

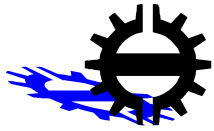
**Ralf Lindberg - Jyrki Wahlman - Jommi Suonketo
- Elina Paukku**

KOSTEUSVIRTA-TUTKIMUS



Rakennustekniikan osasto

Tampere 2002



TAMPEREEN
TEKNILLINEN
KORKEAKOULU

JULKAISU **119**
TALONRAKENNUSTEKNIikka

Ralf Lindberg – Jyrki Wahlman – Jommi Suonketo – Elina Paukku

Kosteusvirta -tutkimus

Rakennustekniikan osasto
Tampere 2002

UDK 699.82
697.933
ISBN 952-15-0911-2 (nid.)
ISBN 978-952-15-2743-2 (PDF)
ISSN 1237-1483

Esipuhe

Tutkimuksen lähtökohtana ovat betonirakenteen kosteuden aiheuttamat päällystevauriot uudisrakentamisessa. Vauriot voivat ilmetä eri tavoin, kuten esimerkiksi lattiapäällysteiden tartunnan peittäminenä liiman kosteusvaurioitumisen seurauksena, värjäytyminä lattiapäällysteissä tai muina esteettisinä haittoina. Pahimmillaan kosteusvaurio voi johtaa mikrobikasvuun tai rakennusmateriaalien emissioiden voimistumiseen ja sitä kautta sisäilmaongelmiin. Sisäilmassa olevat haitta-aineet voivat aiheuttaa ärsytystä ja muita terveysoireita tilojen asukkailla ja käyttäjillä.

Tutkimuksessa selvitettiin laboratoriokeiden avulla erilaisten betonien, päällysteiden ja muiden lattian pintakerrosten sekä kuivumisolosuhteiden vaikutusta lattiarakenteen kuivumiseen ja kosteuden siirtymiseen rakenteen sisällä, erityisesti lähellä rakenteen pintaa, mikä on kosteusvaurioiden syntymisen kannalta kriittisintä.

Maanvaraisten alapohjien osalta tutkimukseen liittyvät mittaukset tehtiin pääkaupunkiseudun kenttäkohteissa Humittest Oy:n toimesta.

Julkaisu on tehty Tampereen teknillisen korkeakoulun Rakennustekniikan osaston Talonrakennustekniikan laboratoriossa professori Ralf Lindbergin johdolla.

Julkaisun kirjoitustyön ovat tehneet dipl.ins. Elina Pauku, dipl.ins. Jommi Suonketo ja dipl.ins. Jyrki Wahlman.

Projektia on ohjannut johtoryhmä, johon ovat kuuluneet: johtoryhmän puheenjohtaja Pentti Lumme (Lohja Rudus Oy), Gunnar Forsman (Optiroc Oy), Matti Lyyra (Vaisala Oyj), Esa Pukki (Akzo Nobel Deco Oy) ja Matti Salo (Upofloor Oy) sekä Tekesin edustajana Lasse Pöyhönen.

Johtoryhmän työskentelyyn ovat osallistuneet lisäksi Johan Åminne (Optiroc Oy) sekä Nils-Erik Carlsson (Akzo Nobel Decorative Coatings Ab, Ruotsi).

Projektin ovat rahoittaneet Tekes, Lohja rudus Oy, Vaisala Oyj, Optiroc Oy ja Akzo Nobel Deco Oy.

Projektin käytännön toteuttamiseen on osallistunut myös Tampereen teknillisen korkeakoulun Rakennustekniikan osaston laboratoriohenkilökunta. Johtoryhmään kuuluvien yritysten henkilökunnalta on saatu tarvittaessa asiantuntija-apua.

Kiitämme kaikkia projektiin osallistuneita henkilöitä ja yrityksiä.

Tampereella 1.11.2002

Tekijät

Ralf Lindberg, Jyrki Wahlman, Jommi Suonketo, Elina Paukku
Kosteusvirta ja sen voimakkuuden vaikutus päällysteiden ja pinnoitteiden pysyvyyteen betonirakenteisissa ala- ja välipohjissa.
Tampereen teknillinen korkeakoulu
Rakennustekniikan osasto, Talonrakennustekniikan laboratorio
Rahoittajat: Tekes, Lohja Rudus Oy Ab, Vaisala Oyj, Optiroc Oy Ab, Akzo Nobel Deco Oy
Marraskuu 2002
Hakusanat: kosteus, betonilattia, lattiapäällyste, lattiatasoite, rakennusfysiikka

Tutkimuksessa selvitettiin pääasiassa laboratoriossa mittaamalla paikallavaletun betonilattian kuivumista. Laboratorio-olosuhteissa tutkittiin välipohjien kuivumista. Lisäksi kenttämittauksin selvitettiin maanvaraisen betonilattian kuivumista kahdessa todellisessa rakennuskohteessa. Tutkimuksessa selvitettiin erityisesti betonilattian pintakerrosten, kuten päällysteen, ja erilaisten kuivumisolosuhteiden vaikutusta kosteuden kulkeutumiseen betonilattiassa.

Tutkimus aloitettiin tekemällä materiaalikokeita suomalaisissa betonilattioissa tyypillisesti käytetyille materiaaleille. Samanaikaisesti aloitettiin tutkimuslaitteiston ja mittausjärjestelyjen suunnittelu ja rakentaminen. Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen päättyessä mittauslaitteisto oli valmis. Tehtyjen materiaalikokeiden ja johtoryhmän asiantuntemuksen perusteella päätettiin tutkimuksen toisessa vaiheessa tutkittavat lattiarakennevaihtoehdot ja kuivumisolosuhteet.

Tutkimuslaitteistoon kuului 16 sylinterimäistä tutkimuskammiota, joiden sisälle tutkittavat lattiat rakennettiin. Kammioiden sisäolosuhteita voitiin säädellä siten, että tutkittavan välipohjan eri puolille aikaansaatiin erilaiset kosteus- ja lämpötilaolosuhteet. Tutkittavat lattiarakenteet rakennettiin kammioihin samassa järjestyksessä kuin työmaalla, ja niiden rakennekerrokset vastasivat käytännön lattioita. Betonilaatan paksuus poikkesi todellisesta ollen 100 mm. Osalle koekappaleista aiheutettiin ylimääräinen kosteusrasitus, jolla kuvattiin työmaalla tapahtuvaa rakenteen kastumista esimerkiksi sateen seurauksena. Yhden välipohjan yli aikaansaatiin noin 4 °C suuruinen lämpötilaero.

Tutkimuksessa tarkasteltiin yksityiskohtaisimmin tavanomaisen lattiabetonin (K30) ja ns. nopeasti päällystettävän erikoisbetonin (NP40), paremmin vesihöyryä läpäisevän ja tiiviin lattiapäällysteen sekä paksuudeltaan erilaisten tasoitekerrosten vaikutusta lattiarakenteen kuivumiseen. Kokeissa havaittiin selvä ero tavanomaisen lattiabetonin ja ns. nopeasti päällystettävän erikoisbetonin kuivumisnopeudessa valun jälkeen. Erikoisbetonista valetut välipohjakoekappaleet saavuttivat päällystyskriteerinä pidetyn 90 %:n suhteellisen kosteuden 20 %:n syvyydellä laatassa muutaman vuorokauden kuluessa jälkihoidon päättymisestä, kun taas betonin K30 kuivuminen päällystyskelpoiseksi kesti selvästi kauemmin.

Kokeissa havaittiin ero tavanomaisen ja erikoisbetonin välillä myös betonilaatan kuivumisessa päällystämisen jälkeen. Suhteellinen kosteus lähellä betonilaatan pintaa kohosi päällystämisen jälkeen molemmilla betoneilla, mutta erikoisbetonilla vähemmän kuin tavanomaisella lattiabetonilla. Kuivuminen takaisin päällystämistä edeltävälle tasolle tapahtui erikoisbetonilla selvästi nopeammin kuin tavanomaisella lattiabetonilla. Ylimääräisen kastelun vaikutus kesti selvästi pidempään tavanomaisesta betonista valetussa koekappaleessa kuin erikoisbetonista valetussa koekappaleessa.

Kokeiden perusteella päällysteen tiiviys vaikuttaa siihen, kuinka korkealle pintakerrosten alapuolinen suhteellinen kosteus nousee ja kuinka nopeasti se laskee kosteuden siirtyessä päällysteen läpi huoneilmaan.

Lattian päällystyskelpoisuutta arvioitaessa tulisi ottaa huomioon tasoitekerroksen paksuuden mahdollinen vaihtelu, koska tasoitepaksuudella on koetulosten perusteella merkittävä vaikutus välipohjarakenteen kastumiseen ja kuivumiseen. Betonirakenteen suunnitelmien mukaisen kuivumisen varmentamiseksi suhteellisen kosteuden mittauksia tulee tehdä jo ennen pintatyövaiheeseen siirtymistä. Lattian päällystettävyyden lopullinen toteaminen on kuitenkin varminta tehdä vasta lattian tasoittamisen jälkeen.

Ralf Lindberg, Jyrki Wahlman, Jommi Suonketo, Elina Paukku
Moisture flow through different floor structures
Tampere University of Technology
Department of Civil Engineering, Structural Engineering
Funding: The National Technology Agency (Tekes), Lohja Rudus Oy Ab, Vaisala Oyj,
Optiroc Oy Ab, Akzo Nobel Deco Oy
November 2002
Keywords: moisture, concrete floor, covering, smoothing, building physics

In this research the drying process of cast on site concrete floor structure was studied mainly in laboratory. In addition to this slab on ground floors were studied by *in situ* measurements in two different building sites in Helsinki. Humittest Oy carried out these field measurements.

In the beginning of the research many materials typically used in Finnish concrete floor structures were tested. The planning and constructing of measuring device was started at the same time, too. All this was done during the first phase of the research project. Materials used in every single specimen (that is floor slab) were also chosen. They were as much as possible the same as in real structures in Finland.

The specimens were built inside 16 cylindrical test chambers. The relative humidity of the specimens could be measured accurately with the help of computerised measuring system. Moisture and thermal conditions (in other words: drying conditions) inside the chambers could be controlled. Some of the specimens were exposed to extra water (e.g. rain). There was also a thermal difference of 4 °C between both sides of one concrete floor slab (specimen).

The effect of two totally different concrete mixes on drying process of concrete floor structure was studied most accurately as well as the effect of two different floor coverings and the different thickness of smoothing compound. The other concrete was a traditional concrete mix and the other a special mix dedicated especially for floor structures. The other floor covering was much more water vapour permeable than the other was.

There was an evident difference in drying rate between two concrete types mentioned above. The floor structures made of special concrete could be covered much faster than floor structures made of the traditional floor concrete. The situation just after covering the floor was alike: the humidity of the floor structure increased just after covering but less inside the floor structure made of special concrete than inside the other structure (traditional concrete). Also the effect of extra water inside the floor lasts much longer in the case of traditional concrete.

The water vapour thickness of floor covering (that is: the type of covering) has an effect on how high the relative humidity just under the floor surface increases and how fast it will decrease again.

When judging if the floor is dry enough to cover, also the thickness of the smoothing layer should be taken into account. On the basis of the research results, the thickness of smoothing layer has a significant effect on wetting and drying of concrete floor structure because of the water it contains. The final humidity measurements should be done after the smoothing treatment.

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO	1
1. JOHDANTO	4
1.1 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT.....	4
1.2 TUTKIMUKSEN TAVOITE.....	4
1.3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	4
2. UUSIEN BETONILATTIOIDEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN JA PÄÄLLYSTETTÄVYYDEN TOTEAMINEN.....	5
2.1 YLEISTÄ BETONIN KUIVUMISESTA.....	5
2.2 PAIKALLA VALETTUJEN MASSIIVISTEN BETONIVÄLIPOHJIEN KUIVUMINEN	7
2.3 PAIKALLA VALETTUJEN MAANVARAISTEN BETONIALAPOHJIEN KUIVUMINEN	8
2.4 LATTIAN ERI KERROKSISSA TYYPILLISESTI KÄYTETTÄVIÄ MATERIAALEJA JA NIIDEN OMINAISUUKSIA.....	9
2.4.1 <i>Betoni</i>	9
2.4.2 <i>Pohjuste</i>	10
2.4.3 <i>Tasoite</i>	10
2.4.4 <i>Liima</i>	10
2.4.5 <i>Päällysteet ja pinnoitteet</i>	10
2.5 PÄÄLLYSTETTÄVYYDEN TOTEAMINEN ERI LATTIARAKENTEILLA JA PÄÄLLYSTETTÄVYYSKRITEERIT	12
3. TUTKIMUS- JA KOEJÄRJESTELYT.....	14
3.1 TUTKIMUKSEN KULKU.....	14
3.2 TUTKIMUSTILAT	15
3.3 MATERIAALIKOKEET.....	15
3.3.1 <i>Kuppikokeet ja tutkitut materiaalit</i>	15
3.3.2 <i>Tasapainokosteuden määrittäminen</i>	20
3.4 VÄLIPOHJAKOEKAPPALEET	21
3.4.1 <i>Kammion rakenne</i>	24
3.4.2 <i>Mittausputkien rakenne</i>	28
3.4.3 <i>Mittausjärjestelyt</i>	29

3.5	KUUTIOKOEKAPPALE	30
3.6	KENTTÄMITTAUKSET	31
3.6.1	<i>Kohteet</i>	31
3.6.2	<i>Mittausjärjestelyt</i>	32
4.	TULOKSET	34
4.1	MATERIAALIKOKEET	34
4.1.1	<i>Kuppikokeet</i>	34
4.1.2	<i>Lattiapäällysteet</i>	34
4.1.3	<i>Parketinalusmateriaalit</i>	35
4.1.4	<i>Liima ja pohjuste</i>	36
4.1.5	<i>Tasoitteet</i>	37
4.1.6	<i>Betonit</i>	38
4.1.7	<i>Tasapainokosteudet</i>	42
4.2	KOEKAPPALEET 1-4	44
4.3	KOEKAPPALEET 5-8	49
4.4	KOEKAPPALEET 9-12	54
4.5	KOEKUUTIO (KOEKAPPALE 13)	59
4.6	KENTTÄMITTAUKSET	62
4.6.1	<i>Uudiskohde</i>	62
4.6.2	<i>Korjauskohde</i>	63
5.	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	65
5.1	MATERIAALIEN VESIHÖYRYNLÄPÄISY-OMINAISUUDET	65
5.2	MATERIAALIEN HYGROSKOOPPISET TASAPAINOKOSTEUEDET	69
5.3	KOSTEUDEN JAKAUTUMINEN VÄLIPOHJAN POIKKILEIKKAUKSESSA ENNEN JA JÄLKEEN PÄÄLLYSTÄMISEN	69
5.4	BETONILAADUN VAIKUTUS KUIVUMISNOPEUTEEN	70
5.5	BETONILAADUN VAIKUTUS PÄÄLLYSTÄMISEN JÄLKEISEEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMISEEN	72
5.6	PÄÄLLYSTEEN TIIVYDEN VAIKUTUS VÄLIPOHJAKOEKAPPALEEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMISEEN	75
5.7	YLIMÄÄRÄISEN KASTELUN VAIKUTUS	77
5.8	TASOITEKERROKSEN PAKSUUDEN VAIKUTUS KUIVUMISEEN	78

5.9	POHJUSTUSKERTOJEN LUKUMÄÄRÄN VAIKUTUS KUIVUMISEEN	80
5.10	LÄMPÖTILAERON VAIKUTUS KOSTEUDEN LIKKUMISEEN RAKENTEESSA	80
5.11	KOEKAPPALEESTA POISTUVA KOSTEUSVIRTA PÄÄLLYSTÄMISEN JÄLKEEN.....	82
5.12	KOEKUUTIOSTA (ERILLISKOE) TEHDYT HAVAINNOT	85
5.13	KENTTÄMITTAUKSET	87
5.13.1	<i>Uudiskohde</i>	87
5.13.2	<i>Korjauskohde</i>	88
6.	YHTEENVETO	89
7.	LIITELUETTELO	92
8.	KIRJALLISUUSVIITTEET	93

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Tutkimuksen lähtökohtana ovat betonirakenteen kosteuden aiheuttamat päällystevauriot uudisrakentamisessa. Vauriot voivat ilmetä eri tavoin, kuten esimerkiksi lattiapäällysteiden tartunnan pettämisenä liiman kosteusvaurioitumisen seurauksena, värjäytyminä lattiapäällysteissä tai muina esteettisinä haittoina. Pahimmillaan kosteusvaurio voi johtaa mikrobikasvuun tai kiihdyttää rakennusmateriaalien emissioita aiheuttaen sitä kautta sisäilmaongelmia. Sisäilmassa olevat haitta-aineet voivat aiheuttaa ärsytystä ja muita terveysoireita.

Uusien betonilattioiden kosteuspitoisuus päällysteen alla kohoaa päällystämisen jälkeen. Siihen, kuinka korkeaksi ja kuinka pitkäksi aikaa kosteuspitoisuus päällysteen alla kohoaa, vaikuttavat rakenteen ominaisuudet ja kuivumisolosuhteet sekä kosteus päällystyshetkellä.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimussuunnitelman mukaisena tutkimuksen tavoitteena oli selvittää betonilattian rakenteellisten tekijöiden ja olosuhteiden vaikutusta rakenteessa tapahtuvaan kosteusvirtaan ja päällystevaurioihin sekä selvittää betonirakenteessa päällystämisen jälkeen tapahtuvan kosteuden uudelleenjakautumisen kulkua eri betonilaaduilla ja eri tyyppisillä (tiiviydeltään erilaisilla) päällysteillä. Erityisesti tutkittiin kosteuspitoisuuden kohoamista päällysteen alla sekä selvitettiin päällystevaurion kannalta riskirakenteita ja –olosuhteita.

1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus tehtiin kahdessa vaiheessa. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kehitettiin laitteisto, jonka avulla tutkittavista betonikoekappaleista (välipohjalaatoista) voitiin mitata betonin suhteellista kosteutta ja lämpötilaa eri syvyyksillä välipohjassa (betonissa) sekä myös koekappaleen pinnan eri rakennekerrosten (päällyste, tasoite) rajapinnoissa. Laitteiston avulla koekappaleille voitiin aikaansaada haluttuja kuivumisolosuhteita.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa määritettiin laboratoriokeiden avulla mm. päällysteiden ja muiden lattian tavanomaisten pintakerrosten materiaaliominaisuuksia, jotta voitiin tehdä tarvittavat materiaalivalinnat tutkimuksen toisessa vaiheessa valmistettaviin varsinaisiin välipohjakoekappaleisiin. Materiaalivalinnoissa kuultiin tutkimuksen johtoryhmän mielipiteitä. Valinnassa pyrittiin käyttämään yleisesti suomalaisissa lattioissa käytettäviä materiaaleja ja tuotteita.

Tutkimus tehtiin TTKK:n Talonrakennustekniikan laboratoriossa prof. Ralf Lindbergin johdolla. Tutkijoina toimivat diplomi-insinöörit Jyrki Wahlman, Jommi Suonketo ja Elina Paukku. Tutkimukseen osallistuivat laboratoriomestari Kari Häyrinen, Tapio Kallio ja Rauno Pohja tutkimuslaitteiden suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen osalta. Tutkimuskammiot teetettiin Muovikoneistus Kivelä Oy:ssä Tampereella tutkijoiden tekemien suunnitelmien perusteella.

2. UUSIEN BETONILATTIOIDEN KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN JA PÄÄLLYSTETTÄVYYDEN TOTEAMINEN

Aluksi käsitellään hyvin suppeasti betonin kuivumisen liittyvää teoriaa. Lähteinä käytetyt julkaisut on mainittu tekstissä.

Sen jälkeen on periaatteellisella ja karkealla tasolla esitetty nykyiset perusoletukset siitä, miten erilaiset betonilattiarakenteet kuivuvat valun jälkeen, ja miten näiden betonilaattojen yläpinnan päällystäminen 'vesihöyrytiivellä' päällysteillä (esimerkiksi pvc-matoilla) vaikuttaa niiden kuivumiseen. Esitetyissä perustapauksissa ei ole otettu huomioon erilaisten häiritsevien tekijöiden vaikutusta kuivumistapahtumaan. Tällaisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi rakennusaikainen kastuminen syystä tai toisesta (sade, lumen sulamisvesi, vesivahingot, lattian tasoituskäsittely jne.) ja lämpötilaero välipohjan tai maanvaraisen alapohjan eri puolilla.

2.1 Yleistä betonin kuivumisesta

Betonin sisältämä vesi voidaan jakaa kemiallisesti sitoutuneeseen veteen, geeliveteen ja vapaaseen veteen veden 'pysyvyysasteen' perusteella. Samalla perusteella betonin seosvesi voidaan vaihtoehtoisesti jakaa myös haihtuvaan ja ei-haihtuvaan. Ei-haihtuva vesi koostuu pääasiassa kemiallisesti sitoutuneesta vedestä. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä voidaan määrittää kuivattamalla betonia alle +105 °C:een lämpötilassa, jolloin jäljelle jäävän veden katsotaan olevan pääasiassa kemiallisesti sitoutunutta vettä. Ei-haihtuvan veden määrä kasvaa sementin hydrataation edetessä. Kemiallisesti sitoutuneen veden enimmäismäärä on noin 25 paino-%:a sementin massasta täysin hydratoituneella betonilla. Käytännössä sementin hydratoituminen ei koskaan tapahdu täydellisesti.

Hyvälaatuisen betonin aikaansaaminen vaatii jälkihoidon kovettumisen alkuvaiheessa. Jälkihoidon tarkoituksena on pitää betoni vedellä kyllästyneenä (tai mahdollisimman lähellä kyllästystilaa), kunnes sementin hydrataatio tuotteet täyttävät riittävässä määrin alun perin veden täyttämää tilaa. Hydrataatio heikkenee, jos suhteellinen kosteus betonin huokosissa laskee alle 80 %:iin. Jos suhteellinen kosteus pidetään vähintään 80 %:ssa, eikä betonirakenne ole alttiina tuulen, lämpötilaeron tai auringonsäteilyn vaikutukselle (toisin sanoen veden liikettä ei tapahdu rakenteesta pois päin), ei hydrataation jatkumiseksi tarvita aktiivisia jälkihoitotoimenpiteitä.

Käytännössä olosuhteet työmailla ovat kuitenkin usein sellaiset, että jälkihoitotoimenpiteet ovat tarpeen. Edellä mainittujen olosuhdetekijöiden lisäksi mm. lämmitys ja lämmin betonimassa lisäävät haihtumista. Tarvittavat jälkihoitotoimenpiteet voidaan jakaa kahteen tapaukseen:

- ensimmäisessä tapauksessa ainoastaan veden haihtuminen on estettävä
- toisessa tapauksessa vettä on myös lisättävä hydrataation jatkumisen mahdollistamiseksi.

Tapausten välinen raja kulkee likimäärin vesi-sementtisuhteen arvossa 0,5. Monien nykyaikaisten massojen vesisementtisuhte on pienempi kuin 0,5, jolloin veden lisääminen hydratoitumisen edistämiseksi on suotavaa. Jälkihoito voidaan tehdä kastelemalla rakenne vedellä tai päällystämällä se kalvolla (esimerkiksi rakennusmuovilla) tai käsittelemällä betonirakenteen pinta kalvon muodostavalla aineella. Jälkihoitoaineet on poistettava mekaanisesti rakenteen pinnasta jälkihoidon

jälkeen. Betoni, jonka vesisementtisuhde on alhaisempi kuin 0,5 tai varmuudella alhaisempi kuin 0,4, on jälkihoidettava vesikastelun avulla. /1 ja 2/.

Kovettunut betoni sisältää massan valmistuksesta, mahdollisesti betonin jälkihoidosta ja työnaikaisesta rakenteen kastumisesta peräisin olevaa vettä. Osan betonin kosteudesta on poistuttava jo paljon ennen rakennuksen käyttöönottoa, jos rakenne päällystetään, koska esimerkiksi liimoilla, päällysteillä yms. rakenteiden pintakerroksilla on tietty suhteellinen kosteus, joka rakenteen tulee alittaa ennen päällystämistä. Tämän kuivumisen aikana osa betonin sisältämästä kosteudesta poistuu haihtumalla rakenteen pintojen kautta. Päällystettävyyden vaatimuksena oleva tietty betonin suhteellisen kosteuden arvo ei kuitenkaan tarkoita sitä, että betonirakenteen olisi oltava vaaditussa kosteustilassa läpikotaisin, vaan riittää, kun betonin pintakerros tietyllä syvyydelle saakka on saavuttanut tämän tapauskohtaisen raja-arvon. Rakenteen sisäosat, joiden kuivuminen on hidasta diffuusiomatkan pituudesta ja betonin huokosrakenteen tiivistymisestä johtuen, voivat olla huomattavasti kosteampia. Kun rakennus otetaan käyttöön, betonirakenteet asettuvat ajan mittaan hitaasti myös sisäosiltaan ympäristönsä suhteellista kosteutta vastaavaan (ns. tasapainokosteuskäyrän mukaiseen) tasapainotilaan. Vesimäärä, joka betonista on haihdutettava tiettyä ympäristön suhteellista kosteutta vastaavaan tasapainotilaan pääsemiseksi, riippuu betonista.

Seuraavassa taulukossa on karkealla tarkkuudella esitetty kahdelle eri betonille kemiallisesti ja fysikaalisesti sitoutuneen veden sekä haihdutettavan veden määrä betonin huokosilman suhteellisen kosteuden ollessa 40 % ja 90 %. Ensimmäinen tilanne voi kuvata esimerkiksi betonirakenteen hidasta kuivumista keskimääräisissä huoneolosuhteissa pitkän ajan kuluessa. Vuosien kuluessa saavutetaan tilanne, jossa koko betonirakenne on kuivunut ympäristönsä suhteellista kosteutta vastaavaan tasapainotilaan. Tyypillinen esimerkki on vuosia vanha kerrostaloasuntojen välinen betonivälipohja tai -väliseinä, jonka pinnat mahdollistavat rakenteen kuivumisen ainakin toiseen suuntaan. Jälkimmäinen tilanne voi esimerkiksi kuvata betonin pintakerroksesta poistettavaa vesimäärää ennen päällystämistä, mikäli vaatimuksena pidetään enintään 90 %:n suhteellista kosteutta betonin huokosissa tietyllä syvyydellä pinnasta lukien.

Taulukossa on oletettu hydrataatioasteeksi 0,8 ja kemiallisesti sitoutuneen veden määräksi 0,25 % sementin määrästä. Sitoutuneet vesimäärät on arvioitu karkealla tarkkuudella ja esimerkinomaisesti kahdelle mm. lujuudeltaan ja vesisementtisuhteiltaan erilaiselle betonille käyttäen lähteessä /5/ esitettyjä sorptioisotermejä. Kyseiset betonit eivät välttämättä ole juuri tyypillisesti lattioissa käytettyjä betoneita.

Taulukko 1. Esimerkkejä eri betonisuhteutusten sisältämistä vesimääristä

Betoni	Sementtiä [kg/m ³]	vesisementti- suhde	Vettä [kg/m ³]	Kemiallisesti sit. vettä [kg/m ³]	Sit. vettä 40 / 90 % RH:ssa [kg/m ³]	Haihd. vettä 40 / 90 % RH:ssa [kg/m ³]
K 25	285	0,65	185	55	50 / 100	80 / 30
K 35	335	0,44	150	65	60 / 80	25 / 5

Betonissa, jossa on paljon sementtiä ja pieni vesisementtisuhde, on vähän pois haihdutettavaa vettä eli ns. rakennuskosteutta. Tällä on merkitystä erityisesti pyrittäessä

nopeasti valun jälkeen kuivattamaan betonirakenne päällystyskelpoiseksi, kuten esimerkiksi pyrittäessä saavuttamaan 90 %:n suhteellinen kosteus tietyllä syvyydellä betonin pinnasta lukien. Tämä johtuu siitä, että lujan, paljon sementtiä sisältävän betonin kokonaisvesimäärä on pieni ja kemiallisesti sitoutuneen, haihtumattoman veden määrä suuri. Lujalla betonilla myös 90 % suhteellisessa kosteudessa betoniin sitoutuneen veden määrä voi olla suurempi kuin heikommalla betonilla, mikä pienentää haihdutettavaa vesimäärää. 'Erikoisbetoneilla' pientä vesimäärää joudutaan kompensoimaan työstettävyyttä parantavilla lisäaineilla. Erikoisbetonien kuivumista nopeutetaan myös lisäämällä betonimassan ilmamäärää huokostimen avulla.

Betonirakenteen kuivuminen on kosteuden liikkumista rakenteen sisällä kohti pintaa ja kosteuden haihtumista pois rakenteen pinnasta. Betoni kuivuu ensin nopeasti pinnalta alkaen. Ensimmäisessä kuivumisen vaiheessa, betonirakenteen pinnan ollessa vielä märkänä, kuivuminen tapahtuu nopeasti vakionopeudella pinnasta haihtumalla. Kosteutta siirtyy kapillaarisesti rakenteen sisäosista kohti rakenteen pintaa, josta sitä haihtuu. Toisessa kuivumisen vaiheessa, betonirakenteen pinnan pyrkiessä kuivumaan tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa, haihdutusrintama siirtyy rakenteen sisälle. Rakenteen sisäosa on edelleen hyvin märkä. Kosteutta siirtyy rakenteen sisäosista kapillaarisesti haihdutusrintamaan. Pintakerroksen vesihöyrynvastus vaikuttaa kuivumisnopeuteen, koska haihtumisrintamasta kosteuden on siirryttävä vesihöyryn diffuusiolla huokosissa betonin pintaan. Kuivuminen hidastuu jatkuvasti haihdutusrintaman siirtyessä aina sisemmäs rakenteeseen. Kolmannessa vaiheessa rakenne kuivuu myös keskiosiltaan alueelle, jossa veden siirtyminen huokosissa tapahtuu hitaasti vesihöyrymuodossa. Kuivuminen jatkuu niin kauan kuin rakenteen sisällä sekä rakenteen ja ympäristön välillä vaikuttaa kosteusgradientti. Käytännössä kuivuminen usein keskeytyy tai hidastuu paljon, kun rakenteen pinta käsitellään siten, että haihtuminen rakenteen pinnasta hidastuu merkittävästi.

Betonirakenteen kuivumiseen vaikuttavat kuivumisolosuhteet, kuten lämpötila, lämpötilaero rakenteen ja ympäröivän ilman välillä, ilmanvaihto, suhteellinen kosteus (ympäröivän ilman kyllästysvajaus) ja ilmavirtaukset rakenteen pinnalla. Lämpötilaeron vaikutuksesta, kuten esimerkiksi auringon lämmittäessä betonirakenteen pintaa tai pyrittäessä aktiivisesti kuivattamaan rakennetta lämmittämällä, rakenteen kuivuminen nopeutuu. Välipohjarakenteen tapauksessa lämpötilaeroa saattaa aiheuttaa esimerkiksi rakennuksen eri kerroksissa (välipohjan ylä-/alapuolella) vallitsevat erilaiset lämpötilat. Työnaikaisen kastumisen rajoittaminen jälkihoidosta alkaen nopeuttaa luonnollisesti rakenteen kuivumista.

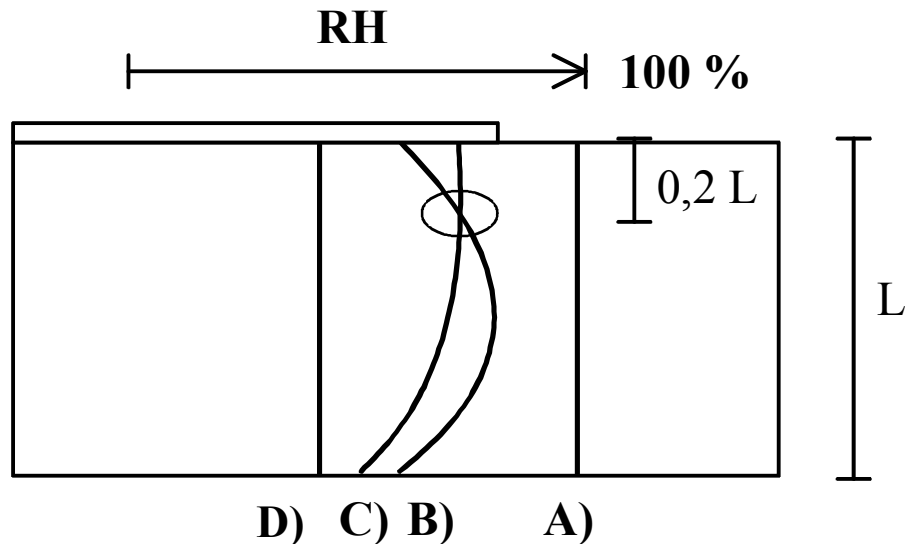
2.2 Paikallavalettujen massiivisten betonivälipohjien kuivuminen

Esimerkiksi paikallavaletut massiiviset välipohjat ovat ns. kahteen suuntaan kuivuvia rakenteita. Lattiapäällysteen asentamisen jälkeen ja laatan alapinnan mahdollisen maalaus käsittelyn, koteloinnin tms. jälkeen kuivuminen hidastuu molemmissa suunnissa riippuen valittujen päällysteitten ja käsittelyn ominaisuuksista. Kuivuminen hidastuu koko ajan myös siitä syystä, että haihtumisrintama siirtyy syvemmälle rakenteeseen ja vesihöyryn diffuusiomatka rakenteen pintaan kasvaa. Lisäksi betonin huokosrakenneessa hydrataation myötä tapahtuvat muutokset hidastavat kuivumista, koska betonin huokosrakenne muuttuu siten, että toisiinsa yhteydessä olevien avoimien huokosten määrä vähenee.

Seuraavassa kuvassa on esitetty periaatteellisella tasolla kahteen suuntaan kuivuvan

lattiarakenteen oletettu kosteusjakautuma kuivumisen eri vaiheissa: A) heti valun jälkeen, B) päällystyshetkellä, C) päällystämisen jälkeen ja D) useiden vuosien kuluttua valusta ja päällystämisestä. Kuvasarjassa ei ole esitetty tasoituskäsittelyn aikaansaamaa häiriötä laatan yläosassa ennen päällystämistä. Tasoitteen sisältämän veden vaikutuksesta laatan yläosan suhteellinen kosteus nousee.

Kahteen suuntaan kuivuva laatta



Kuva 1. Kahteen suuntaan kuivuvan betonilaatan teoreettinen kosteuskäyttäytyminen.

