



Pekka Tuisku

SUUNNITTELURATKAISUT TERÄSTEOLLISUUTEEN

SUUNNITTELURATKAISUT TERÄSTEOLLISUUTEEN

Pekka Tuisku
Opinnäytetyö
Lukukausi Kevät 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-insinööri

Tekijä :Pekka Tuisku

Opinnäytetyön nimi: Suunnitteluratkaisut terästeollisuuteen

Työn ohjaajat: Veli-Matti Mäkelä, Toni Anttila

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 49 + 2 liitettä

Työ tehtiin Pöyry Finland Oy:lle sekä Ruukki Metals Oy:lle. Työn tavoitteena oli tehdä terästeollisuuden suunnitteluohje, jossa keskitytään ilmastoinnin ja jäähdytyksen periaateratkaisuihin Ruukin Raahen tehtaan tiloihin. Työn tarkoituksena on helpottaa Pöyryn ja Ruukin välistä suunnittelun yhteistyötä sekä selkeyttää tehtaalla käytettävien LVI-järjestelmien suunnitteluratkaisuja.

Työssä perehdyttiin sähkötilojen suunnittelua koskeviin ohjeisiin sekä kerättiin tietoa tehtaalla käytössä olevista ilmastoinnin ja jäähdytyksen ratkaisuista. Kohdeeksi valituista tiloista esitetään suunnitteluun tarvittavat tiedot sekä periaatteet tiloihin soveltuvista järjestelmistä ja menetelmistä. Työssä kerrotaan myös tehtaan tuotannon ja olosuhteiden vaikutukset järjestelmäratkaisuihin. Ilmastointi- ja jäähdytysratkaisujen hankintakustannuksista esitetään arviot.

Pääsääntöisesti sähkötilojen jäähdytys toteutetaan ilmavirralla. Vaihtoehtoisena ratkaisuna sähkötilojen jäähdytykseen on nestejäähdytteiset kaapit. Nestejäähdytteisiä kaappeja käytettäessä saavutetaan useita etuja pelkällä ilmavirralla tapahtuvaan jäähdytykseen nähden. Jäähdytysenergia tuotetaan liuoslauhdutteisilla vedenjäähdytyskoneilla, joissa hyödynnetään vapaajäähdytystä. Suomen olosuhteissa vapaajäähdytyksen hyödyntäminen on kannattava tapa tuottaa jäähdytysenergiaa.

Teräksen tuotantoprosessista syntyvä pöly sekä mahdolliset prosessin häiriötilassa vapautuvat kaasut vaikuttavat suunnitteluratkaisuihin ja laitevalintoihin. Ilmassa olevan pölyn takia LTO-laitteita ei pääsääntöisesti käytetä.

Kustannusarviot tehtiin toteutuneiden kohteiden perusteella. Kustannusarviot on tehty ilmavirralla suoritettavasta jäähdytyksestä. Sähkötilojen osalta esitetään jäähdytystarpeen mukainen järjestelmäratkaisu ja sen kustannukset. Muiden tilojen osalta esitetään pinta-alan perustuva kustannusarvio.

Asiasanat: Terästeollisuus, prosessitilat, sähkötilat, ilmanvaihto, jäähdytys, keskeinen kehitys.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 TERÄKSEN VALMISTUS	7
3 TEOLLISUUSILMASTOINTI	10
3.1 Suunnittelun perusteet	10
3.2 Ilmastoitavan tilan ilman hallintaperiaatteet	11
3.3 Yleisilmanvaihto	11
3.4 Kohdeilmanvaihto	11
4 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT	13
4.1 Suora jäähdytys	13
4.2 Välillinen jäähdytys	14
4.3 Vapaajäähdytys	14
4.4 Jäähdytyksen perusratkaisu	15
4.5 Velvoitteet kylmlaitoksen käyttäjälle	18
4.5.1 Vuototarkastus	18
4.5.2 Huoltopäiväkirja	19
4.5.3 Kylmäaineet	19
5 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT	21
5.1 Tila ja laiteluokittelu	21
5.2 Räjähdysvaarallisten tilojen ilmastointi	22
6 KONEDIREKTIIVI	24
7 SÄHKÖTILOJEN SUUNNITTELU	25
7.1 Mitoitusperusteet	25
7.2 Tilaluokitus	26
7.3 Ilmastointijärjestelmät	27
7.4 Sähkötilojen paloturvallisuus	28
7.5 Muuntajatilat	28
7.6 Kaapelitilat	29
7.7 Automaatiotilat	30
7.7.1 Kylmä ja kuuma käytävä	31

7.7.2 Aktiivinen ilmastointi	31
7.7.3 Nestejäähdytteiset kaapit	32
7.7.4 Vakioilmastointikone	35
7.8 Valvomotilat	36
8 PROSESSITILOJEN ILMASTOINTI	38
9 TOIMISTO- JA SOSIAALITILAT	39
9.1 Toimisto- ja neuvottelutilat	39
9.2 Palkkijärjestelmä	40
10 SUUNNITELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT	42
10.1 Lämmön talteenotto	42
10.2 Ilmanotto	42
10.3 Käytettävät tuotteet	42
11 KUSTANNUSARVIOT	44
12 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47
LIITTEET	
Liite 1 Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tyyppiympäristöt	
Liite 2 Ilmastoinnin mitoitusolosuhteet eri olosuhdeluokissa	

1 JOHDANTO

Työn aihe on saatu Pöyry Finland Oy:ltä. Pöyry Finland Oy on osa Pöyry-konsernia, joka on kansainvälinen konsultointi- ja suunnittelutoimisto. Työntekijöitä Pöyry työllistää kansainvälisesti noin 6500 ja sen liikevaihto vuonna 2012 oli noin 775 miljoonaa euroa.

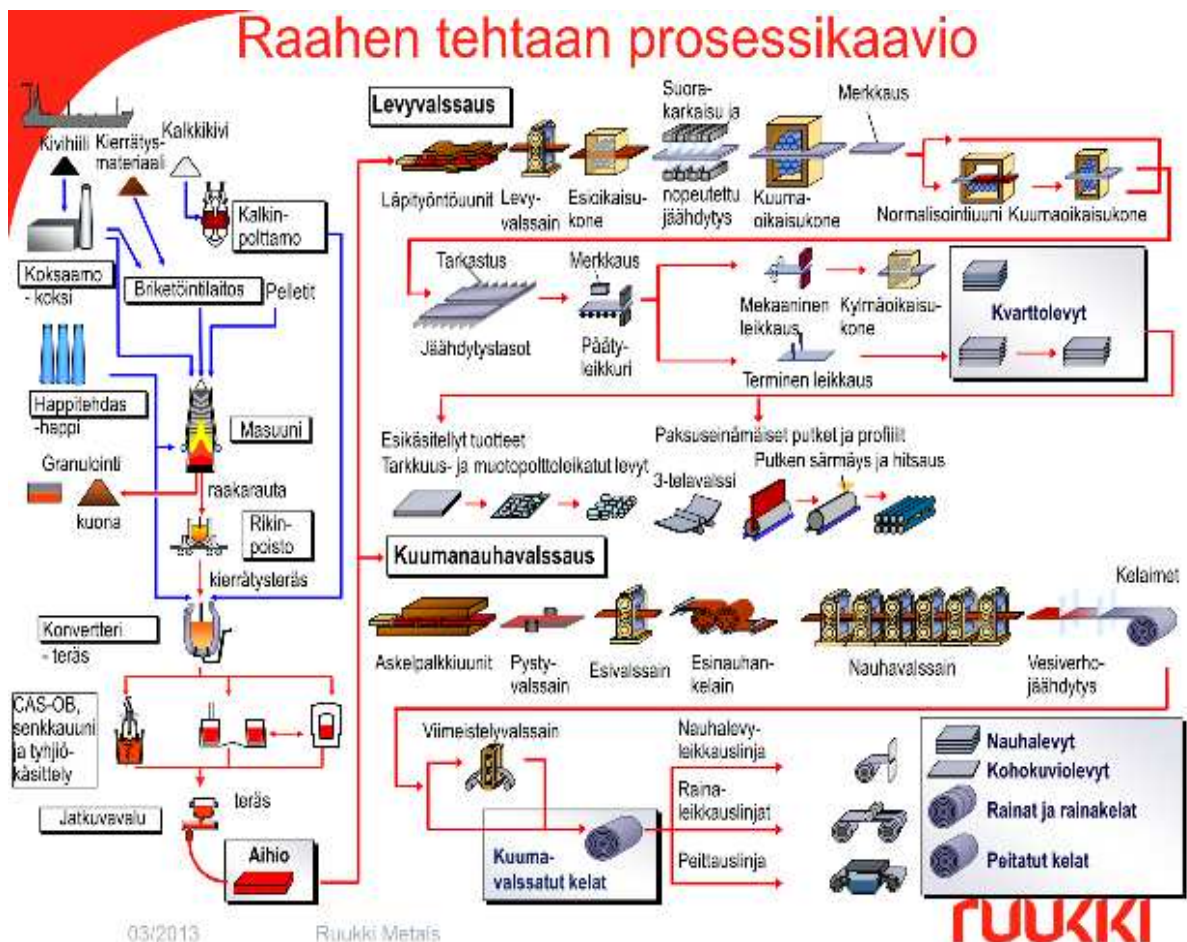
Työn toisena tilaajana on Ruukki Metals Oy. Ruukki Metals on osa Rautaruukki Oyj:tä, joka on vuodesta 2004 lähtien käyttänyt markkinointinimeä Ruukki. Ruukilla on noin 9000 työntekijää sekä laaja jakelu- ja jälleenmyyntiverkosto noin 30 maassa. Ruukilla on 3 liiketoiminta-aluetta jotka ovat rakentamisen tuotteet, rakentamisen projektit ja teräsliiketoiminta eli Ruukki Metals. Ruukin Raahen tehdas kuuluu teräsliiketoimintaan. Teräsliiketoiminnan liikevaihto vuonna 2012 oli 1787 miljoonaa euroa. Työntekijöitä Raahen tehtaalla on noin 2400.

Työssä esitetään kohteiksi valituista sähkötiloista mitoitukseen vaikuttavat tekijät-, sekä kerrotaan perusjärjestelmät, joilla tilojen ilmastointi voidaan toteuttaa. Sähkötilojen ilmastointi- ja jäähdytysratkaisuista tehdään kustannusarviot eri vaihtoehtojen välillä. Prosessitilojen ilmastoinnista kerrotaan perusteet lyhyesti, sekä joitakin eri tilojen kohdalla huomioitavia asioita. Työssä kerrotaan myös tehdasympäristön vaikutukset suunnitteluratkaisuihin ja laitevalintoihin.

Työn tavoitteena on tehdä opas, jossa on suunnitteluratkaisuja terästeollisuuden. Työssä keskitytään ilmastoinnin ja jäähdytyksen suunnittelun periaateratkaisuihin Ruukin Raahen tehtaan eri tuotanto- ja sähkötiloihin. Työn tavoitteena on helpottaa Pöyryn ja Ruukin välistä suunnittelun yhteistyötä ja selkeyttää tehtaalla käytettävien LVI-järjestelmien suunnitteluratkaisuja. Työn kohteena on Ruukin Raahen tehdas ja sen eri tilat.

2 TERÄKSEN VALMISTUS

Teräksen valmistuksen raaka-aineena Raahen tehtaalla käytetään pääasiassa rautapellettejä. Sitä saadaan useista eri kaivoksista muun muassa Kiirunasta. Myös kierrätysterästä käytetään raaka-aineena. Kierrätysteräksen osuus raaka-aineesta on noin 20–30 %. Tehtaalte saapuu ja sieltä lähtee vuosittain noin 800 laivalastia-, 55 000 kuorma-autolastia ja 30 000 junavaunulastia teräksen valmistuksen raaka-aineita ja työstettyä terästä. Terästä tuotetaan noin 2,3 miljoonaa tonnia vuodessa. Kuvassa 1 on esitetty Ruukin Raahen tehtaan prosessikaavio.



KUVA 1. Ruukin Raahen tehtaan prosessikaavio

Teräksen valmistus pääpiirteittäin on seuraavanlainen. Välituote tässä prosessissa on runsaasti (4–5 %) hiiltä sisältävä raakarauta. Rauta valmistetaan jatkuvatoimisessa kuilu-uunissa, masuunissa. Rautaraaka-aine panostetaan masuuniin pelletteinä. Raudan valmistuksessa rautaoksidit pelkistetään eli niistä poistetaan happi. Pelkistämiseen tarvitaan ainetta, joka pystyy erottamaan hapen rautaoksidista. Masuunissa pelkistimenä toimivat hiilimonoksidi, vety ja hiili. Ne sitovat itseensä rautaoksidien hapen, ja siirtävät sen kaasuun ja kuljettavat sen kaasun mukana ulos masuunista. Koksista ja öljystä saadaan raudan pelkistykseen tarvittava hiilimonoksidi ja vety. Masuuniprosessissa käytetään pelkistämisen ja energian tuottamiseen hiiltä. Hiili käytetään metallurgisen koksen muodossa. Koksi sisältää noin 90 % hiiltä. Loppu on epäpuhtausoksideja, jotka muodostavat koksen palaessa tuhkaa. Osa koksista voidaan korvata kivihiilijauheella tai raskaalla polttoöljyllä. (1, s. 8, 15.)

