Kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytyminen betoniseinien ja kipsivalulattioiden kuivumisen seurannassa

Tuomas Raunima, Juha Vinha, Eero Tuominen ja Pauli Sekki
Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakennusfysiikka

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitetään kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytymistä betoniseinien ja kipsivalulattioiden kuivumisen seurannassa. Edeltävissä tutkimuksissa havaittiin betonikoekappaleiden jatkuvatoimisissa mittauksissa mitattujen suhteellisen kosteuden arvojen nousevan virheellisesti jopa yli 10 % RH. Kipsikoekappaleiden kohdalla ei havaittu vastaavanlaista merkittävää ryömintää kuivumisen seurannassa, mutta koekappaleiden pinnoitusten jälkeen mitatut suhteellisen kosteuden arvot nousivat jyrkästi.

Tutkimuksissa käytettiin samaa kapasitiivista kosteusanturia ja ratkeamattomien ilmiöiden selvittämiseksi tässä tutkimuksessa kokeet toistetaan käyttämällä rinnakkaisissa mittauksissa toisen laitevalmistajan kapasitiivisia kosteusantureita, joita on käytetty laajasti myös kentällä betonin kosteuden mittaamisessa. Lisäksi kipsikoekappaleiden pinnoituksen vaikutusta selvitetään käyttämällä pinnoituskokeissa eri pinnoituksia mittausarvojen jyrkän nousun aiheuttajan selvittämiseksi.

1. Johdanto

Tampereen yliopisto rakennusfysiikan tutkimusryhmässä on aiemmin tutkittu betoniseinien [1] ja kipsivalulattioiden [2] kuivumista. Tutkimuksissa seurattiin valetun rakenteen kuivumista kapasitiivisilla kosteusantureilla jatkuvatoimisilla mittauksilla. Tutkimusten aikana mittaustuloksissa havaittiin epäjohdonmukaisia ilmiöitä, jotka herättivät epäilyksiä mittaustulosten luotettavuudesta. Betonirakenteiden kuivumiskokeissa antureiden havaittiin ryömivän jopa yli 10 % RH virheellisen suuriin mitattuihin arvoihin korkeissa kosteuspitoisuuksissa pitkäaikaisissa mittauksissa. Kipsivalulattioiden kuivumiskokeissa suhteellisen kosteuden mittauksissa ei havaittu samankaltaista ryömintää pitkäaikaisissa mittauksissa, mutta koekappaleiden pinnoitusten jälkeen mitatut suhteellisen kosteuden arvot lähtivät jyrkkään nousuun.

Aiemmissa tutkimuksissa havaittujen ilmiöiden syiden selvittämiseksi tässä tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytymistä samankaltaisissa koejärjestelyissä. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytymistä betoniseinien ja kipsivalulattioiden kuivumisen seurannassa vertailemalla rinnakkain kahden eri tunnetun laitevalmistajan mittalaitteita ja käyttäen mittapäissä eri suodattimia. Toistamalla kokeet useampia rinnakkaisia mittalaitteita käyttäen saadaan lisäksi sivutuotteena runsaasti mittausdataa betoniseinien ja kipsivalulattioiden kuivumisesta mahdollisia myöhempiä lisätutkimuksia varten. Tutkimuksessa betonin kosteusmittauksia tehtiin porareikämittauksin ja valuun asennetuista putkista tehtävin mittauksin. Porareikämittauksia on käsitelty lähteissä [3], [4] ja [5].

Raunima, T., Vinha, J., Tuominen, E. & Sekki, P. (2019) Kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytyminen betoniseinien ja kipsivalulattioiden kuivumisen seurannassa. Julkaisussa: Vinha, J. & Raunima, T. (2019) Rakennusfysiikka 2019. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut. 28.-30.11.2019 Tampere. Seminaarijulkaisu 6, osa 1(2).

2. Mittalaitteet ja koejärjestelyt

Aiemmissa tutkimuksissa valettujen betoni- ja kipsikoekappaleiden huokosilman suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytettiin Rotronicin valmistamia HC2-S -mallisia kapasitiivisia kosteusantureita. Tutkimuksissa ei käytetty rinnakkain samaan mittaustekniikkaan perustuvia mittalaitteita, jonka vuoksi kokeiden aikana havaittuihin kysymyksiä herättäneisiin ilmiöihin ei saatu vastauksia. Tässä tutkimuksessa toistetaan aiemmat kokeet mahdollisimman pienin muutoksin ja käytetään rinnakkain kahdelta eri valmistajalta yhteensä kolmea eri mallista kapasitiivista kosteusanturia.

