

Riitta Harju

RAKENNUKSEN
ALIPAINESUUDEN
VÄHENTÄMINEN RAKENNUKSEN
TERVEELLISYYDEN LISÄÄMISEKSI

Opinnäytetyö
Talotekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>25.5.2011</p>	
<p>Tekijä(t) Riitta Harju</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikan koulutusohjelma</p>	
<p>Nimeke Rakennuksen alipaineisuuden vähentäminen rakennuksen terveellisyyden lisäämiseksi</p>		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ilmanvaihtoa tarvitaan rakennuksissa terveellisen ja viihtyisän sisäilman ylläpitämiseen. On viitteitä siitä, että ilmanvaihto voi rakennuksissa edesauttaa epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan. Ilmanvaihtojärjestelmän ollessa yöaikaan pois päältä hiukkasia kulkeutuu rakennuksen sisälle paine-eron vuoksi. Tämän insinöörityön tarkoituksena oli mittauksin selvittää kahdesta eri rakennuksesta paine-erojen vaihtelun merkitystä sisäilmanlaatuun. Valituissa kohderakennuksissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.</p> <p>Mittauksia tehtiin ilmanvaihdon toimiessa normaalisti sekä käytönajan ulkopuolisen poistoilmanvaihdon ollessa pois päältä 1-2 viikon mittausjakson aikana. Sisäilmasta mitattiin hiukkaspitoisuutta sekä lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Lisäksi tehtiin paine-eromittauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää rakennuksen painesuhteita ulkoilmaan nähden.</p> <p>Tehdyissä paine-eromittauksissa ei kummassakaan kohteessa voitu suoraan osoittaa, että hygienia-tilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan pois päältä tai päällä rakennuksen painesuhteet muuttuisivat merkittävästi. Hiukkaspitoisuusmittauksissa taas kummassakin kohteessa oli havaittavissa, että hygienia-tilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan päällä sisäilman hiukkaspitoisuus kasvoi.</p> <p>Mielestäni sisäilmaongelmaisissa kohteissa, joissa erityisesti on rakenteissa tai ryömintätilassa mikrobivaurioita tulisi harkita ennen korjaustoimenpiteitä vaihtoehtoa, jossa hygienia-tilojen erillispoistot olisivat yöaikaan pois päältä ja ilmanvaihdon toiminta jaksotettaisiin. Rakennuksen painesuhteilla onkin mielestäni suuri merkitys rakennuksen sisäilman laatuun. Liian suuresta alipaineesta voi aiheutua terveys- ja viihtyvyyshaittaa ja toisaalta liian suuresta ylipaineesta voi aiheutua ylimääräistä kosteusrasitusta rakenteille.</p>		
<p>Asiasanat (avainsanat)</p> <p>ilmanvaihto, alipaine, sisäilma, epäpuhtaudet</p>		
<p>Sivumäärä 26+3</p>	<p>Kieli Suomi</p>	<p>URN</p>
<p>Huomautus (huomautukset liitteistä)</p>		
<p>Ohjaavan opettajan nimi Heikki Salomaa</p>	<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja HKR-Rakennuttaja</p>	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 25.5.2011
Author(s) Riitta Harju	Degree programme and option Building services engineering	
Name of the bachelor's thesis Reducing the building under pressure to increase the healthiness of the building		
Abstract The aim of this study was to examine the influence of the variation of pressure differences on indoor air quality. The buildings chosen for this study had mechanical supply and extract ventilation systems. Measurements were carried out when the ventilation system operated according to plans and when the toilet extract ventilation was running outside operation hours. The indoor air was measured in particulate matter as well as temperature, relative humidity and pressure difference. Building pressure ratios are relevant to indoor air quality. For example, an under pressure caused by mechanical extract ventilation may draw microbial contaminants through building structures or from the soil into the indoor air.		
Subject headings, (keywords) Ventilatio, underpressure, indoor air quality		
Pages 26+3	Language English	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Salomaa	Bachelor's thesis assigned by HKR-Rakennuttaja	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	<u>1</u>
2	PAINESUHTEET JA NIIDEN MERKITYS	<u>2</u>
2.1	Painesuhteet	<u>2</u>
2.2	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	<u>4</u>
2.3	Ilmanvaihdon ja painesuhteiden merkitys sisäilman laatuun	<u>5</u>
2.4	Aikaisempia tutkimuksia paine-erojen vaikutuksesta	<u>6</u>
3	SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET	<u>8</u>
3.1	Sisäilman mikrobit	<u>8</u>
3.2	Sisäilman hiukkaset	<u>9</u>
3.3	Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus	<u>9</u>
4	MITTAUSMENETELMÄT	<u>10</u>
4.1	Hiukkasmittaukset	<u>10</u>
4.2	Paine-eromittaukset	<u>11</u>
4.3	Kosteusmittaukset ja lämpötila	<u>11</u>
5	KOERAKENNUKSET JA TULOKSET	<u>12</u>
5.1	Päiväkotirakennus, Itä-Helsinki	<u>12</u>
5.2	Mittausajankohta ja ilmanvaihdon toiminta	<u>13</u>
5.3	Tulokset	<u>13</u>
5.3.1	Paine-eromittaukset	<u>13</u>
5.3.2	Hiukkasmittaukset	<u>16</u>
5.3.3	Kosteus- ja lämpötilamittaukset	<u>17</u>
5.4	Koulurakennus, Itä-Helsinki	<u>18</u>
5.5	Mittausajankohta ja ilmanvaihdon toiminta	<u>19</u>
5.6	Tulokset	<u>20</u>
5.6.1	Paine-eromittaukset	<u>20</u>
5.6.2	Hiukkasmittaukset	<u>21</u>
5.6.3	Kosteus- ja lämpötilamittaukset	<u>23</u>
6	POHDINTA	<u>24</u>
	LÄHTEET	<u>26</u>

LIITTEET

1 Päiväkotirakennus, pohjakuva

2 Päiväkotirakennus, sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

1 JOHDANTO

Ilmanvaihtoa tarvitaan rakennuksissa terveellisen ja viihtyisän sisäilman ylläpitämiseen. Ilmanvaihtojärjestelmän tarkoituksena on poistaa sisäilmasta epäpuhtauksia ja kosteutta sekä tuoda puhdasta korvausilmaa tiloihin. Hyvän ja toimivan ilmanvaihdon edellytyksenä on, että ilmavirrat on säädetty suunnitelmien mukaisesti. On kuitenkin viitteitä siitä, että ilmanvaihto voi rakennuksissa edesauttaa epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan. Esimerkiksi rakenteista tai maaperästä voi kulkeutua mikrobiperaisii epäpuhtauksia sisäilmaan päin rakennuksen ollessa alipaineinen. Rakennuksen painesuhteilla ja rakennuksen tiiveydellä on suuri merkitys hyvien sisäilmaolosuhteiden muodostamiseksi.

Ilmanvaihtojärjestelmän ollessa yöaikaan pois päältä hiukkasia kulkeutuu rakennuksen sisälle paine-eron vuoksi. Koulu-, päiväkotii- yms. rakennuksissa yöaikana toiminnassa oleva hygieniatilojen poistoilmanvaihto tehostaa tätä ilmiötä kaikkina vuoden aikoina. Tämä johtuu siitä, että hygieniatilojen poistoilmanvaihdolle ei ole suunniteltu eikä toteutettu vastaavan suuruista ulkoilmavirtaa koneellisen tuloilmanvaihdon kautta eikä ulkoseinän korvausilma-aukkojen kautta.

Alipaineen vuoksi korvaavaa ilmaa kulkeutuu sisätiloihin hallitsemattomasti rakenteiden epätiivetyshkohdista esim. ikkunarakenteista, lattian ja seinän välisistä liitoskohdista, rakenteiden halkeamista, jne. Esimerkiksi oleskelutilojen ollessa alipaineisia ryömintätilaan nähden voi lattian ja seinän liitoskohdista ja rakenteiden läpivientien kautta virrata ryömintätilasta ilmaa sisätiloihin. Ryömintätilan maaperässä on lähes aina mikrobeja, joita voi vuotoilmavirran mukana kulkeutua rakennuksen oleskelukerrokseen.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto (2010) mukaan (kohta 3.7.6) rakennuksen, sen huonetilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän painesuhteet on suunniteltava siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista sellaisiin tiloihin, joissa syntyy runsaammin epäpuhtauksia. Käyttöajan ulkopuolella voidaan ilmanvaihto toteuttaa pitämällä **hygieniatilojen** (wc-, pesuhuone- ja sosiaalitilojen) poistoilmanvaihtoa jatkuvasti käynnissä tai käyttämällä ilmanvaihtoa jaksottaisesti./5./

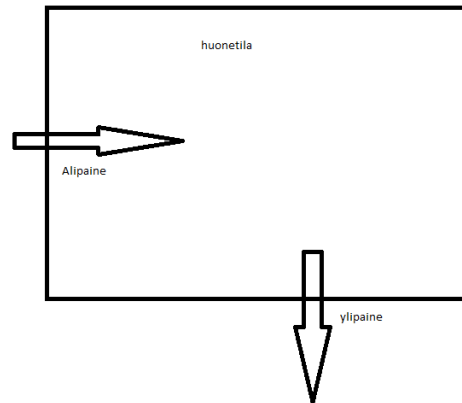
Yleensä jos rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, se on käynnissä pääsääntöisesti rakennuksen käytön ajan ja lisäksi yksi tunti ennen ja jälkeen käytön. Rakennuksissa toteutetaan käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto pääasiallisesti hygieniatilojen poistoilmanvaihdon jatkuvalla käytöllä.

