

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

**Jarmo Väre**

**Atk-konesalien jäähdytys**

Insinööriyö 9.3.2009

Ohjaaja: Ivi-insinööri Olli Honkavaara  
Ohjaava opettaja: yliopettaja Jukka Yrjölä

**METROPOLIA-AMMATTIKORKEAKOULU    INSINÖÖRITYÖN  
TIIVISTELMÄ**

Tekijä Otsikko	Jarmo Väre Atk-konesalien jäähdytys
Sivumäärä Aika	41 sivua 9.3.2009
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	lvi-insinööri Olli Honkavaara yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Insinööriyön tavoitteena oli luoda selkeä kokonaiskuva atk-konesalien sekä niiden aputilojen sähkölaitteista, lämpökuormista, ilmastovaatimuksista, jäähdytysverkostosta, jäähdytyslaitteista ja niiden toiminnasta.</p> <p>Atk-konesalien jäähdytyksestä ei ole ollut suomenkielistä julkaistua kirjallisuutta vaan käytävissä oleva aineisto oli lähinnä aiheen osa-alueita käsitteleviä raportteja, laitevalmistajien ohjeita, internet-dokumentteja tai jäähdytystä yleisesti käsitteleviin kirjoihin hajautettua tietoa. Tietoa aiheesta on enimmäkseen saatu referoimalla ja kääntämällä ASHRAE:n (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc) julkaisuja.</p> <p>Palvelimet kasataan yleensä suuriksi datakeskuksiksi, joissa voi olla jopa useita satoja tuhansia yksittäisiä palvelimia ja joiden sähkönkulutus voi olla useiden megawattien luokkaa. ATK-konesalien lämpökuormat aiheutuvat enimmäkseen sähkölaitteista kuten palvelimet, UPS-laitteet, muuntajat, sähköpääkeskukset, kaapelit ja valaistus. Yleensä käytetään lämpötilalle suunnitteluarvoa <math>22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}</math> sekä ilman suhteelliselle kosteudelle <math>50\% \pm 5\%</math>. Jäähdytettävän kiertoilman määrä vakioilmastointikoneiden läpi tarkkuusilmastoinnissa on <math>80\text{--}120\text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{kW})</math>.</p> <p>Atk-konesalien ja niiden aputilojen jäähdytyksessä käytettyjä laitteita ovat vakioilmastointikoneet, rakkijäähdyttimet ja puhallinpatterit. Kylmän ja kuuman käytävän vuorottelu on yleisesti käytetty menettely, jolla varmistetaan, että kaikkien räkkien läpi virtaa ainoastaan jäähdytettyä ilmaa.</p>	
Hakusanat	atk-konesali, jäähdytys, räkki, lämpökuorma, palvelin

Author	Jarmo Väre
Title	Data center cooling
Number of Pages	41 pages
Date	9 March 2009
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Olli Honkavaara, HVAC Engineer Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The objective of this final year project was to create a clear overview of the equipment, thermal loads, climatic conditions, network of cooling, cooling devices and their operation in a data center.</p> <p>There is not much literature published in the Finnish language about data center cooling. The available material found were mainly reports, manufacturing instructions, Internet or documentaries dealing with the subject area or books about cooling in general. Information about the topic was mostly gained by translating publications from ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) into Finnish.</p> <p>The study showed that servers are usually gathered in large data centers which can contain to several hundreds of thousands of individual servers. The electricity consumption can be several megawatts in a data center. Thermal loads in data centers are caused mostly by electronic equipment such as servers, UPS devices, transformers, switchboard, cables and lighting. Normal design values for air temperature and relative humidity are <math>22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}</math> and <math>50\% \pm 5\%</math>. In precision air-conditioning the air flow through a computer room air conditioning (CRAC) unit is <math>80\text{--}120 \text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{kW})</math>.</p> <p>Cooling equipment used in data centers consists of computer room air conditioning (crac) units, rack cooling equipment and fan radiators. The cold / hot-corridor principle is commonly used to ensure that air flowing through racks is chilled air.</p>	
Keywords	data center, cooling, rack, thermal load, server

# Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2 ATK-KONESALIT JA NIIDEN APUTILAT</b>	<b>6</b>
2.1 PALVELIMET	6
2.2 PALVELINTELINEET	7
2.3 UPS-LAITTEET	9
2.4 SÄHKÖPÄÄKESKUKSET	10
2.5 MUUNTAJAT	10
<b>3 LÄMPÖKUORMAT ATK-KONESALEISSA JA NIIDEN APUTILOISSA</b>	<b>11</b>
3.1 PALVELIMET	11
3.2 MUUT SÄHKÖLAITTEET	15
3.3 KAAPELIT	16
3.4 VALAISTUS	17
3.5 IHMISET	17
<b>4 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT</b>	<b>18</b>
4.1 ILMASTO-OLOSUHTEET	19
4.1.1 Ilman lämpötila	20
4.1.2 Ilman suhteellinen kosteus	21
4.2.4 Ilmanvaihto	24
4.2 VAKIOILMASTOINTIKONEET	26
4.2.1 Suorahöyrysteinen ja välillinen jäähdytys	27
4.2.2 Kylmän ja kuumen käytävän vuorotteluperiaate	28
4.2.3 Vakioilmastointikoneiden sijainti	30
4.2.4 Huoneilman kostutus ja kuivatus	32
4.3 RÄKKIEN JÄÄHDYTYS	33
4.3.1 Passiivinen tuuletus	34
4.3.2 Räkkituulettimet	35
4.3.3 Vesikiertoiset rakkijäähdyttimet	35
4.4 VESIJÄÄHDYTTISET PUHALLINPATTERIT	37
4.5 JÄÄHDYTYSVESIVERKOSTO	37
4.6 KONDENSIVEDEN VIEMÄRÖINTI	39
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>40</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>41</b>

## 1 Johdanto

Tietoliikenteen jatkuva nopeutuminen ja palvelinten mahtuminen aina vain pienempään tilaan tehoonsa nähden johtavat aina vain suurempiin lämpökuormiin atk-konesaleissa. Vuonna 2008 palvelinkeskusten kuluttaman energian aiheuttamien päästöjen arvoidaan olevan hieman alle lentoliikenteen päästöjen ja lähes samaa tasoa monien teollisuuden alojen kanssa kuten terästeollisuuden. Vuoden 2008 datakeskusten kokonaissähkönkulutuksen arvioidaan olleen noin 120 TWh /1/.

Palvelimet kasataan yleensä suuriksi datakeskuksiksi, joissa voi olla jopa useita satoja tuhansia yksittäisiä palvelimia ja joiden sähkönkulutus voi olla useiden megawattien luokkaa. Kaikki palvelimille tuotu sähköteho muuttuu lämmöksi, joten palvelinten sähkönkulutuksen kasvu on luonnollisesti suoraan verrannollinen jäähdytystarpeen kasvuun. Jäähdytykseen kuluva energiankulutus voi olla jopa puolet atk-konesalin kokonaissähkönkulutuksesta.

Alati kasvavat lämpökuormat pakottavat tehokkaampien ja kalliimpien jäähdytyslaitteiden hankintoihin sekä nostavat käyttökustannuksia. Jäähdytyksen korkeat kustannukset ovat saaneet tietoliikenneyritykset laatimaan maailmanlaajuisia lämpökarttoja, jotka otetaan huomioon datakeskuksen sijaintia valitessa. Tämän raportin tavoitteena on luoda selkeä kokonaiskuva atk-konesalien sekä niiden aputilojen perusrakenteesta, laitteista, lämpökuormista, sisäilmastovaatimuksista ja jäähdytysjärjestelmistä.

## 2 Atk-konesalit ja niiden aputilat

Atk-konesalilla tarkoitetaan tilaa, jossa on useita tietoliikennepalvelimia. Aputiloilla tarkoitetaan atk-konesalista poikkeavia erillisiä huoneita, joissa on palvelimien toimintaan vaikuttavia sähkölaitteita kuten UPS-laitteet, sähköpääkeskukset ja muuntajat /2/.

### 2.1 Palvelimet

Palvelimella tarkoitetaan tietoliikenteen yhteydessä palvelinohjelmistoa suorittavaa tietokonetta. Palvelinohjelmistoon otetaan yhteyttä asiakasohjelmalla, jolloin päästään käyttämään palvelinohjelmistoon ohjelmoituja toimintoja ja palveluja. Esimerkiksi internet-selain on asiakasohjelma, jolla otetaan yhteyttä internetsivustoihin, jotka ovat palvelimilla toimivia palvelinohjelmistoja.

Palvelimia on useaan eri tarkoitukseen, joista yleisimpiä ovat

- WWW-palvelin
- sähköpostipalvelin
- tiedostopalvelin
- pelipalvelin
- sovelluspalvelin
- nimipalvelin.

Palvelimien koot ja tehot vaihtelevat paljon niiden käyttötarkoituksen mukaan. Pienimmillään palvelin voi olla esimerkiksi kotitietokone tai kannettava, mutta isoimmillaan jopa satoja neliöitä huonetilaa vieviä yhteenkytkettyjä palvelintelineitä. Tässä raportissa käsitellään ainoastaan suuria atk-konesaleja, koska pienimuotoiset palvelimet eivät yleensä tarvitse erillistä jäähdytysjärjestelmää.

Räkkiasenteiset palvelimet rakennetaan yleisesti tiettyihin moduulimittoihin, jotta ne sopivat erilaisiin standardoituihin rakkimalleihin ilman erillistä muokkausta. Tällaisia kokoja ovat U1, U2, U3 ja U4. Isompi numero tarkoittaa kooltaan korkeampaa palvelinmoduulia. Yksi U vastaa noin 4,5 cm:ä (1,75”) tarvittavaa asennuskorkeutta palvelintelineessä. (kuva 1)



**Kuva 1. Palvelimia eri moduulikokoina**

## 2.2 Palvelintelineet

Palvelimet pinotaan yleensä päällekkäin palvelintelineisiin. Palvelintelineitä tai palvelinkaappeja kutsutaan yleisesti nimellä räkki (engl. rack). Palvelinräkkejä on tarjolla myös valmiina ”stand-alone” -paketteina, joissa on valmiina sisäänrakennetut puhaltimet sekä mahdollisesti myös vesikiertoiset jäähdytyspatterit. Rakkien komponentit ovat kuitenkin täysin muokattavissa tarpeen mukaan.

Sopivia räkkeitä valittaessa tarvitsee tietää, kuinka monta ”U-mittaa” eli palvelinmoduulikorkeutta aiotaan räkkeihin asentaa, sekä kuinka iso on syvyydeltään suurin asennettava laite. Korkeutta laskettaessa tulee ottaa huomioon, että räkkiin asennetaan palvelimien lisäksi yleensä muitakin laitteita, kuten näyttöpäätte, näppäimistö, vahvistimia, yms.

Räkkien syvyys tulee valita syvyysmitaltaan isoimman räkkiin asennettavan laitteen mukaan. Kannattaa myös varata ainakin korkeussuunnassa tyhjää tilaa laajennusta varten. Räkiasenteiset laitteet tavallisesti valmistetaan leveydeltään 19” standardimitaan, mutta ne voidaan asentaa leveämpiinkin räkkiin. Leveämpi räkki mahdollistaa paremman ilmanvaihdon räkin sisällä.

Räkkien korkeudet vaihtelevat välillä 35...210 cm (8...48 U), syvyydet välillä 45...110 cm (18”...43”) ja leveydet välillä 50...75 cm (20”...29”). Yleisin myyty rakkikoko on korkeudeltaan 42 U (~190 cm) ja syvyydeltään 42” (107cm)

Räkkimalleja ja rakkivalmistajia on useita. Tunnetuimpia rakkivalmistajia ovat:

- Rittal
- Liebert
- Chatsworth Productions Inc.
- Great Lakes
- APC (kuva 2)
- SharkRack
- Belkin Racks.