2.1 Käytetyt mittalaitteet

Edeltävissä betoni- ja kipsirakenteiden kuivumistarkasteluissa käytetty Rotronic HC2-S mittapää oli ollut Tampereen yliopiston rakennusfysiikan tutkimusryhmässä käytössä aiemmin muissa tutkimuksissa ja mittaustulokset ovat vaikuttaneet luotettavilta, mutta mittalaitteesta ei ollut tutkimusryhmässä aiempaa kokemusta betonin kosteuden mittaamisesta. Rotronic HC2-S oli edeltävissä kuivumistarkasteluissa varustettu polyeteenisuodattimella. Tässä tutkimuksessa käytettiin sekä polyeteeni- että teflonsuodattimia, jotta suodattimen vaikutus mittaustuloksiin saatiin selvitettyä. Toiseksi mittalaitteeksi valittiin porareikämittauksissa yleisesti käytetty ja luotettavaksi todettu Vaisalan HMP110 -mittapää. Yhtenäisyyden vuoksi myös HMP110-mittapäälle valittiin kaksi eri suodatintyyppiä: teflon ja sintrattu teräs. Kolmanneksi mittalaitteeksi otettiin Vaisala HMP230 -mittapää, koska tutkimusryhmällä oli näitä käytettävissä. Kyseinen mittapää on vanhempaa mallia ja tutkimuksessa käytettyjä yksilöitä on käytetty vuosien aikana monissa muissa tutkimuksissa. Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksessa käytetyt mittapäät.

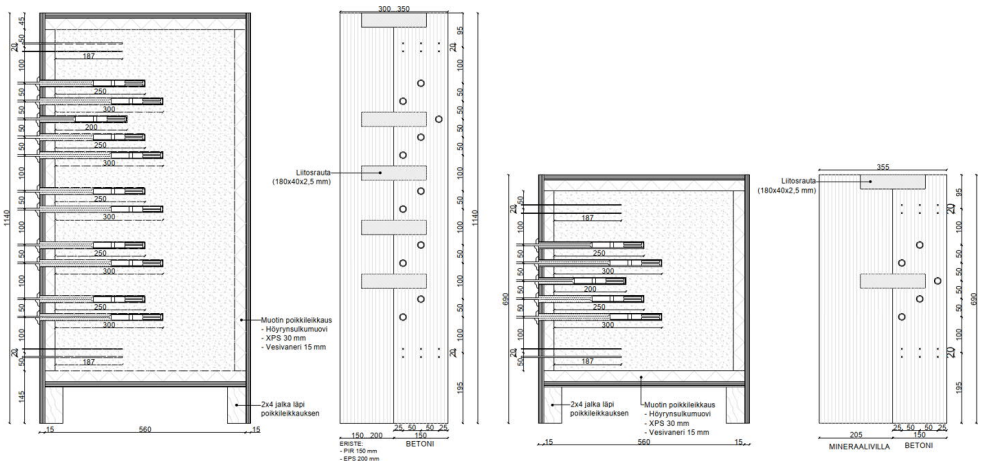
Kuva 1. Kapasitiivisten kosteusantureiden mittapäät ja suodatinvaihtoehdot: A) Rotronic HC2-S, B) Vaisala HMP110 ja C) Vaisala HMP230.

Rotronic HC2-S- ja Vaisala HMP230 -mittapäät olivat aiemmin olleet käytössä muissa tutkimuksissa, kun taas Vaisala HMP110 -mittapäät olivat uusia ja tehdaskalibroituja. Ennen käyttöönottoa mittalaitteet kalibroitiin huolellisesti neljän referenssikosteuden suhteen suolaliuoksia käyttäen +20 °C lämpötilassa. Tehdaskalibroiduille Vaisala HMP110 -mittapäille ei ollut tarvetta tehdä säätöjä, mutta ne otettiin toiminnan tarkastamisen ja vertailun vuoksi mukaan kalibrointiin. Kalibroinneissa referenssiarvojen tarkkaan määrittämiseen käytettiin erillisiä Rotronic HS2-S -mittapäitä. Referenssiarvot määritettiin näiden mittapäiden mittausarvojen keskiarvona. Kyseinen mittalaite on otettu uutena ja tehdaskalibroituna käyttöön tätä tarkoitusta varten, eikä sillä ole tehty muita mittauksia. Kalibroinnissa käytetyt suolot olivat kaliumsulfaatti (K_2SO_4 →

~97,6 % RH), kaliumkloridi (KCl → ~85,1 % RH), natriumbromidi (NaBr → ~58,7 % RH) ja magnesiumkloridi ($MgCl_2$ → ~33,1 % RH).