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli mittauksin selvittää kahdesta eri rakennuksesta paine-erojen vaihtelun merkitystä sisäilmanlaatuun. Mittauksia tehtiin ilmanvaihdon toimiessa normaalisti, jolloin ilmanvaihtokoneet toimivat päiväaikaan normaalisti sekä hygieniatilojen poistoilmanvaihto oli päällä. Lisäksi mittauksia tehtiin ilmanvaihdon toimiessa normaalisti päiväaikaan ja hygieniatilojen käytönajan ulkopuolisen poistoilmanvaihdon ollessa pois päältä. Työssä käsitellään ainoastaan rakennuksia joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

2 PAINESUHTEET JA NIIDEN MERKITYS

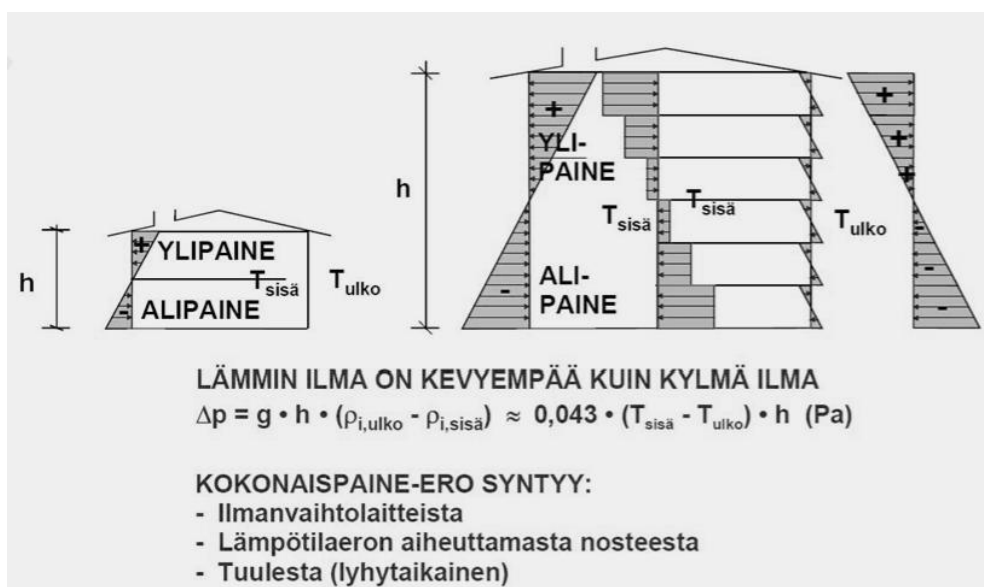
2.1 Painesuhteet

Rakennuksen painesuhteet riippuvat koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä tulo- ja poistoilmavirtojen suuruudesta. Rakennus on alipaineinen silloin kun poistoilmavirta on suurempi kuin tuloilmavirta ja ylipaineinen silloin kun tuloilmavirta on suurempi kuin poistoilmavirta. Rakennuksen ollessa alipaineinen ilmavirta on sisälle päin ja vastaavasti rakennuksen ollessa ylipaineinen on ilmavirta ulospäin. Rakennuksen ollessa alipaineinen, on mahdollista, että alipaineiseen tilaan kulkeutuu korvausilman mukana epäpuhtauksia rakenteista tai ryömintätilasta. Rakennuksen ollessa ylipaineinen on mahdollista, että konvektiovirtausten mukana kulkeva kosteus tiivistyy rakenteisiin ja aiheuttaa kosteusvaurion. Rakennuksessa täytyy kuitenkin olla ilmavuotoreittejä jotta konvektiovirtauksia pääsee syntymään. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaan: ”sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi tulee rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien olla niin tiiviitä läpi kulkevien ilmavuotojen suhteen, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti alipaineisena” /4, s. 4/. Kuvassa 1 on esitetty ilmavirtojen suunnat rakennuksen ollessa ali- tai ylipaineinen.



KUVA 1. Ilmavirtojen suunnat eri painesuhteissa

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmän lisäksi ilman lämpötilaerot ja tuuli. Lämpötilaerot vaikuttavat rakennuksen painesuhteisiin voimakkaimmin silloin kun ulkoilma on huomattavasti kylmempää kuin sisäilma. Tällöin rakennuksen alaosaan muodostuu alipaine ja yläosaan ylipaine. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ollessa päällä tämä paine-ero tasoittuu. Tuulen vaikutus painesuhteisiin riippuu tuulen suunnasta ja nopeudesta, joten esim. mahdolliset hajuongelmat voivat esiintyä ajoittain riippuen juuri tuulen suunnasta ja nopeudesta. Kuvassa 2 on esitetty ulko- ja sisäilman lämpötilaeroista johtuvat rakennuksen paine-erot.



KUVA 2. Ulko- ja sisäilman lämpötilaeroista johtuvat rakennuksen paine-erot /9, s.13/.

Yleensä rakennukset suunnitellaan hieman alipaineisiksi, jotta välttyttäisiin kosteuden kulkeutumiselta rakenteisiin. Alipaine ei yleensä kuitenkaan saa olla enempää kuin 30 Pa. Paineet eivät kuitenkaan saa aiheuttaa rakenteisiin pitkäaikaista kosteusrasitusta. /5./

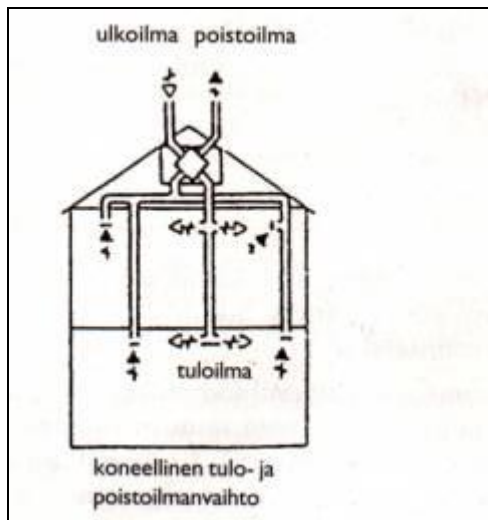
Sosiaali- ja terveysministeriön laatiman Asumisterveysohjeen (STM 2003) soveltamisoppaassa ”Asumisterveysopas 2009” on esitetty sisäilman tavoitteelliset paine-erot. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä tavoitteellinen paine-ero ulkoilmaan nähden on 0...-2 Pa. /3./

Suomen rakentamismääräyskokoelman 2010 osassa D2 määritellään, että rakennuksessa tulee olla ilmanvaihto, jolla käyttöaikana taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu eri huonetiloihin. Koulu-, päiväkotij- yms. rakennuksissa ilmanvaihto suunnitellaan ja rakennetaan siten, että käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilmavirta on oltava vähintään 0,15 (dm³/s)/m², joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,2 1/h huoneessa. Käyttöajan ulkopuolella voidaan ilmanvaihto toteuttaa pitämällä hygienia-tilojen (wc-, pesuhuone- ja sosiaali-tilojen) ilmanvaihtoa jatkuvasti käynnissä tai käyttämällä ilmanvaihtoa jaksottaisesti. /5./

2.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Terveellisen ja puhtaan sisäilman edellytyksenä on hyvä ja tehokas ilmanvaihto. Ilmanvaihdon tarkoituksena on tuoda rakennukseen puhdasta sisäilmaa ja poistaa epäpuhtauksia.

Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin. Koneellisessa järjestelmässä paine-erot toteutetaan puhaltimien avulla eli rakennuksen joka huoneeseen saadaan haluttu tulo- ja poistoilmavirta. Kun myös tuloilma johdetaan rakennukseen koneellisesti, voidaan rakennuksen vaippa tehdä tiiviiksi ja energiaa säästäväksi. Koneellisen ilmanvaihdon etuna on mahdollisuus tuloilman suodatukseen sekä lämmöntalteenottoon poistoilmasta. Kuvassa 3 on esitetty periaatekuva koneellisen järjestelmän toiminnasta.



KUVA 3. Periaatekuva koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmästä /11/.

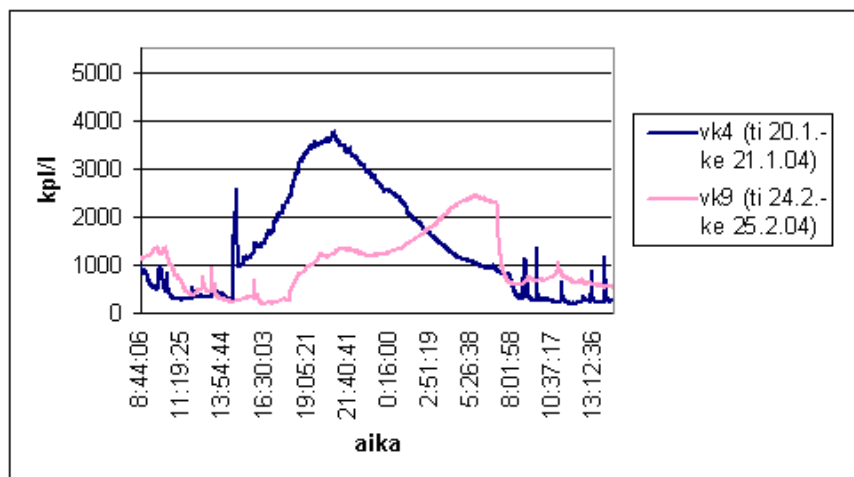
2.3 Ilmanvaihdon ja painesuhteiden merkitys sisäilman laatuun

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa tiloista sisäilman epäpuhtauksia, kosteutta ja liiallista lämpöä. Ilmanvaihdon avulla tuotetaan tiloihin myös puhdasta korvausilmaa. Sisäilman epäpuhtaudet ovat yleensä peräisin ihmisen aineenvaihdunnasta ja toiminnasta, rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä joissain tapauksessa maaperästä (radon). Rakennuksen ilmanvaihto voi vaikuttaa suoraan tai välillisesti niihin tekijöihin, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Yleensä väärin suunniteltu ja toteutettu ilmanvaihto voi aiheuttaa terveyshaittaa./2./

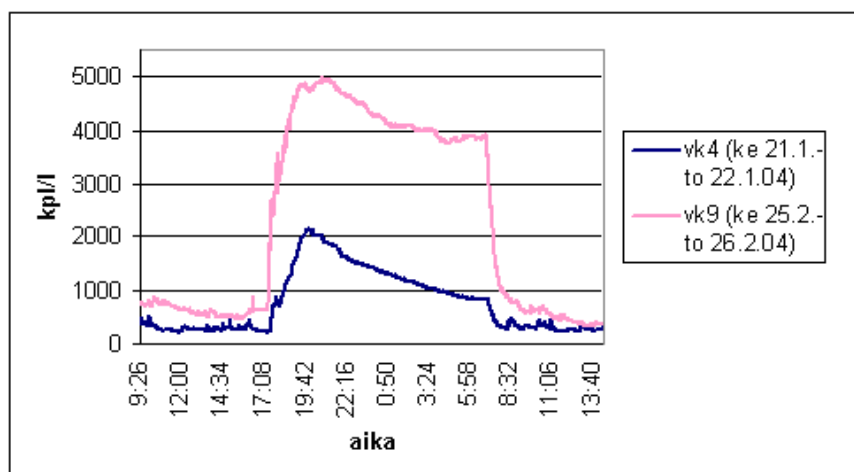
On todettu, että ilmanvaihto voi erityisesti vanhoissa rakennuksissa edesauttaa epäpuhtauksien kulkeutumista. Esimerkiksi rakenteissa tai maaperässä olevia mikrobeja voi levitä sisäilmaan. Hygieniatilojen erillispoistot alipaineistavat rakennuksen, ja se voi johtaa siihen, että epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan (mikrobit, bakteerit, hajut ym.) ja huonontavat sisäilman laatua. Tämä on vältettävissä suunnittelemalla ilmanvaihtojärjestelmä siten, että sitä voidaan käyttää käyttöaikojen ulkopuolella 20-30 % osateholla. Jos ilmanvaihto sammutetaan yöksi, on se käynnistettävä joitakin kertoja lyhyeksi ajaksi, jotta yöaikaanakin saavutetaan keskimääräinen ilmanvaihto ja lisäksi ilmanvaihto on käynnistettävä kaksi tuntia ennen rakennuksen käytön alkamista. /1./

2.4 Aikaisempia tutkimuksia paine-erojen vaikutuksesta

Tuottava toimisto 2005 –projektissa (Tekes-hanke) vuonna 2004 selvitettiin ulkoilman hiukkasten kulkeutumista sisätiloihin. Yksityisen yrityksen käytössä olleessa toimistorakennuksessa mitattiin sisäilman hiukkaspitoisuutta 20. – 22.1.2004 ja 24. – 26.2.2004 (kuvat 4 ja 5). Kiinteistön tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän käyttöaika oli klo 7.00 – 18.00 ja puhaltimet olivat pois päältä klo 18.00 – 7.00. Tuloilman suodatiluokka oli EU7. /10./



KUVA 4. Halkaisijaltaan yli 0,5 μm suuruisten hiukkasten pitoisuus (kpl / l) sisäilmassa toimistohuoneessa kerroksessa 6.