Masuunissa valmistettu raakarauta sisältää 4–5 % hiiltä. Teräksissä pitoisuus on tavallisimmin alle 1 % ja yleisissä rakenneteräksissä, jotka muodostavat suurimman teräslajiryhmän, alle 0,2 %. Teräksen valmistusprosessissa hiilipitoisuus alennetaan halutulle tasolle polttamalla ylimääräinen hiili eli mellottamalla rauta. Tämä tapahtuu konvertterissa, joka on sylinterinmuotoinen ylöspäin supeneva ja ylhäältä auki oleva astia. Konvertteriin panostetaan sula raakarauta ja jäähdyttävä kierrätysteräs sekä lisätään poltettu kalkki ja mahdolliset fluksiaineet. Konvertteriin lasketaan ylhäältä vesijäähdytetty putki eli lanssi. Lanssin päässä on 3–6 reikää, joista happisuihku suuntautuu terässulaan. Happipuhallus tapahtuu noin 2-kertaisella äänen nopeudella. Puhallus lopetetaan, kun haluttu hiilipitoisuus on saavutettu. Puhalluksen päätyttyä konvertteri kallistetaan ja sula teräs kaadetaan konvertterin kyljessä olevan aukon kautta valusenkaan. (1, s. 26.)

Senkkauuni on oleellinen osa korkealaatuisten terästen valmistuksessa joko tyhjökäsittelyn yhteydessä tai ilman. Tyhjökäsittelyssä sulan lämpötila laskee. Myös seosaineiden sulattamiseen tarvitaan lämpöä. Lämpötilan alenemista voidaan kompensoida senkkauunissa, joka on rakenteeltaan valokaariuunin kaltainen, mutta huomattavasti pienitehoisempi. Senkkauunissa voidaan sulaa sekoittaa induktiivisesti magneettikelan avulla tai kaasuhuuhtelemalla senkan poh-

jan läpi. Senkkauunikäsittely on usein sulan viimeistelyvaihe, jossa koostumus tarkennetaan ja sulan lämpötila nostetaan ja tasataan valua varten. Senkkauunivaiheessa myös epämetalliset sulkeumat poistetaan mahdollisimman tarkkaan sulan sekoituksen ja sulkeumia sitovan pintakuonan avulla. (1, s. 33.)

Sula teräs on saatettava jatkokäsittelyä varten kiinteään muotoon. Tämä tehdään jatkuvavalukoneella, joka tuottaa aihioita valssausta varten. Jatkuvavale-
tun aihion poikkileikkaus on suorakaide, neliö tai ympyrä. Jatkuvavalussa teräs lasketaan valusangosta välialtaan kautta vesijäähdytteiseen kuparikokilliin. Kokillin pohjana toimii valun alussa kylmäaihio. Kylmäaihion avulla aloitetaan myös kokillin täyttämisen jälkeen valunauhan vetäminen kokillin läpi. Valunauhaa vedettäessä on kokilli edestakaisessa liikkeessä, jotta aihio ei tarttuisi kokilliin. Kokillissa aihio saa halutun muodon. Vain aihion pintakerros ehtii jäähmettyä. Lopullinen jäähmettyminen tapahtuu kokillin alapuolella olevassa toisiojäähdytysvyöhykkeessä. Toisiojäähdytysalueella aihion jäähdytys tapahtuu suoraan aihion pintaan ohjatulla vesi tai ilma-/vesisuihkulla. Toisiojäähdytysalueen jälkeen valunauha paloitellaan halutun pituiseksi esiaihioksi kaasulla. (1, s. 34.)

Valmiit ahiot siirtyvät valssaamoon, jossa terästuote saa muotonsa. Päämenetelmiä on kaksi: kuuma- ja kylmävalssa. Kuumavalssa tapahtuu teräksen ollessa punahehkuinen. Tyypillinen valssaustemperatuurilämpötila on 1250 °C. Tällöin teräs on helposti muokkaantuvaa. Karkea, valussa syntynyt rakenne hienontuu ja tasoittuu. Kylmävalssauksessa, jossa terästä ei kuumenneta, ei pyritä suuriin muodonmuutoksiin, mutta sen avulla päästään hyvään pinnanlaatuun ja mittatarkkuuteen. (1, s. 36.)

3 TEOLLISUUSILMASTOINTI

Teollisuusilmastointi on työ- ja tuotantotilojen sisäilman ja päästöjen hallintaa ilma- ja lämpötekniikkaa hyväksikäyttäen. Teollisuusilmastoinnin yleisin ero muiden tilojen ilmastointiin on se, että teollisuusilmastoinnissa mitoittavat tekijät ovat muut kuin ihmisperäiset tai rakennusten rakenteiden ja pintamateriaalien aiheuttamat päästöt. Tärkeimpiä mitoittavia tekijöitä ovat prosessin ominaisuudet. Sen vuoksi tekninen vaativuus on usein huomattavasti suurempi kuin tavanomaisten tilojen ilmatekniikassa. (2, s. 6–7.)

3.1 Suunnittelun perusteet

Suunnittelu aloitetaan lähtötietojen keräämisellä. Lähtötiedot ovat suureita, jotka riippuvat rakennuksen sijaintipaikasta eivätkä muutu suunnittelun aikana, esimerkiksi säätiedot (2, s.19). Lisäksi määritetään laskelmin kuormitustiedot, joita ovat lämpökuormat, kosteuskuormat ja epäpuhtauskuormat. Olemassa olevasta laitoksesta ne voidaan selvittää mittauksin.

Jokainen teollisuustila ja sen olosuhteet ovat yksilölliset. Suunnittelua aloitettaessa tulee tutustua eri tiloissa tapahtuvaan toimintaan ja laitteistoon. Laitetoimitajalta tulee selvittää sellaiset laitteet, jotka esimerkiksi tarvitsevat ilmaa tai erillistä jäähdytystä toimiakseen, jotta se voidaan huomioida tilan ilmastointia suunniteltaessa. Prosessia tuntevilta tulee selvittää mahdolliset prosessista aiheutuvat päästöt ja päästölähteet sekä mahdolliset prosessien häiriötilanteissa syntyvät päästöt.

Tavoitetasot asetetaan heti suunnittelun alkuvaiheessa, ja ne toimivat suunnittelun lähtökohtana. Tavoitetasojen asettaminen on rakennuksen käyttäjän tehtävä. Tavoitetasojen määrittäminen voidaan jakaa kahteen osaan: pakolliset tavoitteet ja tarpeet. Pakolliset tavoitteet ovat yleensä lainsäädäntöön ja tuotantoon perustuvia vaatimuksia, jotka tulee aina täyttää. Tarpeet ovat harkinnanvaraisia tavoitetasoja, joista voidaan tinkiä, esimerkiksi rakennuttajan halu toteuttaa hyvää sisäilmaa. (2, s.19–20.)

3.2 Ilmastoitavan tilan ilman hallintaperiaatteet

Ilmastoinnin peruspalvelu on luoda hallitut ilmaolosuhteet koko ilmastoitavaan tilaan. Tärkeä asia on ymmärtää eri periaatteet, ilmastointijärjestelmän tavoite-
tasot, joihin tilan ilmastoinnilla voidaan pyrkiä. Perusperiaatteet ovat seuraavat:

- **Mäntäperiaate:** Ilmaolosuhteita hallitaan puhtaasti mekaanisen virtauksen avulla ja pyritään pitämään virtauskenttä tasaisena läpi koko kentän.
- **Kerrostumaperiaate:** Olosuhteita hallitaan lämpötilakerrostumien avulla. Ajavana voimana on useimmiten lämpötilaeroista johtuvat tiheyserot. Tyypillisiä esimerkkejä käytettävistä ilmanjakomenetelmistä ovat muun muassa painovoimainen ilmanvaihto sekä syrjäyttävä ilmanjako.
- **Vyöhykeperiaate:** Olosuhteet pyritään hallitsemaan ilmastoinnilla tietys-
sä osassa tilaa ja sallia lämmön tai epäpuhtauksien kerrostuminen muu-
alla tilassa. Ilmastoitava tila voidaan myös jakaa eri osiin, joita hallitaan
eri periaatteita soveltaen.
- **Sekoitusperiaate:** Tavoitteena on tasaiset olosuhteet koko huoneilmas-
sa. Tyypillisesti periaatteen toteuttamiseen käytetään sekoitettavaa ilman-
jakoa. (2, s. 7.)

3.3 Yleisilmanvaihto

Yleisilmanvaihdolla tarkoitetaan epäpuhtauksien laimentamista suurempaan
ilmatilaan tuloilman avulla. Tilojen yleisilmanvaihdon tavoitteita ovat muun mu-
assa raittiin ilman tuominen, epäpuhtauksien johtaminen pois työntekijöiden
hengitysvyöhykkeeltä ja tarvittaessa epäpuhtauspitoisuuksien laimentaminen
(2, s. 47.)

3.4 Kohdeilmanvaihto

Kohdeilmanvaihto on usein tehokkain ja taloudellisin keino prosesseista vapau-
tuvien epäpuhtauksien hallitsemiseksi. Tilanteissa, joissa työntekijä joutuu työs-
kentelemään epäpuhtauslähteen lähellä, voi kohdepoisto olla ainoa tapa saa-
vuttaa hyvä hengitysilma. Menetelmä sopii myös yllä lämmön poistoon. Kohdeil-
manvaihdolla tarkoitetaan yleensä kohdepoistoa, jolla poistetaan likainen ilma
suoraan epäpuhtauslähteestä. (2, s. 50.) Suunnitteluperusteena käytetään

sieppausastetta, joka osoittaa, kuinka paljon syntyvästä epäpuhtaudesta kohdepoisto sieppaa. Loppuosuus jää sisäilmaan, ja se on huomioitava yleisilmanvaihdon kuormitukseksi. Kohdeilmanvaihtoa tulee käyttää aina, kun päästöt ovat merkittäviä ja ne pystytään paikallistamaan.

4 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

Terästehtaalla jäähdytyksen tarve on ympärivuotista ja tehontarpeet suuria, joten jäähdytysjärjestelmien valintaan tulee kiinnittää huomiota. Energian säästämisen kannalta vapaajäähdytyksen hyödyntäminen on kannattavaa. Jäähdytys voidaan toteuttaa kahdella tavalla: suoralla tai epäsuoralla eli välillisellä jäähdytyksellä. Järjestelmää valittaessa tulee hankinta- ja käyttökustannusten lisäksi ottaa huomioon järjestelmien edut ja haitat.

4.1 Suora jäähdytys

Suorassa jäähdytysjärjestelmässä höyrystyminen tapahtuu suoraan ilmastointipatterissa. Suoraa jäähdytystä käytetään yleensä, kun

- samassa laitoksessa on 1–4 lähellä toisiaan sijaitsevaa jäähdytyspatteria
- jäähdytysteho on alle 300 kW
- halutaan mahdollisimman edullinen järjestelmä
- säädölle ei aseteta suuria vaatimuksia
- veden tai liuoksen käyttö on kielletty turvallisuussyistä
- ilman tai nesteen virtaus höyrystimen läpi on lähes vakio. (3, s. 49.)

Suoran jäähdytyksen edut:

- Höyrystymislämpötila on korkeampi kuin välillisessä järjestelmässä ja hyötysuhde usein parempi.
- Koneiston teho vaikuttaa heti höyrystymisen jälkeen.
- Nesteputket ovat pieniä.
- Nesteputkia ei useinkaan tarvitse eristää.
- Höyrystimen sulatus on helppoa. (3, s. 49.)

Suoran jäähdytyksen haitat:

- Kylmäainetäytös on välillistä suurempi.
- Kylmäaineen vuotoriski on välillistä suurempi.
- Putkiston asennus voi aiheuttaa vaikeuksia.
- On huolehdittava öljyn palautumisesta tai poistamisesta. (3, s. 49.)