2.2 Betoniseinien kuivumisen seuranta

Betoniseinäelementit koostuvat 150 mm paksusta betonikuoresta sekä lämmöneristekerroksesta. Lämmöneristeiksi valittiin samat PIR 150 mm, EPS 200 mm ja mineraalivilla 205 mm, joita käytettiin myös aiemmassa tutkimuksessa [1]. Kutakin lämmöneristemateriaalia kohden on kaksi koekappaletta, joista toinen varustettiin kapasitiivisia kosteusantureita varten valumuottiin asennetuilla mittausputkilla ja toinen koekappale varattiin porareikämittauksia varten. Mittaussyvyyksiksi valittiin 25 mm, 75 mm ja 125 mm. Varsinainen anturivertailu tehtiin PIR- ja EPS-koekappaleiden kanssa ja mineraalivillakoekappale oli mukana, koska vastaava koekappale oli myös edeltävän tutkimuksen kokeissa. Betonikoekappaleiden piirustukset on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Betoniseinäelementtien piirustukset. Korkeampaa elementtiä valmistettiin PIR- ja EPS-eristeellä ja matalammassa käytettiin lämmöneristekerroksena mineraalivillaa.

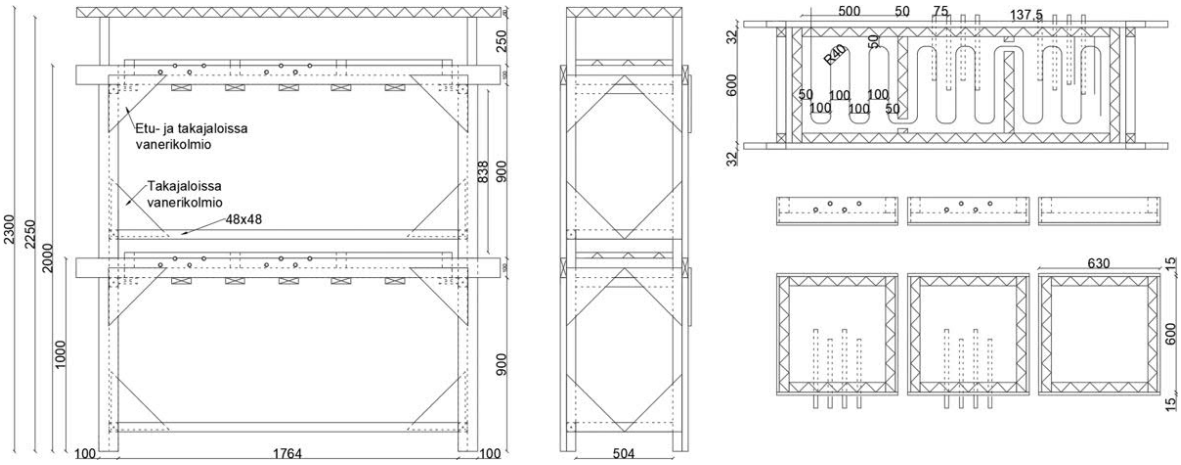
Koekappaleille tehtiin porareikämittauksia HMP110-mittapäillä, koska kyseinen mittausmenetelmä ja mittalaite ovat yleisessä käytössä kentällä betonin kosteuden mittaamisessa ja tuloksia pidetään luotettavina. Porareikämittaukset suoritettiin ohjekortin RT 14-10984 mukaisesti. Mittaukset tehtiin mittausputkia vastaavilta syvyyksiltä 12 vrk, 41–42 vrk ja 191 vrk valun jälkeen. Koekappaleista, joissa oli myös valuun asennetut mittausputket, mitattiin jokaisella mittauskerralla yksi porareikä kullekin mittaussyvyydelle. Luotettavuuden lisäämiseksi oli valmistettu rinnakkaiset koekappaleet, joihin voitiin tehdä useampia porareikämittauksia: PIR- ja EPS-eristetyille kolme ja mineraalivillaeristetylle kaksi porareikää kullekin mittaussyvyydelle kunakin ajankohtana. Kunkin eristemateriaalin porareikämittausten keskiarvoa käytettiin referenssinä putkimittausten tuloksia tarkasteltaessa.