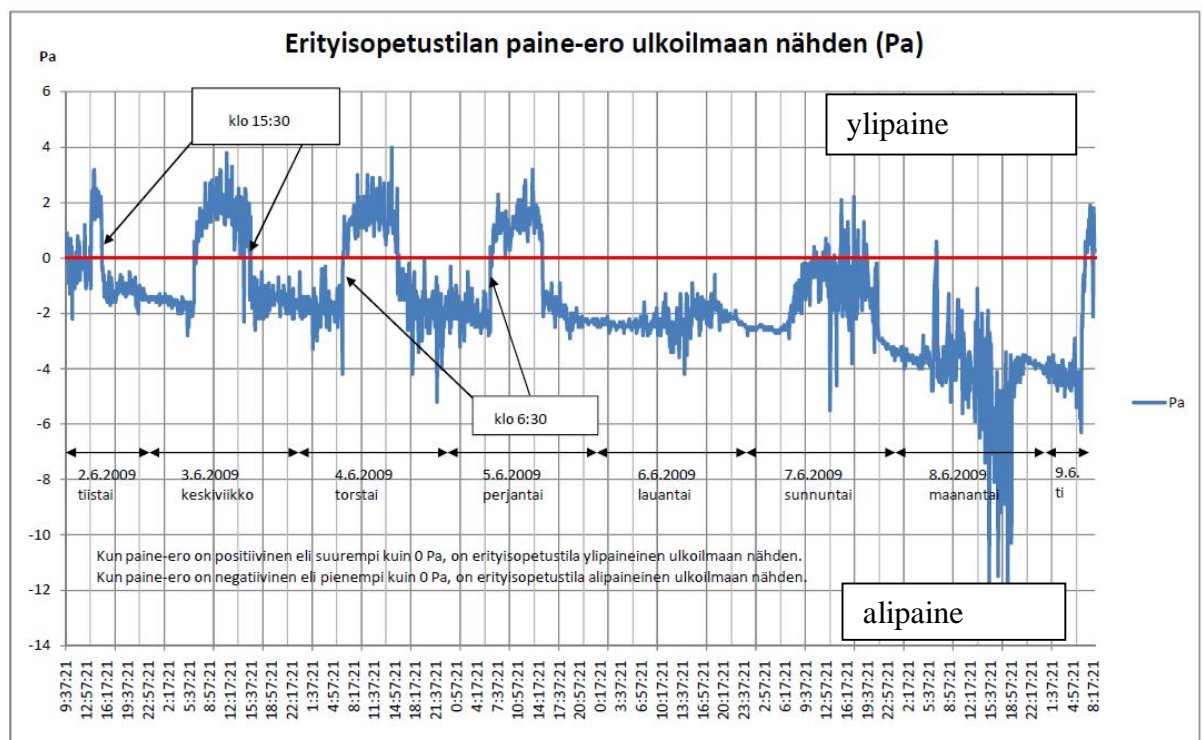
KUVA 5. Halkaisijaltaan yli 0,5 μm suuruisten hiukkasten pitoisuus (kpl / l) sisäilmassa toimistohuoneessa kerroksessa 3.

Mittaukset osoittivat, että sisäilman hiukkaspitoisuus (halkaisijaltaan yli 0,5 μm suuruiset hiukkaset) oli pääsääntöisesti alle 1000 kpl/l, kun koneellinen tulo- ja poistoil-

manvaihto oli käynnissä. Viime vuosina tehdyissä tutkimuksissa toimistotyöhuoneiden sisäilman halkaisijaltaan yli $0,5 \mu\text{m}$:n hiukkasten pitoisuudet ovat olleet keskimäärin 1630 kpl/l ($380 - 4170 \text{ kpl/l}$). Rakennuksen ulkokuoren yli muodostuvan paine-eron vaikutuksesta näitä hiukkasia oli yöllä sisäilmassa 2 – 5 kertaa enemmän kuin työaikana. /10./

Tämän tutkimuksen kohderakennukseksi valitussa koulussa suoritettiin erityisopetustilassa paine-eromittauksia 2.-9.6.2009. Erityisopetustilassa tehdyn paine-eromittauksen aikana alakerran tulo- ja poistoilmakoneet olivat 2. – 5.6.2009 päällä klo 6:30 – 15:30. Hygieniatilojen poistoilmakoneet olivat päällä ympärivuorokautisesti. Lauantaina ja sunnuntaina 6. – 7.6.2009 tulo- ja poistoilmanvaihto oli pois päältä paitsi, että sunnuntaina 7.6.2009 liikuntasalin ilmanvaihtokone oli päällä klo 8:00 – 21:00 vaalien vuoksi. Liikuntasalin ilmanvaihto tehostuu liiketunnistimen reagoidessa ihmisten läsnäoloon. Kuvassa 6 on esitetty kuvaaja paine-erojen vaihtelusta.

Erityisopetustilasta mitattiin myös ilmavirtojen suuruudet 9.6.2009. Erityisopetustilan tuloilmavirta oli 16 l/s ja poistoilmavirta oli 7 l/s .



KUVA 6. Paine-erojen vaihtelu erityisopetustilassa 2.-9.6.2009

Paine-eroseurannan mukaan erityisopetustila oli ylipaineinen ulkoilmaan nähden päiväaikaan. Ylipaineisuuden tilassa selittää se, että tuloilmavirta oli suurempi kuin poistoilmavirta. Paine-eroseurannan mukaan alipaine vallitsee silloin, kun opetustilojen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on pois päältä yö- ja viikonlopun aikana, jolloin hygieniatiilojen poistoilmanvaihto (erillispoisto) on päällä, mikä mahdollistaa ilma- vuodot epätiiviistä rakennekohdista.

3 SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET

3.1 Sisäilman mikrobit

Kosteus- ja homevaurioita eli mikrobivaurioita voi esiintyä kaikenlaisissa rakennuksissa. Usein kosteus- ja homevaurioita esiintyy rakenteiden sisällä ja ne ovat vaikeasti havaittavissa, mutta ne voivat aiheuttaa maakellarimaista hajua tiloihin ja lisäksi ne voivat aiheuttaa käyttäjille oireita. Yleensä kosteus- ja homevaurioiden paikantaminen vaatii rakenteiden avaamista. Yleisimpiä syitä kosteus- ja homevaurioihin ovat olleet mm. seuraavat tekijät:

- kosteat rakennusmateriaalit ja niiden riittämätön kuivaus rakennusvaiheessa
- putkivuodot, vesivuodot kattojen, ikkunoiden, räystäiden ja saumojen kautta
- maaperän kosteus ja valumavedet, puutteellinen salaojitus
- kosteiden tilojen puutteelliset kosteuseristykset

Pysyvästi tai toistuvasti kosteissa rakenteissa tai niiden pinnoilla voi alkaa kasvaa mikrobeja, joita ovat homeet, hiivat tai bakteerit. Mikrobikasvuston syynä on yleensä kosteusvaurio. Syntyneestä mikrobikasvustosta voi kulkeutua sisäilmaan ilmavirtausten mukana mikrobeja tai mikrobien aineenvaihduntatuotteita, joille sisätiloissa olevat ihmiset altistuvat. Ellei mikrobikasvustoa poisteta se voi olla terveydelle haitallista vaikka rakennusmateriaali kuivatetaan tai se on kuivunut. Tämän vuoksi kosteus- ja homevauriot tulee korjata ja vaurion syy tulee poistaa. /2./ Kosteusvaurioiden korjauksella voidaan tarkoittaa mm. kosteiden rakenteiden kuivaamista tai mikrobikasvuston poistamista uusimalla vaurioitunut materiaali.

Altistuminen kosteus- ja homevaurioille aiheuttaa tavallisimmin hengitysteiden ärsytysoireita (nuha, yskä, astmaoireet). Lisäksi altistuneet voivat kokea erilaisia yleisoi-reita (päänsärky, väsymys, kuumeilu)./7./

3.2 Sisäilman hiukkaset

Sisäilmassa esiintyvät hiukkaset ovat peräisin ulkolähteistä, joita ovat mm. liikenne, teollisuus, lämmön- ja voimantuotto ja luonto sekä sisälähteistä, joita ovat mm. tupakointi, rakennusmateriaalit, tekstiilit, siivous- ja hygienia tuotteet, lemmikkieläimet, ihmisen toiminta sekä ihminen itse.

Halkaisijaltaan yli 10 μm :n hiukkaset kiinnittyvät pääasiassa ylempiin hengitysteihin eli nenään, nenäonteloihin ja nenänieluun. Halkaisijaltaan alle 10 μm kokoisia hiuk-kasia kutsutaan hengitettäväksi hiukkasiksi (PM_{10}) ja ne pystyvät kulkeutumaan alem-piin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin. Halkaisijaltaan alle 2,5 μm :n kokoiset hiukkaset tunkeutuvat keuhkorakkuloihin asti. Näitä hiukkasia kutsutaan pienhiukkasiksi. Halkaisijaltaan alle 0,1 μm :n suuruiset hiukkaset määritellään ultra-pieniksi ja ne saattavat tunkeutua keuhkorakkuloista verenkiertoon./6./

Hiukkasten yhteydessä puhutaan usein myös pölystä. Pölyt ovat mekaanisesti muo-dostuneita hiukkasia, jotka ovat peräisin luonnon tai ihmisen aiheuttamista prosesseis-ta. Materiaali luokitellaan pölyksi, jos hiukkaset ovat halkaisijaltaan alle 100 μm ./6./

Viime vuosina tehdyissä tutkimuksissa toimistotyöhuoneiden sisäilman halkaisijaltaan yli 0,5 μm :n hiukkasten pitoisuudet ovat olleet keskimäärin 1630 kpl/l (380 – 4170 kpl/l)./8./

3.3 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisälämpötilan tavoitearvo on 21 °C. Lämmityskaudella huoneilman lämpötilan ei tulisi ylittää arvoa 21...22 °C (Asumisterveysohje 2003). Huoneilman lämpötila ei saa kohota yli 26 °C, ellei lämpötilan kohoaminen johdu ulkoilman lämpimyydestä.

Sisäilman suhteelliselle kosteudelle ei ole olemassa viitearvoja. Yleisesti sopivana sisäilman suhteellisena kosteutena talviaikana pidetään 20...40 %. Sisäilman suhteellinen kosteus on lämmityskauden aikana yleensä alhainen ja se voi olla jopa alle 10 %.

4 MITTAUSMENETELMÄT

4.1 Hiukkasmittaukset

Sisäilman hiukkaspitoisuutta mitattiin suoraan osoittavalla optisella hiukkasmittarilla (Climet -550), kuva 7. Mittaus perustuu laservalon sirontaan ja ilman keräysnopeus oli 28,3 l/min ja mittausväli oli 5 minuuttia. Sisäilman hiukkasia mitattiin kokoalueella $\geq 0,5 \mu\text{m}$.