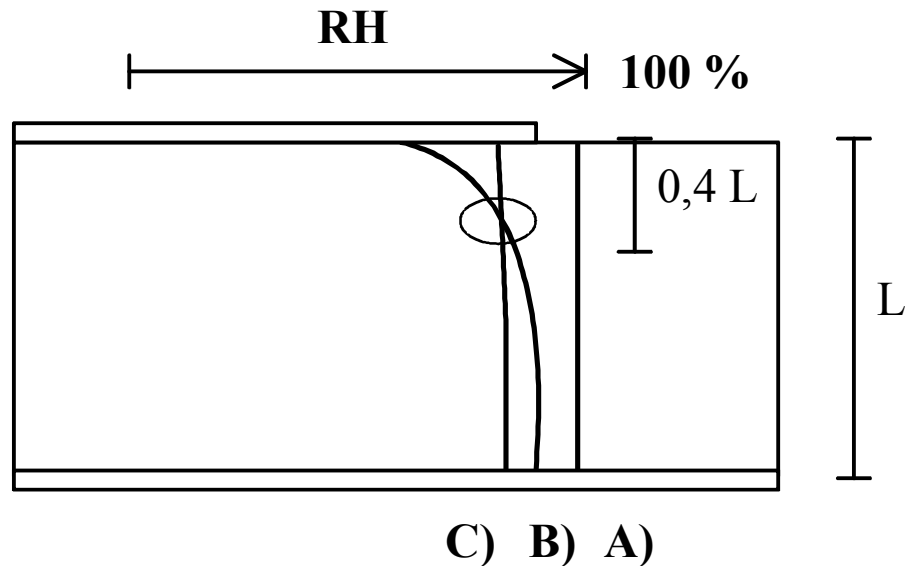
Yllä olevassa kuvassa vaaka-akseli kuvaa rakenteen suhteellista kosteutta ja pystyakseli rakenteen paksuutta. Paksu musta viiva rakenteen päälle piirrettynä kuvaa lattiarakenteen kosteusjakautumaa eri syvyyksillä. Kuvasarjassa on esitetty kosteusjakautuman kehittymistä ajan funktiona kuivumisen edistyessä. Alkuvaiheessa kosteus on tasan jakautuneena koko rakenteen paksuudelle. Kuivuminen tapahtuu siten, että rakenteen ylä- ja alapinta kuivuvat nopeimmin. Kun rakenteen yläpinta päällystetään tiiviillä päällysteellä, kuten esimerkiksi tiiviillä muovimatolla, kuivuminen ylöspäin hidastuu oleellisesti. Kuivumiseen vaikuttavat päällysteen vesihöyrynläpäisevyysominaisuudet. Kuivuminen alaspäin jatkuu, mikäli laatan alapintaa ei käsitellä tai esimerkiksi peitetä tiiviillä kotelorakenteella. Koska rakenteen keskiosassa vesihöyrynpaine on suurempi kuin kuivemmassa pintakerroksessa, keskiosasta kosteutta pyrkii siirtymään hitaasti kohti rakenteen yläpintaa, missä on kosteusvaja. Koska yläpinnasta kosteuden haihtuminen on hidasta tiiviin päällysteen läpi, kosteuspitoisuus päällystekerroksen alla pyrkii kohoamaan rakenteessa vallitsevien osapaine-erojen pyrkiessä tasoittumaan diffuusiolla. Ajan mittaan betonilaatan kosteus asettuu kosteustasapainoon ympäröivän huoneilman kanssa, kun rakennuskosteus poistuu betonista pintojen kautta haihtumalla huoneilmaan.

2.3 Paikallavalettujen maanvaraisten betonialapohjien kuivuminen

Esimerkiksi paikallavaaletut maanvaraiset betonialapohjat luokitellaan kosteusteknisesti ns. yhteen suuntaan kuivuviksi rakenteiksi, vaikka niiden kuivuminen hitaasti myös alaspäin on mahdollista rakenteesta ja olosuhteista riippuen (esimerkiksi maanvastainen, vesihöyryä läpäisevällä eristeellä riittävästi lämmöneristetty betonilaatta voi kuitenkin tietyissä olosuhteissa kuivua myös alaspäin täyttökerroksen suuntaan). Muita yhteen suuntaan kuivuvia rakenteita ovat mm. liittolaatat.

Seuraavassa kuvassa on esitetty periaatteellisesti yhteen suuntaan kuivuvan lattiarakenteen oletettu kosteusjakautuma kuivumisen eri vaiheissa: A) valun jälkeen, B) kuivumisvaiheessa ja C) päällystämisen jälkeen.

Yhteen suuntaan kuivuva laatta



Kuva 2. Yhteen suuntaan kuivuvan betonilaatan teoreettinen kosteuskäyttäytyminen.

Kuvassa vaaka-akseli kuvaa rakenteen suhteellista kosteutta ja pystyakseli lattian betonirakenteen paksuutta. Paksu musta viiva rakenteen päälle piirrettynä kuvaa lattiarakenteen kosteusjakautumaa eri syvyyksillä ja sen kehittymistä ajan funktiona (kuivumisen edistyessä). Alkuvaiheessa kosteus on tasan jakautuneena koko rakenteen paksuudelle. Kuivumisen alettua rakenne kuivuu nopeimmin pinnasta alkaen. Rakenteen alaosa pysyy kosteana. Kun rakenne päällystetään, laatan kuivuminen ylöspäin hidastuu. Kosteuspitoisuus laatan yläosassa pyrkii nousemaan pitoisuuserojen pyrkiessä tasaantumaan laatan paksuuden matkalla.

2.4 Lattian eri kerroksissa tyypillisesti käytettäviä materiaaleja ja niiden ominaisuuksia

Seuraavissa kohdissa on hyvin yleisellä tasolla käsitelty suomalaisissa betonilattioissa tyypillisesti käytettäviä materiaaleja ja tuotteita sekä niiden käyttöön liittyviä tärkeimpiä näkökohtia. Lähinnä on keskitytty kosteusteknisesti merkityksellisiin ominaisuuksiin ja asioihin.

2.4.1 Betoni

Betoni on epähomogeeninen materiaali ja sen ominaisuudet voivat vaihdella suuresti, joten seuraavassa on lähinnä esitetty joitakin lattiabetoneille tyypillisiä ja tavoiteltavia ominaisuuksia sekä keinoja niiden saavuttamiseksi.

Lattiabetonimassan tulisi sisältää mahdollisimman vähän vettä, jotta kutistumaa ja massan erottumista voidaan vähentää sekä rakenteen kuivumista nopeuttaa. Betonin maksimiraekoon tulisi myös olla mahdollisimman suuri. Pieni betonin maksimiraekoko

kasvattaa rakenteen kutistumis- ja halkeiluriskiä. Myös vesi- ja sementtimäärän kasvu kasvattaa kutistumaa. Vesisementtisuhteen pienentäminen kasvattaa lujuutta ja on edullista betonin kuivumisen kannalta, mutta haittapuolena on massan työstettävyyden vaikeutuminen. Betonimassan vesimäärää voidaan pienentää käyttämällä notkistinta, jolloin työstettävyys paranee. Notkistimien toiminta ja vaikutusaika, ja siten massan työstettävyys, riippuvat mm. lämpötilasta. Betonirakenteen kuivumista voidaan lisäksi nopeuttaa mm. betonimassan runsaalla huokostuksella, oikeilla työmenetelmillä valu- ja jälkihoitovaiheessa, rakenteen suojaamisella kastumiselta sekä hyvillä kuivumisolosuhteilla.

2.4.2 Pohjuste

Pohjusteen tarkoitus on parantaa tartuntaa lattiatasoitteen ja betonialustan välillä. Pohjusteet ovat yleensä vesiohenteisia dispersioita (emulsioita), jotka levitetään betonipinnalle ohuesti harjaamalla tai ruiskuttamalla ja harjaamalla. Käsittely parantaa tasoitteen tartuntaa alustaan, estää ilmakuplien syntymistä ja tasoitteessa olevan veden liian nopeaa imeytymistä alustaan. Kuivuttuaan kalvo on läpinäkyvä.

2.4.3 Tasoite

Tasoihteella viimeistellään lattian valupinta päällystettävään kuntoon ja tasoitetaan betonipinnan pieniä epätasaisuuksia. Tasoihteet ovat useimmiten sementtipohjaisia ja niissä voi olla mukana polymeerejä levittyvyyden parantamiseksi. Tasoitekerros on aina suhteellisen ohut, maksimissaan muutamia senttimetrejä. Lattian mahdolliset kallistukset tehdään yleensä erillisellä pintabetonivalulla. Kallistusten tekoon on olemassa käsin levitettäviä tasoihteita. Betoni voi olla tasoitettaessa kohtalaisen kosteaa (useilla tuotteilla vaatimus alustan suhteellisen kosteuden suhteen $< 95\%$). Alustan kosteus rajoittaa kuitenkin päällysteen asentamista lattiaan joten yleensä tasoitus suoritetaan vasta kun betonilaatta on kuivunut päällystyskelpoiseksi.

2.4.4 Liima

Liiman tehtävänä on kiinnittää päällystemateriaali alustaansa. Käytettävä liimatyypin valitaan käyttökohteen, alustan ja päällysteen mukaan. Liimoina käytetään vesiohenteisia dispersioliimoja, kontaktiliimoja ja kaksikomponenttisiä polyuretaaniliimoja. Liimausmenetelminä voidaan käyttää tarra- tai märkämenetelmää. Tarramenetelmässä liima saa ilmastoitua jonkin aikaa ennen päällysteen asentamista, märkämenetelmässä päällyste asennetaan heti liiman levittämisen jälkeen.

Liimojen vesihöyrynläpäisevyys vaihtelee liimatyypistä riippuen. Yleensä liimat ovat melko tiiviitä. Päällysteen ja alustan välinen tartunta voi heiketä oleellisesti alustan alkalisen kosteusrasituksen seurauksena.

2.4.5 Päällysteet ja pinnoitteet

Lattiapäällysteen tai -pinnoitteen valinta riippuu paitsi lattiaan kohdistuvista rasituksista ja vaatimuksista, myös esteettisistä näkökohdista. Tietyissä kohteissa lattian pintakerrosten valinta pitäisi ehdottomasti tehdä kosteusrasitusolosuhteet ensisijaisesti huomioon ottaen.

Päällysteet ja pinnoitteet voidaan jaotella esimerkiksi:

- maaleihin ja lakkoihin
- muovimassapinnoitteisiin
- tekstiilimattoihin
- muovimattoihin ja –laattoihin
- linoleumipäällysteisiin
- puulattioihin (parketti- ja laminaattilattiat)
- keraamisiin laattoihin.

Muovimassapinnoitteita (epoksi-, akryyli-, polyesteri- tai polyuretaanipohjaisia) käytetään lähinnä teollisuuslattioissa ja suurtalouskeittiöissä yms. kohteissa. Tekstiilimattojen käyttö on vähentynyt Suomessa, vaikka materiaalit ja niiden puhtaanapitotekniikat ovat kehittyneet. Laminaatin keskiosa on puristettu puupohjaisesta massasta ja pinnat paperista. Lisäksi mukana on hartsipohjaisia sideaineita. Parketit ovat tyypillisesti joko mosaiikki- tai lautaparketteja. Merkittävänä erona on se, että mosaiikkiparketti liimataan suoraan alustaan, mutta lautaparketti asennetaan kelluvana alustan päälle. Alustan ja kelluvan lautaparketin välissä käytetään aaltopahvia, solumuovia tai muovikalvoa olosuhteista, asentajasta ja valmistajan ohjeista riippuen (mm. maakohtaisia ohjeita). Mikäli askelääneneristys hoidetaan lattiarakenteella, voidaan lautaparketti liimata tasoitettuun alustaan. Tapa on yleistymässä Keski-Euroopassa.

Pinnoitetta tai päällystettä valittaessa tulee aina huomioida käyttöolosuhteet (lämpötila ja kosteus). Rakennekosteuden tai maaperästä peräisin olevan kosteuden tulisi aina voida poistua rakenteesta vaurioita aiheuttamatta. Toisaalta käytettävän päällystemateriaalin tulisi kestää vaurioitumatta ko. olosuhteita. Tällöin päällysteen ja pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyysominaisuuksilla on merkitystä. Muovimattojen ja -laattojen rakenne ja paksuus vaihtelevat, tyypillinen paksuus on ehkä noin 2 - 3 mm. Ne voivat olla rakenteeltaan lähes homogeenisia tai kerroksellisia. Homogeeniset mm. julkisen tilan matot ovat usein hyvin vesihöyrytiivitä. Esimerkiksi kerroksellisissa asuntomatoissa voi olla pehmeä pohjakerros ja kulutusta kestävä ohut pintakalvo toisiinsa liitettynä, jolloin maton rakenne läpäisee paremmin vesihöyryä. Muovilaatoitus (esimerkiksi vinyylilaatta) voi läpäistä jonkin verran vesihöyryä saumojensa kautta, vaikka itse laatan materiaali olisikin hyvin vesihöyrytiivis.

Äänitekniset asiat vaikuttavat välipohjissa käytettävien päällysteiden ja pintarakenteiden ratkaisuihin. Aivan viime aikoihin saakka kosteusteknisiä näkökohtia ei useinkaan ole otettu huomioon päällystetuotannossa. Joitakin betonilattioille tarkoitettuja pinnoitteita (esimerkiksi tiettyjä epoksinpinnoitteita) markkinoidaan paremmin vesihöyryä läpäisevinä ja siten esimerkiksi tavanomaista kosteampiin maanvaraisiin lattioihin soveltuvina. Esimerkiksi keraaminen laatoitus soveltuu kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan käytettäväksi maanvaraisissa betonilattioissa, joita rasittaa alapuolinen kosteusrasitus, koska laatoituksessa käytettävät materiaalit eivät vaurioidu korkeassakaan kosteuspitoisuudessa, ja rakenne läpäisee jonkin verran vesihöyryä saumojensa kautta. Märkätilojen osalta on kuitenkin otettava huomioon yläpuolisen kosteusrasituksen edellyttämä vedeneristystarve.

Sekä uudis- että korjausrakentamisessa on jouduttu kehittämään erikoisratkaisuja kosteusteknisesti tai kemiallisten emissioiden takia hankaliin kohteisiin. Näissä erikoistapauksissa on rakennettu kerroksellisia lattioita, joissa lattiarakenteen

kuivumista tehostetaan tai haitallisia emissioita kuljetetaan pois lattiarakenteen sisällä tapahtuvan hallitun ilmavirtauksen avulla.

2.5 Päälystettävyyden toteaminen eri lattiarakenteilla ja päälystettävyydkriteerit

Betonilattian päälystettävyyden (kosteustilan) arvioinnissa periaatteena on, että määrittämissä menetelmissä saatua mittaustulosta verrataan annettuun päälystettävyydkriteeriin. Päälystettävyydkriteeri voi olla määritelty ohjeessa, kuten esimerkiksi Suomen betoniyhdistys ry:n ja Betonilattia yhdistyksen julkaisemassa ohjeessa ”Betonilattiat 2000” tai se voi olla tuotevalmistajan (esimerkiksi liima- tai päälystevalmistajan) määrittelemä. Betonilattian päälystettävyyden arvioinnissa on käytössä ainakin seuraavat viisi määrittämissä menetelmää:

- 1) Suhteellisen kosteuden mittaaminen betonilaattaan poratusta porareistä anturilla mittaamalla tai vaihtoehtoisesti tutkittavasta betonilaatan kohdasta irrotetuista betonikappaleista koeputkessa anturin avulla mittaamalla. Betonikappaleiden irrottaminen on tehtävä kuivatyönä (esimerkiksi piikkaamalla) ja betonikappaleita kuumentamatta. Menetelmä on yleisesti käytössä lähinnä Suomessa ja muissa Pohjoismaissa.
- 2) Kosteuspitoisuuden määrittäminen painoprosenteina tutkittavasta laatan kohdasta irrotetusta näytteestä punnitus-kuivatus-punnitus –menetelmällä. Ainoa tarkka menetelmä, mikäli halutaan määrittää betonin kosteus paino-%:na.
- 3) Kosteuspitoisuuden määrittäminen mittaamalla kalsiumkarbidin ja veden välisestä reaktiosta aiheutuvaa paineenmuutosta (asetyleenikaasun muodostumisen seurauksena) suljetussa astiassa. Muunnos painoprosenteiksi tehdään taulukon avulla. Menetelmä on käytössä Saksassa.
- 4) Kosteustilan määrittäminen mittaamalla betonipintaa vasten asetettuun suola-astiaan aikayksikössä absorboituneen vesihöyryn aiheuttama astian (suolan) massanlisäys. Menetelmä on yleisesti käytössä USA:ssa.
- 5) Kosteustilan määrittäminen asettamalla muovikalvo tiiviisti lattiapintaa vasten ja havainnoimalla lattiapinnan värinmuutosta ja kosteuden kondensoitumista muovikalvon alapintaan. Menetelmä on ainoastaan suuntaa-antava, eikä päälystettävyydkriteereitä tietenkään voida esittää yksiselitteisesti numeroarvoina. Menetelmä on kuitenkin mainittu lähteessä /4/ suuntaa-antavana kosteuspitoisuuden toteamismenetelmänä.

Betonirakenteiden kosteusmittausta on käsitelty perusteellisesti eri lähteissä, mm. lähteissä /3, 4/. Seuraavassa on esitetty ainoastaan joitakin yllä mainittuihin mittaussäilytysmenetelmiin liittyviä tärkeimpiä näkökohtia.

Betonirakenteiden suhteellista kosteutta mitataan erilaisilla sähköisillä mittaussäilytyslaitteilla. Suhteellisen kosteuden mittaussäilytyslaitteiden valmistajia on useita; Suomessa parhaiten tunnettu lienee Vaisala Oyj. Betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittaamiseen perustuvassa päälystettävyyden arvioinnissa suurimpia ongelmia ja tärkeitä huomioon otettavia asioita ovat mm.:

- Suhteellisen tiheä kalibrointitarve riippuen anturien käyttö- ja säilytysolosuhteista aiheutuvista (kemiallisista) rasituksista.

- Rinnakkaisten mittauspisteiden lukumäärä ja mittauspisteiden valinta.
- Kuivumisolosuhteiden vaihtelu paikallisesti kohteen sisällä (vaikuttaa mittauskohtien lukumäärään ja sijoitteluun).
- Tuloksen herkkyyys mittausolosuhteille (vaihtelevat olosuhteet, huonelämpötilasta poikkeava lämpötila), kun mittausta tehdään työmaaolosuhteissa. Voidaan kiertää esimerkiksi ottamalla rakenteesta betonikappaleita ja mittaamalla näiden suhteellinen kosteus koeputkessa laboratorio-olosuhteissa.
- Luotettavan mittaustuloksen vaatimat tasaantumisaikat.

Betonin kosteuspitoisuus paino-%:na saadaan määritettyä tarkimmin punnitus-kuivatus-punnitus –menetelmällä. Menetelmä sopii hyvin myös tarkempaan tutkimuskäyttöön. Menetelmään liittyviä ongelmia ovat mm. seuraavat:

- Rakenteesta on irrotettava piikkaamalla näytepaloja määrittystä varten.
- Päällystettävyysskriteerit on yleensä määritelty betonin suhteellisena kosteutena eikä paino-%:na. Mittaus tulisi tehdä samalla menetelmällä kuin mille päällystettävyysskriteerit on määritelty. Muunnokset ovat kuitenkin aina epävarmoja.
- Vaihtelu eri betoneilla on suurta; samassa suhteellisessa kosteuspitoisuudessa säilytettävien betonirakenteiden kosteuspitoisuudet [paino-%] ovat keskenään erilaiset. Muunnokset ovat aina epävarmoja, koska tasapainokosteuskäyrät poikkeavat toisistaan eri betoneilla ja kaikille betoneille on käytännössä mahdotonta määrittää tasapainokosteuskäyrät.

Kalsiumkarbidimenetelmässä joudutaan aina tekemään taulukkomuunnos mittaustuloksena saatavan kemiallisessa reaktiossa syntyvän paineen ja betonin kosteuspitoisuuden [paino-%] välillä. Lähteen /4/ mukaan karbidimenetelmä on kehitetty tietäntyyppiselle tavanomaiselle lattiabetonilaadulle.

Suhteellisen kosteuden mittaus suoritetaan kahteen suuntaan kuivuvista rakenteista 20 %:n syvyydeltä laatan paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvista rakenteista 40 %:n syvyydestä. Mittaus tehdään siis poraamalla reikä mittaussyvyyteen tai piikkaamalla näytepala mittaussyvyydestä ja tekemällä mittaus koeputkessa. Päällystettävyyden arviointi perustuu yksinkertaistettuun oletukseen, jonka mukaan tiiviillä päällystemateriaalilla päällistetyn betonirakenteen suhteellinen kosteus välittömästi päällysten alla kohoaa korkeintaan mittaussyvyydellä vallinneeseen kosteuspitoisuuteen.

Pintakosteudenosoittimilla ei voida todeta betonin päällystettävyyttä.

Seuraavassa kuvassa on esitetty päällistystyön edellytyksenä olevia suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja (keskimääräisiä kosteuksia betonirakenteessa) lähteen /4/ mukaan.

Taulukko 2. Päälystettävyysskriteerit 'Betonilattiat 2000' -ohjeen mukaan

Betonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvo, %	Päälyste	Huomautuksia
80 Betonin pintaosien (2...3 cm) oltava alle 75 %	- Mosaiikkiparketti ¹⁾	Kosteusliikkeet Puulajikohtainen (esim. pyökki 80 %, tammi 85 %)
85	- Lautaparketit ²⁾ - Huopa- tai solumuovipohjaiset muovimatot - Kumimatot - Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys (muovikalvo) - Tekstiilimatot, joissa on alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksisively) - Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta	Betonin pintaosat alle 75 % RH Bakteeritoiminta, sienikasvu, vesiliukoisten liimojen kosteuden kestättömyys
90	- Muovilaatat - Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa ³⁾ - Linoleum - Alustaan kiinnittämättömät puulattiat (lautaparketit) ²⁾ , puun ja betonin välissä kosteudeneristys ja sen alla kosteuden poistokanavointi - Polyuretaanimuovimassat - Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta (erikoistapauksissa suht. kosteus <97%)	Kosteus voi aiheuttaa päälysteseen muutoksia. Käytettävän liiman on kestävä kyseinen kosteus (valmistajan ohjeet!). Vesiliukoista liimaa käytettäessä yleinen kosteusraja on 85 %. Parketin alla esimerkiksi melko tiivis korkkiraematto saumat teipattuina. Seinustoilla maton päällä muovikaista, jonka reunat käännetään seinille. Jalkalistoissa uritus kosteuden poisjohtamista varten. Märissä tiloissa sekä betonin kosteuden ollessa suuri (>90%) mattojen kiinnitykseen on käytettävä vedenpitävää liimaa ja riittävän runsaalla liimamäärällä varmistettava saumojen pitävyys
97	- Epoksi-, akryyli- ja polyestermuovimassat ⁴⁾	Betonin pinnan on oltava muovimassaa levitettäessä kuiva sekä riittävän lämmin, muussa tapauksessa pinta on kuivattava välittömästi ennen massan levitystä esim. säteilylämmityksellä kovettumisen ja tartunnan varmistamiseksi

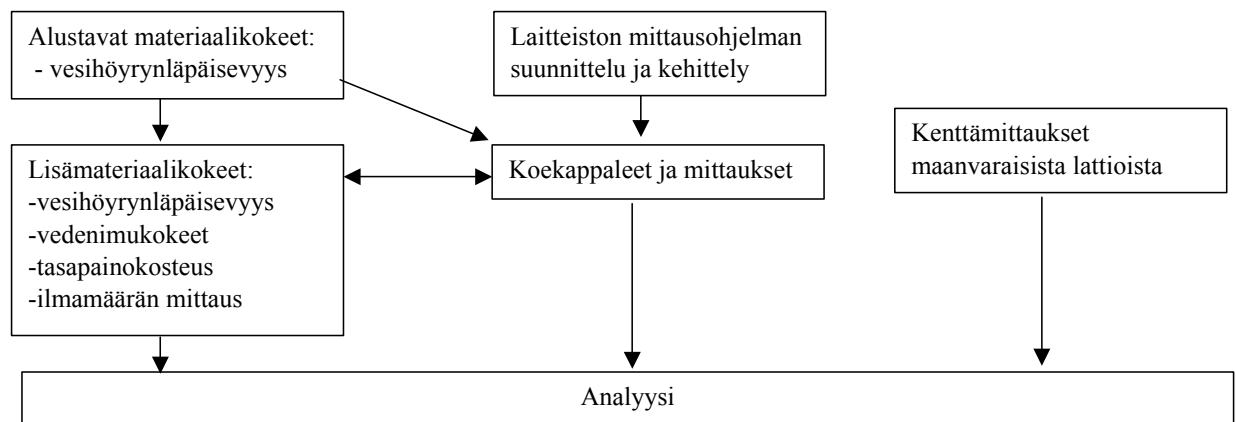
3. TUTKIMUS- JA KOEJÄRJESTELYT

3.1 Tutkimuksen kulku

Tutkimus alkoi kesällä 1999 alustavilla materiaalikoikkeilla. Kokeissa selvitettiin eri päälystemateriaalien vesihöyryn läpäisevyyksiä ja vesihöyryn vastuksia. Samaan aikaan aloitettiin mittauslaitteiston sekä mittausohjelman suunnittelu ja kehittäminen.

Alustavat materiaalikoeket tehtiin, jotta jatkossa valmistettaviin välipohjakoekappaleisiin voitiin valita sopivat päälysteet. Alustavien

materiaalikoekielten perusteella suunniteltiin tarvittavat lisämateriaalikoeket sekä koekappaleitten rakentaminen mittausjärjestelyineen. Lisämateriaalikoeket tarvittiin tarkentamaan valittujen lattiabetonimassojen ja tasoitteiden ominaisuuksia.



Kuva 3. Tutkimuksen kulku.

Alustavina materiaalikoeket tehtiin vesihöyrynläpäisevyyskoeket valmistettavan välipohjakoekappaleen eri materiaalikerroksille:

- liimalle
- pohjusteelle
- yhdelle tasoitteelle
- parketinalusmateriaaleille
- kuudelle eri lattianpäällystemateriaalille

Lisäksi tehtiin vesihöyrynläpäisevyyskoeket betoneille K30 ja NP40 sekä tasoitteille Vetonit 3000 Hieno Lattiatasoite ja Vetonit 1500 PikaPlaano sekä tasapainokosteusmääritykset betoneille K30 ja NP 40. Lattiapäällysteistä sekä Linoleumille että Upostep 53 –muovimatolle tehtiin vesihöyrynläpäisevyyskoeket, jossa niiden annettiin tasaantua ’loppuun’ saakka. Samalla haluttiin myös selvittää, kuinka kauan läpäisevämpien päällystemateriaalien tasaantuminen todellisuudessa kestää (alustavien materiaalikoekielten tavanomainen 50 vrk ei riittänyt).

3.2 Tutkimustilat

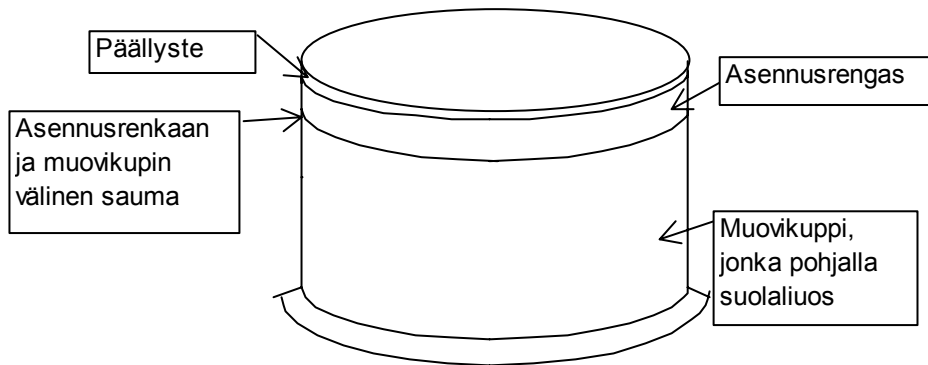
Käytössä ollut tutkimustila muodostui neljästä huoneesta rakennushallin pohjakerroksessa. Tilaan asennettiin lisälämmitys ja –sähköistys tutkimuksen tarpeita varten. Olosuhteet vakioitiin mm. sulkemalla tilaan johtavat ylimääräiset oviaukot. Tilan lämpötilaa voitiin säätää halutuksi.

3.3 Materiaalikoeket

3.3.1 Kuppikoeket ja tutkitut materiaalit

Tuotteiden vesihöyrynläpäisevyyttä tutkittiin kuppikoeketilla ns. märkämenetelmällä. Märkämenetelmässä kupin sisällä on kylläinen suolaliuos. Testattavista

lattiapäällystemateriaaleista leikattiin halkaisijaltaan 110 mm kokoisia pyöreitä kappaleita. Päällysteet liimattiin epoksi- tai pvc -liimalla vastaavan kokoisen 20 mm korkean renkaan päälle. Renkaaseen oli porattu kupin sisäpuolen RH -mittauksia varten halkaisijaltaan 6 mm reikä, joka voitiin sulkea pienellä kumitulpalla. Päällystemateriaalin leikattu reuna tiivistettiin 2-komponenttisella polyuretaaniliimalla, jota siveltiin reunoihin kolme kertaa. Näin rakennettu kansi kiinnitettiin muovikupin päälle Sikaflex -tiivistysmassalla. Kansi on irrotettavissa, jolloin kupin sisällä olevaa suolaliuosta voidaan tarvittaessa vaihtaa. Ohessa kuva kuppikoekappaleen rakenteesta.



Kuva 4. Kuppikoekappaleen rakenne. Kuppina käytettiin pvc-muovisia viemärin päätetulppia ja asennusrenkaat katkaistiin sorvaamalla pvc-viemäriputkesta (sama halkaisija).

Liiman ja pohjusteen vesihöyryn läpäisevyyden tutkimista varten tarvittiin betonialusta, jolle aineet levitettiin, koska esim. liimakalvoa yksinään on hankala testata (ei kestä käsittelyä). Tätä varten betonia valettiin sisähalkaisijaltaan 102 mm viemäriputkeen, josta betonin kovettuttua sahattiin timanttisahalla 10 mm paksuisia kiekkoja. Kiekot liimattiin halkaisijaltaan saman kokoisiiin 20 mm korkeisiin viemäriputkesta sahattuihin renkaisiin (kuva 6). Näin rakennettu kansiosa kiinnitettiin kuppiin kuten edellä on kuvattu. Tasoite tutkittiin ilman alustaa.

Lisämateriaalikoekaiden yhteydessä molemmista betonilaaduista valmistettiin koekappaleet myös sellaisenaan tutkittaviksi (kuva 6). Lisäksi molemmista tasoitteista tehtiin 10 mm vahvuiset koekappaleet (kuva 7). Kahdesta lattiapäällystemateriaalista (asuintilan muovimatosta ja linoleumista) tehtiin uudet koesarjat, jossa massavirran annettiin tasaantua loppuun saakka.

Kuppiin sisälle laitettiin haluttu suolaliuos, jolloin saavutettiin haluttu suhteellinen kosteus ja kuppeja säilytettiin kosteushuoneessa (kuva 8), jossa suhteellinen kosteus oli 33 % ja lämpötila +22° C. Massavirran tasapainottumista seurattiin säännöllisesti kuppeja punnitsemalla. Kokeet suoritettiin kaikilla materiaaleilla kolmella rinnakkaisella kappaleella, joista massan muutoksen perusteella laskettiin massavirta aikayksikössä koekupin pinta-alaa kohti. Tämän avulla laskettiin vesihöyryn läpäisevyys tai vesihöyryn vastus eri materiaaleilla. Koe lopetettiin, kun kaikki kappaleet olivat tasapainottuneet, kuitenkin aikaisintaan 50 vrk:n kuluttua kokeen aloituksesta (50 vrk on useimmin standardeissa esiintyvä kokeen kesto-aika). Lisämateriaalikoekaitten aikana linoleumin annettiin tasaantua lähes 200 vrk ja tasoitekoekappaleiden 116 vrk. Kokeella haluttiin selvittää näiden materiaalien todellinen tasaantumisaika, koska linoleumi ja Upostep 53 eivät tasaantuneet 50 vrk:ssa.



Kuva 5. Kuppikokeissa käytettävän kupin rakenne. Vasemmalla kylläistä suolaliuosta sisältävä kuppi ilman kansiosaa, keskellä kansiosia, joihin liimattuina tutkittavat materiaalit ja takana valmis kuppi.



Kuva 6. Tasoitekoekappaleet. Vetonit 1500 ja Vetonit 3000.



Kuva 7. Yleisnäkymä kosteussäilytyshuoneesta. Vasemmalla mitataan Vaisala HMP42 – mittapäällä kupin sisällä vallitsevaa todellista suhteellista kosteutta.

Kuppien ilmatilan suhteellista kosteutta mitattiin Vaisalan HMI41 mittarilla ja HMP42 mittapäällä (kuva 9). Mittauksen avulla saatiin selville todellinen kupin sisällä vallitseva suhteellinen kosteus, joka voi poiketa eri syistä suolaliuokselle ominaisesta RH:sta, jota yleensä on käytetty laskentaperusteena. Mainittua poikkeamaa teoreettisesta RH:sta on pyritty minimoimaan standardeissa esitetyillä kupin rakenteeseen liittyvillä keinoilla (mm. matala ilmatila kupin sisällä), jotka kuitenkin käytännössä vaikeuttavat mittaustapahtumaa.



Kuva 8. RH-mittaus käynnissä kupin sisällä vallitsevan todellisen suhteellisen kosteuden selvittämiseksi.

Upofloor Oy:n Estrad Ohmi on julkisiin tiloihin tarkoitettu kalanteroitu puolijohtava muovimatto.

Upofloor Oy:n markkinoiman linoleumin pääraaka-aineena on pellavaöljy, johon on sekoitettu luonnon hartsia. Tähän sideaineeseen on lisätty havupuista tehtyä puujauhoa, korkkijauhoa, kalkkikivijauhoa ja väripigmentejä. Valmis massa kalanteroidaan juuttikerrokselle.

Upofloor Oy:n Upostep 53 on asuintiloihin tarkoitettu joustovinyylimatto, jonka kulutuskerroksen pinnassa on hoidettavuutta parantava polyuretaanikalvo. Pinnan alapuolisten joustavien kerrosten välissä on lasikuiturunko.

Upofloor Oy:n Estrad on julkisiin tiloihin tarkoitettu matto. Estrad on rakenteeltaan homogeeninen PVC-muovimatto, jonka pinnassa on polyuretaanikäsitteily.

Lami on kalanteroitu märkätilojen lattiapäällyste (vedeneriste).

Tutkitut parketinalusmateriaalit olivat Upofloor Oy:n Tuplex ja Icopal Oy:n Parkolag. Tuplex muodostuu kahdesta polyeteenimuovikalvosta, joiden välissä on polystyreenirakeita. Parkolag muodostuu ohuesta rakennuspahvista, joka on toiselta puolelta sivelty bitumilla. Bitumikerroksen päälle on ripoteltu korkkirakeita. Parketinalusmateriaaleja käytetään estämään betonialustan kosteuden vaikutusta parkettiin, tasaamaan alustan pientä epätasaisuutta ja vaimentamaan askelääniä.

Kuppikokein tutkittiin pohjustusaineista Vetonit lattiadispersio MD 16 (styreeni-akrylaatti -dispersio). Seos harjattiin asennusrenkaan sisään liimattujen betonikiekkujen pintaan. Koekappaleita valmistettiin kolme rinnakkaista.

Liimoista tutkittiin CascoProff Solid 3480 (M1-luokan lattialiima). Liima levitettiin asennusrenkaan sisälle liimatuille betonikiekoille kahteen kertaan ristikkäissivelynä.

Tutkitut tasoitteet olivat Optiroc Oy:n Vetonit 1500 Pikaplaano ja Vetonit 3000 Hieno Lattiatasoite. Molemmat ovat sementtipohjaisia, helposti levittyviä tasoitteita.

