noin 400 W, mikä vastasi hyvin edellä mainittua ATK-salin lämpökuormaa 200–300 W/m<sup>2</sup>.

### 8.6.2 Sähköteho ja kulutusmittaus

Sähkötehon mittauksessa käytettiin Christ Electronik CLM200 -sähkötehomittaria.



Kuva 13. Christ Electronik CLM200 [13]

### 8.7 Mittaustulokset

Taulukoissa 4 ja 5 on servereiden sähkötehojen ja sähkön kulutuksen mittaustulokset.

Taulukko 4. Serveri 1 palvelee 27 tietokonetta. Serveri 1 sisältää ristikytkennät, palvelimen, puhelinvaihteen, nauhavarmistimen reitittimen ja UPS:n

	Sähköteho(W)			Sähkön kulutus 24h(kWh)
	9.00	12.00	15.00	
Aika				4.2.2014 16.00 - 5.2.2014 15.59
Serveri 1	391	401	397	9,306

Taulukko 5. Serveri 2 palvelee 10 tietokonetta. Serveri 2 sisältää ristikytkennät, palvelimen, reitittimen ja UPS:n.

	Sähköteho(W)			Sähkön kulutus 24h(kWh)
	9.00	12.00	15.00	
Aika				5.2.2014 16.05 - 6.2.2014 16.04
Serveri 2	272,3	270,5	271,9	6,486



Toimiston palvelintilan lämpökuorman poistamiseen tarvittava ilmavirta saadaan kaavan 6 avulla

$$q_v = \left( \frac{\emptyset}{\rho * C_p * (t_1 - t_2)} \right) \quad (\text{Kaava 6})$$

jossa

$q_v$  on vaadittava ilmavirta [ $m^3/s$ ]

$\emptyset$  on laitteiden sähköteho, joka on sama kuin jäähdytettävä teho [kW]

$\rho$  on ilmantiheys [ $1,2 \text{ kg}/m^3$ ]

$C_p$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [ $1,0 \text{ kJ}/(K * \text{kg})$ ]

$t_1$  on sisäilman lämpötila kuumimmillaan, kesätilanteessa  $+32 \text{ }^\circ\text{C}$  [8.2]

$t_2$  on tuloilman eli ulkoilman lämpötila kesätilanteessa

Seuraavaksi lasketaan lämpökuorman jäähdytykseen tarvittava ilmamäärä siinä käyttötilanteessa, jossa ilmavirrat ovat suurimmat, eli kesätilanne, kun tuloilman lämpötila on  $+26 \text{ }^\circ\text{C}$ , kun tuloilma ei ole jäähdytettyä.

$$\emptyset_{\text{keskiarvo}} = \left( \frac{0,391 \text{ kW} + 0,401 \text{ kW} + 0,397 \text{ kW}}{3} \right)$$

$$\emptyset_{\text{keskiarvo}} = 0,3963 \text{ kW}$$

$$q_v = \left( \frac{0,3963 \text{ kW}}{\frac{1,2 \text{ kg}}{m^3} * 1,0 \text{ J}/(K * \text{kg}) (32^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C})} \right)$$

$$q_v = \frac{0,05504 m^3}{s} \cong 55 dm^3/s$$

## 9 Muuntamotilat

### 9.1 Yleistä

Kiinteistömuuntamon muuntajatilán ilmanvaihdolle on asetettu seuraavia vaatimuksia:

- Ilmanvaihtokanavat on johdettava suoraan ulkoilmaan ja tuloilma on otettava mahdollisimman pölyttömästä paikasta. Kanavat eivät saa olla yhteisiä muiden kiinteistön ilmanvaihtokanavien kanssa.
- Tuloilma tulisi ohjata muuntajan alaosaan, jotta jäähdytys olisi tehokasta.
- Ilmanvaihtokanavien ulkoilman puoleiseen päähän suositellaan vahvaa kiinteää säleikköä, jonka silmäkoko on enintään 20 mm.
- Muuntamon ulkopuolisten hormien rakenteen on täytettävä palomääräysten vaatimukset (E7). Palopeltien käyttö on mahdollista.
- Poistoaukon välittömässä läheisyydessä ei saa olla palavia rakenteita.
- Koneellisessa ilmanvaihdossa on poistettava taulukon 3 mukainen ilmamäärä. Ilmamäärää tulee suurentaa, jos kuormitushuippu sattuu kesäaikaan tai kuorma on tasaista koko vuorokauden.
- Koneellinen ilmanvaihto on varustettava termostaattiohjauksella. Ohjaukseen voidaan käyttää huonetermostaattia, muuntajan kosketinlämpömittaria tai molempia.
- Erityistä huomiota tulee kiinnittää siihen, ettei ilmanvaihto aiheuta häiritsevää melua. Tämän vuoksi ilman tulee kulkea riittävän hitaasti, runkorakenteisiin ei saa johtua ääntä ja ilmanpaineesta avautuvia ulkosäleikköjä ei tule käyttää.
- Kiinteistömuuntamoissa ei yleensä voida järjestää riittävää luonnollista ilmanvaihtoa.

Taulukon 3 arvot pätevät tavanomaisen verkonhaltijan muuntamon kuormitukseen, jolloin huippu ei ole kesäaikaan. Jos kuorma on tasainen ja/tai huippu osuu kesäaikaan, on taulukon arvoja suurennettava ilmanvaihtolaskelmien mukaisesti. [17, s. 24]

## 9.2 Lämpötila muuntamotiloissa

Muuntamotiloissa lämpötila laitteiden pitkäikäisyyden kannalta pidettävä alle +32 °C:n. Käytännön syistä ilmanvaihdon mitoitetaan alle +28 °C:seen, vaikka muuntamoiden lämpötila voi teoriassa nousta jopa 60 °C:seen, laitteiden rikkoontumatta. [18]

Muuntamotilassa käytetään 2-nopeuksista poistopuhallinta ilman jännitesäätöä. Korvausilma otetaan suodatettuna säleikön läpi. Muuntamotiloihin ei saa viedä vettä eikä käyttää sähköä johtavia kylmäaineita. [21]

Haastattelujen ja lähteiden perusteella tuli eteen muuntamoiden lämpökuorman mitoitukseen kaksi erilaista mallia.

Muuntamoilmanvaihdon ratkaisumalli 1 selviää taulukosta 6.

Taulukko 6. Muuntamosta poistettava ilmamäärä, kun käytetään koneellista ilmanvaihtoa [17, s. 25]

Muuntajateho kVA	Poistettava ilmamäärä m <sup>3</sup> /tunti
800	1 200
1 000	1 500
1 250	1 700
1 600	1 900

Muuntamoilmanvaihdon ratkaisumallissa 2 ilmamäärän mitoitus suurimmillaan 5–6 % muuntamon maksimitehosta. [20] Mitoitus perustuu muuntamon hyötysuhteeseen ja muihin kuormasta riippuviin häviöihin.