Porareikämittausten lisäksi mittauksia tehtiin edellisen tutkimuksen [1] tapaan valuun asennetuista putkista. Pistemäisissä mittauksissa mittapäät tiivistettiin mittausputkiin ja niiden annettiin tasaantua 40–60 min. Tavoite oli 60 min, mutta Rotronicin noustessa 100 % RH lukemaan mittaukset keskeytettiin kaikilla mittapäillä. Tarkoituksena oli suojella antureita välttämällä pitkäaikaista altistusta yli 90 % RH kostealle betonille, mikä aiheutti ongelmia edellisessä tutkimuksessa. Mittapäille tehtiin tarkistuksia mittausten välissä 14 vrk, 38 vrk, 88 vrk, 129–141 vrk ja 181–184 vrk valusta ja tarvittaessa virhemarginaalit ylittävä mittapää vaihdettiin tuoreeltaan kalibroituun yksilöön.

Pistemäisistä putkimittauksista mitattujen suhteellisen kosteuden arvojen alitettua 90 % RH aloitettiin jatkuvatoimiset mittaukset. Kaksi mittausjaksoa ajoitettiin 61–86 vrk ja 94–127 vrk valun jälkeen. Mittauksille käytettiin referenssinä porareikämittausten perusteella porareikämittausten väliin interpoloitua suoraa. Toisella mittausjaksolla esiintyi toimintahäiriöitä vakio-olosuhdehuoneen jäähdytyslaitteistossa, minkä aiheuttama lämmönnousu vaikutti mittaustuloksiin.

2.3 Kipsivalulattioiden kuivumisen seuranta ja pinnoitukset

Kipsivalulattioiden koekappaleet ovat 80 mm paksuja Knauf LM80 kipsilaastimassasta tehtyjä valuja. Valumuottien 50 mm paksu XPS-levystä tehty vuoraus toimii lämmöneristyksenä ja kosteussulkuna, eli koekappaleet ovat yhteen suuntaan kuivuvia. Koesarjojen 1 ja 2 muotit rakennettiin kolmen koekappaleen yhtenäisiksi hyllyiksi, sillä ne on edeltävän tutkimuksen [2] tapaan lämmitetty yhtenäisillä lämmityskaapeleilla. Lämmittämättömän koesarjan 3 muottien rungot valmistettiin vesivanerista erillisiksi kappaleiksi. Koesarjat 1 ja 2 lämmitettiin 7 vrk valusta 25 °C ja 14 vrk alkaen 35 °C lämpötilaan. Valumuotteihin asennettiin mittausputket arviointisyvyydelle 32 mm ja lisäksi 65 mm mittaussyvyydelle. Mittalaitteina käytettiin Rotronic HC2-S- ja Vaisala HMP110 -mittapäitä. Lisäksi valuun asennettiin kapasitanssineulapareja, joiden avulla voidaan kuivumisen alkuvaiheessa havaita kipsimassan kosteuden siirtyminen kapillaariselta alueelta hygroskooppiselle alueelle. Kipsikoekappaleiden piirustukset on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kipsivalulattiakoekappaleiden muottien piirustukset. Lämmitetyt koesarjat 1 ja 2 rakennettiin hyllyn tasoille jättäen tasojen väliin tilaa porareikämittauksia varten. Lämmittämättömän koesarjan 3 muotit rakennettiin vesivanerista erillisiksi kappaleiksi.

Kipsikoekappaleille ei tehty porareikämittauksia kuivumisen seurannassa, sillä aiemman tutkimuksen perusteella kipsi ei ole kapasitiivisille kosteusantureille yhtä haastava materiaali kuin betoni. Pistemäisissä mittauksissa mittapäät tiivistettiin mittausputkiin ja niiden annettiin tasaantua 40–60 min samalla periaatteella kuin betonikoekappaleiden tapauksessa, eli tarkoituksena suojella antureita välttämällä pitkäaikaista altistusta yli 90 % RH kostealle kipsimassalle. Jatkuvatoimiset mittaukset aloitettiin, kun kipsin mitattu huokosilman suhteellinen kosteus alitti lukeman 90 % RH molemmilla mittaussyvyyksillä.