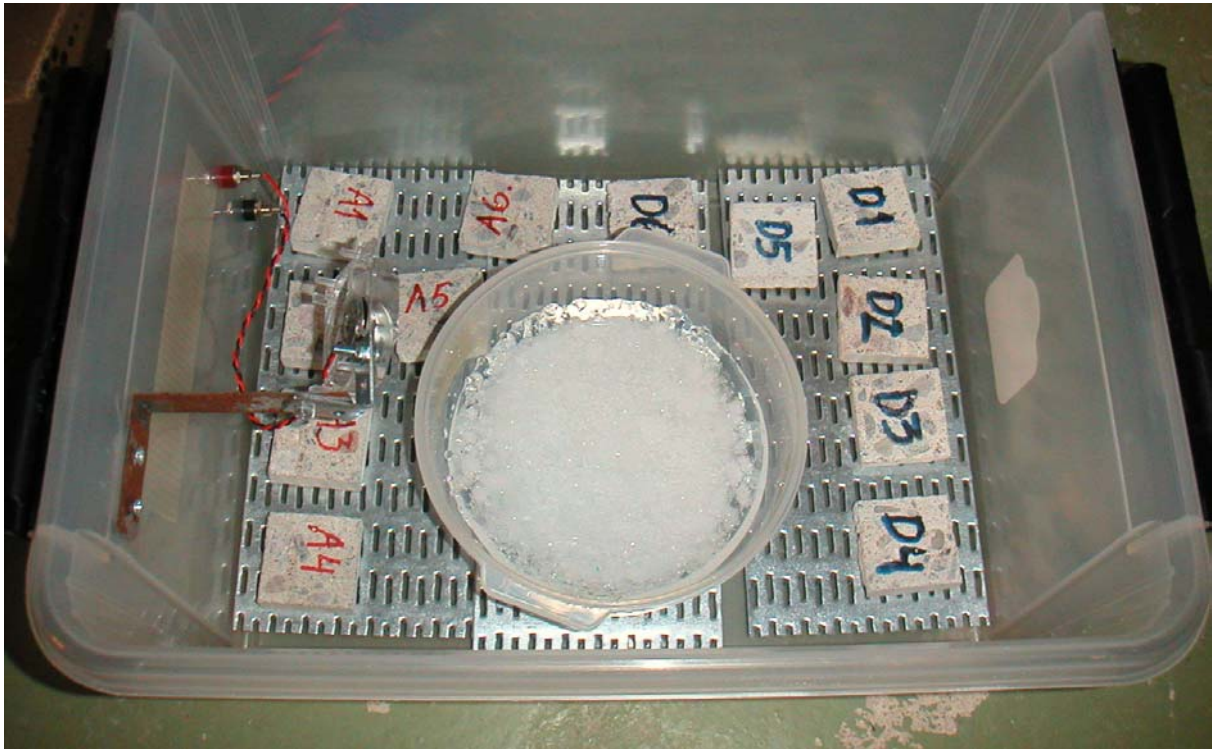
Kuppikokein tutkitun betonin lujuusluokka oli K30 ja vesisementtisuhde 0,79. Maksimiraekoko oli # 12 mm. Toisen tutkimuksessa mukana olleen betonin kaupanimi ja lujuusluokka oli NP40. Sen vesisementtisuhde oli 0,41 ja maksimiraekoko # 12 mm. Molemmista betonilaaduista tehtiin kolmet rinnakkaiset koekappaleet.

Molemmille betonilaaduille kokeet tehtiin neljässä eri kosteusvariaatiossa eli kupin sisällä olevaa suhteellista kosteutta vaihdettiin aina edellisen kokeen valmistuttua. Kosteudet olivat 93 %, 86 %, 75 % ja 55 %.

3.3.2 Tasapainokosteuden määrittäminen

Betonista K30 ja NP 40 valmistettiin valujen yhteydessä prismakoekappaleita (40 x 40 x 160 mm³), jotka muotin purkamisen jälkeen säilytettiin vesiupotuksessa 60 vrk:n ajan. Prismoista leikattiin noin 1 cm vahvuisia siivuja tasapainokosteuden määrittämistä varten. Puolet leikatuista siivuista laitettiin uunikuivaukseen ja toinen puoli vesiupotukseen. Kuivatut betonisiivut kostutettiin eri suhteellisissa kosteuksissa (absorptiokäyrän määrittäminen). Kosteutatut betonisiivut kuivatettiin eri suhteellisissa kosteuksissa (desorptiokäyrän määrittäminen).

Neljässä muovilaatikossa oli eri suolaliuokset (magnesiumnitraatti RH 55 %, natriumkloridi RH 76 %, kaliumkloridi RH 86 % ja kaliumnitraatti RH 93 %) ja viidennessä laatikossa oli vettä (RH n. 100 %). Kuhunkin laatikkoon sijoitettiin yhtä monta betonisiivua siten, että kaikissa laatikoissa oli uunikuivattuja kappaleita ja kostutettuja kappaleita. Laatikot suljettiin tiiviisti. Uunikuivatut kappaleet alkoivat kostua (absorptio) muovilaatikoissa ja kostutetut kappaleet alkoivat kuivua (desorptio). Kappaleita punnittiin säännöllisin väliajoin, kunnes niiden paino ei enää muuttunut (betonilla K30 140 vrk ja betonilla NP40 200 vrk). Punnitustulosten perusteella voitiin laskea kappaleitten kosteuspitoisuus paino-%:na. Siten saatiin selville tasapainokosteuspitoisuudet eri suhteellisissa kosteuksissa. Seuraavassa kuvassa on tasapainokosteuskappaleita muovilaatikossa.



Kuva 9. Tasapainokosteuskappaleet muovilaatikossa.

3.4 Välipohjakoekappaleet

Kokeissa käytettiin kahta eri betonia, tavanomaista lujuusluokan K30 lattiabetonia sekä lattiavaluihin kehiteltyä erikoisbetonia, jota Lohja Rudus Oy valmistaa kauppanimellä NP40 (NP = nopeasti päällystettävä). Kokeissa käytetyn perinteisen lattiabetonin vesisementtisuhte oli hieman alle 0,8 ja erikoisbetonin hieman yli 0,4.

Neljä ensimmäistä koekappaletta valettiin 20.4.2001 NP 40 –betonista, jonka vesisementtisuhte on noin 0,4 luokkaa. NP 40 –betoni poikkeaa myös muilta ominaisuuksiltaan perinteisestä lujuusluokan K30 –lattiabetonista (mm. lisäaineistuksen osalta). Em. ominaisuuksilla on pyritty mm. varmistamaan rakenteiden mahdollisimman nopea kuivuminen riittävälle tasolle päällystämisen mahdollistamiseksi.

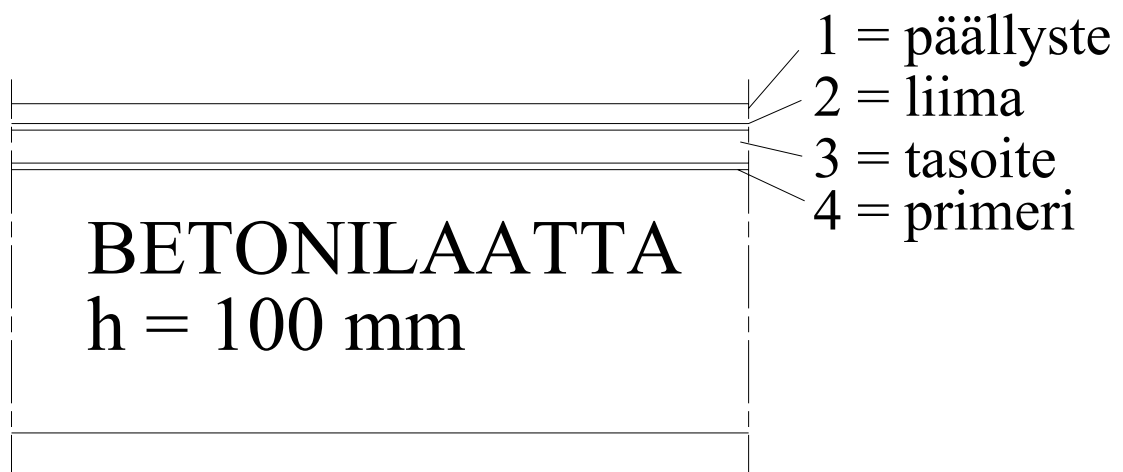
Toinen valu (NP 40) tehtiin 28.6.2001 samoista aineksista ja samalla reseptillä kuin ensimmäinen valu.

Kolmas valu (K30) oli 4.12.2001. Nämä neljä koekappaletta valettiin ’tavanomaisesta’ lujuusluokan K30 lattiabetonista, jonka vesisementtisuhte oli noin 0,79. Runkoaineen maksimiraekoko oli #12 mm poiketen usein käytetystä lattiabetonin maksimiraekoosta #16 mm. Poikkeama tehtiin tutkimuksellisista syistä.

Koekappaleet kuvaavat paikallavalettua teräsbetonilaattaa. Koekappaleiden paksuus on 100 mm. Koekappaleiden sisään sijoitettiin valun yhteydessä säteittäin 4 kpl muovisia mittausputkia, joihin sijoitettavien (valun jälkeen) anturien avulla mitattiin laatan suhteellista kosteutta ja lämpötilaa eri syvyyksillä. Mittausputket sijoitettiin 20, 40, 60 ja 80 %:n syvyydelle laatan yläpinnasta lukien. Lisäksi koekammioihin asennettiin mittausputket suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaamista varten päällysteen alta, tasoitteen pinnasta sekä tasoitteen alta (betonin pinnasta). Mittauskohdat on esitetty kaavamaisesti kuvassa 14.

Koekappaleiden (välipohjalaattojen) yläpintaan tehtiin kokeen edistyessä pohjustus- sekä tasoituskäsittely. Pohjustus- ja tasoituskäsittely tehtiin, kun 20 %:in syvyydessä välipohjalaatassa oli saavutettu tietty suhteellisen kosteuden raja-arvo, päällystettävyysskriteeri. Raja-arvona sovittiin käytettäväksi 90 %:n suhteellista kosteutta ko. mittausyvytydessä.

Tietyn kuivumisajan jälkeen (sovittu 1 vrk / mm tasoitetta) laatat päällystettiin joko ns. asuntomatolla (pvc-päällyste) tai julkisen tilan pvc-lattiapäällysteellä. Päällysteinä käytettiin Upofloor Oy:n Upostep 53 –asuntomattoa ja Upofloor Oy:n Estrad Ohmi – julkisen tilan PVC-päällystettä. Päällysteiden valinta tehtiin tutkimuksen I vaiheen alussa siten, että tehtyjen kuppikokeiden perusteella valittiin kokeisiin sekä ns. 'tiivis' että 'paremmin vesihöyryä läpäisevä' päällyste, joiden tuli olla myös yleisesti käytössä olevia päällystetyyppejä. Seuraavassa kuvassa on esitetty välipohjakoekappaleen periaatteellinen leikkaus.

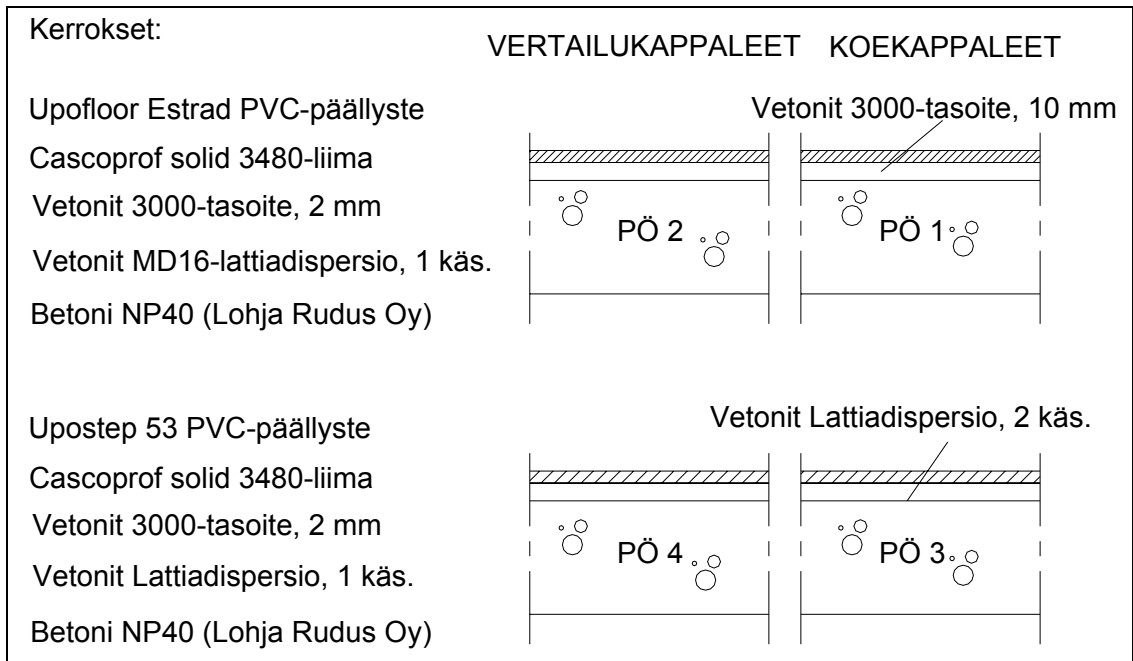


Kuva 10. Välipohjakoekappaleen rakenne.

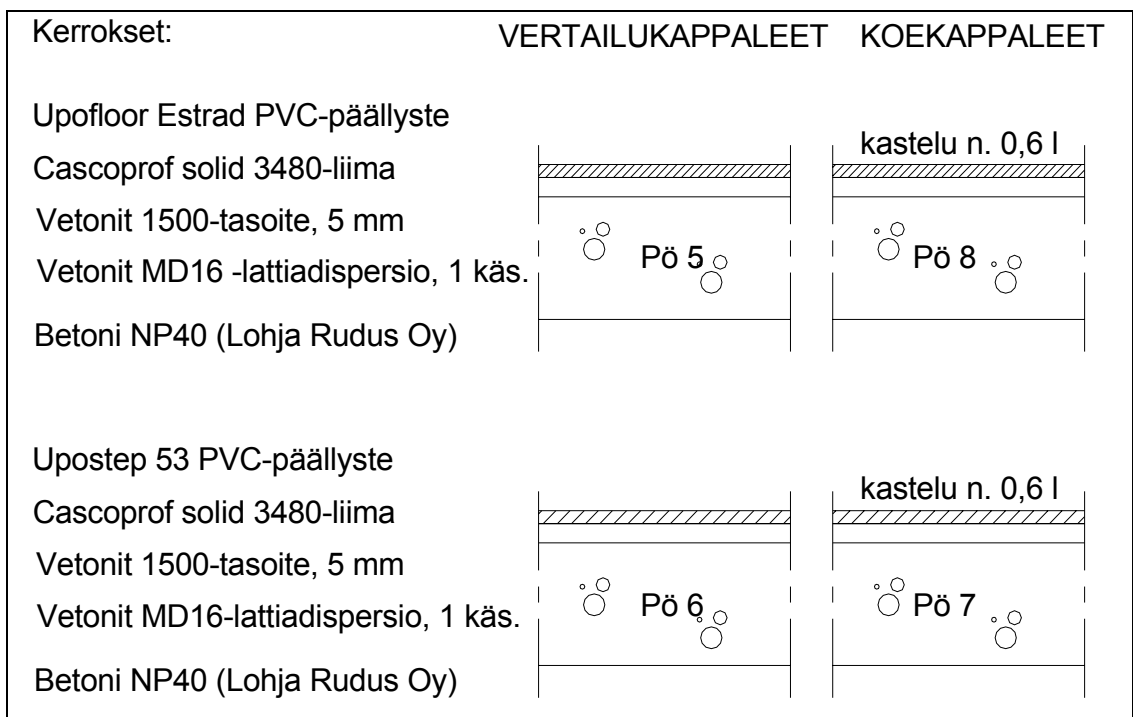
Taulukko 3. Koekappaleiden eri rakennekerroksissa käytettyjä tuotteita

Kerros	Tuote	Tuotevalmistaja/-toimittaja
päällyste (matto)	Upostep 53 tai Estrad Ohmi	Upofloor Oy
mattoliima	CascoProff Solid 3480	Akzo Nobel Deco Oy
tasoite	Vetonit 1500, Vetonit 3000	Optiroc Oy
primeri	Vetonit lattiadispersio MD 16	Optiroc Oy
betoni	K30, NP40	Lohja Rudus Oy

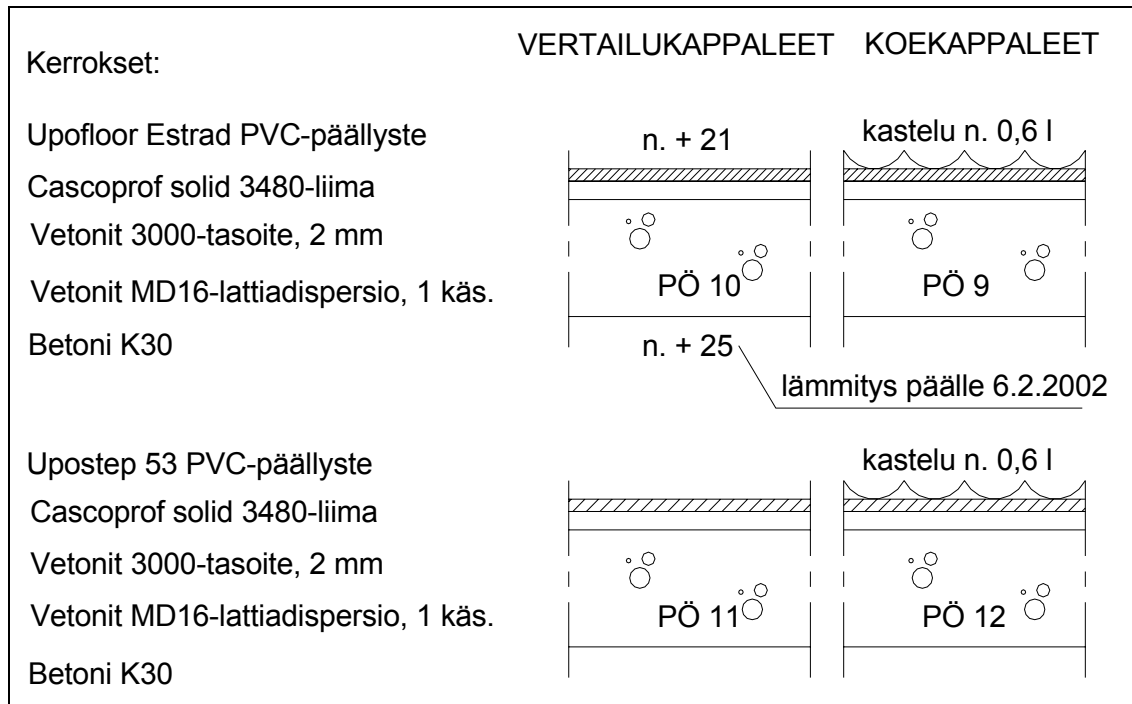
Koekappale rakennevariaatiot valusarjoittain on esitetty kuvissa 11-13. Yksityiskohtaiset tiedot koekappaleista on esitetty liitteessä 1 olevissa taulukoissa.



Kuva 11. Koekappalesarja 1-4.



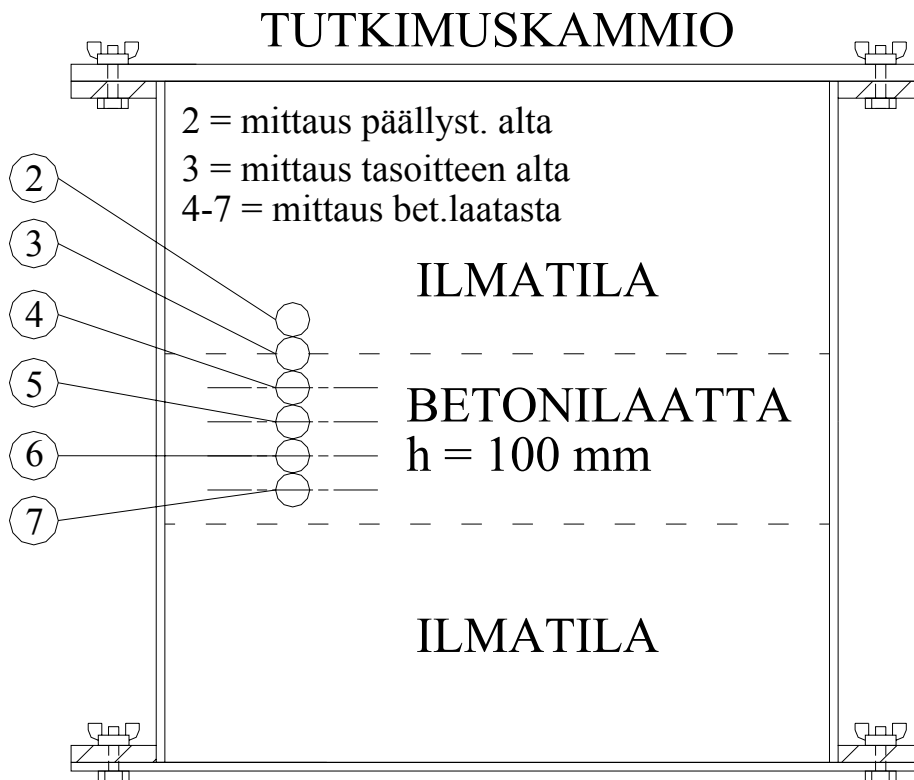
Kuva 12. Koekappalesarja 5-8.



Kuva 13. Koekappalesarja 9-12.

3.4.1 Kammion rakenne

Koekammion rakenne on esitetty oheisessa kuvassa. Koekammiot, joihin välipohjakoekappaleet valettiin, valmistettiin PVC-putkesta alihankintana Muovikoneistus Kivelä Oy:ssä Tampereella. Putken korkeus ja ulkohalkaisija olivat 40 cm. Putken ylä- ja alareunaan hitsattiin viiden cm:n levyiset laipat, jotta pohjalevyksi voitiin kiinnittää pvc-levy ja kanneksi läpinäkyvä 10 mm paksu akryylilevy. Liitteessä 2 on esitetty koekammioiden rakenne yksityiskohtaisesti.



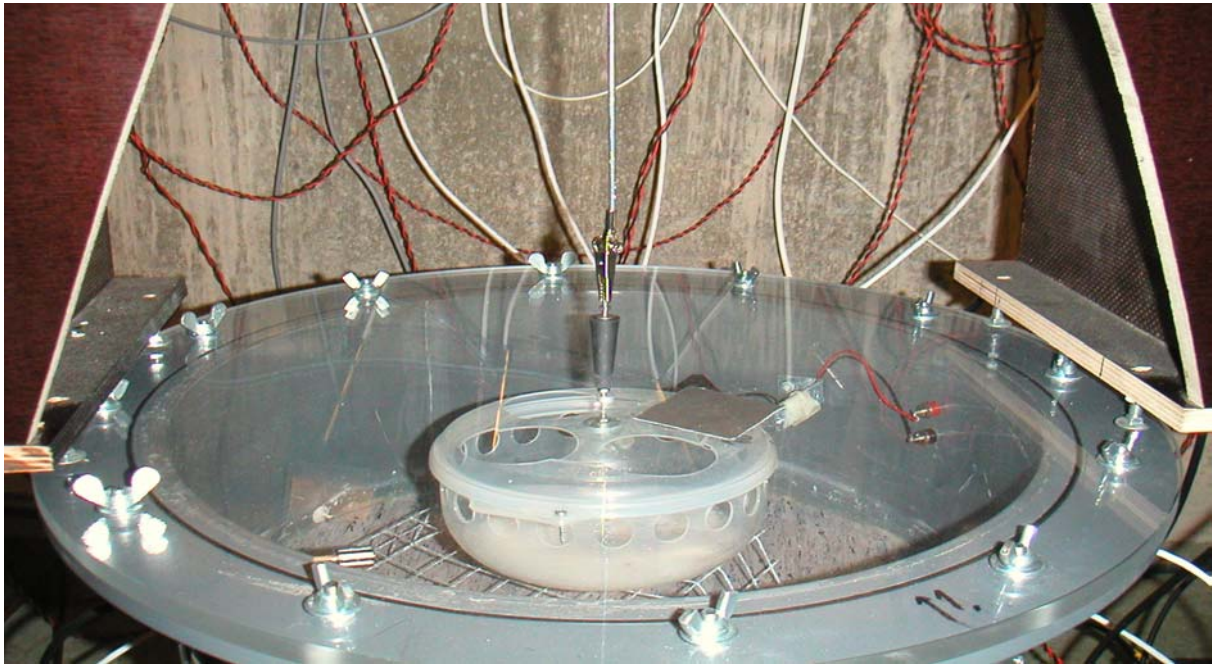
Kuva 14. Periaatepiirros koekammioista. Piirroksessa on esitetty laatan sijoitus kammioon ja kosteus- sekä lämpötilamittaussyvyudet laatasta (välipohjakoekappaleesta). Yläilmatila on mittauspiste nro 1 ja alailmatila piste nro 9. Ensimmäisessä koesarjassa mitattiin alailmatilan suhteellista kosteutta myös laatan alapinnassa (piste nro 8).

Koekappale valettiin kammion keskikorkeudelle, jolloin koekappaleen ylä- ja alapuolelle jäi likimain yhtä korkeat ilmatilat. Näiden ilmatilojen suhteellinen kosteus voitiin pitää tietyllä tasolla erilaisten ylikylläisten suolaliuosten avulla. Koekammion kylkeen rakennettiin sivukammio alailmatilan suhteellista kosteutta säätelevää suolaliuosastiaa varten. Ilmatiloihin järjestettiin ilmankierto puhaltimilla mm. kerrostumisen ehkäisemiseksi. Yläilmatilan suhteellinen kosteus pidettiin kokeen ajan 44 %:ssa (kaliumkarbonaatilla) ja alailmatilan 55 %:ssa (magnesiumnitraatilla). Tarkoituksena oli jäljitellä mahdollisimman todellisia ja tavanomaisia olosuhteita välipohjan eri puolilla.



Kuva 15. Suola-astia yläilmatilassa ja sivukammio alailmatilasuolalle.

Lämpötila kammioissa pidettiin vakiona koko tutkimustilan lämpötilaa säätämällä (termostaattiohjattu sähköpatterilämmitys). Viimeisessä koevaiheessa yhden koekappaleen alailmatilaan asennettiin lisälämmitys ja lämmöneristys (kuva 17), jolla kyseisen kappaleen alailmatilan lämpötilaa saatiin nostettua noin viisi astetta yläilmatilaan nähden. Tarkoituksena oli tarkastella välipohjan yli vaikuttavan lämpötilaeron vaikutusta kuivumiseen. Välipohjakoekappaleiden kuivumista voitiin seurata paitsi kosteusmittauksin, myös suola-astioita punnitsemalla (kuva 16).



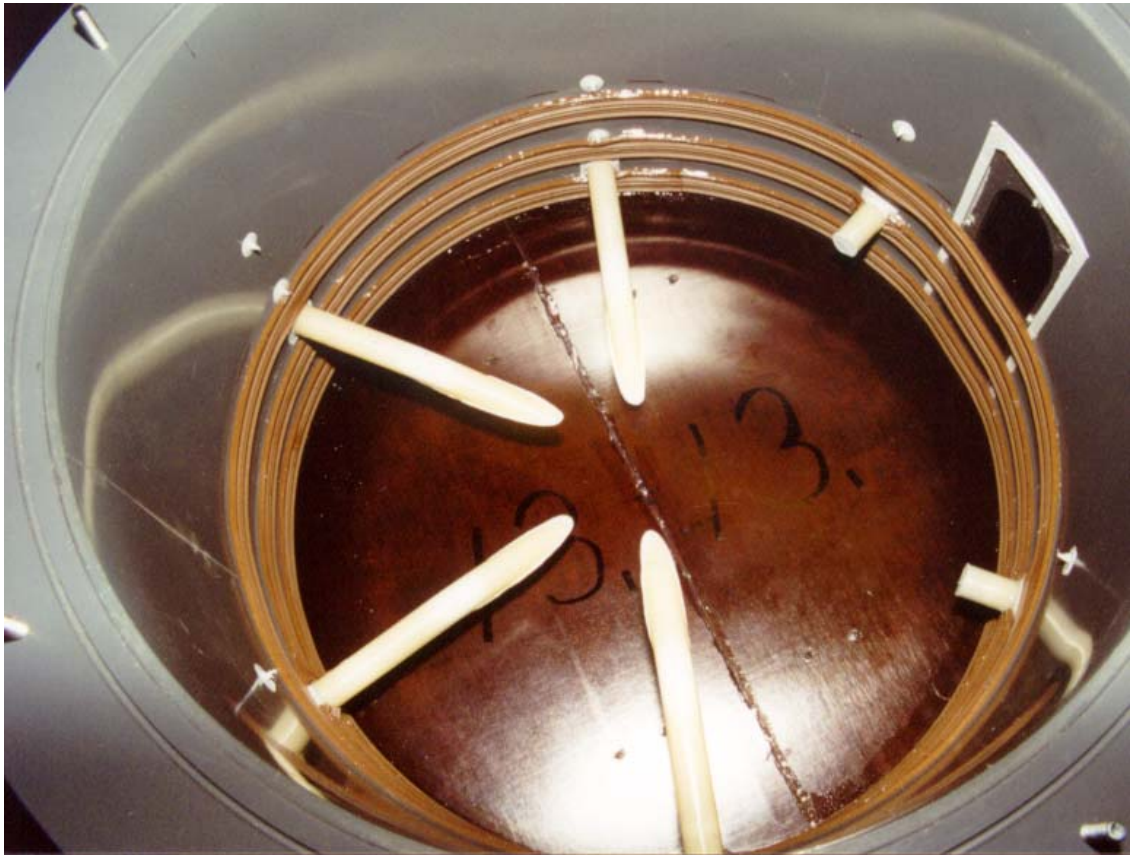
Kuva 16. Yläsuola-astian punnitus. Astia on ripustettu vaa'an punnitusvarteen.



Kuva 17. Lisälämmitys ja lämmöneriste.

Koekappaleiden sisäosien suhteellista kosteutta ja lämpötilaa mitattiin valuun sijoitettujen mittausputkien kautta. Mittausputkiin työnnettiin anturit valun jälkeen. Mittausputkien avoimet päät tulivat ulos kammion seinämistä, jolloin anturit voitiin

asentaa ja poistaa irrottamalla tiivisteinä olevat kumitulpat mittausputkien päistä. Seuraavassa kuvassa on esitetty koekammio ja mittausputket ennen valua.

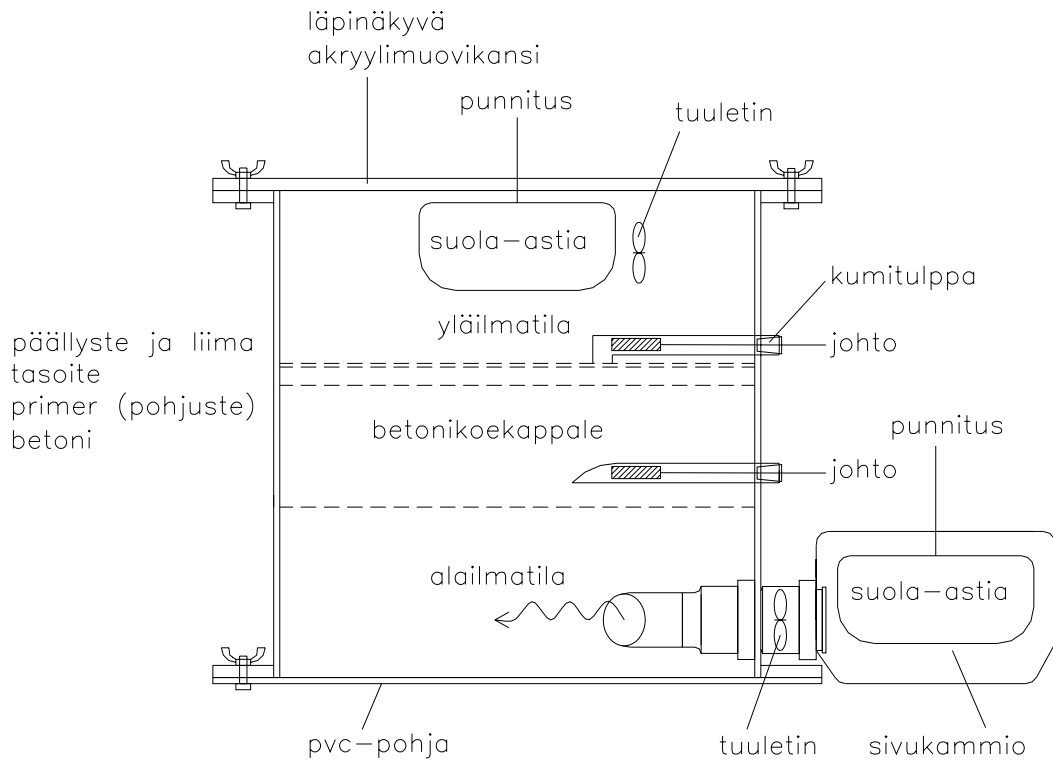


Kuva 18. Koekammio sisältä ennen valua. Mittausputket, valumuotti ja kolminkertainen tiivistys reunoille asennettuina.

3.4.2 Mittausputkien rakenne

Valuun sijoitettavat mittausputket oli valmistettu halkaisijaltaan 16 mm asennusputkesta, joka oli taivutettu tietyllä kaarevuussäteellä ja katkaistu siten, että muodostui ovaalin muotoinen leikkauspinta (= mahdollisimman laaja mittauspinta). Avoin leikkauspinta suojattiin goretex -nauhalla, joka materiaalina on vesihöyryä läpäisevää. Samanlaista nauhaa on käytetty Vaisala Oy:n antureissa (valu)suojana. Nauhan toimittaja on Sorv-Elektro Oy. Varmuuden vuoksi ennen anturien asentamista mittausputkiin valusuoja raaputettiin rikki.

Mittausputkien avoimen pään kautta voitiin sijoittaa mittausanturi rakenteen sisälle, jonka jälkeen pää suljettiin kumitulpalla, jossa oli reikä johdon läpivientiä (ulostuloa) varten. Mittausputken ilmatila tasoittui betonin suhteelliseen kosteuteen. Seuraavassa kuvassa on esitetty mittausputkien rakenne ja sijainti.



Kuva 19. Mittausputkien rakenne ja sijainti välipohjakoekappaleessa. Mittausputket on sijoitettu säteittäisesti ja siten, että ne eivät ole päällekkäin toistensa kanssa.

Kahta ylintä mittausputkea ei sijoitettu valuun, vaan ne asennettiin vasta päällystämisen jälkeen. Mitattaviin pintoihin oli ennen primerointia / tasoitusta ja ennen päällystämistä asennettu metalliholkit niitä varten (kuva 19). Periaatteessa niiden rakenne oli kuitenkin samanlainen kuin valuun sijoitettavien mittausputkien, mutta muotoilu poikkesi hieman.