Hiukkasmittauksen tarkoituksena oli selvittää nouseeko rakennuksen sisäilman hiukkaspitoisuus hygienia-tilojen poistoilmanvaihdon (erillispoistojen) ollessa yöaikana päällä ja normaalin ilmanvaihdon ollessa pois päältä.



KUVA 7. Hiukkasmittari Climet -550

4.2 Paine-eromittaukset

Paine-eromittaukset tehtiin Testo 521 mittalaitteella (kuva 8). Mittalaitteessa on lämpötilakompensoitu painesensori. Paine-eromittausten tarkoituksena on selvittää rakennuksen painesuhteita ulkoilmaan nähden ja samalla seurata mahdollisen alipaineisuuden pientymistä tai poistumista kokonaan.



KUVA 8. Paine-eromittari

4.3 Kosteusmittaukset ja lämpötila

Kosteus- ja lämpötilamittauksissa käytettiin Teston 175 -sarjan kaksikanavaista loggeria (kuva 9). Loggerin tallennusvälinä mittauksissa käytettiin 5 minuuttia. Kosteus- seurannan tarkoituksena oli seurata, mitä suhteelliselle kosteudelle ja lämpötilalle käy hygieniatilojen poistoilmanvaihdon ollessa pois päältä.



KUVA 9. Kosteus- ja lämpötilamittari

5 KOERAKENNUKSET JA TULOKSET

Mittauksiin valittiin itäisessä Helsingissä sijaitseva koulurakennus sekä päiväkotikoulu. Kummassakin rakennuksessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmä. Lisäksi kummassakin rakennuksessa oli todettu henkilökunnalla rakennuksen sisäilmaan liitettyjä oireita ja kummassakin kohteessa oli rakenteissa todettu kosteus- ja homevaurioita. Työssä ei huomioida mahdollisia ulkoilman ja sisäilman lämpötilaeroja eikä tuulen vaikutusta painesuhteisiin.

5.1 Päiväkotirakennus, Itä-Helsinki

Tutkimuksen kohteena oli vuonna 1979 valmistunut 1 kerroksinen tiiliverhoiltu päiväkotirakennus. Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmä. Tuloilmakone TK1 palvelee päiväkodin tiloja ja kone TK2 palvelee keittiötä. Tutkimukset tehtiin koneen TK1 palvelualueella.

Päiväkodin henkilökunta oli kokenut rakennuksen sisäilmaan liitettyjä oireita sekä lisäksi ilma tuntui tunkkaiselta. Kohteessa tehtiin sisäilmaselvitys lokakuun 2009 ja tammikuun 2010 välillä. Tiloissa tehtiin mm. rakenneavauksia rakenteiden kunnon selvittämiseksi ja lisäksi rakenneavaukskohdista otettiin materiaalinäytteitä mikrobiologisiin tutkimuksiin. Lisäksi samassa yhteydessä selvitettiin kohteen ilmanvaihtoa mm. mittaamalla tulo- ja poistoilmavirtojen suuruutta.

Materiaalinäytteiden perusteella ulkoseinärakenteen villaeristeet olivat paikoin mikrobivaurioituneita ja lisäksi yhden lepohuoneen sisäpuolen kipsilevy oli mikrobivaurioitunut huoneen eteläpään vasemmassa kulmassa. Vaurioituneista materiaaleista on mahdollista kulkeutua sisäilmaan mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, koska ulkoseinärakenne ei ole tiivis. Tutkimuksen aikana havaittiin, että vettä oli päässyt rakenteisiin räystäsrakenteen tai ulkoseinän kautta ja rakenteeseen päässyt kosteus oli aiheuttanut havaitun mikrobivaurion ulkoseinärakenteessa.

Ilmavirtamittaukset osoittivat, että kohteen ilmanvaihto oli epätasapainossa, mm. yhdessä pienryhmähuoneessa tuloilmavirran suuruus oli 41 l/s ja poistoilmavirran suuruus samassa huoneessa oli 51 l/s ja lisäksi yhdessä lepohuoneessa tuloilmavirran suu-

ruus oli 46 l/s ja poistoilmavirran suuruus oli 108 l/s. Ilmanvaihdon epätasapainon vuoksi rakennus oli siis huomattavan alipaineinen (-19,6...-57 %).

5.2 Mittausajankohta ja ilmanvaihdon toiminta

Mittaukset suoritettiin päiväkodissa aikavälillä 29.4. - 12.5.2010.

Aikavälillä 29.4. - 5.5. ilmanvaihto on ollut toiminnassa normaalisti. Ilmanvaihdon käyntiajat tuolloin olivat:

- 1/1 -teholla, ma – pe klo 8:00 – 16:00
- ½ -teholla muina aikoina, myös viikonloppuisin
- erillispoistot koko ajan päällä 1/1 -teholla

Aikavälillä 6.5. - 12.5. ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

- 1/1 -teholla ma – pe klo 6.30 – 18:00, muina aikoina pois
- erillispoistot päällä ma-pe klo 6.30-18:00, muina aikoina pois päältä
- la 8.5. 1/1 -teholla klo 11-12 ja 18-19, myös erillispoisto tämän ajan päällä
- su 9.5. 1/1 -teholla klo 11-12 ja 18-19, myös erillispoisto tämän ajan päällä

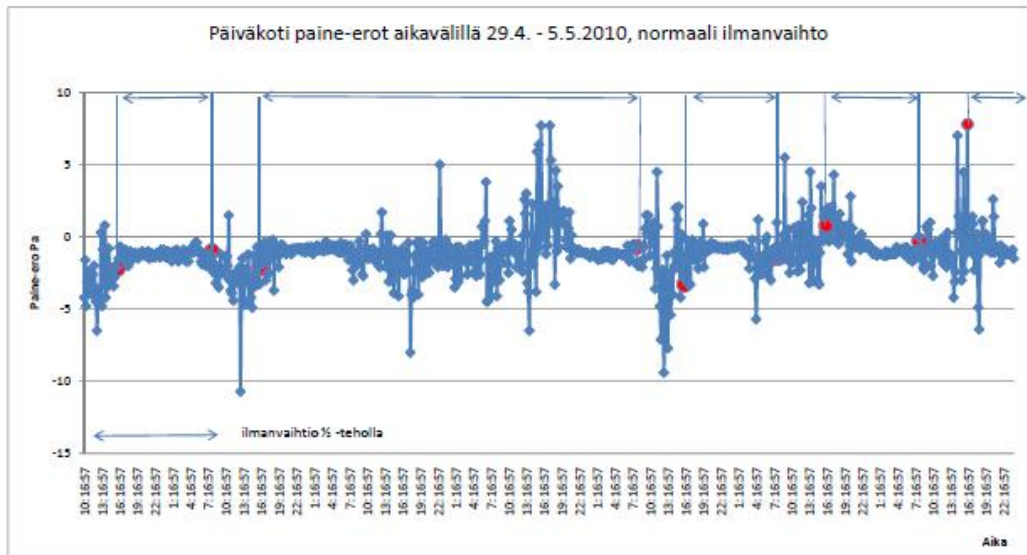
5.3 Tulokset

5.3.1 Paine-eromittaukset

Paine-eromittauksia tehtiin henkilökunnan kahvihuoneessa sekä ryhmähuoneessa. Liitteenä 1. olevaan pohjakuvaan on merkitty mittauspisteet.

Henkilökunnan kahvihuoneessa paine-erojen vaihtelua mitattiin ulkoilmaan nähden. Tuloksen ollessa negatiivinen on tutkittu tila alipaineinen ulkoilmaan nähden. Kuvassa 10. on esitetty paine-erojen vaihtelu aikavälillä 29.4. – 5.5.2010, jolloin ilmanvaihdon käyntiajat olivat:

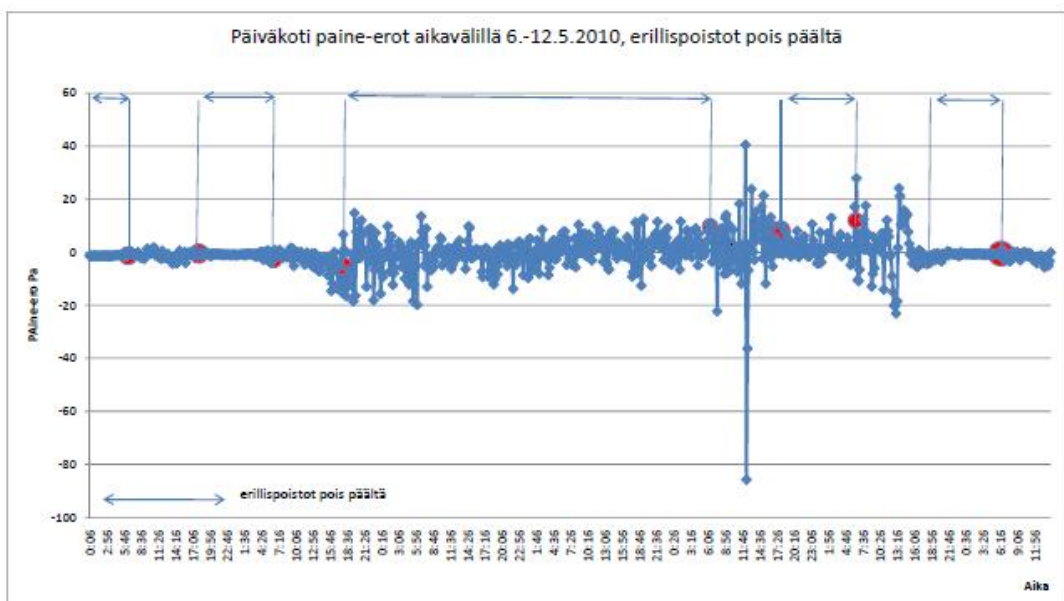
- 1/1 -teholla, ma – pe klo 8:00 – 16:00
- ½ -teholla muina aikoina, myös viikonloppuisin
- erillispoistot koko ajan päällä 1/1 -teholla



KUVA 10. Paine-erojen vaihtelu kahvihuoneessa aikavälillä 29.4. – 5.5.2010

Kuvassa 11. on esitetty paine-erojen vaihtelu aikavälillä 6. - 12.5.2010, jolloin ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

- 1/1 -teholla ma – pe klo 6.30 – 18:00, muina aikoina pois
- erillispoistot päällä ma-pe klo 6.30-18:00, muina aikoina pois päältä
- la 8.5. 1/1 -teholla klo 11-12 ja 18-19, myös erillispoisto tämän ajan päällä
- su 9.5. 1/1 -teholla klo 11-12 ja 18-19, myös erillispoisto tämän ajan päällä

