

Jani Nisula

Airfloor-lattiaratkaisun vaikutus betonilattian kuivumiseen

Opinnäytetyö

Kevät 2015

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Jani Nisula

Työn nimi: Airfloor-lattiaratkaisun vaikutus betonilattian kuivumiseen

Ohjaaja: Eero Kulmala

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 58

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön aiheena on tutkia Airfloor-järjestelmän vaikutusta betonilaatan kuivumiseen ja tämän myötä myös sisäilmastoon. Opinnäytetyö on toteutettu yhdessä Konekomppania Oy:n kanssa, joka toimii myös opinnäytetyön tilaajana.

Tavoitteena on rakentaa pienoismalli, jonka avulla on mahdollista suorittaa kokeita ja tehdä mittauksia, joilla saadaan selvitettyä onko Airfloor-järjestelmästä apua betonilaatan kuivumiseen. Työ esittelee Airfloor-kennolevyrakennetta ja sen toiminta-periaatteita. Työssä lasketaan järjestelmän vuosittainen energiantarve, joka kuluu puhaltimien käynnissä pitämiseen ja poistuvan korvausilman tilalle tuotavan ilman lämmittämiseen.

Työ sisältää pienimuotoisen mittauskokeen juuri valetun betonilaatan kuivumisesta Airfloor-järjestelmän avustuksella. Mitattua betonilaatan kuivumiseen kulunutta aikaa verrataan laskennalliseen betonilaatan normaaliin kuivumisaikaan.

Työ pureutuu maamme sisäilmaongelmiin ja käsittelee yleisimpiä sisäilmaongelmia ja näiden lähteitä. Työssä käydään läpi hyvän sisäilmaston peruspilareita ja rakentamismääräyksiä, joita noudattamalla viihtyisän sisäilmaston toteuttaminen pitäisi onnistua.

Työn tekemisessä on käytetty lähdekirjallisuutta, erinäisiä tutkimustuloksia sekä yhteistyökumppaneiden monialaista asiantuntijatietoutta.

Avainsanat: sisäympäristö, kosteus, betoni, rakentamismääräykset, home, sisäilma, radon

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Engineering

Author: Jani Nisula

Title of thesis: Airfloor solutions effect to the concrete floor drying

Supervisor: Eero Kulmala

Year: 2015

Number of pages: 58

Number of appendices: 0

The aim of the thesis was to examine the impact of the Airfloor system on the drying of a concrete slab. The thesis was assigned by and carried out together with Konkomppania Oy.

A scale model was built to take measurements and run tests. The measurements could be used to find out Airfloor ventilation system, the impact of the concrete slab drying. The study presented the Airfloor ventilation system and its operating principle. The system's energy consumption was calculated to determine how much energy was required to keep the fan running and heat the replacement air.

The goal was to show facts about our indoor air quality problems. The thesis discussed the most common indoor air quality problems and their sources. Good indoor climate criteria and building regulations were presented in this project. By following the regulations it should be possible to achieve a comfortable indoor climate.

Literature, researches and the knowledge from the co-operation partner were used as a source for this study.

Keywords: indoor climate, humidity, concrete, mildew, indoor air, radon, building regulations

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvio- ja taulukkuuettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn tavoitteet.....	9
1.3 Työn rakenne.....	10
1.4 Työn tilaaja.....	10
2 SISÄILMASTO.....	11
2.1 Rakentamismääräykset.....	11
2.2 Ilmanlaatu.....	13
2.3 Kosteus.....	14
2.3.1 Suhteellinen kosteus.....	14
2.3.2 Absoluuttinen kosteus.....	15
2.3.3 Veden kapillaarinen siirtyminen.....	15
2.4 Terveydelle haitalliset epäpuhtaudet.....	16
2.4.1 Homeet.....	17
2.4.2 VOC-päästöt.....	18
2.4.3 Radon.....	19
3 BETONI.....	22
3.1 Päälyste- ja pinnoitemateriaalien kosteusraja-arvot.....	22
3.2 Kuivuminen.....	24
3.3 Mittaus.....	25
4 AIRFLOOR.....	27
4.1 Airfloor-järjestelmä.....	27
4.2 Toimintaperiaate.....	27
4.2.1 Asennus.....	29

4.3	Energian kulutus	29
4.4	Kennolevyn valmistaja	32
4.5	Edut.....	33
5	AIRFLOOR KUIVATUSKOE	34
5.1	Työn tarkoitus	34
5.2	Rakenne	34
5.2.1	Kosteusanturit.....	34
5.2.2	Pienoismallin piirustukset.....	37
5.3	Pienoismallin rakennus	38
5.4	Betonin luonnollinen kuivuminen.....	48
5.5	Mittaustulokset	51
6	TULOKSET JA YHTEENVETO	53
	LÄHTEET	55

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Säteilyturvakeskuksen radonmittaukset 119 000 pientalosta.....	20
Kuvio 2. Airfloor kennolevy rakenteessa.	28
Kuvio 3. Airfloor-järjestelmän toiminta-/asennusperiaate.	28
Kuvio 4. Vigilan Humi 1 kosteusanturit.....	35
Kuvio 5. Vigilan Humi-D kosteusmittari.	36
Kuvio 6. CADS:lla piirretty havainne kuva pienoismallin maakerroksista ja mittasuhteista.....	37
Kuvio 7. CADS:lla piirretty kuva kosteusantureiden syvyyksistä betonilaatassa...	37
Kuvio 8. CADS:lla piirretty kuva kosteusanturien sijainneista.	38
Kuvio 9. Vesisäiliö, josta tuli pienoismallin aihio.....	39
Kuvio 10. Vesisäiliön pohjalla oleva hana.	39
Kuvio 11. Pienoismallin ikkuna.....	40
Kuvio 12. Leca-sorakerros pienoismallin pohjalla.	41
Kuvio 13. Styroksilevy raudoituksineen pienoismallissa.	41
Kuvio 14. Betonivalun viimeistely.....	42
Kuvio 15. Sementtiliiman poisto betonilaatan pinnasta.	43
Kuvio 16. Kosteusanturit asennettuina betonivaluun.	44
Kuvio 17. Betonivalun ja säiliön välinen rako tiivistetty ja anturit peitettynä valuun.	45
Kuvio 18. Pienoismalli Airfloor-kennolevyn asentamisen jälkeen.....	46
Kuvio 19. Järjestelmässä käytettävä puhallin.	47

Kuvio 20. Valmis Airfloor-järjestelmä testauksessa.....	47
Kuvio 21. Rakenteen kuivumisen arviointisyvyys.(Merikallio 2002, 39.)	48
Kuvio 22. Betonin kuivumisajan arviointi laskennallisesti.(Merikallio 2002, 39.) ...	49
Kuvio 23. Peruskuivumiskäyrä.(Merikallio 2002, 39.).....	49
Kuvio 24. Kuivumisajan kertoimet.(Merikallio 2002, 39.).....	50
Taulukko 1. Sisäilman epäpuhtauksien enimmäisarvot.	13
Taulukko 2. Homesienten aiheuttamat hengityselinsairaudet	18
Taulukko 3. Betonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot pinnoitushetkellä SisäRYL 2000 mukaan.....	23
Taulukko 4. Humi 1 anturien mittaustulokset.	52

Käytetyt termit ja lyhenteet

Emissio	Materiaalien pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö.
Liikevaihto	Liikevaihto tarkoittaa yrityksen myyntituottojen yhteenlaskettua määrää kirjanpito-lain mukaisesti laskettuna.
LTO	Lämmöntalteenotto
Mikrobi	Mikrobeilla tarkoitetaan yleensä paljaalla silmällä näkymättömiä pieneliöitä, joita ovat bakteerit, virukset, sienet eli homeet ja hiivat sekä loiset eli alkueläimet, heisimadot ja sukulamadot.
Rakennekosteus	Rakennusaikana tai ennen sitä rakenteisiin tai rakennusaineisiin joutuva kosteus, jonka on poistuttava.
RakMK	Rakentamismääräyskokoelma
RT-kortisto	Rakennustieto Oy:n julkaisema ja ylläpitämä kortistomuotoinen tietokanta rakennusalaan liittyvistä ohjeista ja säädöksistä.
Sisäilmasto	Sisäilmastolla tarkoitetaan niiden rakennuksen ympäristötekijöiden summaa, jotka vaikuttavat ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen. Näitä tekijöitä ovat lämpö- ja kosteusolosuhteet, ilmanlaatu, ääniolosuhteet ja valaistusolosuhteet.
Suhteellinen kosteus RH %	Relative humidity, prosentteina ilmaistava ilmassa olevan vesihöyrynpaineen suhde kyllästyspaineeseen kyseisessä lämpötilassa.
VOC	Volatile Organic Compounds – haihtuvat orgaaniset yhdisteet.

Kapilaarisuus	Nesteen etenemistä pinnan vettymisilmiön seurauksena kapeassa rakenteessa tai putkessa.
HTP	Kyseessä olevan aineen haitalliseksi tunnettu pitoisuus.
ppm	Parts per million – Molekyylien suhde ilmapartikkeleiden määrään miljoonasosina.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Konekomppania Oy:lle tehdyssä opinnäytetyössä tarkastellaan heidän kehittämänsä tuulettuvaa lattiaratkaisua, joka kantaa nimeä Airfloor. Työn tavoitteena on tutkia Airfloor-järjestelmää ja selvittää järjestelmän toimivuutta. Työssä tarkastellaan ja vertaillaan keskenään perinteisiä kosteusongelman korjaamiseen käytettyjä menetelmiä ja Konekomppanian tuulettuvaa lattiaratkaisua.

Tietojen lähteenä tutkimuksessa käytetään erilaisia kirjallisuuslähteitä, useita internet-julkaisuja ja valmistajien omia tuotetietoja.

Työssä käsitellään sisäilmastoa ja yleisimpiä sisäilmaongelmia ja näiden aiheuttajia.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena on tutkia Airfloor-järjestelmän toimivuutta pienoismallin avulla. Tarkoituksena on selvittää, kuinka tehokkaasti Airfloor poistaa ilman mukana kosteutta ja samalla kuivattaa betonilaattaa ja muita maakerroksia. Työssä käsitellään myös muita nykyisin käytössä olevia ratkaisuja alapohjan kosteusongelmien ratkaisuun ja näitä vaihtoehtoja vertaillaan Airfloor-järjestelmään toimivuudeltaan, toteutettavuudeltaan ja kustannuksiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan. Työn tavoitteena on käsitellä ja perehtyä myös Suomen sisäilmaongelmiin ja käsitellä ongelmia, joita Airfloor-ratkaisulla voidaan korjata ja torjua. Yksi työn tavoitteista on antaa Konekomppanian käyttöön tutkimustuloksia Airfloor-järjestelmään liittyen, joiden nojalla tuotteen tietoisuuden lisääminen väestön keskuudessa tulisi olemaan helpompaa sekä tuotetta ja toimintamallia olisi helpompi markkinoida useisiin eri kohteisiin. Työn tarkoituksena on lisäksi rakentaa Konekomppanialle pienoismalli. Pienoismalli toimisi hyvin messuilla ja esittelyissä havainnollistamaan järjestelmän toimivuutta ja toimintaperiaatteita.

1.3 Työn rakenne

Työn alkuosassa käsitellään yleisesti sisäilmastoa ja sisäilmastolle asetettuja mää-
räyksiä sekä mitä kaikkea sisäilmasto pitää sisällään. Alkuosa sisältää tietoa ylei-
simmistä sisäilmaston ongelmista ja samassa käsitellään yleisimmät kemialliset
epäpuhtaudet, jotka vaikuttavat sisäilmastoon. Työn keskivaiheilla käsitellään ylei-
sesti betonia, sen päällystämistä, kuivaamista ja mittaamista. Työn loppupuolella
kerrotaan työn oleellisimmasta osasta eli Airfloor-järjestelmästä yleisesti, sen omi-
naisuuksista ja toimintaperiaatteista. Työn lopussa kerrotaan rakentamastamme
pienoismallista ja sen avulla suoritetusta kuivatuskokeesta ja tuloksista.

1.4 Työn tilaaja

Opinnäytetyön tilaajana ja toimeksiantajana opinnäytetyössä on yritys Kauhajoelta
nimeltään Konekomppania Oy. Yritys on perustettu 14.3.2011 ja yrityksen toimin-
nasta vastaavat toimitusjohtaja Jarmo Hellman sekä yhtiön puheenjohtaja Arto
Tuomi. Konekomppania tarjoaa ensisijaisesti kiinteistöpalveluja sekä yleisagentuu-
ripalveluja. He ovat erikoistuneet erilaisiin rakennustyömaiden työmaapalveluihin, ja
kosteus- ja sisäilmaongelmien ratkaisuun. He tarjoavat ilmanpuhdistimia ja tietysti
Airfloor-järjestelmiä, joista jälkimmäistä tässä opinnäytetyössä pääasiassa käsitel-
lään.

Konekomppania Oy:n tunnusluvut osoittavat kyseessä olevan nopeasti kasvava yri-
tys.

2012/8 Liikevaihto 300 000 €, Henkilöstö lukumäärä 2

2013/8 Liikevaihto 538 000 €, Henkilöstö lukumäärä 14

2014/8 Liikevaihto 653 000 € Henkilöstö lukumäärä 13

(Konekomppania Oy, [viitattu 24.3.2015]; Taloussanomat, [viitattu 24.3.2015].)