4.2 Välillinen jäähdytys

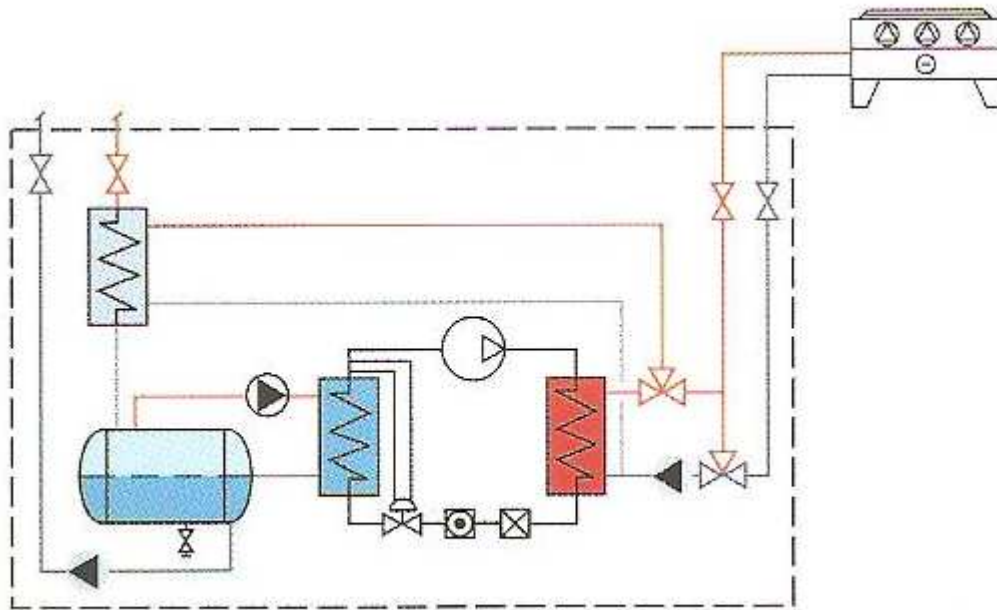
Välillisessä järjestelmässä jäähdytetään vettä tai vesi-etyleeniglykoliliuosta. Jäähdytetyllä nesteellä voidaan jäähdyttää ilmastoinnin ilmaa suoraan ilmastointikoneessa tai neste voidaan kierrättää huoneiden ilmastointilaitteissa. Välillinen jäähdytysjärjestelmä on usein käytetty järjestelmä suurissa laitoksissa. Välillistä jäähdytystä käytetään, kun

- rakennuksessa on useita ilmastointikoneita, joissa on jäähdytyspatterit
- halutaan tarkka tehonsäätö
- halutaan pieni kylmäainetäytös
- halutaan minimoida kylmäaineen vuotoriski
- kylmäainetta sisältäviä laitteita ei voida asentaa työ- tai tuotantotiloihin
- halutaan tasata kuormituskuippuja
- jäähdytettävän ilman tai nesteen virtaus vaihtelee
- laitteiden väliset putkimatkat ovat pitkiä
- varaudutaan laajennuksiin
- hyväksytään kalliimpi hankintahinta
- käytetään vapaajäähdytystä. (3,s. 49.)

4.3 Vapaajäähdytys

Ympäri vuotisesta jäähdytyksen tarpeesta johtuen on vapaajäähdytyksen hyödyntäminen suositeltavaa. Suomen olosuhteissa se on kannattava tapa tuottaa jäähdytysenergiaa. Vapaajäähdytyksessä jäähdytysvesi jäähdytetään ensisijaisesti kylmällä ulkoilmalla, joka on ilmaista ja vapaasti käytettävissä. Mikäli ulkoilmasta saatava teho ei riitä, jäähdytystä täydennetään kompressorilla.

Liuoslauhdutteisella vedenjäähdytyskoneella toteutetussa järjestelmässä vapaajäähdytykseen käytetään yleensä koneiston nestejäähdytintä (kuva 2). Järjestelmässä on oma vapaajäähdytys siirrin, joka jäähdyttää jäähdytysvettä. Tällaisessa järjestelmässä on valittava joko kompressorijäähdytys tai vapaajäähdytys. Mikäli järjestelmään lisätään erillinen nestejäähdytin ja vapaajäähdytys siirrin, voidaan sekä kompressorijäähdytystä että vapaajäähdytystä käyttää yhtä aikaa. (4, s 233–235.)



KUVA 2. Vapaajäähdytys vedenjäähdytyskoneiston nestejäähdyttimellä (5)

Vapaajäähdytyksen investointikustannukset ovat tavanomaista jäähdytysjärjestelmää kalliimmat. Investointikustannukset saadaan kuitenkin takaisin käyttökustannusten pienentymisellä. Kompressorin käyttöikä pitenee, huoltokustannukset pienenevät sekä kompressorin käyttämä sähköenergia vähenee. "Energiankulutus pienenee läpi vuoden käytettävällä vapaajäähdytyksen ratkaisulla parhaimmillaan jopa 35 %-75 %" (6). Vapaajäähdytyksellä saatava jäähdytysteho saadaan aikaiseksi pelkällä pumppausenergialla.

4.4 Jäähdytyksen perusratkaisu

Pääsääntöisesti tehtaalla käytetään sisätiloihin asennettavia tehdasvalmisteisia liuoslauhdutteisia vedenjäähdytyskoneistoja (kuva 3), joissa on vapaajäähdytysmahdollisuus. Tehdasvalmisteisten koneiden lattiatilantarve on huomattavasti pienempi kuin tavanomaisten järjestelmien. Suuri tehdastyön osuus mahdollistaa nopeamman projektiaikataulun. Laitevalmistajan valinnassa on huomioitava huollon ja varaosien saatavuus.



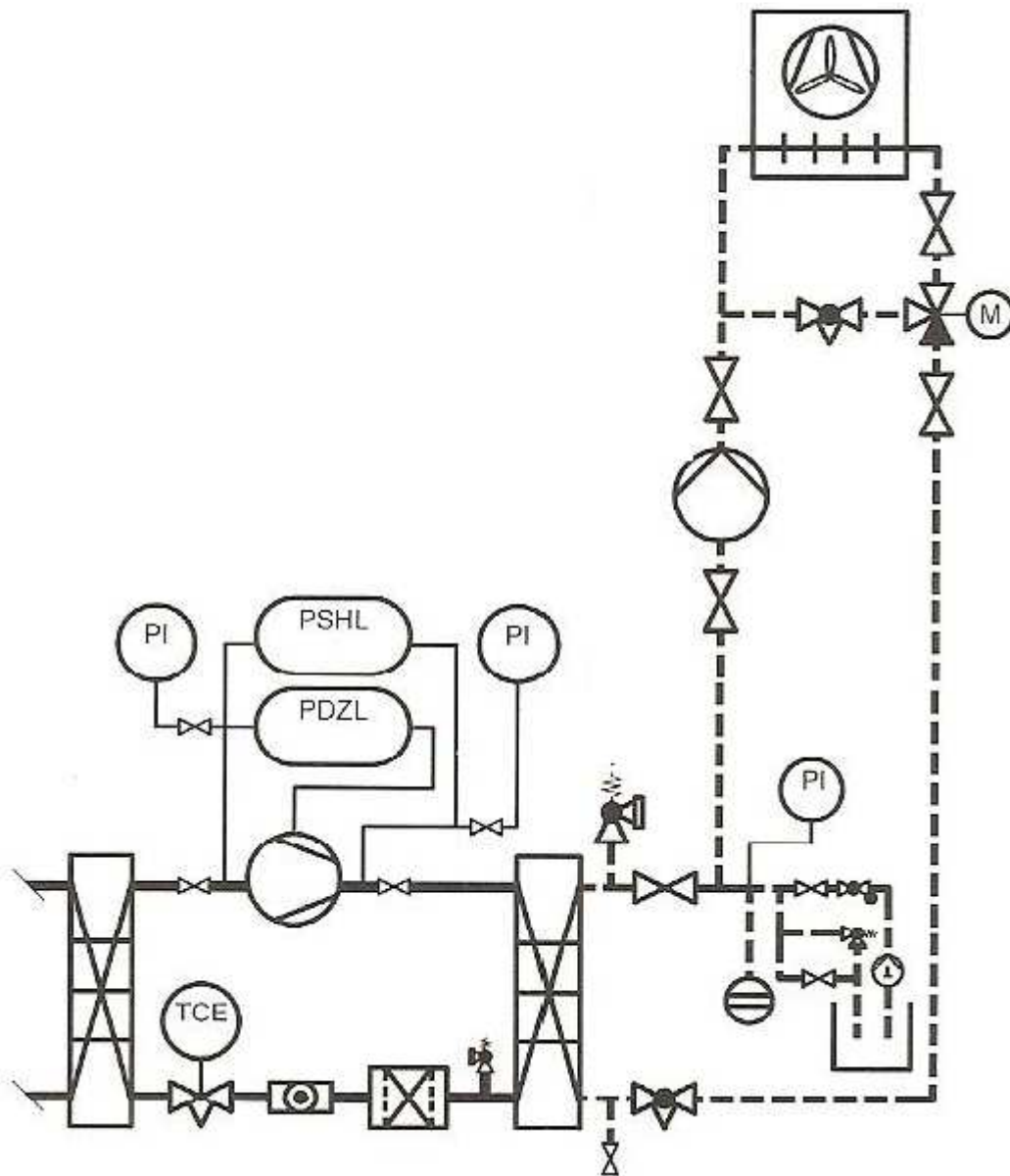
KUVA 3. Tehdasvalmisteinen vedenjäähdytyskoneisto (5)

Koska vedenjäähdytyskoneet ovat usein toiminnassa ympärivuotisesti, käytetään liuoslauhdutinta. Ilmalauhdutteisissa koneissa talvikäytön aikana voi ilmetä ongelmia lauhtumispaineen säädössä. Lauhtumispaine vaihtelee ja vaikuttaa koneiston käyntiin. Jos lauhtumispaine ei nouse riittävän nopeasti, voi koneisto mennä häiriötilaan matalanpaineen johdosta. Paineen vaihdellessa paisuntaventtiiliin menevään kylmäaineeseen ilmaantuu kaasukuplia, jotka haittaavat paisuntaventtiilin toimintaa, pienentävät jäähdytystehoa ja hyötysuhdetta. (4, s. 222.)

Jäätymisen estämiseksi liuoslauhdutteisen järjestelmän lauhdutinpuolella käytetään etyleeniglykoli-vesiseosta, jossa etyleeniglykolia on noin 40 % ja varsinaisessa koneiden jäähdytysverkostossa etyleeniglykolia käytetään noin 20...35 %. Liuoksen kuntoa tulee seurata säännöllisesti jäätymisen ja korroosion estämiseksi. Koneen seisontajakson aikana tai pienen lauhdutustehon tarpeen aikana voi nestejäähdyttimessä olevan nesteen lämpötila laskea niin alhaiseksi, että koneisto voi mennä häiriötilaan matalapaineesta johtuen. Tämän estämiseksi liuosputkistoon on asennettava 3-tieventtiili (kuva 4), jolla voidaan säätää lauhttimelle palaavan nesteen lämpötilaa. (4, s. 226.)

Järjestelmästä käytetään myös sellaista versiota, jossa vapaajäähdytysiirrintä ei ole ollenkaan. Tällöin myös toisiopuolella kiertää etyleeniglykoli-vesiseos.

Tällä menetelmällä vapaajähdytyksen käyttöaika lisääntyy, sillä yksi lämpötila-ero jää pois.



KUVA 4. Liuoslauhdutteinen vedenjäähdytyskoneisto (4, s. 226, muokattu.)

Nestejäähdyttimessä kylmäaineliuos luovuttaa lämpöä ilmaan (kuva 5). Laittevalmistajilla on yleensä valintaohjelmat, joilla kohteeseen soveltuva nestejäähdytin on helppo valita. Tehdasalueella olevan pölyn takia lamellijakona käytetään 4 mm, mikä tulee huomioida laitevalinnassa, sillä yleensä lamellijako on 2,0 - 2,5 mm. Tarvittaessa lamellit voidaan myös pintakäsittää. Pintakäsittely voi muuttaa jonkin verran jäähdyttimen tehoa. Vesivälikäytön käyttöä nestejäähdyt-

timissä on syytä välttää, koska tehdasalueella oleva pöly tarttuu helposti kiinni kosteaan pintaan.



KUVA 5. Nestejäähdytin

4.5 Velvoitteet kylmlaitoksen käyttäjälle

Vuodesta 2005 alkaen kylmlaitteiden asennusta ja huoltoa on saanut tehdä vain pätevyity huoltoliike. Pätevöidyistä huoltoliikkeistä löytyy lista Suomen kylmäliikkeiden liiton Internet-sivuilta www.skll.fi.