Koekappaleiden kuivuttua ennalta määritettyihin mitattuihin kosteusarvoihin koekappaleet pinnoitettiin eri tavoilla. Ennen pinnoituksia suoritettiin porareikämittaukset koesarjoille 1 ja 2 ennen ja jälkeen lämmityksen katkaisun. Porareikämittauksia käytettiin pistemäisenä referenssinä

ennen lämmityksen katkaisua ja uudestaan, kun koekappaleiden lämpö oli tasaantunut. Näin saatiin varmuus lämpötilan vaikutuksesta huokosista mitatun suhteellisen kosteuden arvoon. Porareikämittausten jälkeen neljä lämmitettyä koekappaletta pinnoitettiin teipatulla lasilevyllä, teipatulla muovimatolla, liimatulla muovimatolla ja liimapinnoituksella. Edeltävässä tutkimuksessa [2] koekappaleet pinnoitettiin liimatulla muovimatolla.

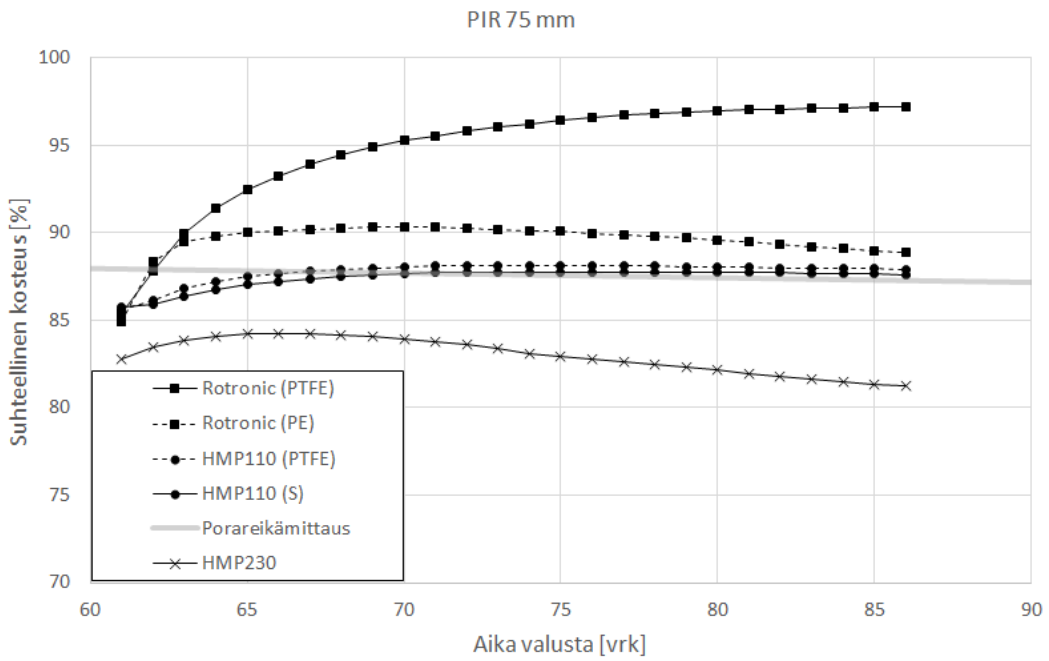
Ensimmäisten pinnoitusten tulosten perusteella päätettiin selvittää toisissa pinnoituskokeissa mattoliiman sisältämän veden vaikutus. Toisen koekappaleen pinnoituksessa käytettiin muovimaton alla käytettyä mattoliimamäärää lasilevyn alla, jolloin poissuljettiin muovimaton vaikutus. Toinen koekappale pinnoitettiin suihkuttamalla koekappaleen pintaan tämän liimamäärän sisältämä vesimäärä ja teippaamalla lasilevy päälle. Toiset pinnoitukset tehtiin lämmittämättömän koesarjan 3 kahdelle koekappaleelle.

Lopuksi tehtiin vielä kolmannet pinnoituskokeet, joissa vertailtiin muovimaton alla liiman ohjeellista riittoisuushaarukkaa vastaavaan kulutushaarukan ylä- ja alarajaa vastaavaa liimamäärää. Kolmannet pinnoitukset tehtiin koesarjan 1 kahdelle koekappaleelle, jotka saatiin uudelleen käyttöön poistamalla kappaleiden pinnasta ensimmäisissä pinnoituksissa käytetty teipattu lasilevy ja teipattu muovimatto.