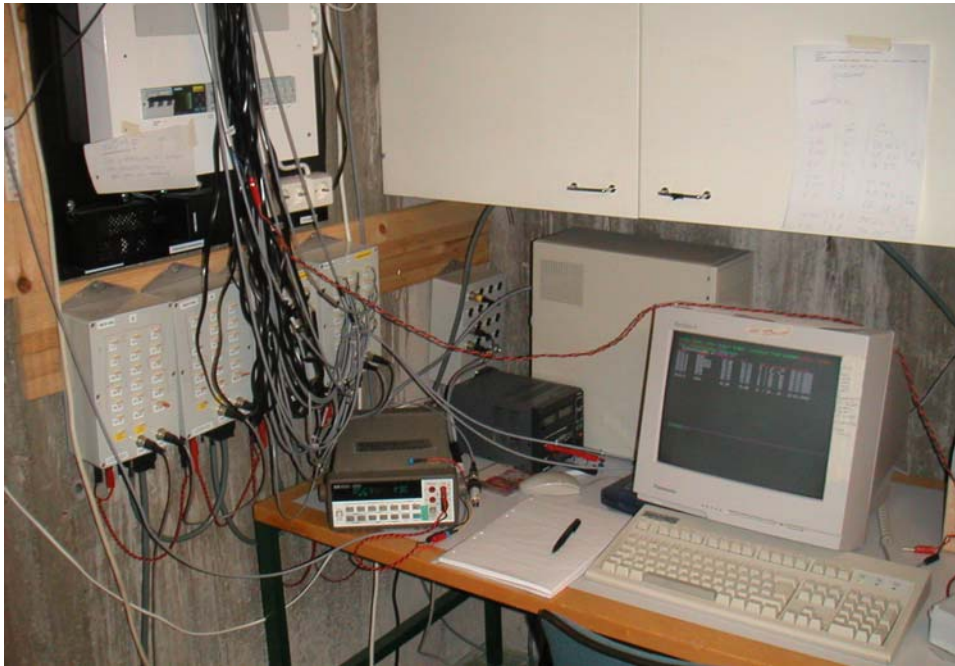
3.4.3 Mittausjärjestelyt

Koejärjestelyjen säätöä ja valvontaa varten rakennettiin tietokonepohjainen mittaus- ja tiedonkeruulaitteisto. Laitteiston pääkomponentit ovat: mikrotietokone joka on varustettu AD -muunninkortilla ja digitaalisella IO -ohjauskortilla sekä tarkalla ulkoisella multimeterillä, 10 kappaletta tietokoneohjattuja multiplexer -yksiköitä (kapasiteetti yhteensä 400 mittauskanavaa), tasasuunnattu virransyöttöyksikkö sekä releyksikkö ulkoisten apulaitteiden säätöön.

Mittauksissa käytettiin yhdistettyjä suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittausantureita. Kriittisissä mittapisteissä sekä kalibroinnin referenssianturina käytettiin edistyneitä Vaisala HMM211 mitta-antureita. Muita käytettyjä anturityyppejä olivat Vaisalan HMP44 sekä TTKK:n omaa kokoonpanoa oleva HT/H -suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mitta-anturi. Referenssianturin kalibrointi suoritettiin erillisessä kalibrointilaitteistossa referenssisuolaliuosten avulla.

Koekammioiden ilmatilojen kosteussäätö tehtiin laboratoriolaatua olevien ylikylläisten suolaliuosten avulla. Suolaliuosten punnituksessa käytettiin kahta tarkkuusvaakaa (Sartorius LS-620, joiden mittaustarkkuus on 0,001 g).

Koetilan olosuhteita pystyttiin säätämään erillisten tietokoneohjattujen lämmitys- ja kostutuslaitteiden avulla.



Kuva 20. Mittauslaitteisto.

3.5 Kuutiokoekappale

Pohjustuksen, tasoituksen ja kastelun vaikutusta betonilaatassa tutkittiin yksityiskohtaisemmin betonista NP40 valetun 110 mm särmältään olevan kuution avulla.

Kuutio rakennettiin siten, että betonin suhteellista kosteutta ja lämpötilaa voitiin mitata 8, 12, 24, 28, 40 ja 44 mm:n syvyydestä. Koekuution jälkihoito tehtiin muovipussissa. Pohjustuskäsittely tehtiin Vetonit lattiadispersio MD16:a käyttäen. Tasoituskäsittely tehtiin Vetonit 3000 -tasoitteella 2 h 40 min myöhemmin. Tasoitteen vesimäärä oli noin 20 grammaa. Ylimääräinen kastelu tehtiin noin neljän vuorokauden kuluttua tasoituskäsittelystä. Lisätty vesimäärä oli noin 40 grammaa.



Kuva 21. Koekuutio

3.6 Kenttämittaukset

3.6.1 Kohteet

Humittest Oy:n toimesta tehtiin maanvaraisen betonilaatan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittausta kahdessa helsinkiläisessä kerrostalokohteessa. Mittauksia käsitellään seuraavissa Humittest Oy:n laatimissa raporteissa:

- Tutkimusselostus (1) 001033 (1.11.2000)
- Tutkimusselostus (2) 010121 (19.1.2001)
- Tutkimusselostus (3) 020102 (7.1.2002)

Toinen mittauskohteista oli uudisrakennus ja toinen korjauskohde. Korjauskohteessa lattiarakenne korjattiin uudisrakentamista vastaavalla laajuudella (mm. perusmaana alun perin ollutta savea poistettiin ja korvattiin sepelillä).

Uudiskohteen lattiarakenne ja –materiaalit on esitetty seuraavassa:

- teräsbetonilaatta K30, # 12 mm, paksuus 80 ± 10 mm
- valupaperi
- Styrox-eriste 50 mm, reuna alueilla (leveys 1,2 m) 100 mm
- sepeli, pesemätön, # 6...30 mm, kerrospaksuus noin 300 mm
- perusmaa 'sekalaista' täytemaata.

Laatan suunnitelman mukainen pintakäsittely on maalaus käsittely, mutta käsittelyä ei tehty vielä mittausjakson kuluessa.

Uudiskohteen lattiat valettiin 13.7.2000 ja 11.8.2000. Rakennus valmistui touko-kesäkuussa 2001.

Uudiskohteessa ensimmäisten mittauskertojen aikana lämmitys ei toiminut normaalitilannetta vastaavalla tavalla (vasta kahdella viimeisellä mittauskerralla).

Korjauskohteen lattiarakenne ja –materiaalit on esitetty seuraavassa:

- vinylilaatta Marleyflex ja liima Henkel Thomsit K188 E
- lattiatasoite Kestonit TR, paksuus 0...5 mm
- tartuntapohjuste
- teräsbetoni-laatta NP40, # 12 mm, paksuus 80 ± 10 mm
- Styrox-eriste 50 mm
- tasaushiekka, kerrospaksuus noin 20 mm
- sepeli, pesemätön, # 6...30 mm, kerrospaksuus noin 200 mm (vaihtelee)
- suodatinkangas
- perusmaa savea.

Pohjavedenpinta on korjauskohteessa hyvin ylhäällä, noin 500 mm valmiista lattiapinnasta.

Korjauskohteessa lattia valettiin 19.7.2000. Sen jälkeen betonia jälkihoidettiin 5 vrk, laatta pohjustettiin 9 vrk kuluttua valusta, tasoitettiin 10 vrk kuluttua valusta ja päällystettiin 12 vrk kuluttua valusta 31.7.2000. Kohteeseen valittiin NP40 –betoni nopean aikataulun vuoksi.

3.6.2 Mittausjärjestelyt

Lattiarakenteen suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauksia tehtiin molemmissa kohteissa noin 1,5 vuoden ajan. Mittaukset tehtiin useasta syvyydestä lattiarakenteesta seuraavasti:

- läheltä betonilaatan yläpintaa (uudiskohteessa) / päällysteen alta (korjauskohteessa)
- betonilaatan ja EPS-eristeen rajapinnasta
- EPS-eristeen ja sepelin rajapinnasta
- syvemältä perusmaakerroksesta.

Kosteusmittaukset tehtiin siten, että ennen betonilaatan valua asennettiin rakenteeseen mittausputket, joiden halutussa mittauspisteessä ja –syvyydessä olevat päät oli rei'itetty. Rei'itetyt päät suojattiin vesihöyryä läpäisevällä kankaalla valun ajaksi. Valun jälkeen suhteellisen kosteuden mittausanturit työnnettiin mittausputkiin. Pitkien johtojen ansiosta anturit voitiin työntää rei'itettyihin päihin saakka, missä suhteellinen kosteus on tasaantunut rakenteen suhteellista kosteutta vastaavalle tasolle. Mittausputken toinen pää ja anturin johto tulpattiin tiiviisti.

Lämpötilamittaukset tehtiin kiinnittämällä termolankoja mittausputkien kylkiin, jolloin lämpötilamittaus voitiin tehdä aina samalta syvyydeltä kuin suhteellisen kosteuden mittauskin. Syvimmällä perusmaassa oleva lämpötilamittauspiste tehtiin lyömällä haluttuun syvyyteen teräsputki, jonne sijoitettiin termolanka.

Kaikki mittausputket (avoimet päät) johdettiin kootusti yhteen paikkaan rakennuksissa.

4. TULOKSET

4.1 Materiaalikoeket

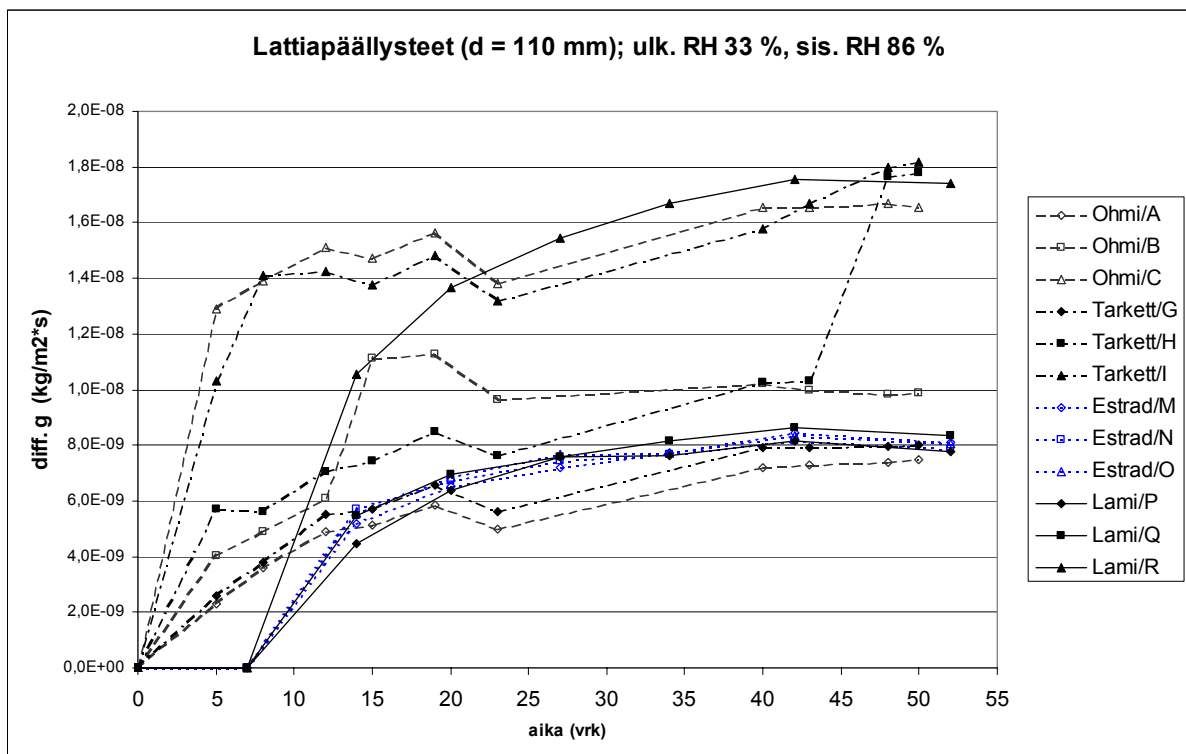
4.1.1 Kuppikoeket

Seuraavissa kuvissa on esitetty kuvaajat kuppikoekappaleitten läpi diffusoituneelle massavirralle sekä pylväsdigrammit vesihöyryn vastukselle materiaaleittain. Koekappaleet punnittiin kerran viikossa.

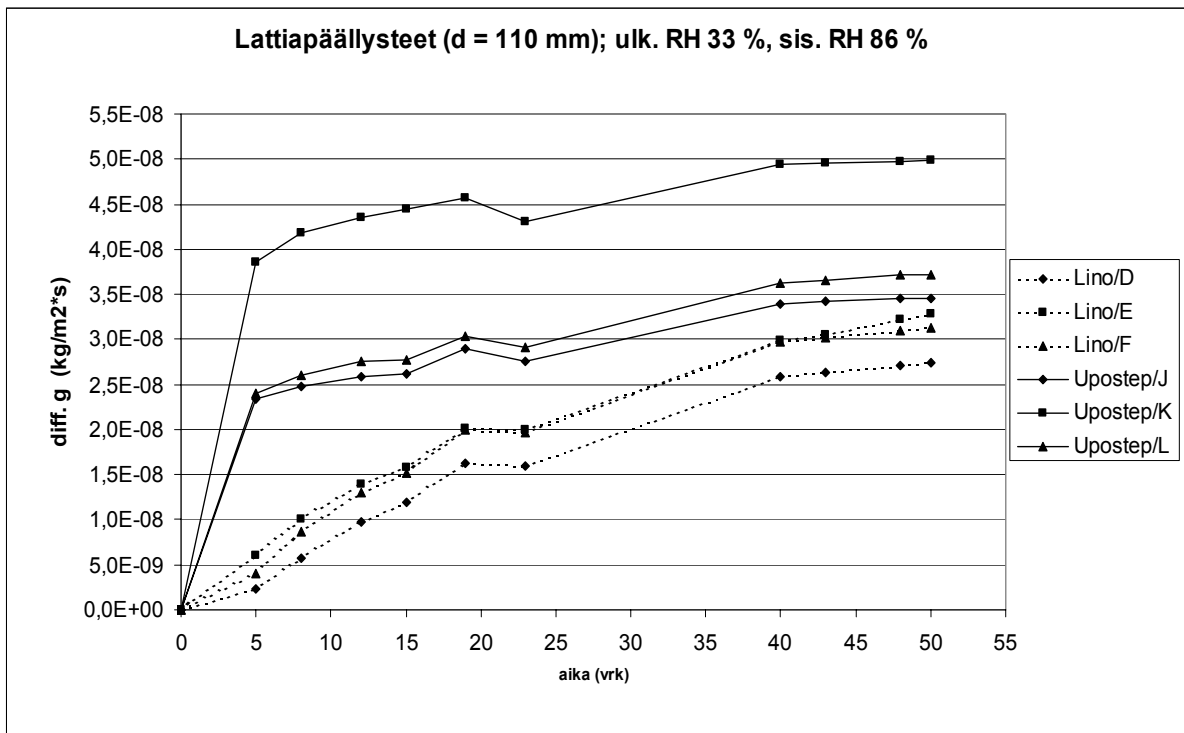
Koekappaleiden vesihöyryn läpäisevyys laskettiin pääsääntöisesti kolmen viimeisen mittauskerran massavirran mukaan kaavasta $\delta_v = g \cdot dx / \Delta v$;[m²/s]. Vesihöyryn vastukset on laskettu kosteuseron suhtena massavirtaan ($Z = \Delta v / g$; [s/m]). Lasketut tulokset ovat seuraavassa taulukossa (taulukko 6).

4.1.2 Lattiapäällysteet

Tulokset on esitetty taulukossa 6 sekä kuvissa 22 ja 23. Linoleumin ja Upostepin massavirta ei tasaantunut kuten massavirtakuvaajista nähdään. Pienentymistä massavirrassa oli jo havaittavissa, mutta kuitenkin kuvaajat on noususuuntaisia vielä kokeen päättyessä.



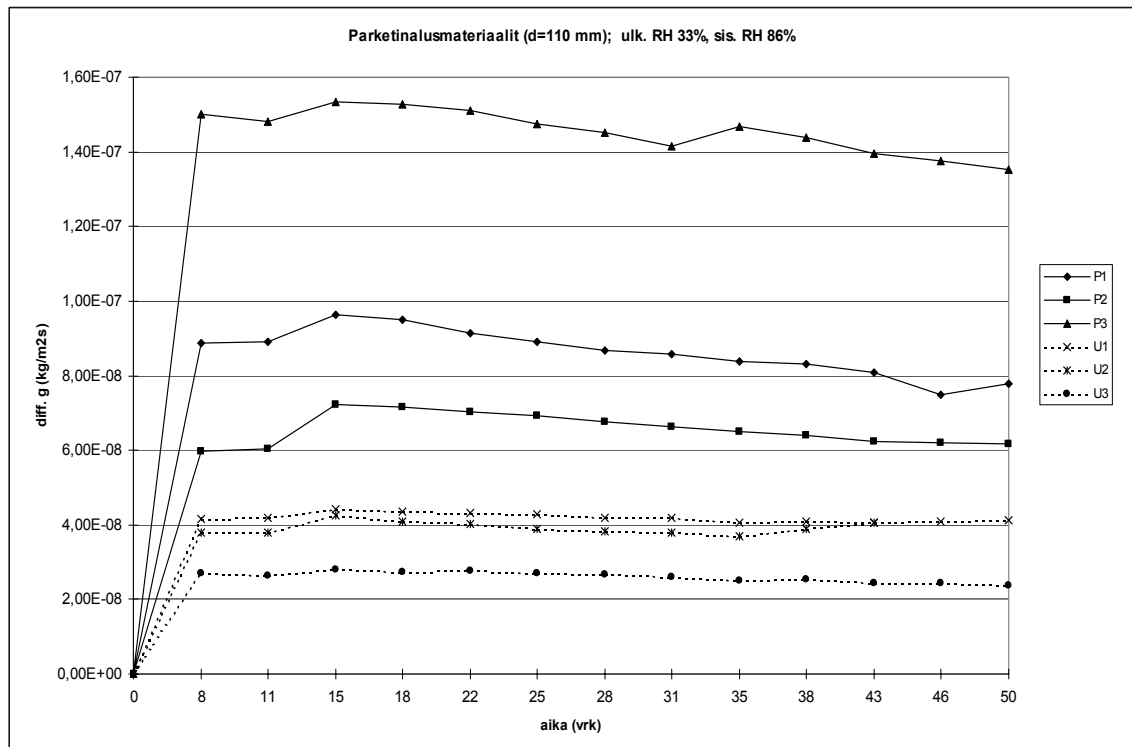
Kuva 22. 'Vesihöyrytiivimpien' päällysteitten massavirtakuvaajat.



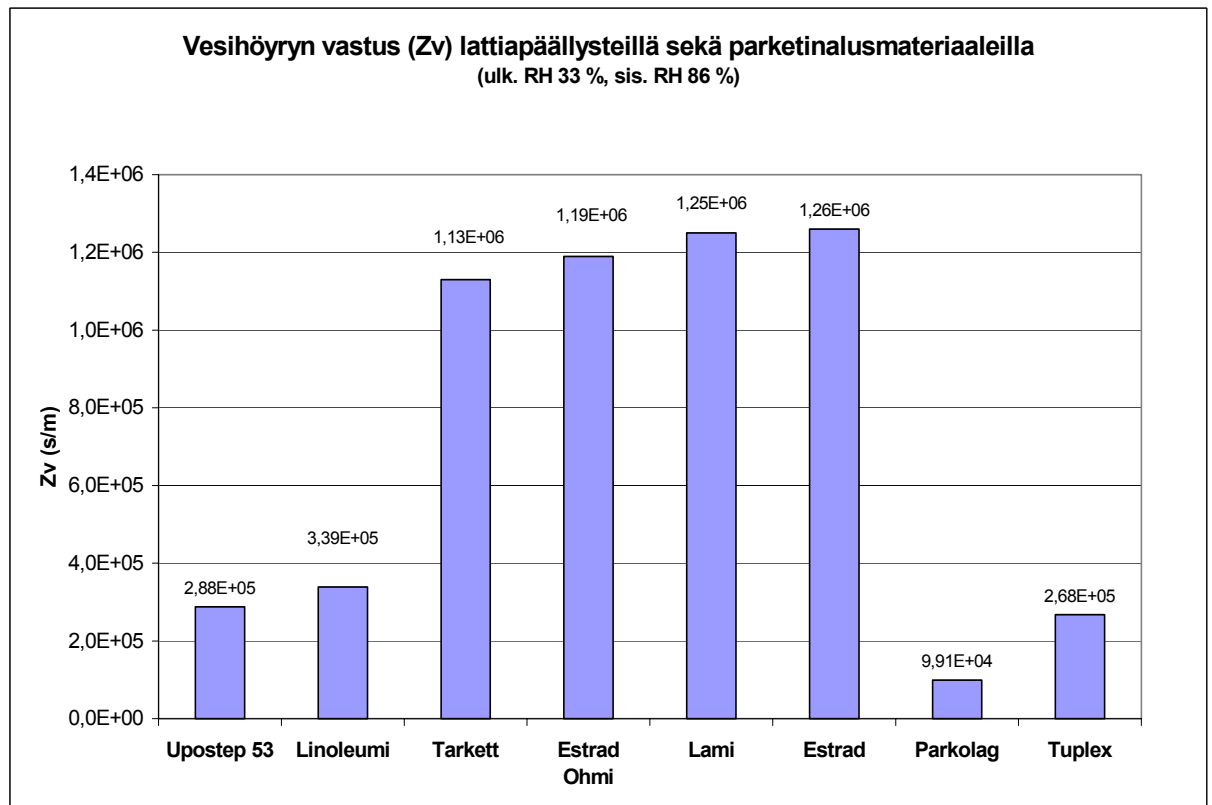
Kuva 23. Paremmen vesihöyryä läpäisevien päällysteitten massavirtakuvaajat.

4.1.3 Parketinalusmateriaalit

Tuplexin massavirta tasaantui nopeasti. Bitumisivelystä huolimatta Parkolagin massavirta oli selvästi suurempi ja myös rinnakkaisten koekappaleitten keskinäinen hajonta suurempi kuin Tuplexilla (Parkolag on koostumukseltaan epähomogeenisempää). Tulokset on esitetty taulukossa 6 sekä kuvissa 24 ja 25.



Kuva 24. Parquetinalusmateriaalien massavirtakuvaajat.

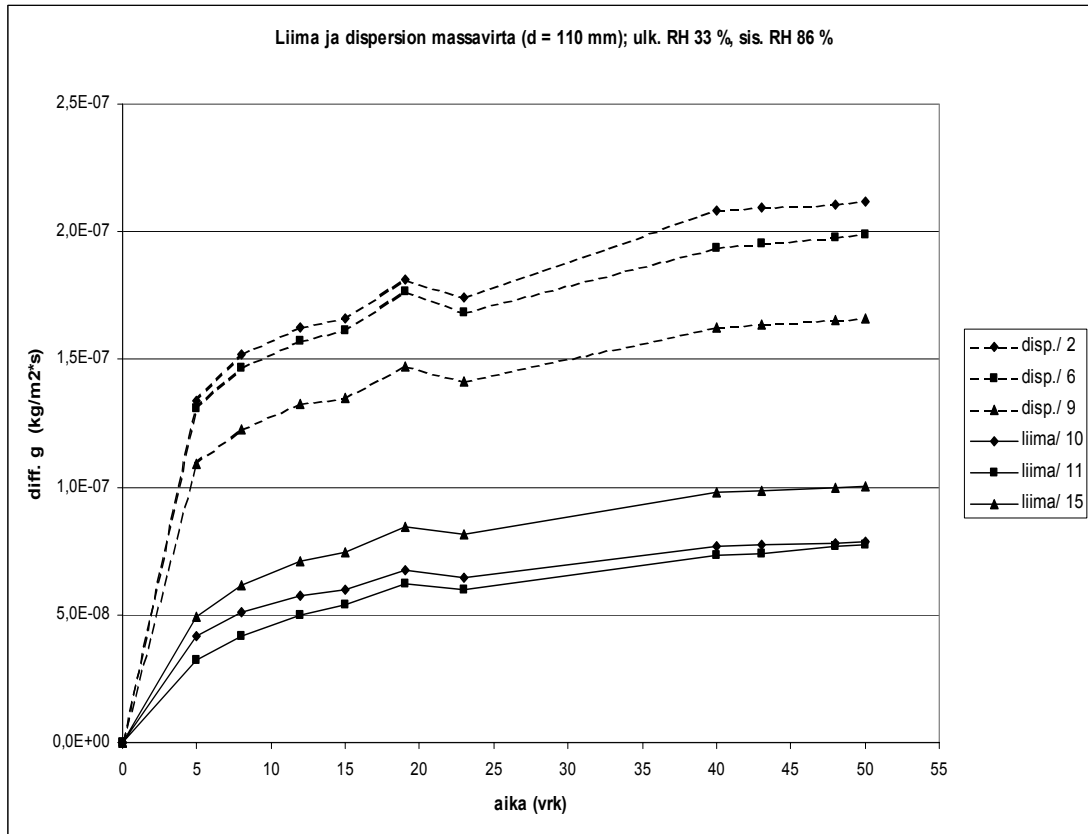


Kuva 25. Lattiapäällysteitten ja parquetinalusmateriaalien vesihöyryn vastukset.

4.1.4 Liima ja pohjuste

Sekä pohjusteen että liiman massavirrat tasaantuivat kohtuullisen hyvin koejakson aikana, massavirran kasvu oli hyvin lievää koejakson lopussa. Vesihöyryn vastus on

laskettu tutkitulle materiaalille yksinään ilman alustaa. Arvo on vain suuntaa antava, sillä kummankin materiaalin kalvon paksuus on arvioitu, ei mitattu. Vesihöyryn vastus dispersiolle ja liimalle on esitetty taulukossa 6 sekä kuvassa 26.

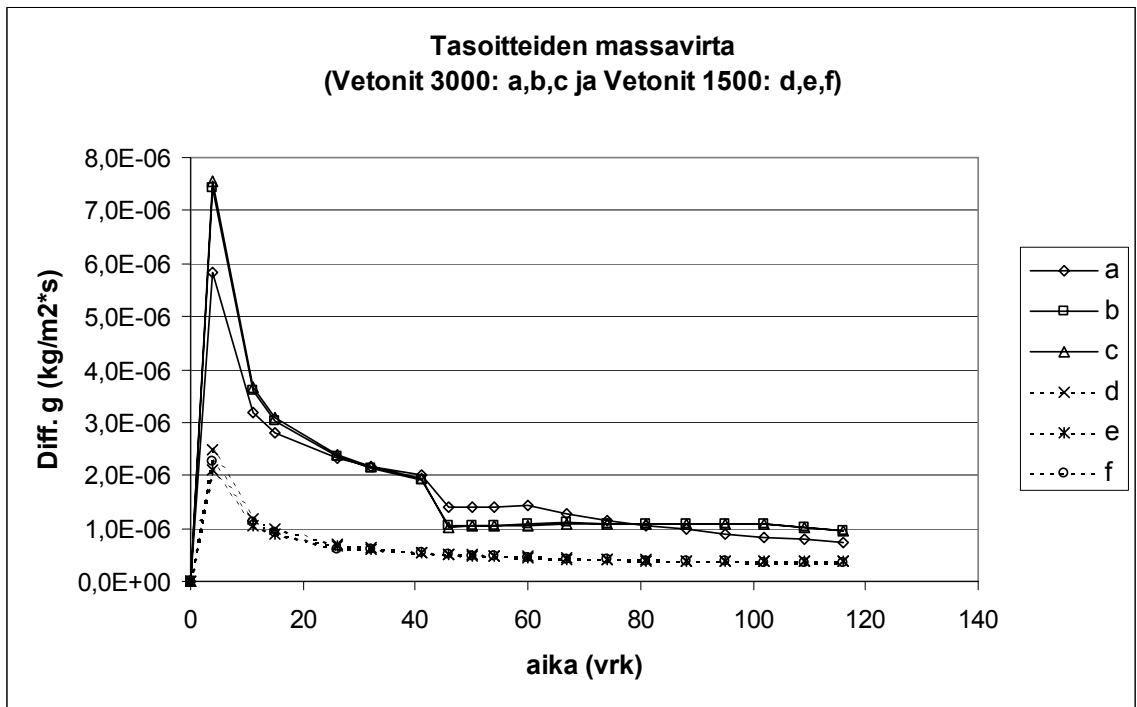


Kuva 26. Liiman ja dispersion (pohjusteen) massavirtakuvaajat.

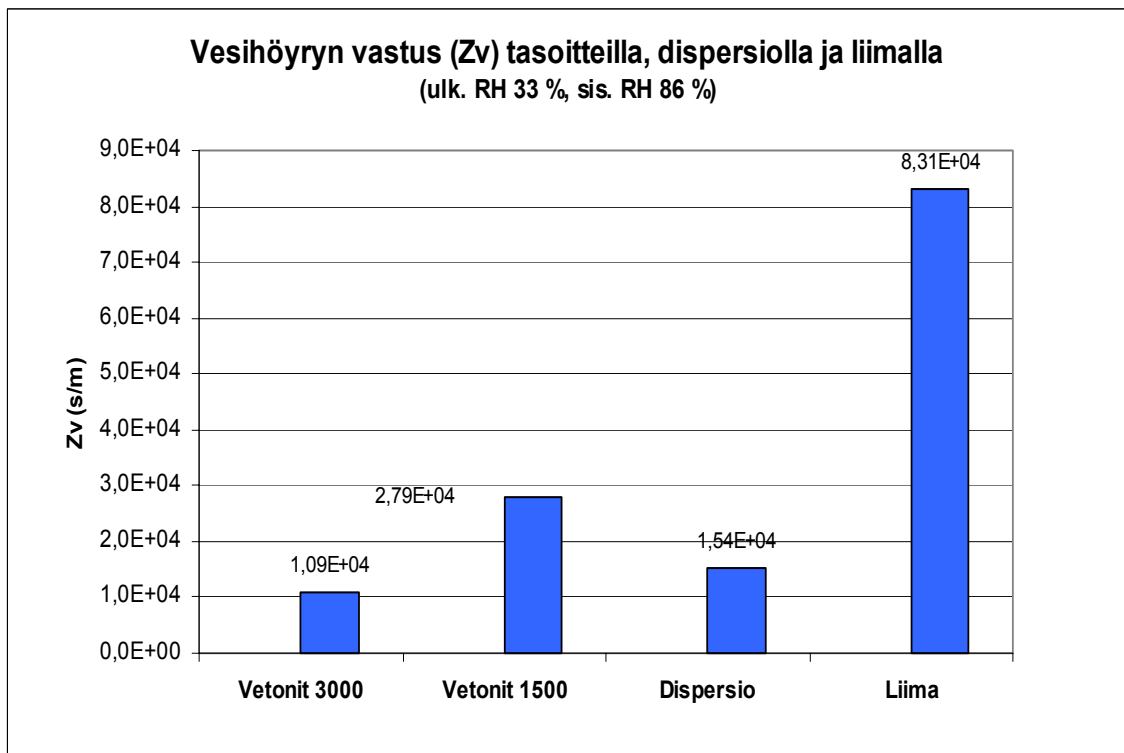
4.1.5 Tasoitteet

Tasoitteet saivat tasaantua yhteensä 116 vrk:n ajan. Tasoite 1500 (Vetonit 1500 PikaPlaano) tasaantui lyhyemmässä ajassa, kuin tasoite 3000 (Vetonit 3000 Hieno Lattiatasoite), joka ei ollut aivan tasaantunut vielä 116 vuorokaudessa. Tasoitteen 3000 rinnakkaisten koekappaleitten keskinäinen hajonta oli hieman suurempi kuin tasoitteella 1500. Tulokset on esitetty taulukossa 6 sekä kuvissa 27 ja 28.

Tasoitteiden massavirtakuvaajan alkuosassa esiintyvä 'piikki' johtuu koekappaleitten valmistuksesta, eli kokeen alkaessa kaikki ylimääräinen kosteus ei ole vielä poistunut, vaan koekappaleet kuivuvat.



Kuva 27. Tasoitteitten massavirtakuvaajat.



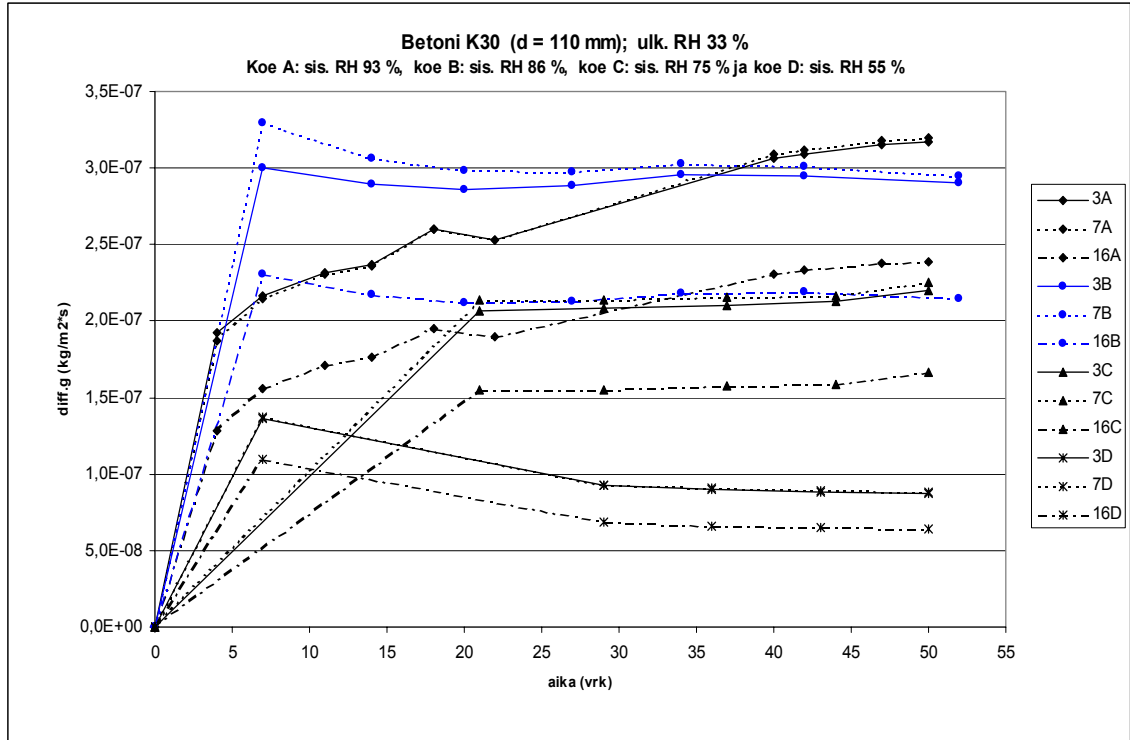
Kuva 28. Liiman, dispersion ja tasoitteiden vesihöyryn vastukset.