4.5.1 Vuototarkastus

Vuototarkastusten tekeminen on laitteen omistajan tai haltijan vastuulla, ja sen saa tehdä vain rekisteröity toiminnanharjoittaja. Mahdolliset vuodot tarkistetaan elektronisella vuodonilmaisimella kompressorikoneikolta, lauhduttimesta ja höyrystimestä. Lisäksi koko putkisto on tarkistettava, jos koneistoon on lisätty kylmäainetta. Tarkastuksien tekemistä valvovat ympäristökeskukset, ympäristön-suojeluviranomaiset sekä terveystarkastajat. Jäähdytyslaitteiden haltijan on huolehdittava, että laitteistot tarkistetaan vuotojen varalta seuraavasti:

- Kylmäainetäytöltään 3–30 kg olevat laitokset on tarkastettava kerran 12 kk:ssa.
- 30–300 kg olevat laitokset on tarkastettava kerran 6 kk:ssa.
- Yli 300 kg:n laitokset on tarkastettava kerran 3 kk:ssa.(7.)

Yli 300 kg:n laitoksiin on asennettava vuotojen ilmaisujärjestelmä. Tämän asennamisen jälkeen laitoksen tarkastusväli on 6 kk. Jos kylmäainetäytöltään 30–300 kg:n laitokseen asennetaan vuotojen ilmaisujärjestelmä, se tarkistetaan kerran 12 kk:ssa. Vuotojen ilmaisujärjestelmä tulee tarkistaa kerran 12 kk:ssa. Vuodon korjaamisen jälkeen laitos on tarkistettava kuukauden kuluessa korjauksesta.(7.)

4.5.2 Huoltopäiväkirja

Kylmälaitteista, joissa on yli 3 kiloa kylmäainetta, tulee ylläpitää huoltopäiväkirjaa. Siihen tulee merkitä kaikki huoltotoimenpiteet. Lakisääteisen vuototarkastuksen piirissä olevien kylmälaitteiden välittömässä läheisyydessä pitää olla huoltotarra, josta ilmenee edellinen vuototarkastus sekä seuraavan tarkastuksen ajankohta (8, s. 220.)

4.5.3 Kylmäaineet

Kylmälaitteita valittaessa tulee suunnittelijan kiinnittää huomiota kylmäaineisiin ja niiden valintaan. Suunnittelijan pitää huomioida senhetkinen lainsäädäntö ja asetukset kylmäaineisiin liittyen, jottei laitteita tarvitse uusia kylmäaineen käyttö-, ja huoltokiellon vuoksi.

CFC-kylmäaineiden käyttö uusissa laitoksissa ja laitteissa on ollut kiellettyä 1.1.1995 alkaen ja käyttö huollossa kielletty 1.1.2001 alkaen. CFC:tä sisältävä laite saa olla toiminnassa, mutta siihen ei saa täyttää CFC-kylmäainetta. CFC-kylmäaineita ovat muun muassa R11, R12 ja R502. (9, s. 4.)

HCFC-kylmäaineiden käyttö uusissa laitoksissa ja laitteissa on ollut kiellettyä 1.1.2001 alkaen. HCFC-kylmäaineiden käyttö huollossa uusilla aineilla on kielletty 1.1.2010 alkaen. Kierrätetyillä aineilla käyttö huollossa sallittu 31.12.2014 saakka. 1.1.2015 alkaen käyttö huollossa kielletty. HCFC-kylmäaineita ovat muun muassa R22, R401, R402, R403, R408 ja R409. (9, s.4.)

HFC- ja PFC-kylmäaineiden käyttö uusissa laitoksissa ja laitteissa on sallittu. HFC- ja PFC kylmäaineita ovat muun muassa R134a, R404A, R407C, R410A ja R507A. (9, s. 4.)

Luonnonmukaisille kylmäaineille ei ole asetettu vastaavia käyttörajoituksia. Luonnonmukaisten kylmäaineiden käyttöä säätelevät painelaitelainsäädäntö sekä kansalliset palavia nestekaasuja koskeva lainsäädäntö. Luonnonmukaisia kylmäaineita ovat muun muassa ammoniakki ja hiilidioksidi. (9, s. 4.)

5 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT

Räjähdyksvaarallisia tiloja ovat kaikki sellaiset tilat, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Räjähdyksvaarallisia tiloja ja tilojen laitteita sekä tiloissa työskentelyä säädetään ATEX-lainsäädännöllä (atmospheres explosives), joka on tullut voimaan vuonna 2003. Ruukin tehtaalla on käytössä oma räjähdysvaarallisuusasiakirja ja tilaluokituspiirustukset, joista näkyvät räjähdysvaaralliset tilat.

5.1 Tila ja laiteluokittelu

Räjähdyksvaaralliset tilat jaetaan seuraaviin tilaluokkiin:

- Luokka 0: Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein toistuvasti.
- Luokka 20: Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäkestoisesti tai usein.
- Luokka 1: Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
- Luokka 21: Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
- Luokka 2: Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
- Luokka 22: Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan. (10, s. 10.)

Räjähdyksvaarallisiin tiloihin asennettavat laitteet jaetaan ryhmiin I ja II. Ryhmän I laitteet jaetaan kahteen laiteluokkaan M1 ja M2. Ryhmän II laitteet jaetaan kolmeen eri laiteluokkaan 1, 2 ja 3.

- Laiteluokka 1 ja M1: erittäin korkea turvallisuustaso.
- Laiteluokka 2 ja M2: korkea turvallisuustaso.
- Laiteluokka 3:normaali turvallisuustaso.(10, s. 6.)

Kaikkien räjähdysvaarallisiin tiloihin asennettavien laitteiden tulee täyttää tilaluokituksen vaatimukset.

- Tilaluokka 0 tai 20:Laiteluokan 1 laitteet.
- Tilaluokka 1 tai 21: Laiteluokan 1 tai 2 laitteet.
- Tilaluokka 2 tai 22: Laiteluokan 1, 2 tai 3 laitteet.(10, s. 10).

5.2 Räjähdysvaarallisten tilojen ilmastointi

SFS-käsikirja 59 ohjeistaa räjähdysvaarallisten tilojen ilmastoinnin suunnittelua. Sisätiloissa tapahtuva räjähdysvaarallisten aineiden varastointi sekä käsittely edellyttää tavallisesti ilmanvaihtoa räjähdysvaarallisen tilan rajoittamiseksi. Mikäli ilmastointia ei pystytä järjestämään riittävän hyvin, voi tilaluokitus laajentua käsittämään koko huoneen ja mahdollisesti myös viereiset tilat.(9.)

Tilan ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko luonnollisella tai koneellisella ilmanvaihdolla. Koneellista ilmanvaihtoa pitää käyttää aina, mikäli luonnollisella ilmanvaihdolla ei voida estää räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymistä. Koneellista ilmanvaihtoa käytettäessä on vaarallisemmaksi luokitellussa tilassa oltava alipaine viereisiin tiloihin nähden.(9.)

Tuloilma voidaan tuoda tilaan puhallinlaitteilla tai ylipaineilmana tilaan rajoittuvista palo- tai räjähdysvaarattomista tiloista. Tuloilmakojeet tulee sijoittaa siten, että ilma ohjautuu päästölähteen kautta poistoilmakojeisiin. Tuloilmakojeet tulisi sijoittaa sähkölaitteineen räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle.(9.)

Ilmanpoisto on pyrittävä ensisijaisesti järjestämään kohdepoistoina siten, että päästöt eivät pääse leviämään tilaan. Poistokanava on pääsääntöisesti johdettava omana kanavanaan ulos. Joissakin tapauksissa on ilmanpoiston lisäksi koteloitava laitteistot päästön leviämisen estämiseksi. Toissijaisesti on poistoilmakoje sijoitettava siten, että se yhdessä tuloilmakojeen kanssa aikaansaa tilaan tehokkaan tuuletuksen. Poistoilma-aukot tulee sijoittaa siten, että poistetta-

va seos liikkuu samaan suuntaan kuin se luonnostaan painovoimaisesti liikkuisi. Poistoilmapuhaltimen moottori tulisi sijoittaa räjähdysvaarattomaan tilaan.

Koneellisen ilmanvaihdon ollessa tilaluokituksen ehtona tulee ilmastointijärjestelmässä syntyvät häiriöt ilmaista poistoilmakanavaan sijoitetulla virtausvahdilla, jonka toiminta hälyttää ilmanvaihdon pysähtyessä tai häiriintyessä.(9.)

Ilmanvaihdon järjestäminen tulee ratkaista aina tapauskohtaisesti. Siihen vaikuttaa päästölähteen sijainti, päästöjen määrä, kohdepoiston muotoilu sekä kohdepoiston ja yleisilmanvaihdon suhde.(9.)

Palavien nesteiden käytön ja valmistuksen osalta ilmanvaihtoon on annettu vaatimuksia muun muassa kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä palavista nesteistä (313/85).(11). Myös standardeissa SFS-EN 60079-10-1 ja SFS-EN 60079-10-2 on ohjeita tilaluokituksen laajuuden määrittämiseen.

6 KONEDIREKTIIVI

EU:n konedirektiivi 2006/42/EY on valmistunut vuonna 2006 ja se on otettu käyttöön 29.12.2009. Konedirektiivi opastaa koneen valmistajaa suunnittelemaan ja rakentamaan laitteen vaatimuksien mukaisesti. Vaatimukset luokitellaan terveyteen ja turvallisuuteen liittyen.

Ruukin LVIS-suunnittelussa ja hankinnoissa on määritelty, että ilmanvaihto- ja jäähdytyskoneet ovat konedirektiivin mukaisia koneita. Koneille ja suunnitelmille tulee tehdä konedirektiivin mukaiset turvallisuustarkastelut. Turvallisuustarkastelut käydään läpi Sara-ohjelmalla. Tarvittaessa tehtävät turvallisuusparannukset dokumentoidaan ohjelmaan ja päivitetään suunnitelmiin. Suunnittelijat antavat suunnitteluvakuutuksen, jossa vakuuttavat, että suunnitelmat täyttävät konedirektiivin mukaiset vaatimukset. Samoin urakoitsijoilta pyydetään samat vakuudet asennuksista.

7 SÄHKÖTILOJEN SUUNNITTELU

Sähkötilalla tarkoitetaan kojeisto- ja kaapelitilaa. Erilaisia sähkötiloja ovat muun muassa muuntajatilat, elektroniikka-, tietokone- ja ohjausjärjestelmiä tai sähkönjakelulaitteita sisältävät tilat.

Ilmastoinnin on pidettävä tilat talvella lämpiminä ja kuivina, tuuletettava tai poistettava jäähdyttämällä liiallinen ylikuumuus pois tilasta, pidettävä ilman laatu kohtuullisena tilan käyttötarpeen mukaan sekä pidettävä tila tarvittaessa ylipaineisena. (12, s. 2). Tuloilman puhtauteen ja kosteuteen tulee kiinnittää huomiota. Sähkötilaan tulevan ilman tulee olla vapaa pölystä ja syövyttävistä kaasuista. Ne aiheuttavat toimintahäiriöitä sekä korroosiota laitteistoon. Sähkötilojen ilmastointi toteutetaan siten, että tilassa on 20–40 Pa:n ylipaine verrattuna viereisiin tiloihin. Näin saadaan pidettyä tehdasalueella oleva prosessista tuleva pöly tilojen ulkopuolella.

Mikäli sähkötilassa on kiinteä työskentelypiste, se tulee huomioida ilmastointia suunniteltaessa. Työskentelytilan ilmanvaihto mitoitetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan ja vastaamaan toimistotilan vaatimia olosuhteita. Sähkötiloihin ei yleensä saa asentaa muihin järjestelmiin kuuluvia putkia ja laitteita, ellei se tilan käytön kannalta ole välttämätöntä.

7.1 Mitoitusperusteet

Sähkötilojen ilmastoinnin mitoitusperusteet pohjautuvat tiloihin sijoitettujen sähkölaitteiden ympäristöolosuhteiden keston. LVI-ohjekortissa LVI 30-10231 Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi on esitetty sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tyyppiympäristöt taulukossa 1 (liite 1) sekä ilmastoinnin mitoitusolosuhteet eri olosuhdeluokissa taulukossa 2 (liite 2). Mikäli laitteistosijoittelu poikkeaa tyyppiympäristöluokittelusta, tulee olosuhteet määrittää tilan ympäristönkestoltaan herkimmän laitteen mukaan. Muut mitoitusperusteet ovat seuraavat:

- **Tilan lämpökuormat:** Lämpökuormien lähteenä on sähkölaitteet, jäähdyttämätön sisäänpuhallusilma, muut tilassa olevat laitteet, tilassa työ-

kentelevät henkilöt, ympäröivät tilat, ulkoilmaolosuhteet, valaistus ja auringonsäteily.