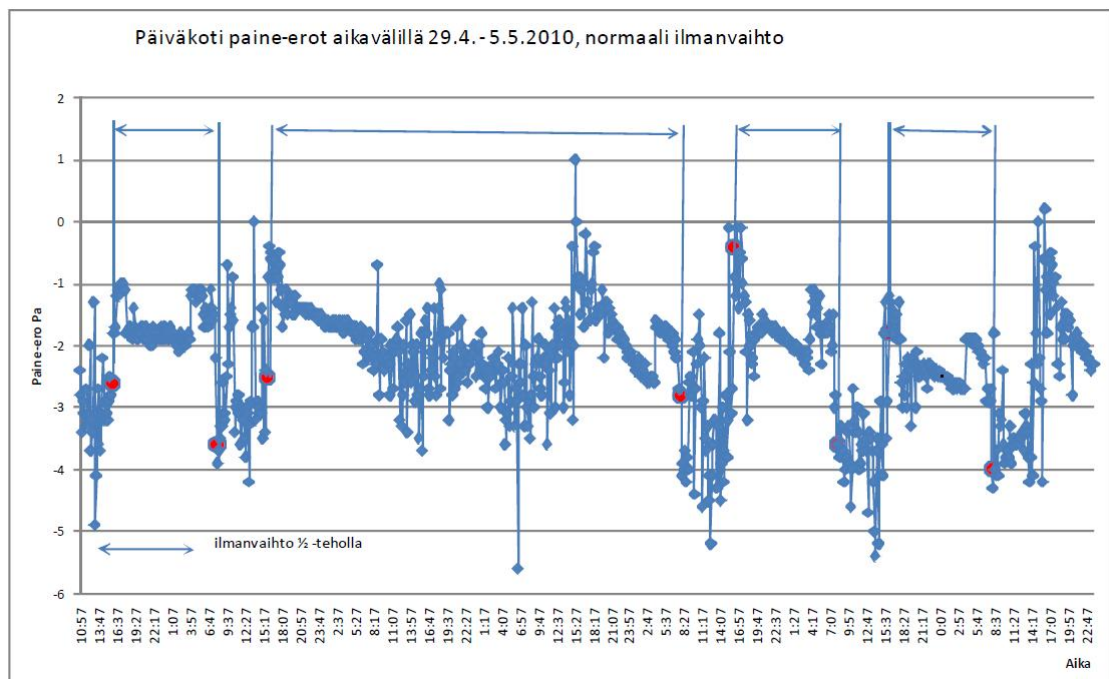


KUVA 11. Paine-erojen vaihtelu kahvihuoneessa aikavälillä 6. – 12.5.2010

Tutkitun rakennuksen on todettu olevan alipaineinen aikaisemmissa tutkimuksissa. Kahvihuoneessa tehdyissä mittauksissa on havaittavissa (kuvat 10 ja 11), että hygieniatilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan ja viikonloppuna pois päältä paine-erojen vaihtelut olivat pienempiä. Alipainetta oli kuitenkin pääsääntöisesti alle 30 Pa kummassakin mittauksessa.

Ryhmähuoneessa paine-erojen vaihtelua mitattiin suoraan seinärakenteen sisältä. Kyseisessä seinärakenteessa oli todettu mikrobivaurio. Tuloksen ollessa negatiivinen on ryhmähuone alipaineinen seinärakenteeseen nähden, eli seinärakenteesta on mahdollista kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan. Kuvassa 12. on esitetty paine-erojen vaihtelu aikavälillä 29.4. – 5.5.2010, jolloin jolloin ilmanvaihdon käyntiajat olivat:

- 1/1 -teholla, ma – pe klo 8:00 – 16:00
- ½ -teholla muina aikoina, myös viikonloppuisin
- erillispoistot koko ajan päällä 1/1 -teholla



KUVA 12. Paine-erojen vaihtelu rakenteen sisällä aikavälillä 29.4. – 5.5.2010

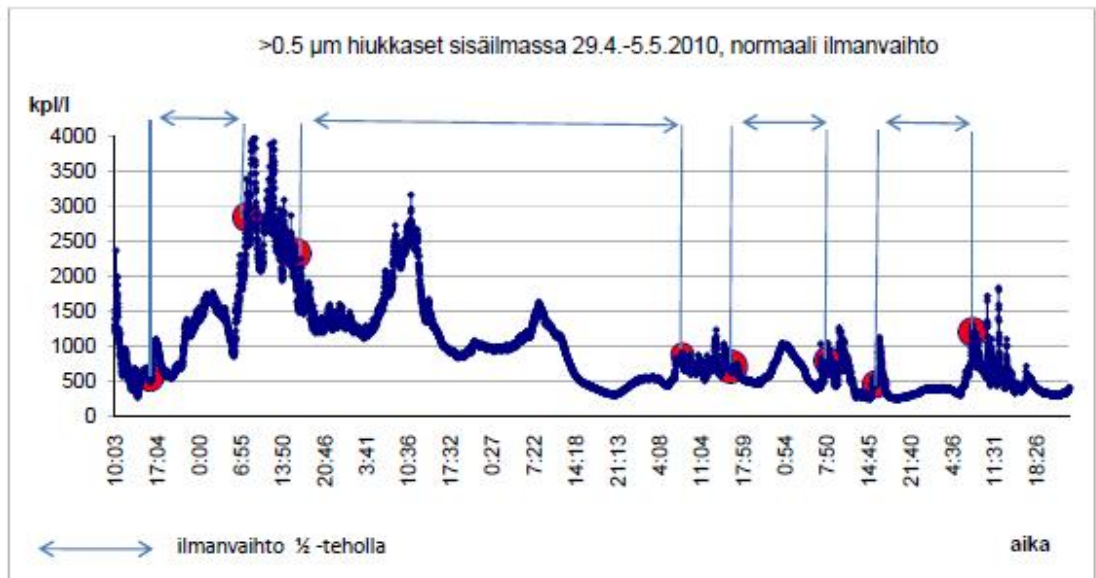
Ryhmähuoneen seinärakenteen sisältä tehdyissä mittauksissa on havaittavissa (kuva 12) , että ryhmähuone on alipaineinen seinärakenteeseen nähden hygieniatilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan päällä. Tuolloin on mahdollista, että seinärakenteessa olevat mikrobiperäiset epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan.

5.3.2 Hiukkasmittaukset

Hiukkasmittaus suoritettiin henkilökunnan kahvihuoneessa. Liitteenä 1 olevaan pohjakuvaan on merkitty mittauspiste. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty kuvaajat hiukkasmittauksista.

Mittausjakson 29.4. – 5.5.2010 aikana ilmanvaihdon käyntiajat olivat:

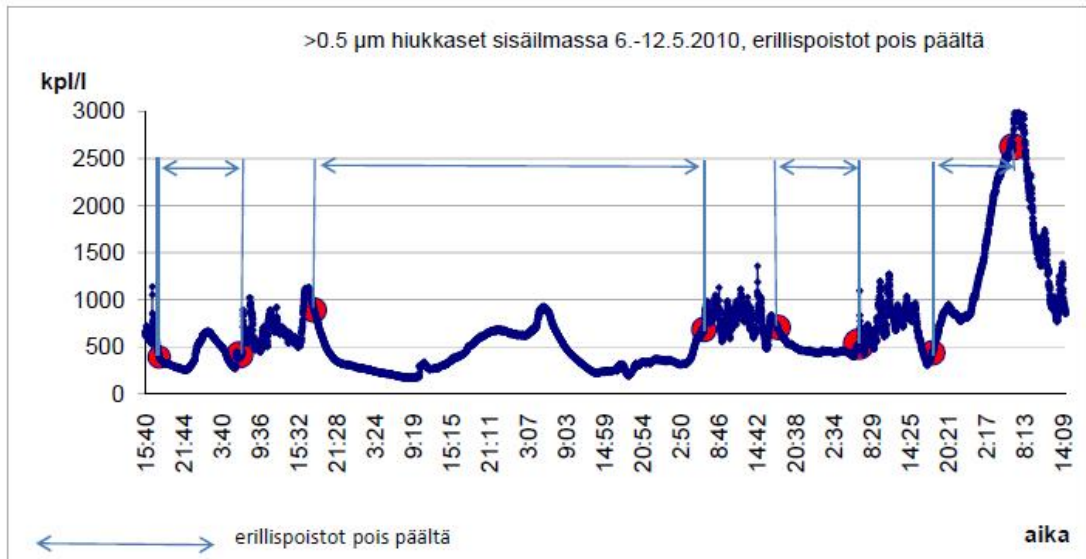
- 1/1 -teholla, ma – pe klo 8:00 – 16:00
- ½ -teholla muina aikoina, myös viikonloppuisin
- erillispoistot koko ajan päällä 1/1 -teholla



KUVA 13. Hiukkasmittaukset kahvihuoneessa aikavälillä 29.4. – 5.5.2010

Mittausjakson 6. - 12.5.2010 aikana ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

- 1/1 -teholla ma – pe klo 6.30 – 18:00, muina aikoina pois
- erillispoistot päällä ma-pe klo 6.30-18:00, muina aikoina pois päältä
- la 8.5. 1/1 -teholla klo 11-12 ja 18-19, myös erillispoisto tämän ajan päällä
- su 9.5. 1/1 -teholla klo 11-12 ja 18-19, myös erillispoisto tämän ajan päällä



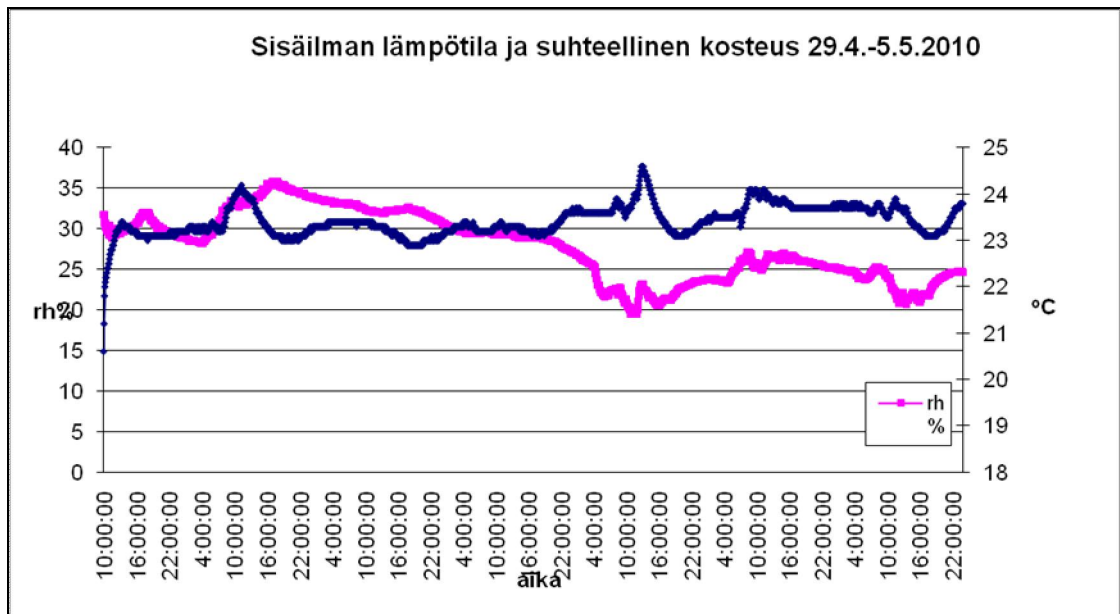
KUVA 14. Hiukkasmittaukset kahvihuoneessa aikavälillä 6. – 12.5.2010

Kuvassa 13. on havaittavissa, että yöaikaan hygienia-tilojen erillispoistojen ollessa päällä sisäilman hiukkaspitoisuus kasvaa. Kuvassa 14 erillispoistojen ollessa yöaikaan pois päältä sisäilman hiukkaspitoisuus pysyy tasaisempana.

