

## Ulkoilman märkälämpötila – jäähdytystornin toimintoja määrittelevä mittaus



Jäähdytystorneja käytetään teollisten ilmanvaihtojärjestelmien osana poistamaan lämpöä prosessivedestä haihtumisjäähdytyksen avulla. Se, milloin haihtumisjäähdytystä voi tapahtua, määräytyy paikallisten ympäristömuuttujien perusteella. Nämä voidaan saada yhdellä mittauksella: ulkotilojen märkälämpötilan avulla.

Jäähdytystorneja voidaan käyttää tehokkaasti, jos seuraavat ehdot toteutuvat: ulkotilojen märkälämpötilaa käytetään ohjausjärjestelmän asetusarvon perusteena, mittalaitteet ovat tarkkoja ja luotettavia ja käyttäjät tarkistavat mittalaitteet säännöllisesti anturien ryöminnän varalta. Puutteet näissä asioissa voivat johtaa jäähdytystornien liikkakäyttöön, mikä tuhlaa vettä ja energiaa ja lyhentää tuulettimien ja pumppujen käyttöikä.

### Teollisen mittakaavan haihtumisjäähdytys

Jäähdytystornin tehtävänä on poistaa lämpöä prosessinesteistä – tässä tapauksessa lauhdutusvedestä, jota käytetään kylmäaineen viilentämiseen ilmanvaihtojärjestelmän jäähdytysyksikössä. Jäähdytysyksikössä tapahtuu lämmönsiirto kylmäaineesta lauhdutusveteen. Tämä lämmönsiirto jäähdyttää kylmäainetta ja lämmittää lauhdutusvettä.

Ylimääräinen lämpö on poistettava lauhdutusvedestä, ennen kuin se voi vastaanottaa lisää lämpöä kylmäaineesta. Lämmitetty lauhdutusvesi kierrätetään ulos jäähdytysyksiköstä

jäähdytystorniin, jossa se johdetaan monimutkaisille huokoisille pinnoille ja altistetaan suuremmalle ilmavirralle, jota tuulettimet tuottavat haihtumisen lisäämiseksi ja lämmön poistamiseksi vedestä. Jäähdytynyt lauhdutusvesi palautetaan jäähdytysyksikköön, jossa se vastaanottaa taas lämpöä kylmäaineesta.

### Vesi-, energia- ja laitteistokustannukset

Veden ja energian käyttö ovat kaksi jäähdytystornin käyttökustannustekijää. Haihtunut lauhdutusvesi on korvattava, ja tornin tuulettimien ja pumppujen käyttö kuluttaa energiaa. Automaattisella ohjausjärjestelmällä varustettu jäähdytystorni on suunniteltu toimimaan mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella, jolloin nämä käyttökustannukset sekä tuuletin- ja pumppulaitteiston huolto- ja korjauskustannukset ovat mahdollisimman pienet.

### Märkälämpötilaan perustuva asetusarvo

Kuten muutakin ilmanvaihtojärjestelmää, jäähdytystornin käyttöä ohjaa ohjaus-

järjestelmä asetusarvojen perusteella. Yleisimmät ilmanvaihtojärjestelmien asetusarvot ovat lämpötilan ja kosteuden määritetyt ylä- ja alarajat. Jäähdytystornin ohjaukset perustuvat yhteen alarajan asetusarvoon: ulkotilojen märkälämpötilaan.

Haihtumisjäähdytyksen etuja ei enää saada, kun tiettyjen ympäristömuuttujien – suhteellisen ilmankosteuden, vesihöyryn saturaatiopaineen ja lämpötilan – yhdistelmä on sellainen, ettei nestemäinen vesi voi enää höyrystyä ilmaan. Ulkotilojen märkälämpötila on alin lämpötila, joka voidaan saavuttaa pelkällä haihtumisjäähdytyksellä. Tämä on myös tornista poistuvan prosessiveden alin mahdollinen lämpötila. Märkälämpötila on aina pienempi tai yhtä suuri kuin kuivalämpötila eli ympäröivän ilman lämpötila.

”Jäähdytystornit on suunniteltu toimimaan erilaisilla märkälämpötiloilla tietystä sijainnista. Tornin käyttäjän on pystyttävä vastaamaan kysymykseen: ’mikä on märkälämpötila?’ Jos hän ei kykene vastaamaan tähän kysymykseen, käytetty mittaus ei ole paras mahdollinen”, sanoo Yhdysvalloissa toimivan WPI:n kansainvälinen energiatehokkuuskonsultti Tim Wilcox.

## Vaihtoehtona on kastepiste

Kastepiste on lämpötila, jossa alkaa muodostua kondensaatiota. Tässä lämpötilassa ilma tulee täysin kylläiseksi vesihöyrystä, minkä tuloksena alkaa muodostua nestemäistä vettä.

Jäähdytystornin ohjausjärjestelmissä kastepiste on seuraavaksi paras mittaus märkälämpötilan jälkeen, koska se mittaa lämpötilaa, jossa vesi kondensoituu (ei haihdu), ja se korreloi ilmassa kyseisessä lämpötilassa olevan vesihöyryn määrän kanssa. Kuten märkälämpötila, kastepiste on aina pienempi tai yhtä suuri kuin kuivalämpötila.

## Suhteellinen kosteus ei riitä

Suhteellinen kosteus on yleisimmin käytetty kosteusmittaus. Se on prosenttiarvona ilmaistu ilmassa olevan vesihöyryn ja suurimman kyseisessä lämpötilassa fyysisesti mahdollisen vesihöyryn määrän välinen suhde. Kastepisteen käytön suurin haittapuoli on, että se on hyvin riippuvainen lämpötilasta. Ilman kyky pitää sisällään vesihöyryä riippuu lämpötilasta. Jos lämpötila on esimerkiksi 18 °C ja suhteellinen kosteus on 96 %, vain 2 asteen ilman lämpötilan nousu pienentää suhteellisen kosteuden 85 prosenttiin.

Suhteellista kosteutta käytetään jäähdytystorneja varten usein sen tuttuuden vuoksi, mutta se ei ilmaise lämpötilaa, jossa haihtumisen jäähdytysvaikutus lakkaa. Mittalaitteista saatuja suhteellisen kosteuden ja lämpötilan

arvoja tulisikin käyttää yhdessä syötteinä märkälämpötilan laskemisessa.

## Märkälämpötilan mittaaminen

Perinteisesti märkälämpötilaa on mitattu lämpömittarilla, joka on peitetty märällä liinalla (tai märällä sukalla) ja asetettu ilmavirtaukselle alttiiseen paikkaan. Psykrometri on laite, jossa on kaksi lämpömittaria: toinen niistä mittaa ympäristön lämpötilaa (kuivalämpötilaa) ja toinen märkälämpötilaa. Märkälämpötilan mittari on varustettu märällä sydämellä, ja sitä pyöritetään ympäri ilmavirtauksen ja haihtumisjäähdytyksen aikaansaamiseksi. Nämä suhteellisen epätarkat mittalaitteet vaativat manuaalista käyttöä, eikä niiden tarkkuus ja luotettavuus riitä teollisen mittakaavan jäähdytystornien ohjausjärjestelmiä varten.

Nykyään märkälämpötila lasketaan tarkoilla ja luotettavilla mittalaitteilla mitatuista suhteellisen kosteuden ja lämpötilan arvoista. Nämä laskutoimitukset voidaan ohjelmoida ohjausjärjestelmään, jotta laskennassa ei pääse syntymään inhimillisiä virheitä.

## Parhaat käytännöt tuottavat parhaat tulokset

Wilcox suosittelee tornien omistajia omaksumaan neljä parasta käytäntöä, joiden avulla jäähdytystornia voi käyttää tarkoituksenmukaisesti.

Ensinnäkin järjestelmää suunnittelevan koneinsinöörin tulisi määrittää, että ohjausjärjestelmä esiohjelmoidaan laskemaan märkälämpötila automaattisesti suorien suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittausten perusteella. Kaavat tähän voi hankkia verkosta tai asiantuntijaselvityksistä esimerkiksi Vaisalalta.

Toiseksi järjestelmän suunnittelijan tulisi määrittellä laadukkaat ja tarkat anturit, jotka eivät ole alttiita ryöminnälle ja pysyvät hyvin kalibroituina. ”Käyttäjät eivät aina ymmärrä halpoihin, heikkolaatuisiin antureihin luottamisen merkittäviä taloudellisia seurauksia”, Wilcox sanoo. ”Nämä halvat ja virhealttiit anturit voivat aiheuttaa satojentuhansien dollarien kustannukset energian tuhlauksen ja ylikäytön aiheuttamien laitevaurioiden vuoksi, jos anturin tuottamat epätarkat lukemat osoittavat haihtumisjäähdytyksen olevan mahdollista, kun se ei ole.”

Kolmanneksi käyttäjän tulisi käyttöönoton aikana varmistaa, että anturit ja ohjausjärjestelmän ohjelmointi ovat teknisten määritysten mukaisia. Lisäksi tornien käyttäjien on huolehdittava anturien säännöllisestä huollosta valmistajan suosittelemalla tavalla, jotta anturit toimivat tarkasti ja luotettavasti pitkällä aikavälillä.

## Kosteuden laskentakaavat: Helpot muunnokset

Vaisala on julkaissut ilmaisia työkaluja, joilla voi laskea tai muuntaa suhteellisen kosteuden, kaste- ja huurrepisteen, absoluuttisen kosteuden, vesipitoisuuden, sekoitusuhteen, höyryn paineen, ppm-arvon ja märkälämpötilan.

Tekninen e-kirja, joka sisältää tärkeimmät kosteuden muuntokaavat, on saatavilla osoitteesta [www.vaisala.com/fi/lp/make-your-job-easier-humidity-conversion-formulas](http://www.vaisala.com/fi/lp/make-your-job-easier-humidity-conversion-formulas).

Vaisala tarjoaa useille kosteusparametreille verkossa käytettäviä ja ladattavia laskimia, joilla voi muuntaa yksiköt nopeasti yhdestä tunnetusta arvosta toiseksi ja nähdä muuttuvien ympäröivien olosuhteiden, kuten lämpötilan tai paineen, vaikutukset.

Saatavilla osoitteesta [www.vaisala.fi/humiditycalculator](http://www.vaisala.fi/humiditycalculator).

# VAISALA

Ota meihin yhteyttä osoitteessa  
[www.vaisala.fi/contactus](http://www.vaisala.fi/contactus)



Skannaamalla koodin saat lisätietoja aiheesta

Viite: B211232FI-B ©Vaisala 2021

Tämä materiaali on tekijänoikeussuojan alainen, ja Vaisala sekä sen yksittäiset yhteistyökumppanit pidättävät kaikki tekijänoikeudet siihen. Kaikki oikeudet pidätetään. Logot ja/tai tuotenimet ovat Vaisalalla tai sen yksittäisten kumppanien tavaramerkkejä. Tässä esitteessä olevien tietojen kaiken muotoinen kopiointi, siirto, jakelu tai tallentaminen ilman Vaisalalta saatua kirjallista lupaa on ehdottomasti kielletty. Kaikkia tietoja – myös teknisiä – voidaan muuttaa ilman erillistä ilmoitusta.

[www.vaisala.fi](http://www.vaisala.fi)