## 10 Jäähdytysjärjestelmällä varustettu konehuone

### 10.1 Yleistä

Kun konehuoneeseen sijoitetaan jäähdytys- tai lämpöpumppujärjestelmä, se asettaa vaatimuksia myös konehuoneen ilmanvaihdolle ja konehuoneen kylmäainepitoisuuden valvonnalle. Henkilöturvallisuuden takaamiseksi on varmistuttava, etteivät tilan kylmäainepitoisuudet nouse liian suuriksi. Jäähdytysjärjestelmiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että konehuoneessa on riittävä hätätuuletus ja sen ohjausjärjestelmä.

Tarkempia ja yksityiskohtaisempia ohjeita jäähdytysjärjestelmien turvallisuusvaatimuksista on esitetty SFS-standardeissa SFS-EN 378-1, ... SFS-EN 378-4.

### 10.2 Jäähdytystehontarpeen ja ilmamäärän mitoitus

Isojen kylmälaitteiden kompressoritehosta 7 % kohdistuu tekniseen tilaan [21]

Ilmamäärä mitoitetaan siten, ettei lämpötila nouse yli +35 °C:n, eli 10 °C:n mukaan suunnitellaan ilmanvaihto. Esim. 500 kW:n vedenjäähdyttimellä, jonka COP-arvo on 4, päästään seuraaviin arvoihin

sähköteho 500 kW / 4 = 125 kW, josta ilmaan 7 %

$$0,07 \cdot 125 \text{ kW} = 9 \text{ kW}$$

9 kW:n lämpökuorman poistamiseen tarvittava ilmamäärä saadaan kaavan 6 avulla

$$q_v = \left( \frac{\emptyset}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} \right)$$

jossa

$q_v$  on vaadittava ilmavirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\emptyset$  on laitteiden sähköteho, joka on sama kuin jäähdytettävä teho [kW]

$\rho$  on ilmantiheys [ $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ]

$c_p$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [ $1,0 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{kg})$ ]

$t_1$  on sisäilman lämpötila kuumimmillaan, kesätilanteessa [ $dt = 10\text{ °C}$ ]

$t_2$  on tuloilman eli ulkoilman lämpötila kesätilanteessa

Lämpökuorman jäähtymiseen tarvittava ilmamäärä siinä käyttötilanteessa, jossa ilmavirrat ovat suurimmat, eli kesätilanne, kun tuloilman lämpötila  $+25\text{ °C}$ , on

$$q_v = \left( \frac{9,0\text{kW}}{1,2\text{kg/m}^3 \cdot 1,0 / (\text{K} \cdot \text{kg}) (35\text{°C} - 25\text{°C})} \right)$$

$$q_v = \frac{0,75\text{m}^3}{\text{s}} = 0,75\text{m}^3/\text{s} \cong \mathbf{750\text{dm}^3/\text{s}}$$

### 10.3 Hätätuuletus

Hätätuuletuksen on oltava riippumaton mistään muusta kohteen ilmanvaihtojärjestelmästä. Hätätuuletuksen ulkoilma-aukot tulee olla sijoitettu siten, että vältetään ilman kierto takaisin huoneeseen.

Vaadittava ilmavirta koneelliselle hätäilmanvaihdolle on esitetty seuraavassa kaavassa [25]:

$$V = 14 \cdot 10^{-3} \times m^{2/3}$$

jossa

$V$  on ilmavirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$m$  on kylmäainetäytöksen massa [ $\text{kg}$ ] suurimman täytöksen omaavassa kylmälaitteessa

Esimerkiksi 200 kW:n vedenjäähdytin, jossa on 25 kg:n kylmäainetäytös, vaatii hätätuuletuksen  $120\text{ dm}^3/\text{s}$ .

Mikäli konehuoneessa on kylmäaineen tunnistusjärjestelmä, sen tulee pystyä ohjaamaan hätätuuletus päälle automaattisesti. Lisäksi hätätuuletus tulee voida ohjata päälle ohjauspainikkeilla, joista toinen on IV-konehuoneessa ja toinen ulkopuolella.

#### 10.4 Tunnistimet

Kylmäainetta varten, joiden ODP > 0 tai GWP > 0, tarkoitetut konehuoneet on varustettava kylmäaineen tunnistusjärjestelmällä, mikäli järjestelmän täytös on suurempi kuin 25 kg [25]. Nyrkkisääntönä yli 200 kW:n vedenjäähdytin on varustettava tunnistimella.

Lisäksi tunnistimia tulee konehuoneisiin, joiden kylmäainepitoisuudet nousevat 25 %:n LFL-tasolle tai 50 %:n ATEL/ODL-tasolle. [25] Eri kylmäaineiden LFL- ja ATEL/ODL-arvot saadaan standardin SFS 378-1 E -liitteestä.

Tunnistimet sijoitetaan huomioiden kylmäaineen ominaisuudet. Ilmaa painavampien kylmäaineiden anturit tulee sijoittaa konehuoneessa matalalle.

Hälytysjärjestelmän virransyötön tulee olla riippumaton koneellisen ilmanvaihdon virransyötöstä. Hälytysjärjestelmä voidaan toteuttaa alakeskukseen liittyvänä tai erillisenä järjestelmänä.

Hälytysjärjestelmän tulee antaa ääni- ja visuaalinen varoitus konehuoneeseen ja hälytys siirretään valvomoon.

#### 10.5 Kylmäpiirin varoventtiilin ulospuhallusjohto

Ulospuhallusjohto johdetaan ulos.

## 11 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää uudisrakennetun tai peruskorjatun koulun, päiväkodin, toimistorakennuksen ja muun tavanomaisen rakennuksen seuraaville teknisille tiloille: ilmanvaihtokonehuoneille, lämmönjakohuoneille ja sähkötiloille sopivia ilmanvaihto- sekä yllämmönpoistoratkaisuja. Ratkaisuja etsittiin kertaamalla tilojen ilmanvaihdolle asetetut määräykset ja selvitettiin tiloissa toimivien laitteiden lämpökuormia. Lämpökuormien pohjalta suunnitellaan tapauskohtaisesti tarpeenmukainen ilmanvaihto ja mahdollinen yllämmön poisto.

Tutkimuksessa käsiteltiin teknisten tilojen ilmanvaihtoa ja yllämmön poistoa sekä suorajähdytyshöyrysteisten kylmälaitetilojen yllämmön poistoa sekä kylmäainevuotojen hätätuuletusta.

Tutkimuksen mukaan lämmönjakohuoneisiin ja IV-konehuoneisiin suunnitellaan vähintään 0,5-kertainen tulo-poistoilmanvaihto ja tarvittaessa termostaattiohjattu yllämmön poisto. Sähkötiloihin tuloilmavirta mitoitetaan tilassa olevien sähkölaitteiden mukaan.

Mikäli parempaa tietoa ei ole saatavilla, lämmönjakohuoneen yllämmön poisto mitoitetaan lämmönsiirtimien tehon mukaan ilmavirralla  $0,1 \text{ dm}^3/\text{s}$  / lämmönsiirtimen mitoitus-teho kW. Yllämmönpoistoa ohjaa termostaatti.

## Lähteet

- 1 Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:n kotisivu. 2014. Verkkodokumentti. <[http://ayravainen.fi/index.php?node\\_id=13684](http://ayravainen.fi/index.php?node_id=13684)> Luettu 20.1.2014.
- 2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 3 Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmaston tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2009
- 4 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Rakennusten kaukolämmitys. 2003. Määräykset ja ohjeet. K1/2003. Suomen kaukolämpö ry.
- 6 Ilmankäsittelykoneiden tyyppihyväksyntä. 2008. Suomen rakentamismääräyskoelma. Ohjeet 2008. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. 2004. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö..
- 8 Tekninen käsikirja -ilmankäsittelykoneet. 2010. Fläkt Woods.
- 9 RT 92-10774. Muuntamotila rakennuksessa. 2002. Rakennustietosäätiö.
- 10 Ilmanvaihdon vaikutus. 2014 Verkkodokumentti. Sisäilmayhdistys. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/sisailmasto/ilmanvaihdon-vaikutus/>> Luettu 20.10.2014.
- 11 SFS-EN 1047-2. Secure storage units. Classification and methods of test for resistance to fire. Part 2: Data rooms and data containers. 2013. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 12 Likonen Juha DI. 2014. Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto. Haastattelu. 3.2.2014.
- 13 CLM200. Verkkodokumentti. Christ Electronik. <[http://www.christ-elektronik.com/elements/products/files/E462751\\_DB\\_REV01\\_14-03-07\\_CLM2xx\\_englisch.pdf](http://www.christ-elektronik.com/elements/products/files/E462751_DB_REV01_14-03-07_CLM2xx_englisch.pdf)> Luettu 3.2.2014.
- 14 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet. 1987. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.



- 15 ST 840.65. Sähkötöiden ilmastointi ja lämpöhäiriöiden määräytyminen. 1993. Sähkötietyö ry.
- 16 ST 53.61, Sähkötöiden ilmastointi ja jäähdytys, 1992. Sähkötietyö ry.
- 17 ST-käsikirja Nro 35. Sähkö- ja teletekniset tilat ja asennusreitit. 2002. Sähkötietyö ry.
- 18 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 19 Viitamäki Teuvo. Insinööritoimisto Vahvaselkä Oy. Haastattelu. 18.3.2014
- 20 Sahlström Tapani. Sir Consulting Oy. Haastattelu. 27.3.2014
- 21 Kärki Jukka. 2014. Insinööritoimisto Äyräväinen Oy. Sähköpostikeskustelu. 28.1.2014
- 22 Taajuusmuuttajat. ABB-tekniikka tuki. Puhelinkeskustelu 6.5.2014
- 23 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. 2014. Energiatieteellisyys. Julkaisu K1/2013, päivitetty versio 31.3.2014. 6.5.2014
- 24 SFS-EN 378-1 + A2. Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Turvallisuus ja ympäristövaatimukset. Osa 1: Perusvaatimukset, määritelmät, luokitus ja valintakriteerit. 3/2012. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 25 SFS-EN 378-3: 2008 + A1. Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Turvallisuus ja ympäristövaatimukset. Osa 3: Asennuspaikka ja henkilökohtainen suojaus. 3/2012. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 26 SFS-EN 3977. Putki- säiliö- ja laite-eristykset. Mitoitus. 8/2008. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 27 Rakennusten suodattimet, suodattimien luokittelu. 2014. Verkkodokumentti. Hengitysliitto. < <http://www.hengitysliitto.fi/fi/hengitysilma/sisailma/rakennusten-suodattimet> > Luettu 1.9.2014.
- 28 Kuva 2. LVI 30-236 Sähkö- ja elektroniikkatöiden ilmastointi. Ilmastointijärjestelmät. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.

## Katolla olevan toimistorakennuksen IV-konehuoneen lämpökuorma kesätilanteessa

### Laskennassa käytetyt lähtötiedot

- Ilmanvaihtokonehuoneen koko 7 m \* 13 m eli 91 m<sup>2</sup>
- Korkeus 3,5 m eli tilavuus 318,5 m<sup>3</sup>
- Ilmanvuotoluku q<sub>50</sub> = 4,0 m<sup>3</sup>/(h,m<sup>2</sup>)
- Ulkoseinät Paroc-elementti 240 mm + konehuoneakustointivilla 50 mm, rakennepaksuus 290 mm, U=0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Yläpohja teräspoimulevyrakenne, rakennepaksuus 256 mm, U=0,16 W/m<sup>2</sup>K
- Lattiana ontelolaattavälipohja
- Mitoitussää testivuosi 1979, Helsinki, heinäkuu, ulkolämpötila max. 25 °C
- Taajuusmuuttajien hyötysuhde 95 % eli lämpökuorma 0,05 \* puhaltimien ottoteho (2,31+1,74+1,88+1,81+0,462+0,339+1,83+1,81) = 0,609 kW, klo 7-17
- Lämmitysverkosto kesällä pois päältä eli IV-lämmitysputkista ei tule lämpökuormaa
- Ei ihmis- eikä valaistuskuormaa
- Varastoilmanvaihto vakioilmavirta 0,35 dm<sup>3</sup>/(s,m<sup>2</sup>) eli 32 dm<sup>3</sup>/s, klo 7-17
- Ei jäähdytystä eikä jäähdytettyä tuloilmaa

**Kattokonehuone**

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

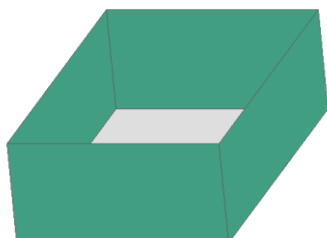
Viim. muutos

Laadittu

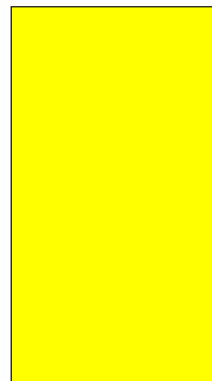
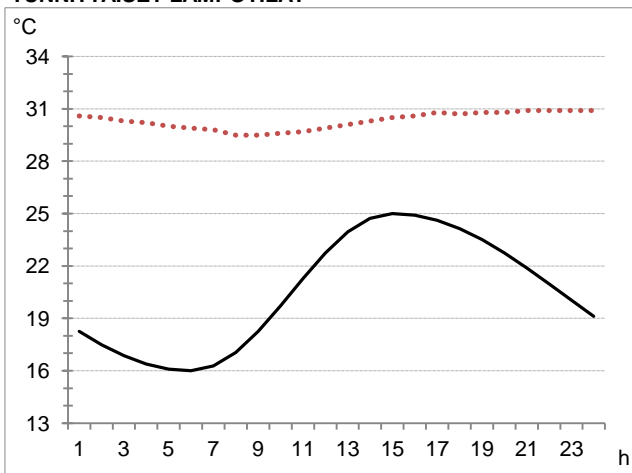
6.5.2014

John Petäistö

Tila: IV IV-konehuone

Pinta-ala: 91,0 m<sup>2</sup> Tilavuus: 318,5 m<sup>3</sup>
**SIMULOITU TILA**


Kerros 0 mm


**TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT**

**Simulointi 1**

Perustapaus

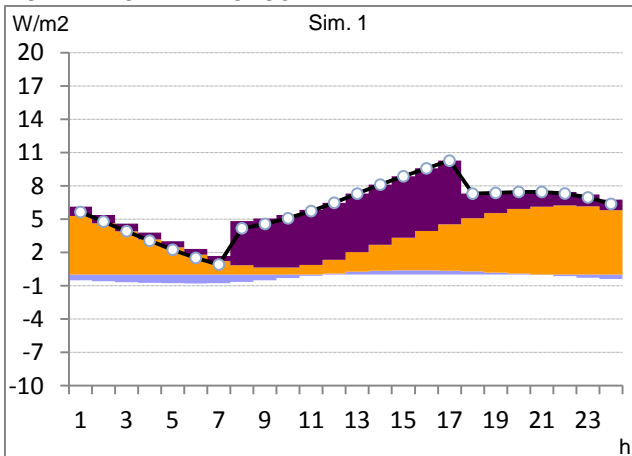

Ilmavirta: 0,4 dm<sup>3</sup>/(s·m<sup>2</sup>) (32 dm<sup>3</sup>/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m<sup>2</sup> (0 W)
**Simulointi 2**
**Ulkolämpötila:**

Kesän mitoitussää. Keskiviikko, Heinäkuu 11.

Max/min ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki\_Testi79, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä


**TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT**

 Kokonais-  
kuorma

 Ikkunat

 Laitteet

 Valaistus

 Ihmiset

 Johtuminen  
(ilman ikkunoita)

 Vuotoilma

Tila: IV IV-konehuone

**LÄHTÖTIEDOT****SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	26,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

**ILMANVAIHTO**

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )]	0,4
Lämpötila-asetus talvi/kesä	[°C]	19 / 17
Jäähdytyspatteri (on/ei)		ei
Aikataulu		07-17
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		
Lämpötilakerrostuma	[K/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,116

**SISÄISET KUORMAT**

Ihmiset	lukumäärä, max		-
	vaatetus		-
	työn tehotaso	[Met]	-
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	-
	aikataulu		-
Valaistus	kuorma, max	[W/m <sup>2</sup> ]	-
	aikataulu		-
Laitteet	kuorma, max	[W/m <sup>2</sup> ]	6,7
	aikataulu		07-17

**RAKENTEET**

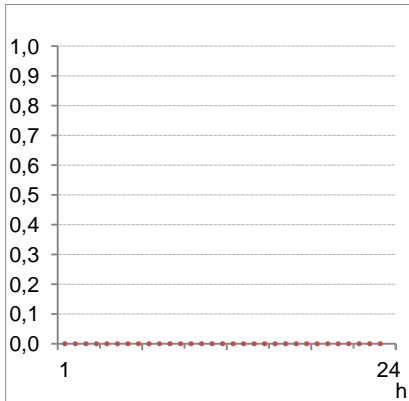
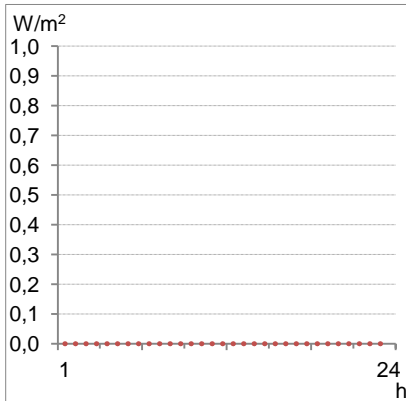
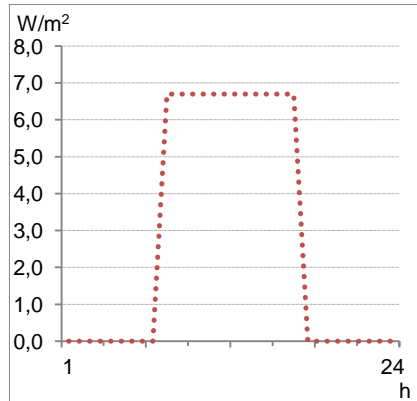
Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	US./0,14
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	YP 04/0,16
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	-
Rakenteiden tehollinen massa		[kg/lattia-m <sup>2</sup> ]	251

**IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA**

Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	-
U-arvo (lasiosa)	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	-
Lasiosan ala ja suuntaus	[m <sup>2</sup> ]	-
Rakenne		-
Suojaus		-

**HUONEYKSIKÖT**

Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m <sup>2</sup> ]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

**SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT****Henkilöiden Ikm.****Valaistus****Laitteet**

## **Lämpökuvausraportti peruskorjatun koulun lämmönjakohuoneesta**

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella eristettyjen ja eristämättömien putkien ja komponenttien luovuttamaa hukkalämpöä lämpökamerakuvauksella ja pintalämpötilamittarilla.

### 1.1 Tutkimusajankohta

Kuvaukset ja mittaukset suoritettiin 17.3.2014 klo 14.00-18.00. Kuvien tulkinta ja raportointi tehtiin kuvausten jälkeen ja saatettiin valmiiksi 4.6.2014.

### 1.2 Mittausmenetelmät

Lämpökuvaukset suoritettiin Flir Systemsin ThermaCAM P660 West –lämpökameralla.

Pintalämpötilamittaukset tehtiin Ebro TFI 220 –infrapunalämpötilamittarilla.

Lämmönjakohuoneen lämpökuormien laskennassa käytettiin Paroc Calculus -laskentaohjelmaa, jonka toiminta perustuu SFS-EN ISO 12241 -standardiin.

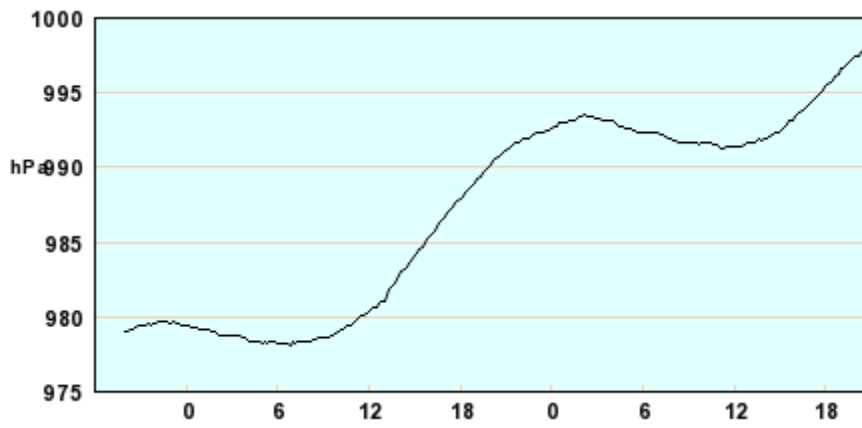
### 1.3 Ilman olosuhteet

Lämpötilamittaukset sekä kosteus- ja ilman lämpötilamittaukset suoritettiin TSI:n VelodiCalc Plus –mittalaitteella.

Paine-eroa ulkoilmaan ei mitattu.

### 1.4 Ulko- ja sisäilman olosuhteet

Kuvauksissa käytettiin kalibroitua lämpö- ja kosteusmittaria sisä- ja ulkolämpötilan mittauksiin. Alla olevat lämpö- ja kosteuskäyrät on rekisteröinyt ilmatieteen laitoksen havaintoasema Helsinki-Vantaan lentoasemalla ennen kuvauksia.



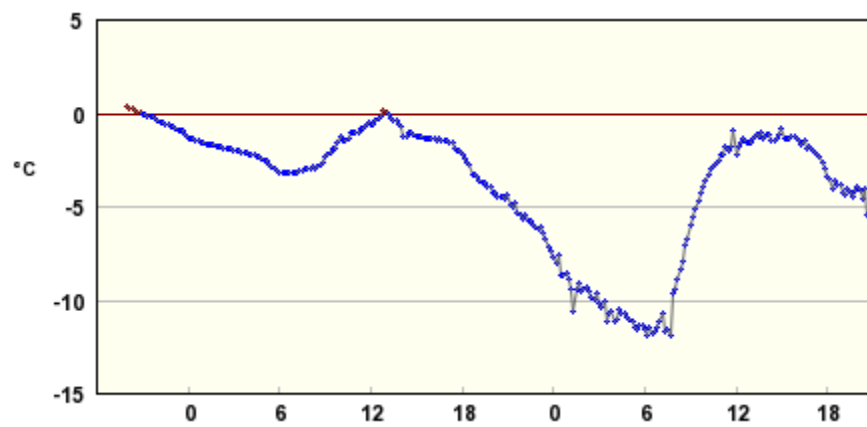
Kuva 1. Ilmanpaine



Kuva 2. Tuuli

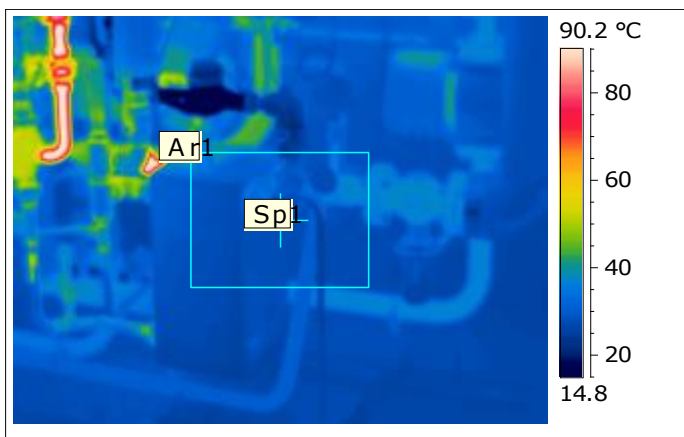


Kuva 3. Ilman suhteellinen kosteus



Kuva 4. Lämpötila

Mitattu ulkolämpötila  $-1,1^{\circ}\text{C}$  ja suhteellinen kosteus 39,7%. Mitattu sisälämpötila  $+28^{\circ}\text{C}$  ja suhteellinen kosteus 31%.

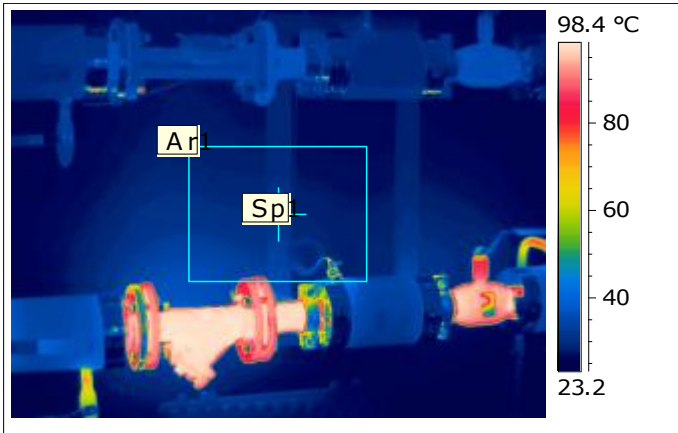


Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	15:47:38	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila Ar1	40.7 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittauspisteen lämpötila Sp	28.3 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

Eristetyt lämmönsiirtimet eivät tuota hukkalämpöä.

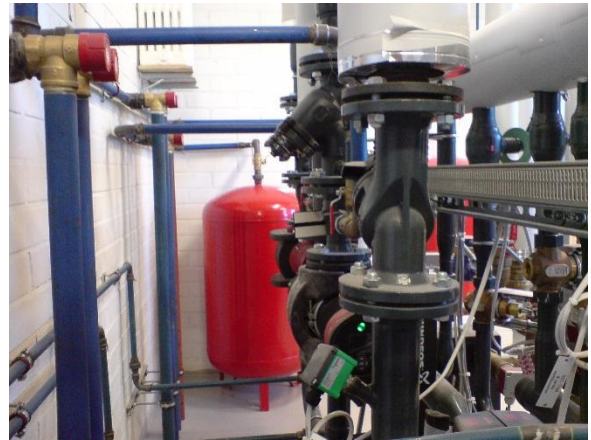
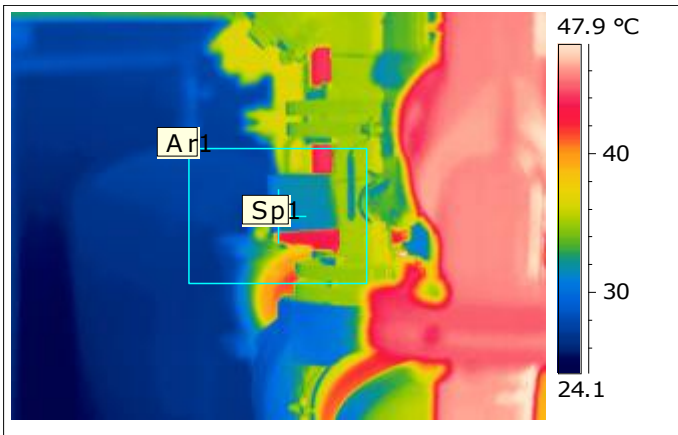




Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	16:07:15	Kameratyyppe	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila Ar1	91.5 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittauspisteen lämpötila Sp	31.3 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

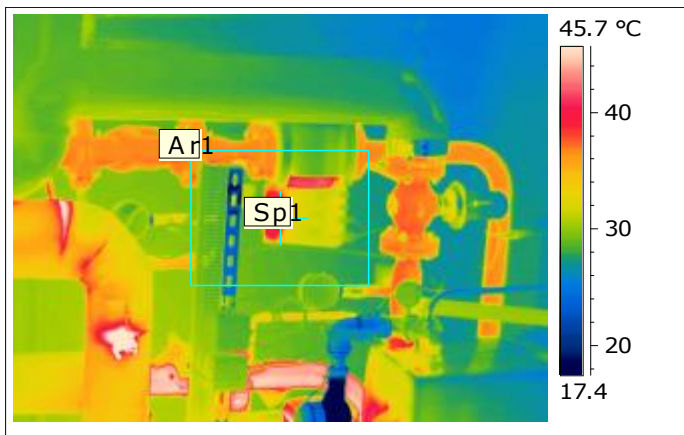
Kaukolämmön ensiöpuolen mudanerotin ja venttiilit luovuttavat paljon hukkalämpöä



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	16:09:06	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila Ar1	44.1 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittauspisteen lämpötila Sp	31.0 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

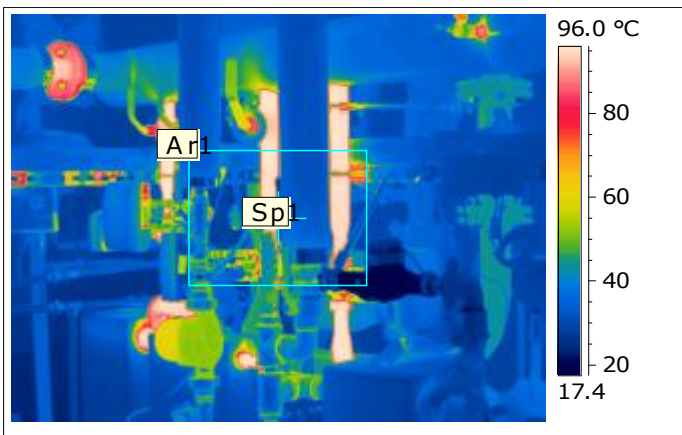
Laippaliitokset luovuttavat paljon hukkalämpöä



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	16:14:00	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila Ar1	42.1 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittauspisteen lämpötila Sp	38.8 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

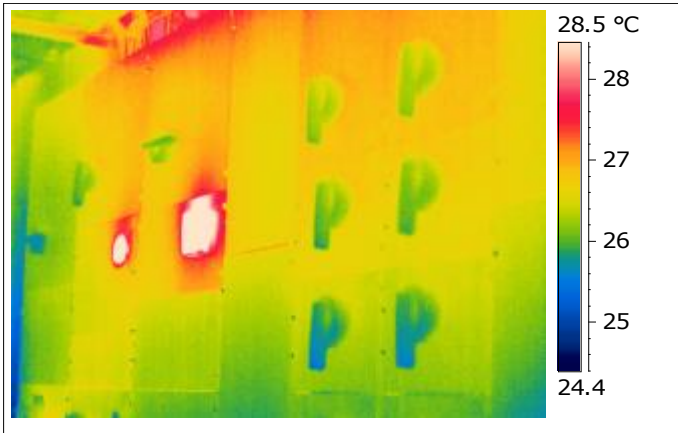
Eristetyt putket pitävät hyvin



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	16:14:40	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila Ar1	96.9 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittauspisteen lämpötila Sp	25.3 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

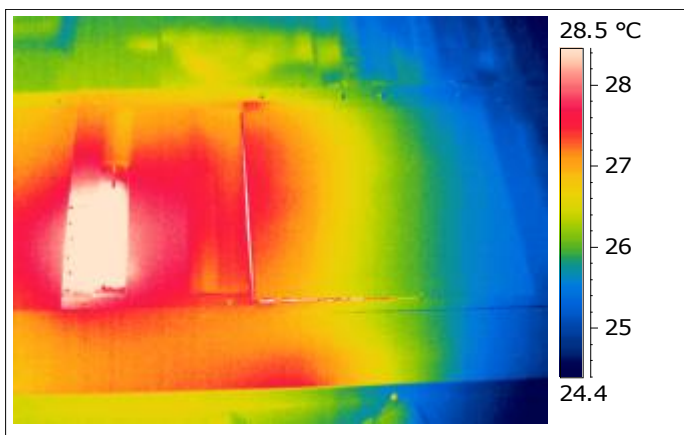
Eristämättömien putkien pintalämpötilat ovat korkeita. Lämpöhäviöt kasvavat voimakkaasti putkikoon suuretessa.



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	17:43:49	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila	28.5 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittausalueen min. lämpötila	24.4 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

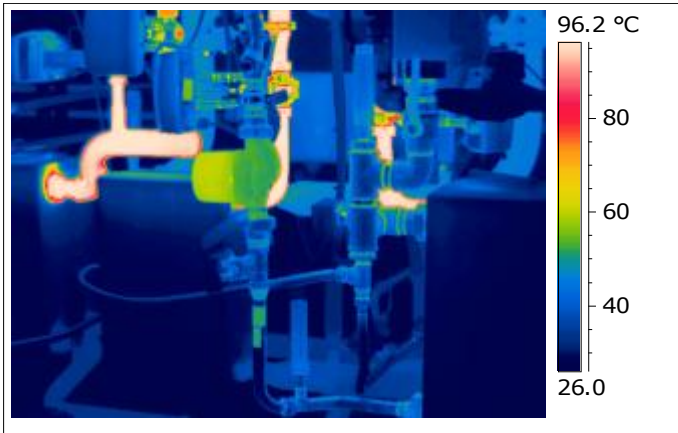
Sähköpääkeskus ei juuri tuota lämpöhäviötä. Paikallisestikin lämpötilat pysyvät sähkötiloille optimaalisina.



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	17:44:45	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila	28.5 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittausalueen min. lämpötila	24.4 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

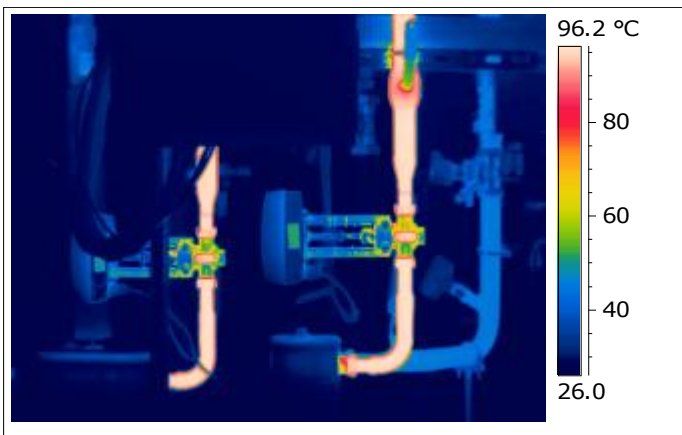
Kuumimmatkin kohdat sähköpääkeskuksessa pysyvät sopivissa lämpötiloissa. Huom, tässä sähköpääkeskus ei ollut samassa tilassa kuin lämmönjakuhuone.



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	17:53:50	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila	96.2 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittausalueen min. lämpötila	26.0 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

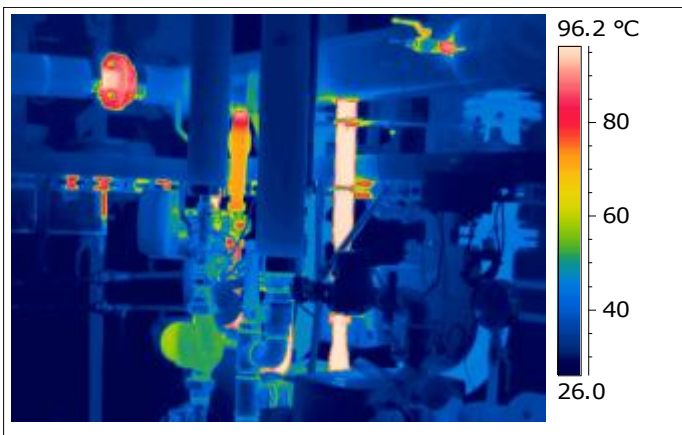
Pumppujen lämpökuorma on pieni, verrattuna eristämättömään putkeen.



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	17:55:21	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila	96.2 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittausalueen min. lämpötila	26.0 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

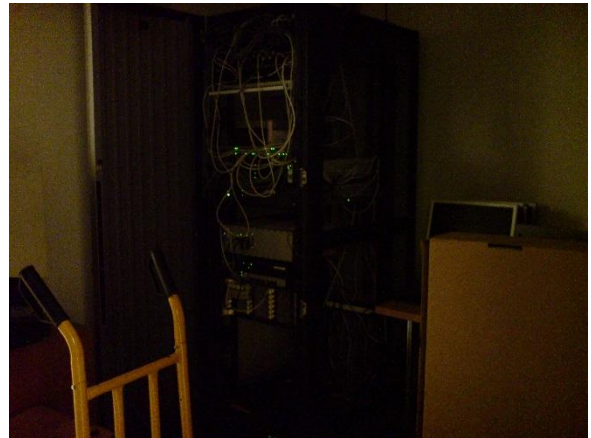
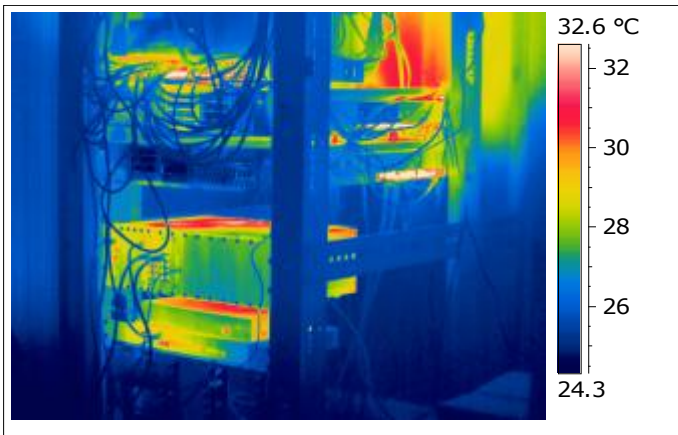




Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	17:55:58	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila	96.2 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittausalueen min. lämpötila	26.0 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

Toimilaitteet pysyvät sopivissa lämpötiloissa. Laippaliitoksen lämpöhäviö vastaa 0,4...0,6 m eristämätöntä putkea



Päivämäärä	17.3.2014	Kuvauspaikka:	Dickursby skola
Kuvausaika	18:51:40	Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Mittausalueen maks. lämpötila	32.6 °C	Emissiivisyys	0.95
Mittausalueen min. lämpötila	24.3 °C	Etäisyys (lämpökuvasta)	2.0 m

**Kommentti:**

30tietokoneen palvelinrakin lämpökuorma on kuluttamansa sähkötehon suuruinen. Laitteiden väliin on hyvä jättää runsas ilmarako.

## Eristämättömät putkimetrit

Kohde

Dickursby Skola

LÄMMITYSVERKON TOIMINTALÄMPÖTILAT					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Menoveden lämpötila (K1 kohdan 3.4.1. mukaan)	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Paluueden lämpötila (painotettu keskiarvo siirtimien paluuesien lämpötiloista, $T = q_v \cdot T_{LS \text{ toisio paluu}}$ )	51,9	48,4	42,5	37,3	30,8

LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT					
Ensiö	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5
Menoveden lämpötila	70	115	115	115	115
Paluueden lämpötila	22	65	45	45	30
Toisio	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5
Meno	58	80	70	70	35
Paluu	10	60	40	40	30

<b>ENSIÖ MENO</b>						Mitauttu putken pintalämpötila
<b>DN65</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0	85
Eristämätön putki m	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	
Laipat, venttiilit	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Kannakkeet	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Osat yht	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	
Lämpöhäviö W/m	241	213	169	131	96	
Lämpöhäviö W	710,95	628,35	498,55	386,45	283,2	
<b>DN50</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0	85
Eristämätön putki m	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Laipat, venttiilit	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
Kannakkeet	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Osat yht	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Lämpöhäviö W/m	193	170	133	105	77	
Lämpöhäviö W	636,9	561	438,9	346,5	254,1	
<b>DN32</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0	85
Eristämätön putki m	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Lämpöhäviö W/m	132	117	91	71,6	52,5	
Lämpöhäviö W	135,96	120,51	93,73	73,748	54,075	
<b>DN25</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0	85
Eristämätön putki m	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	
Laipat, venttiilit	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Osat yht	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Lämpöhäviö W/m	108	94,7	74,8	58,2	42,7	
Lämpöhäviö W	150,12	131,633	103,972	80,898	59,353	
<b>DN20</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0	85
Eristämätön putki m	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	
Laipat, venttiilit	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Osat yht	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Lämpöhäviö W/m	88,9	78,6	62,1	48,3	35,4	
Lämpöhäviö W	162,687	143,838	113,643	88,389	64,782	
<b>DN15</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	115,0	107,1	93,8	81,9	70,0	85
Eristämätön putki m	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	
Lämpöhäviö W/m	70	61,9	48,9	38	27,9	
Lämpöhäviö W	63,7	56,329	44,499	34,58	25,389	

<b>ENSIÖ PALUU</b>					
<b>DN65</b>					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	51,9	48,4	42,5	37,3	30,8
Eristämätön putki m	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Laipat, venttiilit	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Kannakkeet	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Osat yht	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Lämpöhäviö W/m	48,3	40	26,7	21,4	4,1
Lämpöhäviö W	454,02	376	250,98	201,16	38,54
<b>DN50</b>					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	51,9	48,4	42,5	37,3	30,8
Eristämätön putki m	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Laipat, venttiilit	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Osat yht	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Lämpöhäviö W/m	38,6	32	21,3	12,7	3,2
Lämpöhäviö W	43,618	36,16	24,069	14,351	3,616
<b>DN40</b>					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	51,9	48,4	42,5	37,3	30,8
Eristämätön putki m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Laipat, venttiilit	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Osat yht	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Lämpöhäviö W/m	31,9	26,4	17,6	10,5	2,6
Lämpöhäviö W	35,09	29,04	19,36	11,55	2,86
<b>DN32</b>					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	51,9	48,4	42,5	37,3	30,8
Eristämätön putki m	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Laipat, venttiilit	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Kannakkeet	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Osat yht	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Lämpöhäviö W/m	26,4	21,9	14,6	8,7	2,2
Lämpöhäviö W	116,952	97,017	64,678	38,541	9,746

Mittattu putken  
pintalämpötila

40

30

35

Mittattu putken  
pintalämpötila

<b>LS01</b>					
Cu42					
Toisio meno = LV					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	58	58	58	58	58
Eristämätön putki m	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Laipat, venttiilit	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Osat yht	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Lämpöhäviö W/m	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5
Lämpöhäviö W	64,61	64,61	64,61	64,61	64,61
Cu28					
Toisio paluu = LVK					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	55	55	55	55	55
Eristämätön putki m	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Laipat, venttiilit	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Osat yht	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Lämpöhäviö W/m	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4
Lämpöhäviö W	57,084	57,084	57,084	57,084	57,084

<b>LS02</b>					
Toisio Meno					
DN65					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	80	72	59	47	33
Eristämätön putki m	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Laipat, venttiilit	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Kannakkeet	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Osat yht	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Lämpöhäviö W/m	125	102	66	36,7	7,8
Lämpöhäviö W	381,25	311,1	201,3	111,935	23,79
Toisio Paluu					
DN65					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	60	55	46	38	29
Eristämätön putki m	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Laipat, venttiilit	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Kannakkeet	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Osat yht	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Lämpöhäviö W/m	68,6	55,9	34,5	17,3	1,3
Lämpöhäviö W	222,95	181,675	112,125	56,225	4,225
Toisio Paluu					
DN50					
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
Nesteen lämpötila	60	55	46	38	29
Eristämätön putki m	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Laipat, venttiilit	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Kannakkeet	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Osat yht	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Lämpöhäviö W/m	54,9	44,7	27,5	13,8	1
Lämpöhäviö W	167,445	136,335	83,875	42,09	3,05

44

35

35

<b>LS03</b>						Mitauttu putken pintalämpötila
					Toisio Meno	
<b>DN32</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	70	63	53	43	31	42
Eristämätön putki m	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	
Lämpöhäviö W/m	52,5	42	27,9	15,2	2,4	
Lämpöhäviö W	77,7	62,16	41,292	22,496	3,552	
<b>DN32</b>						
					Toisio Paluu	
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	40	37	33	29	24	33
Eristämätön putki m	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	
Lämpöhäviö W/m	11,7	8,3	4,2	0,7	-3,2	
Lämpöhäviö W	18,486	13,114	6,636	1,106	-5,056	

<b>LS04</b>						Mitauttu putken pintalämpötila
					Toisio Meno	
<b>DN50</b>						
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	70	63	53	43	31	
Eristämätön putki m	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	
Laipat, venttiilit	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
Kannakkeet	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Osat yht	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Lämpöhäviö W/m	76,5	61,2	40,7	22,2	3,5	
Lämpöhäviö W	270,81	216,648	144,078	78,588	12,39	
<b>DN50</b>						
					Toisio Paluu	
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	40	37	33	29	24	29
Eristämätön putki m	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	
Laipat, venttiilit	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Kannakkeet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Osat yht	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Lämpöhäviö W/m	17,1	12,2	6,2	1	-4,7	
Lämpöhäviö W	24,624	17,568	8,928	1,44	-6,768	
<b>DN40</b>						
					Toisio Paluu	
Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10	
Nesteen lämpötila	40	37	33	29	24	29
Eristämätön putki m	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	
Laipat, venttiilit	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Kannakkeet	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Osat yht	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Lämpöhäviö W/m	14,1	10,1	5,1	0,8	-3,9	
Lämpöhäviö W	39,339	28,179	14,229	2,232	-10,881	

Ulkolämpötila	-26	-20	-10	-1	10
<b>Eristämättömien putkien ja osien lämpöhäviöt yht. (W)</b>	<b>3834,295</b>	<b>3268,35</b>	<b>2386,538</b>	<b>1713,973</b>	<b>941,657</b>

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö meno DN15, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	15 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	82 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	81.9 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	38 W/m
Osan lämpöhäviö	38 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	38 W/m
Pintalämpötila	81.9 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h



# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö meno DN20, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	20 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	82 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	81.9 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	48.3 W/m
Osan lämpöhäviö	48.3 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	48.3 W/m
Pintalämpötila	81.9 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö meno DN25, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	25 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	82 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	81.9 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	58.2 W/m
Osan lämpöhäviö	58.2 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	58.2 W/m
Pintalämpötila	81.9 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö meno DN32, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	32 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	82 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	81.9 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	71.6 W/m
Osan lämpöhäviö	71.6 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	71.6 W/m
Pintalämpötila	81.9 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö meno DN50, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	50 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	82 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	81.9 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	105 W/m
Osan lämpöhäviö	105 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	105 W/m
Pintalämpötila	81.9 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö meno DN65, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	65 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	82 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	81.9 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	131 W/m
Osan lämpöhäviö	131 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	131 W/m
Pintalämpötila	81.9 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö paluu DN32, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	32 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	37 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	37.3 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	8.7 W/m
Osan lämpöhäviö	8.7 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	8.7 W/m
Pintalämpötila	37.3 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö paluu DN40, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	40 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	37 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	37.3 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	10.5 W/m
Osan lämpöhäviö	10.5 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	10.5 W/m
Pintalämpötila	37.3 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö paluu DN50, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	50 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	37 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	37.3 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	12.7 W/m
Osan lämpöhäviö	12.7 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	12.7 W/m
Pintalämpötila	37.3 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h



# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## Ensiö paluu DN65, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	65 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	37 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	37.3 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	15.9 W/m
Osan lämpöhäviö	15.9 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	15.9 W/m
Pintalämpötila	37.3 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

LS01 toisio paluu(LVK). Cu28, ulkolämpötila -1°C : Putki

## Kohde

Materiaali	Kupari
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	28 mm

## Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	55 °C
------------------	------	-------

## Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

## Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	55 °C

## Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	28.4 W/m
Osan lämpöhäviö	28.4 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	28.4 W/m
Pintalämpötila	55 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS01 toisio meno(LV). Cu42, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Kupari
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	42 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	58 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	58 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	45.5 W/m
Osan lämpöhäviö	45.5 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	45.5 W/m
Pintalämpötila	58 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS02 toisio meno DN65, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	65 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	47 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	47 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	36.7 W/m
Osan lämpöhäviö	36.7 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	36.7 W/m
Pintalämpötila	47 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS02 toisio paluu DN50, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	50 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	38 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	38 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	13.8 W/m
Osan lämpöhäviö	13.8 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	13.8 W/m
Pintalämpötila	38 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS02 toisio paluu DN65, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	65 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	38 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	38 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäröivän ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	17.3 W/m
Osan lämpöhäviö	17.3 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	17.3 W/m
Pintalämpötila	38 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS03 toisio meno DN32, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	32 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	43 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	43 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	15.2 W/m
Osan lämpöhäviö	15.2 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	15.2 W/m
Pintalämpötila	43 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS03 toisio paluu DN32, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	32 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	29 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	29 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	0.7 W/m
Osan lämpöhäviö	0.7 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	0.7 W/m
Pintalämpötila	29 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h



# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS04 toisio meno DN50, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	50 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	43 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	43 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	22.2 W/m
Osan lämpöhäviö	22.2 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	22.2 W/m
Pintalämpötila	43 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS04 toisio paluu DN40, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	40 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	29 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	29 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	0.8 W/m
Osan lämpöhäviö	0.8 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	0.8 W/m
Pintalämpötila	29 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h

# PAROC Calculus

Teknisten eristeiden laskentaohjelma

## LS04 toisio paluu DN50, ulkolämpötila -1°C : Putki

### Kohde

Materiaali	Teräs
Paksuus	3 mm
Pituus	1 m
Ulkohalkaisija	50 mm

### Eristys

1 - Ei eristettä	0 mm	29 °C
------------------	------	-------

### Päällyste

Emissiivisyys	0
---------------	---

### Sisältö

Tyyppi	Vesi
Lämpötila	29 °C

### Ympäristö

Ympäristön lämpötila	28 °C
Ympäristön ilman nopeus	0 m/s
Suhteellinen kosteus	31 %

## Tulokset

Lämpöhäviö	1 W/m
Osan lämpöhäviö	1 W
Lämpöhäviö eristämättömänä	1 W/m
Pintalämpötila	29 °C
Kastepiste	9.3 °C
Aika loppulämpötilaan	0 h