4.1.6 Betonit

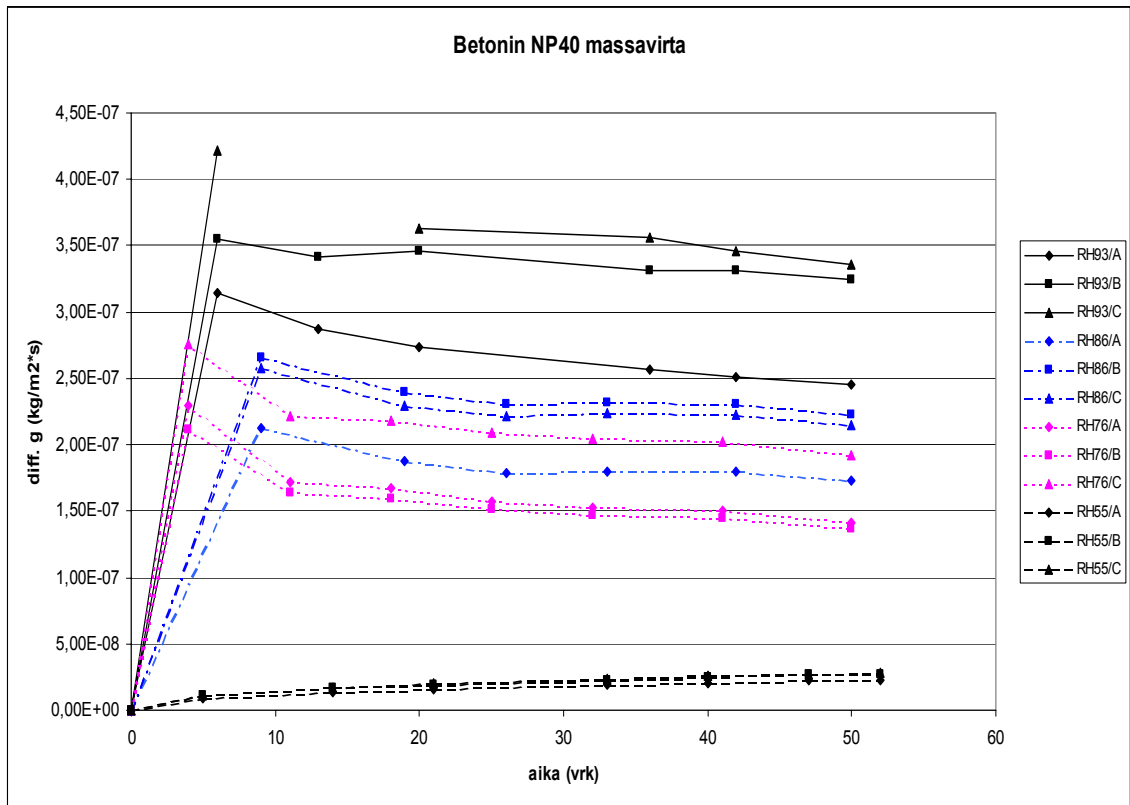
K30-betonilla ensimmäisessä koejaksossa kappaleitten kastuessa (kupin sisällä RH 93 %) eivät koekappaleet olleet aivan tasaantuneita koejakson lopussa. Kolmessa muussa koejaksossa kappaleet tasaantuivat hyvin. Massavirtojen suuruus pienenee kosteuseron (potentiaalinen) pienentyessä. Tuloksia laskettaessa on koekappale nro 16 jätetty pois,

sillä se oli kaikissa kosteusvariaatioissa kahdesta muusta kappaleesta selvästi eroava. Tulokset on esitetty taulukossa 6 sekä kuvissa 29 ja 31.

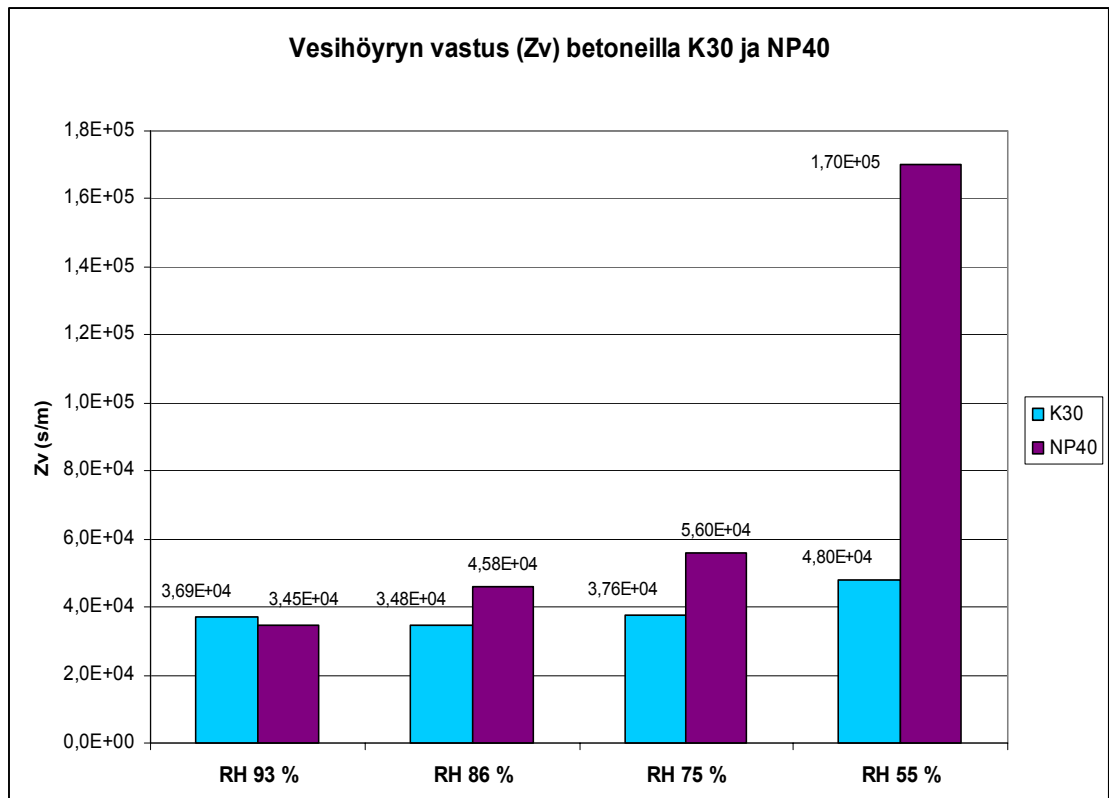
NP40-betonilla koekappaleet eivät olleet aivan tasaantuneita minkään koejakson lopussa (50 vrk). Massavirtojen suuruus pienenee kosteuseron pienentyessä. Tuloksia laskettaessa on kahdessa ensimmäisessä koejaksossa jätetty koekappale A pois ja kolmannessa koejaksossa (sis. RH 76%) koekappale C, sillä niiden massavirta oli suuruudeltaan selvästi muista poikkeava. Tulokset on esitetty taulukossa 6 sekä kuvissa 30 ja 31.



Kuva 29. Betonin K30 massavirtakuvaajat.



Kuva 30. Betonin NP 40 massavirtakuvaajat.



Kuva 31. Betonien K30 ja NP 40 vesihöyryn vastukset. Huomaa, että betonin paksuus on ainoastaan 10 mm, kun taas muut materiaalipaksuudet vastaavat likimain rakenteissa esiintyviä todellisia paksuuksia. 100 mm paksun betonin vesihöyryn vastus on kymmenkertainen.

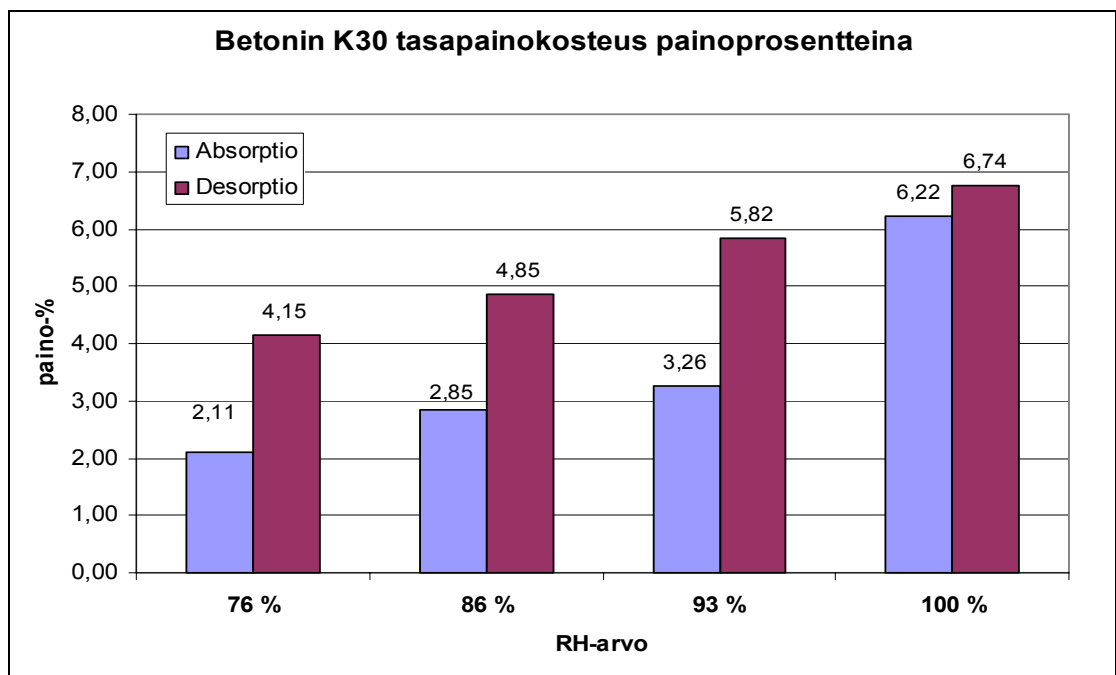
Taulukko 4. Kuppikoetuloksia ja niiden perusteella eri materiaaleille ja tuotteille laskettuja vesihöyrynläpäisevyys- ja -vastusarvoja. Vesihöyrynvastukset on laskettu käyttäen taulukossa mainittuja paksuuksia.

Koekappale/ Materiaali / Kosteustila	Materiaalin paksuus [mm]	Haihtunut vesimäärä yht. [g]	Massavirta (diffus. g), [kg/m²*s]	Vesihöyryn läpäisevyys [δ_v, m²/s]	Vesihöyryn vastus [z_v, s/m]
Estrad Ohmi (puolijoht.)	2,0	0,30	8,64 x 10 ⁻⁹		1,19 x 10 ⁶
Upofloor Linoleumi	2,5	1,05	3,03 x 10 ⁻⁸		0,339 x 10 ⁶
Tarkett (as.tilat)	2,0	0,45	9,10 x 10 ⁻⁹		1,13 x 10 ⁶
Upofloor Upostep 53	2,7	1,24	3,57 x 10 ⁻⁸		0,288 x 10 ⁶
Estrad (julk. tilat)	2,0	0,29	8,16 x 10 ⁻⁹		1,26 x 10 ⁶
Lami -seinämatto	1,3	0,29	8,22 x 10 ⁻⁹		1,25 x 10 ⁶
Upofloor Tuplex	2,5	1,12	3,42 x 10 ⁻⁸		0,268 x 10 ⁶
Katepal Parkolag	0,9	3,17	9,24 x 10 ⁻⁸		0,0991 x 10 ⁶
Vetonit lattiadispersio	n. 0,05	6,64	1,91 x 10 ⁻⁷		1,54 x 10 ⁴
CascoProff Solid -liima	n. 0,2	2,95	8,46 x 10 ⁻⁸		8,31 x 10 ⁴
Vetonit 1500 PikaPlaano	10,0	29,39	3,69 x 10 ⁻⁷	3,59 x 10 ⁻⁷	2,79 x 10 ⁴
Vetonit 3000 Hieno lattiatas.	10,0	70,59	9,39 x 10 ⁻⁷	9,13 x 10 ⁻⁷	1,09 x 10 ⁴
Betoni K30, sis. RH 93 %	10,0	11,02	3,15 x 10 ⁻⁷	2,71 x 10 ⁻⁷	3,69 x 10 ⁴
Betoni K30, sis. RH 86 %	10,0	10,49	2,95 x 10 ⁻⁷	2,87 x 10 ⁻⁷	3,48 x 10 ⁴

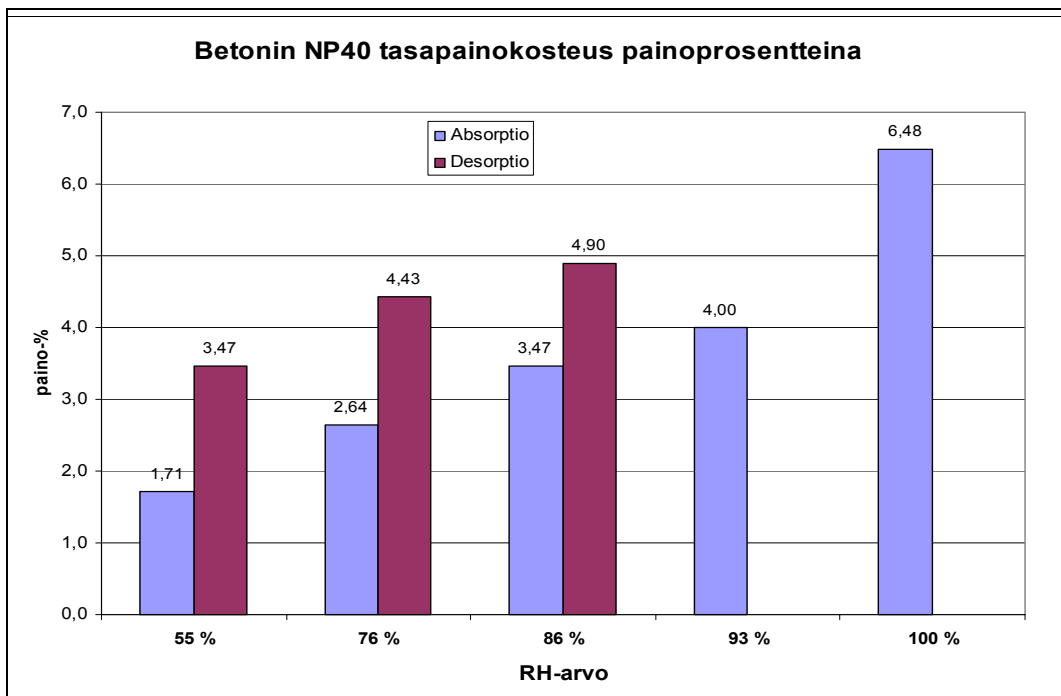
Betoni K30, sis. RH 75 %	10,0	7,70	$2,17 \times 10^{-7}$	$2,66 \times 10^{-7}$	$3,76 \times 10^4$
Betoni K30, sis. RH 55 %	10,0	2,76	$8,88 \times 10^{-8}$	$2,08 \times 10^{-7}$	$4,80 \times 10^4$
Betoni NP 40, sis. RH 93 %	10,0	11,37	$3,37 \times 10^{-7}$	$2,90 \times 10^{-7}$	$3,45 \times 10^4$
Betoni NP 40, sis. RH 86 %	10,0	7,56	$2,25 \times 10^{-7}$	$2,18 \times 10^{-7}$	$4,58 \times 10^4$
Betoni NP 40, sis. RH 75 %	10,0	4,81	$1,46 \times 10^{-7}$	$1,79 \times 10^{-7}$	$5,60 \times 10^4$
Betoni NP 40, sis. RH 55 %	10,0	1,83	$2,51 \times 10^{-8}$	$5,89 \times 10^{-8}$	$1,70 \times 10^5$

4.1.7 Tasapainokosteudet

Oheisissa kuvissa 32 ja 33 on esitetty molempien betonilaatujen tasapainokosteudet.



Kuva 32. Betonille K30 määritetyt tasapainokosteudet.



Kuva 33. Betonille NP40 määritetyt tasapainokosteudet.

4.2 Koekappaleet 1-4

Koekappaleet 1-4 valettiin erikoisbetonista (NP40) 20.4.2001. Kappaleita jälkihoidettiin 7 vuorokauden ajan muovikalvon avulla (alapinta muottipinta). Betonin NP40 sisältämä vesimäärä on niin pieni, että jo 13 vuorokautta valun jälkeen betonin kosteuspitoisuus 20 % syvyydellä oli laskenut jo alle 90 %, jolloin pintatyövaihe (pohjustus, tasoitus ja päällystys) aloitettiin.

Koesarjassa tutkittiin sekä tasoitekerroksen paksuuden että pohjustuskertojen lukumäärän vaikutusta betonirakenteen kostumiseen ja kuivumiseen. Kappaleet 1 ja 2 erosivat toisistaan ainoastaan tasoitekerroksen paksuuden suhteen ja kappaleet 3 ja 4 ainoastaan pohjustuskertojen lukumäärän suhteen.

Kappale 1 pohjustettiin normaalisti, mutta tasoitetta levitettiin 10 mm kerros, kun taas kappaleessa 2 käytettiin vain 2 mm tasoitekerrosta. Kappale 1 päällystettiin kuitenkin jo 2 vuorokauden kuluttua tasoituksesta samoin kuin vertailukappale 2. Näin haluttiin tutkia työvirheistä aiheutuvien liian paksujen tasoitekerrosten vaikutusta päällystämisen jälkeiseen kosteuden jakautumiseen koekappaleessa.

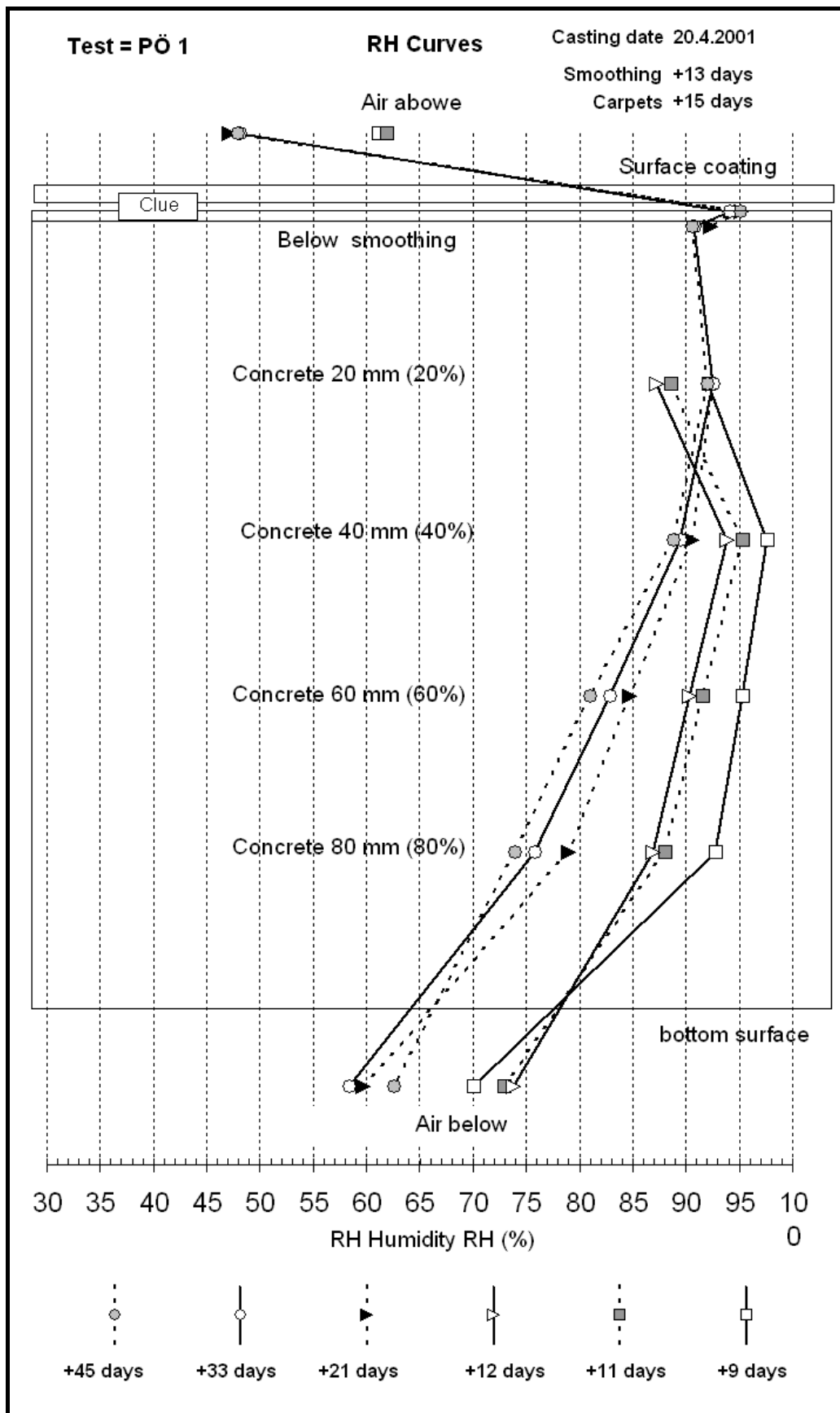
Kuvassa 34 on esitetty koekappaleen 1 kosteusjakautumia eri aikoina ja kuvassa 35 on esitetty koekappaleen 2 kosteusjakautumia samoina ajanhetkinä.

Koekappaleen 1 kosteusjakautumista nähdään, miten normaalia paksumman tasoitekerroksen sisältämä vesi aiheuttaa betonin yläosassa kosteuspitoisuuden kohoamisen päällystämisen jälkeen. Tasoitteen alapinnassa ja liimakerroksen alapinnassa olevien mittapisteiden kohdalla suhteellinen kosteus pysyi yli 90 % tasossa koko 45 vuorokauden seurantajakson ajan. Kappaleen 2 (ohut tasoitekerros) pintaosissa ei havaittu vastaavaa kosteuden nousua.

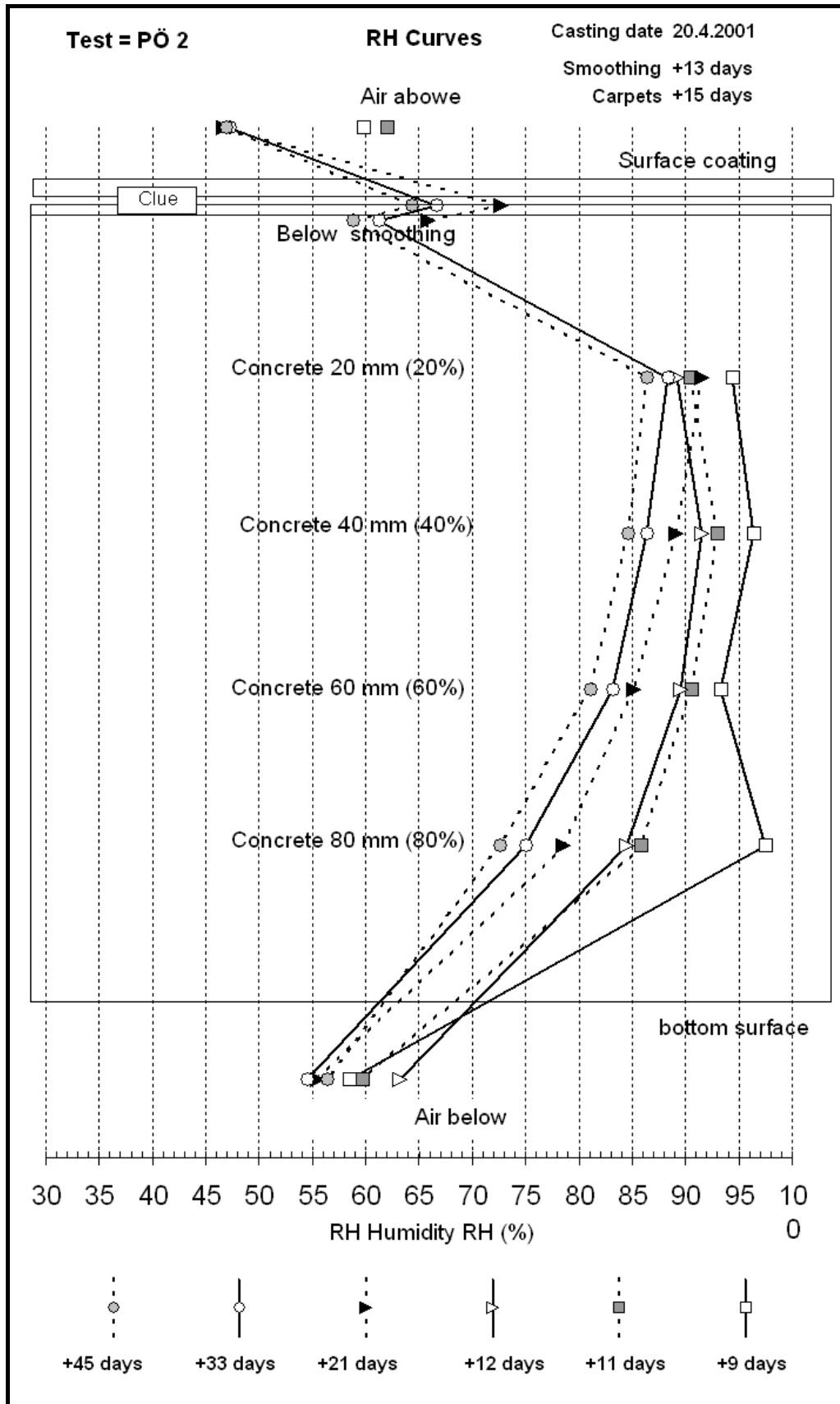
Kappale 3 pohjustettiin kaksinkertaisella käsittelyllä ennen 2 mm tasoitekerrosta kun taas kappale 4 pohjustettiin vain kerran ennen 2 mm tasoitekerrosta. Molemmat kappaleet päällystettiin 2 vuorokauden kuluttua tasoituksesta.

Kuvassa 36 on esitetty koekappaleen 3 kosteusjakautumia eri aikoina ja kuvassa 37 on esitetty koekappaleen 4 kosteusjakautumia samoina ajanhetkinä.

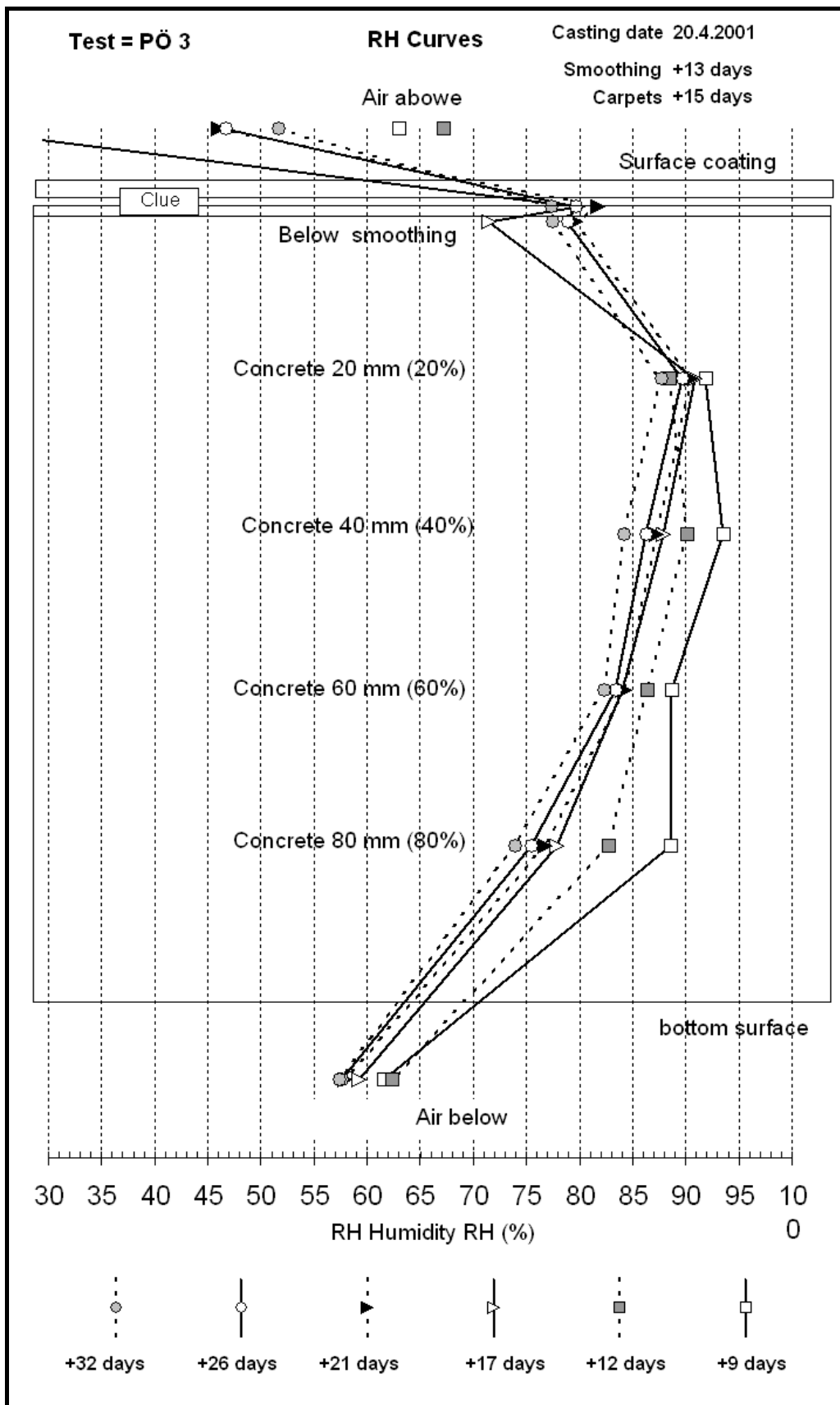
Kaksinkertaisella pohjustuskäsittelyllä ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta kappaleen kostumiseen ja kuivumiseen.



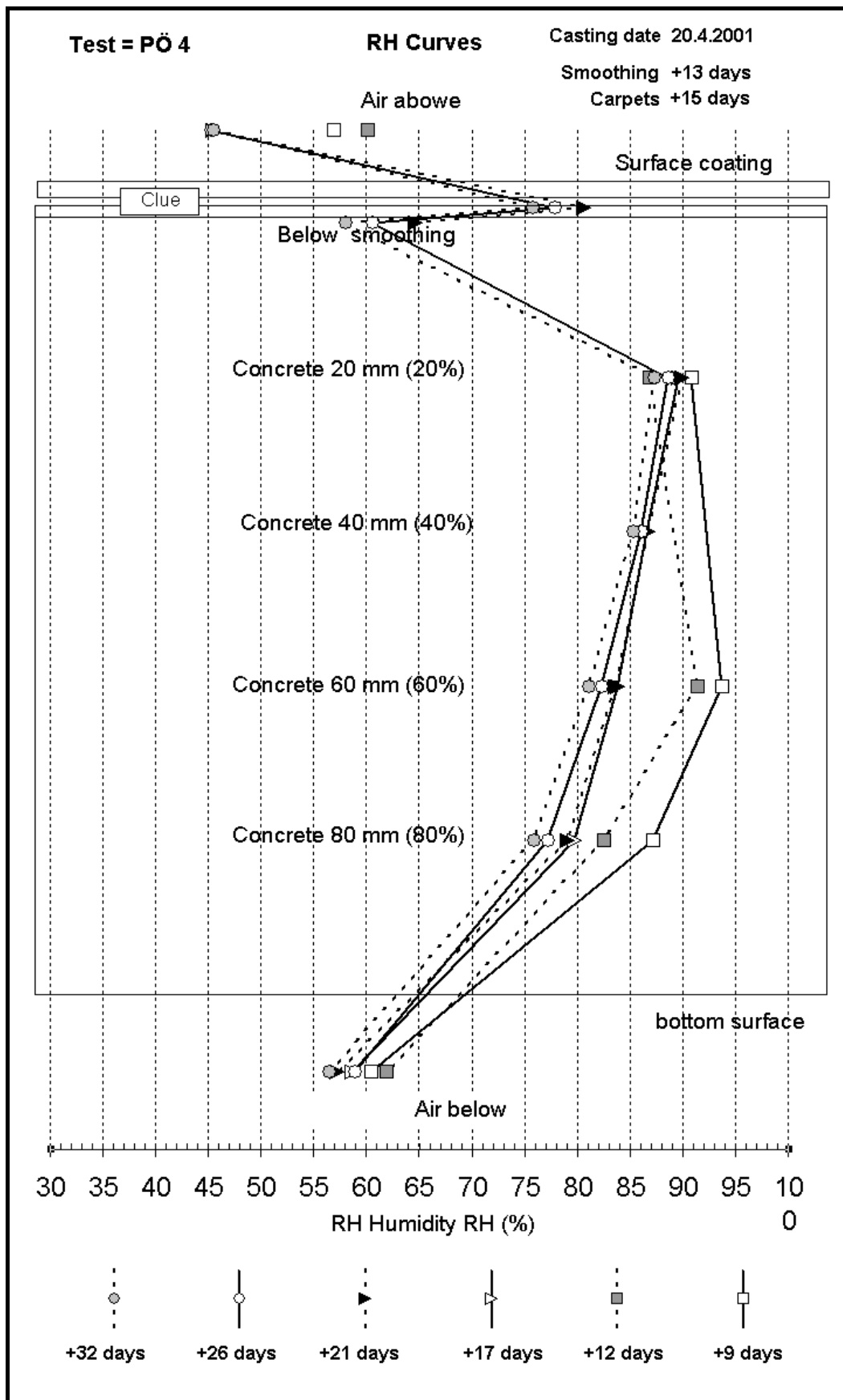
Kuva 34. Koekappaleen 1 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Tasoitekerroksen paksuus 10 mm (paksu tasoitekerros). Tiivis päällyste.



Kuva 35. Koekappaleen 2 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Tasoitekerroksen paksuus 2 mm (ohut tasoitekerros). Tiivis päällyste.



Kuva 36. Koekappaleen 3 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Kaksinkertainen pohjustuskäsittely. Läpäisevä päällyste.



Kuva 37. Koekappaleen 4 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Yksi pohjustuskäsittely. Läpäisevä päällyste.

4.3 Koekappaleet 5-8

Koekappaleet 5-8 valettiin erikoisbetonista (NP40) 28.6.2001. Kappaleita jälkihoidettiin 7 vuorokauden ajan muovikalvon avulla (alapinta muottipinta). Betonin NP40 sisältämä vesimäärä on niin pieni, että jo 12 vuorokautta valun jälkeen betonin kosteuspitoisuus 20 % syvyydellä oli laskenut jo alle 85 %, jolloin pintatyövaihe (pohjustus, tasoitus ja päällystys) aloitettiin.

Koesarjassa tutkittiin valun jälkeisen ylimääräisen kosteusrasituksen vaikutusta kuivumiseen kahdella tiiviydeltään erilaisella muovimatolla. Kappaleet 5 ja 7 saavuttivat päällystämisen edellytyksenä olevan kosteustason 12 vuorokauden iässä mutta kappaleet 7 ja 8, jotka kasteltiin 11 vuorokauden kuluttua valusta saavuttivat päällystämisen edellytyksenä olevan kosteustason vasta 21 vuorokauden iässä.