- **Epäpuhtauskuormat; hiukkaset ja kaasut:** Epäpuhtauksien lähteinä on sisäänpuhallusilma, ympäröivät tilat ja ihmiset.
- **Kosteuskuormat:** Kosteuskuormia tilaan tulee rakenteiden läpi ympäröivistä kosteammista tiloista ja ulkoilmasta sekä sisään puhallettavan ylipaineilman mukana kesällä.
- **Tilan painesuhteet:** Ylipaine viereisiin tiloihin verrattuna oltava noin 20-40 Pa.
- **Laitekohtaiset erityisvaatimukset:** Erityisvaatimukset on selvitettävä tapauskohtaisesti. (13, s. 5.)

Ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmien mitoittamiseen tulee huomioida laajennusvara tapauskohtaisesti noin 10–20 % tai mitoittaa järjestelmä vastaamaan tilanetta, jolloin sähkötila on täynnä laitteita. Ilmastoinnille ja jäähdytykselle tulee olla varajärjestelmä sellaisissa sähkötiloissa, joissa LVI-järjestelmän toimintahäiriö voi vaikuttaa tuotantoprosessiin.

7.2 Tilaluokitus

Ilmastointitarpeen mukaan sähkötilat jaetaan 2 luokkaan:

- Luokka 1: Tila, johon asennetaan sähkö-, elektroniikka- tai tietokonelaitteistoja.
- Luokka 2: Tila, johon asennetaan ympäristönkestäviä laitteistoja. Tällaisia tiloja ovat kaapelitilat, muuntajahuoneet ja vastaavat. (14, s. 2.)

Vaatimukset tiloissa vallitseville olosuhteille luokissa 1 ja 2 on esitetty taulukossa 1. Lämpötila määräytyy tiloihin asennettavien laitteiden perusteella.

TAULUKKO 1. Olosuhdevaatimukset luokissa 1 ja 2 (14, s. 2, muokattu)

Suure	Yksikkö	Luokka 1	Luokka 2
Lämpötila	°C	18...27 tai 15...30 ¹⁾	5...35
Lämpötilan vaihtelu ³⁾	°C	±2	
Lämpötilan muutosnopeus	°C/min		0,1
Ylipaine	Pa		20 ²⁾
Kaasupitoisuus	mm ³ /m ³		
–SO ₂			30
–H ₂ S			10
–NO _x			30
–Cl ₂ +HCl			10
–HF			10
–NH ₃			500
–O ₃			5
Suhteellinen kosteus		(määritellään tapauskohtaisesti)	
Äänitaso		(määritellään tapauskohtaisesti)	

1) Lämpötilan tulee olla alueella 18...27 °C . Vain n kojeistoja, esim. jakokeskuksia sisältävissä tiloissa voidaan sallia lämpötila-alue 15...30 °C. Lämpötila ja sen sallittu vaihtelualue määritellään tapauskohtaisesti tilan laitteiden asettamien olosuhdevaatimusten perusteella. Tiloihin, jossa on elektroniikka- ja tietokonelaitteistoja, valitaan lämpötila yleensä alueelta 18...22°C .

2) Mikäli luokan 2 tila rajoittuu luokan 1 tilaan, on varmistettava, että luokan 1 tilassa on suurempi paine. Läpivientien tulee olla kunnolla tiivistetyt, ja vastata paloluokitusta.

3) Sallitun lämpötila-alueen sisällä.

7.3 Ilmastointijärjestelmät

Järjestelmävalinta määräytyy mitoitusperusteiden mukaan, ja siihen vaikuttaa myös ilmastointilaitteistolle käytettävissä oleva tila sekä laitteiston käyttövarmuusvaatimukset. Perusjärjestelmät ovat painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen tuuletus, ylipainejärjestelmä, kierrätysilmajäähdytys sekä tilaan sijoitettu erillinen jäähdytys. (15, s. 2.)

7.4 Sähkötilojen paloturvallisuus

Sähkötila on yleensä oma paloalueensa. Ilmanvaihdon paloturvallisuudelle asetettavat vaatimukset määräytyvät tehtaan omien määräysten, viranomaismääräysten ja ohjeiden sekä vakuutuslaitosten ohjeiden mukaisesti. Tiloissa huomioitava muun muassa palonrajoittimet, savunpoisto, ilmanvaihdon pysäytys, kanavamateriaali ja eristys. Lisäksi sähkötiloissa on huomioitava ilmanvaihdon varusteissa mahdolliset kaasusammutusjärjestelmät. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E7 on ohjeita ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuuteen.

7.5 Muuntajatilat

Muuntajatilän ilmanvaihto tapahtuu koneellisesti. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko sisään- tai ulospuhalluksella. Ilman suodatuksen ja ilmavirran suuntaamisen takia sisäänpuhallus on parempi vaihtoehto. Ilmavirtauksen tilassa tulee olla pystysuuntainen siten, että tuloilmavirta tuodaan muuntajan alapuolelta ja poistetaan yläpuolelta. Tarvittava jäähdytysilman määrä voidaan laskea kokeumusperäisellä kaavalla 1. (16, s. 5.) Ohjeellisia arvoja muuntajatilasta poistettavalle ilmamäärälle on esitetty taulukossa 2. Muuntajia on kahdentyyppisiä, joko kuivamuuntajia tai öljyjäähdytteisiä muuntajia. Kuivamuuntajat kestävät hankalampia ympäristöolosuhteita paremmin.

$$V = \frac{0,78 \cdot Ph}{\Delta t}$$

KAAVA 1

jossa:

Ph = kokonaishäviöt mitoitusteholla, kW

Δt = tulo- ja poistoilman lämpötilaero, °C

V = ilmavirtaus, m³/s

Yhtälön lämpötilaero voidaan valita kuormitushuipun esiintymisen perusteella:

Δt = 20 °C, kuormitushuippu talvella

$\Delta t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuormitushuippu kesällä

Lämpötilaero tulee valita siten, että poistettavan ilman lämpötila muuntajatilassa ei nouse yli $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Minimilämpötilalle ei ole rajoitusta, ellei tilaa suojata märkäsprinklerijärjestelmällä. (12, s. 2.) Yleensä muuntajien kuormitettavuuden kannalta paras muuntajatilán sisälämpötila on n. $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, jolloin muuntajaa voi kuormittaa nimellistehollaan.

TAULUKKO 2. Ohjeellisia arvoja muuntajatilasta poistettavalle ilmamäärälle (16. muokattu)

Muuntajateho kVA	Poistettava ilmamäärä (m^3/h)	
	$\Delta t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
800	1200	2300
1000	1400	2800
1250	1600	3100
1600	1900	3900

Muuntajatilán ilmanvaihtokanavat on johdettava mahdollisimman suoraan ulos ja niiden ulkoilman puoleisessa päässä on oltava kiinteä säleikkö tai teräsverkko, jonka silmäkoko on enintään 20 mm. Säleikön tai verkon rakenteen tulee olla sellainen, ettei niiden läpi voi työntää esineitä muuntajatilaan. Myös veden pääsy tilaan säleikön kautta estettävä. Ilmanvaihtolaitteet on sijoitettava siten, että ne voidaan huoltaa muuntajan ollessa jännitteinen. Koneellinen ilmanvaihto on varustettava automaattisella ohjauksella, johon voidaan käyttää muuntajan kosketinlämpömittaria, huonetermostaattia tai molempia yhdessä. (16, s. 5.)

7.6 Kaapelitilat

Kaapelitilat sijaitsevat yleensä sähkölaitetilojen ylä- tai alapuolella. Lämpötila voi vaihdella alueella $+5\ldots+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lämpötila-alueella $+10\text{ }^{\circ}\text{C}\ldots+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ei tarvita ilmanvaihtoa. Tilán yllilämpö poistetaan käyttämällä tuloilma- ja/tai poistopuhallinta. (16, s. 8.) Ensisijaisesti käytetään poistoilmapuhallinta. Tilán tulee olla yli-

paineinen, mutta mikäli viereinen tila on sähkölaitetila (luokka 1), tulee ylipaineen olla viereistä tilaa pienempi (luokka 2). Usein kaapelitila on samaa tilaa sähkölaitetilan kanssa, ja tilan ilmastointi toteutetaan vastaamaan sähkötilan vaatimuksia.

7.7 Automaatiotilat

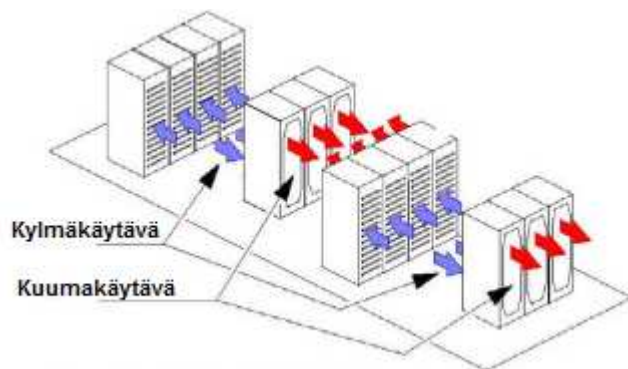
Automaatiotilojen laitteistot ovat yleensä hyvin herkkiä lämpötilojen vaihteluille sekä pölylle. Automaatiotilojen keskimääräinen jäähdytystarve tehtaalla on n. 300 W/m^2 . Tarkat jäähdytystarpeen arvot tulee selvittää tilaajalta tai sähkösuunnittelijalta. Tilojen ohjeelliset mitoituslämpötilat ovat $+19 \text{ }^{\circ}\text{C} \dots +26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (liite 1). Yleensä automaatiolaitetilojen lämpötila määräytyy laitevalmistajien mukaan. Muutamien laitevalmistajien mukaan laitteiston toimintaympäristön suosituslämpötila on $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Oikea käyttöympäristön lämpötila tulee kuitenkin varmistaa aina tapauskohtaisesti laitetoimittajalta. Usein automaatiotilojen laitteisto on prosessin toimintaan oleellisesti vaikuttavaa, joten tila olisi tarpeellista varustaa erillisellä varajäähdytyksellä.

Automaatiotiloissa on usein myös työskentelypisteitä, joissa voidaan työskennellä pitkiäkin aikoja, ja ne tulee huomioida suunnittelussa. Suuresta lämpökuormasta (300 W/m^2) johtuen vedon ja melun torjunta vaatii erityistoimenpiteitä. Ilman nopeus tilassa voi olla 1 m/s (liite 2). Työpisteet kannattaa erottaa muusta sähkötilasta esimerkiksi siirrettävällä seinämällä tai ilmanjakoratkaisuin.

Automaatiotiloihin soveltuvat järjestelmät ovat kierrätysilmajäähdytys tai tilaan sijoitettu erillinen jäähdytys, joilla tilaan saavutetaan kontrolloitu ilmasto. Ulkoilmavirta molemmissa tapauksissa mitoitetaan siten, että tilan ilma vaihtuu 2,5 kertaa tunnissa. Kierrätysilmajärjestelmää käytettäessä on huomioitava kanaviston tilan tarve, joka kasvaa suureksi lämpökuormasta johtuen. Tilaan sijoitettussa erillisessä jäähdytyksessä tulee huomioida lämpötilan säätö. Valitusta järjestelmästä riippuen säätö voi aiheuttaa lämpötilan heilahtelua, joka voi ylittää sallitun muutosnopeuden, joka on $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (5 minuutin keskiarvo). (13, s. 2; 15, s. 3.)

7.7.1 Kylmä ja kuuma käytävä

Mikäli tiloissa on käytettävissä asennuslattia, jonka kautta ilmastointikanavat voidaan kuljettaa, on kylmän ja kuuman käytävän menetelmä hyvä ratkaisu (kuva 6). Siinä kaapit asennetaan siten, että kylmällä käytävällä etupuolet ovat vastakkain ja kuumalla käytävällä takapuolet vastakkain. Kylmäkäytävällä jäähdytävää ilmaa suunnataan puhaltamaan asennuslattialta kohti kaapin etureunaa. Ilmavirta kulkee kaappien läpi kuumakäytävälle, josta se poistetaan.

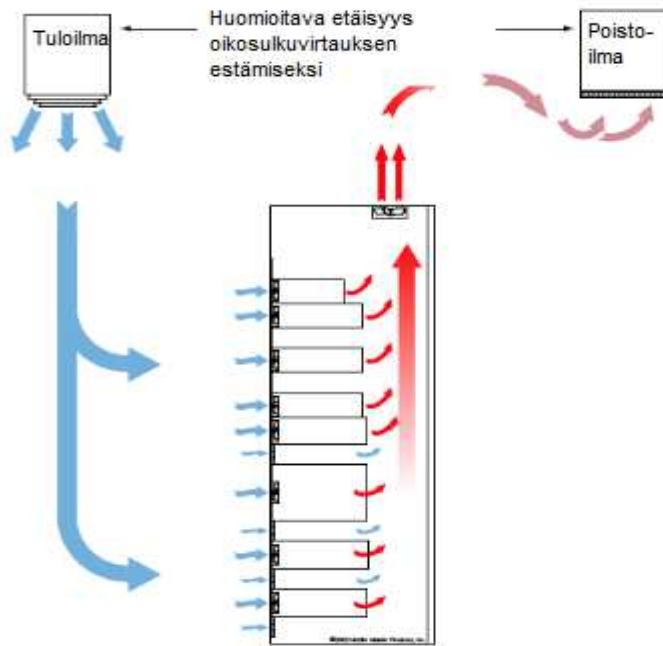


KUVA 6. Kylmän ja kuuman käytävän menetelmä korotetulla lattialla (17)

Asennuslattiaa käytettäessä on ilmastointi mahdollista järjestää myös siten, että tuloilma puhalletaan asennuslattian alta kaapin alaosaan ja poistoilmaventtiilit sijoitetaan suoraan kaappien yläpuolelle. Näin lämmennyt ilma saadaan poistettua tehokkaasti tilasta.

