

LightAir-ionisaattorin puhdistustehokkuus

Asiakas: LightAir AB

Tilaaaja LightAir AB
Urheilupuistontie 21 C 10
FIN-21870 RIIHIKOSKI

Tilaus Keskustelut Hannu Salminen/Matti Lehtimäki, sähköposti 15.10.2007

Käsittelijä Matti Lehtimäki, PL 1300, 33101 Tampere, puh. 020 722 2530,
Matti.Lehtimaki@vtt.fi

LightAir-ionisaattorin puhdistustehokkuus

Tavoite Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää LightAir-ionisaattorin puhdistustehokkuutta sisäilman pienhiukkasille. Samalla pyrittiin selvittämään ao. laitteen tehokkuutta suhteessa tavanomaisiin huoneilmanpuhdistimiin.

Laitteet Tutkimus suoritettiin seuraavilla laitteilla:

- ionisaattori (Ionflow 50, LightAir Ab Sweden)
- ilmanpuhdistin #A,
- ilmanpuhdistin #B,
- ilmanpuhdistin #C ja
- ilmanpuhdistin #D.

Koska tutkimus käsitteli vain melko suppeasti ilmanpuhdistimien tehokkuutta, on näitä laitteita koskevat tulokset esitetty "nimettöminä", ts. huoneilmasuodattimet on merkitty tunnuksin #A, #B, #C ja #D.

Mittausmenetelmä Laitteiden tehokkuutta tutkittiin 35 m³ testihuoneessa nk. alenemamenetelmällä käyttäen hienojakoista KCl (kaliumkloridi) aerosolia. Mittaustulosten perusteella määritettiin kullekin laitteelle nk. puhtaan ilman tuotto (CADR=clean air delivery rate).

Mittausmenetelmien yksityiskohtaisempi kuvaus on esitetty Liitteessä 1.

Rajoitukset Mittauksiin liittyy kaksi huomionarvoista rajoitusta. Ensinnäkin mittaukset kohdistuivat yksinomaan hyvin hienojakoisiin hiukkasiin (arviolta 0.02-0.03 µm). Toisaalta huoneilmasuodattimia käytettiin pienimmällä puhallinteholla, koska tarkoituksena oli vertailla mahdollisimman alhaisella äänenvoimakkuudella toimivia ilmanpuhdistimia.

Näistä rajoituksista johtuen tuloksia ei voida yleistää, ts. laitteiden tehokkuudet suuremmilla hiukkasilla voivat poiketa tämän tutkimuksen tuloksista. Lisäksi on hyvin todennäköistä, että huoneilmasuodattimien tehokkuudet suuremmilla puhallinnopeuksilla ovat korkeammat.

Tulokset Tutkimusten mukaan mittauksissa käytetyn LightAir ionisaattorin CADR arvoksi tutkitulla hiukaskokoalueella (0.02-0.03 µm) saatiin 36 dm³/s. Vastaavat arvot huoneilmasuodattimilla vaihtelivat alueella 7.7 – 24 dm³/s.

Tutkimuksen tulokset on esitetty yksityiskohtaisemmin Liitteessä 1.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

Tutkimuksen tulokset on esitetty yksityiskohtaisemmin Liitteessä 1.

Yhteenveto

Mittauksissa saatujen tulosten perusteella tutkimuksessa käytetty LightAir-ionisaattori poisti testihuoneen ilmasta pienhiukkasia tehokkaammin kuin pienimmällä puhallinteolla käytetyt huoneilmasuodattimet.

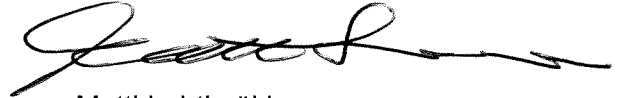
Tampere, 15.02.08

Erikoistutkija



Arto Säämänen

Johtava tutkija



Matti Lehtimäki

LIITTEET

Liite 1: Mittausmenetelmät ja tulokset

JAKELU

Tilaaaja
VTT/Kirjaamo

alkuperäinen
alkuperäinen

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

Liite 1: Mittausmenetelmät ja tulokset

1 Mittausmenetelmät

Seuraavissa kappaleissa on kuvattu lyhyesti tutkimuksessa käytetyt menetelmät. Varsinaisena mittauskohteena oli eri ilmanpuhdistimien tehokkuus, mutta LightAir-ionisaattorin osalta suoritettiin myös täydentäviä mittauksia sähkökentän voimakkuuden sekä laitteen suurjännitteiden osalta.