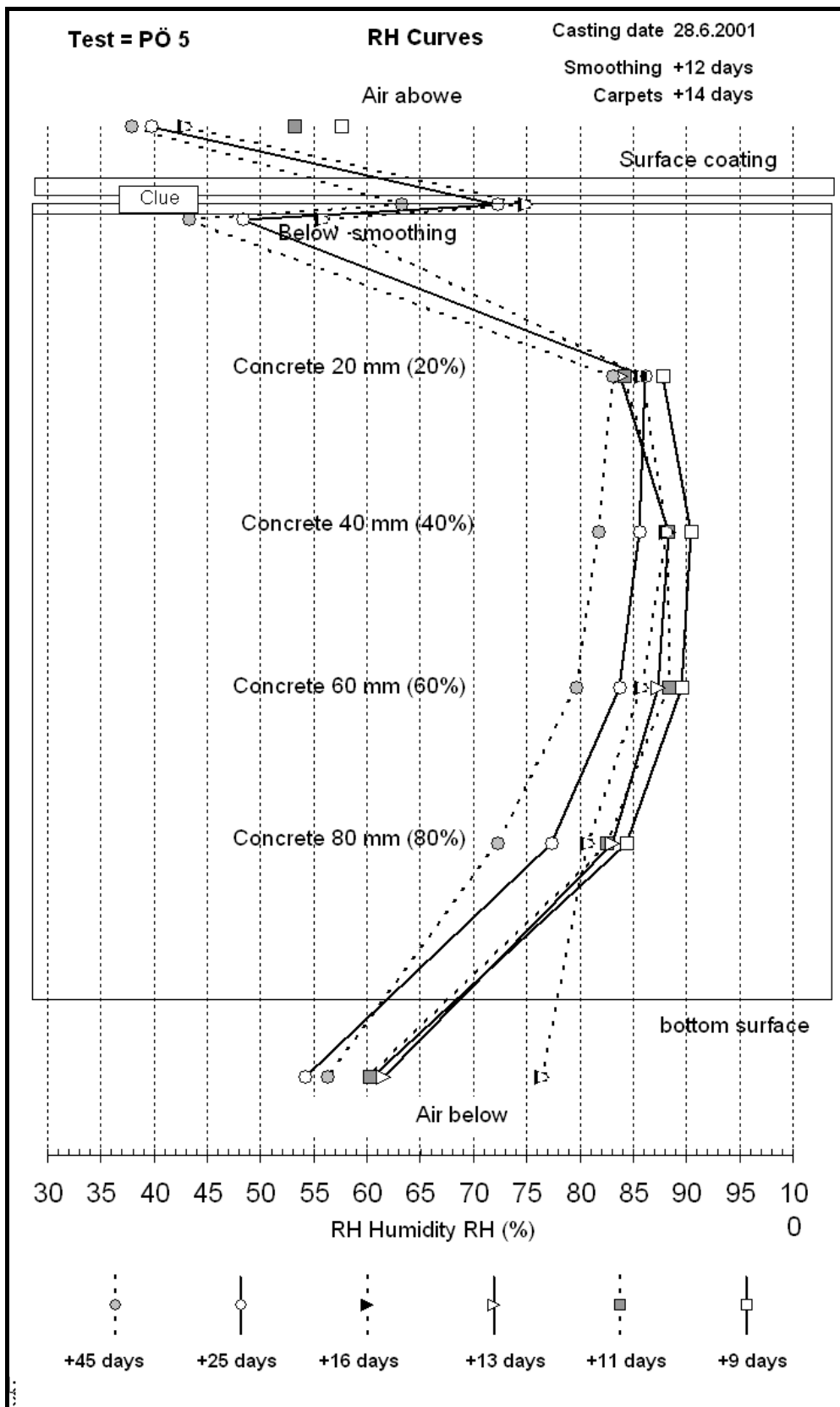
Kuvissa 38-41 on esitetty koekappaleiden 5 - 8 kosteusjakautumia eri aikoina.

Koekappaleet 5 ja 6, joita ei erikseen kasteltu, kuivuivat hyvin nopeasti päällystyskel-
poisiksi, eikä päällysteiden alapuolinen kosteuspitoisuus kohonnut yli 75 % tason.

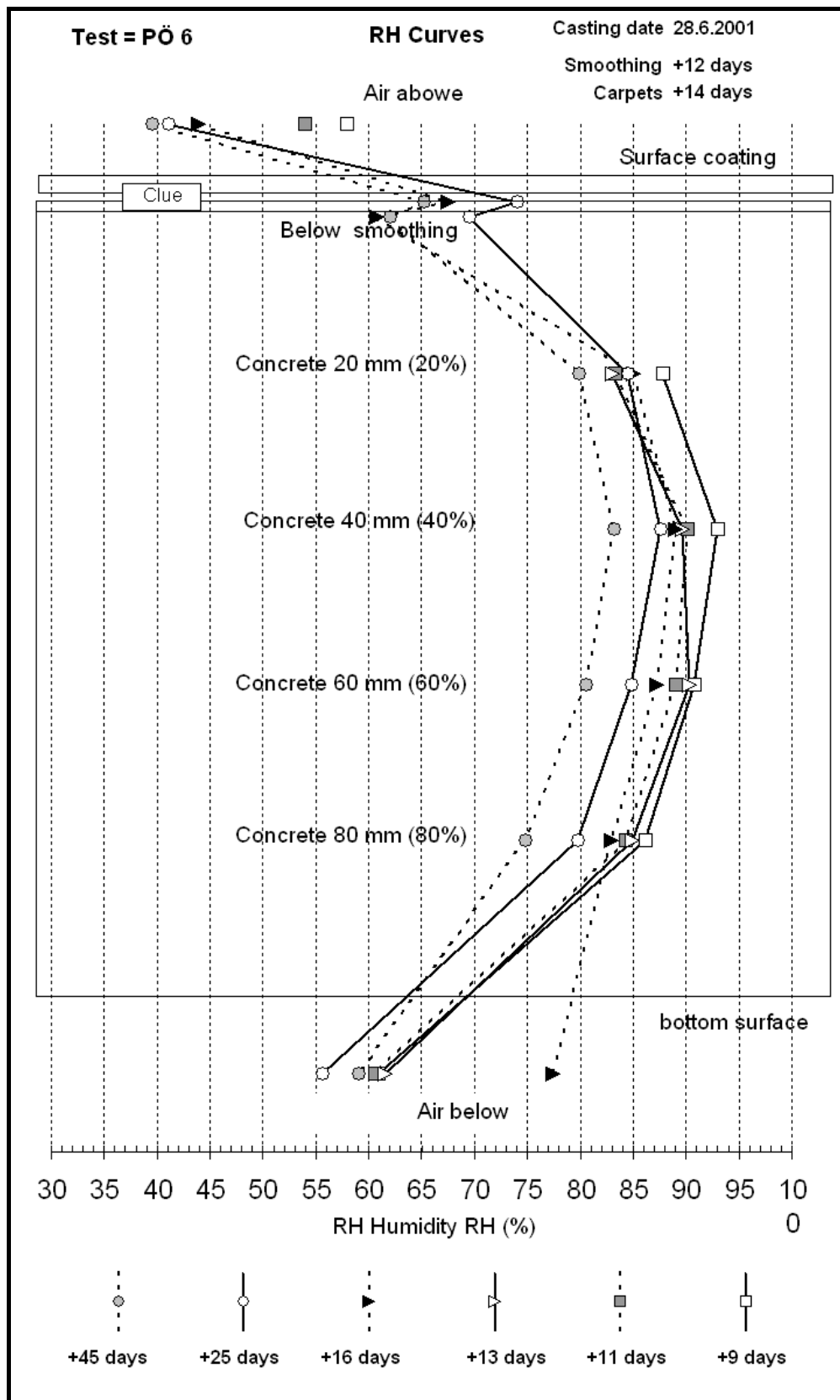
Kastelluissa koekappaleissa 7 ja 8 tapahtui päällystämisen jälkeen voimakasta suhteellisen kosteuden kohoamista pintakerroksissa ja betonin yläpinnassa.

Läpäisevämmällä pvc -päällysteellä päällystetyssä koekappaleessa 7 tasoitteen yläpinnan tasalta mitattu suhteellinen kosteus nousi lyhytaikaisesti lähes 85 % tasolle, mutta se laski nopeasti ollen 45 vrk:n iässä enää 58 %.

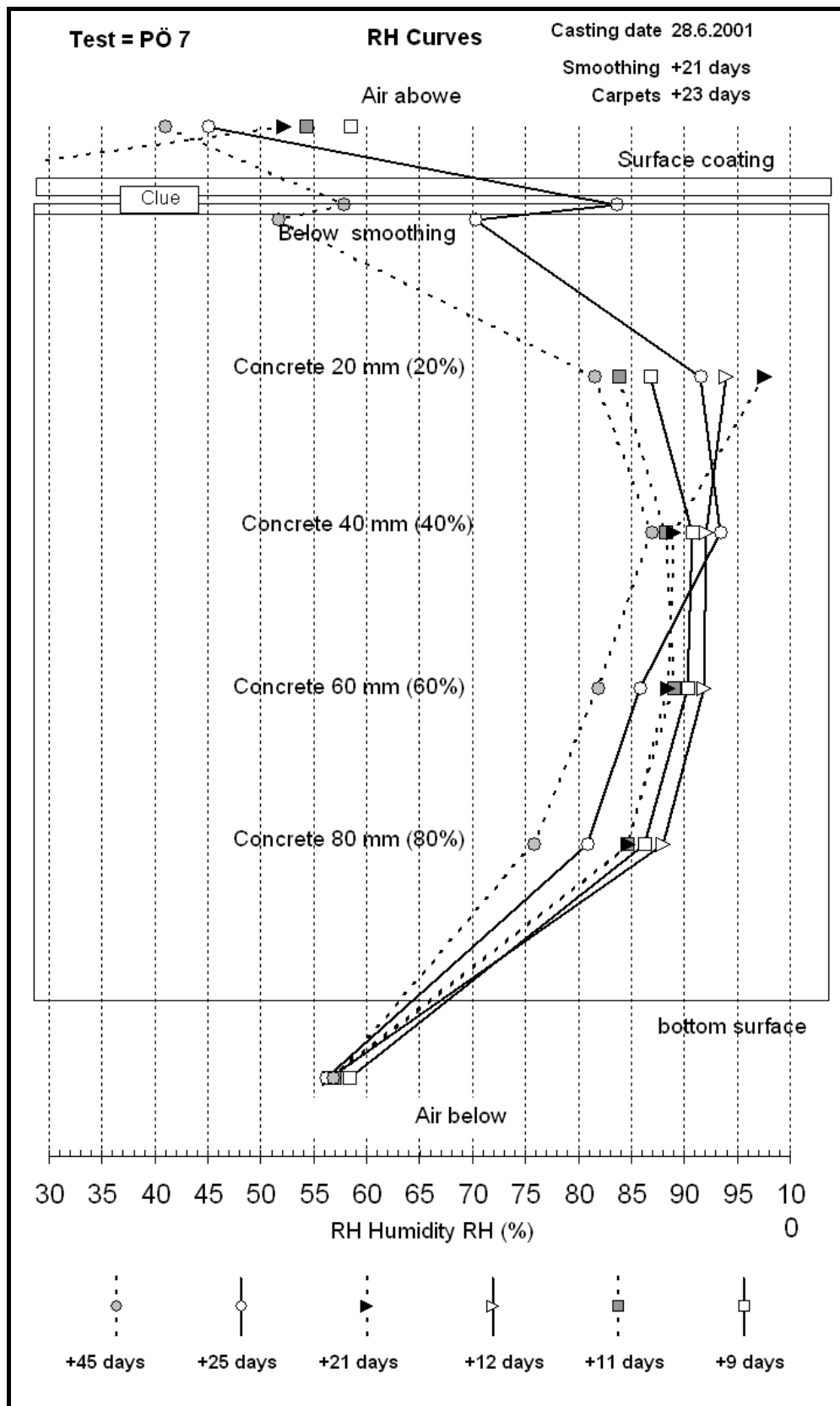
Tiiviimmällä pvc -päällysteellä päällystetyssä koekappaleessa 8 tasoitteen yläpinnan tasalta mitattu suhteellinen kosteus nousi lyhytaikaisesti lähes 90 % tasolle, mutta myös se laski melko nopeasti ollen 45 vrk:n iässä enää 75 %



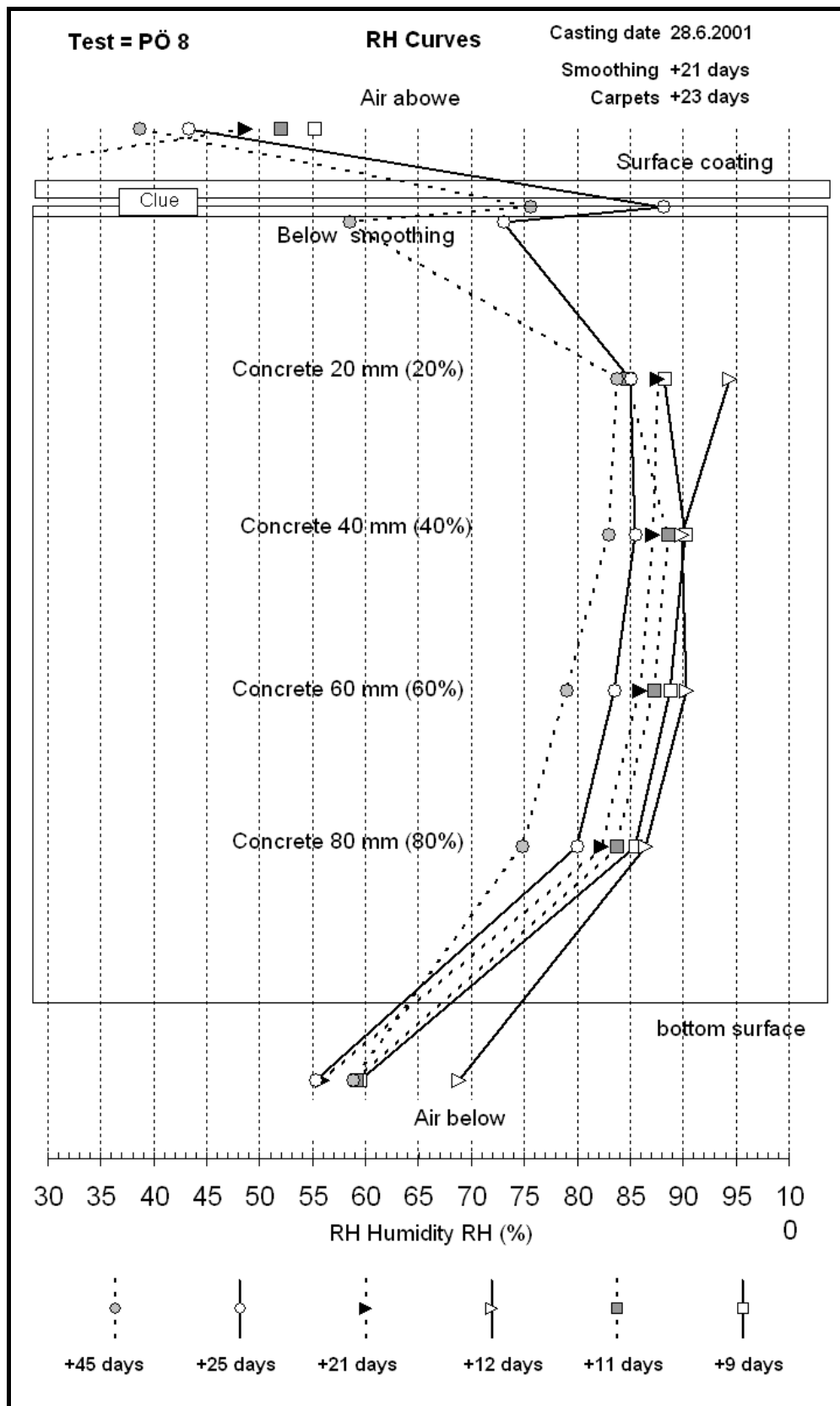
Kuva 38. Koekappaleen 5 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Ei ylimääräistä kastelua. Tiivis päällyste.



Kuva 39. Koekappaleen 6 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Ei ylimääräistä kastelua. Lämpäisevä päällyste.



Kuva 40. Koekappaleen 7 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Ylimääräinen kastelu ennen päällystämistä 11 vuorokautta valusta. Lämpäisevä päällyste.



Kuva 41. Koekappaleen 8 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni NP40. Ylimääräinen kastelu ennen päällystämistä 11 vuorokautta valusta. Tiivis päällyste.

4.4 Koekappaleet 9-12

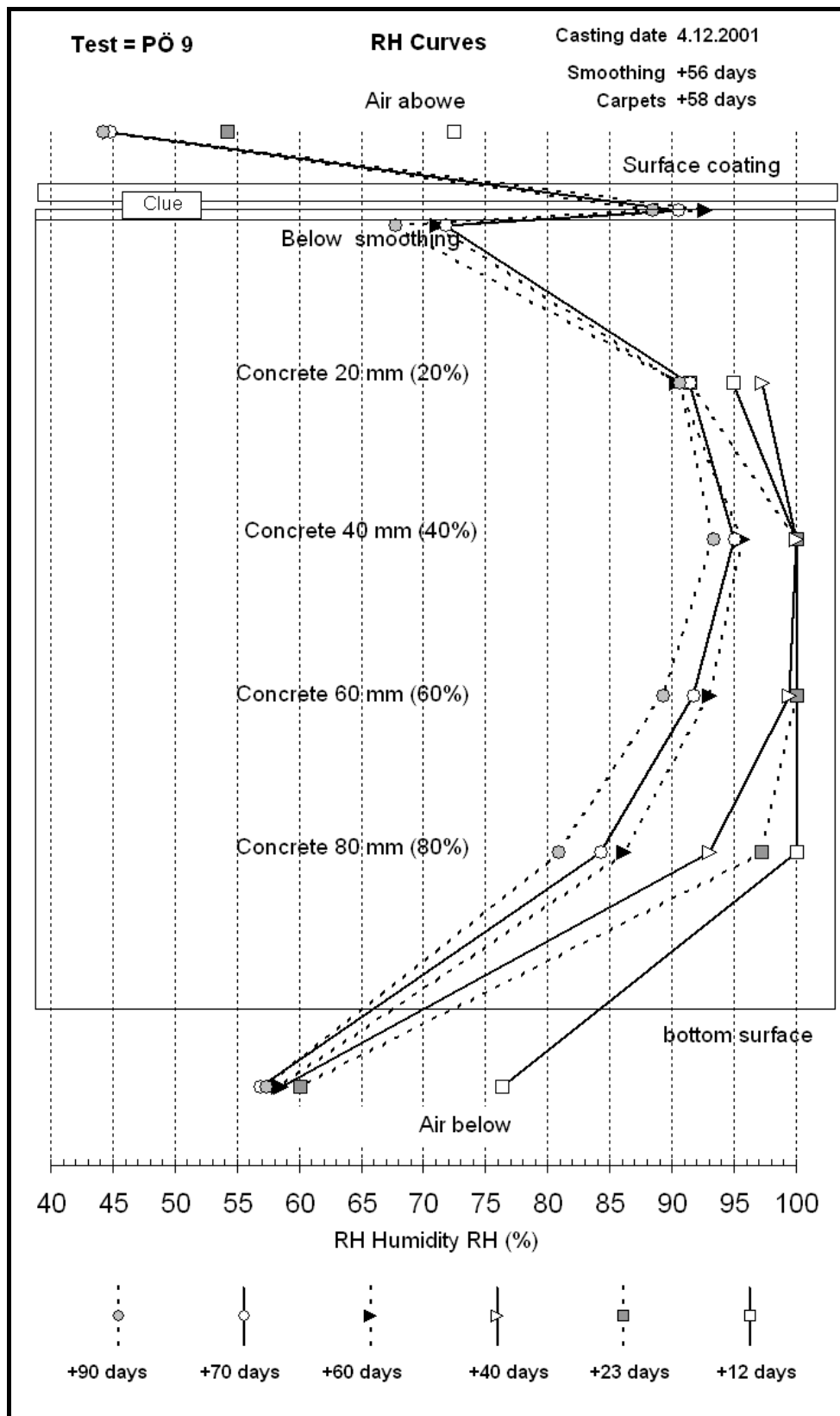
Koekappaleet 9-12 valettiin perinteisestä lattiabetonista (K30) 4.12.2001. Kappaleita jälkihoidettiin 7 vuorokauden ajan muovikalvon avulla (alapinta muottipinta). Betonin K30 sisältämä vesimäärä on paljon isompi kuin edellä käsitellyissä koekappaleissa käytetyn NP40 –betonin.

Koesarjassa tutkittiin valun jälkeisen ylimääräisen kosteusrasituksen vaikutusta kuivumiseen kahdella tiiviydeltään erilaisella muovimatolla. Kappaleet 10 ja 11, joita ei kasteltu, saavuttivat päällystämisen edellytyksenä olevan kosteustason 37 vuorokauden iässä. Kappaleet 9 ja 12, jotka kasteltiin 5 mm vesikerroksella 23 vuorokauden iässä, saavuttivat pintatöiden edellytyksenä olevan kosteustason vasta 56 vuorokauden iässä.

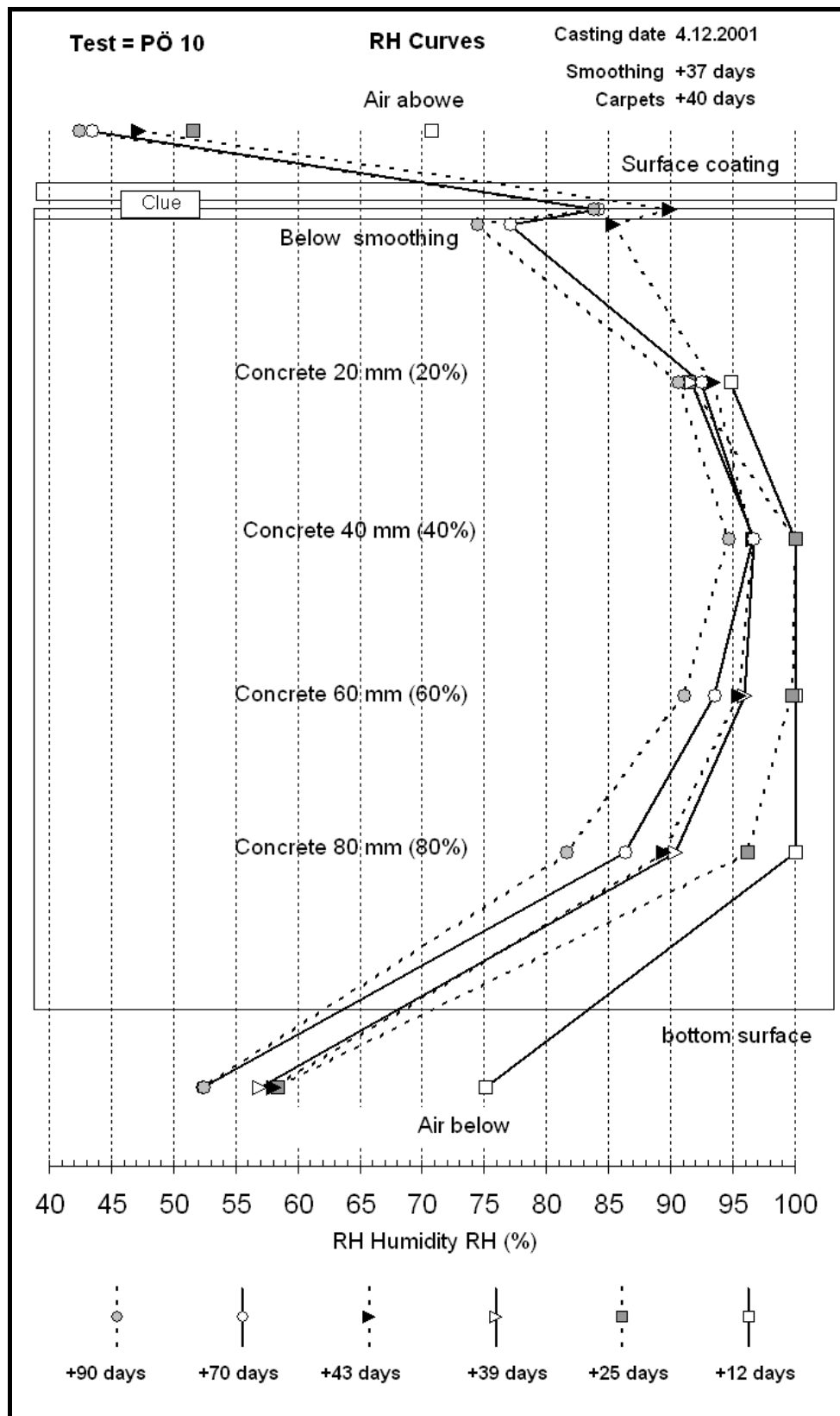
Kuvissa 42 - 45 on esitetty koekappaleiden 9 - 12 kosteusjakautumia eri aikoina.

Perinteisen betonimassan sisältämä vesimäärä oli erilainen eri koekappaleiden välillä, vaikka kaikki koekappaleet 9-12 valettiin samasta sekoituserästä. Massan kosteuserot näkyvät hyvin esimerkiksi koekappaleiden 10 ja 11 välillä. Kappaleen 10 betonin pintakerros kuivui jo 12 vuorokauden iässä 95 % tasoon, kun taas kappaleen 11 betonin pintakerros saavutti 95 % tason vasta 36 vuorokauden iässä, vaikka kuivumisolosuhteet olivat identtiset. Alkutilanteen suuremmasta kosteuspitoisuudesta huolimatta läpäisevämmällä muovimatolla päällystetty kappale 11 kuivui kuitenkin nopeammin päällystämisen jälkeen kuin tiiviimmällä muovimatolla päällystetty kappale 10. Seuranta-mittausten lopussa kappaleen 11 pintakerrokset olivat kuivuneet noin 77 % kosteuspitoisuuteen kun taas tiiviin muovimaton alla kappaleen 10 pintakerrokset olivat noin 84 % suhteellisessa kosteudessa.

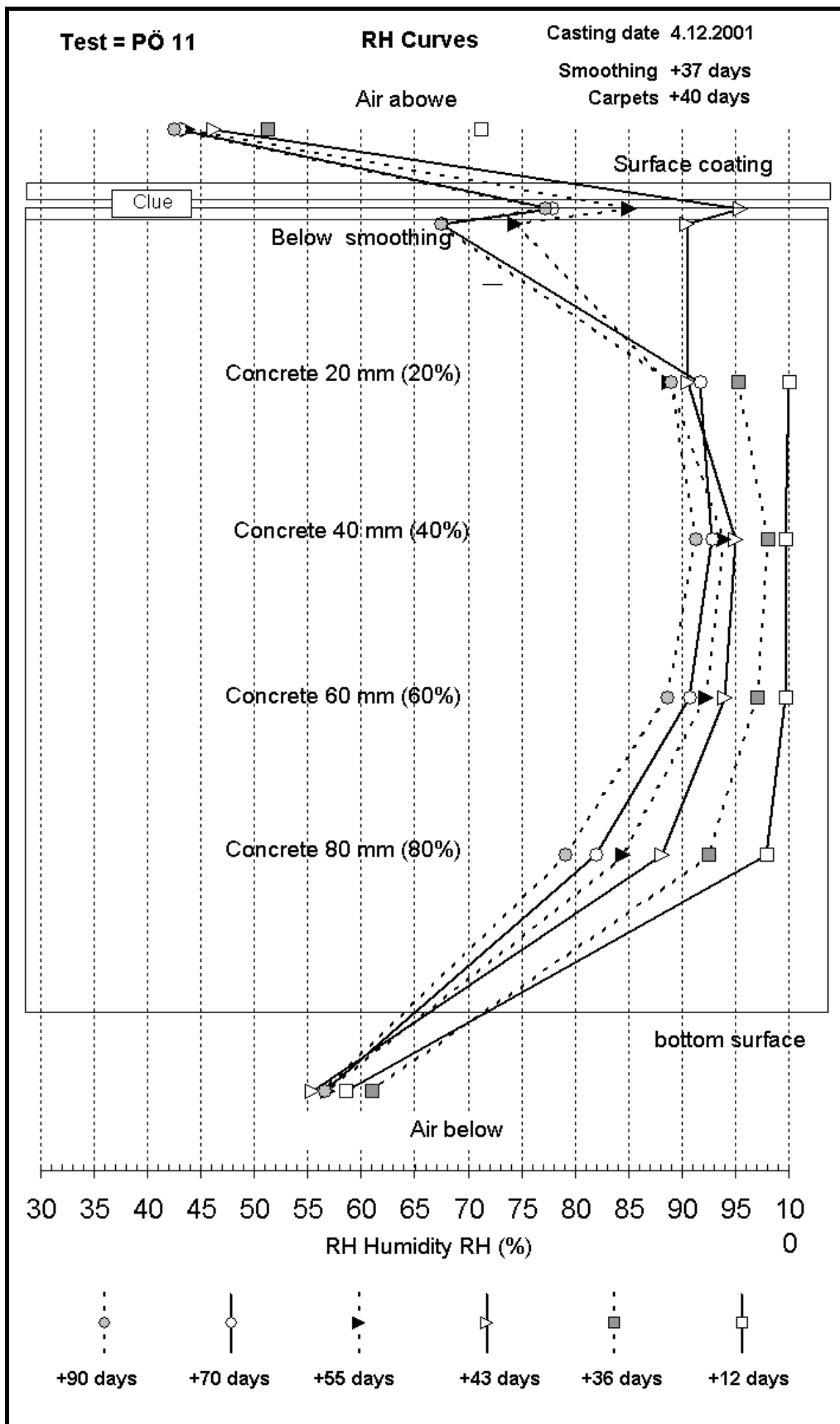
Kasteltuja koekappaleita tarkasteltaessa voidaan todeta, että läpäisevämmällä päällysteellä päällystetyssä koekappaleessa 12 tasoitteen yläpinnan tasalta mitattu suhteellinen kosteus nousi lähes 95 % tasolle (60 vrk käyrä), mutta laski melko nopeasti ollen 90 vrk iässä enää 81 %. Tiiviimmällä päällysteellä päällystetyssä kappaleessa 9 tasoitteen yläpinnan tasalta mitattu suhteellinen kosteus nousi 93 % tasolla, ja vielä 90 vrk:n iässä se oli 88 % tasolla.



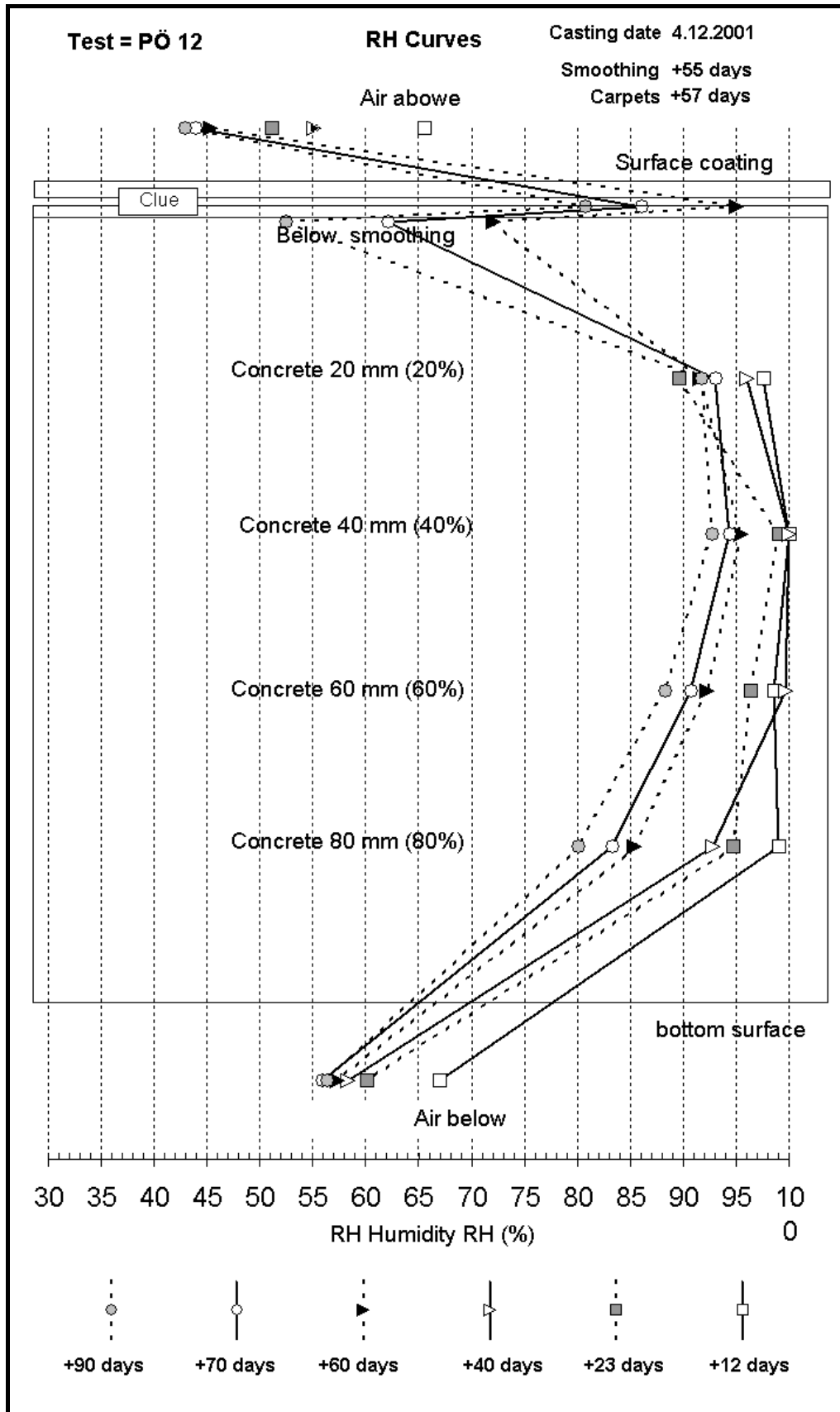
Kuva 42. Koekappaleen 9 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni K30. Ylimääräinen kastelu ennen päällystämistä 23 vuorokautta valusta. Tiivis päällyste.



Kuva 43. Koekappaleen 10 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni K30. Ei ylimääräistä kastelua. Tiivis päällyste.



Kuva 44. Koekappaleen 11 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni K30. Ei ylimääräistä kastelua. Läpäisevä päällyste.



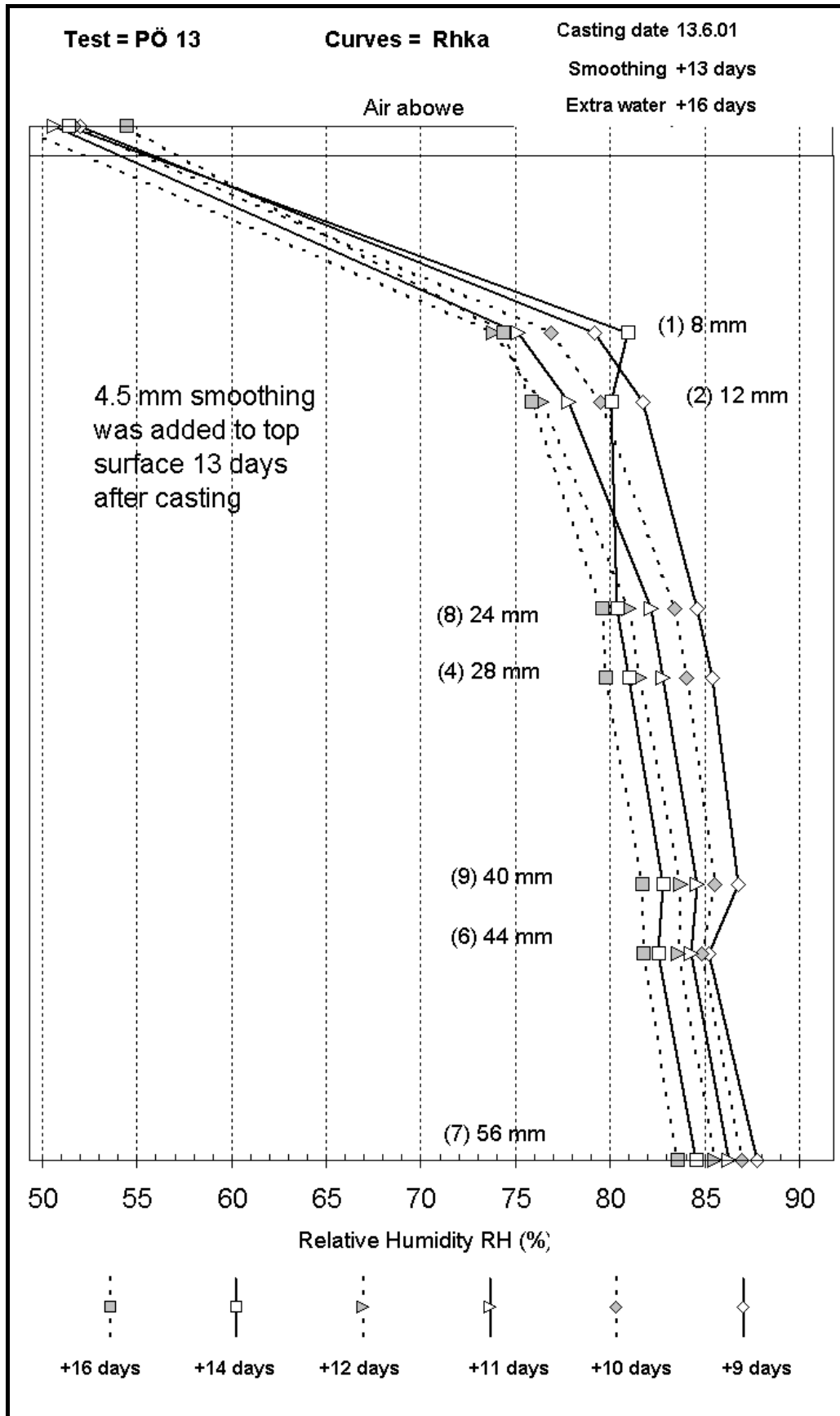
Kuva 45. Koekappaleen 12 kosteuden jakautuma eri ajanhetkinä. Betoni K30. Ylimääräinen kastelu ennen päällystämistä 23 vuorokautta valusta. Läpäisevä päällyste.