2 SISÄILMASTO

Sisäilmastolla tarkoitetaan niiden rakennuksen ympäristötekijöiden summaa, jotka vaikuttavat ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen. Näitä tekijöitä ovat muun muassa lämpö- ja kosteusolosuhteet, ilmanlaatu, ääniolosuhteet ja valaistusolosuhteet.

Sisäilmaan liittyvät terveysongelmat ovat yleisiä Suomen kaltaisissa maissa, joissa vietetään verrattain paljon aikaa sisätiloissa. Ihmiset viettävät noin 90 % elämästään sisätiloissa, jonka vuoksi sisäilmaston laatuun kannattaa todella panostaa. Laadukas sisäilmasto vaikuttaa viihtyvyyteen, mutta sillä on lisäksi tutkittua vaikutusta kansanterveyteen sekä työn tehokkuuteen. Hyvän sisäilmaston tarpeellisuus huomataan yleensä liian myöhään, eli vasta kun sitä ei ole saatavilla ja terveys heikkenee. (Maailman terveysjärjestö WHO, [viitattu 24.3.2015].)

2.1 Rakentamismääräykset

Rakennus täytyy suunnitella ja rakentaa kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Kaikista erityissuunnitelmista vastaavat henkilöt huolehtivat siitä, että suunnitelmat täyttävät osaltaan sisäilmastolle asetetut vaatimukset. Pääsuunnittelijan on huolehdittava siitä, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää sisäilmastolle asetetut vaatimukset. Vastaavan työnjohtajan tehtävänä on huolehtia rakennussuunnitelman, erityissuunnitelmien ja hyvän rakennustavan mukaisesta työn tekemisestä siten, että sisäilmastolle asetetut vaatimukset täyttyvät. (RakMK D2 2012, 5.)

Hanketta suorittava urakoitsija on velvollinen noudattamaan asetettuja viranomaismääräyksiä. Määräysten perustana on maankäyttö- ja rakennuslaki. Kyseistä lakia on täydennetty ja tarkennettu Suomen rakentamismääräyskokoelmalla, joka sisältää lisää määräyksiä ja ohjeita. Kaikki ohjeet eivät ole pelkästään velvoittavia vaan vaihtoehtoiset ratkaisut ovat sallittuja, jos ne täyttävät Maankäytön ja rakennuslain asettamat määräykset. (Merikallio 2009, 42–46.)

Rakennusta suunniteltaessa ja rakennettaessa terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttamiseksi on otettava huomioon rakennukseen vaikuttavat tekijät, joita ovat sisäiset kuormitustekijät, kuten lämpö-, kosteus- ja henkilökuormat. Edellä mainittujen lisäksi huomioitavia ovat myös rakennuksessa tapahtuvat prosessit sekä rakennus- ja sisustusmateriaaleista purkautuvat päästöt. Ulkoisista kuormitustekijöistä huomioon täytyy ottaa sää- ja ääniolot sekä ulkoilman laatu ja muut ympäristötekijät. Sijainti ja rakennuspaikka vaikuttavat myös.

Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttaminen on varmistettava aina, kun suunnitellaan rakennukseen tulevaa lämpö- ja kosteuseristystä ja ikkunoiden ominaisuuksia tai määritellään ilmanpitävyyttä rakennuksen ulkovaippaan, alapohjaan, roiloihin tai tilojen välisiin rakenteisiin. Hyvän sisäilmaston saavuttaminen on varmistettava myös jo valitessa rakennus- ja sisustusmateriaaleja ja suunniteltaessa rakennuksen talotekniikkajärjestelmää ja sen käyttövarmuutta ja tilantarvetta. Sama pätee myös suunniteltaessa rakennustyömaan kosteudenhallintaa, rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden hallintaa ja laadittaessa rakennustyömaan, vastaanoton ja käyttöönoton aikatauluja.

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa.

Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti liian korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa.

Jos sisäilman kosteus ylittää arvon $7\text{ g H}_2\text{O/kg}$ kuivaa ilmaa, kostutetaan huoneilmaa vain painavista syistä esimerkiksi prosessin tai varastoinnin niin vaatiessa. Arvo $7\text{ g H}_2\text{O/kg}$ kuivaa ilmaa vastaa huoneilman tilaa, jossa suhteellinen kosteus on 45 %, kun huonelämpötila on 21 °C ja ilmanpaine on $101,3\text{ kPa}$.

Alhaisesta sisäilman suhteellisesta kosteudesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi vältetään lämmityskauden aikana tarpeettoman korkeita huonelämpötiloja (RakMK D2 2012, 5–8).

2.2 Ilmanlaatu

Rakennus täytyy suunnitella ja rakentaa siten, ettei sisäilmassa esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja. Sisäilman hiilidioksidin pitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on tavallisesti enimmilläänkin 2160 mg/m³ (1200 ppm). Sisäilman laadun suunnittelussa käytettäviä epäpuhtauksien pitoisuusarvoja on esitetty taulukossa 1. Suunnittelun ohjearvot koskevat kuusi kuukautta käytössä ollutta rakennusta, missä ilmanvaihtoa on pidetty jatkuvasti käynnissä käyttöajan ilmanvaihdon ilmavirralla. Pitoisuuksien mittaaminen suoritetaan sosiaali- ja terveysministeriön ohjeiden mukaisesti.

Taulukko 1. Sisäilman epäpuhtauksien enimmäisarvot.

Epäpuhtaus	Yksikkö	Suunnittelun ohjearvo pitoisuus enintään
Ammoniakki ja amiinit	µg/m ³	20
Asbesti	kuitua/cm ³	0
Formaldehydi	µg/m ³	50
Hiilimonoksidi	mg/m ³	8
Hiukkaset PM₁₀	µg/m ³	50
Radon	Bq/m ³	200 (vuosikeskiarvo)
Styreeni	µg/m ³	1

Muiden epäpuhtauksien pitoisuus voi tavanomaisissa tiloissa olla yleensä korkeintaan 1/10 työpaikkojen ilman haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (HTP), kun yksittäisen aineen vaikutus on täysin hallitseva.

Jos ilmassa esiintyy useita haitallisiksi tunnettuja aineita, joiden yhteisvaikutusta ei tunneta, katsotaan hyväksyttävän pitoisuuden ylittyneen, jos

$$\sum_i \frac{C_i}{HTP_1} > 0,1 \quad (1)$$

missä

C_i mitattu yhden aineen pitoisuus

HTP_1 kyseessä olevan aineen haitalliseksi tunnettu pitoisuus

(RakMK D2 2012, 7.)

2.3 Kosteus

Kosteudesta puhuttaessa tarkoitetaan kemiallisesti sitoutumatonta vettä. Vesi voi esiintyä kolmessa eri olomuodossa: kiinteänä, nesteenä tai kaasumaisena. Kosteuden määrä ilmoitetaan painoprosentteina, joka kuvaa aineeseen sitoutuneen kosteuden massan suhdetta kuivan aineen massaan verrattuna. (RT 05-10710 1999, 1.)

2.3.1 Suhteellinen kosteus

Ilman kosteus ilmoitetaan pääsääntöisesti suhteellisena kosteutena (RH %). Suhteellisella kosteudella ilmoitetaan, kuinka paljon prosentuaalisesti ilmassa on vesihöyryä siitä määrästä, joka kussakin lämpötilassa voi olla ilmassa tiivistymättä.

Sisäilman suhteellisen kosteuden raja-arvoja määrittävät seuraavat seikat. Liian kuivassa ilmassa ihmiset alkavat oireilemaan, koska kuiva ilma aiheuttaa hengitysteiden limakalvojen, silmien sidekalvojen ja ihon kuivumista. Liian korkea kosteus taas tarjoaa otolliset olosuhteet ja voi aiheuttaa rakenteissa mikrobikasvua sekä lisätä pölypunkkien esiintymistä. Liian korkea suhteellinen kosteus >45 % edesauttaa pölypunkkien kasvua ja 70–80 %:n kosteudessa kosteusolosuhteet ovat edulliset jo homesientien kasvulle ja pidempiaikainen yli 90 %:n kosteus voi aiheuttaa lahovaurioiden syntyä. (Sisäilmayhdistys, [viitattu 24.3.2015].)

2.3.2 Absoluuttinen kosteus

Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan vesihöyryn massan suhdetta ilman kokonaistilavuuteen verrattuna. Absoluuttinen kosteus ilmoitetaan grammoina vettä kuutiometrissä ilmaa (g/m³). Puu- ja teräsrakennusten lämmöneristys erottaa suuren absoluuttisen kosteuspitoisuuden lämpimän sisäilman kylmästä ulkoilmasta, jonka absoluuttinen kosteuspitoisuus on sisäilmaa alhaisempi. (Tiivistalo.fi 2012, 2.)

Absoluuttinen kosteus (AH) voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$AH = \frac{m_t - m_k}{V_k} = \frac{m_v}{V_k} \quad (2)$$

missä

m_t	kostean aineen massa
m_k	kuivan aineen massa
V_k	kuivan aineen tilavuus
m_v	aineen sisältämän vesihöyryn massa.

2.3.3 Veden kapillaarinen siirtyminen

Vesi siirtyy kapillaarisesti materiaaliin, yleensä veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta materiaalin ollessa kosketuksessa veteen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella sijaitsevaan materiaaliin. Huokosalipaineen vaikutus on materiaalissa jokaiseen suuntaan, joten vesi voi siirtyä kapillaarisesti kaikkiin suuntiin. Kapillaarinen kosteustasapaino on saavutettu silloin, jos kosteus on noussut korkeudelle, missä huokosalipaine ja maan vetovoima saavuttavat tasapainon. Kyseinen tasapainotilanne muodostuu esimerkiksi maanvastaisen lattian alle salaojatorakerrokseen.

Kaikissa tapauksissa kosteustasapaino ei muodostu huokosalipaineen ja maan vetovoiman välille ollenkaan, vaan esimerkiksi seinärakenteissa ilmaan haihtuvan kosteuden määrä vaikuttaa myös siihen, miten korkealle kosteus voi rakenteessa nousta. Tällöin kyseessä on dynaaminen tasapainotilanne kapillaarisesti siirtyvän ja haihtumalla poistuvan kosteuden välillä. Rakenteiden poikkipinta-alalla on tällöin merkittävä vaikutus, koska mitä paksumpi rakenne on, sitä enemmän se voi siirtää kosteutta. Rakenteita ympäröivä ilman kosteus vaikuttaa paljon. Ilman kosteuden ollessa 100 % ilma ei pysty vastaanottamaan rakenteista haihtuvaa kosteutta, joten kapillaarinen siirtyminen rakenteessa jatkuu.

Materiaalien kapillaarinen kosteudensiirtokyky on erilainen eri materiaaleilla. Esimerkiksi tiilen kapillaarinen vedentunkeutumiskerroin on noin kymmenkertainen betoniin verrattuna. Samoillakin materiaaleilla, kuten poltetuilla tiilillä, voi olla todella suuria eroja veden kapillaarisessa siirtonopeudessa, koska materiaalien huokosjakaumat vaihtelevat merkittävästi eri tuotteissa. (Sisäilmayhdistys, [viitattu 25.3.2015].)

2.4 Terveydelle haitalliset epäpuhtaudet

Kosteus- ja homehaitat ovat yksi suurimmista sisäilmaston aiheuttamista haitoista. Sisäilman vuoksi oireilevia ihmisiä on todella paljon, ja siksi voimme puhua erittäin merkittävästä ongelmasta. Arvioiden mukaan jopa 20 000–30 000 ihmistä oireilee jo pelkästään kosteus- ja homevaurioiden takia. Edellä mainittujen lisäksi muiden sisäilman päästöjen on arveltu aiheuttavan ongelmia jopa sadoille tuhansille ihmisille. Ammattitautirekisteriin merkittyjen työperäisten sairauksien lisäksi voidaan vain arvailla muiden työperäisten sairauksien määrää ja kaikkia niiden aiheuttamia taloudellisia kuluja (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 16).

Kosteus- ja homevaurioiden lisäksi sisäilmastossa saattaa olla useita muita terveyttä vaarantavia ongelmakohtia, kuten heikosti toimiva tai suunniteltu ilmanvaihtojärjestelmä, liian kuuma tai kylmä huoneilma, huone- ja eläinpöly, epäpuhtaudet, radon ja rakennusmateriaaleista tulevat päästöt (Haahtela & Reijula 1997, 17).

Sisäilmasto-ongelmat ovat vaikeita tapauksia. Edelleenkin kaikkia sisäympäristön altisteita ei tunneta, eikä kaikille haitallisille aineille ja yhdisteille ole määritetty raja-arvoa. Ihmiset ovat hyvin erilaisia, ja siksi heidän kokemansa ongelmat ovat yksilöllisiä. Toisella ihmisellä pienikin määrä jotain yhdistettä tai epäpuhtautta sisäilmassa saattaa aiheuttaa valtavat oireet ja toinen ihminen ei reagoi tähän mitenkään.

Pitkään kosteina olleissa rakenteissa, mukaan lukien paljaat betonipinnat, esiintyy yleensä aina terveydelle haitallisia mikrobikasvustoja. Terveydelle haitalliset mikrobikasvustot tulee poistaa siten, etteivät siitä erittyvät haitalliset aineet pääse sisäilmaan. Mikrobikasvustoa sisältävät materiaalit tulee poistaa siten, ettei kasvustoa voi syntyä rakenteisiin uudelleen. Edellä mainitut korjaukset ovat raskaita, työläitä ja kalliita. Raskaat rakennuksen sisäpuoliset työt ovat vaikeasti toteutettavia ja korjausaika on verrattain pitkä. Vaihtoehtoisella korjaustavalla, kuten ilmaraon muodostavilla kennolevyrakenteilla, on pystytty torjumaan kosteuden haitallinen vaikutus betonin pintoihin ja sisäilmaan huomattavasti pienemmillä kustannuksilla, vähemmällä korjaustöillä ja lyhemmillä rakennusajoilla. (Sisäilmastoseminaari 2013.)