1.1 Puhtaan ilman tuotto

Puhtaan ilman tuotto CADR (clean air delivery rate) on suure, jolla kuvataan ilmanpuhdistimen tehokkuutta. CADR-arvolla tarkoitetaan ilmavirtaa, jolle on voimassa seuraavat ehdot:

- ilmavirta täysin vapaa tarkastelun kohteena olevista epäpuhtauksista
- ilmavirta sekoittuu täydellisesti tarkasteltavaan tilaan
- ilmavirralla sama puhdistusvaikutus kuin tarkastelun kohteena olevalla ilmanpuhdistimella.

Käytännössä CADR-arvon määrittäminen tapahtuu seuraavasti:

- testihuoneeseen generoidaan määrätty aika testihiukkasia, jonka jälkeen
- mitataan hiukkaspitoisuuden väheneminen ajan funktiona
- pitoisuuden vähenemisnopeudesta määritetään puhtaan ilman tuotto eli CADR-arvo.

1.2 Koejärjestely

Mittaukset suoritettiin 35 m³ testihuoneessa, jonka kaikki rajapinnat ovat sähköä johtavia. Huoneeseen oli järjestetty ilmanvaihto, joka toi huoneeseen 0.5 1/h ilmanvaihtuvuutta vastaavan ilmavirran (4.9 dm³/s) HEPA-suodatettua ilmaa. Tämän virtauksen avulla testihuone saatiin lievästi ylipaineiseksi millä voitiin eliminoida kaikki mittauksia häiritsevät vuotoilmavirrat. Huoneeseen oli sijoitettu myös nk. referenssi-ilmanpuhdistin, ts. HEPA-suodattimella varustettu puhallin, jolla voitiin tarvittaessa generoida huonetilaan ilmavirtaus, jota vastaava CADR-arvo oli 45 dm³/s. Tällä laitteella puhdistettiin ilma aina ennen uuden mittauksen aloitusta. Lisäksi sitä käytettiin vertailulaitteena, jolla voitiin tarkistaa mittausmenetelmän toimivuus.

Mittauksissa käytetty kaliumkloridi-aerosoli tuotettiin paineilmatoimisella generaattorilla laimeasta KCl-liuoksesta. Liuoksena käytettiin tislattua vettä, johon oli lisätty pieni määrä kaliumkloridia (0.1 g/dm³). Generaattorin tuottamien pienten vesipisaroiden haihtumisen seurauksena syntyneet KCl-hiukkaset johdettiin huoneilmaan Kr⁸⁵ neutralointilaitteen kautta. Tällä tavoin varmennettiin, että testihiukkasilla ei ole merkittävää sähköistä varausta. Hiukkasten generointijakson pituus kussakin kokeessa oli 15 minuuttia.

Hiukkaspitoisuusmittaus tapahtui PORTACOUNT kondensaatiohiukkaskaskurilla. Tälle laitteelle on ominaista, että se mittaa hiukkasten lukumääräpitoisuutta hiukkaskokoalueella, jonka alaraja on noin 0.02 µm. Koska generaattorin tuottamien hiukkasten kokojakauma (lukumäärän suhteen) painottuu voimakkaasti ko. mittalaitteen hiukkaskokoalueen alarajan tuntumaan, voidaan olettaa, että mittaustuloksena saatava tulos kuvaa tutkittavien laitteiden tehokkuutta suhteellisen kapealla hiukkaskokoalueella juuri em. alarajan tuntumassa, ts. 0.02-0.03 µm.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

Mittauksissa käytettiin näytteenottolaitteistoa, jonka avulla näytevirtaus johdettiin jaksoittaisesti HEPA-suodattimen kautta. Tämän järjestelyn avulla voitiin varmistua siitä, että mittalaite toimi luotettavasti ts. mittarin näyttämä puhtaassa ilmassa oli nolla.

1.3 Jännitteet ja sähkökentän voimakkuus

Koska LightAir-ionisaattorin ilmaa puhdistava vaikutus riippuu siinä käytetyistä ionisointi- ja keräysjännitteistä, suoritettiin tutkimuksen yhteydessä mittauksia, joilla selvitettiin laitteen tärkeimmät sähköiset ominaisuudet. Koska LightAir-ionisaattorin jännitearvoista ei ollut käytettävissä tietoja ja koska niiden mittaus tavanomaisin keinoin ei oletettavasti ole luotettavasti mahdollista, otettiin käyttöön mittausmenetelmä, jonka avulla voidaan määrittää suurjännite kuormittamatta mittauskohdetta. Tämä edellyttää mittauslaitetta, jonka sisäänmenovastus on erittäin korkea ja joka kestää korkean jännitteen. Mittauslaite toteutettiin käyttäen ELTEX kentänvoimakkuusmittaria, johon kytkettiin jännitteen mittauksen mahdollistava mittauselin.

Mittauksia hankaloitti se, että LightAir-ionisaattorin jännitteiden asettuminen voi kestää useita tunteja. Hankaluutena oli myös se, että samanaikainen ionisointi- ja keräysjännitteen mittaus ei ollut mahdollista, ts. ionisointi- ja keräysjännitteet jouduttiin mittaamaan eriaikaisesti.

Jännitemittauksia täydennettiin myös kentänvoimakkuusmittauksilla, jotka suoritettiin ELTEX-kentänvoimakkuusmittarilla. Ionisaattorin muodostama sähkökenttä voi olla muodoltaan hyvin monimutkainen ja sen arvo riippuu sijainnista huonetilassa. Tässä tutkimuksessa rajoituttiin tekemään mittaus 1 m etäisyydellä sivusuuntaan ionisointielektrodeista. Mittauksen tarkoituksena oli saada tulos, joka kuvaa ionisaattorin toimintatilaa ja joka mahdollistaa mittausolosuhteen tarkan määrittelyn.

1.4 Rajoitukset

Kuten edellä on todettu, tutkimus kohdistui ainoastaan hyvin hienjakoisiin hiukkasiin. Ionisaattoreiden ja myös eräiden ilmanpuhdistimien tehokkuudet voivat kuitenkin riippua hiukkaskoosta, joten tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää, koska ne kuvaavat puhdistustehokkuuksia ainoastaan em. kapealla hiukkaskokoalueella. On todennäköistä, laitteiden tehokkuudet poikkeaisivat tässä tutkimuksessa saaduista arvoista mikäli tarkastelun kohteena oleva hiukkaskoko olisikin esim. 0,1, 1,0 tai 10 µm.

Tutkimuksen tilaajan taholta tullessa lähtökohtana oli verrata LightAir-ionisaattorin tehokkuutta tavanomaisiin huoneilmasuodattimiin. Tämän vertailun toisena lähtökohtana oli tilanne, jossa ilmaa puhdistetaan mahdollisimman alhaisella äänitasolla, ts. huoneilmasuodattimia käytettiin niiden pienimmällä puhallinteolla. Niinpä on todennäköistä, että mikäli huoneilmasuodattimia olisi käytetty suuremmilla puhallintehoilla olisivat mittauksien tulokset poikenneet merkittävästi tässä raportissa esitetyistä arvoista.

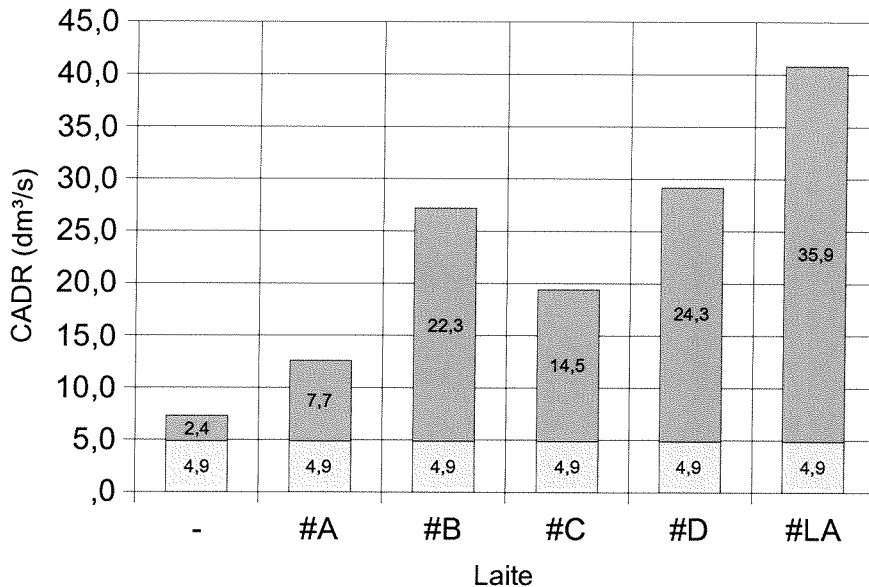
2 Yhteenveto tuloksista

2.1 Puhtaan ilman tuotto

Yhteenveto pitoisuuden alenemakäyristä määritetyistä CADR arvoista (=puhtaan ilman tuotto) on esitetty kuvassa 1. Tässä kuvassa on esitetty pylvädiagrammina kullakin laitteella saatu CADR-arvo. Kuvan tuloksissa näkyy myös nk. tyhjän huoneen tapauksessa saatu tulos. Tähän tulokseen vaikuttaa testihuoneen ilmanvaihto 4,9 dm³/s sekä hiukkasten kiinnittyminen huoneen rajapinnoille. Mittausten mukaan tyhjän huoneen tapauksessa saatu CADR tausta-arvo on noin 7,3 dm³/s.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.

Periaatteessa tyhjän huoneen CADR-arvo pitäisi vähentää kaikista mittaustuloksista, jotta saataisiin selville kunkin laitteen todellinen CADR-arvo. Todellisuudessa hiukkasten kiinnittyminen huoneen pinnoille voi riippua monista tekijöistä (mm. ilman pyörteilyä huonetilassa) ja siksi ko. tekijän tarkka määrittäminen on vaikeaa. Tämän vuoksi tuloksista on vähennetty ainoastaan testihuoneen ilmanvaihdon osuus $4,9 \text{ dm}^3/\text{s}$. Kuvan 1 tuloksissa on esitetty kutakin tilannetta vastaavat kokonais-CADR-arvot sekä vastaava arvo, josta on vähennetty ilmanvaihdon osuus.



Kuva 1: Laitteiden CADR-arvot (hiukkaskokoalue arviolta $0.02-0.03 \mu\text{m}$) tyhjälle huoneelle (-), huoneilmasuodattimille (#A, #B, #C ja #D) sekä LightAir ionisaattorille (#LA).

2.2 Jännitteet ja sähkökentän voimakkuus

Mittausten mukaan LightAir-ionisaattorin sähkökenttä 1 m etäisyydellä oli noin -4 kV/m välittömästi laitteen käynnistämisen jälkeen. Tämän jälkeen sähkökentän arvo muuttui niin, että tunnin kuluttua kentänvoimakkuus oli noin -10 kV/m .

Ionisointijännitteen arvo välittömästi laitteen käynnistyksen jälkeen oli noin -9 kV . Käynnistyksen jälkeen jännite muuttui siten, että noin tunnin kuluttua jännite oli tasolla -13 kV .

Keräysjännitteen arvo välittömästi laitteen käynnistyksen jälkeen oli noin $+14 \text{ kV}$. Tämän jälkeen jännite laski siten, että tunnin kuluttua jännite oli asettunut arvoon $+13 \text{ kV}$.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.