4.5 Koekuutio (Koekappale 13)

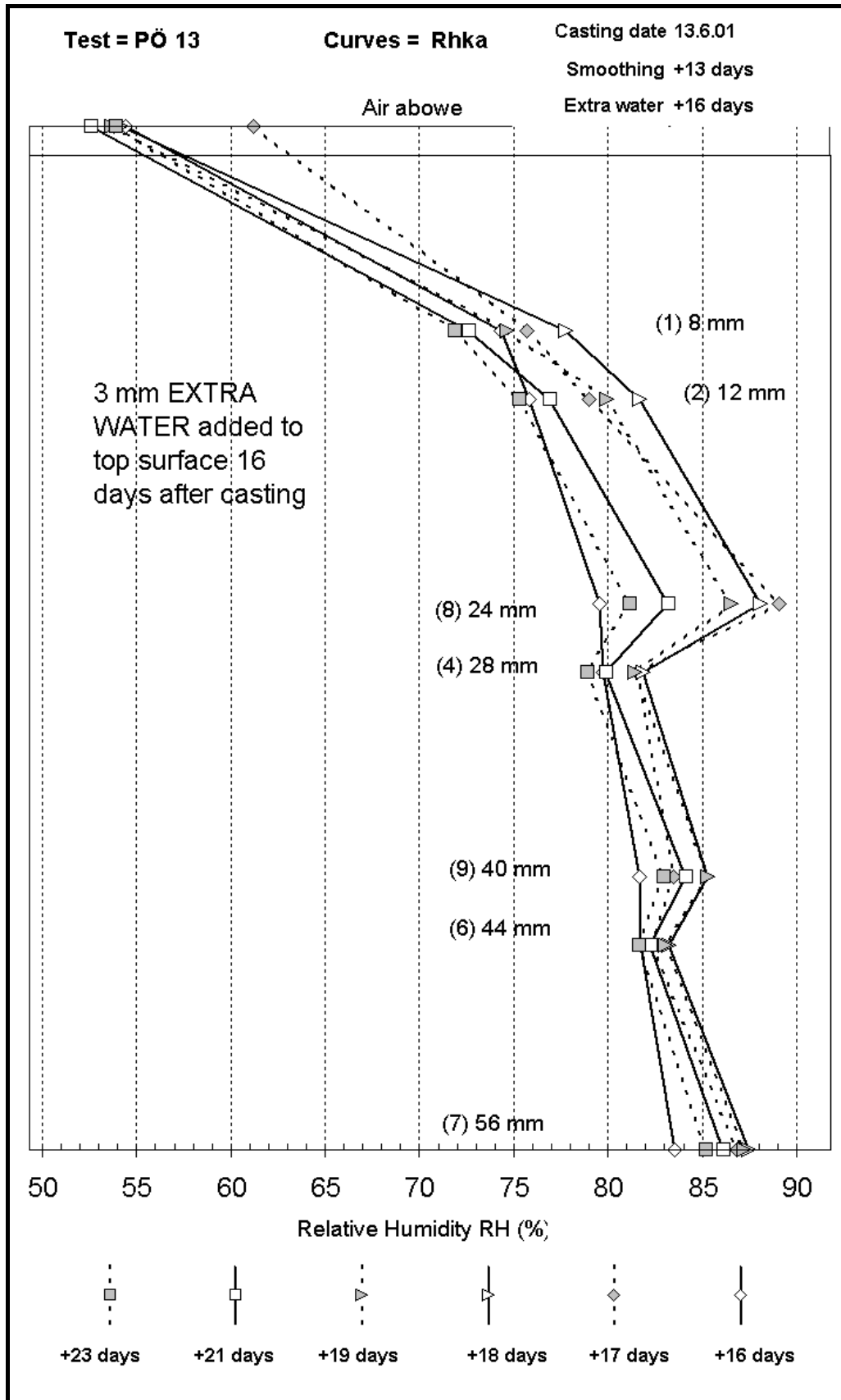
Erillinen koekuutio valettiin 13.6.2001 betonista NP40. Kuutio valettiin vaneriseen laatikkoon, jonka sisämitat olivat 110*110*110 mm. Kolmelle sivulle sijoitettujen mittausputkien kyljessä oli 3 mm korkea vaakasuuntainen rako, jonka kautta betonin suhteellinen kosteus mitattiin. Mittaustasot olivat betonin yläpinnasta lukien 8 mm, 12 mm, 24 mm, 28 mm, 40 mm, 44 mm ja 56 mm syvyydellä.

Kuutio pohjustettiin ja tasoitettiin 4,5 mm paksulla tasoitekerroksella 13 vuorokauden kuluttua valusta. Tasoittamisen aiheuttama kosteusprofiilin muutos oli havaittavissa 8 ja 12 mm syvyydellä olevissa mittapisteissä (kuva 46).

Tasoitepinnan päälle kaadettiin 3 mm vesikerros 16 vuorokauden iässä. Kastelun aiheuttama kosteusprofiilin muutos oli havaittavissa kaikissa mittapisteissä (kuva 47). Kastelun aiheuttamaa impulssia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.



Kuva 46. Koekuution kosteusprofiilin muuttuminen pohjustuksen ja tasoituksen jälkeen. Betoni NP40, tasoite Vetonit 3000 paksuus 4 mm.

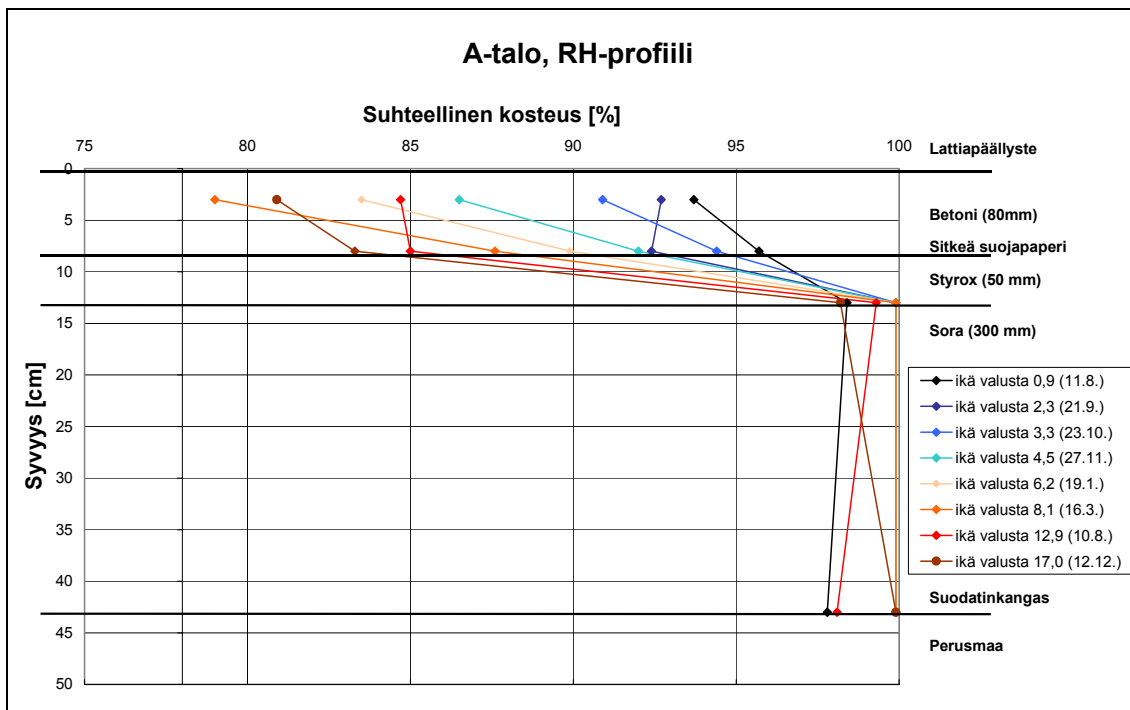


Kuva 47. Koekuution kosteusprofiilin muuttuminen ylimääräisen kastelun jälkeen. Betoni NP40, 3 mm ylimääräinen kastelu.

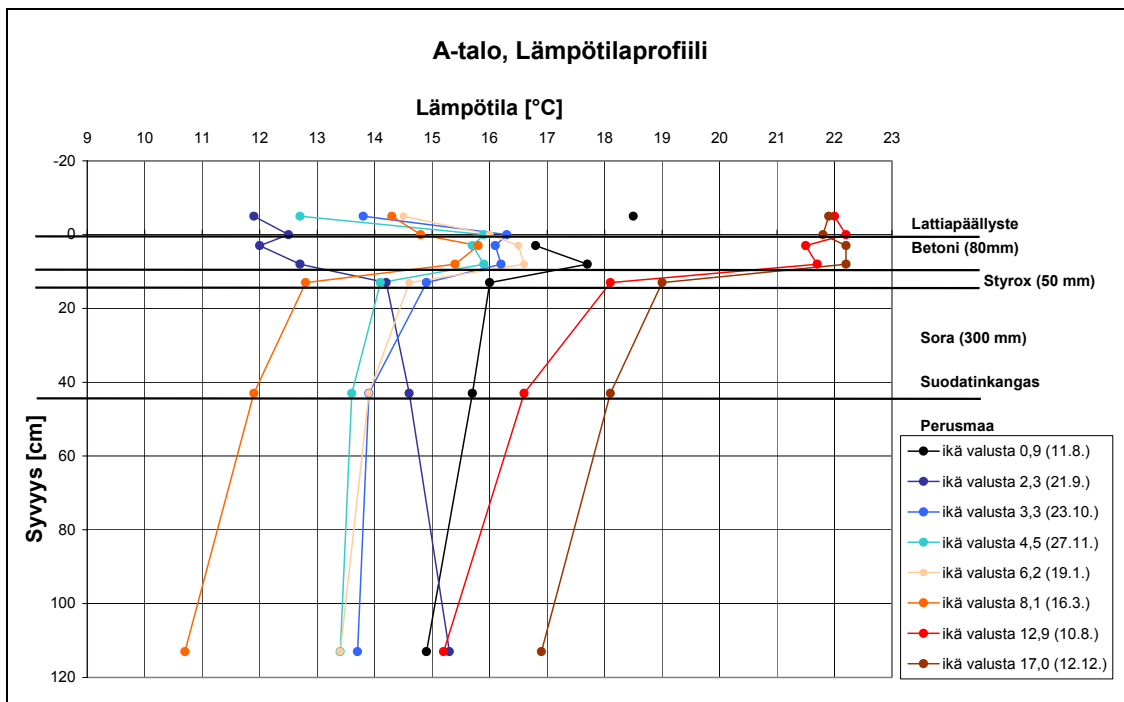
4.6 Kenttämittaukset

Seuraavassa esitetään kummastakin kohteesta aina toisen mittauskohdan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaustulokset.

4.6.1 Uudiskohde

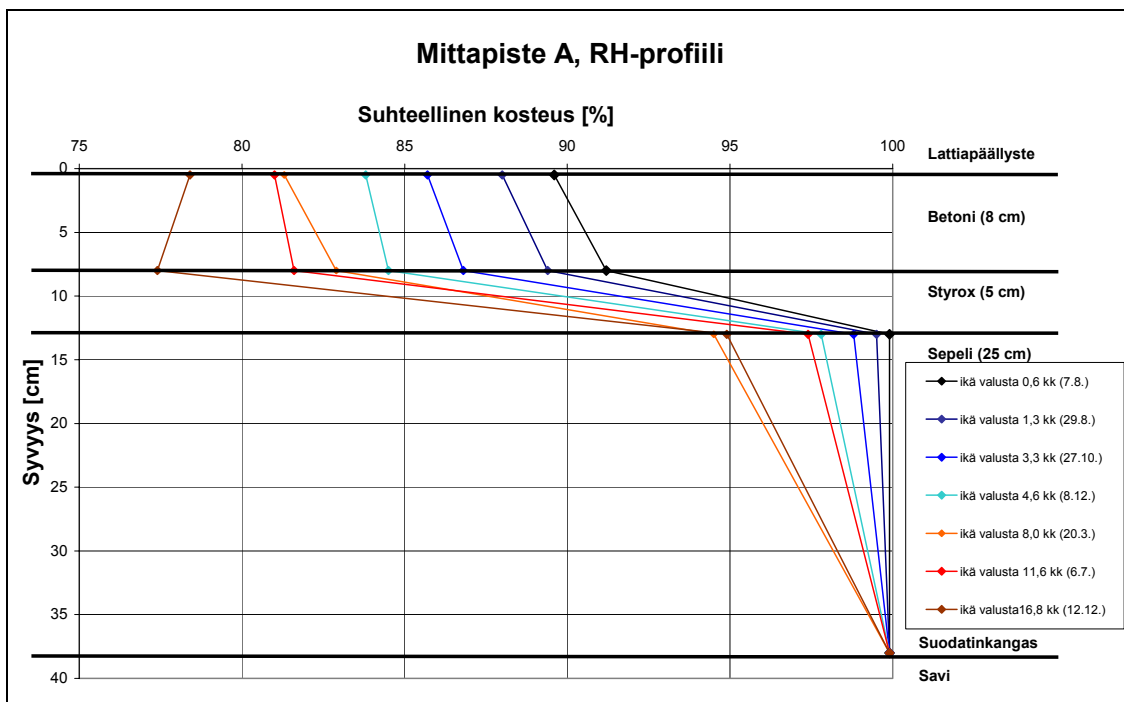


Kuva 48. Uudiskohteen lattian suhteellisen kosteuden mittaustulokset keskellä rakennusta olevasta mittauskohdasta.

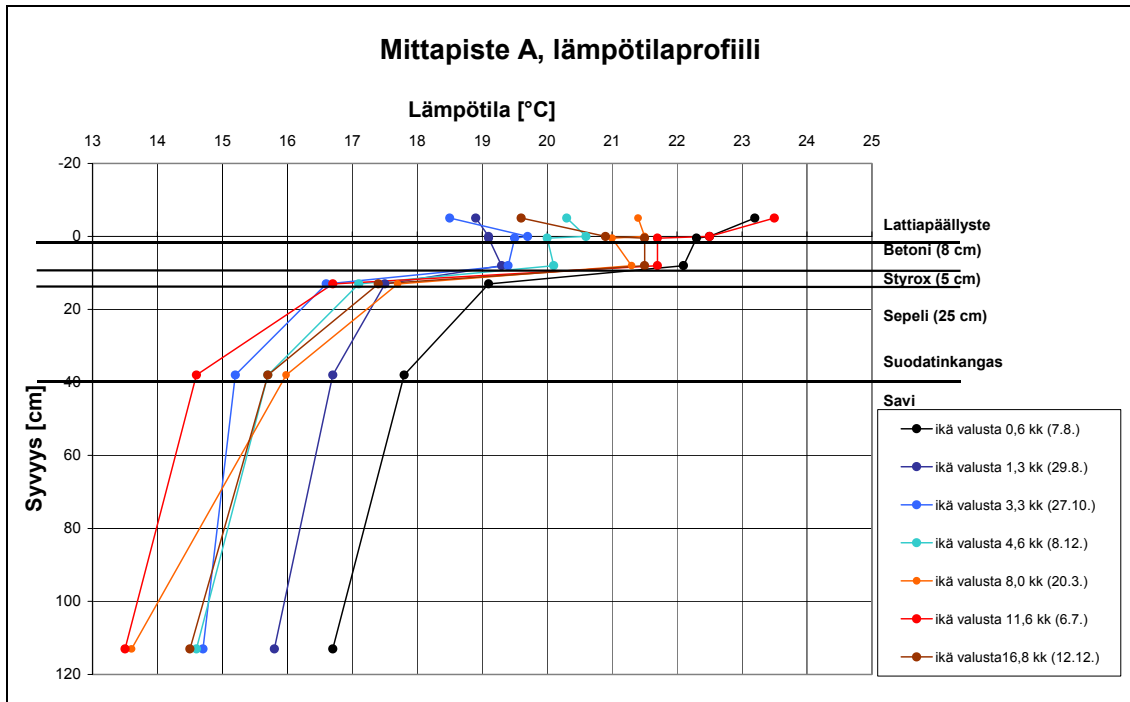


Kuva 49. Uudiskohteen lattian lämpötilan mittaustulokset keskeltä rakennusta olevasta mittauskohdasta.

4.6.2 Korjauskohde



Kuva 50. Korjauskohteen lattian suhteellisen kosteuden mittaustulokset reuna-alueella olevasta mittauskohdasta.



Kuva 51. Korjauskohteen lattian lämpötilan mittaustulokset reuna-alueella olevasta mittauskohdasta.

5. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Luvun 5 eri kohdissa tarkastellaan mm. seuraavia betonilattian kostumiseen, kuivumiseen ja kosteuden siirtymiseen lattiarakenteessa liittyviä asioita:

- kokeissa käytettyjen materiaalien kosteusteknisiä ominaisuuksia
- betonilaadun vaikutusta kuivumisnopeuteen
- betonilaadun vaikutusta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen päällystämisen jälkeen
- päällysteen läpäisevyysominaisuuksien vaikutusta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen
- kastelun vaikutusta rakenteen kostumiseen ja kuivumiseen
- tasoitekerroksen paksuuden vaikutusta rakenteen kostumiseen ja kuivumiseen
- pohjustuskertojen lukumäärän vaikutusta rakenteen kostumiseen ja kuivumiseen
- lattiarakenteen eri puolilla vaikuttavan lämpötilaeron vaikutusta kosteuden liikkumiseen rakenteessa
- rakenteesta poistuvaa kosteusvirtaa eri tyyppisillä päällysteillä kastelemattoman ja kastellun rakenteen tapauksessa.

5.1 Materiaalien vesihöyrynläpäisy-ominaisuudet

Seuraavassa kuvassa on esitetty kuppikokein tutkitut päällysteet.



Kuva 52. Tutkitut päällystemateriaalit: J = Upostep 53 (Upofloor Oy), O = Estrad (Upofloor Oy), P = Lami (Upofloor Oy), H = Tarkett (Sommer), D = Linoleumi (Upofloor Oy), A = Estrad Ohmi (Upofloor Oy).

Upofloorin Estradin vesihöyryn vastus oli kaikkein suurin ($z_v = 1,26 \times 10^6$ s/m).

Lami -päällysteen vesihöyryn vastus oli toiseksi suurin ($z_v = 1,25 \times 10^6$ s/m).

Estrad Ohmin vesihöyryn vastus oli kolmanneksi suurin kaikista tutkituista päällysteistä ($z_v = 1,19 \times 10^6$ s/m).

Upofloorin linoleumin vesihöyryn vastus oli toiseksi pienin kaikista ($z_v = 0,339 \times 10^6$ s/m).

Upostep 53 osoittautui kokeissa kaikkein läpäisevimmäksi päällysteeksi ($z_v = 0,288 \times 10^6$ s/m).

Lattiapäällysteistä erottui selvästi kaksi ryhmää: ns. vesihöyrytiivimmät ja paremmin vesihöyryä läpäisevät materiaalit (tuotteet). Läpäisevämpiä eli vesihöyryn vastukseltaan pienimpiä olivat linoleumi sekä asuintiloihin tarkoitettu pehmeärakenteinen muovimatto. Muut materiaalit (tuotteet) olivat selvästi tiiviimpiä.

Linoleumia on 'perinteisesti' pidetty yhtenä parhaiten vesihöyryä läpäisevistä päällysteistä. Sen sijaan asuntomaton (Upostep 53) kuuluminen tähän joukkoon ei ollut etukäteen tiedossa.

Seuraavassa kuvassa on esitetty kuppikokein tutkitut parketinalusmateriaalit.



Kuva 53. Parketinalusmateriaalit. Vasemmalla Upofloor Oy:n Tuplex ja oikealla Katepal Oy:n Parkolag.

Parketinalusmateriaalien vesihöyryn vastuksissa oli selvä ero: Tuplexin vesihöyryn vastus on suurempi kuin Parkolagin. Paksuudeltaan Tuplex on Parkolagia lähes kolme kertaa paksumpi (Parkolagin korkkirakeita ei ole huomioitu paksuudessa, mutta Tuplexin koko paksuus on huomioitu). Esimerkiksi rakennusmuovina käytetyn 0,2 mm paksun muovikalvon laskentaan soveltuvana vesihöyryn vastuksena voidaan käyttää $3,5 \times 10^6$ s/m, joka on moninkertaisesti suurempi kuin tutkittujen parketinalusmateriaalien vesihöyrynvastukset. Tuplexin laskennallinen vesihöyryn vastus oli $0,268 \times 10^6$ s/m ja Parkolagin $0,099 \times 10^6$ s/m.



Kuva 54. Liima- ja dispersiokoekappaleet. Kammattu pinta on liimaa. Dispersiökäsitellyn koekappaleen tunnus on 2. Tunnuksella 16 varustettu kappale on pelkkää betonia.

Pohjustusaineen vesihöyryn vastus oli paljon pienempi kuin liimakalvon. Ero oli yli viisinkertainen. Sekä pohjusteen että liiman vesihöyryn vastukset olivat pienempiä kuin läpäisevimpien lattiapäällysteiden.

Kummankin tutkitun tasoitteen vesihöyryn vastus oli betonilaatujen vastuksia pienempi (materiaalivahvuudet samat 10 mm).

Vetonit 1500:n vesihöyryn läpäisevyys oli $3,59 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ja Vetonit 3000:n $9,13 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. Kirjallisuudessa esiintyvät arvot sementtilaastin vesihöyryn läpäisevyydelle ovat noin $2,7 \dots 13,5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, joten saadut tulokset sijoittuvat ko. välille. Vesihöyryn vastus tasoitteella 1500 oli $2,71 \times 10^4 \text{ s/m}$ ja tasoitteella 3000 $1,09 \times 10^4 \text{ s/m}$ kerrospaksuuden ollessa 10 mm.

Seuraavassa kuvassa on esitetty molemmista tasoitteista sekä betoneista tehdyt kuppikoekappaleet.



Kuva 55. Edessä vasemmalla (vaaleampi) tasoite Vetonit 3000 ja oikealla (tummempi) Vetonit 1500. Takana vas. tunnuksella K40/C on betonia NP40 ja oik. tunnuksella 16 betonia K30.

Betoneille tehdyissä kuppikokeissa vesihöyryn massavirta oli pienimmillään alhaisimmassa kosteudessa (sisä-RH 55 %), koska kosteusero kupin ulkopuolella vallitsevaan kosteuspitoisuuteen (ulko-RH 33 %) verrattuna oli pieni.

Kirjallisuudessa esiintyvät arvot betonin vesihöyryn läpäisevyydelle ovat noin $2,7...13,5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. Tässä tutkimuksessa mukana olleiden betonien vesihöyryn läpäisevyydet ovat kirjallisuusarvojen alarajalla (K30) tai hieman sen alapuolella (NP 40). Jos lasketaan vesihöyryn vastuksen arvo 100 mm paksuiselle (K30) betonille tässä tutkimuksessa tehtyjen kuppikokeiden perusteella, saadaan tulokseksi $36,9 \times 10^4 \text{ s/m}$. Kirjallisuudessa 100 mm betonille annetaan arvoja väliltä $3...100 \times 10^4 \text{ s/m}$ ja laskentaan soveltuvana arvona pidetään $15 \times 10^4 \text{ s/m}$. Kuppikokeissa saatu arvo sijoittuu annetun välin keskivaiheille.

5.2 Materiaalien hygroskooppiset tasapainokosteudet

Tasapainotilanteen mukaiset koekappaleitten tasapainokosteuskuvaajista on havaittavissa hystereesiä eli kappaleen kosteuspitoisuus (paino-%) on kuivussa (desorptio) suurempi kuin kastuessa (absorptio).

5.3 Kosteuden jakautuminen välipohjan poikkileikkauksessa ennen ja jälkeen päällystämisen

Kuten alussa on esitetty, nykyinen päällystettävyyden toteamiskriteeri perustuu oletukseen, että tietyllä syvyydellä betonilaatassa (20% syvyydellä kahteen suuntaan kuivuvalla ja 40 % syvyydellä yhteen suuntaan kuivuvalla rakenteella) vallitseva suhteellinen kosteus edustaa rakenteen pintakerrokseen päällystämisen jälkeisen kosteuden uudelleenjakautumisen jälkeen muodostuvaa maksimikosteutta.

Betonilattioissa käytettävien päällysteiden vesihöyrynläpäisevyysominaisuuksien tai rakenteen kastumisen vaikutuksesta todellinen kosteusjakautuma voi poiketa oletuksesta kuten kohdissa 4.2 - 4.4 esitetyistä kosteusjakautumakuvista voidaan todeta.

Paksun (10 mm) tasoitekerroksen sisältämä vesimäärä aiheutti suhteellisen kosteuden kohoamisen erikoisbetonista NP40 valetun betonilaatan yläosassa (20 mm:n syvyydessä) ja pysymisen pitkään korkeana. Myös tasoitekerroksen alapinnassa ja päällysteen alla suhteellinen kosteus pysyi korkeana paksun tasoitekerroksen tapauksessa. Päällysteen alla suhteellinen kosteus ylitti selvästi 20 %:n syvyydellä rakenteessa ennen päällystämistä vallinneen suhteellisen kosteuden (koekappale 1).

Ohuemman (2 mm) tasoitekerroksen vaikutus rakenteen kastumiseen oli selvästi vähäisempi. Päällysteen alla suhteellinen kosteus ei ylittänyt 20 %:n syvyydellä rakenteessa ennen päällystämistä vallinnutta suhteellista kosteutta (koekappale 2).

Neljälle koekappaleelle aiheutetulla ylimääräisellä kastelulla kuvattiin sateen tms. aiheuttamaa lattiarakenteen kastumista työmaaolosuhteissa. Kastelu aiheutti kaikilla tutkituilla koekappaleilla päällystämisen viivästymisen verrattuna kastelemattomiin koekappaleisiin, koska päällystämisen edellytyksenä oleva suhteellinen kosteus saavutettiin luonnollisesti myöhemmin. Lisäksi laatan yläpinnalta rakenteeseen imeytynyt kosteus muutti laatan kosteusjakautumaa siten, että yläosan kosteuspitoisuus oli oletusta suurempi vaikka arvostelusyvytydessä suhteellinen kosteus oli kriteerin mukainen.

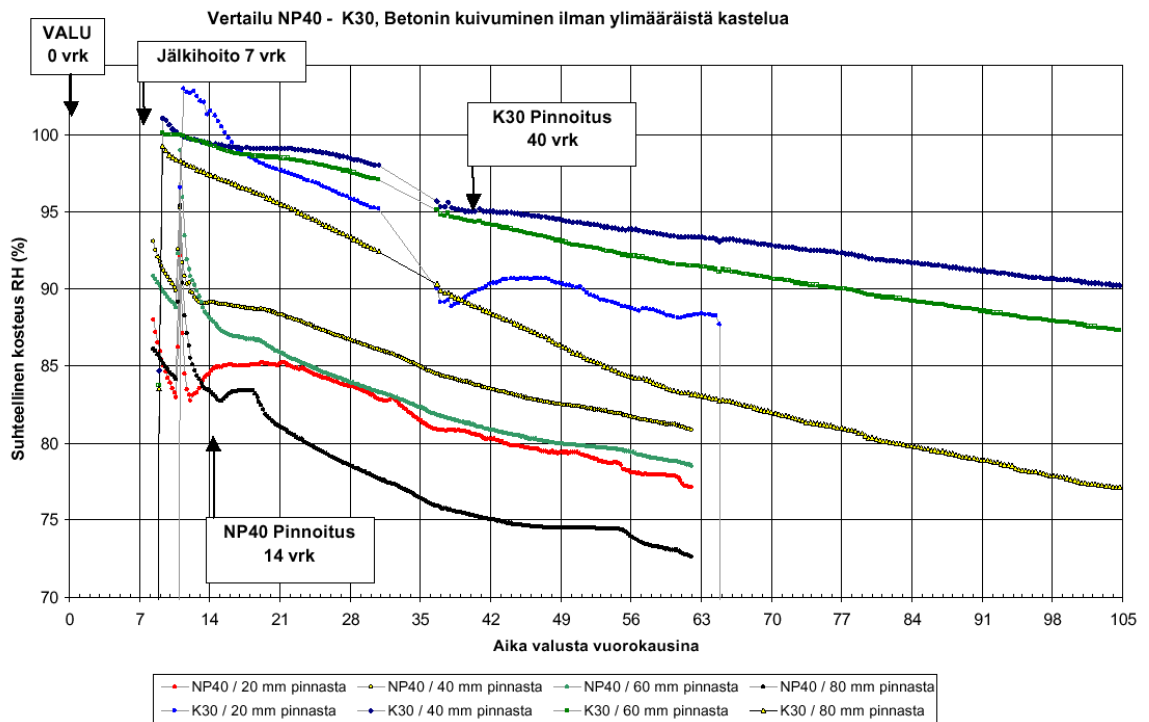
Päällystämisen jälkeen päällysteen vesihöyrynläpäisevyysominaisuudet vaikuttivat selvästi siihen, kuinka korkeaksi kasteltujen koekappaleiden suhteellinen kosteus kohosi päällysteen alla. Erikoisbetonin ja tiiviimmän päällysteen tapauksessa suhteellinen kosteus päällysteen alla kohosi lyhytaikaisesti 20 %:n syvyydessä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneelle tasolle. Perinteisellä lattiabetonilla suhteellinen kosteus päällysteen alla ylitti merkittävästi 20 %:n syvyydessä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneen 90 %:in kosteustason sekä läpäisevämmän että tiiviimmän päällysteen tapauksessa. Läpäisevämmällä päällysteellä päällystetyssä koekappaleessa suhteellinen kosteus aleni nopeammin, vaikka koekappale oli betonimassan kosteuseroista johtuen alun perin kosteampi.

Myös kastelemattomassa perinteisestä lattiabetonista valmistetussa koekappaleessa havaittiin, että suhteellinen kosteus päällysteen alla ylitti 20 %:n syvyydessä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneen 90 %:in kosteustason (koekappale 11).

5.4 Betonilaadun vaikutus kuivumisnopeuteen

Koekappaleita valettiin kahdesta eri betonilaadusta siten, että kappaleet 1-8 valettiin betonista NP40 ja kappaleet 9-12 betonista K30. Kaikkia koekappaleita jälkihoidettiin 7 vuorokautta ilman vesikastelua (yläpinta muovikalvolla peitettynä, alapinnassa filmivaneri, kammioiden kannet suljettuina). Betonilaadun vaikutusta kuivumisnopeuteen voitiin tutkia vertaamalla sellaisten koekappaleiden tuloksia joiden ainoana erottavana tekijänä oli erilainen betonilaatu.

Alla olevaan kuvaan on koottu koekappaleiden 6 ja 11 betonilaatassa olevien mittauspisteiden mittaustulokset (mittaussyvytydet 20, 40, 60 ja 80 mm betonilaattojen yläpinoista lukien). Tuloksia esittävät käyrät ovat keskenään suoraan vertailukelpoisia, koska molempien koekappaleiden käyrien aika-akselit on asetettu alkamaan siten, että valuhetket ovat kohdakkain. Vaikka koekappaleiden valu tapahtui eri aikaan, säilytysolosuhteet ovat olleet samanlaiset.



Kuva 56. Betonilaatujen NP40 ja K30 vaikutus kuivumisnopeuteen. Betoni NP40 tasoitettiin 5 mm tasoitekerroksella ja betonilla K30 käytettiin tässä koekappaleessa 2 mm tasoitepaksuutta. Päälysteenä käytettiin läpäisevämpää UpoStep 53 –muovimattoa.

Sekä betonista K30 että betonista NP40 valettujen laattojen molempia pintoja lähinnä olevissa mittauspisteissä suhteelliset kosteudet ovat alhaisimpia lähes koko kuvassa esitetyn mittausjakson ajan, koska rakenne kuivuu pinnoista alkaen ympäröiviin ilmatiloihin päin. Mittaussyvyyksistä 40 ja 60 mm (betonilaatan keskiosista) mitatut suhteelliset kosteudet ovat olleet luonnollisesti korkeampia.

Päälystyskelpoisuutta arvioitiin seuraamalla 20 mm yläpinnasta olevan mittauspisteen betonin suhteellisen kosteuden kehittymistä. Kokeessa päälystyskriteerinä pidettiin 90 %:n suhteellisen kosteuden saavuttamista mainitussa syvyydessä. Betoni K30 kuivui päälystämiskelpoiseksi ja päälystettiin 40 vuorokauden iässä. Betoni NP40 oli saavuttanut 90 %:n suhteellisen kosteuden jo jälkihoitoaikana ennen kosteusanturien asentamista betonilaataan. Anturit asennettiin 8 vuorokauden kuluttua valusta (jälkihoidon päätyttyä).