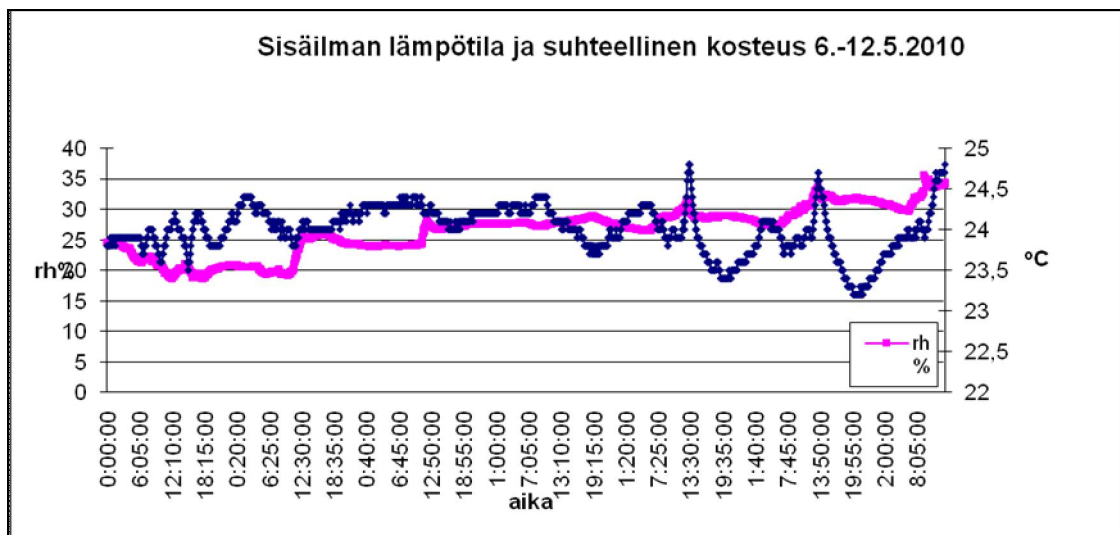
Mittausjakson 29.4 - 5.5.2010 aikana keskimääräinen sisäilman hiukkaspitoisuus (halkaisijaltaan yli 0,5 µm suuruiset hiukkaset) oli 963 kpl/l (242-8439 kpl/l). Mittausjakson 6.5. - 12.5.2010 aikana keskimääräinen sisäilman hiukkaspitoisuus (halkaisijaltaan yli 0,5 µm suuruiset hiukkaset) oli 661 kpl/l (169-3509 kpl/l). Mitatut hiukkaspitoisuudet olivat keskimääräistä tasoa.

5.3.3 Kosteus- ja lämpötilamittaukset

Sisäilman kosteutta ja lämpötilaa mitattiin kahvihuoneesta, sosiaali-tilasta sekä samasta ryhmätilasta kuin missä tehtiin paine-eromittaus suoraan seinärakenteen sisältä. Liitteessä 1. olevassa pohjakuvassa on esitetty näytteenottopisteet. Kuvissa 15 ja 16 on esitetty kahvihuoneesta tehtyjen mittausten mittaustulokset. Liitteessä 2. on esitetty muiden tilojen mittaustulokset.



KUVA 15. Kahvihuoneen sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus aikavälillä 29.4. – 5.5.2010



KUVA 16. Kahvihuoneen sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus aikavälillä 6. – 12.5.2010

Sisäilman lämpötilassa ja suhteellisessa kosteuspitoisuudessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia mittausjaksojen aikana.

5.4 Koulurakennus, Itä-Helsinki

Tutkimuksen kohteena oli 1...2-kerroksinen tiiliverhoiltu koulurakennus joka on valmistunut vuonna 1978. Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestel-

mä. Koulua palvelee useampi eri ilmanvaihtokone. Tutkimukset tehtiin A-osaa palvelevan koneen alueella.

Koulun henkilökunta oli kokenut rakennuksen sisäilmaan liitettyjä oireita ja kohteessa oli tehty useita eri sisäilmatutkimuksia vuosien varrella. Tutkittavat tilat ovat tällä hetkellä ylipaineisia ulkoilmaan verrattuna.

Tutkimukset tehtiin liikuntasalin läheisyydessä olevissa pukuhuonetoiloissa. Liikuntasalissa oli henkilökunnan mukaan ollut aistittavissa maakellarimaista hajua aika-ajoin. Liikuntasalissa tehtiin rakenneavauksia ja kosteusmittauksia syksyllä 2009 rakenteiden kunnon selvittämiseksi ja lisäksi rakenneavauskohdista otettiin materiaalinäytteitä mikrobiologisiin tutkimuksiin. Materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tulokset viittasivat siihen, että liikuntasalin lattian mineraalivillaeriste oli vahvasti vaurioitunut. Mikrobivaurion on aiheuttanut maaperästä nouseva kapillaarinen kosteus. Vaurioituneista materiaaleista on mahdollista kulkeutua sisäilmaan mikrobiperäisiä epäpuhtauksia.

5.5 Mittausajankohta ja ilmanvaihdon toiminta

Mittaukset suoritettiin koululla aikavälillä 17.5. – 25.5.2010.

Aikavälillä 17.5. – 19.5. ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

- 1/1 -teholla klo 7.30-16
- erillispoistot 1/1-teholla klo 7.30-16
- muina aikoina ilmanvaihto on ollut pois päältä

Aikavälillä 20.5. – 25.5. ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

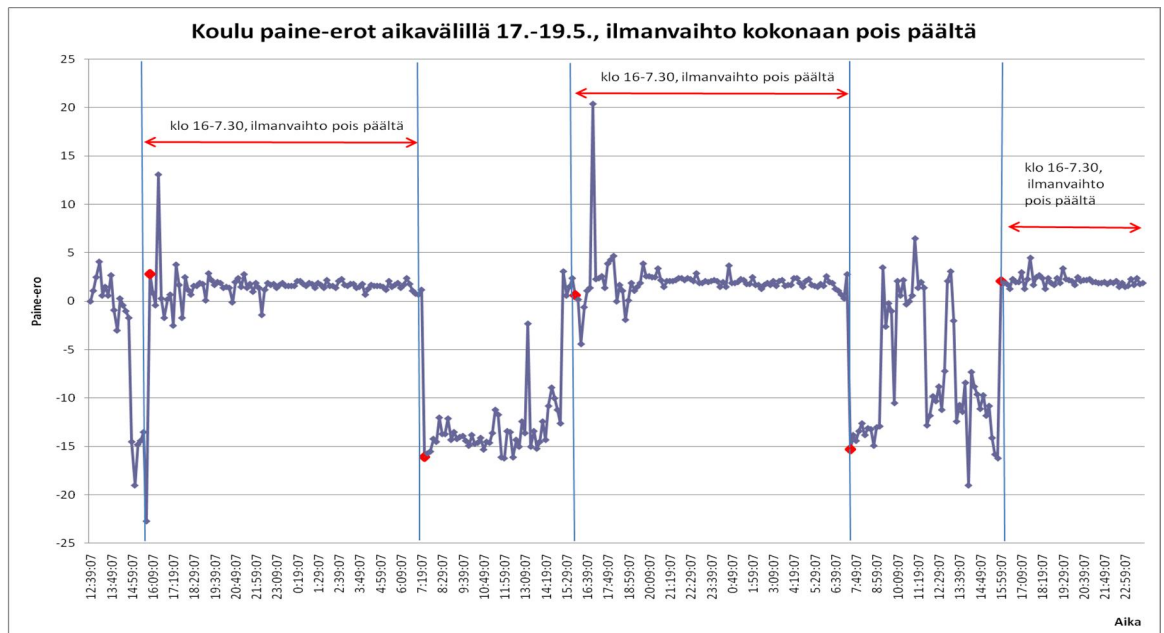
- 1/1 -teholla klo 7.30-16
- erillispoistot jatkuvasti 1/1 -teholla

5.6 Tulokset

5.6.1 Paine-eromittaukset

Paine-eromittauksia tehtiin liikuntasalin läheisyydessä olevan miesopettajien pukuhuoneessa. Paine-erojen vaihtelua mitattiin ulkoilmaan nähden. Tuloksen ollessa negatiivinen on tutkittu tila alipaineinen ulkoilmaan nähden. Kuvassa 17. on esitetty paine-erojen vaihtelu aikavälillä 17.-19.5.2010,, jolloin ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

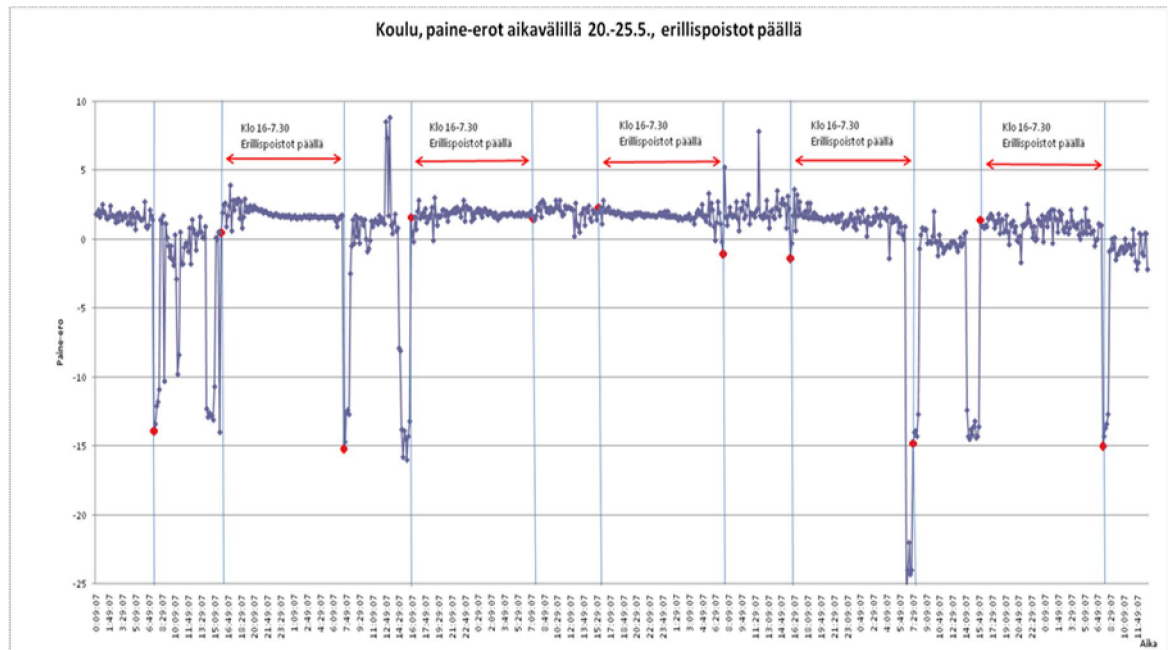
- 1/1 -teholla klo 7.30-16
- erillispoistot 1/1-teholla klo 7.30-16
- muina aikoina ilmanvaihto on ollut pois päältä