7.7.2 Aktiivinen ilmastointi

Aktiivisessa ilmastoinnissa ilman liikettä kaapin läpi tehostetaan esimerkiksi kaapin kattoon asennettavalla puhaltimella, joka puhaltaa kaapissa lämmenneen ilman tilaan (kuva 7). Tuloilma- ja poistoilmaventtiilien sijoituksessa on huomioitava niiden välinen etäisyys, jotta vältetään oikosulkuvirtaukselta. On myös huomioitava, ettei tuloilmaventtiiliä sijoiteta suoraan kaapin päälle, jolloin kylmä ja kuuma ilmavirta sekoittuvat keskenään.

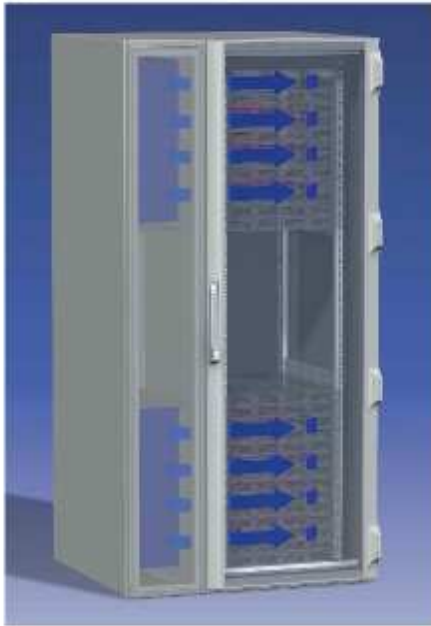


KUVA 7. KytKentäkaapin aktiivinen ilmastointi (18)

7.7.3 Nestejäähdytteiset kaapit

Nestejäähdytyksessä periaatteena on siirtää hukkalämpö jäähdytysnesteeseen hyvin lähellä lämmönlähdettä, toisin kuin ilmajäähdytteisissä järjestelmissä, joissa kuumaa ja kylmää ilmaa joudutaan siirtämään pidempiä matkoja. Lämmön siirtäminen pienestä määrästä lämmönlähteen lähellä olevasta kuumasta ilmasta on tehokkaampaa kuin antamalla kuuman ilman sekoittua suureen määrään huonetilan ilmaa ja jäähdyttämällä tätä ilmamäärää. (19, s. 11.) Tunnetuin järjestelmien valmistaja on Rittal, joka on maailman johtava kytKentäkaappien valmistaja. Rittalilta löytyy useita ratkaisuja ja tuotteita kaappien jäähdytykseen.

Rittal liquid cooling package eli LCP ja kytKentäkaappi muodostavat yleensä yhteisen kokonaisuuden (kuva 8), joten myös tiloihin asennettavien kaappien tulee olla samalta valmistajalta. Kaapin takaovena toimiva LCP Passive on saatavilla joidenkin muiden valmistajien kaappeihin. LCP sisältää puhaltimet, ilma/vesi-lämmönvaihtimet ja säätöyksikön. LCP:n suuri teho ja hyötysuhde tulevat parhaiten esiin kylmä- ja kuumakäytävämenetelmän avulla. Korotettua asennuslattiaa ei välttämättä tarvita. Ratkaisu on soveltuvin sellaisiin kytKentäkaappeihin, joiden jäähdytystarve on suuri.



KUVA 8. LCP ja kytkentäkaappi (20)

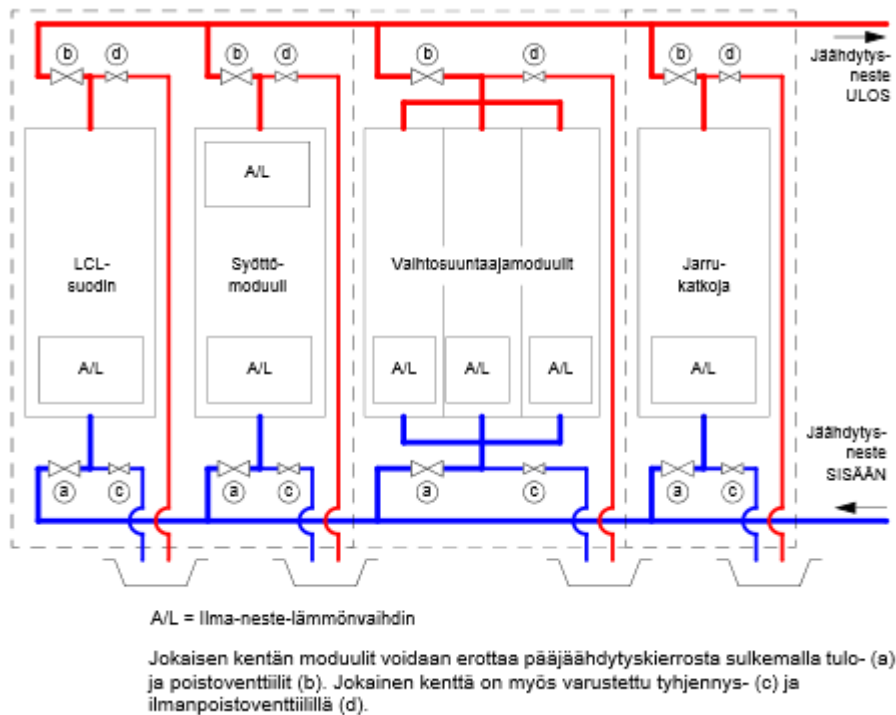
Myös ABB:lta löytyy tuotteita nestejäähdytykseen, erityisesti taajuusmuuttajakaappeihin (kuva 9).



KUVA 9. ABB:n nestejäähdytteinen taajuusmuuttajakaappi (21)

ABB:n taajuusmuuttajan jäähdytysjärjestelmä koostuu kahdesta kiertopiiristä (kuva 10). Ensimmäinen on sisäinen jäähdytyskierto, joka käsittää lämpöä tuottavat sähkökomponentit ja siirtää lämmön jäähdytysyksikköön. Toinen on ulkoinen jäähdytyskierto, joka on yleensä osa suurempaa ulkoista jäähdytysjärjes-

telmää. Järjestelmään menevän jäähdytysnesteen alin sallittu lämpötila määräytyy käyttöympäristön lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden perusteella. Suurin sallittu jäähdytysnesteen lämpötila on +38...+48 °C. Suurin sallittu jäähdytysnesteen lämpötila määräytyy taajuusmuuttajan lähtökapasiteetista sekä mahdollisesta lisävarusteena saatavasta nestejäähdytysyksiköstä. (21.)



KUVA 10. Sisäisen jäähdytysjärjestelmän kaavio (21)

Nestejäähdytyksen hyödyntämisen edut sähkö- ja taajuusmuuttajakaapeissa:

- Saadaan laitteista syntyvät lämpökuormat suoraan kaapeista pois.
- Kanavistojen ja IV-konehuoneiden tilantarve on pienempi.
- Tilojen ilmanvaihto järjestetään vain ylipaineilmana, jonka johdosta tiloissa ei ole vetoisuus ongelmia --> Työpisteiden sijoitus helpompaa.
- Suodattimien vaihtotarve vähenee --> Pienemmät huoltokustannukset.
- Jäähdytysveden tulolämpötilana voidaan käyttää jopa +20...+30 °C --> hyvä hyötysuhde.
- Laajennus on helpompaa.

Haitat:

- On varmistettava jäähdytysveden puhtaus.
- Vaatii asennuslattian tai kanaalin putkille.
- Putkille on oltava suojaputket.
- Kondenssivedelle on järjestettävä poisto.

7.7.4 Vakioilmastointikone

Sähkötilan jäähdytys voidaan toteuttaa myös vakioilmastointikoneella (kuva 10). Vakioilmastointikoneen voi sijoittaa joko suoraan jäähdytettävään tilaan tai erilliseen tilaan. Kylmä-kuumakäytävämenetelmää asennuslattialla käyttämällä jäähdytetty ilma saadaan helpoiten suunnattua halutuille alueille. Tilan jäähdytykseen on suositeltavaa asentaa vähintään kaksi vakioilmastointikonetta eri puolille tilaa. Näin saadaan koko tilaan tasaiset olosuhteet sekä varmistetaan tilan jäähdytys yhden vakioilmastointikoneen rikkoutuessa. Chillerin valmistamissa liuoslauhdutteisissa vakioilmastointikoneissa jäähdytystehot ovat 5–60 kW.



KUVA 10. Vakioilmastointikone

7.8 Valvomotilat

Valvomotila on henkilötyötila, josta keskitetysti tapahtuu pääasiallinen prosessin valvonta ja ohjaus. Valvomotilat sijaitsevat yleensä prosessilinjan yläpuolella. Tilan ilmastoinnissa on huomioitava laitteistosta ja ihmisistä syntyvät lämpökuormat sekä prosessista aiheutuva lämpösäteily. Lämpötila valvomon ulkopuolella, prosessihallin puolella voi olla huomattavan korkea. Tämän takia ilmanjakoon ja päätelaitteiden sijoitukseen tulee kiinnittää huomiota. Valvomon ilmanvaihdon ja ilman puhtauden tulee vastata Suomen RakMK osan D2 toimistotilojen arvoja. Taulukossa 3 on esitetty henkilötyötiloille asetetut vaatimukset.

TAULUKKO 3. Henkilötyötiloille asetetut vaatimukset (13, s. 5)

	Yksikkö	Raja-arvot	Tavoitearvot
Lämpötila			
-istumatyö	°C	20...28	21...25 ¹⁾
- kevyt, liikkuva työ	°C	18...25	19...23 ¹⁾
Suhteellinen kosteus	%	15...70	30...50 ²⁾
Ilman nopeus (vetokäyrä ³⁾)			
- istumatyö		2	2
- kevyt, liikkuva työ		4	4
Melu	dB(A)	4)	4)

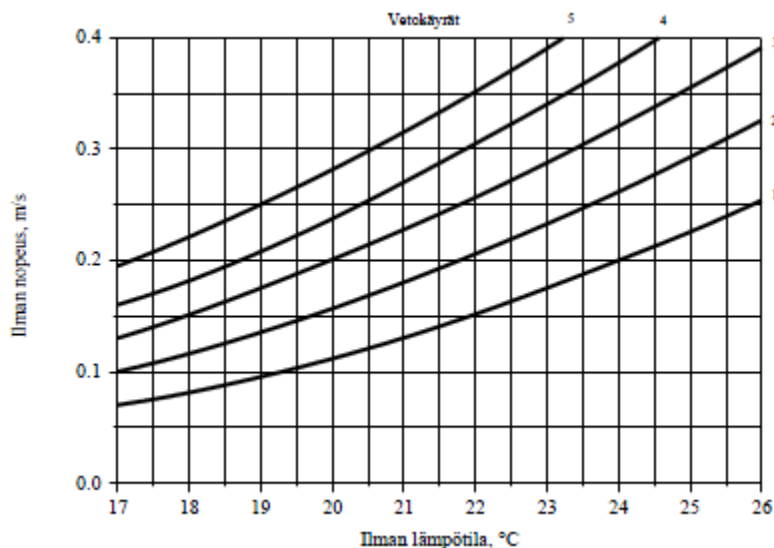
¹⁾ Työskentelypaikalla ei saa esiintyä esim. prosessin aiheuttamaa haitallista lämpösäteilyä tai haitallisen kylmiä pintoja

²⁾ Tavoitearvon saavuttaminen edellyttää ilman kosteuden säätöä

³⁾ Vetokäyrät esitetty kuvassa 9

⁴⁾ Ilmastoinnin aiheuttama melu RakMK osan D2:n mukaan saisi henkilötyötilassa olla enintään 40 dB (A). Kuitenkin sähkötilassa taustamelu on yleensä huomattavasti korkeampi, esim. 55...65 dB (A), ei RakMK D2:n vaatimus ole tällöin realistinen.