3. Tulokset ja johtopäätökset

3.1 Betonikoekappaleet

Betonikoekappaleiden kuivumisen seurannasta saatiin runsaasti mittausdataa. Kuvassa 4 on esitetty esimerkin vuoksi PIR-levyllä eristetyn koekappaleen mittaustulokset ensimmäiseltä jatkuvatoimiselta mittausjaksolta mittaussyvyydeltä 75 mm. Mittaustulokset on esitelty laajemmin diplomityössä [6].



Kuva 4. PIR-eristetyn koekappaleen mittaustulokset 75 mm mittaussyvyydeltä. Vaisala HMP110 tasaantui molemmilla mittapään suodattimilla lähelle porareikämittausten kosteusarvoja. Rotronicilla oli ryömintätaipumusta erityisesti korkeammissa betonin kosteuspitoisuuksissa.

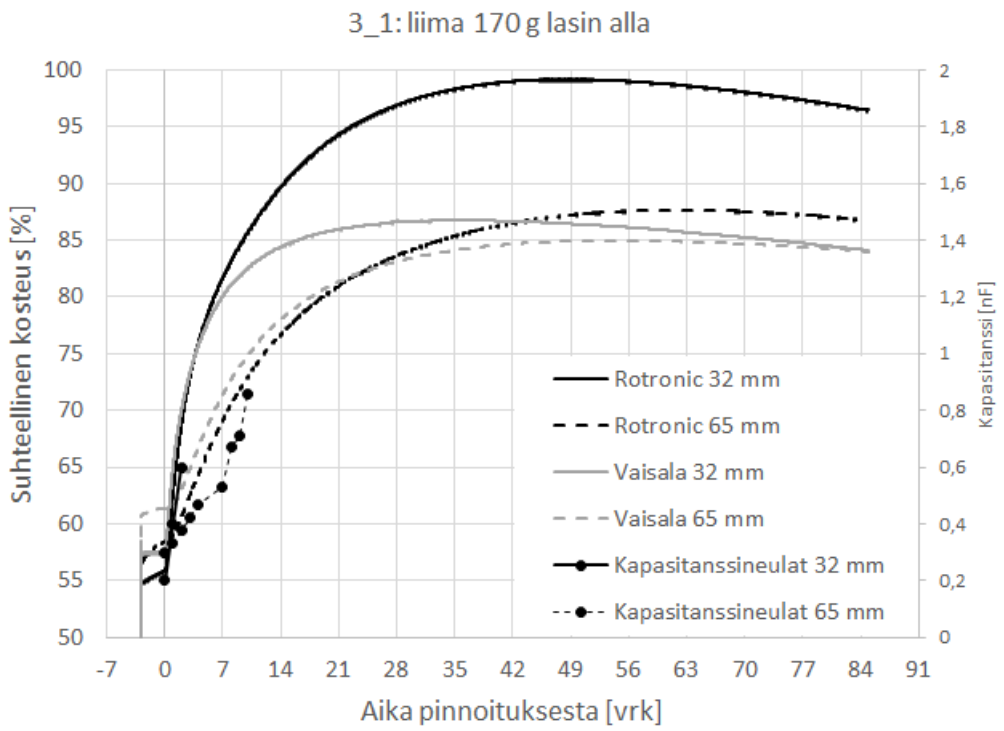
Tutkimuksen perusteella betonin huokosilman suhteellisen kosteuden luotettava mittaaminen jatkuvatoimisesti yli 90 % RH kosteassa betonissa kapasitiivisilla kosteusantureilla on vaikeaa ja mittaustulokset voivat sisältää merkittäviä virheitä. Betonin kuivuttua alle 90 % RH mittaustulosten hajonta alkoi tiivistyä lähelle porareikämittausten referenssikäyrää. On myös huomioitava, että mittausputken kosteuden tasaantumiseen huokosilman kosteutta vastaavaksi kuluu enemmän aikaa mittauskertojen lukumäärän kasvaessa. Mittapoikkeamaa aiheuttaa mittalaitteen lisäksi käytetty tasaantumisaika sekä mittausmenetelmä ja mittauksen suoritus. Tulosten perusteella valuun asennettujen mittausputkien käyttäminen lisää mittauksen virhetekijöitä.