KUVA 17. Paine-erojen vaihtelu pukuhuoneessa aikavälillä 17. - 19.5.2010

Kuvassa 18. on esitetty paine-erojen vaihtelu aikavälillä 20. - 25.5.2010, jolloin ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

- 1/1 -teholla klo 7.30-16
- erillispoistot jatkuvasti 1/1 -teholla



KUVA 18. Paine-erojen vaihtelu pukuhuoneessa aikavälillä 20. - 25.5.2010

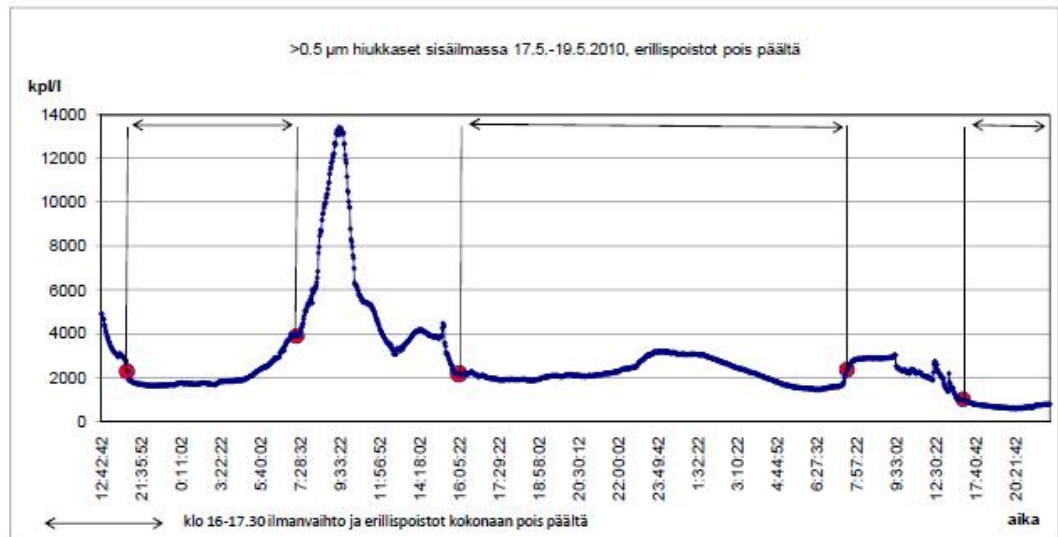
Mittauksissa on havaittavissa rakennuksen ylipaineisuus, kuten aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu. Paine-eromittauksissa (kuvat 17 ja 18) ei ole selkeästi havaittavissa eroa onko hygieniatilojen erillispoistot yöaikana päällä vai pois päältä. Rakennuksen ylipaineisuuden vuoksi on mahdollista, että konvektiovirtausten mukana kosteutta pääsee tiivistymään rakenteisiin.

5.6.2 Hiukkasmittaukset

Hiukkasmittaus suoritettiin samasta tilasta kuin paine-eromittaus. Kuvissa 19 ja 20 on esitetty kuvaajat hiukkasmittauksista.

Mittausjakson 17.-19.5.2010 aikana ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

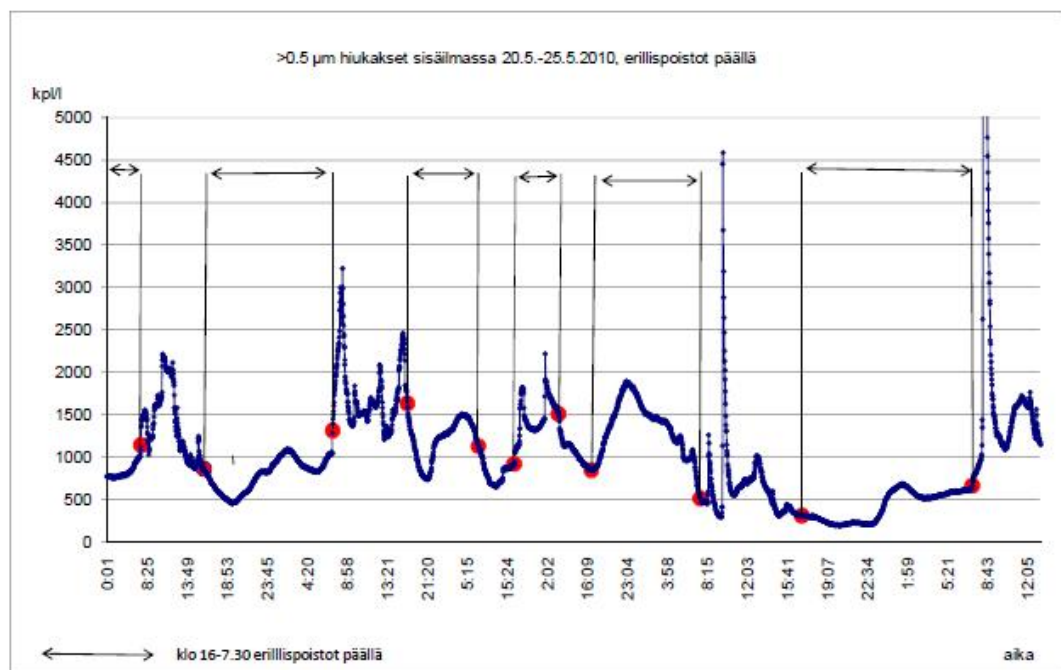
- 1/1 -teholla klo 7.30-16
- erillispoistot 1/1-teholla klo 7.30-16
- muina aikoina ilmanvaihto on ollut pois päältä



KUVA 19. Hiukkasmittaukset pukuhuoneessa aikavälillä 17. - 19.5.2010

Mittausjakson 20. - 25.5.2010 aikana ilmanvaihto on ollut toiminnassa seuraavasti:

- 1/1 -teholla klo 7.30-16
- erillispoistot jatkuvasti 1/1 -teholla



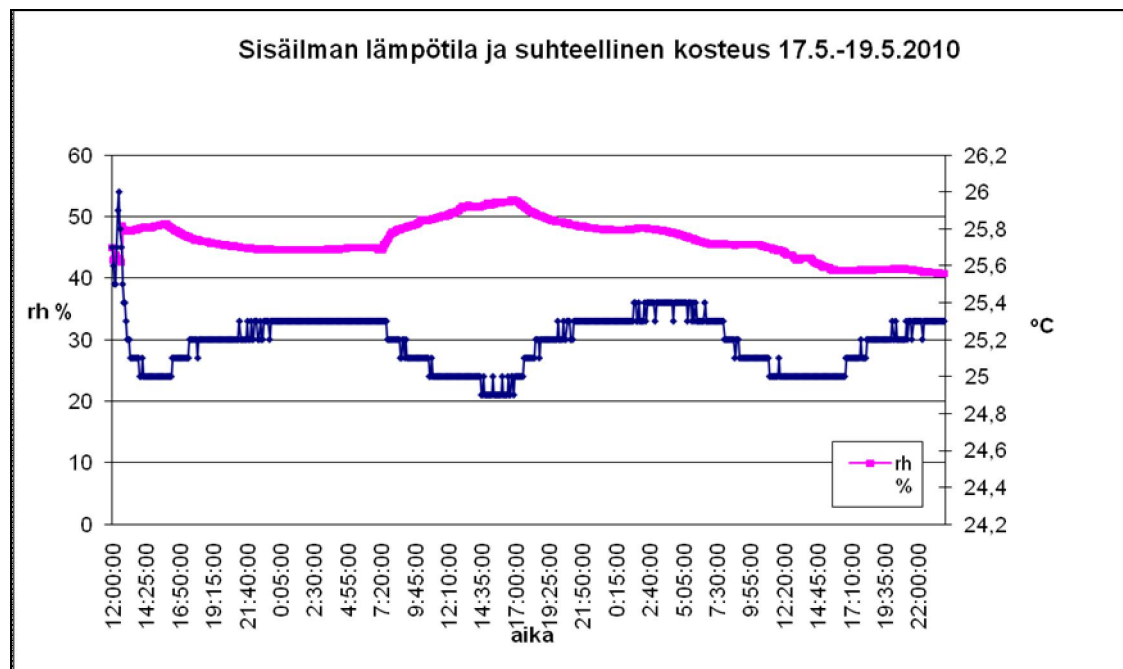
KUVA 20. Hiukkasmittaukset pukuhuoneessa aikavälillä 20. – 25.5.2010

Kuvassa 20 on havaittavissa, että yöaikaan hygieniatilojen erillispoistojen ollessa päällä sisäilman hiukkaspitoisuus kasvaa. Erillispoistojen ollessa yöaikaan pois päältä vastaavaa ilmiötä ei tapahdu kuten kuvasta 19 on havaittavissa.

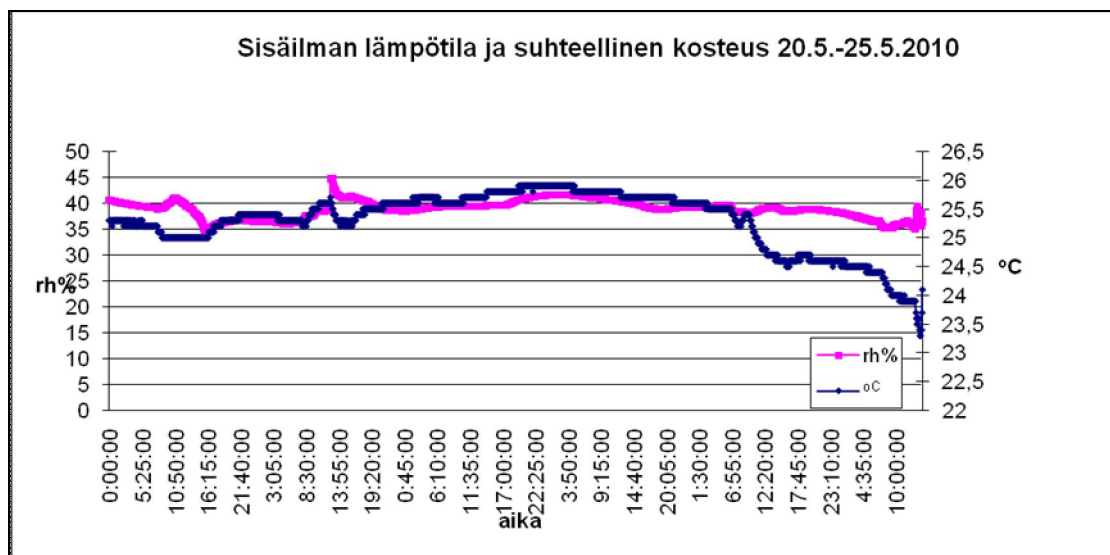
Mittausjakson 17. – 19.5.2010 aikana keskimääräinen sisäilman hiukkaspitoisuus (halkaisijaltaan yli 0,5 μm suuruiset hiukkaset) oli 2692 kpl/l (588-13431 kpl/l). Mittausjakson 20. – 25.5.2010 aikana keskimääräinen sisäilman hiukkaspitoisuus (halkaisijaltaan yli 0,5 μm suuruiset hiukkaset) oli 1052 kpl/l (200-19479). Ensimmäisen mittausjakson aikana keskimääräinen hiukkaspitoisuus oli hieman tavanomaista korkeampi.