**Kuva 2. APC NetShelter® SX -palvelinteline (lähde: laitteen tekninen esite)**



## 2.3 UPS-laitteet

UPS (Uninterruptible Power Supply) on laite, jonka tehtävä on varmistaa tasainen virransyöttö lyhyissä katkoksissa ja syöttöjännitteen epätasaisuuksissa. UPS-laitteita käytetään yleensä suojaamaan tietokoneita ja viestintälaitteita, kuten palvelimia, joissa pienikin sähkökatko voisi aiheuttaa suuria ongelmia. UPS liitetään virtalähteen ja virtaa käyttävän palvelimen väliin. UPS pystyy syöttämään suojaamilleen laitteille sähköä lyhyiden sähkökatkoksienkin ajan akustaan, mutta pidemmille sähkökatkoksille tarvitaan erillinen varavoimajärjestelmä. Suurien atk-konesalien UPS-laitteistot on yleensä varustettu joko varavoimajärjestelmällä tai ainakin ohjelmistolla, joka ajaa palvelimet alas ennen UPS:n akkujen tyhjenemistä, jotta vältetään pahemmilta vahingoilta.

Tavallisimmin UPS:ssa on tasasuuntaaja jolla verkkovirran vaihtojännite ensin tasasuunnataan. Tasasuunnatun tasajännitteen rinnalle on kytketty yksi tai useampia akkuja, jotka syöttävät jännitteen sähkökatkon sattuessa. Tasajännite muunnetaan lopuksi vaihtosuuntaajalla vaihtojännitteeksi, joka syötetään käyttölaitteelle. Jos käyttölaite toimii tasavirralla, voidaan vaihtosuuntaaja jättää pois.

Erityyppisiä UPS-järjestelmiä /3/

1. Valmiustila / sammutus: Valvoo syöttöjännitettä ja vaihtaa akkuvirralla heti kun havaitsee ongelman. Käytetään yleensä yksittäisissä työasemissa ja point of sale – laitteissa, kuten sähköisissä kassakoneissa.
2. Linja interaktiivinen: Yleinen UPS-järjestelmä pienille yrityksen verkkolaitteille. Akku-vaihtovirran muunnin on aina yhdistettynä syöttövirran ulostuloon UPS:ltä. Kun vaihtovirta toimii normaalisti, akut latautuvat.
3. Kaksoismuunnin: Estää hetkellisiä sähkökatkoksia syöttämällä jatkuvasti vaihtovirtaa varavoimalaitteistolta, vaikkei sähkökatkosta olisikaan. Käytetään tavallisesti sellaisten laitteiden kanssa, joissa sähkökatkoksia ei sallita, kuten sairaaloissa tai palvelinkeskuksissa.

Tunnetuimpia UPS:ien valmistajia ovat

- Newave (kuva 3)
- APC
- Eaton Powerware
- Riello.



**Kuva 3. UPS-laitteisto Newave PowervalueTM (lähde: laitteen tekninen esite)**

## 2.4 Sähköpääkeskukset

Atk-konesalin ja sen aputilojen sähköverkko ja ryhmäkeskukset liitetään valtakunnan verkkoon sähköpääkeskuksen kautta. Suurissa atk-konesaleissa sähköpääkeskukset voivat helposti viedä tilaa useita neliöitä, ja ne sijoitetaankin usein erilliseen huonetilaan. Suuresta koostaan huolimatta sähköpääkeskus ei aiheuta merkittävää lämpökuormaa, joten kyseisen huonetilan jäähdytykseen yleensä riittävät pelkät jäähdytyspuhallinpatte-rit.

## 2.5 Muuntajat

Muuntaja on laite, joka muuttaa vaihtosähkön jännitteen tai virran toiseksi samantaajui- seksi jännitteeksi tai virraksi. Sen välityksellä energia siirtyy virtapiiristä toiseen. Suuri- tehoiset muuntajat tulee sijoittaa erilliseen palosuojattuun tilaan niiden räjähdysvaaran takia. Muuntajat jäähdytetään tavallisesti joko jäähdytyspuhallinpattereilla tai ulkoilma- jäähdytyksellä. /4/

### **3 Lämpökuormat ATK-konesaleissa ja niiden aputiloissa**

ATK-konesalien lämpökuormat lasketaan samalla periaatteella kuin muidenkin tilojen, mutta käytännössä tilanne on kuitenkin hyvin erilainen kuin asuinrakennuksissa tai toimistotiloissa. Mikäli ATK-konesalit sijoitetaan rakennuksen sisempiin tiloihin, jäävät ulkoiset vaikutukset suhteellisen pieniksi tai lähes merkityksettömiksi. Lämpökuormat aiheutuvat tällöin käytännössä pelkästään sähkölaitteista (palvelimet, sähköpääkeskukset, UPS-laitteet, muuntajat, valaistus ja kaapelit).

Sähkölaitteiden, kuten palvelinten, kuluttamasta tehosta 100 % muuttuu lopulta lämmöksi. Palvelinkeskuksia suunniteltaessa tavallisesti oletetaan, että kokonaislämpökuorma pysyy käytännössä lähes samana ympäri vuoden.

#### **3.1 Palvelimet**

ATK-konesaleissa palvelinten aiheuttamat ylivoimaisesti suurimmat lämpökuormat suhteessa muihin lämmönlähteisiin, mutta se ei tarkoita, että muita lämpökuormia ei tarvitsisi ottaa huomioon. Erityisesti, jos palvelinten määrä ja teho ovat suhteellisen pienet, korostuvat muiden lämmönlähteiden vaikutukset.

Tietotekniikan kehittyessä palvelinten teho jatkuvasti kasvaa suhteessa niiden kokoon, jolloin myös lämpökuormat kasvavat suhteessa räkkien pohjapinta-alaa kohden. Tyypillisten palvelinten käyttöikä on noin 1–5 vuotta, kun taas jäähdytyslaitteiden käyttöikä on 10–25 vuotta. Palvelinten aiheuttamaa lämpökuormaa laskettaessa on syytä ottaa huomioon, että korvattaessa vanhoja palvelimia uusilla tehokkaammilla malleilla, atk-konesalin lämpökuormat myös kasvavat. Datakeskuksen jäähdytystarve kannattaa arvioida ainakin 10 vuotta eteenpäin laajennusvaraa varten.

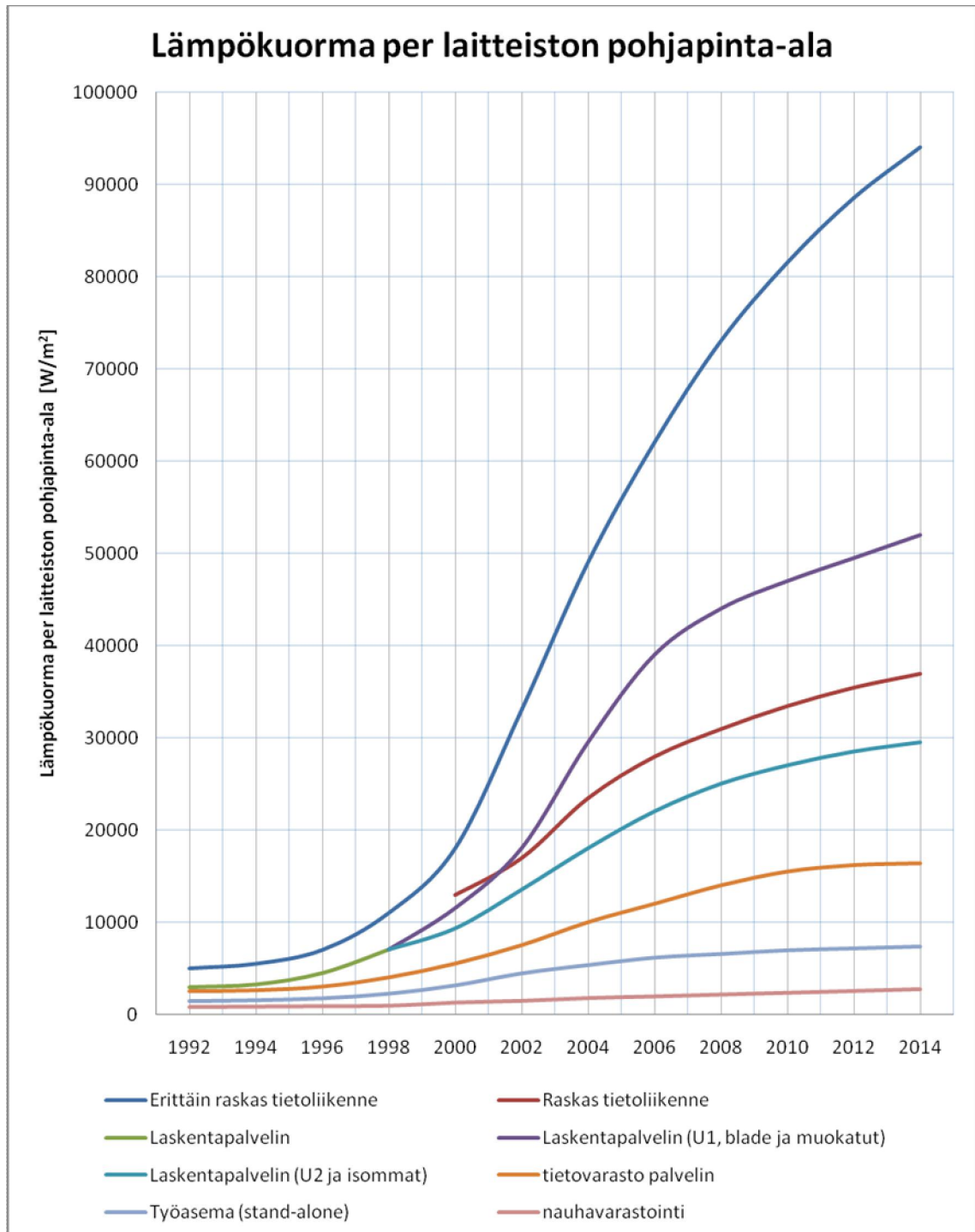
Tiedot palvelinten lämmöntuotannon tarkoista arvoista tulisi saada aina valmistajalta. On aina parempi käyttää tarkkoja laskelmia lämpökuormille, mutta on myös menetelmiä, joilla saadaan arvioitua palvelinten aiheuttama lämpökuorma. Palvelimen tyyppi on olennainen lämpökuormia laskettaessa, koska eri palvelintyyppien lämpökuormilla on suuria eroja.

Mikäli atk-konesalissa on useita erityyppisiä palvelintyyppisiä, eri rakkien lämpökuormat saattavat poiketa toisistaan kymmeniä kilowatteja. Sen takia on varmistettava, että jäähdytysteho on atk-konesalissa kohdistettu riittävästi suurimman lämpökuorman aiheuttaville räkeille. Vaikka atk-konesalin kokonaisjäähdytys kattaakin kokonaislämpökuorman, eivät raskaimmat palvelimet välttämättä saa tarpeeksi jäähdytystä, jos jäähdytys on jaettu tasaisesti koko huoneeseen eikä kohdistettu sinne, missä sitä tarvitaan eniten.