Porareikämittauksiin verrattuna Vaisala HMP110 antoi valuun asennettavista putkista samankaltaisimmat mittaustulokset. Eniten poikkeamaa oli mittausten alkuvaiheessa (< 30 vrk). Rotronic HC2-S mittapään peräkkäiset mittauslukemat sisälsivät enemmän hajontaa sekä virheellisiä mittaustuloksia. Vaikka nyt verrattiin edellisissä tutkimuksessa käytössä olleita Rotroniceja uusiin Vaisala HMP110 mittapäihin, eivät nyt todetut poikkeamat kuitenkaan selity laitteiden käyttöiällä; mitattujen kosteuslukemien epäjohdonmukainen nousu korkeissa kosteuspitoisuuksissa havaittiin Rotronicin kohdalla myös edellisessä tutkimuksessa, kun mittapäät olivat uusia. Aiempien käyttökokemusten perusteella Rotronic HC2-S soveltuu kuitenkin hyvin muihin käyttötarkoituksiin. Epäjohdonmukainen hajonta mittaustuloksissa liittyy todennäköisimmin hyvin kosteaan alkaliseen betoniin ja anturissa tapahtuvaan kondenssiin mikä on yleinen ongelma kapasitiivisilla antureilla mitattaessa korkeita kosteuksia. Ongelma korostuu erityisesti tehtäessä mittauksia muuttuvissa lämpöolosuhteissa esimerkiksi rakennustyömailla.

Jatkuvatoimisten mittausten hyöty suhteessa luotettavuuteen tutkitulla betonilaadulla on kyseenalaista. Alkuvaiheessa mittausvirhe ja riski kondenssille on suuri ja alkuvaiheen jälkeen kuivuminen on niin hidasta, että mittalaitteiden ryömiminen ylöspäin pahimmillaan kumoaa samaan aikaan tapahtuneen kuivumisen. Porareikämittauksissa mitataan esiin poratun betonipinnan kautta haihtuvaa kosteutta tarkasteluhetkellä, eikä tällöin tarvittavalla lyhyemmällä tasaantumisajalla korkea kosteus niin helposti aiheuta virheellisiä mittaustuloksia, ja anturiin tapahtuvan kondenssin riski on pienempi. Tutkimuksen perusteella on suositeltavaa käyttää pistemäisiä lyhytaikaisia porareikämittauksia betonin kuivumisen seurannassa jatkuvien putkimittausten sijaan. Mikäli jatkuvatoimisia mittauksia halutaan käyttää, suositellaan mittapäiden asennusta vasta, kun rakenteen lämpötila voidaan pitää mahdollisimman vakiona.

3.2 Kipsikoekappaleet

Kipsikoekappaleiden kuivumista seurattiin pääasiassa oikean pinnoitushetken selvittämiseksi. Edellisessä tutkimuksessa [2] kipsikoekappaleiden jatkuvatoimisissa mittauksissa ei havaittu betonikokeiden kaltaista merkittävää ryömintää, jonka vuoksi tutkimus keskittyi liimatulla muovimatolla pinnoittamisen aikaansaaman mitattujen kosteusarvojen nousun syyn selvittämiseen eri pinnoitustavoilla. Kuvassa 5 on esitetty mattoliiman vaikutus lasilevyn alla pinnoitushetkestä alkaen. Mittaustulokset on esitelty laajemmin diplomityössä [6].



Kuva 5. Toisen pinnoituskokeen toisen koekappaleen suhteellisen kosteuden nousu, kun se pinnoitettiin lasilevyllä, jonka alla oli 170 g mattoliimaa.

Pinnoituskokeiden mittaustulokset osoittivat liiman sisältämän veden olevan syy mitattujen kosteusarvojen nousuun. Edeltävässä tutkimuksessa [2] sekä tämän tutkimuksen ensimmäisessä pinnoituskokeessa kulutettu liimamäärä todettiin olleen selvästi mattoliiman tuotetiedoissa ohjeistettua riittoisuutta suurempi, vaikka liiman levitys tehtiin liimavalmistajan ohjeiden mukaisella hammaslastalla. Tämän vuoksi tehtiin kolmannet pinnoituskokeet, joissa vertailtiin ilmoitetun riittoisuushaarukan minimi- ja maksimimäärää vastaavaa liimamäärää muovimaton alla. Mittaustuloksista paljastui, että ohjeistetuilla liimamäärillä kosteusarvot yhä nousevat, mutta eivät kriittisen suuriksi pinnoitusmateriaalien kannalta.

Pinnoituskokeissa liiman mukana lisätty vesimäärä ei ole kovin suuri, mutta kipsin tasapainokosteuskäyrän muodosta ja hystereesistä johtuen pieni lisäys kosteuspitoisuudessa nostaa jyrkästi huokosilman suhteellista kosteutta, kun vesipitoisuuden noustessa siirrytään adsorptiokäyrältä desorptiokäyrälle. Kokeissa käytetyn Knauf LM80 lattiamassan tasapainokosteuskäyrää ei ole määritetty, mutta ainakin lähteessä [7] esitelty kipsin tasapainokosteuskäyrä kuvaa ilmiötä riittävän tarkasti.

Ohjeellisen riittoisuuden keskiarvoon verrattuna kulutus oli ensimmäisen pinnoituskokeen liimatun maton tapauksessa kolminkertainen ja edeltävän tutkimuksen [2] kokeissakin yli kaksinkertainen. Nyt tehdyissä pinnoituskokeissa saatujen mittaustulosten perusteella kipsivalulattiaan lisätty kosteus nostaa voimakkaasti huokosilman suhteellista kosteutta ja lattialiiman annostelussa tulee siksi noudattaa tarkkuutta. Liiman tarpeettoman suuri annostelu voi johtaa huokosilman suhteellisen kosteuden nousuun kriittiselle tasolle pinnoitemateriaalien kannalta, minkä seurauksena voi olla kosteusvaurio ja sisäilmaongelmia.

4. Yhteenveto

Vaisala HMP110 -mittapää on Rotronic HC2-S -mittapäähän verrattuna vakaampi erityisesti kostean betonirakenteen mittaamisessa, mutta myös kipsirakennetta mitattaessa. Betonin voimakas emäksisyys ja emissiot ovat oletettavasti materiaaleja erottavia merkittäviä tekijöitä. Kipsivalulattioiden mittaamisessa Rotronicin ryömintätaipumus tuli esille erityisesti pinnoituskokeissa, joissa mitattavan rakenteen kosteuspitoisuutta kasvatettiin levittämällä rakenteen pintaan mattoliimaa tai vapaata vettä. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan yleisesti päätellä erittäin kostean huokoisen materiaalin olevan haastava mittausympäristö Rotronic HC2-S mittapäälle, kun taas Vaisala HMP110 vaikuttaa melko luotettavalta myös noin 90 % RH kosteassa huokoisessa materiaalissa

Kipsivalulattioiden pinnoituskokeissa saatiin selville muovimaton liimaamisen jälkeisen mittaustulosten jyrkän nousun aiheuttaja. Mattoliiman sisältämä vesimäärä osoittautui ilmiön aiheuttajaksi ja sitä korosti ohjeistettua suurempi liiman kulutus. Kipsin tasapainokosteuskäyrän muoto sekä hystereesi mahdollistavat sen, että materiaalin vesipitoisuuteen verrattuna suhteellisen pieni veden lisäys materiaaliin aiheuttaa merkittävän nousun huokosilman suhteellisessa kosteudessa. Edellisessä tutkimuksessa havaitun pinnoitusten jälkeisen mitattujen kosteusarvojen nousun syyksi voidaan siis nimetä liiman sisältämä vesi, kipsin tasapainokosteuskäyrä ja hystereesi sekä mittalaiteperäinen mittausvirhe.

Lähdeluettelo

[1] Korhonen, L. 2018. Solumuovieristettyjen betonielementtien kuivatustarkastelut. Diplomityö. Tampereen yliopisto, rakennustekniikan laitos. 86 s. + 11 liites. Saatavilla: http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201805091631

[2] Haaranen, A. 2017. Kelluvan kipsivalulattian kuivuminen. Diplomityö. Tampereen yliopisto, rakennustekniikan laitos. 174 s. + 88 liites. Saatavilla: http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201703281228

[3] Merikallio, T. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Väitöskirja. TKK, rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. 136 s. + 2 liites. Saatavilla: http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-22-9957-7

[4] RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Rakennustietosäätiö RTS.

[5] ASTM F2170-16b. 2016. Standard Test Method for Determining Relative Humidity in Concrete Floor Slabs Using in situ Probes. ASTM International.

[6] Raunima, T. Arvioitu julkaisu 2019. Kapasitiivisten kosteusantureiden käyttäytyminen betoniseinien ja kipsivalulattioiden kuivumisen seurannassa. Diplomityö. Tampereen yliopisto, rakennustekniikan laitos.

[7] Nevander, L. E. ja Elmarsson, B. 1994. Fukthandbok. 2.painos. Stockholm, AB Svensk Byggtjänst och författarna. 538 s.