Kuvassa 10 on esitetty vetokäyrä ilman enimmäisnopeuden määrittämiseksi. Työn raskaudesta ja lämpötilasta riippuen voidaan sallia erilaisia ilman nopeuksia. Hankalimpia vedon kannalta ovat ihmisen niska ja nilkat, joihin ilmasuihkujen ei pitäisi osua. (22, s. 10.)



KUVA 10. Vetokäyrä (23, s. 27.)

Tarvittavasta jäähdytystarpeesta riippuen tilan jäähdytys voidaan suorittaa tuloilma- ja kierrätysilmakoneella tai tuloilmakoneella ja erillisellä jäähdytyslaitteistolla. Tuloilmakoneella tuotava ulkoilmavirta mitoitetaan siten, että tilan ilmanvaihtuvuus on 2,5 kertaa tunnissa, jolla saadaan tilaan vähintään 20 Pa:n yli-paine. Jäähdytyslaitteina voi käyttää puhallinpattereita, vakioilmastointikoneita, puhallinkonvektoreita ja jäähdytyspalkkeja. Palkkeja käytettäessä on huolehdittava, ettei ilman kosteus tiivisty palkkien pinnoille ja valu sähkölaitteisiin. Jäähdytyslaitteiden sijoituksessa ja putkien reitityksessä on huolehdittava, etteivät ne sijaitse sähkölaitteiden yläpuolella.

Tuloilmakone varustetaan jäähdytyspatterilla, koska pääosa kosteuskuormasta tulee ulkoilmasta. Näin kosteuden nousu seisokkiaikana voidaan estää ja välttää häiriöt prosessia käynnistettäessä. (15, s. 3). Jäähdytyspatterit varustetaan pisananerottimella. Kierrätysilmakone varustetaan kostuttimella ja jäähdytyspatteri kuivatusosalla, jos halutaan kontrolloida tilan kosteutta. (15, s. 3).

8 PROSESSITILOJEN ILMASTOINTI

Prosessitilat ovat tiloja, joissa varsinainen teräksen valmistus tapahtuu. Päämitoitusterusteita ovat prosessien ominaisuudet. Yleensä ne ovat laitteiden lämpökuormat ja niiden jäähdytystarve. Jokainen teollisuustila ja sen olosuhteet ovat yksilölliset. Tehdasalueella on ilmassa monia epäpuhtauksia ja kaasuja, jotka pitää huomioida ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien mitoituksissa ja laitevalinnoissa.

Esimerkiksi masuunilla syntyy masuunikaasua, jossa on noin 22 % hiilimonoksidia. Tästä johtuen häkäkaasuvaara on kaikkialla missä masuunikaasua kehit-
tyy ja sitä käytetään. Tämä tulee huomioida ilmastointijärjestelmissä. Häkäpitoi-
suuden ylittäessä raja-arvon ei ilmanvaihto saa käyntilupaa. Koksaamolla syn-
tyy sivutuotteena koksikaasua, jota käytetään polttoaineena koksaamolla, voi-
malaitoksella, terässulatolla, valssaamolla ja kalkinpolttamolla. koksikaasu sisäl-
tää noin 6,5 % häkäkaasua. Tämä tulee myös huomioida ilmastointijärjestelmis-
sä.

9 TOIMISTO- JA SOSIAALITILAT

Toimisto- ja sosiaalityötilojen ilmastoinnin suunnitteluun on annettu ohjeet Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2. Myös nämä tilat pidetään ylipaineisina, jotta saadaan pöly pysymään poissa sisätiloista. Ulkoilmavirta mitoitetaan ensisijaisesti henkilömäärän mukaan. Jos henkilökuormituksen mukaiselle ilmastointivirtojen mitoitukselle ei ole riittäviä perusteita, käytetään pinta-alaan perustuvaa mitoitusta. Usein käytetään hieman suurempia ilmamääriä kuin D2 määrittelee, jotta tilat saadaan pysymään ylipaineisina. Käyttöajan ulkopuolella on rakennuksen ulkoilmavirta oltava vähintään $0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$, joka voidaan toteuttaa pitämällä hygieniatilojen ilmastointi jatkuvasti käynnissä tai jaksottamalla ilmastoinnin käynti. Ilmanvaihto on tärkeää pitää käynnissä ympäri vuorokauden, jotta ilmanvaihto pitää tilat puhtaana kokoajan.

Lämmityskaudella oleskeluvyöhykkeen mitoittavana huonelämpötilana käytetään $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kesällä jäähdytystarpeen aikana mitoittavana huonelämpötilana käytetään $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Rakennuksen käyttöaikana huoneen lämpötila ei yleensä saa olla korkeampi kuin $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. (23, s. 6.)

9.1 Toimisto- ja neuvottelutilat

Toimisto- ja neuvottelutiloissa voidaan käyttää ilmastointilaitteista järjestelmää, ilmastointipalkki- tai puhallinkonvektori-järjestelmää. Ilmastointilaitteissa minimi-ilmastointivirta määräytyy D2:n mukaan ja maksimi ilmastointivirta jäähdytystarpeen mukaan. Puhallinkonvektori- ja ilmastointipalkki-järjestelmissä ilmastointivirta mitoitetaan huoneen käyttäjien ulkoilmavirran tarpeen mukaan, ja palkin tai konvektorin jäähdytysteho määräytyy huoneen lämpökuormien mukaan.

Toimisto- ja neuvottelutilojen lämpökuormaan vaikuttavat auringon säteily, ihmiset, tietokoneet, tulostimet ynnä muut laitteet. Auringon säteilylämpöön voidaan vaikuttaa käyttämällä ikkunoissa sälevarjoja tai sijoittamalla toimistot rakennuksen pohjoispuolelle. Sisäisiin kuormiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi sijoittamalla tulostimet käytävätilaan tai erilliseen tulostushuoneeseen.

9.2 Palkkijärjestelmä

Yleisimmin toimisto- ja neuvottelutiloissa käytettävä ilmastointitapa on jäähdytyspalkki-ilmastointi. Se soveltuu hyvin tiloihin, joissa lämpökuorma on suuri, mutta tarvittava ilmavirta pieni. Tarvittava kanavakoko on pieni, joten vähäisemmän tilantarpeen vuoksi se soveltuu hyvin perusparannus- ja korjausrakentamiseen. Palkkien sijoituksessa tulee huomioida rakenteelliset esteet sekä toisten palkkien ilmavirta, jottei alilämpöinen ilmasuihku putoa oleskeluvyöhykkeelle liian aikaisin aiheuttaen vetoa. Palkin sijoitus huoneeseen vaikuttaa oleellisesti huoneen ulkonäköön sekä valaistuksen ja sähköasennusten suunnitteluun. Tämän takia palkkien sijoittelun suunnittelu ja valinta on tarvittaessa tehtävä arkkitehdin ja sähkösuunnittelijan kanssa. Huoneeseen sijoitetaan säätöyksikkö, jolla käyttäjä voi säätää lämpötilaa.

Palkkien menoveden lämpötilaksi normaalitilanteessa valitaan +14–15 °C, jotta kondensoitumista ei tapahtuisi. Meno- ja paluuveden lämpötilaero sekä mitoitusvesivirta valitaan siten, että saadaan aikaan tarvittava jäähdytysteho. Meno- ja paluuveden lämpötilaerona pidetään vähintään 3 °C:ta, jolloin putkikoko ei kasva liian suureksi.

Palkin jäähdytysteho saadaan vähentämällä kokonaislämpökuormasta ilmavirran jäähdytysteho. Ilmavirran jäähdytysteho saadaan kaavalla 2

$$\phi_{ilma} = qv \cdot \rho_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta t \quad \text{KAAVA 2}$$

jossa:

ϕ_{ilma} = ilmavirran jäähdytysteho, kW

qv = ilmavirta, m³/s

ρ_i = ilman tiheys, kg/m³

C_{p_i} = ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg °C

Δt = tulo- ja poistoilman lämpötilaero, °C

Palkin vesivirta saadaan kaavalla 3

$$qv = \phi / \rho_v * C_{p_v} * \Delta t$$

KAAVA 3

jossa:

qv = palkin vesivirta, dm^3/s

ϕ = palkin jäähdytysteho, kW

ρ_v = veden tiheys, kg/dm^3

C_{p_v} = veden ominaislämpökapasiteetti, $\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$

Δt = meno- ja paluuveden lämpötilaero, $^\circ\text{C}$

Valinta palkkien ja konvektoreiden välillä määräytyy tarvittavasta jäähdytystehosta. Fläktwoodsien valmistamien palkkien jäähdytysteho on 0,1–1,6 kW ja konvektoreiden 0,6–11 kW.

10 SUUNNITELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT

Tähän lukuun on kerätty joitakin ratkaisuja, jotka ovat tavanomaisesta poikkeavia tai käytännössä toimiviksi havaittuja. Nämä ratkaisut lisäävät järjestelmien toimintavarmuutta sekä helpottavat huollon toimintaa.

10.1 Lämmön talteenotto

Tehdasalueen ilmastointikoneissa ei pääsääntöisesti käytetä lämmöntalteenottolaitteistoa edes toimistorakennuksissa. Alueella oleva prosessista tuleva pöly aiheuttaa ongelmia lämmön talteenotossa tukkimalla laitteiston. Lisäksi tehtaalla on oma voimalaitos, josta lämpöenergiaa on saatavilla.

Mikäli lämmöntalteenottolaitteistoa joissakin tapauksissa käytetään, on tärkeää että ratkaisussa on huomioitu ilman pölyisyys ja riittävät pesu- ja puhdistusmahdollisuudet.

10.2 Ilmanotto

Tehdasalue sijaitsee meren rannalla, ja lisäksi alueella on avoimia vesisäiliötä, joista vapautuu ilmaan kosteutta. Näiden vuoksi ulkosäleiköt saattavat jäätyä. Jäätymisen estämiseksi käytetään sähkölämmitteistä ulkoilmasäleikköä tai ulkosäleikköpatteria, mikäli saatavilla on olosuhteet kestävää liuosta. Ulkosäleikköpattereissa käytetään 8,0 mm:n lamelliväliä, ja liuoksen on oltava jäätymätöntä vesi-glykoliliuosta. Veden ja lumen sisään tulon estämiseksi käytetään lumisiepparia. Valinta eri vaihtoehtojen välillä on harkittava tapauskohtaisesti.

10.3 Käytettävät tuotteet

Huoltotoiminnan helpottamiseksi ja varastojen pienentämiseksi tulee suunnitelmissa käyttää samoja tuotteita, joita tehtaalla on jo käytössä. Seuraavat tuotteet on määritetty käytettäväksi:

- pumput mallia Kolmeks
- säätöventtiilit Siemens tai Belimo

- ilmanvaihtokoneiden suodattimet pitkät EU5 ja EU7, vakio kokoja noin 300X600, noin 600X600.

Laitteiston sijoittelussa on huomioitava, että pumpuille, venttiileille ynnä muille varusteille päästään helposti ilman tikkaita tai muita apuvälineitä.

11 KUSTANNUSARVIOT

Kustannusarviot on tehty toteutuneiden tilojen arvioiden perusteella. Sähkötöiden osalta arviot sisältävät järjestelmäratkaisuun tarvittavat laitteet, putket ja kanavat, sekä arviot LVI-laitteiden sähkötöistä. LVI- ja sähkötöiden hinta-arviot ovat karkeita. Sähkön hintoihin vaikuttaa sähkön saatavuus kohteessa. Mikäli joudutaan hankkimaan uusi sähkökeskus, se korottaa sähkötöiden hintaa. Myös kaapelointimatkat ja kaapelireitit vaikuttavat hintaan. Toimisto- ja tuotantotilojen osalta kustannusarvio sisältää kaikki LVIA-laitteet, putket ja kanavat. Tarkkojen hintojen määrittely vaatii tilan pohjakuvat, joista voi selvittää kanavistojen ja putkistojen määrät, liittymäkohdat olemassa oleviin järjestelmiin, ilmanottomahdellisuudet, lauhduttimen sijoitus ja sen putkitus. Taulukossa 4 on esitetty keskimääräisiä kustannuksia sähkötöiden jäähdytystarpeen mukaan.

TAULUKKO 4. Sähkötöiden LVIA- ja sähkötöiden kustannusarviot

Jäähdytysteho	Järjestelmäratkaisu	Hinta (€/kW), Alv 0 %
10..20 kW	-Suorahöyrysteinen jäähdytyskoneikko ja tilan sisällä höyrystimet -Pieni tuloilma/ylipainekone **tarkistettava tapauskohtaisesti hyväksyykö tilaaja ratkaisun -Sähkötyöt	1000...1500 Noin 4000-6000 €/tila
20..30 kW	-Pieni ylipainekone *Pieni kanavisto -Vakioilmastointikone +liuoslauhdutin -Sähkötyöt	1500...2000 Noin 8000-12000 €/tila
50 kW	-Ylipainekone *Pieni kanavisto -Kiertoilmakone -Vedenjäähdytin+liuoslauhdutin -Sähkötyöt	1500...2000 Noin 20000-35000 €/tila
100 kW	-Ylipainekone -kiertoilmakone *Iso kanavisto -Vedenjäähdytin+liuoslauhdutin -Sähkötyöt	1000...1500 Noin 35000-50000 €/tila
200 kW	-Ylipainekone -Kiertoilmakone *Iso kanavisto -Vedenjäähdytin+liuoslauhdutin -Sähkötyöt	1000...1500 Noin 50000-70000 €/tila

Tavanomaisten toimistotilojen LVIA-kustannuksien arvio:

- Pienet tilat noin 200–300 m². Noin 250–300 €/m²
- Isommat tilat noin 200–250 €/m²

Tavanomaisten toimistotilojen sähkötöiden kustannuksien arvio:

- Pienet tilat noin 200–300 m². Noin 200–250 €/m²
- Isommat tilat noin 150–200 €/m²

Teollisuus- ja prosessitilojen LVIA-kustannuksien arvio:

- Pienet tilat noin 200–300 m². Noin 150–200 €/m²
- Suuremmat tilat noin 100–150 €/m²

Teollisuus- ja prosessitilojen sähkökustannuksien arvio:

- Pienet tilat noin 200–300 m². Noin 150–200 €/m²
- Suuremmat tilat noin 100–150 €/m²

Toimisto- ja teollisuustilojen LVIA- ja sähkökustannuksiin vaikuttaa liittymien sijainti ja saatavuus. Teollisuustiloissa vaikuttaa myös ilmanvaihdon haluttu taso, prosessin vaatimukset talotekniikalle ja sähköjärjestelmille sekä tarvittava laajuus.

12 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä suunnitteluohje terästeollisuuteen. Työn tarkoituksena on helpottaa Pöyryn ja Ruukin välistä suunnittelun yhteistyötä sekä selkeyttää tehtaalla käytettävien LVI-järjestelmien suunnitteluratkaisuja. Ohjeesta löytyy keskeisimmät tiedot tilojen suunnitteluun. Tarkoituksena oli myös etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja tilojen ilmastoinnin ja jäähdytyksen toteuttamiseen.

Työssä esitetään valittuihin sähkötiloihin liittyvät mitoitusperusteet sekä kerrotaan periaateratkaisut joilla tilan ilmastointi ja jäähdytys voidaan suorittaa. Pääsääntöisesti sähkötilojen jäähdytys suoritetaan ilmavirralla, käyttämällä ylipaine- ja kierrätysilmakoneita. Jäähdytysenergia tuotetaan sisätiloihin asennettavilla tehdasvalmisteisilla liuoslauhdutteisilla vedenjäähdytyskoneilla, joissa on vapaajäähdytysmahdollisuus. Ympäri vuotisesta jäähdytystarpeesta johtuen on vapaajäähdytyksen käyttäminen kannattava tapa tuottaa jäähdytysenergiaa. Työssä kerrotaan tehdasympäristön vaikutukset, jotka on huomioitava LVI-järjestelmiä suunniteltaessa.

Haasteellisimpiin sähkötiloihin olisi kannattavaa lisätä nestejäähdytteisiä kaappeja. Tällä ratkaisulla saavutetaan useita etuja pelkällä ilmavirralla tapahtuvaan jäähdytykseen nähden. Järjestelmällä saavutetaan tilansäästöä, huolto helpottuu ja huollon tarve vähenee, sekä vapaajäähdytystä pystytään hyödyntämään tehokkaammin.

Teollisuuslaitoksiin tehtävä suunnittelu on hyvin kokemuseräistä, sillä kirjallisuutta eri tilojen suunnitteluun on huonosti saatavilla. Ratkaisuvaihtoehtoja on useita, jotka täytyy tapauskohtaisesti selvittää. Suunnittelussa huomioitavia asioita on huomattavasti enemmän kuin tavanomaisten rakennusten suunnittelussa. LVI-ratkaisuissa täytyy huomioida tehtaan tuotantoprosessista vapautuvat kaasut ja epäpuhtaudet, jotka vaikuttavat joihinkin ratkaisuihin. Tilojen suunnittelussa tuleekin tehdä yhteistyötä eri alojen asiantuntijoiden kanssa.

LÄHTEET

1. Metallinjalostajat ry 2003. Teräskirja. Helsinki: Libris.
2. Tähti, Esko 2000. Teollisuusilmastoinnin opas. Helsinki: TAKE.
3. Hakala, Pertti – Kaappola, Esko 2005. Kylmälaitoksen suunnittelu. Opetushallitus.
4. Seppänen, Olli 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Suomen LVI-liitto.
5. Chiller Chillquick Eco. Tekninen esite. Chiller Oy.
6. Onninen Oy. <http://www.vapaaäähdytys.fi/>. Hakupäivä 4.4.2013.
7. Velvoitteet kylmälaitteen käyttäjälle. Suomen kylmäyhdistys. Saatavissa: <http://www.skll.fi/yhdistys/www/page.php?cat=9>. Hakupäivä 15.4.2013.
8. Hirvelä, Aulis – Jokela, Matti – Kaappola, Esko – Kianta, Jani 2011. Kylmätekniikan perusteet. Opetushallitus.
9. Kianta, Jani 2008. Kylmäainetilanne 2008. Suomen kylmäyhdistys.
10. ATEX räjähddeopas. ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. 2003. Turvatekniikan keskus, Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavissa: http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/atex_rajahdeopas.pdf. Hakupäivä 14.3.2013.
11. Räjähdyksvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. SFS-käsikirja 59. 1998. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
12. 15.4.1985/313. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös palavista nesteistä. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1985/19850313>. Hakupäivä 14.3.2013.
13. ST 840.65.1993. Sähkötilojen ilmastointi ja lämpöhäiriöiden määrittäminen. Sähkötieto ry.

14. LVI 30-10231. 1994. Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastointin mitoitusperusteet. Rakennustieto Oy.
15. SFS 5693. 1991. Ilmastointi. Teollisuuden sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Suomen standardisoimisliitto.
16. LVI 30-10236. 1995. Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastointijärjestelmät. Rakennustieto Oy.
17. ST 53.61. 2005. Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys. Sähkötieto ry.
18. Hydeman Mark. 2006. HVAC and control system design for improved energy performance in data centers. Taylor engineering. Saatavissa: http://www.energystar.gov/ia/products/downloads/HVAC_and_Control_System_Design.pdf. Hakupäivä 22.5.2013.
19. Schluter Bob. Controlling the temperature inside equipment racks. Middle Atlantic Products. Saatavissa: <http://middleatlantic.com/pdf/ThermalManagement.pdf>. Hakupäivä 20.5.2013.
20. Selvitys IT-ympäristön sähkönsäästökeinoista. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4427/Konesalipalvelujen_energiatehokkuuden_periaatteet.pdf. Hakupäivä 20.5.2013.
21. Rittal liquid cooling package. Tekninen esite. Saatavissa: http://www.rittal.de/downloads/Bedienungsanleitungen/3301230/3301230_gb.pdf. Hakupäivä 22.5.2013.
22. Laiteopas. ACS800-17LC-taajuusmuuttajat. 2010. ABB Oy. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2895a8cca15a4d60c12577f5002d71e3/\\$file/fi_acs800-17lc_hw_a_screen_res.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2895a8cca15a4d60c12577f5002d71e3/$file/fi_acs800-17lc_hw_a_screen_res.pdf). Hakupäivä 12.6.2013.
23. Neste 1990. Teollisuusrakennusten ilmastointi ja lämmitys. Helsinki. Valtion painatuskeskus.

24. D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö

Taulukko 1.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tyyppiympäristöt, ilmoittavat sisätilat /2/.

Tyyppiympäristöt	Tilaan sijoitettavan laitteen ympäristöolosuhteluokka standardin SFS 5318 (IEC 721-3-3) mukaan
A Valvomot ja automaatiotilat	3K2 / 3Z2 / 3Z4 / 3B1 / 3C1 / 3S1
a1) prosessista eristetyt henkilötöitätilat	
a2) automaatiotilat	
a3) teollisuuden ristikytkeitilat (mittauslaitteet, monitorit ja kytkennät)	
ATK-laitteet	3K1/3Z2/3Z4/3B1/3C1/3S1
B Sähkölaitteetilat	3K3 / 3Z2 / 3Z4 / 3B1 / 3C1 / 3S1
- ulkotiloista ja prosessista eristetyt tilat	
b1) teleristikytke- ja -laitteetilat	
b2) tuotannon sähkölaitteetilat (moottorikäytöt, MCC)	
b3) sähkökeskushuoneet (pääkeskukset, jakokeskukset)	
b4) muuntajatilat (sisätiloissa)	
C Elektroniikkateollisuuden kokoonpanohallit	3K2 / 3B1 / 3C1 / 3S1 / 3M1
- piirilevytuotanto, mikroelektroniikan komponenttien ladonta, testaukset ja säädöt	
- hienomekaniikan ja optiikan kokoonpano	
D Metalliteollisuuden tuotantotilat	3K4 / 3Z2 / 3Z4 / 3Z7 / 3B2 / 3C2 / 3S2
- konepajat, kevyt metalliteollisuus ja kappalevalmistus (moottorit, robotit, ohjauksilaitteet)	
- kaapelitilat	
E Prosessiteollisuuden tuotantotilat	3K5 / 3Z2 / 3Z4 / 3Z7 / 3B2 / 3C2+3C3 tarvittaessa / 3S2
- tilat, joissa epäpuhtaudet tai syövyttävät kaasut ovat tyypillisiä (suojakoteloidut kokeistot, moottorit, ohjauksilaitteet)	
F Avoin, likainen teollisuustila	3K6 / 3Z2 / 3Z4 / 3Z7 / 3B2 / 3C2 / 3S2
- pölyiset, usein ulkoilmaan avoimet tilat, valimot, malminrikastamot, jätteenkäsittelylaitokset (suojakoteloidut ulkokäyttöön soveltuvat laitteet)	
- ulkomuuntajat	
G Siirrettävät konit	3K2 / 3Z2 / 3B1 / 3C1 / 3S1
- siirrettävät valvomot ja sähkötilat käytön aikana (esim. sotilaskäyttö)	

Taulukko 2.

Ilmastoinnin mitoitusolosuhteet eri olosuhdeluokissa (ilmastolliset olosuhteet).

Olosuhdeluokka	Yksikkö	3K1	3K2	3K3	3K4	3K5	3K6	3K7	3K8
Sähkölaitteen äärimmäiset toimintalämpötilat*									
min	°C	18	15	5	5	-5	-25	-40	-55
max	°C	27	30	40	40	45	55	70	70
Mitoituslämpötilat**									
°C		+22...23±2	+19...26	+15...30	+10...30	-5...+35 (45)	-25...+45 (55)	-40...+45 (70)	-55...+45 (70)
- Muutosnopeus(5 minuutin keskiarvo)	°C	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
Suhteellinen kosteus									
%		40...50±10 (+22 °C)	10...65	5...70	5...95	5...95	10...100	10...100	10...100
Absoluuttinen kosteus									
min	g/kg	-	1,5	0,7	0,7	0,7	0,4	0,1	0,1
max	g/kg	-	T _{s,min} /65 %*** (esim. 19°C → 9)	T _{s,min} /70 %*** (esim. 19°C → 9,5)	28	29	29	35	35
Tulailma									
- lämpötila	°C	≥ 16	≥ 16	≥ 10	≥ 5	≥ -5	-	-	-
- suhteellinen kosteus	%	≤ 75	≤ 75	≤ 85	≤ 95	≤ 95	-	-	-
Ilman nopeus (huomaa myös ilmastolliset erityisolosuhteet)									
m/s		0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
Laitteistavaatimukset (sulkeissa olevat tapauskohtaisesti vaadittavissa)									
Lämmitys	Lämmitys	Lämmitys	Lämmitys	Lämmitys	Lämmitys	(Lämmitys	Jäähdytys (ensisijaisesti ulkoilma)		
Jäähdytys	Jäähdytys	Jäähdytys	Jäähdytys	Jäähdytys	Jäähdytys	Jäähdytys (seisokki-			
		Kuivaus	Kuivaus	(ulkoilma tai koneellinen)	(ulkoilma tai koneellinen)	aikana))	Jäähdytys (ensisijaisesti ulkoilma)		
	Kostutus	(Kostutus)	(Kuivaus)	(Kuivaus)	neellinen)	Jäähdytys			

* ilmastoinnin häiriötilanteessa

** normaali käyttötilanteessa

*** T_{s,min} = minimisälämpötila