2.4.1 Homeet

Home on mikrosieni, joka kasvattaa rihmastoja tai itiömassaa. Homesienten itiöitä on joka puolella, ja homeet kuuluvat luonnolliseen elinympäristöön. Ne ovat osa ekologista kiertoa ja elämän ehto. Homeilla voi kuitenkin olla ärsyttäviä ja toksisia vaikutuksia limakalvoihin, ja siksi ne aiheuttavat joskus allergista herkistymistä. (Terveyskirjasto 2014.)

Bakteerit ja homesienet tarvitsevat lisääntyäkseen vähintään 60–70 %:n suhteellisen kosteuden, lisääntymisraja on riippuvainen lajista. Homeet kasvavat, vaikka rakennuksessa ei olisi silmin nähtävää kosteutta. Huoneilman ja rakenteiden liian korkea kosteus johtaa aina terveysriskeihin ja rakennusvaurioihin. (Seppänen & Seppänen 1996, 25.)

Sairauksia aiheuttavia homesienilajeja on paljon, näistä tyypillisimpiä ovat *Aspergillus*-suvun homesienet ja homesienimyrkyt. Useat kosteusvauriokohteissa kasvavat homeet aiheuttavat hengitysteiden limakalvojen, silmien ja ihon ärsytystä. Jotkin

Stachybotrys chartarum -kannat voivat aiheuttaa toksisia ärsytysreaktioita, ja Aspergillus-lajit saattavat allergisoida mutta aiheuttaa myös infektioita. (Terveyskirjasto 2014.)

Kosteus- ja homevauriorakennuksissa syntyy terveystriikki, kun rakenteisiin ja materiaaleihin jääneet mikrobit levittävät sisäilmaan itiöitä, rihmaston osia, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja toksiineja. Sisätiloissa oleskeleva ihminen voi altistua sellaisille aineille, joita ei ole terveen rakennuksen materiaaleissa tai sisäilmassa. Rakennusten homevaurioiden aiheuttamat terveystriikkelit riippuvat yksilön herkkyydestä, mikrobilajeista ja siitä, kuinka voimakasta altistuminen on. (Terveystriikijasto 2014.)

Taulukko 2. Homesienten aiheuttamat hengityselinsairaudet.

Astma
Nuha
Allerginen alveoliitti (homepölykeuhko)
ODTS (orgaanisen pölyn toksinen oireyhtymä)
Allerginen bronkopulmonaarinen aspergilloosi (ABPA)
Aspergillooma
Invasiivinen aspergilloosi

2.4.2 VOC-päästöt

VOC-yhdisteet eli toisin sanoen haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat kaasuja, joita ovat muun muassa aromaattiset hiilivedyt (tolueeni, bentseeni), aldehydit, halogeenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit (etanoli, n-butanoli, propanoli). Yleisimpiä VOC-

yhdisteiden lähteitä ovat sisustus- ja rakennusmateriaalit, pesuaineet ja osa mikrobikasvustoista.

Huoneilman VOC-pitoisuus riippuu monesta eri tekijästä, kuten rakennuksen iästä, VOC-yhdisteitä sisältävien materiaalien määrästä, liikenteestä, teollisuusrakennuksista, ilmanvaihdosta, huoneen lämpötilasta ja kosteudesta. Materiaalit luovuttavat enemmän päästöjä huoneilmaan kastuessaan tai lämmitessään. Materiaalipäästöt ovat korkeimmillaan vasta valmistuneissa rakennuksissa. Yleensä päästöt laskevat normaalitasolle noin puolessa vuodessa rakennuksen valmistumisen jälkeen, mikäli asunnon ilmanvaihto toimii oikein.

VOC-yhdisteitä on olemassa useita satoja erilaisia. Jokainen yksittäinen yhdiste jo yksinään voi olla vaarallinen, mutta varsinkin useamman yhdisteen yhteisvaikutuksen epäillään olevan terveydelle vaarallista. Yleisimpiä yhdisteistä johtuvia terveyshaittoja ovat silmien ja limakalvojen ärsytysoireet sekä päänsärky.

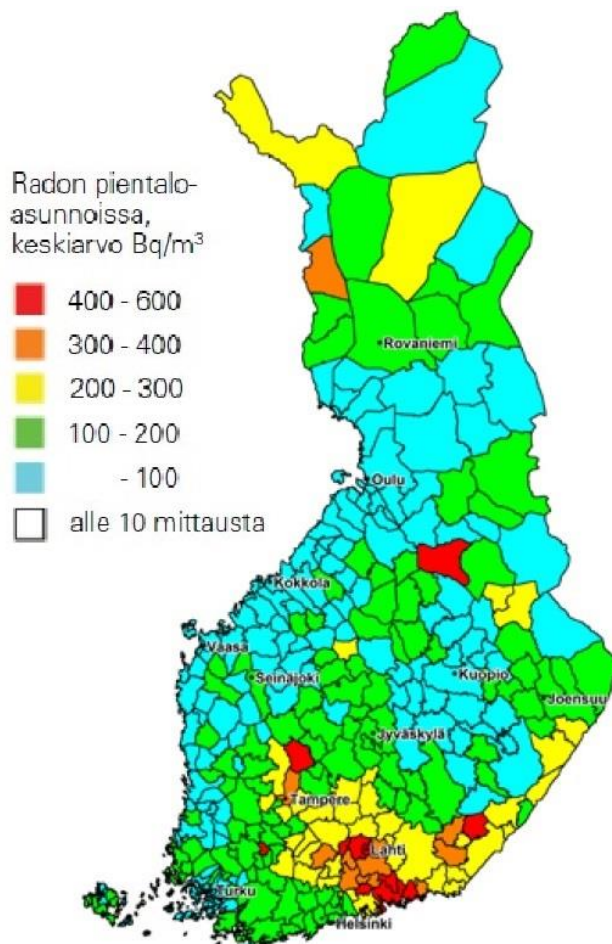
Sisustusmateriaaleista lähtevät VOC-ongelmat saadaan poistettua parhaiten poistamalla päästöjä aiheuttava tavara sisätiloista. Pesuaineet, jotka aiheuttavat selviä hajuhaittoja, suositellaan vältettävän. Lievät rakennusmateriaaleista johtuvat VOC-ongelmat ovat usein ratkaistavissa ilmanvaihdon tehostamisella, jolloin haitallisten yhdisteiden pitoisuudet laimenevat. Päästöjen lähteen kapselointia sekä tuulettamista on käytetty korjauskeinona. Pahimmissa tapauksissa VOC-päästöistä päästään eroon vain pinnoitteiden ja tasoitteiden poistamisella. (Hengitysliitto, [viitattu 24.3.2015].)

2.4.3 Radon

Radon on väritön ja hajuton radioaktiivinen jalokaasu, jota syntyy radiumin hajoamistuotteena. Radonia ei pystytä aistinvaraisesti aistimaan, sen olemassaolo voidaan selvittää ainoastaan erikoismittareiden avulla. Radioaktiivisuuden mittayksikkö on becquerel (Bq), joka tarkoittaa yhden atomin hajoamiseen kuluvaa aikaa sekunteina mitattuna. Sisäilman radonpitoisuus ilmoitetaan becquereleinä kuutiometrissä ilmaa (Bq/m^3). Radon on kaasu ja pääsee siksi helposti kulkeutumaan maaperän läpi ja kallion rakoja pitkin. Rakennuksen huoneilmaan radon kulkeutuu

rakennuksen alla olevasta maaperästä, talousveden käytön yhteydessä vapautuvasta radonista ja vähäisessä määrin rakennusmateriaaleista erittymällä. Suomalaisen pientalojen suurimpia radonlähteitä ovat maaperä ja täytesora, joista radon pääsee virtaamaan perustusten kautta asuntoon.

Radon on ihmiselle vaarallista, koska ilmassa leijuvat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat keuhkoihimme ja tarttuvat keuhkojen sisäpinnalle, missä ne lähettävät alfasäteilyä, joka lisää keuhkosyöpäriskiä. Suomessa todetaan vuosittain noin 2000 keuhkosyöpätapausta ja näistä radonin osuuden arvioidaan olevan noin 300. Radon ei nykytietojen mukaan aiheuta muita terveyshaittoja ja siksi ei yleensä tarpeeksi aikaisin tiedosteta altistumista radonille.



Kuvio 1. Säteilyturvakeskuksen radonmittaukset 119 000 pientalosta.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen (n:o 944/92) mukaan asunnon huoneilman radonpitoisuus ei saa ylittää arvoa 400 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m³). EU-direktiivin 2013/59/Euratom seurauksena enimmäisarvo alennetaan vuoteen

2018 mennessä 300 Bq/m^3 tai sen alapuolelle. Uudet asunnot täytyy suunnitella ja rakentaa siten, ettei radonpitoisuus ylitä arvoa 200 Bq/m^3 . Edellä mainitut enimmäisarvot ovat radonpitoisuuden vuosikeskiarvoja. Huoneilman radonpitoisuus mitataan radonmittauspurkeilla. Suomessa on noin 60 000 asuntoa, joissa radonpitoisuuden enimmäisarvo 400 Bq/m^3 ylittyy ja yli 200 000 asunnossa ylittyy 200 Bq/m^3 :n arvo. Luotettavan lopputuloksen saamiseksi mittaus suoritetaan yleensä kahdella mittauspurkillä asunnon eri huoneissa ja/tai kerroksissa. Pienemmissä asunnoissa riittää, kun mittaus suoritetaan yhdellä purkillä. Suositeltu mittausaika on vähintään kaksi kuukautta ja mittausajankohta marraskuun ja huhtikuun välisenä aikana, koska radonpitoisuudet ovat yleensä talvella korkeampia kuin kesällä. (Stuk, [viitattu 24.3.2015].)

3 BETONI

Betoni koostuu kiviaineksesta, sementistä, vedestä, lisäaineista ja muista sidosaineista. Betonin kiviaineksena on suomalainen luonnon kiviaines. Betonissa tulee käyttää mahdollisimman puhdasta vettä, veden olisi hyvä olla juomakelpoista eikä se saa sisältää orgaanisia epäpuhtauksia. Betonia valmistettaessa voidaan käyttää monenlaista sementtiä. Sementin valmistukseen käytetään masuunikuonaa, kalkkikivijauhetta tai kalkkia. (Sisäilmastoseminaari 2014.)

3.1 Päälyste- ja pinnoitemateriaalien kosteusraja-arvot

Mikrobien kasvun kannalta välttämätöntä on saada vettä ja ilman suhteellisen kosteuden täytyy lisäksi olla yli 70 %, vain tällöin homeiden kasvu on todennäköinen. Materiaalin paikallinen kosteus vaikuttaa mikrobien kasvuun enemmän kuin suhteellinen kosteus. Mikrobit voivat käyttää ravinnokseen lähes mitä tahansa orgaanista ainetta, joten siksi pintojen puhdistaminen ennen betonin pinnoittamista on äärimmäisen tärkeää.

Rakenteellisesti tärkeää betonia valittaessa on huomioida sen työstettävyys, lujuus ja sen käyttäytyminen kuivuessaan. Betonin tulisi olla lujuudeltaan sopiva pinnoittamista varten. Tuotannolliselta kannalta betonin valinnassa kannattaa ottaa huomioon betonimassan tiivistettävyys, valettavuus, ulkoiset olosuhteet ja kuivumiseen kuluva aika. Päälystettävää betonilattiaa valittaessa kannattaa kiinnittää huomiota vetolujuuskestävyyteen, kutistumiseen ja kuivumisnopeuteen. Betonin valinta kannattaa siis tehdä huolellisesti, koska valinnalla on merkitys massan valmistusvaiheesta betonipinnan jälkihoitoon asti. (Pärnänen 2011, 11.)

Alusbetonin päälystyshetki asettaa kosteudelle omat vaatimuksensa. SisäRYL 2000 -julkaisun ohjeiden mukaisesti (SisäRYL2000, 332) betonialustan kosteus tulee mitata suhteellisena kosteutena Rakennustietosäätiön julkaiseman ohjekortin RT 14–10675 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus mukaan. Ohjeessa mainitaan kuitenkin, että on ensisijaisesti sovellettava alustan kosteuden enimmäisarvoissa päälysteen, verhoustarvikkeen tai maalin valmistajan ohjetta.

Ristiriita ohjeisiin syntyy siitä, että valmistajalla voi olla eri ohjearvot samoille tuotteille (Merikallio 2009, 36–38).

Taulukko 3. Betonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot pinnoitushetkellä SisäRYL 2000 mukaan.

Päällysmateriaali	Enimmäisarvo
Alustaan liimattava lautaparketti (ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä)	60 %
Mosaiikkiparketti	80 %
Kelluva lautaparketti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %
Laminaatti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %
Huopa ja solumuovipohjaiset muovimatot	85 %
Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa	90 %
Kumimatot	85 %
Linoleumi	90 %
Tekstiilimatot, joissa alusrakenne	85 %
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90 %
Muovilaatat	90 %

Kaikkien edellä mainittujen rakennusmateriaalien kohdalla edellytetään myös, että betonin suhteellinen kosteus rakenteen pintaosissa syvyydellä 1–3 cm on alle 75 %.

3.2 Kuivuminen

Betonia valmistettaessa kuluu runsaasti enemmän vettä kuin mitä sementin ja veden sitoutumiseen todellisuudessa tarvitaan. Betonimassan saaminen työstettävään kuntoon vaatii kuitenkin runsaasti ylimääräistä vettä. Betoni tarvitsee lisää vettä myös sitoutumiseen. Ylimääräisen veden haihtuminen betonista on kuitenkin tapahduttava, ennen kuin betoni on mahdollista pinnoittaa.

Betonin kuivumiseen vaikuttaa usea eri asia, kuten:

- betonin vesi-sementtisuhde
- lämpötila
- rakennuksen suhteellinen kosteus eli RH %
- lattiarakenne.

Suurin osa betonin sisältämästä kosteudesta on betonin valmistukseen käytettyä vettä, mutta vaikutusta on myös rakennusaikaisilla olosuhteilla ja maanvastaisissa rakenteissa myös maaperän kosteudella.

Betonin pinta on ehdottoman tärkeää pitää puhtaana, että mikään ei estä kosteuden luonnollista haihtumista.

Kuivuminen on nopeinta aluksi betonilaatan pinnasta ja tätä haihtumista tapahtuu heti valamisen jälkeen. Aluksi kosteuden siirtyminen betonissa tapahtuu kapillaarisesti, jolloin vesi kulkeutuu kohti pintaa imeytymällä. (Haistahome, [viitattu 24.3.2015].)

Sen jälkeen betonin pinta yrittää saavuttaa tasapainokosteuden ympäristönsä kanssa ja haihduttava rintama pureutuu syvemmälle betoniin. Tässä vaiheessa kosteus kulkeutuu vesihöyrynä diffuusion avulla lähemmäs betonin pintaa. (Haistahome, [viitattu 24.3.2015].)

Mitä syvemmältä betoni kuivuu, sitä hitaammaksi kuivuminen käy ja mitä paksummasta betonirakenteesta on kyse, sitä kauemmin kuivuminen kestää (Haistahome, [viitattu 24.3.2015]).

Kuivumisen viimeisin vaihe on, kun kosteus siirtyy vesihöyrynä betonin huokosia pitkin kohti betonin pintaosia. Betonin kuivuminen on todella hidasta ja lopullisen tasapainokosteuden saavuttaminen saattaa kestää jopa vuosia. Betonin pinnoittaminen tukkii betonin pinnan huokosia ja hidastaa kuivumista entisestään. (Haistahome, [viitattu 24.3.2015].)

Betonin kuivumisajalla on todella suuri merkitys työmaan aikataulutuksessa ja täydellistä olisikin, että kuivumisen voisi määritellä tarkalleen työmaan aikataulun suunnitteluvaiheessa. Suomen vaikeat sääolosuhteet hankaloittavat betonin kuivumisen ennustamista ja siksi kosteuden mittaamista kehitetään jatkuvasti. (Haistahome [viitattu 24.3.2015].)

3.3 Mittaus

Ainut tapa varmistua betonilattian kuivumisesta on mitata betonilattian suhteellinen kosteus. Suhteellisen kosteuden mittaustavat on mahdollista jakaa kahteen eri kategoriaan, tarkkoihin ja suuntaa antaviin mittauksiin.

Tarkkoja mittausmenetelmiä ovat ainoastaan porareikämittaus sekä näytepalamittaus. Kummatkin edellä mainituista ovat betonia rikkovia menetelmiä ja siitä johtuen varsin työläitä. Ennen mittauksia mittauksen suorittajan tulee selvittää mittapisteen ja tehdä niistä mittaussuunnitelma. (RT 14–10984 2010, 3–6.)

Suuntaa antaviin mittausmenetelmiin kuuluvat muun muassa seuraavat menetelmät:

- mittaukset pintakosteusmittarilla
- mittaus putkittamattomasta reiästä
- mittaus valuun asennetusta mittaputkesta
- jatkuva mittaus betonin sisällä olevilla antureilla.

(RT 14–10984 2010, 3–6.)

Suhteellista kosteutta mittaamalla on tarkoitus selvittää, kuinka paljon betonissa on jäljellä kosteutta ympäristöön suhteutettuna. Suhteellinen kosteus on oltava tiedossa, jotta voidaan päättää, milloin betonipinta on valmis pinnoitettavaksi. Monille eri pintamateriaaleille on annettu kosteusraja-arvoja, joita noudattaen betoni tulee pinnoittaa. (Huovanainen 2012, 13.)

Suhteellista kosteutta mitattaessa tuloksiin vaikuttavat mittauslaitteen tarkkuus, mittauslaitteen kunto, kalibrointi sekä mittausolosuhteet. Edellä mainittujen lisäksi myös mittaajan ammattitaidolla on suuri rooli mittauksissa ja etenkin tulosten analysoinnissa. (Huovanainen 2012, 14.)

Sisäilmaan kosteuden vaikutuksesta pääsevät emissiot johtuvat enimmäkseen rakenteiden pintakäsittelyyn ja päällystykseen käytettyjen aineiden päästöistä eikä niinkään pohjabetonista. Tämän takia on äärimmäisen tärkeää noudattaa suhteellisen kosteuden ohjearvoja. (Sisäilmastoseminaari 2014.)

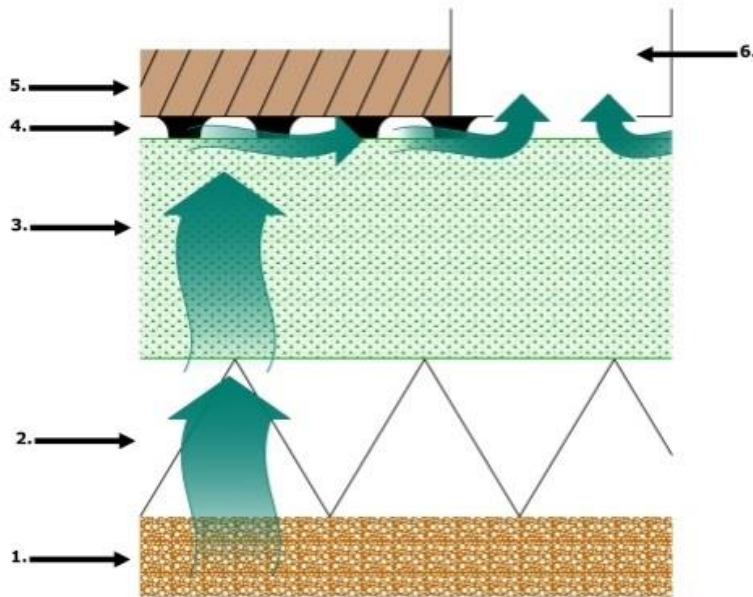
4 AIRFLOOR

4.1 Airfloor-järjestelmä

Airfloor on kosteus- ja sisäilmaongelmien ratkaisuun kehitetty tuote. Tuulettuvaa lattiarakennetta on kehitetty Ruotsissa jo 1980-luvun alussa, mutta Airfloor-tekniikan jatkojalostustyö on suoritettu Suomessa ja tuote on lanseerattu markkinoille vuonna 2004. Airfloor-järjestelmää voidaan käyttää ja asentaa sekä saneeraus- että uudiskohteisiin. Järjestelmä on kehitetty ratkaisuksi eritoten vanhempien rakennusten maanvaraisten laattojen yleiseen ongelmaan, joka on kosteuden nousu laatan läpi. Vanhojen laattojen kapilaarikatkot ovat puutteellisia ja mahdollistavat kosteuden nousemisen alemmista maakerroksista aina laatan läpi rakennukseen. Järjestelmää voidaan asentaa sekä seiniin että lattiaan. Kosteus tarjoaa otollisen kasvualustan useille mikrobikasvustoille, joiden seurauksena saattaa olla pahoja sisäilmaongelmia. Airfloor-kennolevyrakenteella voidaan ratkaista kosteudesta johtuvat ongelmat ilman massiivisia purku-, massanvaihto- ja rakennustöitä. (Airfloor, [viitattu 27.3.2015]; Airfloor - tuulettuvat rakenneratkaisut.)

4.2 Toimintaperiaate

Airfloor-järjestelmän toimintaperiaate on alipaineistettu ilmahuuteleva kennolevyrakente. Kennolevyrakenteessa muodostuva ilmavirtaus sitoo kaasumuodossa purkautunutta kosteutta ja muita laatan alta purkautuvia epäpuhtauksia ja kuljettaa ne poistoilman mukana pois rakennuksesta. Kennolevyn ilmarakoon muodostettavan alipaineen vaatima poistoilmavirta määritellään jokaiseen kohteeseen erikseen kennolevykentän pinta-alan mukaisesti. Kennolevyjen asennuksen jälkeen mitataan toteutunut kentän alipaineisuus sekä poistoilmavirta. Mittausten mukainen kennolevyrakenteen kautta poistuva ilmavirta lasketaan ja ilmoitetaan m³/h. Kennolevyrakenteen alla olevan tilan ilmanvaihtokertoimen tulee olla 30 krt/h. Poistoilmamäärä ilmoitetaan l/s. (Airfloor, [viitattu 27.3.2015]; Airfloor - tuulettuvat rakenneratkaisut.)



Kuvio 2. Airfloor-kennolevy rakenteessa.

Airfloor rakenteen toimintaperiaate

1. Vanhan pohjalaatan päälle asennettava tasauskerros 40-300mm riippuen vanhan rakenteen eristekorkeudesta Leca-sora tai Vaahtolasi.
2. EPS (Styrox) eristekerros 50-100mm, ei toimi höyrynsulkuna vaan päästää kosteuden purkaantumaan ylöspäin.
3. Raudoitettu uusi pintalaatta 70mm tai jos kyse on uudiskohteessa valettu betonilaatta.
4. 7mm korkea Airfloor kennolevyrakenteeseen johon järjestetään koneellinen tuuletus niin että kenttä on kokonaan alipaineinen. Tällä varmistetaan että ilma liikkuu vain yhteen suuntaan eli ulos rakennuksesta. Ilmatilavuus on 5 litraa per neliö, ilman vaihtuvuus mitoitetaan niin että koko kentän ilmamäärä vaihtuu yli 30 kertaa tunnissa. Kaikki kosteus (ja muut kaasut) poistuvat tämän ilmatilan kautta, uuden valetun laatan kuivuminen, alapohjasta nouseva kapilaarinen kosteus, radon jne.
5. Airfloor-kentän päälle asennettu lattian runkokerros esimerkiksi 22mm pontattu lastulevy, tasoitevalu tai muu vastaava kantava kerros. Tähän kerrokseen voidaan asentaa haluttaessa myös lattialämmityksen putkisto.
6. Poistoputkisto normaalia ilmastointiputkea kuten kaikki muutkin osat joita Airfloorin ilmanvaihdossa käytetään.

Kuvio 3. Airfloor-järjestelmän toiminta-/asennusperiaate.

4.2.1 Asennus

Aluksi lattian pintarakenteet puretaan betonipinnoille saakka. Tasoitetun ja hiotun betonipinnan päälle asennetaan Airfloor-kennolevy, joka tiivistetään, jotta betonin ja kennon väliin muodostuu yhtenäinen ilmatila. Lattia tai maanalainen seinä päällystetään tiiviiksi Airfloor-kennolevyllä ja betonilaatan/betoniseinän ja kennolevyn väliin alle senttimetrin korkuiseen ilmatilaan aiheutetaan alipaine järjestelmään asennettavalla puhaltimella. Kennolevyrakenteeseen asennetaan paineistettavasta pinta-alasta riippuen tarpeellinen määrä ilmanottoaukkoja huonetilaan, joiden kautta kennolevyn ja betonipinnan väliseen tilaan johdetaan korvausilmaa poistettavan ilman tilalle. (Airfloor, [viitattu 27.3.2015]; Airfloor - tuulettuvat rakenneratkaisut.)

4.3 Energian kulutus

Kennolevyn luoma tuulettuva tila betonilaatan ja kennolevyn pinnan välissä on vain 7 mm korkea. Tuulettuvaan tilaan on aiheutettu alipaine puhaltimella koko lattian pinta-alalle ja puhaltimella taataan ilman liikkuminen ainoastaan yhteen suuntaan, eli ulos rakennuksesta. Lattian ilmatilavuus on 5 l/lattia² ja ilman vaihtuvuus tulee mitoittaa niin, että koko kentän ilmamäärä vaihtuu vähintään 30 kertaa tunnin aikana. Tällöin se tarkoittaa neliön suuruisella alueella liikkuvan tunnin aikana vähintään 150 litraa ilmaa. (Airfloor, [viitattu 27.3.2015]; Airfloor - tuulettuvat rakenneratkaisut.)

Vuonna 2010 uudet omakotitalot olivat keskimäärin 144 m²:n kokoisia ja kaikkien asuntojen keskipinta-ala on Suomessa 79,5 m² (Tiihonen 2011). 144 lattiapinta-alan omakotitalossa koko lattian suuruinen Airfloor-kenttä tarvitsisi puhaltimen, joka liikuttaa ilmaa 6 l/s ja 79,5 lattiapinta-alan asunto puolestaan 3,31 l/s. 100 mm:n kanavapuhallin on täysin riittävä ja liikuttaa kevyesti näitä ilmamassoja. Airfloor-kennolevyjärjestelmää on mahdollista käyttää myös kellareiden seinissä, joiden läpi on mahdollista purkautua kosteutta ja emissioita. Käsitellään vielä samaa 144 m²:n keskimääräistä omakotitaloa. Kuvitellaan, että talossa olisi 3 metriä korkea kellaritila ja lattian lisäksi myös seiniin asennettaisiin kennolevyt. Seinien ja lattian pinta-ala yhteensä olisi noin 300 m². Tällaisessa tapauksessa liikutettava ilmamäärä olisi noin

12,5 l/s ja tämä onnistuisi vielä helposti pienimmällä mahdollisella kanavapuhaltimella eli laskennassakin käytetyllä 100 mm:n puhaltimella.

Yleisimpiä kanavapuhaltimia ovat FläktWoods- ja Östberg-valmistajien puhaltimet. Edellä mainittujen valmistajien 100 mm kanavapuhaltimien tehot liikkuvat 34 ja 41 W:n välimaastossa. Airfloor-järjestelmässä puhaltimen tulee olla käynnissä koko ajan eli 8760 tuntia vuodessa. (FläktWoods Oy, [viitattu 31.3.2015]; Taloon.com, [viitattu 31.3.2015].)

Vuoden aikana käytetty kilowattituntimäärä voidaan laskea kaavalla (3). Fläktwoodsin puhallin kuluttaa siis vuoden aikana 298 kWh ja Östbergin vastaava tuote 359 kWh. Vuonna 2013 keskimääräinen sähkönhinta Suomessa oli 15,6 snt/kWh ja hinta pitää sisällään myynnin, siirron ja verot (Kauppalehti.fi, [viitattu 31.3.2015]). Sähkölaitteen kuluttama sähkö euroina voidaan laskea kaavalla (4). Näillä 15,6 snt/kWh:n hinnoilla FläktWoodsin puhaltimen jatkuva käyttö vuoden ajan maksaisi 46,5 € ja vastaavasti Östbergin puhaltimen pyörittäminen vuoden ajan tulisi kustantamaan 56 €.

Energiankulutus kullekin ajanjaksolle voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$E = P * t \quad (3)$$

missä

E energian kulutus aikajaksona (kWh)

P ottoteho (kW)

t ajanjakson pituus (h)

Sähkölaitteen tarvitsema sähkön määrä euroina mitattuna voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$H = E * E_h : 100 \quad (4)$$

missä

E	energian kulutus aikajaksona (kWh)
E_h	energian hinta (snt/kWh)
H	laitteen kuluttama sähkön hinta vuodessa (€)

Airfloor-järjestelmä kuljettaa yhden neliön alueelta ulos tunnissa 150 litraa ilmaa ja 24 tuntia vuorokaudessa käydessään se tarkoittaa 1 314 000 litraa vuodessa. Keskimääräisen asunnon lattiapinta-alalla (79,5 m²) se tarkoittaisi 104 463 000 litraa vuodessa. Keskikokoisen uuden omakotitalon (144 m²) kohdalla vastaava vuosimääräinen litramäärä olisi 189 216 000.

Suomen keskimääräinen ulkolämpötila on 0 ja +5 °C välillä, riippuen missä päin Suomea tarkasteltava kohde sijaitsee (RakMK D5 2007, 56). Airfloor-järjestelmän poistaman ilman tilalle täytyy rakennukseen tuoda korvausilmaa ja sen lämmittäminen tavanomaiseen huonelämpötilaan (21 °C) kuluttaa energiaa. Ilmaa täytyy lämmittää 21–16 °C, jos verrataan normaalia sisälämpötilaa keskimääräiseen ulkolämpötilaan. Korvausilman lämmittämiseen kuluva energia on mahdollista selvittää kaavan (5) avulla. Asunnon yhden neliön alueen ilmamäärän lämmittämiseen kuluu energiaa 0,03383645–0,02578015 MJ eli 0,0094–0,0072 kWh. Keskimääräisen asunnon (79.5 m²) Airfloor-järjestelmän käyttämän vuotuisen ilmamäärän lämmittämiseen kuluisi siis energiaa 0,57–0,75 kWh ja keskikokoisen uuden omakotitalon (144 m²) kohdalla vastaava luku olisi 1,03–1,35 kWh.

Ilman lämmittämiseen kuluva energia voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$Q = m * c * \Delta T \quad (5)$$

missä

Q	lämpöenergia (J)
m	aineen massa (kg)
c	aineen ominaislämpökapasiteetti (J/kg°C)
ΔT	lämpötilan muutos (°C)

Massavirta saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$q_m = \rho * q_v \quad (6)$$

missä

q_m	massavirta (kg/s)
ρ	tiheys (kg/m ³)
q_v	tilavuusvirta (m ³ /s)

4.4 Kennolevyn valmistaja

Airfloor-järjestelmässä käytetyn kennolevymaton valmistajana toimii saksalainen yritys Dörken GmbH & Co. KG, joka on yksi Euroopan johtavista rakennusalan materiaalityöntekijöistä. Noin 270 ihmistä työllistävä Dörken on toiminut alalla jo yli 40 vuoden ajan. Dörkenin valmistamat tuotteet kulkevat DELTA-tuotemerkin nimellä ja heidän tuotteillaan on laaja levinneisyys ympäri Eurooppaa. Dörkenin valmistaman tuotteen Suomeen Konekompanialle toimittaa ruotsalainen yritys Fuktspärsteknik AB, joka on yksi Dörkenin eurooppalaisista alihankkijoista. (Dörken GmbH & Co. KG, [viitattu 27.3.2015].)

4.5 Edut

Tuulettamalla kennolevyrakenteella saavutetaan uudiskohteissa nopeammat rakennusajat, koska betonilaatan kuivumista ei tarvitse odottaa vaan betonilaatta saa jatkaa luonnollista kuivumistaan kennolevyn alla. Kennolevyrakenteella voidaan torjua riski riittämättömän kuivumisen mahdollisesti aiheuttamista sisäilmahaitoista, koska päälylystetty rakenne saa jatkaa kuivumistaan kennolevyn alla pinnoitteen asentamisen jälkeen. Airfloor-lattiarakenteen asentaminen on todella helppoa perinteiseen betonilattian kosteusongelmien korjaamiseen verrattuna. Rakenteessa käytettävän kennolevyn materiaalitakuu on 50 vuotta. Perinteisessä menetelmässä lattialaatta joudutaan purkamaan ja laatan alapuoliset maakerrokset vaihtamaan ja uuteen laattaan rakennetaan nykymääräysten mukaiset kapillaarikatkot. Edellä mainitun korjaustavan keskimääräiset neliöhinnat liikkuvat noin 1300–1500 euron välillä ja rakennusaika on pitkä eli puhutaan kuukausista. Airfloor-kennorakenteen asennus ja materiaalien yhteishinta on kohteesta riippuen 350–450 euroa ja rakennusajoissa kyse on viikoista. Tuotteen asennus on nopeampaa kuin kilpailijoilla ja hinta on selvästi edullisempi. Olemassa olevia alusrakenteita ei tarvitse purkaa, ainoastaan pintarakenteet poistetaan betonipinnoille saakka. Tuotettu lämpöenergia saadaan tehostetusti käyttöön, koska lämmin huoneilma kiertää Airfloor-järjestelmän vuoksi myös lattiapinnan alla. Airfloor sopii yhteen kaikenlaisten alus- ja pintamateriaalien kesken ja lattiarakenteen pintaan tai alle voidaan halutessaan asentaa myös lattialämmitys. Tuote on ergonominen, joten se sopii asennettavaksi myös urheiluhalleihin. Kennolevyrakenteella saadaan lisättyä rakenteiden lämpöeristystä ja äänenvaimennusta. Kennolevyrakenne voi ratkaista monta ongelmaa ja se soveltuu niin kosteus-, radon- kuin homeongelmien hallintaan, joten sen avulla saadaan parannettua monella tapaa sisäilman laatua. Kennolevyrakenne on vain 7 millimetriä korkea ja lattian pintarakenteen kanssa Airfloor-ratkaisu korottaa lattiaa yhteensä vain noin 30 millimetriä. (Airfloor, [viitattu 27.3.2015]; Airfloor - tuulettuvat rakenneratkaisut.)

5 AIRFLOOR KUIVATUSKOE

5.1 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena oli selvittää Airfloor-järjestelmän toimivuutta ja mitata, kuinka tehokkaasti Airfloor poistaa ilman mukana kosteutta ja samalla kuivattaa betonilaattaa ja muita maakerroksia. Tarkoituksena oli rakentaa pienoismalli, joka sisältää maakerrokset sekä betonilaatan ja tämän päälle asennetun Airfloor-kennolevyn ja -järjestelmän. Tutkimuksen tavoitteena on tutkia kosteus- ja lämpötila-antureilla lattian betonilaatan kuivumista ja käyttäytymistä. Tavoitteena on selvittää, millaista hyötyä ratkaisulla voidaan saada rakennusten sisäilmaongelmiin ja voidaanko kennolevyratkaisulla lyhentää betonilaatan kuivumisaikaa ja näin ollen myös rakennusaikoja.

5.2 Rakenne

Aluksi oli suunniteltava, millainen pienoismalli tulee rakenteeltaan olemaan ja mitä maakerroksia pienoismalliin tarvitaan. Piirrettiin mallista kuvat, joista käy ilmi pienoismallissa käytetyt maakerrokset ja pienoismallin mittakaavat. Pienoismallin aiheiksi valittiin iso muovinen vesisäiliö, joka sopi tarkoitukseen hyvin. Hankittiin myös pienoismalliin tarvittavat maakerrokset ja muut komponentit, kuten kosteusanturit, puhaltimen ja mittalaitteet. Järjestelmässä käytettiin puhaltimena tietokoneen tuuletinta, jolla saatiin jopa liian suuret ilmamäärät liikkumaan. Kosteusantureina oli Vigilan Humi 1-kosteusantureita, jotka upotettiin betonilaattaan eri syvyyksille. Antureiden lisäksi meillä oli betonilaatassa 20 millimetrin syvyinen porareikä, mistä antureille vertailukohtaan mitattua.

5.2.1 Kosteusanturit

Pienoismallissa käytettiin Humi-Control-Systemin rakennekosteuden seurantajärjestelmää, joka on tarkoitettu märkätilojen kosteuden seurantaan. Järjestelmän valmistaja on Vigilan Oy. Humi-Control-System®-mittausjärjestelmä perustuu piirilevy-

antureihin, jotka sijoitetaan rakenteisiin joko rakennusvaiheessa tai korjausrakentamisen yhteydessä. Erillisellä lukulaitteella pystytään lukemaan anturien ympäristön kosteustila tunkeutumatta rakenteisiin tai rikkomatta niitä lainkaan.



Kuvio 4. Vigilant Humi 1-kosteusanturit.

Rakenteeseen pysyvästi jäävät Humi-kosteusanturit mitataan langattomasti Humi D-lukulaitteella suoraan betonilaatan läpi. Lukulaitteessa on muistitilaa 250 mittaus-tiedolle, jotka ovat siirrettävissä PC:lle.

Rakenteen suhteellinen kosteus pystytään mittaamaan luotettavasti:

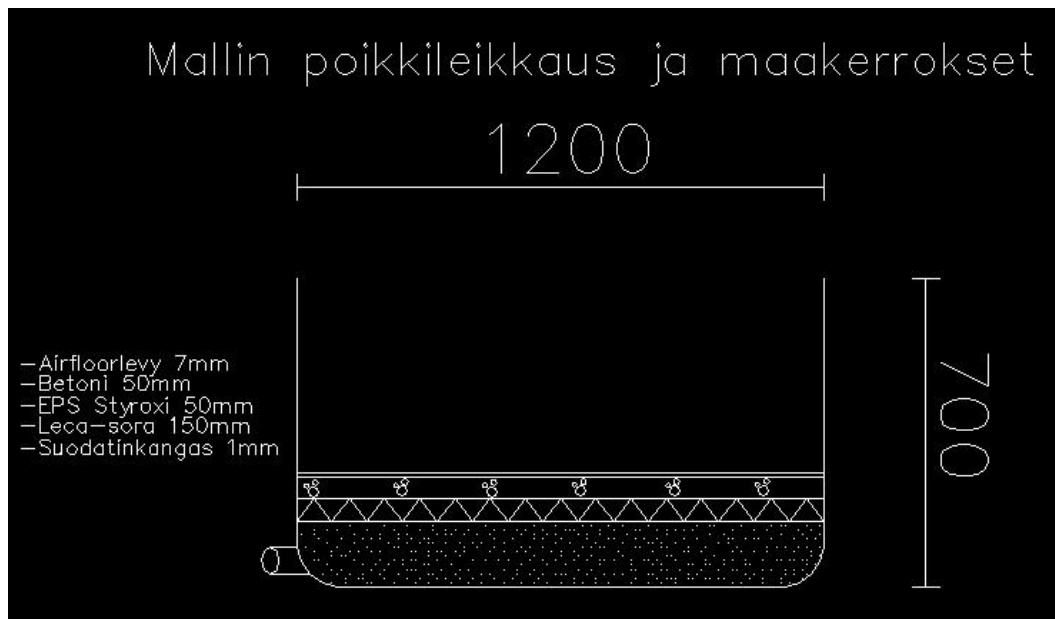
- +/- 3 RH % tarkkuudella
- kosteusalueella 65 - 98 RH %
- lämpötilan ollessa + 5 - 35 °C
- aina 5 cm:n syvyyteen saakka.



Kuvio 5. Vigilan Humi-D-kosteusmittari.

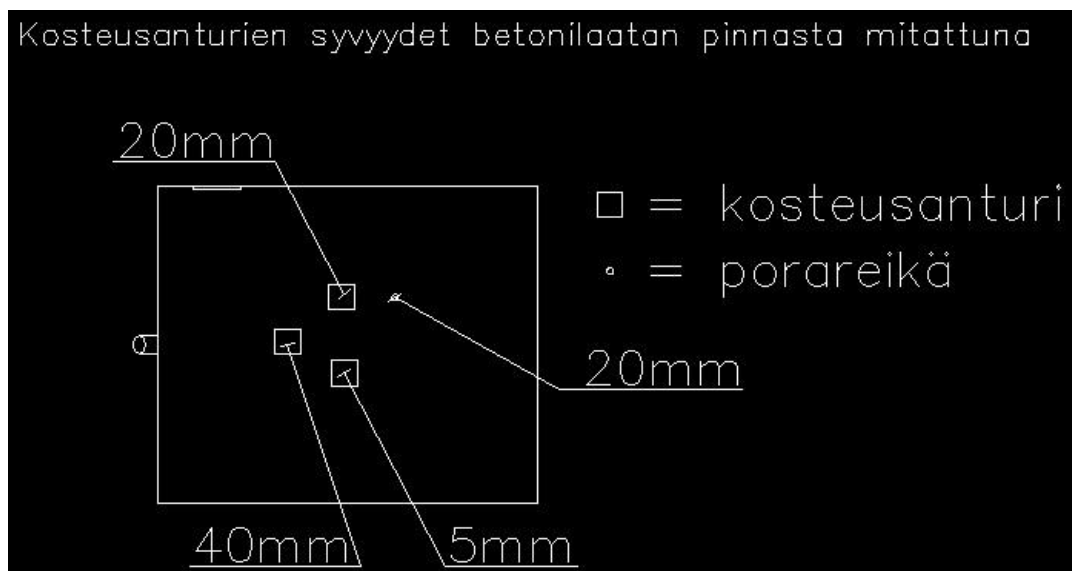
Humi-antureiden asennusohjeessa mainitaan, että kahden anturin välinen minimietäisyys on oltava 150 mm ja asennuslämpötila vähintään +5 °C. Anturien asennussyvyys lopullisesta valmiista pinnasta saa olla korkeintaan 50 mm. (RT X68-36791 2004, 1–2.)

5.2.2 Pienoismallin piirustukset



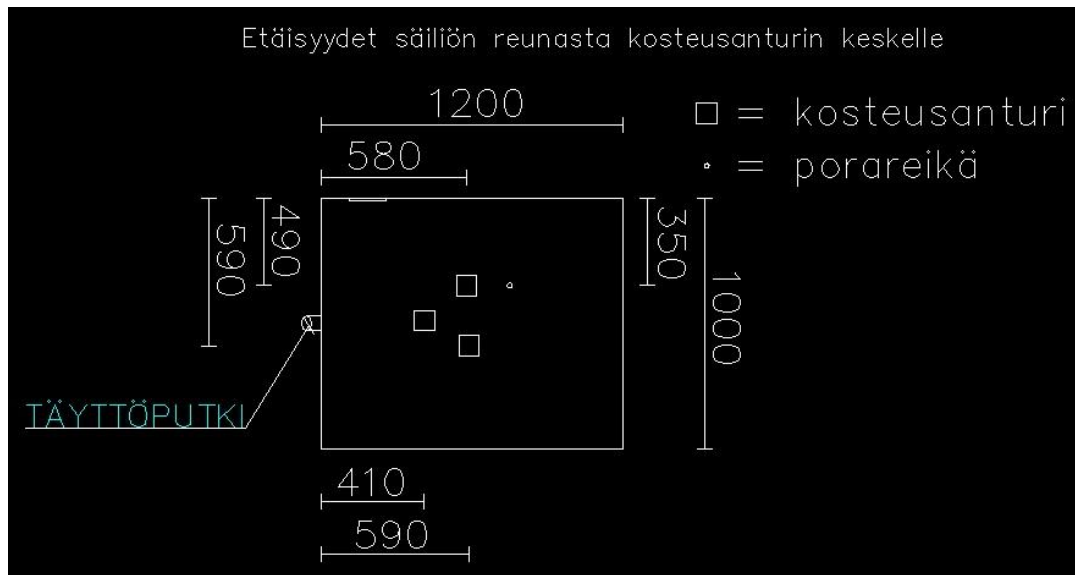
Kuvio 6. CADS:lla piirretty havainne kuva pienoismallin maakerroksista ja mittasuhteista.

Ylimmästä kuvioista (kuvio 6) käy ilmi pienoismallissamme käytetyt maakerrokset sekä pienoismallin mittasuhteet.



Kuvio 7. CADS:lla piirretty kuva kosteusantureiden syvyyksistä betonilaatassa.

Kuviossa (kuvio 7) on esitetty asennettujen jatkuvatoimisten antureiden syvyydet betonilaatassa sekä vertailumittauksia varten asennetun porareian syvyys.



Kuvio 8. CADS:lla piirretty kuva kosteusanturien sijainneista.

Viimeisimmästä piirretystä kuvioista (kuvio 8) käy ilmi jatkuvatoimisten antureiden etäisyys pienoismallin laidoista mitattuna.

5.3 Pienoismallin rakennus

Pienoismallin rakentaminen aloitettiin 14.8.2014 Konekomppanian yrityksen tiloissa Kauhajoella. Pienoismallin ahioksi oli hankittu vanha vesisäiliö, joka oli mitoiltaan noin 1000 mm x 1200 mm ja lopulliseksi korkeudeksi jätettiin säiliöön 700 mm.



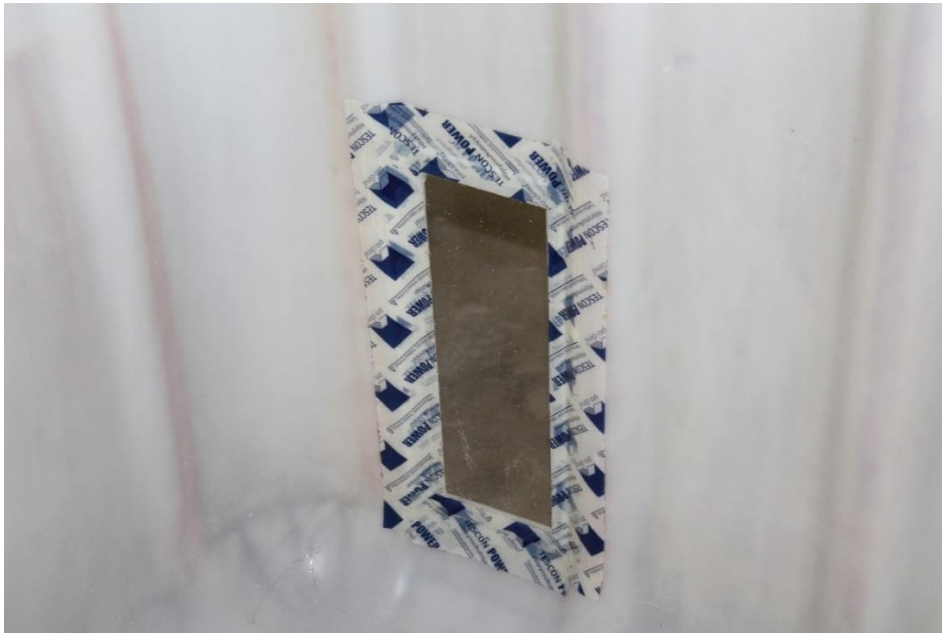
Kuvio 9. Vesisäiliö, josta tuli pienoismallin aihio.

Vesisäiliön alareunan vesihana sai jäädä ennalleen. Hanan kautta pienoismallin pohjalle on mahdollista johtaa vettä ja kastella alimmat maakerrokset testaten samalla järjestelmää.



Kuvio 10. Vesisäiliön pohjalla oleva hana.

Säiliön pitkälle sivulle tehtiin aukko, joka peitettiin läpinäkyvällä polykarbonaattilevyllä. Aukon oli tarkoitus toimia ikkunana, jonka kautta olisi helppo nähdä kaikki maa-ainekset, joita pienoismallissa käytettiin. Polykarbonaattilevy lisättiin ja kiinnitettiin aukkoon Tescon Powerin höyrynsulkuteipillä, jotta rakenne pysyisi tiiviinä ja kosteus ei pääsisi liikkumaan tämän ikkunan kautta, vaan kaikki kosteuden siirtyminen tapahtuisi maakerrosten ja betonilaatan läpi.



Kuvio 11. Pienoismallin ikkuna.

Ikkunan valmistumisen jälkeen aloitettiin täyttämään säiliötä maakerroksin. Alimmaiseksi säiliön pohjalle laitettiin Lektex-merkkistä suodatinkangasta, jonka ainut tarkoitus oli estää Leca-soran valuminen ulos pienoismallista säiliön pohjassa olevan vesihanan kautta. Suodatinkankaan asentamisen jälkeen lisättiin säiliön pohjalle noin 15 cm kerroksen Leca-soraa (kuvio 12).



Kuvio 12. Leca-sorakerros pienoismallin pohjalla.

Kun suodatinkangas oli vuorattu 15 senttimetrin paksuisella Leca-sora-kerroksella, oli aika asentaa soran pinnalle 5 senttimetrin paksuinen pienoismallin seinien mukaan muotoonsa leikattu EPS-eristelevy. Styroksin pintaan paineltiin kuvan mukaisesti nauloja pystyyn. Naulojen kannat jäivät 5 senttimetriä eristeen pinnasta ja näiden naulojen mukaan tultiin eristeen päälle valamaan 5 senttimetrin betonilaatta.



Kuvio 13. EPS-eristelevy raudoituksineen pienoismallissa.

Ennen betonivalua kiristettiin pienoismallin ympärille kuormaliina betonivalun korkeudelle. Kuormaliinan ainoa tarkoitus oli pitää säiliö muodossaan silloin, kun säiliöön tehdään betonivalu.



Kuvio 14. Betonivalun viimeistely.

Betonivalun valamisen jälkeen lopetettiin työskentelyn kyseiseltä päivältä ja jatkettiin seuraavana päivänä betonin hieman kovettuttua. Betonivaluun oli tarkoitus upottaa aiemmin mainittuja kosteusantureita kolme kappaletta. Anturit oli tarkoitus asentaa eri syvyyksille betonilaattaan: 5 millimetriin betonilaatan pinnasta sekä 20 millimetriin ja vielä 40 millimetriin.



Kuvio 15. Sementtiliiman poisto betonilaatan pinnasta.

Ensin betonipinta hiottiin auki eli sementtiliima betonin pinnasta poistettiin, että kosteus pääsisi purkautumaan laatasta luonnollisesti. Hionnan jälkeen betonilaatan pinnasta valittiin paikat kosteusantureille, rajat merkittiin ja antureille tehtiin kolot kulmahiomakoneen, taltan ja vasaran avulla. Kolojen syvyydeksi mitattiin suunnitellut 5, 20 ja 40 mm.



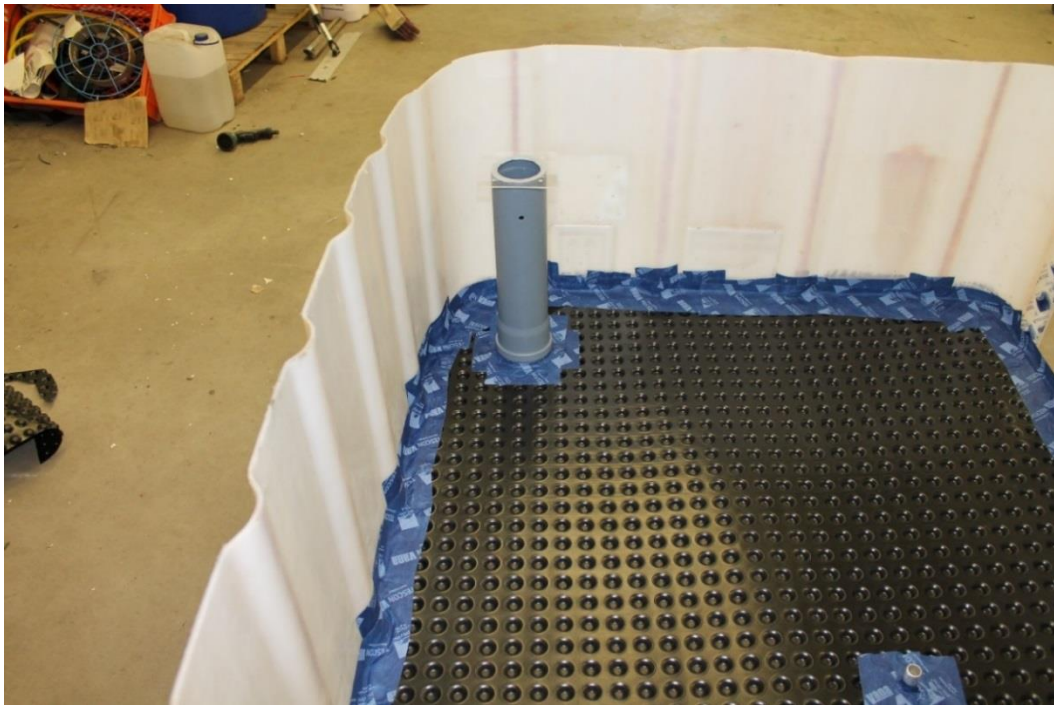
Kuvio 16. Kosteusanturit asennettuina betonivaluun.

Kosteusantureiden asennus aloitettiin sekoittamalla antureiden mukana tullut valmistajan oma massa, jota levitettiin ohut kerros antureiden alle ja jolla täytettiin osittain kuoppa myös anturien päältä ja loppuosa täytettiin laastilla. Anturin täytyy olla kauttaaltaan kosketuksissa tähän massaan, koska ilman tätä massaa anturi ei pysty mittaamaan betonilaatan kosteutta luotettavasti.



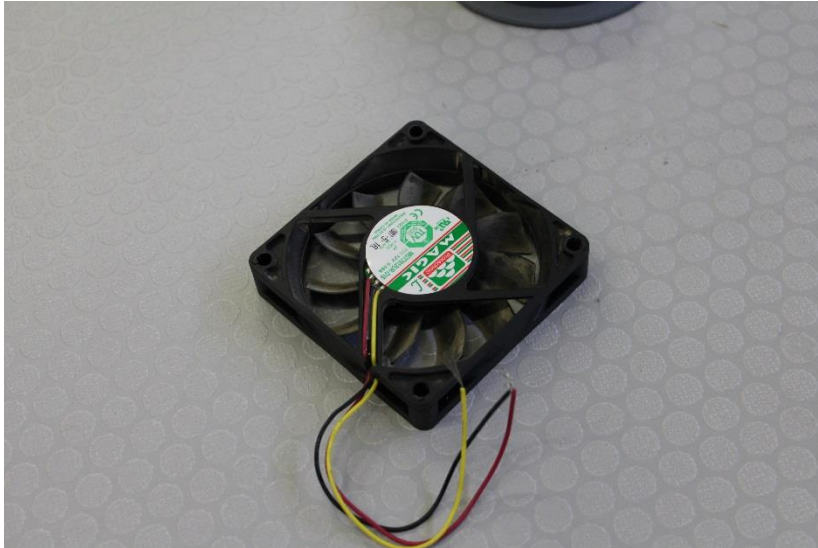
Kuvio 17. Betonivalun ja säiliön välinen rako tiivistetty ja anturit peitettynä valuun.

Pienoismallin seinämien ja betonilaatan välinen rako täytyi saada ilmatiiviiksi. Toteutus suoritettiin ensin levittämällä TKR-pinnoite betonilaatan pintaan noin 50–100 mm:n matkalle pienoismallin seinämistä keskelle päin laattaa. Pinnoitteen tarkoituksena oli toimia hyvänä kiinnitysalustana ilma- ja kosteustiiviille Tescon Vana-teipille, jolla sauma lopullisesti tiivistettiin. Teippi asennettiin kuvan mukaisesti saumaan, kiinnityspintoina toimi pienoismallin muovinen reuna ja betonilaatan pinnassa oleva TKR-pinnoite. Säiliömme eriskummallisesta ja aaltoilevasta seinänmuodosta johtuen tämä tiivistys täytyi tehdä useammasta teipin palasesta ja tämä oli selvästi haastavampaa kuin saman toimenpiteen suorittaminen varsinaisissa rakennuskohdeissa. Saumojen tiivistämisen lisäksi porattiin betoniin noin 15 mm halkaisijalta olevan porareian 20 mm syvyyteen saakka ja asennettiin reikään 15 mm kromipinnoitteinen kupariputken pätkän, jonka pään tukimme sinitarralla. Porareikä päätettiin lisätä siitä syystä, että halusimme näille Vigilan kosteusantureille vertailukohtaan, joka on nyt siis tämä porareikä, josta voimme tehdä toisen kosteusmittauksen ja verrata keskenään näitä 20 mm syvyydestä saatuja kosteuksia keskenään ja saada täten jonkunlainen skaala laskea 40 mm:n ja 5 mm:n syvyydessä vallitsevat todelliset kosteudet, mikäli kosteusanturit eivät sitä suoraan kertoisi. Betonilaatan ja porareissä olevan kupariputken välinen sauma tiivistettiin silikonimassalla ilma- ja kosteustiiviiksi estäen kosteuden karkaamisen ulos rakenteesta väärää reittiä.



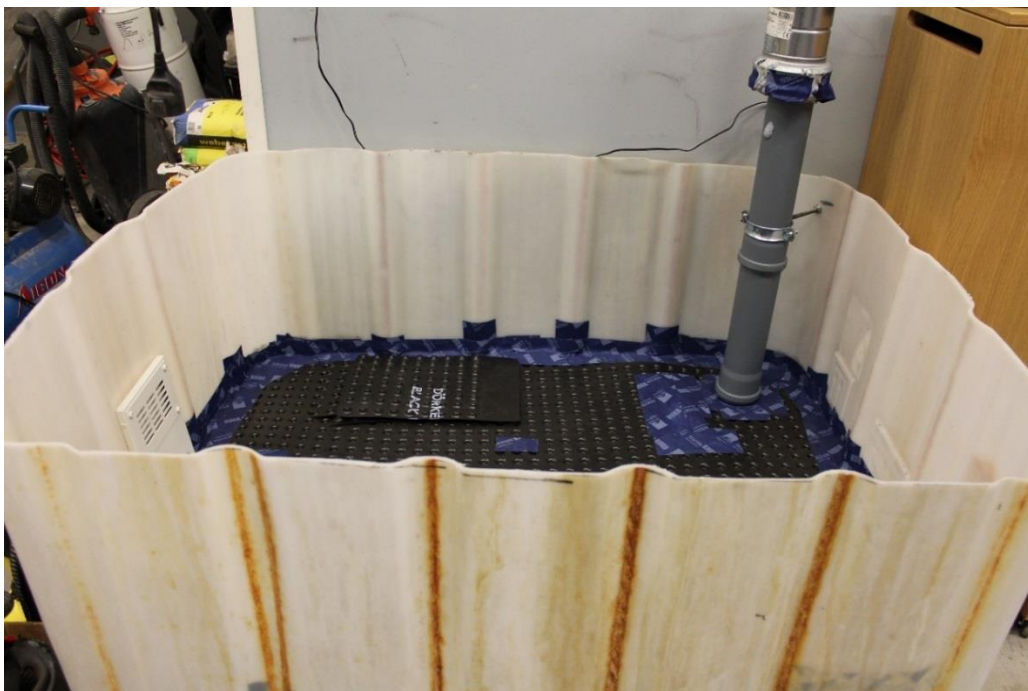
Kuvio 18. Pienoismalli Airfloor-kennolevyn asentamisen jälkeen.

Seuraavana oli vuorossa asentaa betonilaatan päälle jo muotoonsa leikattu kennolevy, joka tiivistettiin ilma- ja kosteustiiviiksi muoviastiaa vasten jokaiselta reunalta käyttäen jälleen Tescon Vanateippiä. Vanateipillä tiivistettiin myös kennolevyn ja porareian kupariputken välinen sauma kuvan osoittamalla tavalla. Seuraava toimenpide oli leikata kennolevyyn poistoputkelle aukko, jonka kautta levyn alta kiertävä ilma poistetaan pienen puhaltimen avustuksella. Poistoputkeksi oli valittu 75 mm halkaisijaltaan olevan muovinen viemäriputki. Tehtiin mattoon reikä ja tiivistettiin siihen Vanateipillä muovinen lähtökaulus, johon on helppo kiinnittää tiivisteellä tämä 75 mm:n poistoputki, jonka päähän asennettiin puhaltimeksi tietokoneen prosessorituuletin, jonka teho riittää tähän mainiosti.



Kuvio 19. Järjestelmässä käytettävä puhallin.

Kyseinen prosessorituuletin juotettiin kiinni virtajohtoon, jolla on mahdollista vaihtaa tuulettimen jännitettä 3V-12V välillä, koska täysillä jännitteillä pyöriessään tuuletin siirtää aivan liikaa ilmaa pienoismallimme läpi.

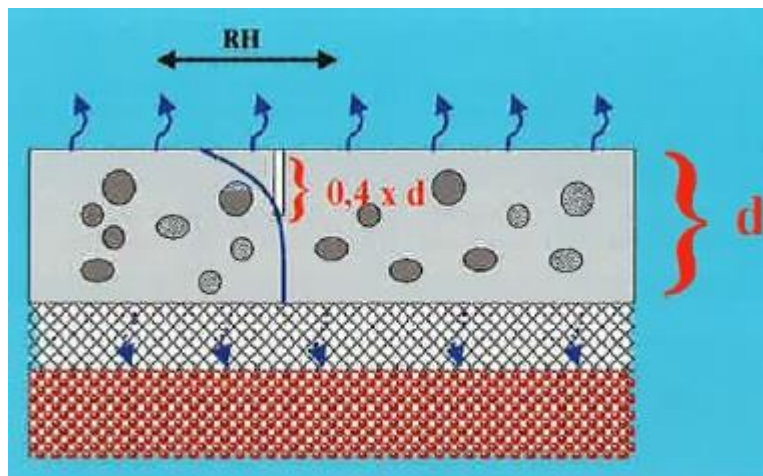


Kuvio 20. Valmis Airfloor-järjestelmä testauksessa.

Lopuksi rakensimme järjestelmän poistoputken, joka sisälsi puhaltimen ja säätöpellin kuvan mukaisesti. Muoviseen poistoputkeemme oli porattu noin 8mm:n reikä, josta voimme myöhemmin mitata ilmamäärää, joka poistuu kyseisen putken kautta. Säiliön toiseen päähän keskelle kennolevyyn tehtiin ilmanottoaukko ja asennettiin rakennuksissakin Airfloor-järjestelmässä käytettävä ilmanottosäleikkö. Tämän säleikön kautta saadaan imettyä puhaltimen avulla ilmaa kennolevyn ja betonilaatan väliseen ilmatiiviiseen tilaan ja poistettua sinne nouseva kosteus poistoputken kautta ulkoilmaan.

5.4 Betonin luonnollinen kuivuminen

Täytyi saada vertailukohta betonin kuivumiseen ilman Airfloor-kennolevyä. Betonin kuivumisesta voidaan tehdä laskennallisesti aika-arvioita.



Kuvio 21. Rakenteen kuivumisen arviointisyvyys (Merikallio 2002, 39).

Mittaamalla betonilaatan paksuuden ja kertomalla luvun 0,4:lla saadaan selville syvyys, mistä tulisi mitata rakenteen kuivuminen. Meidän laattamme tapauksessa syvyys olisi siis 50 mm x 0,4 eli 20 mm betonilaatan pinnasta.

Kuivumisaika-arviot laskennallisesti ovat aina suuntaa-antavia ja niitä käytetään yleensä vain rakennusaikataulujen ja kuivatuksen suunnittelussa. Betonin todellinen kosteustila voidaan selvittää vain mittaamalla betonin kosteus. Betonin kuivumista

voidaan kuitenkin arvioida laskennallisesti käyttäen apuna rakenteelle listattuja kertoimia, tavoitekosteutta ja peruskuivumiskäyrää. (Merikallio 2002, 38.)



Kuvio 22. Betonin kuivumisajan arviointi laskennallisesti (Merikallio 2002, 39).



Kuvio 23. Peruskuivumiskäyrä (Merikallio 2002, 39).

Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
70	1,0	0,8	0,8	0,7
90	1,4	1,3	1,3	1,2
100	1,7	1,6	1,6	1,5
120	2,1	2,0	2,0	1,9
150	2,5	2,4	2,4	2,3

Alusta	Kerroin
kuiva	1,0
muovi	1,1
märkä	1,5

Kastuminen	Vesisideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Kuvio 24. Kuivumisajan kertoimet. (Merikallio 2002, 39.)

Tavallisen K30-betonin ohjeellinen kuivumisnopeus 80 mm:n pintalaatalla 85 RH %:lle on 12–16 viikkoa. Yleisesti käytetty nyrkkisääntö betonin kuivumiselle on joko 0,5 cm/vko tai 1 cm/vko. Tällä nyrkkisäännöllä meidän betonilaattamme (50 mm) kuivuminen kestäisi siis 5-10 vko.

Tarja Merikallion julkaisussa (2002, 39) Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi ei ole rakenteen paksuuskerrointa alle 70 mm paksuiselle betonilaatalle. Pyrin laskemaan arvon kuitenkin 50 mm laatalle, koska kertoimet laskentakavassa ovat aika lineaarisesti suhteessa toisiinsa, joten virhemarginaali tuskin on kovin suuri.

Betonin kuivuminen 85 %:n suhteelliseen kosteuteen kestäisi laskennallisesti 50 mm laatalle:

$17 \text{ (vko)} \times 0,85 \text{ (v/s-kerroin)} \times 0,5 \text{ (paksuuskerroin)} \times 1,5 \text{ (alusta)} \times 0,85 \text{ (kastuminen)} \times 0,85 \text{ (RH \%)} = 7,83 = \text{noin } 8 \text{ vko}$

Laattamme laskennallinen kuivumisaika 85 %:n suhteelliseen kosteuteen 20 mm:n syvyydeltä olisi siis noin 8 viikkoa.

5.5 Mittaustulokset

Suoritimme pienoismallin avulla 10 viikon mittausjakson, jonka aikana mittasimme suhteellisen kosteuden betonilaatasta kolmelta eri syvyydeltä 5 kertaa tämän 10 viikon aikana.

Muita mittalaitteita meillä oli mikromanometri SwemaMan 80, jonka avulla mittasimme järjestelmän läpi kulkevaa ilmavirtaa ja painetta.

Mittauksia aloittaessamme annoimme puhaltimelle jännitettä 7,5 V ja pääsimme ilmamäärään 0,8 l/s ja painetta kennolevyn ja betonilaatan välissä oli 0,7 Pa. Rakennelman lävitse kulki ilmaa siis 0,8 l/s eli 2880 l/h eli 2,88 m³/h. Pienoismallin pinta-ala oli 1,2 m² ja ilmatilan korkeus oli 7 mm eli meillä on 0,0084 m³:n ilmatila. Näin ollen ilmatilan ilma vaihtuu kauttaaltaan 342 kertaa tunnissa. Ilmamäärä järjestelmässä vaihteli tämän 10 viikon aikana 0,6–1,3 l/s välillä ja paine järjestelmässä oli 0,4–1,5 Pa.

Betonilaatta valettiin 14.8.2014 ja Airfloor-järjestelmän puhallin käynnistettiin 20.8.2014 noin kello 13:30.

Taulukko 4. Humi 1-anturien mittaustulokset.

Mittalaite	Humi 1 anturit			Porareikä
Syvyys	5 mm	20 mm	40 mm	20 mm
Päivämäärä				
27.8.2014	84 %	87 %	92 %	-
28.8.2014	83 %	86 %	92 %	-
11.9.2014	80 %	84 %	92 %	-
24.9.2014	79 %	83 %	91 %	-
9.10.2014	-	-	-	74,5 %
23.10.2014	79 %	81 %	83 %	-

Ensimmäiset mittaukset suoritettiin 27.8.2014 eli noin kahden viikon päästä betonilaatan valamisesta. Ensimmäisissä mittauksissa suhteellinen kosteus oli pudonnut 84–92 %:n välille ja tärkein vertailukohta laskennalliseen mittaamiseen eli 20 mm syvyydessä oleva anturi näytti 87 %:n suhteellista kosteutta. Seuraavat mittaukset otettiin jo seuraavana päivänä eli tasan kahden viikon päästä betonilaatan valamisesta. Mittaukset lupailivat hyvää, sillä kahdessa viikossa betonilaatta oli kuivunut jo 83–92 %:n tasolle ja 20 mm:n syvyydessä lukema oli 86 %.

Tasan neljän viikon päästä eli 11.9.2014 mittauspaikalle saavuttaessa anturit antoivat lukemia 80–92 % väliltä syvyydestä riippuen ja 20 mm:n data näytti lukemaa 84 %. Tämä tarkoitti sitä, että 20 mm:n syvyydessä oleva anturi oli saavuttanut 85 %:n RH %-arvon jo ennen neljän viikon täyttymistä. Vertailukohdaksi luotu porareikä mitattiin kaluston uupumisen vuoksi ainoastaan kerran, mittaus suoritettiin noin 8 viikkoa mittauksen aloittamisesta ja 20 mm syvyydellä kosteusprosentti oli ainoastaan 74,5 %. Loput mittaukset käyvät ilmi taulukosta numero 4. Mittauskokeemme viimeiset mittaukset suoritettiin tasan kymmenen viikon päästä aloituksesta, jolloin laatta oli myös syvimmän anturin (40 mm) tietojen mukaan kuivunut 83 %:n tasolle.

6 TULOKSET JA YHTEENVETO

Työssä selvitettiin myös Airfloor-järjestelmän kokonaisenergian kulutusta sisältäen puhaltimien vaatiman sähkötehon ja järjestelmään johdettavan korvausilman lämmittämiseen kuluvan energian. Ilman lämmittäminen keskikokoisessa uudessa omakotitalossa vaatii noin 1,03–1,35 kWh vuodessa eli se on käytännössä ilmaista. Korvausilman lämmittämiseen kuluu äärimmäisen vähän energiaa, kuten olettaa sopi, koska ilmamäärät ovat vain murto-osa koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmitettävän tuloilman määrästä. Monet ovat tiedustelleet lämmöntalteenoton tarpeellisuutta järjestelmässä, mutta laskelmieni mukaan sille ei ole mitään tarvetta eikä sellainen anna järjestelmälle mitään lisäarvoa, koska ilmamäärät ovat niin pienet ja tuon ilmamäärän lämmittäminen on käytännössä ilmaista. Järjestelmän puhallin kuluttaa vuodessa puhaltimen valmistajasta riippuen noin 298–359 kWh, joka euroissa mitattuna tarkoittaisi 46,5–56,0 €. Järjestelmän käyttökustannusten voidaan siis laskeuni perusteella sanoa olevan todella huokeat. Työssä sivuttiin myös Airfloor-järjestelmän hankintakustannuksia ja verrattiin näitä muihin kosteusvaurion korjaustapoihin ja Airfloor-järjestelmän todettiin olevan moninkertaisesti edullisempi kuin vaihtoehtoiset korjausmenetelmät.

Pienoismallin avulla saatiin selvitettyä betonilaatan kuivumista, aivan kuten oli työssä tarkoituskin. Tulokset betonilaatan kuivumisesta olivat erittäin positiivisia. Laskennallisesti luonnollisesti kuivuvan 50 mm paksuisen betonilaatan kuivuminen 20 mm:n syvyydeltä 85 %:n suhteelliseen kosteuteen kestäisi laskelmieni mukaan noin 8 viikkoa. Mittauksissa samaisella syvyydellä ja saman paksuisella betonilaatalla saavutettiin 85 %:n suhteellinen kosteus jo puolet nopeammassa ajassa eli alle neljässä viikossa. Mittaamamme 20 mm:n syvyydellä ollut porareikä mitattiin ainoastaan kerran noin 8 viikon kohdalla ja tulos oli 74,5 % ja porareikämittausta voidaan pitää luotettavana mittausmenetelmänä. Tämä voisi tarkoittaa sitä, että tuotteen avulla voitaisiin rakennusaikoja lyhentää merkittävästi, koska betonilaatan pinnoittaminen olisi mahdollista jo aiemmin, koska laatta kuivuu nopeammin.

Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että ainakin Humi 1-antureilla suoritetuissa mittauksissa on useita epävarmuustekijöitä. Vigilan Oy lupaa Humi 1-antureilleen tarkkuudeksi +- 3 RH %, eli mittauksissa on aina olemassa tietty virhemarginaali. Sen

lisäksi jatkuvatoiminen mittaus betonilaatan sisältä luokitellaan suuntaa-antavaksi mittausmenetelmäksi ja ainoat tarkoiksi mittausmenetelmiksi luettavat menetelmät ovat palanäytemittaus sekä porareikämittaus. (RT 14–10984 2010, 3-6.) Lisäksi on todella vaikeaa sanoa, miten realistisen kuvan yhden neliön alueella toteutettu betonilaatan kuivumisen mittaus antaa, kun sitä verrataan monen kymmenen tai sadan neliön laattoihin. Tämä ei kuitenkaan poista sitä seikkaa, että saadut mittaustulokset ovat todella lupauksia herättäviä.

Porareikämittausta voidaan pitää luotettavana mittausmenetelmänä ja porareikämittauksen lisäämisen tarkoituksena olikin saada vertailukohta Humi-kosteusantureille, koska Humi-antureiden käyttäjien käytännön kokemusten mukaan kyseiset anturit näyttävät ainakin aluksi liian suurta suhteellista kosteutta ja tämän tiedon paikkansapitävyyttä todistaa myös saatu tulos porareikämittauksella. Laskennallisesti laatan olisi pitänyt kuivua 8 viikon aikana 85 %:n suhteelliseen kosteuteen, mutta porareikämittauksen mukaan laattamme saavutti 8 viikon aikajaksona jo 75 %:n suhteellisen kosteuden, joten tuloksien mukaan laatta on kuivunut selvästi nopeammin kennolevyjärjestelmän ansiosta, kuin ilman sitä olisi tapahtunut. Porareikämittauksemme mukaan voidaan siis todeta, että laattamme on kuivanut alle 85 %:n suhteelliseen kosteuteen jopa lyhemässä ajassa kuin Humi 1-anturit antavat olettaa. Porareikämittauksen mukaan Humi 1-anturit näyttävät liian korkeaa suhteellista kosteutta ja edellä mainitun RT-kortin mukaan porareikämittaus olisi käyttämistämme mittausmenetelmistä selvästi tarkempi ja ainoa luotettavaksi todettu mittausmenetelmä näistä kahdesta.

Kaikkien pinnoitemateriaalien kohdalla edellytetään myös, että betonin suhteellinen kosteus rakenteen pintaosissa syvyydellä 1–3 cm on alle 75 % eli mitä alemmas suhteellisen kosteuden on laskettava, sitä pidemmät ovat kuivumisajat ja sitä suurempi säästö rakennusaikaan ja betoninkuivumisaikaan saataisiin tulosten perusteella Airfloor-kennolevyrakenteesta.

LÄHTEET

Airfloor. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 27.3.2015]. Saatavana: <http://www.airfloor.fi/>

Airfloor - tuulettuvat rakenneratkaisut. Ei julkaisuaikaa. Esite.

Dörken GmbH & Co. KG. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 27.3.2015]. Saatavana: <http://www.doerken.de/bvf-en/>

FläktWoods Oy. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 31.3.2015]. Esite. Saatavana: <http://www.flaktwoods.fi/577d1a79-7826-4f49-89df-f88cda962d1f>

Haahtela, T. & Reijula, K. 1997. Sisäilman terveyshaitat ja ehdotukset niiden vähentämiseksi. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmänmuistio 1997:25. Helsinki: Oy Edita Ab.

Haistahome. 2010. [www-sivu]. Kosteus materiaalin huokosissa. [Viitattu 24.3.2015]. <http://www.haistahome.fi/kosteus+rakennuksissa/kosteus+materiaalin+huokosissa/>

Hengitysliitto. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 25.3.2015]. Saatavana: <http://www.hengitysliitto.fi/>

Huovanainen, H. 2012. Kahden eri suhteellisen kosteuden mittauslaitteiston tutkiminen betonin kosteusmittausten yhteydessä. Opinnäytetyö. [Verkkojulkaisu]. Karjala: Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. [Viitattu 27.3.2015]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201204204748>

Kauppalehti.fi. 2013. EU:n kallein sähkö – kaksi kertaa Suomen hinnat. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 31.3.2014]. Saatavana: <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/eun-kallein-sahko--kaksi-kertaa-suomen-hinnat/7WrghiyX>

Konekomppania Oy. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 24.3.2015]. Saatavana: <http://www.konekomppania.fi>

Maailman terveysjärjestö WHO. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 24.3.2015]. Saatavana: www.who.int/en/

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Suomen Betonitieto Oy, Betonikeskus ry.

- Merikallio, T. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Väitöskirja. [Verkojulkaisu]. Espoo: TKK Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. [Viitattu 27.3.2015]. Saatavana: <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4656/isbn9789512299577.pdf?sequence=1>
- Pärnänen, A. 2011. Betonin suhteellisen kosteuden seuranta ja pinnoituskelpoisuuden toteaminen uudisrakentamisessa. Opinnäytetyö. [Verkojulkaisu]. Kuopio: Savonia ammatti-korkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. [Viitattu 27.3.2015]. Saatavana: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27916/Parnanen_Ari.pdf?sequence=1
- RakMK D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- RakMK D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- RT 14–10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto. Vaatii käyttöoikeuden.
- RT X68-36791. 2004. Humi-Control-System®-RAKENNEKOSTEUDEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ MÄRKÄTILOIHIN. Helsinki: Rakennustieto. Vaatii käyttöoikeuden.
- RT 05-10710. 1999. Kosteus rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto. Vaatii käyttöoikeuden.
- RT 14–10675. 1998. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto. Vaatii käyttöoikeuden.
- Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry.
- Sisäilmastoseminaari. 13.3.2014. Sisäilmayhdistys.
- Sisäilmastoseminaari. 13.3.2013. Sisäilmayhdistys.
- Sisäilmayhdistys. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 24.3.2015]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>
- SisäRYL 2000. 1998. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Helsinki: Rakennustieto. Vaatii käyttöoikeuden.

- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Kosteusvauriotyöryhmän muistio 2009:18. Kosteusvauriot työpaikoilla. Saatavana: http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=39503&name=DLFE-8606.pdf
- Stuk. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 25.3.2015]. Saatavana: http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/radon/fi_FI/radon/
- Taloon.com. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 31.3.2015]. Saatavana: <http://www.taloon.com/kanavapuhallin-ostberg-ck-100-a/LVI-8014702/dp>
- Taloussanomat. Ei päiväystä. [www-sivu]. [Viitattu 24.3.2015]. Saatavana: <http://yritys.taloussanomat.fi/y/konekomppania-oy/kauhajoki/2394106-5/>
- Terveyskirjasto. 2014. Homesienten aiheuttamat hengityselinsairaudet. [Verkkójulkaisu] Helsinki: Kustannus Oy Duodecim [Viitattu 25.3.2015]. Saatavana: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=seh00071
- Tiihonen, A. 2011. Tilastokeskus. Asumisväljyys lisääntyy hitaasti. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 31.3.2014]. Saatavana: http://www.stat.fi/tup/vl2010/art_2011-10-18_001.html
- Tiivistalo.fi. 2012. Kosteusvauriot. Klaukkala: Redi-Yhtiöt Oy. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 24.3.2014]. Saatavana: <http://www.tiivistalo.fi/docs/kosteusvauriot.pdf>