Erityyppisiä palvelimia ovat

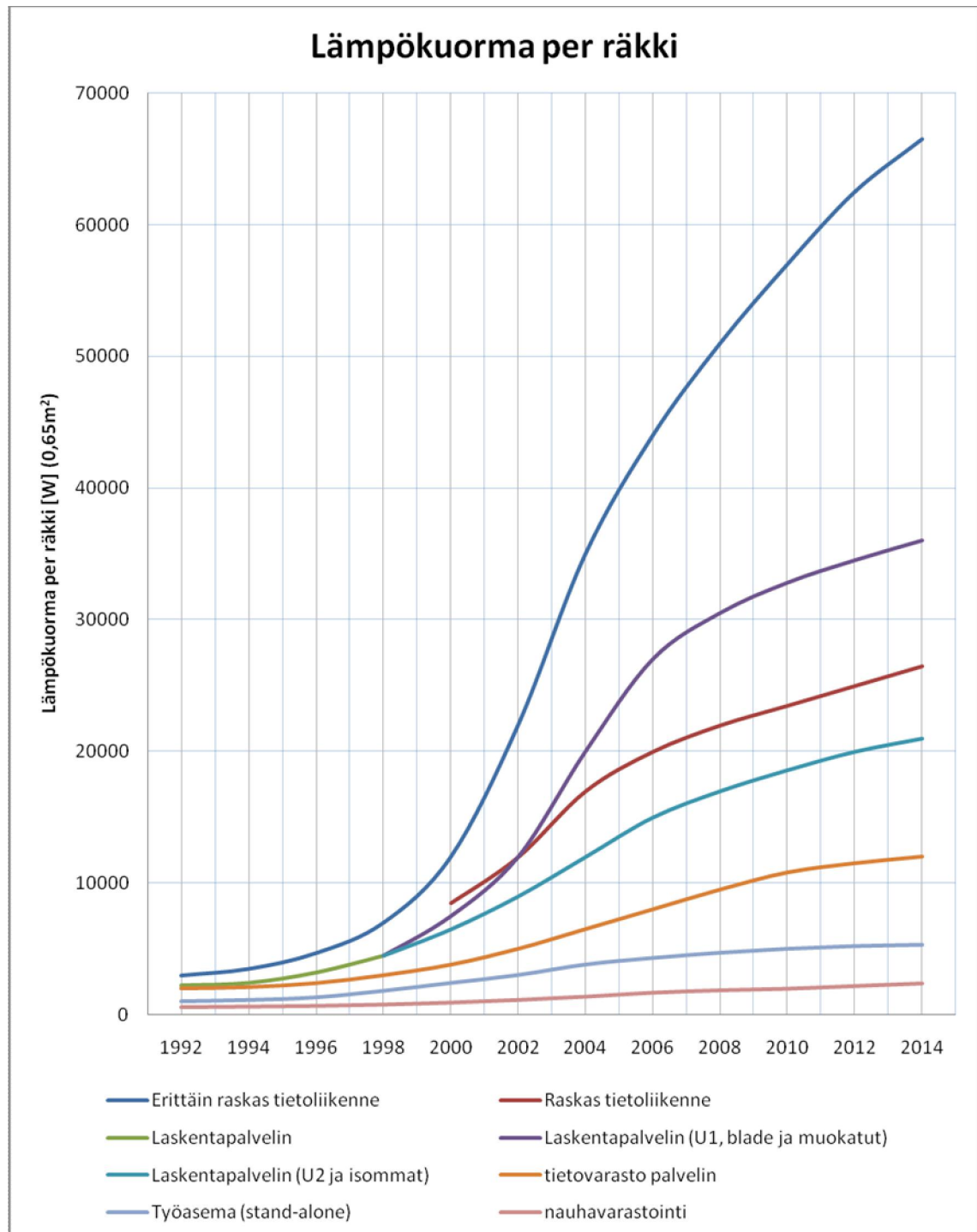
- laskentapalvelimet (2U ja suuremmat)
- laskentapalvelimet (1U, blade, ja muokatut)
- tietoliikenne
- nauhatalennus
- tietovarastopalvelimet (levytallennus)
- työasemat.

Kuvassa 4 on esitetty eri palvelintyypeille maksimilämpökuormat ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) laitteiston pinta-alan ja vuosimallin mukaan. Kaavion käyriä ei voi pitää tarkkoina arvoina, mutta niiden avulla voidaan arvioida tarvittava jäähdytysteho datakeskuksessa.



**Kuva 4.** Eri palvelintyyppien lämpökuormat laitteiston pohjapinta-alaa kohden [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] ja laitteiston vuosimallin mukaan /5/.

Kuvassa 5 on esitetty vastaavat lämpökuormat yhtä räkkiä kohden suhteutettuna tyypillisen räjkin pohjapinta-alaan  $0,65 \text{ m}^2$ . Usein on selkeämpää ja varmempaa selvittää lämpökuormat rakkikohtaisesti, koska eri rakkien lämpökuormat voivat poiketa toisistaan merkittävästi.



Kuva 5. Eri palvelintyyppien lämpökuormat räkkiä kohden [W] laitteen vuosimallin mukaan /5/.

**Taulukko 1. Esimerkki palvelimien lämpökuorma-laskelmasta 200 m<sup>2</sup> atk-konesalissa, missä laitteiden vuosimalli on 2006. Käytävätilan lämpökuormaan ei oleteta sisältyvän tässä esimerkissä muuta kuin valaistuksen.**

Laitetyyppi	Prosettiosuus datakeskuksen lattiapinta-alasta [%]	Lattiapinta-ala [m <sup>2</sup> ]	Lämpökuorma per laitteiston pohjapinta-ala [W/m <sup>2</sup> ]	Lämpökuorma [W]
Raskas tietoliikenne	2	4	28000	112000
Työasema (stand-alone)	2	4	6200	24800
Laskentapalvelin (U1, blade tai muokattu)	2	4	39000	156000
Laskentapalvelin (U2 tai isompi)	4	8	22000	176000
Tietovarasto palvelin	10	20	12000	240000
Nauhavarastointi	10	20	2000	40000
Käytävätila	70	140	20	2800
yhteensä	100	200		751600
Lämpökuorma per neliö [W/m <sup>2</sup> ]				3758

Taulukossa 1 on esitetty esimerkkilaskenta lämpökuormille atk-konesalissa. Lasketut arvot ovat oletettuja maksimiarvoja, joihin on syytä lisätä ainakin 20 % jäähdytyskapasiteettia laajennuksia varten. Todellisuudessa lämpökuormien suuruus riippuu paljolti siitä, kuinka tehokkaasti sähkölaitteita käytetään. Yleensä voidaan pitää peukalosääntönä, että palvelimet toimivat 70 %:n kapasiteetilla ja tallenninlaitteet toimivat 50 %:n kapasiteetilla. /5/

### 3.2 Muut sähkölaitteet

Palvelinten jälkeen suurimmat lämpökuormat aiheuttavat UPS-laitteet. Toisin kuin palvelimet ja muut atk-konesalin sähkölaitteet, UPS-laitteet eivät käytä niille tulevaa sähkötehoa vaan lataavat sillä akkuja tai päästävät suoraan ohitse.

UPS-laitteiden lämpökuormat riippuvat paljolti niiden koosta ja mallista, joten tarkat arvot kannattaa aina varmistaa valmistajalta. Yleensä voidaan kuitenkin arvioida UPS-laitteiden lämpökuorman olevan noin 4–5 % niiden volttiampeeritehosta. Atk-konesalin koosta riippuen UPS-laitteiden lämpökuorma voi olla kymmeniä tai jopa satoja kilowatteja, joten niiden jäähtytys on järkevintä toteuttaa vakioilmastointikoneilla.

Muuntamoiden ja sähköpääkeskusten lämpökuormat eivät suurissakaan atk-konesaleissa tavallisesti nouse kuin korkeintaan muutamiin kymmeniin kilowatteihin, joten niiden jäähtytys on toteutettavissa pelkillä jäähtytyspuhallinpattereilla. Suuritehoisten muuntamojen tilat saatetaan joutua varustamaan hormilla niiden räjähdysvaaran takia, koska räjähdyksestä aiheutuneen paineen täytyy päästä purkautumaan muuntamotilasta, jotta vältetään ympäröivien seinien vaurioitumiselta. Tällöin voidaan harkita hormiston käyttämistä ulkoilmajäähtytykseen. Ulkoilmajäähtytyksen tarvitseman mitoitus ilmavirran voi laskea kaavalla 1.

$$q_v = \frac{\Phi}{\rho_i \cdot c_{p,i} \cdot (t_s - t_u)} \quad (1)$$

$q_v$  on tarvittava ulkoilmavirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\Phi$  on lämpökuorma eli tarvittava jäähtytysteho [W]

$\rho_i$  on ilman tiheys [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c_{p,i}$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [ $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ]

$t_s$  on ulospuhallettavan ilman lämpötila (suurin sallittu lämpötila huoneessa) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_u$  on maksimi ulkoilman lämpötila [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### 3.3 Kaapelit

Kaapelien aiheuttama lämpökuorma huonetilaan ei ole merkittävä suhteessa muihin lämmönlähteisiin atk-konesaleissa, mutta liika kaapelien lämpeneminen voi aiheuttaa ongelmia. Näin ollen on syytä välttää sijoittamasta kaapeleita liian ahtaisiin ja umpinaiisiin tiloihin. Kaapelit sijoitetaan tavallisesti kulkemaan joko katonrajassa tai asennuslatian alla.



### 3.4 Valaistus

Valaisimeen tuotu sähköteho muuttuu kokonaisuudessaan lämmöksi. Sähköteho riippuu valaistustavoitteista, tilasta ja valaisintyypistä. Tyypillisen loisteputkilla toteutetun toimistohuoneen valaistuksen sähköteho on 15...20 W/m<sup>2</sup>. /6/

### 3.5 Ihmiset

Ihmisten aiheuttamaa lämpökuormaa ei yleensä tarvitse ottaa huomioon, koska atk-konesaleissa ei tavallisesti oleskele ihmisiä, paitsi huoltotöiden aikana. Vaikka ihmisiä atk-konesaleissa jatkuvasti oleskellisikin, eivät heidän aiheuttamansa lämpökuormat ole suurissa konesaleissa muihin lämpökuormiin verrattuna merkityksellisiä.

Kuitenkin, mikäli palvelinten tehot ovat suhteellisen pienet ja ihmisten aiheuttamat lämpökuormat nähdään oleellisiksi, jäähdytystarvelaskelmissa voidaan käyttää vapaan lämmön luovutuksena arvoa 75 W/henkilö ja sidotun lämmön luovutuksena 40 arvoa W/henkilö. Sidottu lämpö on pääasiassa kosteaan hengitysilmaan sitoutunutta lämpöä. Ihmisen luovuttama kosteus on 60 g/h henkilöä kohti. Edellä olevat arvot pätevät huonelämpötilalle +25 °C ja kevyelle työlle. /6/

### 3.6 Auringon säteily

Palvelinkeskuksiin ei yleensä rakenneta suuria ikkunoita, koska se aiheuttaisi turhaa lämpötilan vaihtelua ja lisäksi jäähdytystarvetta kesäisin. Mikäli atk-konesalissa on merkittävästi ikkunoita, tulee ottaa huomioon myös auringon säteilyn aiheuttama lämpökuorma. Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevan auringon säteilyenergiasta kerrotaan tarkemmin Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5:ssa.

## 4 Jäähdytysjärjestelmät

Yleensä räkit jäähdytetään ilmajäähdytyksellä, mutta kasvavan jäähdytystarpeen myötä on kehitelty myös vesijäähdytteisiä räkkeitä. Ilmajäähdytyksellä keskuksen kokonais-sähkönkulutuksesta jopa puolet voi kulua jäähdytykseen, tavallisemmin kuitenkin noin kolmannes. On suositeltavaa, että atk-konesalin ja sen aputilojen jäähdytysjärjestelmät ovat riippumattomat rakennuksen muista järjestelmistä. Tosin ristiinkytkentä muiden jäähdytysverkostojen kanssa tai kokonaan toinen rinnakkainen jäähdytysverkosto on usein tarpeen varmistuksen takia.

Palvelimet sekä muut sähkölaitteet harvoin käyvät maksimithehollaan, jolloin todellinen vaadittu jäähdytysteho on pienempi kuin laskennallinen. Jäähdytyslaitteiden ylityttäminen on kuitenkin suositeltavaa, koska palvelimet uudistetaan tehokkaampiin todennäköisesti ainakin kerran jäähdytyslaitteiden eliniän aikana, jolloin myös tarvittava jäähdytysteho kasvaa. Riittämätön jäähdytysteho tai jäähdytysjärjestelmän pettäminen voi johtaa laitteiston ylikuumentumiseen ja näin aiheuttaa vakavaa vahinkoa yritykselle ja sen asiakkaille.

Atk-konesalien ilmastoinnin voi toteuttaa joko huonekohtaisilla vakioilmastointikoneilla tai keskitetyllä ilmankäsittelylaitoksella. Kummalla tahansa järjestelmällä ilmastointi toteutetaankin, sen tulisi kyetä ylläpitämään vaaditut ilmasto-olosuhteet atk-konesaleissa sekä sen aputiloissa.