5.6.3 Kosteus- ja lämpötilamittaukset

Sisäilman kosteutta ja lämpötilaa mitattiin samasta tilasta kuin paine-eroa ja hiukkaspitoisuutta. Kuvissa 21 ja 22 on esitetty kahvihuoneesta tehtyjen mittausten mittaustulokset.



KUVA 21. Pukuhuoneen sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus aikavälillä 17. – 19.5.2010



KUVA 22. Pukuhuoneen sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus aikavälillä 20. – 25.5.2010

Sisäilman lämpötilassa ja suhteellisessa kosteuspitoisuudessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia mittausjaksojen aikana.

6 POHDINTA

On todettu, että hygieniatilojen poistoilmanvaihdon ollessa yöaikaan päällä ja muun ilmanvaihdon ollessa pois päältä, hiukkasia kulkeutuu rakennuksen sisälle paine-eron vuoksi. Tuottava toimisto 2005 –projektissa todettiin, että yöllä sisäilmassa esiintyy 2 – 5 kertaa enemmän hiukkasia kuin työaikana. Tutkimuksen kohteena olleessa koulurakennuksessa tehtiin erityisluokassa paine-eroseuranta, jossa todettiin tilojen olevan alipaineisia ulkoilmaan nähden hygieniatilojen poistoilmanvaihdon ollessa päällä yöaikaan.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää paine-erojen vaihtelun merkitystä sisäilmanlaatuun. Tehdyissä paine-eromittauksissa ei kummassakaan kohteessa voitu suoraan osoittaa, että hygieniatilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan pois päältä tai päällä rakennuksen painesuhteet muuttuisivat merkittävästi. Päiväkotirakennus oli pääasiassa alipaineinen ja alipaine pysyi pääasiassa alle 20 Pa, mikä on D2:n mukainen. Koulurakennus puolestaan oli pääasiassa ylipaineinen, mikä mahdollistaa, että konvektiovirtausten mukana pääsee kosteutta tiivistymään rakenteisiin.

On mahdollista, että ilmanvaihtokoneiden käyntiajat eivät ole olleet toivotunlaiset, mikä voisi selittää, että painesuhteissa ei tapahtunut merkittävää muutosta. Kohteissa ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen muutokset teki huoltomies ja kouluisäntä. Hiukkaspitoisuusmittauksissa taas kummassakin kohteessa oli havaittavissa, että hygieniatilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan päällä sisäilman hiukkaspitoisuus kasvoi, erityisesti koulurakennuksessa tämä ilmiö oli selkeämmin havaittavissa. Tämä taas puoltaisi sitä, että ilmanvaihtokoneiden käyntiajat olivat toivotunlaiset. On myös mahdollista, että hiukkaspitoisuuden kasvun yöllä selittää rakennuksen vaipan yli muodostunut paine-ero. Mittauksissa oli kuitenkin havaittavissa, että yöaikana rakenteiden epätiiviyyskohdista pääsee hiukkasia kulkeutumaan sisäilmaan. Yleensä juuri aamuisin sisäilmaongelmaisista kohteista tulee valituksia erilaisista hajuhaitoista mm. homeen hajusta, joka voi selittyä ennen mainitulla ilmiöllä.

Mielestäni sisäilmaongelmaisissa kohteissa, joissa erityisesti on rakenteissa tai ryömintätilassa mikrobivaurioita tulisi harkita ennen korjaustoimenpiteitä vaihtoehtoa, jossa hygieniatilojen erillispoistot olisivat yöaikaan pois päältä ja ilmanvaihdon toiminta jaksotettaisiin, vaikka tehdyissä mittauksissa ei kummassakaan kohteessa voitu suoraan osoittaa, että hygieniatilojen erillispoistojen ollessa yöaikaan pois päältä tai päällä rakennuksen painesuhteet muuttuisivat merkittävästi. Tuottava toimisto 2005 – projektissa ja tutkimuksen kohteena olleessa koulurakennuksessa kuitenkin on voitu osoittaa, että yöllä sisäilmassa esiintyy enemmän hiukkasia kuin työaikana ja hygieniatilojen poistoilmanvaihdon ollessa yöaikaan päällä tilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Mielestäni myöskään rakennuksista ei pidä tarkoituksella tehdä ylipaineisia, koska silloin on mahdollista, että konvektiovirtausten mukana pääsee kosteutta tiivistymään rakenteisiin aiheuttaen kosteusvaurioita. Tämä kuitenkin edellyttää, että rakenteissa on ilmavuotoreittejä.

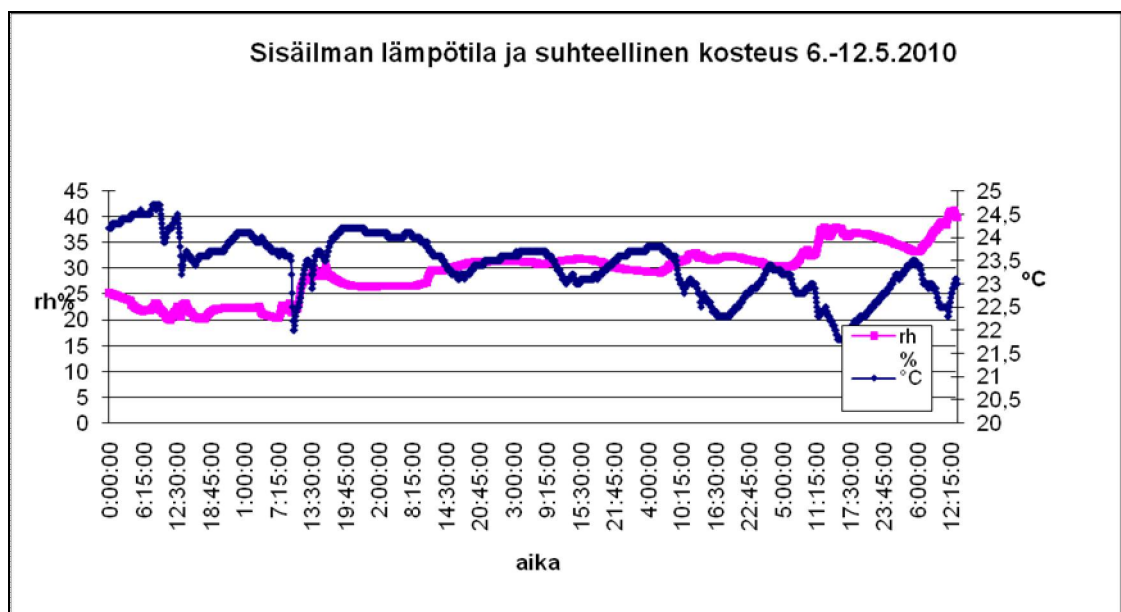
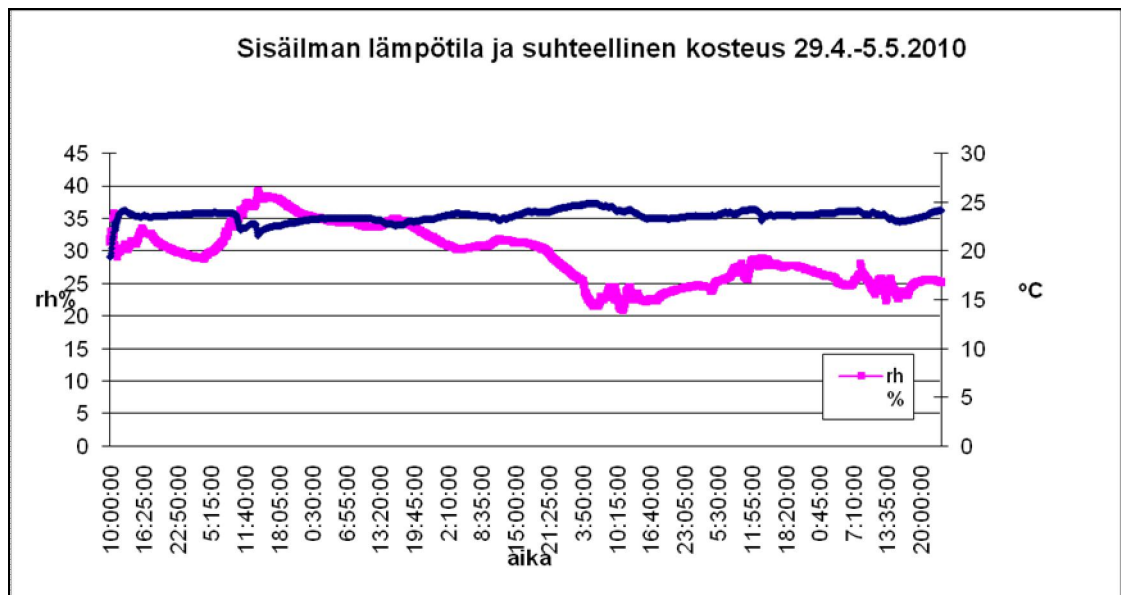
Rakennuksen painesuhteilla onkin mielestäni suuri merkitys rakennuksen sisäilman laatuun. Liian suuresta alipaineesta voi aiheutua terveys- ja viihtyvyyshaittaa ja toisaalta liian suuresta ylipaineesta voi aiheutua ylimääräistä kosteusrasitusta rakenteille. Sisäilmaongelmaisissa kohteissa olisi tarpeen selvittää nykyistä useammin painesuhteita ja niiden merkitystä sisäilman laatuun.

LÄHTEET

1. Asikainen V. (toim.), Peltola S. (toim.). Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Opetushallitus. 247 s. 2008.
2. Asumisterveysohje 2003 Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministerio Oppaita 2003:1, Helsinki
3. Asumisterveysopas 2009 3. korjattu painos. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen soveltamisopas. Ympäristö- ja terveys –lehti. 200 s.
4. C 2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998.
5. D 2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010.
6. Kovanen K, Heimonen I, Laamanen J, Riala R, Harju R ym. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt, Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. VTT tiedotteita 2360. 57 s. 2006.
7. Meklin T, Putus T ym. Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot, opas ongelmien selvittämiseen. Kansanterveyslaitoksen julkaisu 9/2007. 38 s. 2007.
8. Salonen H, Reijula K, Riala R, Lappalainen S & Tuomi T. Indoor air quality of office buildings in the Helsinki area. Indoor Air 2002. Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, June 30 - July 5, 2002, Monterey, California, USA. Vol. IV, 500-505. 2002.
9. Seppänen Kim. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli. Aducate reports and books 9/2010, University of eastern Finland. 41 s. 2010.
10. Seppänen Olli (toim.), Tuottava toimisto 2005. Loppuraportti. Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto, LVI-tekniikan laboratorio. B. Raportti B77. 264 s.
11. Sisäilmayhdistys 2011. Organisaation www-sivut.
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteusteknikan_toiminta/ilmavirtaukset_rakennuksessa. Luettu 8.2.2011.

Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, päiväkotirakennus

Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus pesuhuoneessa:



Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, päiväkotirakennus

Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ryhmähuoneessa:

