

Infrapuna-anturitekniikka ja sen vaikutus ilmanvaihtojärjestelmien hiilidioksidimittauksen tarkkuuteen

Nykyaikaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä minimoidaan ulkoilman käsittelyn energiankulutus kierrättämällä sisäilmaa. Sisäilman laatua mitataan hiilidioksidiantureilla, joilla varmistetaan raikkaan ulkoilman syöttö rakennuksen sisälle energiankulutuksen optimoinnista tinkimättä.

Energiatohokkuuden vaatimusten kiristytessä myös hiilidioksidiantureiden vaatimukset tarkentuvat. Kalifornian osavaltio on yksi sisäilman laadun parantamisen edelläkävijöistä. Sen rakentamismääräyksissä hiilidioksidiantureille on asetettu tietyt suorituskykyvaatimukset: ”Valmistajan on sertifioitava, että hiilidioksidiantureiden tarkkuus on ± 75 ppm:ää 600 ja 1000 ppm:n pitoisuuksissa ja mittauksen tapahtuessa merenpinnan tasolla 25 °C:n lämpötilassa. Valmistajan on myös sertifioitava, että anturit kalibroidaan tehtaalla tai käyttöönnoton yhteydessä, ja ettei niitä tarvitse kalibroida useammin kuin 5 vuoden välein.” Tämä vaatimus korostaa, miten tärkeää on tutustua huolellisesti teknisiin tietoihin anturia valittaessa, sillä kaikkien antureiden suorituskyky ei vastaa odotuksia.

Infrapuna-hiilidioksidiantureiden toimintaperiaate

Infrapuna-anturit, eli NDIR-anturit, ovat ilmanvaihtojärjestelmissä yleisimmin käytettyjä hiilidioksidiantureita ilmiselvistä syistä. Ne ovat hyvin herkkiä, selektiivisiä ja stabiileja. Niillä on pitkä käyttöikä ja ne kestävät hyvin ympäristön muutoksia. Aiemmin tämä tekniikka oli suhteellisen kallista ja sitä oli vaikeaa sovittaa pieneen kokoon, mutta nykyään antureilla ei enää ole tällaisia rajoituksia.

Hiilidioksidilla on ominainen absorptiojuova infrapuna-alueella aallonpituuden ollessa 4,26 μm . Kun infrapunasäteily läpäisee hiilidioksidia sisältävää kaasua, kaasun hiilidioksidimolekyylit absorboivat osan säteilystä.

Tärkeimmät vaatimukset ilmanvaihtojärjestelmässä käytettävän hiilidioksidianturin valintaan:

- **Tarkkuus:** anturin lukeman ja todellisen arvon vastaavuus
- **Mittausalue:** raja-arvot, joiden välillä laite pystyy mittaamaan
- **Herkkyy:** pienin hiilidioksidipitoisuus ja pienin pitoisuuden muutos, jotka laite havaitsee
- **Selektiivisyys:** anturin kyky tunnistaa hiilidioksidi kaasuseoksesta
- **Vasteaika:** aika, jonka kuluttua anturi reagoi hiilidioksidipitoisuuden muutokseen
- **Stabiilisuus:** odotettu ajanjakso, jolloin hiilidioksidilukemat pysyvät stabiileina ja toistettavina
- **Virrankulutus:** tärkeä tekijä energiankulutuksen kannalta, mutta vaikuttaa myös mittaus-tarkkuuteen laitteen lämpenemisen vuoksi
- **Huollon helppous:** tarkista sekä määriteltä kalibrointiväli että mahdolliset kalibrointivaihtoehdot ja niiden helppous



Kuva 1.
Hiilidioksidimolekyyliden absorptio infrapunasäteily voidaan havaita infrapunadetektorilla.

A: Infrapunalähde **B:** Optinen polku **C:** Detektori

Kaasun läpäisevän säteilyn määrä riippuu kaasun hiilidioksidipitoisuudesta. Ilmiön määrittämiseen käytetään infrapuna-anturia, joka koostuu infrapunalähteestä, detektorista sekä optisesta polusta (ks. kuva 1).

Erilaiset infrapuna-hiilidioksidianturit ja niiden suorituskyky

Ilmanvaihtojärjestelmään asennettu hiilidioksidianturi voi tyypillisesti toimia lähes tai täysin huoltovapaana useiden vuosien ajan tai jopa koko käyttöikänsä. Siksi on tärkeää valita anturi, jonka mittaukset pysyvät pitkällä aikavälillä luotettavina ja tarkkoina. Vaikka kaikki infrapuna-hiilidioksidianturit toimivat samalla periaatteella, niissä käytetyt tekniset ratkaisut ja niiden suorituskyky vaihtelevat suuresti. Koulutetut ilmanvaihtojärjestelmien asiantuntijat tuntevat eri anturityyppien ja niiden suorituskyvyn erot.

Yksi säde, yksi aallonpituus

Yhdellä säteellä ja aallonpituudella toimivat anturit (kuva 2) koostuvat ainoastaan infrapunalähteestä, mittauskammioista ja detektorista.



Kuva 2. Yhdellä säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimiva anturi.

Tällaisen anturin haaste on sen merkittävä mittaus tuloksen ryömintä pitkällä aikavälillä. Hiilidioksidiantureissa käytetään infrapunalähteenä tyypillisesti pienikokoista hehkulamppua, jonka intensiteetti vaihtelee ajan myötä. Lisäksi anturin pinnoille voi kertyä

pölyä ja likaa. Anturi tulkitsee tällaiset muutokset virheellisesti hiilidioksidipitoisuuden muutoksiksi, mikä vääristää mittaustuloksia ajan mittaan.

Osa valmistajista pyrkii kompensoimaan tekniikalle ominaista epästabiilisuutta automaattisella taustakalibroinnilla. Siinä anturi tallentaa tietyn ajanjakson (tyypillisesti useita päiviä) alimman hiilidioksidilukeman, jonka jälkeen kaikkia lukemia skaalataan olettaen, että alin lukema vastaa raikasta ulkoilmaa (hiilidioksidipitoisuus on 400 ppm). Tämä ei kuitenkaan vastaa aina todellista tilannetta, sillä rakennuksessa oleskelu vaikuttaa sisäilman hiilidioksiditasoihin. Esimerkiksi sairaaloissa, vanhainkodeissa, asuinrakennuksissa ja toimistorakennuksissa on useimmiten joku jatkuvasti paikalla, jolloin alin hiilidioksiditaso on noin 600–800 ppm. Väärään oletukseen perustuva virheellinen skaalaus vääristää hiilidioksidilukemia, mikä puolestaan johtaa riittämättömään ilmanvaihtoon ja heikentää sisäilman laatua. Lisäksi uusissa rakennuksissa esiintyvä betonin karbonatisoituminen voi vähentää hiilidioksidipitoisuutta reilusti alle 400 ppm:ään, joten automaattinen taustakorjaus ei toimi tässäkään tapauksessa.

Kaksi sädetä, yksi aallonpituus

Kahdella säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimivissa antureissa (kuva 3) käytetään toissijaista infrapunalähdettä kompensoimaan varsinaisen infrapunalähteen ryömintää.



Kuva 3. Kahdella säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimiva anturi.

Osa valmistajista väittää, että toissijainen valonlähde aktivoidaan vain harvoin, joten se ei käytännössä vanhene. Anturin rakenne on tarpeettoman monimutkainen, ja toissijainen infrapunalähde lisää mahdollisia vikatilanteita. Pöly ja lika eivät myöskään yleensä kerry tasaisesti anturin ympärille. Tämäntyyppiset anturit ovat siis suhteellisen epäluotettavia.

Yksi säde, kaksi aallonpituutta

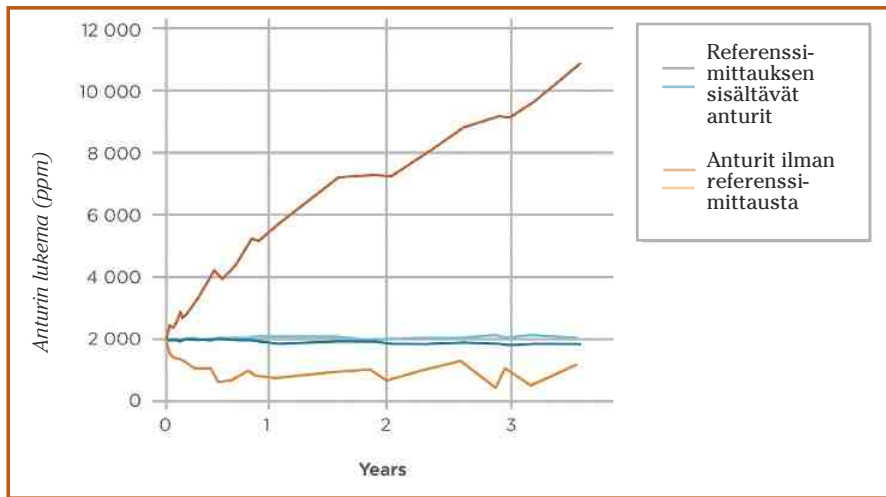
Yhdellä säteellä ja kahdella aallonpituudella toimivat anturit eivät ole alttiita ryöminnälle, joka vaikuttaa yhdellä tai kahdella säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimiviin antureihin. Tätä tekniikkaa käytetään kalliissa suodatinkiekkokoanalyysointoreissa, ja se mittaa säteilyä sekä absorption aallonpituudella että referenssiaallonpituudella, jossa absorptiota ei tapahdu.

Vaisalan kompakteja yhdellä säteellä ja kahdella aallonpituudella toimivia antureita voidaan käyttää teollisissa lähettimissä. Referenssiarvo mitataan sijoittamalla sähköisesti säädettävä Fabry-Perot-Interferometrisuodatin (FPI) detektorin eteen (kuva 4).



Kuva 4. Yhdellä säteellä ja kahdella aallonpituudella toimiva anturi, jonka detektorin eteen on asennettu FPI-suodatin.

Mikromekaanista FPI-suodatinta säädetään sähköisesti vaihtelevaan mittausaallonpituuden ja referenssiaallonpituuden välillä. Referenssimittaus kompensoi infrapunalähteen mahdollisen intensiteetin muutoksen sekä lian



Kuva 5: Vaisalan yhdellä säteellä ja kahdella aallonpituudella toimivat anturit (sisältävät referenssimittauksen) verrattuna yhdellä säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimiviin antureihin (ilman referenssimittausta).

kertymisen optiselle polulle, jolloin monimutkaisia kompensointialgoritmeja ei tarvita.

Yksinkertainen ja kustannustehokas yhdellä säteellä ja kahdella aallonpituudella toimiva anturi on hyvin stabiili pitkällä aikavälillä, joten se tarvitsee vain vähäistä huoltoa.

Kuvassa 5 on esitetty pitkän aikavälin stabiilisuuden erot, kun antureissa on referenssimittaus (yksi säde, kaksi aallonpituutta) ja kun antureissa ei ole referenssimittausta (yksi säde, yksi aallonpituus). Yhdellä säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimivissa antureissa esiintyy tavallisesti ryömintää, joka aiheutuu infrapunalähteen intensiteetin heikkenemisestä ja vääristää anturin mittaamia hiilidioksiditasoja ylöspäin. Anturin ryömintä voi vääristää mittaustuloksia myös alaspäin.

Seuraavan sukupolven infrapunalähde

Pienikokoinen hehkulamppu

Useimmissa infrapuna-hiilidioksidi-antureissa käytetään pienikokoista

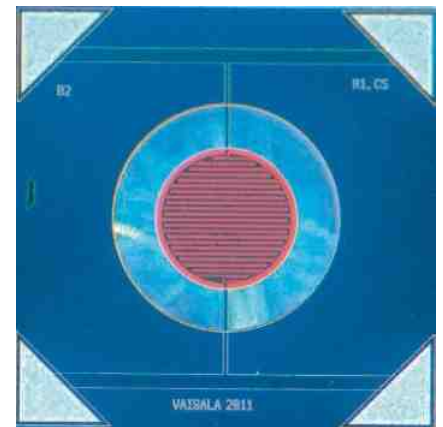
hehkulamppua (**kuva 6**), joka ei ole anturille paras mahdollinen infrapunalähde. Ensinnäkin valon intensiteetti vaihtelee suuresti laitekohtaisesti, mikä vaikeuttaa käyttöönottoa. Toiseksi epästabiilisuus on tekniikalle ominaista: ohuesta hehkulangasta haihtuu volframia, joka kiinnittyy lasin pinnoille tummentaen niitä. Myös valon intensiteetti laskee hehkulangan muuttuessa ohuemmaksi. Tämä heikentää merkittävästi yhdellä tai kahdella säteellä ja yhdellä aallonpituudella toimivien referenssittömien anturien stabiilisuutta pitkällä aikavälillä (**kuva 5**). Tekniikan muita heikkouksia ovat suhteellisen suuri energiankulutus ja rajallinen käyttöikä.

Mikrohehku

Uuden sukupolven infrapunatekniikka, mikrohehku, ratkaisee monia perinteisiin infrapunalähteitä vaivanneita ongelmia. Mikrohehkutekniikan (**kuva 7**) tärkeimmät edut ovat infrapunalähteen pidempi käyttöikä,



Kuva 6. Pienikokoinen hehkulamppu



Kuva 7: Mikrohehku on Vaisalan patentoima piipohjainen MEMS-infrapunalähde.

pienempi energiankulutus, tasainen laatu sekä erinomainen valmistettavuus suurissa tuotantomäärissä.

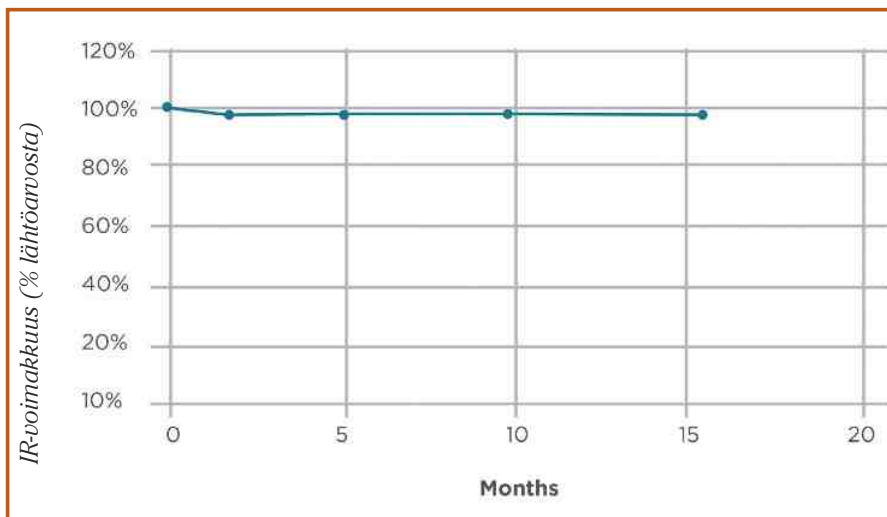
Mikrohehku-infrapunalähteen käyttö hehkulampun sijaan parantaa anturin käyttöikää 50 %, ja sen virrankulutus on vain 25 % perinteisiin infrapunalähteisiin verrattuna.

Hehkulamppujen korkea lämmöntuotto rajoittaa niiden soveltuvuutta moniparametrialähtemiin, jotka mittaavat hiilidioksidipitoisuuden lisäksi myös kosteutta ja lämpötilaa. Kosteus on lämpötilasta riippuvainen suure, joten sitä ei voi mitata luotettavasti lämmönlähteen lähellä.

Mikrohehkutekniikan poikkeuksellisen matala virrankulutus mahdollistaa tarkan kosteusmittauksen ja hiilidioksidimittauksen samassa lähettimessä, ja se myös vähentää anturin lämpenemistä.

Mikrohehku-infrapunalähteen intensiteetti pysyy todella vakaana koko käyttöiän ajan (**kuva 8**). Tekniikan muita etuja ovat nopea vasteaika ja erinomainen valmistettavuus, sillä komponentti voidaan lataa suoraan piirilevyille.

Lue lisää mikrohehku-tekniikasta osoitteessa www.vaisala.com/microglow.



Kuva 8. Mikrohehku-infrapunalähteen erinomainen stabiilisuus pitkällä aikavälillä.

VAISALA

www.vaisala.com

Ota yhteyttä tästä
www.vaisala.com/requestinfo



Saat lisätietoja skannaamalla QR-koodin

Ref. B211311FI-A ©Vaisala 2014

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