#### 4.1 Ilmasto-olosuhteet

Atk-konesalien ympäristövaatimukset riippuvat palvelinten käyttötarkoituksesta ja valmistajasta. Useimmat palvelinvalmistajat ovat sopineet huoneilman neljästä eri standardiluokasta (luokat 1–4). Viidettä luokitusta – NEBS (Network Equipment-Building Systems) – käytetään yleensä telekommunikaatioissa. /7/

- Luokka 1: Tyypillinen palvelinlaitos, joissa on tarkasti valvotut ympäristöparametrit (kastepiste, lämpötila ja suhteellinen kosteus) ja elintärkeät toiminnot; tuotteiden tyypit tavallisesti tässä luokituksessa ovat yritysten palvelimet ja tallenninlaitteet.
- Luokka 2: Tyypillinen palvelintila, toimisto tai laboratorio ympäristö, jossa on jonkin verran valvottuja ilmastoparametreja (kastepiste, lämpötila, suhteellinen kosteus); tyypillisiä laitteita näissä olosuhteissa ovat pienet palvelimet, tallenninlaitteet, PC:t ja työasemat.
- Luokka 3: Tavallisesti toimisto-, koti- tai kuljetettava tila, jossa on vain vähän ympäristöolosuhteiden valvontaa (ainoastaan lämpötila); tyypillisiä näihin olosuhteisiin suunniteltuja laitteita ovat PC:t, työasemat, kannettavat tietokoneet ja tulostimet.
- Luokka 4: Tavallisesti point-of-sale-tuotteiden (esim. kassojen näyttöpäätteet), kevyen teollisuuden tai tehtaan ympäristö suojattunat säältä, riittävällä lämmityksellä talvisin ja ilmanvaihdolla varustettuna; tämän tyyppisiä tuotteita ovat point-of-sale-laitteet, teollisuuden säätölaitteet sekä tietokoneet ja käsinpidettävä elektroniikka kuten PDA:t.
- NEBS: Telcordian ympäristövaatimukset (2001, 2002) ja yleensä teleorganisaation keskuslaitteistojen tilat jonkinlaisella olosuhteiden valvonnalla (kastepiste, lämpötila ja suhteellinen kosteus); tyypillisiä laitteita yleensä näissä tiloissa ovat kytkimet, kuljetusvälineet ja reitittimet.

Koska luokkia 3 ja 4 ei ole pääasiassa kohdistettu atk-konesaleja varten, ei niitä käsitellä tässä raportissa enempää.

#### 4.1.1 Ilman lämpötila

Liian korkeat huonelämpötilat voivat johtaa sähkölaitteiden ylikuumentumiseen ja siten pakkosammutukseen tai laitevikaan. Vaaditut huonelämpötilat tulisi tarkistaa laitekohtaisesti, mutta lämpötiloja 20...25 °C pidetään yleisesti suositeltavana luokituksille 1 ja 2. Telekommunikaatiokeskuksille (NEBS) lämpötilasuositukset eivät ole yhtä tiukat (kuva 6). Suositeltava vaihteluväli telekommunikaatiokeskuksissa on 18...27 °C. Yleensä käytetään lämpötilalle suunnitteluarvoa  $22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  /7/.

Sallitut lämpötilat luokille 1 ja 2 sekä NEBS:lle on esitetty kuvassa 7. Poikkeama suositellusta arvoista sallitulle alueelle on yleensä hyväksyttävää väliaikaisesti, mutta suunnittelijoiden ja operaattoreiden tulisi pyrkiä pitämään lämpötilat jatkuvasti suositelluissa arvoissa. Huoneilman lämpötilan lisäksi on huomioitava räkkien ja muiden sähkölaitteiden läpi virtaavan ilman lämpötila. Vaikka huonelämpötila pysyisikin sopivana, saattaa lämpötila räkkien sisällä nousta liian korkeaksi, mikäli niiden sisäistä jäähdytystä ei ole otettu huomioon.

Jotkut palvelinvalmistajat ovat laatineet sallitut kriteerit lämpötilan vaihtelujen nopeuksille, jotta vältetään data- ja viestintälaitteille aiheutuvilta vioilta. Nämä kriteerit tulisi tarkistaa kaikille palvelimille erikseen. Tuloilman lämpötilan maksimi muutosnopeus on 5 °C tunnissa /7/.

#### 4.1.2 Ilman suhteellinen kosteus

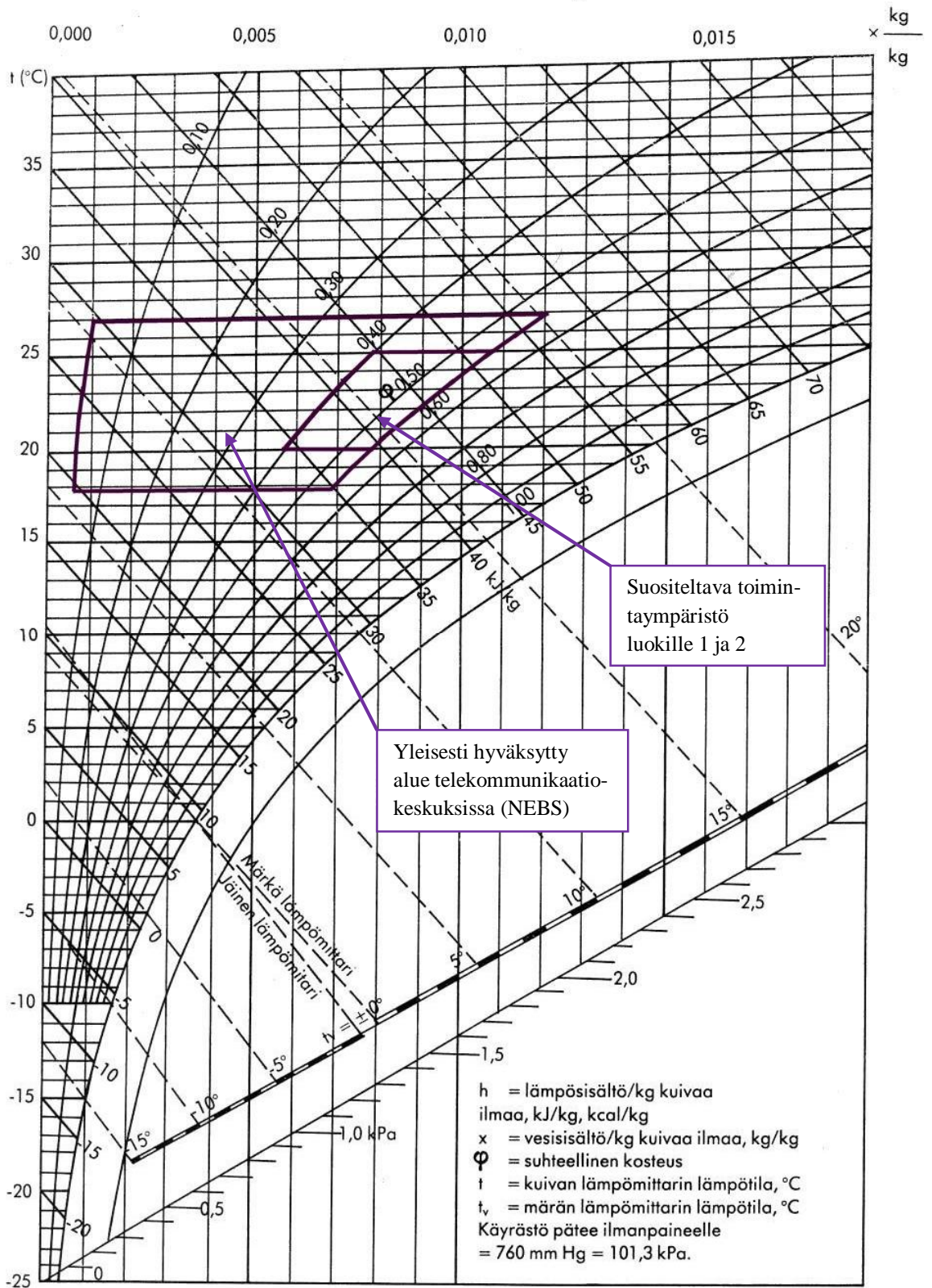
Liian korkea suhteellinen kosteus voi aiheuttaa sähkölaitteissa oikosulkuja, hygroskooppisia pölyhaittoja, kasettitalentimien vioittumista, ennenaikaista kulumista ja ruostumista. Äärimmäistapauksissa voi tapahtua kondensoitumista nestejäähdytteisten laitteiden kylmäpinnoille. Liian alhainen ilman suhteellinen kosteus voi aiheuttaa elektrostaattisia purkauksia, mitkä voivat vahingoittaa laitteita tai häiritä niiden toimintaa /7/.

Palvelinkeskusten ilmastointi tulisi suunnitella ja ylläpitää siten, että ilman suhteellinen kosteus atk-konesaleissa pysyy jatkuvasti suositelluissa arvoissa (kuva 6). Väliaikais poikkeaman ulkopuolelle sallitulta alueelta (kuva 7 tai tarkemmat tekniset tiedot) ei pitäisi merkittävästi lyhentää laitteiden käyttöikää. Suunnitteluarvona ilman suhteelliselle kosteudelle voidaan yleensä pitää  $50 \% \pm 5 \%$ . /8/

Huoneilman suhteellisen kosteuden muutosnopeudella on yleensä suurin vaikutus kasetti- ja tallenninlaitteille. Tyypilliset vaatimukset kaseteille ovat ilman lämpötilan muutosnopeus enintään  $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  tunnissa ja suhteellisen kosteuden muutosnopeus enintään  $5 \%$  tunnissa /7/.

Kuvassa 6 on esitetty Mollier-diagrammissa suositellut ilmasto-olosuhteet luokalle 1, luokalle 2 ja telekommunikaatiokeskukselle (NEBS). Kuvassa 7 on esitetty sallitut ilmasto-olosuhteet em. luokituksille.

## Kostean ilman Mollier-käyrästä







#### 4.2.4 Ilmanvaihto

Atk-konesalit tulee suunnitella aina ylipaineisiksi suhteessa ympäröiviin tiloihin, jotta tilaan ei virtaa kosteutta ja epäpuhtauksia vuotoilman mukana. Rakenteissa täytyy olla riittävät höyrynsulut. Atk-konesaleissa ei yleensä tarvita suuria määriä ilmanvaihtoa, koska niissä ei tavallisesti oleskele paljon ihmisiä. Tuloilman määrä tuleekin mitoittaa henkilöiden lukumäärän mukaan eikä neliötilan perusteella. Jäähdytyksen tarvitsemat kiertoilmavirrat vakioilmastointikoneiden kautta ovat kuitenkin suhteellisen isot. Kier-toilmamäärä on tarkkuusilmastointikoneissa 80–120 dm<sup>3</sup>/(s·kW). Suuri ilmamäärä mahdollistaa suuren tuntuvan tehokertoimen. /8/

Esimerkiksi, noin 200 m<sup>2</sup>:n atk-konesalissa, jossa palvelimien yhteenlaskettujen lämpökuormien oletetaan olevan noin 500 kW, ei ilmanvaihtoa todennäköisesti tarvita kuin alle 100 l/s, mutta jäähdytyksen tarvitsema kiertoilmavirta vakioilmastointi-koneiden kautta voi olla yli 50 000 l/s.

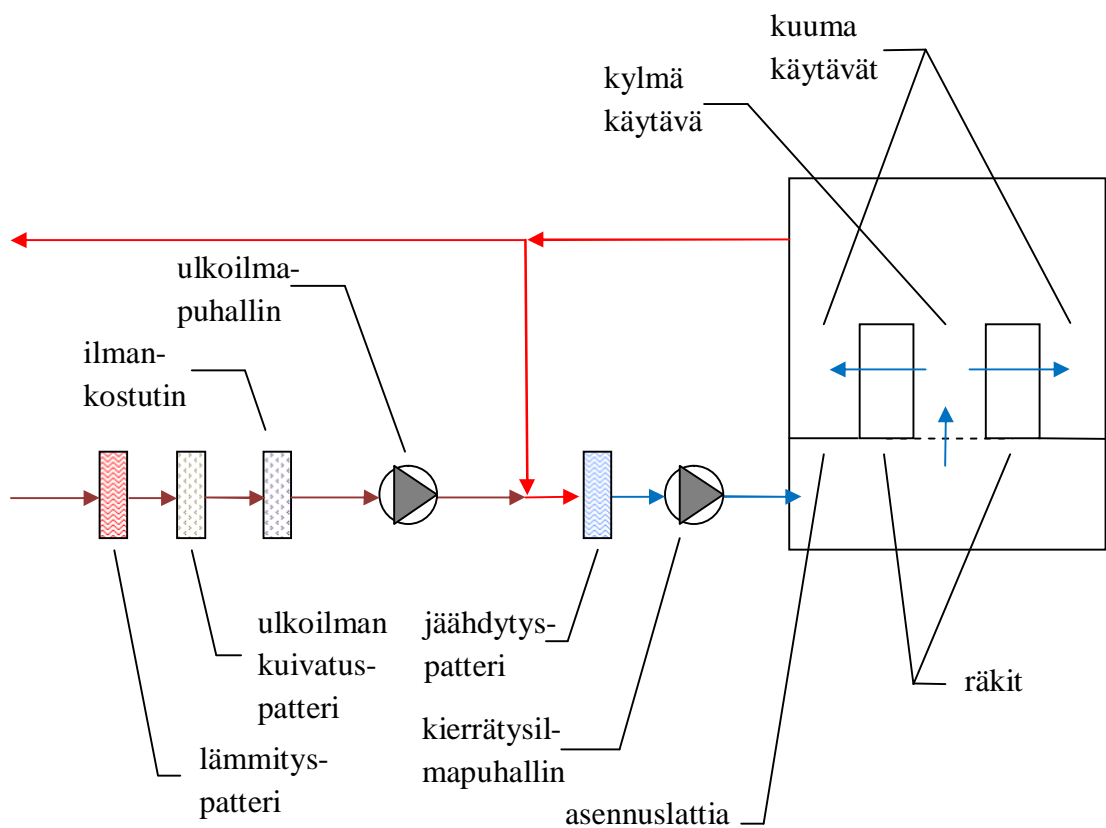
Koska ihmisiä ei tavallisesti oleskele atk-konesaleissa, ei niitä myöskään tarvitse suunnitella oleskelumukavuuden kannalta. Myöskään ääniteknisiä tekijöitä ei usein tarvitse ottaa huomioon. Ulkoilmavirta tilaan on pidettävä mahdollisimman pienenä. Suuri ulkoilmavirta aiheuttaa suuren lisäkustutuksen tarpeen talvipakkasilla, syksyn kosteilla ilmoilla suuren kuivatuksen tarpeen sekä turhaa lämpökuormaa ulkoa kesäaikana. /8/

Useimmiten atk-konesalien ilmanvaihto järjestetään keskitetyllä ulkoilman käsittelyjärjestelmällä. Näin saadaan säädettyä tuloilman lämpötila ja kosteus yhdellä laitteistolla, eikä jokaiseen vakioilmastointikoneeseen tarvita erikseen kostuttimia ja jälkilämmitimiä. Kuvassa 8 on esitetty erillinen ulkoilmanesikäsittelyjärjestelmä ja sitä seuraava kierrätysilman jäähdytys. Ulkoilman kostutus säädetään yleensä atk-konesalin kastepisteen mukaan.

Tuloilmakanava yhdistetään vakioilmastointikoneen kierrätysilmakanavan imupuolelle, jotta tuloilma saadaan käsiteltyä ennen huonetilaan puhaltamista. Poistoilman voi ottaa atk-konesalista erillisellä kanavistolla.



Ennen kuin ulkoilma tuodaan atk-konesaliin, se tulee aina suodattaa pienhiukkasten sekä ruostetta aiheuttavien kaasujen varalta. Pienhiukkaset voivat vahingoittaa data- ja viestintälaitteiden toimintaa, joten korkealaatuinen suodatus on olennaista. Hiukkasten, eli pölyn, kerääntyminen jäähdytykseen tarkoitetuille pinnoille voi heikentää niiden jäähdytystehoa. /7/



**Kuva 8. ATK-konesalin ilmanvaihto ulkoilman esikäsittelyllä ja tilan kierrätysilman jäähdytyksellä. /7/**

## 4.2 Vakioilmastointikoneet

Vakioilmastointikoneet (VIK) ovat kaikkein yleisin ATK-konesalien jäähdytysjärjestelmä. Vakioilmastointikone (kuva 9) pitää huoneen ilmasto-olosuhteet halutuissa arvoissa. VIK sisältää sisäänrakennettuna jäähdytyspatterin, puhaltimen, jälkilämmityspatterin, suodattimen ja kostuttimen.

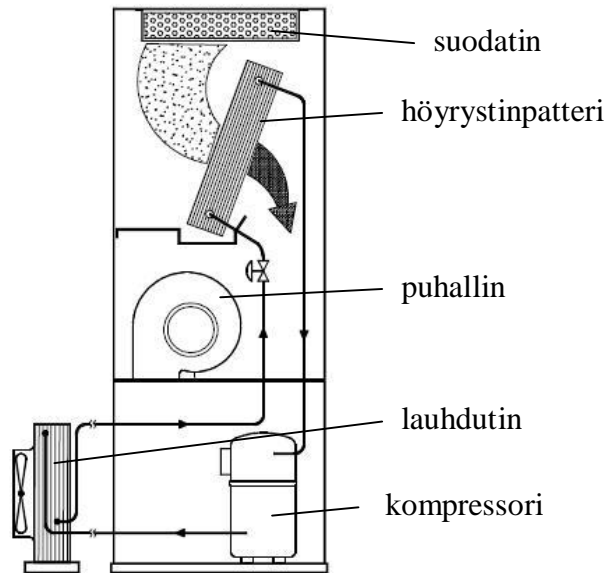
Vakioilmastointikoneita on tarjolla suora- ja välillisen jäähdytyksen avulla. Jäähdytyspatterin pintalämpötila VIK:ssa on tavallisesti aina huoneen kastepistelämpötilaa alhaisempi – suora- ja välillisen jäähdytyksen mallissa pintalämpötila voi olla lähes 0 astetta. Näin ollen jäähdytysprosessi on märkäjäähdytystä, mikä kuivattaa ilmaa – haluttiin sitä tai ei.



**Kuva 9. Vakioilmastointikone.**

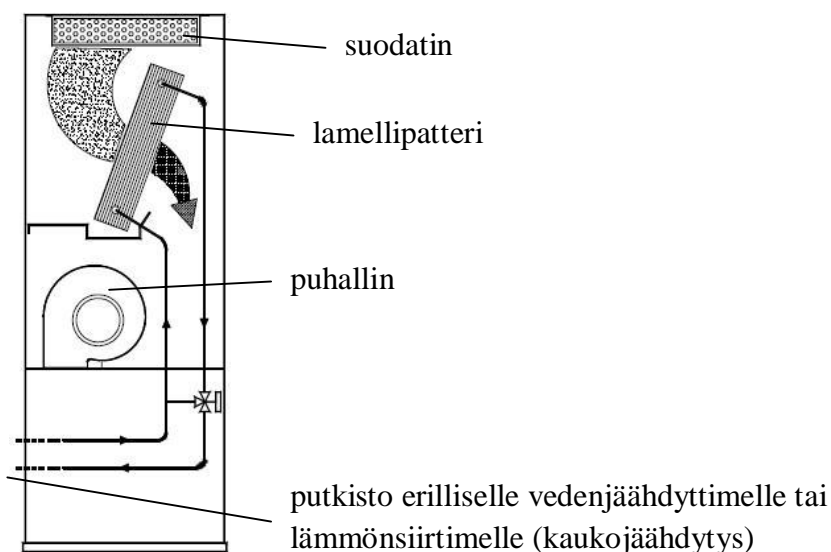
#### 4.2.1 Suorahöyrystein ja välillinen jäähdytys

Suorahöyrysteisessä jäähdytyksessä höyrystinpatteri (jossa kylmäaine höyrystyy sitoen energiaa) on kosketuksessa jäähdytettävän (ja/tai kuivatettavan) ilman kanssa (kuva 10).



**Kuva 10.** Vakiilmastointikone suorahöyrysteisellä /8/.

Välillistä jäähdytystä käyttävässä järjestelmässä jäähdytyspatterissa ilmasta energiaa sitoutuu lamellipatterissa virtaavaan kylmään veteen (tai liuokseen). Tämä vesi/liuos on jäähdytetty muualla olevassa vedenjäähdyttimessä (kuva 11).



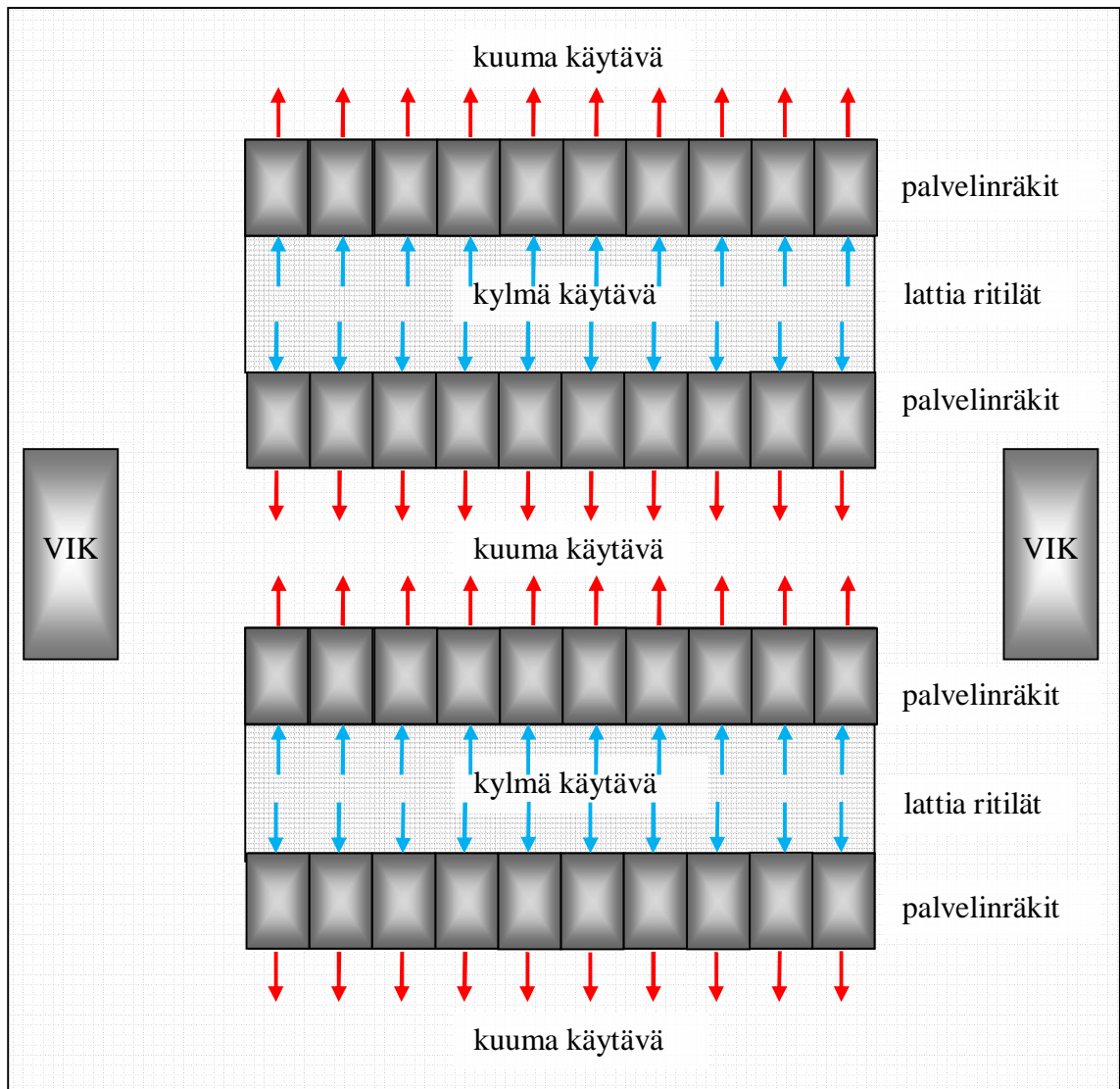
**Kuva 11.** Vakiilmastointikone välillisellä jäähdytyksellä /8/.

#### 4.2.2 Kylmän ja kuumen käytävän vuorotteluperiaate

Kylmän ja kuumen käytävän vuorotteluperiaate on yleisesti käytetty menettely, jolla varmistetaan, että kaikkien räkkien läpi pääsee virtaamaan ainoastaan jäähdytettyä ilmaa. Kuvassa 12 on esitetty yläpuolelta atk-konesalin räkkien järjestys kylmien ja kuumien käytävien väliin sekä ilmavirtojen suunnat niiden läpi.

Atk-konesalit varustetaan yleensä asennuslattialla. Sen avulla saadaan jäähdytysputket, kondenssiviemärit ja kaapelit tuotua laitteille helposti ja huomaamattomasti sekä jäähdytysilma jaettua tasaisesti huonetilaan ilman erillistä kiertoilmakanavoitinta. Asennuslattian alla tulisi olla vähintään 300 mm tilaa toimivan ilmanvaihdon takaamiseksi. Mikäli asennuslattiaa ei voida tai ei haluta käyttää, on jäähdytetty tuloilma kanavoitava puhaltamaan räkkirivistöjen joka toiseen väliin.

Asennuslattiaa käytettäessä kylmille kylmille käytäville asennetaan lattiaritilät, joista jäähdytetty ilma pääsee virtaamaan asennuslattian alta huonetilaan. Räkit ottavat jäähdytettyä ilmaa kylmiltä käytäviltä ja luovuttavat ilman lämmenneenä kuumille käytäville (kuvat 12, 15 ja 16), joista ilma kohoaa katonrajaan. Vakioilmastointikoneet ottavat lämmintä ilmaa atk-konesalin katonrajasta ja puhaltavat ilman jäähdytettynä joko asennuslattian alle tai suoraan kylmille käytäville (kuvat 13 ja 14).



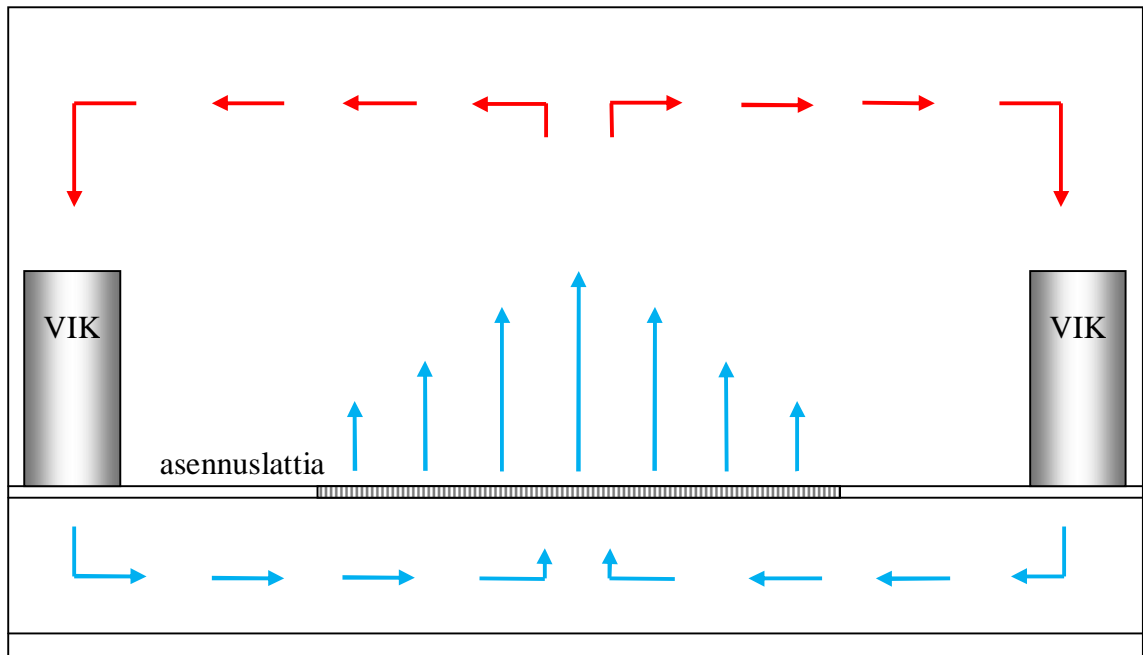
**Kuva 12. Ilmavirrat rakkijäähdyttimien läpi kylmiltä käytäviltä kuumille käytäville. Asennuslattian ritilät sijaitsevat ainoastaan kylmillä käytävillä. /7/**

### 4.2.3 Vakioilmastointikoneiden sijainti

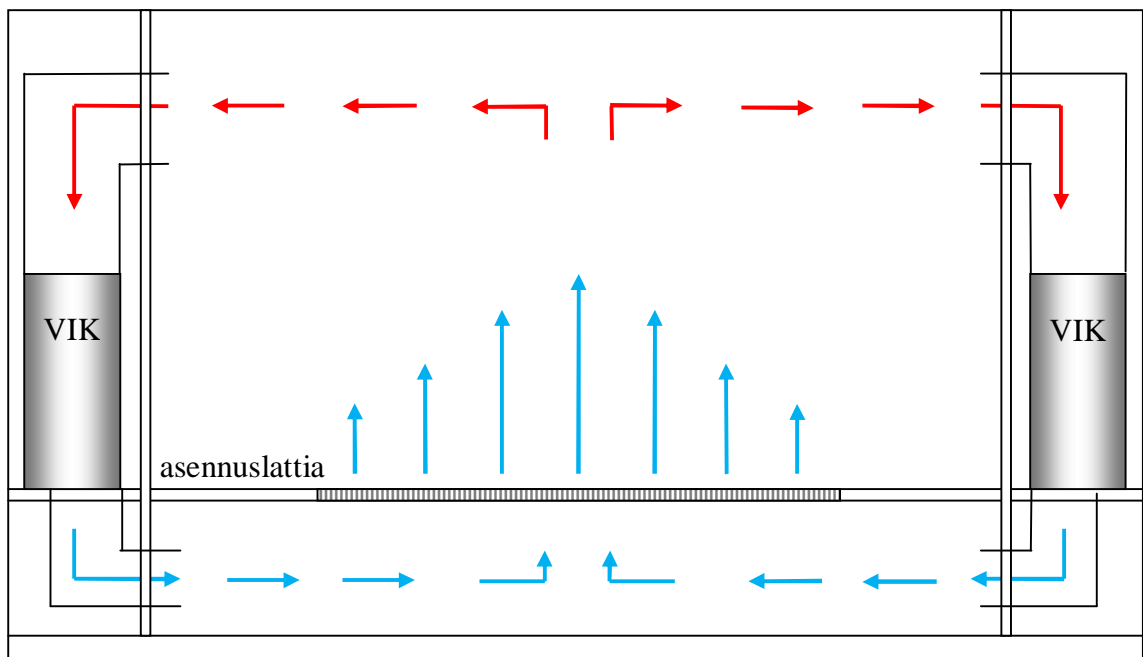
On suositeltavaa jakaa huoneilman jäähdytys vähintään kahdelle vakioilmastointikoneelle huoneen vastakkaisille puolille, jotta jäähdytetty ilma jakautuisi tilaan mahdollisimman tasaisesti. Samalla myös varmistetaan tilan jäähdytys siltä varalta, että joku vakioilmastointikoneista vioittuu. Vakioilmastointikoneet sijoitetaan yleensä atk-konesaliin (kuva 13), mutta ne voidaan sijoittaa myös erilliseen tilaan, jolloin tarvitaan myös kierrätysilman kanavointi (kuva 14). Asennuslattian käyttö on suositeltavaa, koska sen avulla jäähdytetty ilma saadaan helpoiten ohjattua halutuille alueille ilman erillistä kanavointia.

Lämpötila- ja kosteusanturit tulee asentaa siten, että konesaliin puhallettavan ilman ominaisuudet saadaan pidettyä vaatimusten mukaisina. Atk-konesalissa voi olla tarpeen analysoida ilmavirtojen reitit, jotta löydetään antureille optimaaliset sijainnit ja varmistetaan, etteivät lämpötila- ja kosteusanturit sijaitse paikassa, joissa ne lähettävät virheellisiä arvoja säädettäville vakioilmastointikoneelle. Anturien epäoptimaaliset sijainnit voivat pakottaa vakioilmastointikoneen kuluttamaan enemmän energiaa kuin on tarpeen. /7/

Tiloissa, joissa on useita VIK-yksikköjä, palaavan ilman lämpötila ja kosteus voivat vaihdella muutaman prosenttiosuuden. Tämä vaihtelu voi johtaa siihen, että vakioilmastointikoneet toimivat ristiriidassa keskenään. Esimerkiksi yksi VIK voi kuivattaa ilmaa, kun taas toinen lähellä oleva yksikkö kostuttaa sitä. Tämä voi huomattavasti alentaa tehokkuutta ja lisätä energiakustannuksia. Tästä syystä vakioilmastointikoneiden jälkilämmityspattereita ei usein oteta lainkaan käyttöön, vaan tuloilman lämpötila ja kosteus säädetään erillisellä keskitetyllä ulkoilman esikäsittelyllä, jolloin vakioilmastointikoneiden toiminta saadaan mahdollisimman yksinkertaiseksi ja varmaksi vuodenajasta riippumatta.



**Kuva 13. Kierrätysilman jäähdytys vakioilmastointikoneiden (VIK) kautta ATK-konesalissa.**



**Kuva 14. Vakioilmastointikoneet voidaan sijoittaa myös ATK-konesalin ulkopuolelle.**

#### 4.2.4 Huoneilman kostutus ja kuivatus

Vakioilmastointikoneissa on sisäänrakennettu ilmankostutin, joita on tarjolla erityyppisiä, kuten vesi-, höyry-, infrapuna- ja ultraäänikostuttimia. Kostuttimien kanssa tulisi huomioida niiden luotettavuus ja huolto-ominaisuudet. On usein suositeltavaa keskittää kaikki ilmankostutus yhdelle kostuttimelle. Huomioitavaa myös on, että jotkin kostutusmenetelmät tai väärin käsitelty kostutusvesi saattavat vesihöyryn mukana tuoda laitteita vahingoittavia hiukkasia huonetilaan /7/.

Mikäli ilmaa tarvitsee ylijäähdyttää kosteuden poistamiseksi, täytyy se tavallisesti myös jälkilämmittää. Jälkilämmitys lisää tilan jäähdytettävää kokonaislämpökuormaa, joten ylijäähdytyksen ja jälkilämmityksen tulee olla tarkasti valvottua energiahukan välttämiseksi.

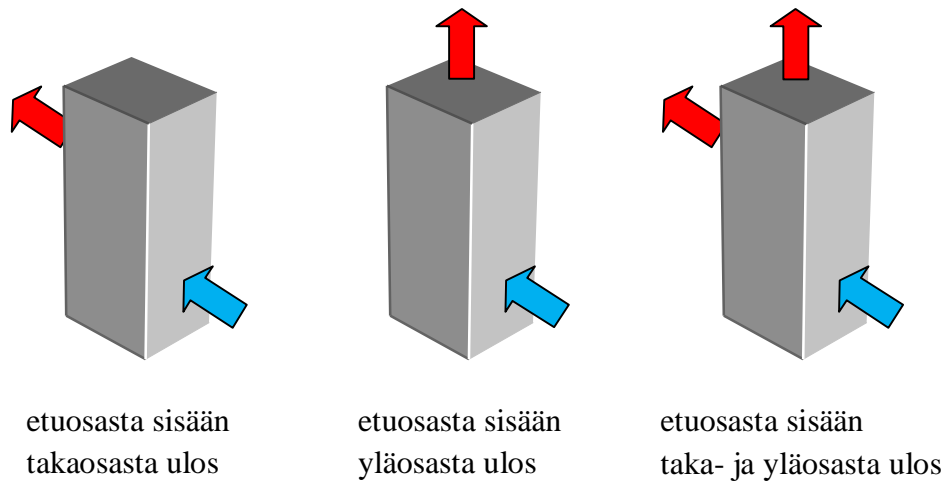
Kuivatus välillisen järjestelmän vakioilmastointikoneessa tehdään pienentämällä kierrätysilmamäärää, jolloin patterilta lähtevän ilman lämpötila alenee ja kosteus tiivistyy kierrätysilmasta tehokkaammin /8/.

Kuivatus suora-höyrysteisessä vakioilmastointikoneessa tehdään pienentämällä kierrätysilmamäärää, jolloin patterilta lähtevä ilma jäähtyy ja kosteus tiivistyy kierrätysilmasta. Kuivatusta tehostaa aleneva höyrystymislämpötila (matalampi patterin pintalämpötila). Kuivatus suora-höyrysteisessä vakioilmastointikoneessa voidaan tehdä myös sulkeamalla yksi patterilohko magneettiventtiilillä. Näin pienennetään lämmönsiirtopinta-alaa. Kylmäprosessi (kompressori ja höyrystinpatteri) hakeutuu uuteen tasapainotilaan – höyrystymislämpötila alenee, patterin pintalämpötila laskee, patterilta lähtevä ilma jäähtyy ja kosteus tiivistyy kierrätysilmasta /8/.

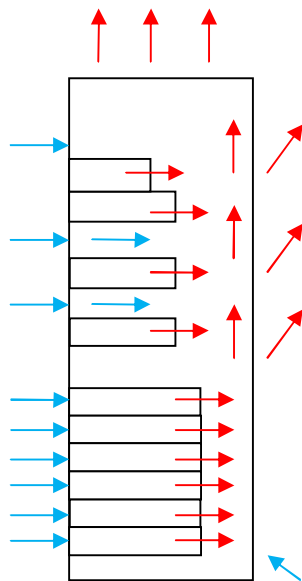


### 4.3 Räkkin jähdytys

Suurin osa atk-konesalien ja niiden aputilojen kokonaislämpökuormasta muodostuu rakkien sisällä. Jotta lämpö saadaan poistettua huoneesta, on se ensin poistettava räkkin sisältä. Eri menetelmiä rakkien jähdytykseen ovat passiivinen tuuletus, räkkipuhaltimet, sisäänrakennetut puhallinpatterit ja nestejäähdytys. Räkit tavallisesti asennetaan rivistöihin niin päin, että ne ottavat kylmältä käytävältä viileää ilmaa ja puhaltavat sen kuumalle käytävälle ja/tai ylöspäin (kuvat 15 ja 16).



Kuva 15. Suositeltuja ilmavirran reittivaihtoehtoja rakkien läpi /7/.



Kuva 16. Kuvassa on esitetty ilmavirrat räkkin sisällä. Jäähdytetty ilma virtaa sisään räkkin etuosasta, ja ulos räkkin taka- ja yläosasta /9/.

### 4.3.1 Passiivinen tuuletus

Passiivinen tuuletus riittää ainoastaan kevyimpiin palvelintyyppeihin. Normaleissa huoneolosuhteissa tyypillinen räkki kykenee luovuttamaan noin 300–500 W lämpötehoa luonnollisen konvektion avulla. Tämä edellyttää, että räkin ylä- ja alaosassa on riittävästi aukkoja.

Räkkiin pinottujen palvelimien ja muiden sähkölaitteiden kuluttama sähköteho muuttuu kokonaan lämmöksi, joka kohoaa räkin sisällä ylöspäin ja ulos räkin katossa sijaitsevasta poistoaukosta. Viileämpää korvausilmaa virtaa räkin sisään sen etuosassa sijaitsevista aukoista – näin räkin sisälle syntyy ns. savupiippuvaikutus. Passiivisen jäähdytyksen vahvuutena on sen varmuus, koska se ei ole riippuvainen erillisten osien toimivuudesta. Eniten lämpöä tuottavat sähkölaitteet tulisi pyrkiä asentamaan räkin yläosaan, jotta niistä nouseva lämpö ohjautuu ulos räkistä mahdollisimman pian eikä virtaa koko räkin läpi lämmittäen muita sähkölaitteita.

Väärät ilmavirtojen reitit palvelintelineiden sisällä voivat tehdä jäähdytysjärjestelmän osittain tehottomaksi. On tärkeää, että ilma vaihtuu tasaisesti koko räkin matkalta, joten kaiken lämmenneen ilman täytyy poistua räkistä joko sen ylä- tai takaosasta. Aukkojen tai laitteiden vääränlainen sijoittelu räkkiin voi aiheuttaa sen, että lämmennyt ilma ei vaihdu räkin alaosasta tarpeeksi tehokkaasti ja/tai viileää ilmaa virtaa räkkiin sen yläosasta ja suoraan ulos poistoilma-aukosta /9/.

### 4.3.2 Räkkituulettimet

Räkin sisäisen lämpökuorman ollessa liian iso, ei pelkkä passiivinen tuuletus riitä. Räkien tuulettimilla tehostetaan luonnollista konvektiota räkin sisällä. Tuulettimia asennetaan räkin etuosaan tuloilma-aukkoihin kylmän käytävän puolella sekä räkin yläosaan poistoilma-aukkoihin (kuva 16). Tuloilmapuhaltimien ja tuloilma-aukkojen sijoitteluun tulee kiinnittää huomiota. Jos tuloilma-aukkoja on sijoitettu tuloilmapuhaltimien väliin, saattaa sisäänpuhallettu ilma virrata suoraan ulos vieressä sijaitsevasta aukosta.

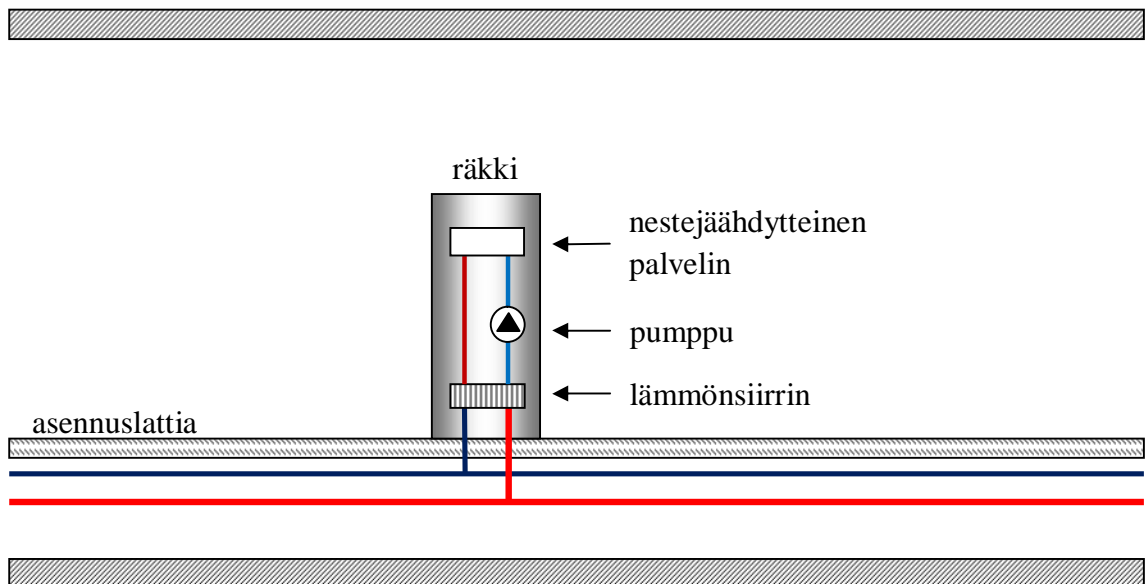
Räkin katossa olevan poistopuhaltimen virtaaman tulee olla vähintään yhtä iso kuin kaikkien tulopuhaltimien yhteenlaskettu virtaama, jotta vältetään räkin sisäisiltä lämpimän ilman kiertovirtauksilta. Tuloilmapuhaltimia ei ole suositeltavaa sijoittaa liian ylös, eivätkä tuloilma-aukot saa olla liian lähellä poistoilmapuhallinta, tai muuten viileä ilma virtaa suoraan tuloilma-aukosta poistoilmapuhaltimeen jäähdyttämättä räkkiä /9/.

### 4.3.3 Vesikiertoiset rakkijäähdyttimet

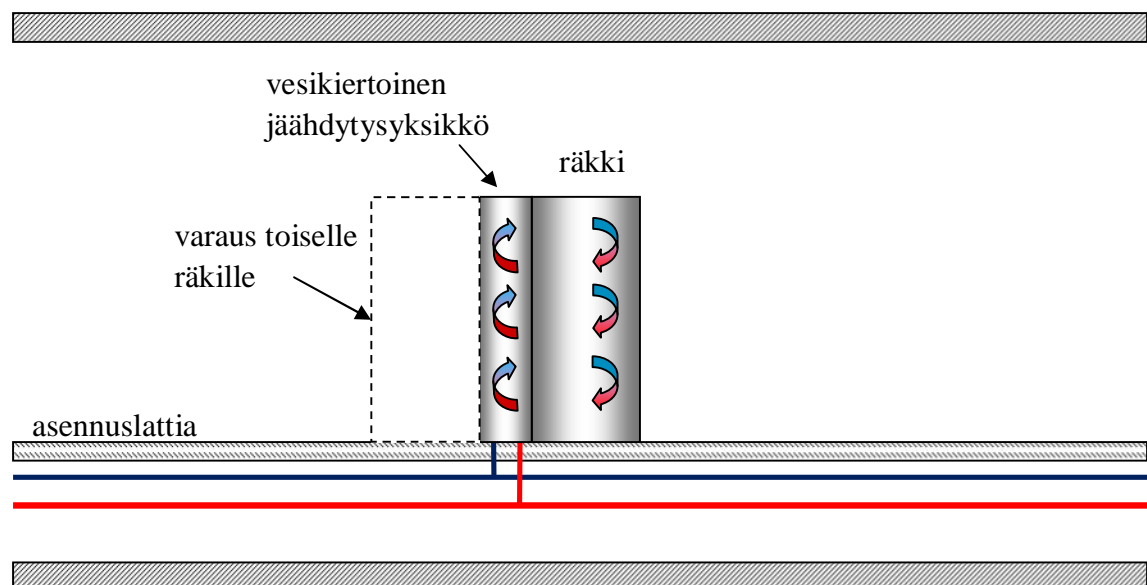
Raskaimpien palvelintyyppien kanssa eivät puhaltimetkaan riitä, vaan tarvitaan lisäksi rakkijäähdyttämiä. Rakkijäähdyttimet ovat palvelintelineiden sisään rakennettuja tai niiden yhteyteen asennettavia puhallinpattereita, jotka jäähdyttävät sisään puhallettavaa ilmaa vesikiertoisilla jäähdytyspattereilla ja puhaltavat jäähdytetyn ilman suoraan palvelintelineen sisään.

On myös rakkien yhteyteen asennettavia puhallinpatteriyksiköjä (kuva 16), jotka eivät ota jäähdytettyä ilmaa huonetilasta, vaan muodostavat puhallinpatterin ja räkin kanssa suljetun tilan, jonka sisällä ilma kiertää ja jäähdytetään sisäänrakennettujen jäähdytyspatterien avulla. Jäähdyttävä neste voi olla myös vesi-glykoliliuosta, mutta tässä raportissa asiasta käytetään yksinkertaista nimitystä vesijäähdytys.

Räkkien sisäisistä jäähdytyspattereista huolimatta pelkillä räkkijäähdyttimillä ei kuitenkaan pystytä täysin korvaamaan vakioilmastointikoneita, sillä lämmennyttilä ilmaa kerräntyyisi joka tapauksessa huoneen katonrajaan eivätkä räkkijäähdyttimet saisi tarpeaksi viileätä ilmaa toimiakseen kunnolla.



Kuva 17. Vesijäähdytteisen palvelimen toimintaperiaate.

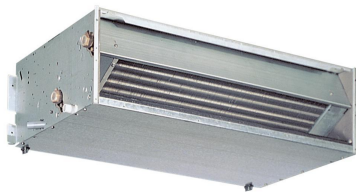


Kuva 18. Räkkin viereen asennettava vesikiertoinen jäähdytysyksikkö. Jäähdytysyksikkö ja räkki muodostavat suljetun yhteisen tilan, jossa ilma kiertää sisäisesti. Jäähdytysyksikkö puhaltaa jäähdytettyä ilmaa räkkin sisään, joita se kiertää lämmenneenä takaisin jäähdytyspattereille.

#### 4.4 Vesijäähdytteiset puhallinpatterit

Vesijäähdytteinen puhallinpatteri (kuva 19) sisältää puhaltimen, vesikiertoisen jäähdytyspatterin ja lämmityspatterin. Tilojen lämpökuormista johtuen ei lämmityspatteria yleensä tarvitse ottaa käyttöön, mikäli sellainen sisältyy laitteeseen. Puhallinpatteri imee lämmintä ilmaa huoneen katonrajasta ja puhalttaa sen jäähdytettynä takaisin huoneeseen.

Vesijäähdytteisien puhallinpatterien jäähdytysteho (~2...20 kW) ei riitä tehokkaasti jäähdyttämään atk-konesaleista aiheutuvaa lämpökuormaa, mutta niillä saadaan helpoiten järjestettyä erillisten muuntaja- ja sähköpääkeskustilojen jäähdytys.

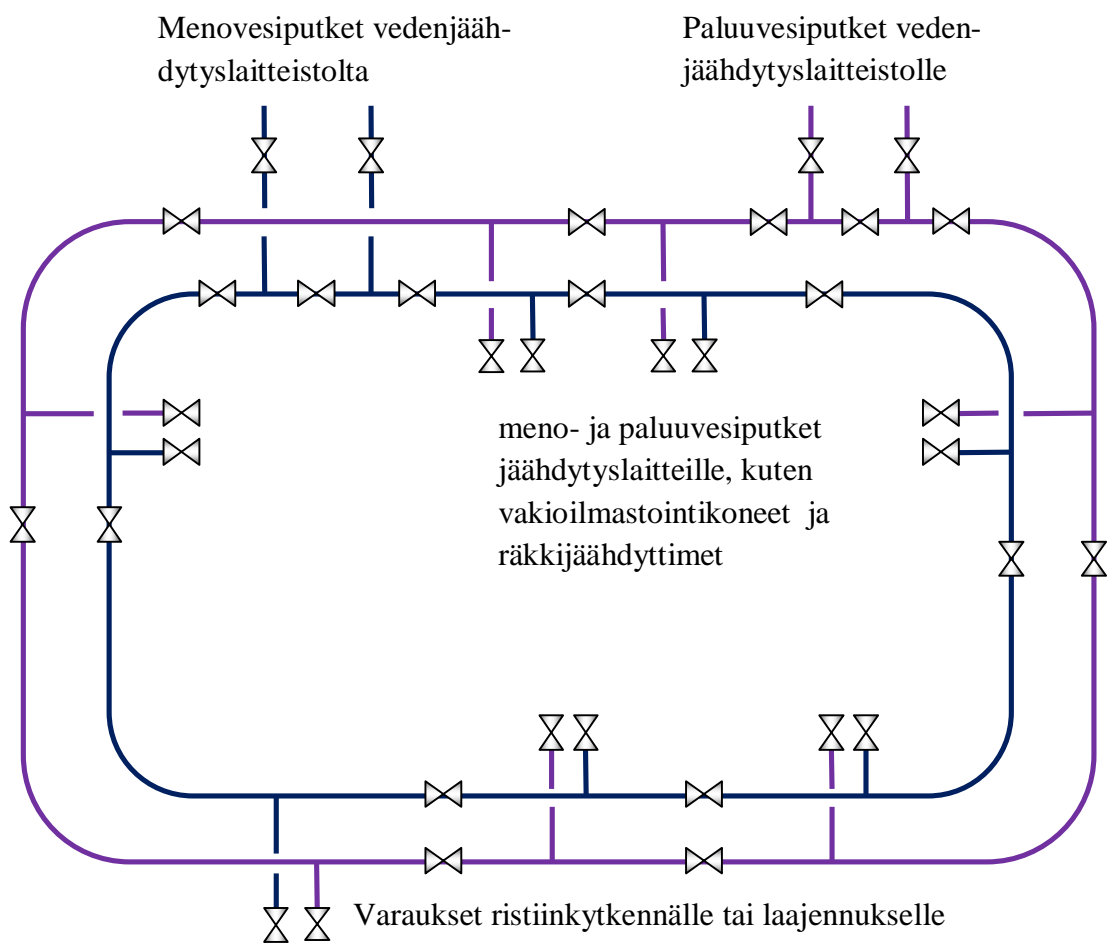


Kuva 19. Aermecc HFX -puhallinpatteri (lähde: valmistajan kotisivu)

#### 4.5 Jäähdytysvesiverkosto

Jäähdytysvesiverkosto tulisi suunnitella siten, että atk-konesalin räkkeitä sekä jäähdytyslaitteita voidaan vaivattomasti lisätä, poistaa tai vaihtaa ilman, että datakeskusta tarvitsee sammuttaa muutostöiden ajaksi. Muutostöistä ei myöskään saa aiheutua ylikuumenemisvaaraa käynnissä oleville palvelimille.

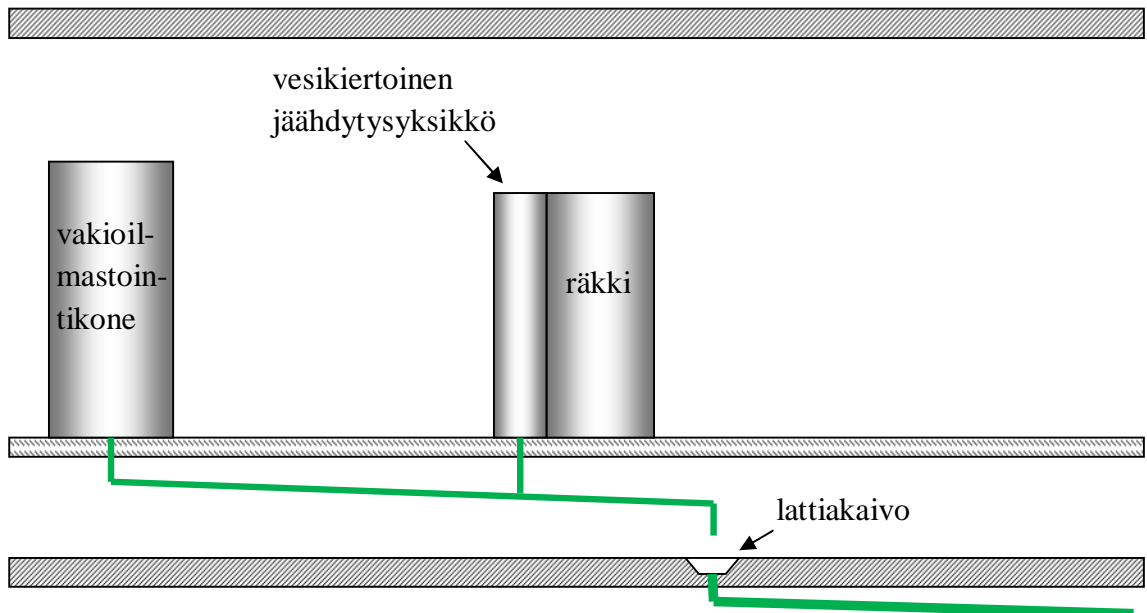
Kuvassa 20 on esitetty yksinkertainen periaatekuva suositeltavasta rengasmaisesta jäähdytysverkostosta, johon saadaan vaivattomasti lisättyä ja poistettua jäähdytyslaitteita, vaikka verkostossa virtaisi vesi jatkuvasti. Putkiverkoston osia on myös mahdollista vaihtaa tai muokata eristämällä kyseinen verkoston osa sulkemalla tarvittavat sulkuventtiilit. Yhden alueen sulkeminen ei estä vettä virtaamasta muihin verkoston osiin ja takaisin vedenjäähdyttimille. Jäähdytysveden matalan lämpötilan vuoksi jäähdytysvesiverkosto on lämpö- ja kosteuseristettävä lämpöhäviöiden ja kondensaation varalta.



**Kuva 20.** Periaatekuva yksinkertaisesta atk-konesalin jäähdytyslaitteita palvelevasta jäähdytysvesiverkosta /7/.

#### 4.6 Kondenssiveden viemärointi

Vakioilmastointikoneen jäähdyttävään pintaan kondensoituu vettä, koska sen lämpötila on tavallisesti alhaisempi kuin ilman kastepistelämpötila. Kondensoitunut vesi täytyy viemäroidä, mikä onnistuu helpoiten asentamalla asennuslattian alle kondenssivesiputkisto, joka johdetaan lattiakaivoon (kuva 21). Vakioilmastointikoneissa, rakkijäähdyttimissä ja puhallinpattereissa on viemäriiliitos kondenssivettä varten. Huonetilasta kondensaation takia poistunut ilmankosteus täytyy korvata ilmankostuttimien avulla, jotta saadaan huoneen suhteellinen ilmankosteus pidettyä vaaditulla tasolla.



**Kuva 21.** Yksinkertainen esimerkki jäähdytyslaitteiden kondenssiveden viemäroinnistä asennuslattian alla.

## 5 Yhteenveto

Palvelimet kasataan yleensä suuriksi datakeskuksiksi, joissa voi olla jopa useita satoja tuhansia yksittäisiä palvelimia ja joiden sähkönkulutus voi olla useiden megawattien luokkaa. Alati kasvavat lämpökuormat pakottavat tehokkaampiin ja kalliimpiin jäähdytyslaitteiden hankintoihin sekä käyttökustannuksiin.

Atk-konesalien lämpökuormat aiheutuvat enimmäkseen sähkölaitteista kuten palvelimet, UPS-laitteet, muuntajat, sähköpääkeskukset, kaapelit ja valaistus. Muita mahdollisia lämpökuormien aiheuttajia ovat ihmiset, auringon säteily sekä johtuminen rakenteiden läpi.

Useimmat palvelinvalmistajat ovat sopineet neljästä eri standardista, jotka koskevat huoneenilman laatua (luokat 1–4). Viidettä luokitusta – NEBS (Network Equipment-Building Systems) – käytetään telekommunikaatioissa. Yleensä käytetään lämpötilalle suunnitteluarvoa  $22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  sekä ilman suhteelliselle kosteudelle  $50\% \pm 5\%$ . Ilmanvaihto tulee suunnitella tiloissa oleskelevien henkilöiden lukumäärän mukaan. Jäähdytettävän kiertoilman määrä vakioilmastointikoneiden läpi tarkkuusilmastoinnissa on  $80\text{--}120\text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{kW})$ .

Atk-konesalien ja niiden aputilojen jäähdytyksessä käytettyjä laitteita ovat vakioilmastointikoneet, rakkijäähdyttimet ja puhallinpatterit. Kylmän ja kuuman käytävän vuorottelu on yleisesti käytetty menettely, jolla varmistetaan, että kaikkien rakkien läpi virtaa ainoastaan jäähdytettyä ilmaa. Räkit ottavat jäähdytettyä ilmaa kylmiltä käytäviltä ja puhaltavat sen lämmenneenä kuumille käytäville, josta se kohoaa katonrajaan. Vakioilmastointikoneet ottavat lämmintä ilmaa atk-konesalin katonrajasta ja puhaltavat ilman jäähdytettynä joko asennuslattian alle tai suoraan kylmille käytäville.

Jäähdytysvesiverkosto tulisi suunnitella siten, että atk-konesalin räkkeitä sekä jäähdytyslaitteita voidaan vaivattomasti lisätä, poistaa tai vaihtaa ilman että datakeskusta tarvitsee sammuttaa muutostöiden ajaksi.



## Lähteet

- 1 Kotilainen, Samuli. Datakeskus on ilmastopommi – rajuja keinoja tarvitaan (WWW-dokumentti.) <[http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=33747](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=33747)> Päivitetty 4.5.2008. Luettu 5.11.2008.
- 2 Data center. (WWW-dokumentti.) Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_center](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_center)> Päivitetty 5.11.2008. Luettu 5.11.2008.
- 3 Uninterruptible power supply. (WWW-dokumentti.) <[http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible\\_power\\_supply](http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply)> Päivitetty 3.12.2008. Luettu 3.12.2008.
- 4 Muuntaja. (WWW-dokumentti.) Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Muuntaja>> Päivitetty 30.12.2008. Luettu 30.12.2008.
- 5 Datacom Equipment Power Trends and Cooling Applications. ASHRAE. 2005.
- 6 LVI 34–10203 Rakennuksen jäähdytystarpeen määrittäminen. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto. 1992.
- 7 Design Considerations for Datacom Equipment Centers. ASHRAE. 2005.
- 8 Vakioilmastointikoneet. (WWW-dokumentti.) Kojacool Oy:n järjestelmäohje. <<http://koja.captesting.net/data/File/jaahdytys/jarjestelmat/jarjestelmaohje5.pdf>> Päivitetty 23.12.2004. Luettu 30.12.2008.
- 9 Controlling the temperature inside equipment racks. (WWW-dokumentti.) Bob Schluter. Middle Atlantic Products <<http://repnet.middleatlantic.com/COMPANY/MarketingFiles/TempInsideRacks/Thermal%20Management%203-04.pdf>> Päivitetty 12.12.2008. Luettu 12.12.2008.
- 10 ASHRAE Handbook - HVAC Applications. ASHRAE. 2007.
- 11 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment. (WWW-dokumentti.) <[http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE\\_Extended\\_Environmental\\_Envelope\\_Final\\_Aug\\_1\\_2008.pdf](http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE_Extended_Environmental_Envelope_Final_Aug_1_2008.pdf)> Päivitetty 13.8.2008. Luettu 6.1.2009.