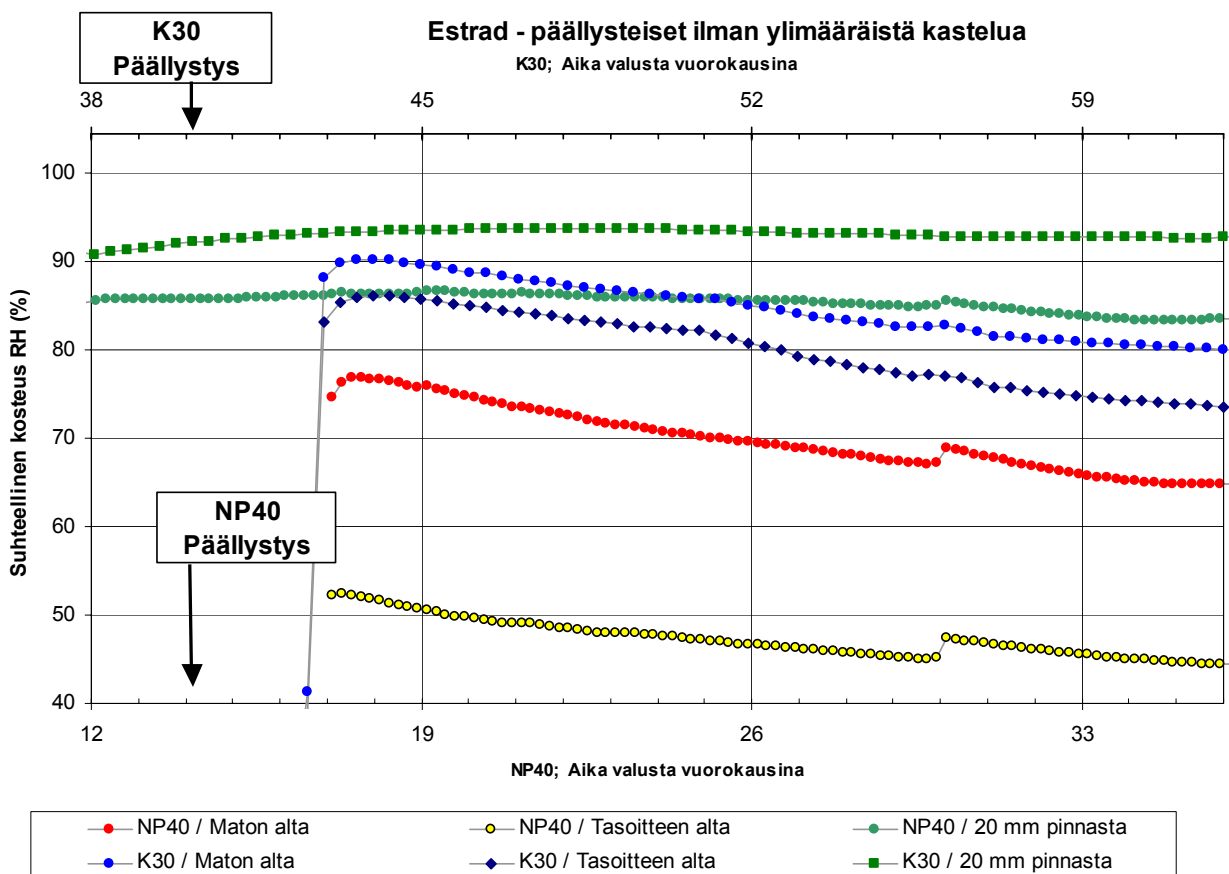
Betonin NP40 nopea kuivuminen koeolosuhteissa vaikutti siihen, että siitä valetut välipohjakoekappaleet jouduttiin päälystämään systemaattisesti alle kokeessa käytetyn päälystyskriteerin, joka oli siis 90 % suhteellista kosteutta 20 mm:n syvyydessä. Päälystämisen 'viivästyminen' johtui siitä, että anturit voitiin teknisistä syistä asentaa välipohjakoekappaleiden sisään vasta jälkihoitojakson jälkeen (noin 7-8 vuorokauden kuluttua valusta), jonka jälkeen oli vielä odotettava mittauspitkien (anturien) asennuksen yhteydessä aiheutettiin häiriö) ja anturien tasaantumista koekappaleessa vallitsevaan kosteuteen luotettavan tuloksen saamiseksi. Ennen päälystämistä tehtiin pohjustuskäsittely ja tasoittaminen vaadittuine kuivumisaikoineen.

Betonista NP40 valetussa laatussa myös keskimmaisina olevissa mittauspisteissä (40 ja 60 mm) betonin suhteellinen kosteus alitti 90 %:n suhteellisen kosteuden noin kahden viikon kuluttua valusta eli jo ennen kuin laatta oli pohjustettu, tasoitettu ja päälystetty. Betonista K30 valettu laatta saavutti kauttaaltaan keskiosiltaan (mittauspiste 40 mm:n syvyydellä) 90 %:n suhteellisen kosteuden noin 15 viikon kuluttua valusta.

5.5 Betonilaadun vaikutus päällystämisen jälkeiseen kosteuskäyttäytymiseen

Betonilaadun vaikutus on nähtävissä päällystämisen jälkeisessä välipohjakoekappaleiden kosteuskäyttäytymisessä. Betonilla NP40 pohjustuskäsittelyn ja tasoittamisen (12 vuorokauden iässä) aiheuttama kosteuden kohoaminen oli vähäisempää kuin betonilla K30 (pohjustuskäsittely ja tasoitus 38 vrk:n iässä). Betonilla K30 suhteellinen kosteus 20 mm:n syvyydessä kohoaa tasoittamisen ja päällystämisen jälkeen lähelle 95 %:a, eikä ole vielä kuvassa esitetyn jakson (noin kolme viikkoa päällystämisestä) aikana laskenut ennen päällystämistä vallinneelle noin 90 %:n tasolle. Myös betonilla NP40 suhteellinen kosteus 20 mm:n syvyydessä kohosi, mutta ennen päällystämistä vallinnut suhteellisen kosteuden taso saavutettiin kuvassa (kuva 57) esitetyn jakson kuluessa noin kahden viikon kuluttua päällystämisestä. Tasoitteen ja päällysteen alla olevissa mittauspisteissä kosteuden kohoaminen oli vähäisempää betonilla NP40 kuin betonilla K30. Betonilla K30 suhteellinen kosteus päällysteen alla ylitti hetkellisesti 20 %:n syvyydellä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneen kosteustason.

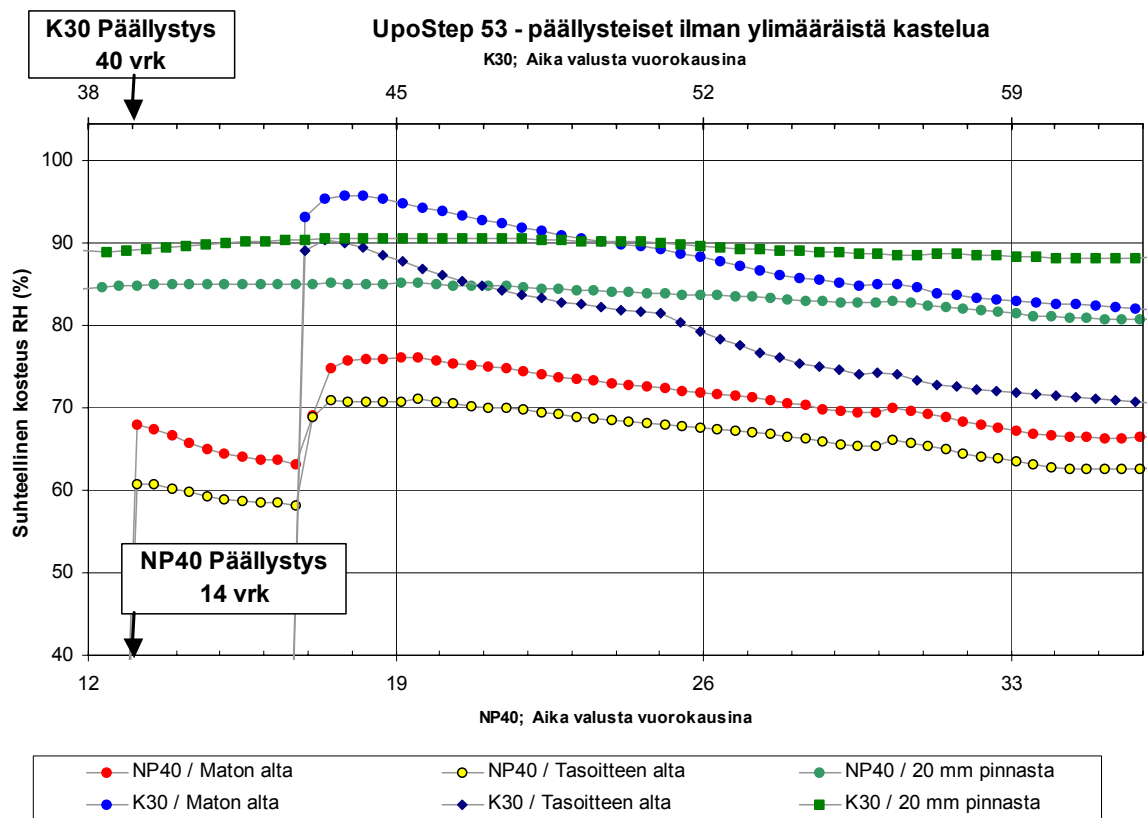
Kuvassa 57 on hyvin nähtävissä kaikissa tehdyissä kokeissa havaittu ilmiö: suhteellinen kosteus välittömästi lattiapäällysteen alla on paljon korkeammalla tasolla kuin suhteellinen kosteus tasoite- ja pohjustekerroksen alla. Tasoitekerroksen alta mitattu alhainen suhteellinen kosteus selittyy sillä, että mittauspiste on betonilaatan hyvin kuivuneessa yläpinnassa, jossa tasoitteen kostuttava vaikutuskin on ollut suhteellisen vähäinen. Sen sijaan ei ole löydetty selitystä sille, miksi suhteellinen kosteus päällysteen alla pysyy korkeana, eikä pyri tasaantumaan alaspäin tapahtuvan kuivumisen seurauksena, vaikka sen ja betonilaatan kuivan yläpinnan välillä on olemassa selvä kuivumisenergia, ja diffuusiomatka on vain muutamia millimetrejä (2 – 10 mm) tasoitetta.



Kuva 57. Betonilaadun vaikutus tiiviillä päällysteellä pinnoitettujen koekappaleiden kosteuskäyttäytymiseen. Ei ylimääräistä kastelua. Käytetyt tasoitepaksuudet olivat betonilla NP40 5 mm ja betonilla K30 2 mm.

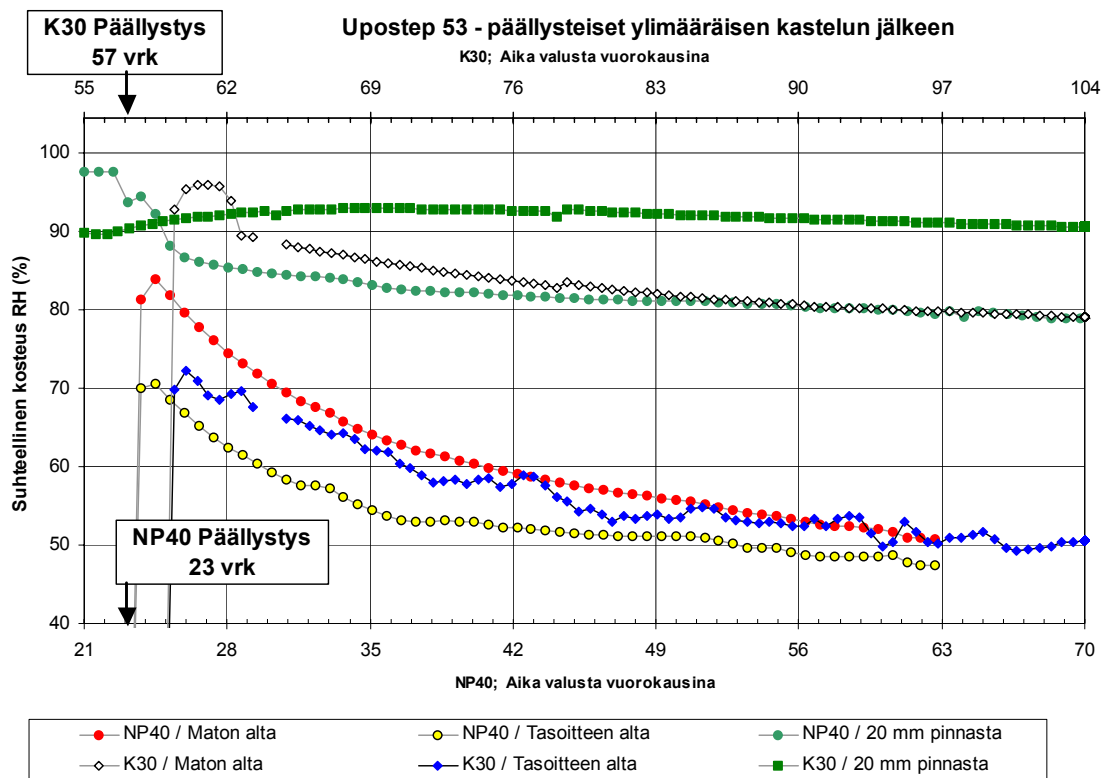
Kuvasta 58 havaitaan, että betonilaadusta NP40 valmistettua koekappaletta ei voitu työt teknisistä syistä päällystää ennen kuin päällystyskriteeri (90 % RH 20 mm:n syvyydessä laatussa) oli jo selvästi alittunut (suhteellinen kosteus päällystyshetkellä >85 %). sen sijaan betonista K30 valmistetun laatan pohjustus- ja tasoitus ehdittiin aloittaa päällystyskriteerin täytyessä.

Koekappaleiden suhteellinen kosteus kohoaa ainoastaan hiukan pohjustamisen, tasoittamisen ja päällystämisen kastelevan vaikutuksen seurauksena 20 mm:n syvyydessä. Betonista K30 valetun koekappaleen suhteellinen kosteus päällysteen alla kohoaa noin 95 %:n tasolle, mutta laskee noin 7 vuorokauden kuluessa alle 90 %:n tason.



Kuva 58. Betonilaadun vaikutus läpäisevämmällä päällysteellä pinnoitettujen koekappaleiden kosteuskäyttäytymiseen. Ei ylimääräistä kastelua. Käytetyt tasoitepaksuudet olivat betonilla NP40 5 mm ja betonilla K30 2 mm.

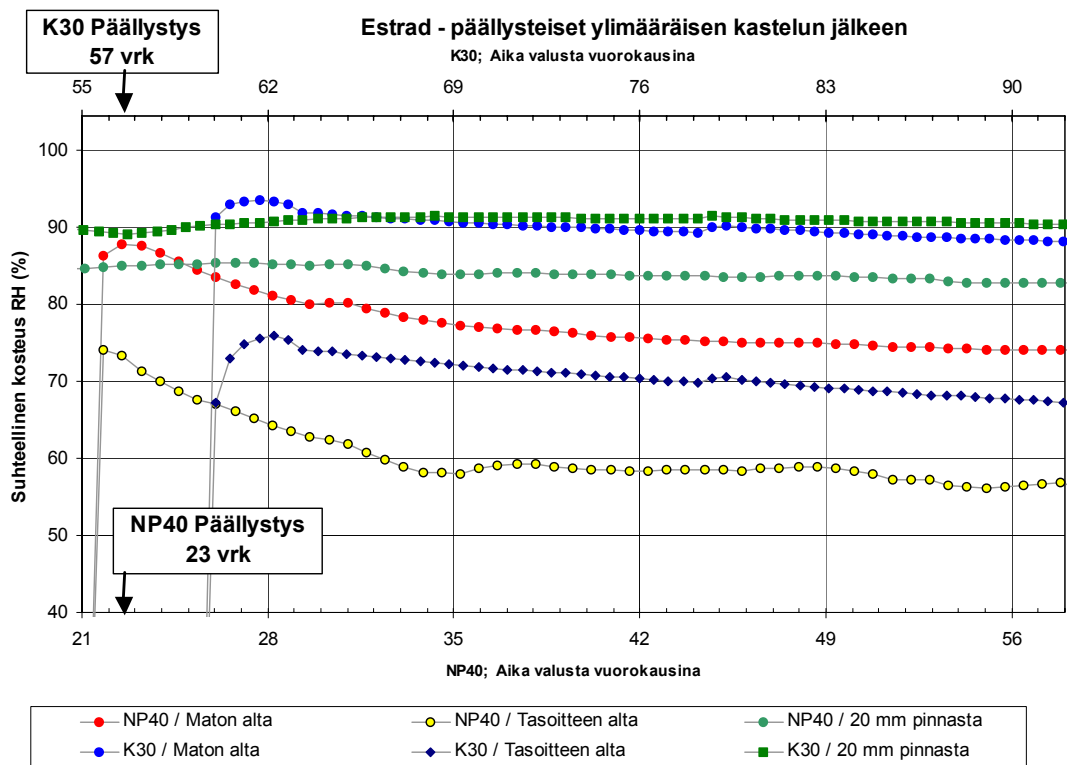
Osalle koekappaleita tehtiin ylimääräinen kastelu ennen päällystämistä (kuva 59). Ylimääräisen kastelun vaikutuksesta myös betonista NP40 valettu välipohjakoekappale ehdittiin poikkeuksellisesti päällystää jo ennen tutkimuksessa käytetyn päällystyskriteerin (90 % RH) alittumista 20 mm:n mittausyvytydessä betonilaatussa. Päällystämisen jälkeen betonin NP40 suhteellinen kosteus 20 mm:n syvyydessä kohosi hetkeksi, mutta laski nopeasti alle 90 %:n (2 vrk:n kuluttua päällystämisestä). Kahdeksan päivän kuluttua päällystämisestä suhteellinen kosteus oli laskenut 85 %:iin. Betonilla K30 suhteellinen kosteus 20 mm:n syvyydessä kohosi päällystämisen vaikutuksesta ja laski likimain ennen päällystämistä valliinneelle tasolle vasta aivan kuvassa esitetyn jakson lopussa (noin seitsemän viikon kuluttua päällystämisestä). Betonin K30 päällysteen alla havaittiin hetkellinen (3 - 4 vrk) kosteuden kohoaminen yli 90 %:n tason.



Kuva 59. Betonilaadun vaikutus läpäisevämmällä päällysteellä pinnoitettujen koekappaleiden kosteuskäyttäytymiseen. Kastellut koekappaleet. Käytetyt tasoitepaksuudet olivat betonilla NP40 5 mm ja betonilla K30 2 mm.

Kuvasta 60 havaitaan, että betonin NP40 päällystäminen voitiin tässäkin tapauksessa tehdä vasta päällystyskriteerin alituttua merkittävästi, koska rakenteen kuivuminen oli nopeaa. Suhteellinen kosteus mm. päällysteen alapuolella pysyi suhteellisen alhaisena (selvästi alle 90 %:n tason), vaikka kohosikin selvästi. Betonista NP30 valetun koekappaleen suhteellinen kosteus päällysteen alapuolella kohosi yli päällystyshetkellä 20 mm:n syvyydessä vallinneen tason noin 3 vrk:n ajaksi.

Tiiviin päällysteen ansiosta kuivuminen on hidasta.



Kuva 60. Betonilaadun vaikutus tiiviimmällä päällysteellä pinnoitettujen koekappaleiden kosteuskäyttäytymiseen. Kastellut koekappaleet. Käytetyt tasoitepaksuudet olivat betonilla NP40 5 mm ja betonilla K30 2 mm.

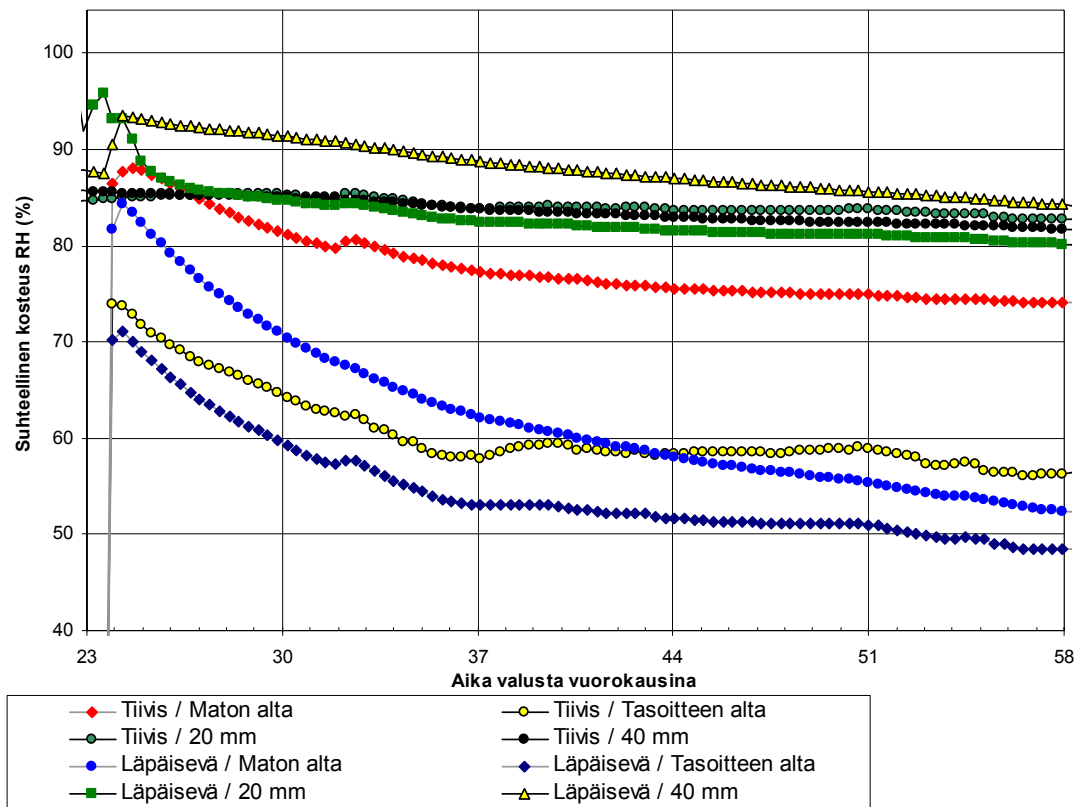
5.6 Päällysteen tiiviydän vaikutus välipohjakoekappaleen kosteuskäyttäytymiseen

Seuraavassa kuvassa on esitetty kooste kahdesta eri välipohjakoekappaleesta mitatuista tuloksista. Molemmassa on betonille NP40 tehty ylimääräinen kastelu. Koekappaleet eroavat toisistaan ainoastaan päällysteen osalta. Toisessa välipohjakoekappaleessa on vesihöyrynvastukseltaan pienempi Upostep53 –asuntomatto ja toisessa vesihöyrynvastukseltaan suurempi Upofloor Oy:n Estrad –julkisen tilan matto.

Seuraavasta kuvasta havaitaan selvä ero kuivumisnopeudessa ja suhteellisen kosteuden tasossa päällystämishetkestä lähtien, kun tarkastellaan välittömästi päällysteen alla olevan mittaussyvyyden mittaustuloksia (käyrät: ”tiivis / maton alta” ja ”läpäisevä / maton alta”). Tiiviin päällysteen alla kuivuminen lähes loppuu esitetyn jakson lopussa.

Tasoite- ja pohjustekerroksen alla olevissa mittauspisteissä tilanne on samankaltainen. Sen sijaan 20 mm:n syvyydessä erot eivät enää ole isoja. 40 mm syvyydessä läpäisevällä päällysteellä päällystetty koekappale on jopa kosteampi kuin tiiviillä päällysteellä päällystetty, mutta kuivumista tapahtuu koko kuvassa esitetyn jakson ajan (läpäisevällä päällysteellä päällystetty koekappale on ollut kosteampi jo alun perin).

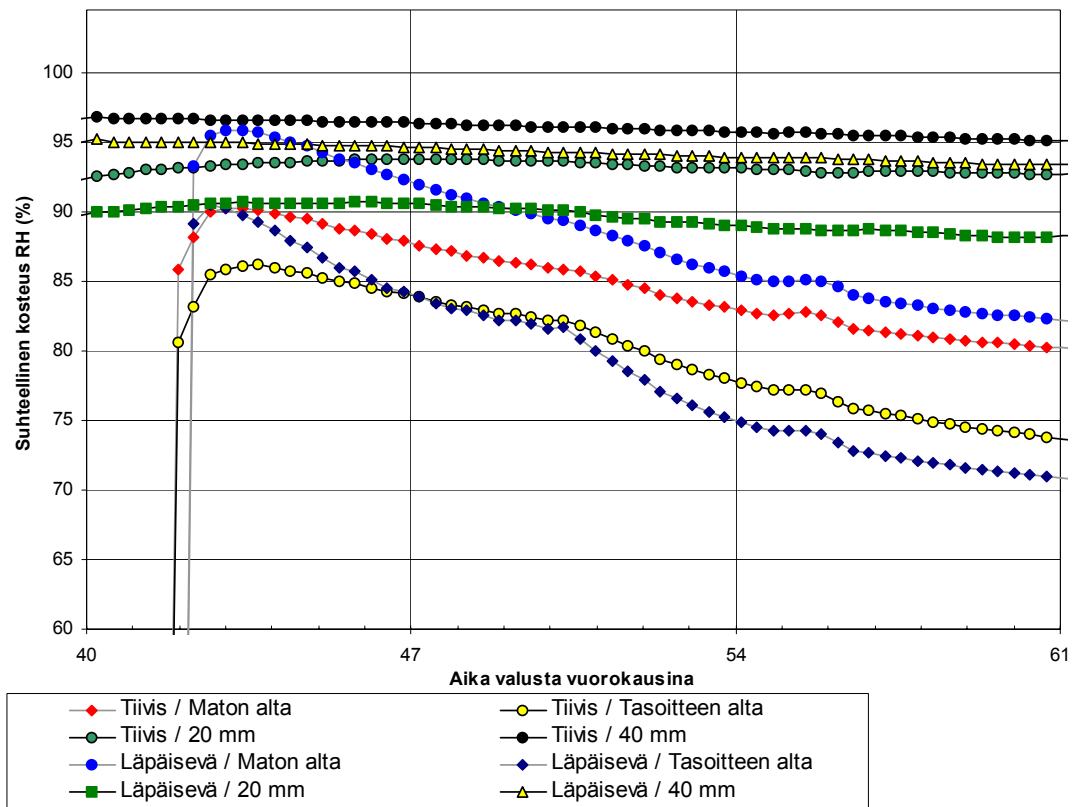
Tulosten tarkastelun perusteella vaikuttaa siltä, että päällysteen tiiviydellä on vaikutusta siihen, kuinka korkealle pintakerrosten alapuolinen suhteellinen kosteus nousee ja kuinka nopeasti se laskee kosteuden siirtyessä päällysteen läpi huoneilmaan.



Kuva 61. Päällysten tiiviiden vaikutus koekappaleen kuivumiseen, betoni NP40 ja 5 mm työnaikainen kastuminen.

Betonista K30 valetuissa koekappaleissa 10 ja 11 on selvä ero betonimassan sisältämässä vesimäärässä, vaikka kappaleet on valettu samasta sekoituserästä.

Molemmat koekappaleet kuivuvat edelleen noin 60 vuorokauden kuluttua valusta. Läpäisevämmällä päällysteellä päällistetyin koekappaleen yläosien kuivuminen on ollut jonkin verran nopeampaa kuin tiiviillä päällysteellä päällistetyin, mutta ero ei ole suuri.



Kuva 62. Päällysteen tiiviyden vaikutus koekappaleen kuivumiseen, betoni K30.

5.7 Ylimääräisen kastelun vaikutus

Betonista K30 valetut välipohjakoekappaleet 9 ja 12 kasteltiin vedellä ennen kuin koekappaleet saavuttivat kokeissa käytetyn päällystettävyysskriteerin mukaisen suhteellisen kosteuden 90 % 20 mm:n syvyydessä. Samaan valusarjaan (betoni K30) kuuluvat välipohjakoekappaleet 10 ja 11 jätettiin kastelematta.

Ylimääräisellä kastelulla haluttiin selvittää betonilaatan työnaikaisen kastumisen vaikutusta rakenteen kuivumiseen. Vettä lisättiin 5 mm:n kerros betonilaattojen yläpinnoille (yhteensä noin 0,6 litraa / koekappale). Veden annettiin imeytyä betonilaattoihin. Imeytymisaikaa seurattiin. Vesikalvo oli hävinnyt kasteltujen koekappaleiden pinnalta noin seitsemän vuorokauden kuluttua.

Mikäli viiden mm:n kerros vettä sataa neliömetrille vuorokauden aikana, määritelmän mukaan sade on runsasta, tai mikäli sama määrä vettä sataa neliömetrille 20 minuutissa, määritelmän mukaan on kyseessä rankkasade. Suomessa keskimääräinen vuosisade on noin 600...750 mm. Lisätty vesimäärä ei siten ole suuri, ja työmaolosuhteissa tällaista suuruusluokkaa olevan ylimääräisen vesimäärän joutuminen syystä tai toisesta rakenteisiin on erittäin mahdollinen. Luonnollisesti rakenteiden työnaikainen kastuminen vaihtelee riippuen työmaakohtaisista tekijöistä ja muista olosuhdetekijöistä.

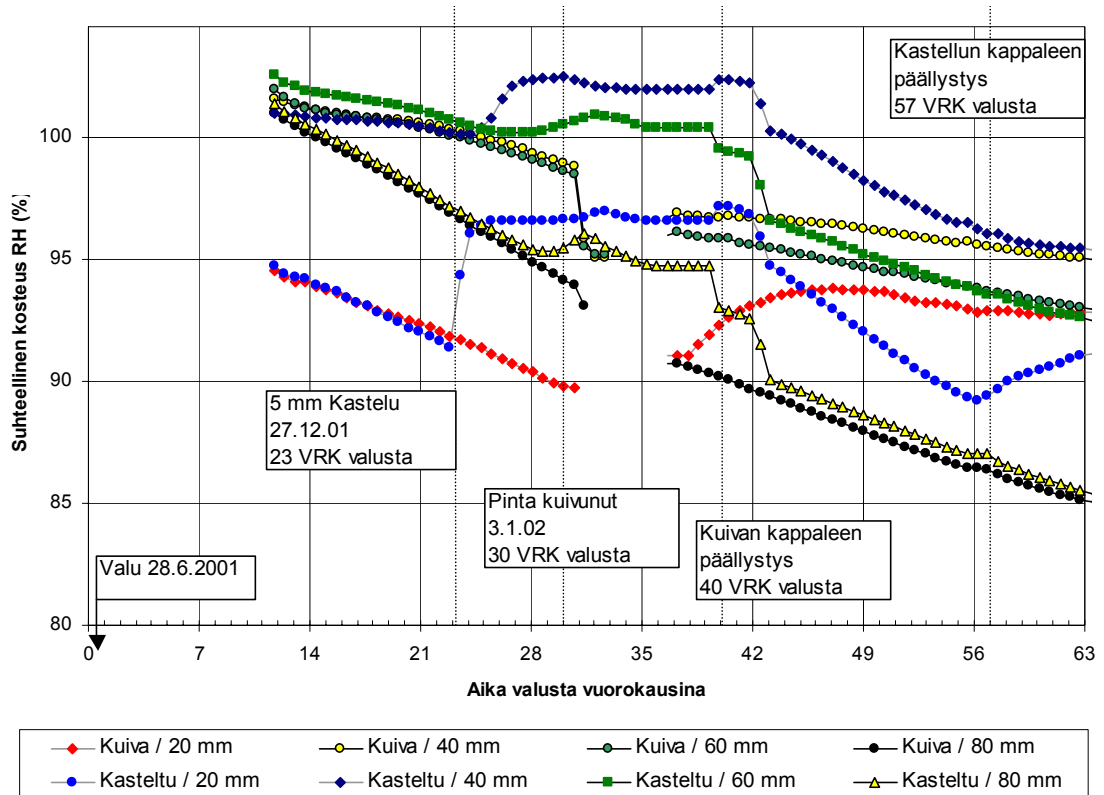
Välipohjakoekappaleiden mittaustuloksia esittävät käyrät (kuva 63) ovat keskenään suoraan vertailukelpoisia, koska molempien tarkasteltavien koekappaleiden (9 ja 10) käyrien aika-akselit on asetettu alkamaan siten, että niiden valuajankohdat ovat kohdakkain. Koekappaleiden kastelu pyrittiin tekemään siinä vaiheessa, kun 20 mm:n syvyydessä olevassa mittauspisteessä betonin suhteellinen kosteus oli saavuttamassa 90 %. Koekappaleen 9 osalta kastelu tehtiin noin neljän viikon kuluttua valusta

suhteellisen kosteuden ollessa hiukan yli 90 % 20 mm:n syvyydessä. Vertailtavaa välipohjakoekappaletta 10 ei siis kasteltu.

Kastellun koekappaleen käyristä havaitaan, että lähinnä betonilaatan kasteltua yläpintaa olevissa mittauspisteissä (20 ja 40 mm) suhteellinen kosteus nousee nopeimmin ja suhteellisesti eniten (noin 6 prosenttia 20 mm:n syvyydessä) verrattuna alempana oleviin mittauspisteisiin (60 ja 80 mm). Myös mittaussyvyyksissä 60 ja 80 mm betonin suhteellinen kosteus nousee selvästi noin kahden viikon ajaksi.

Betonilla K30 yläpintaa lähinnä olevassa mittauspisteessä (20 mm) suhteellisen kosteuden kuivuminen kastelua edeltävälle tasolle kesti kuusi viikkoa. Kastellun koekappaleen päällystysajankohta (merkitty kuvaan; 57 vuorokautta valusta) on havaittavissa suhteellisen kosteuden kohoamisena uudelleen ylimmässä mittauspisteessä (20 mm) ja kuivumisen hidastumisena myös 40 mm:n syvyydessä.

Kokeissa aiheutettu kertaluonteinen ja suhteellisen vähäisellä vesimäärällä tehty ylimääräinen rakenteen kastuminen aiheutti päällystämisen viivästymisen 17 vuorokaudella verrattuna kastelemattomaan samasta betonista (K30) olevaan koekappaleeseen.



Kuva 63. Ylimääräisen kastelun vaikutus betonin K30 kuivumiseen.

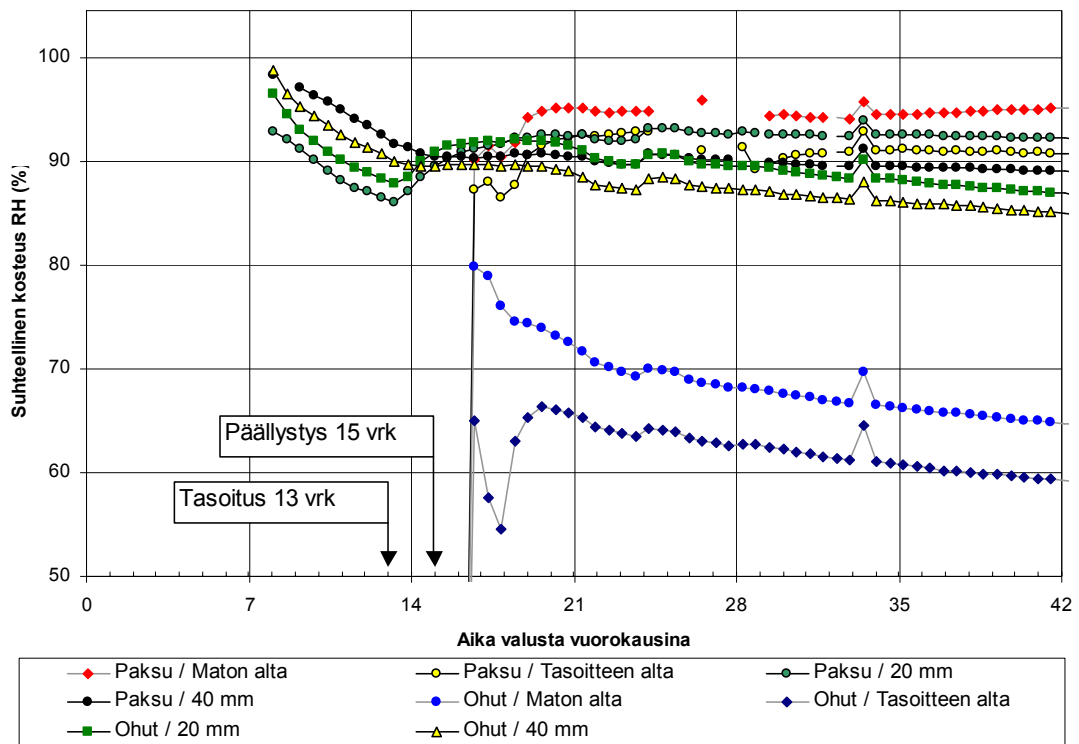
5.8 Tasoiterokrosen paksuuden vaikutus kuivumiseen

Tasoiterokrosen 'peruspaksuus' oli seuraavassa tekstissä ja kuvassa käsiteltävien koekappaleiden osalta 2 mm. Poikkeavalla 10 mm tasoitepaksuudella on haluttu tarkastella poikkeavan paksun tasoiterokrosen vaikutusta välipohjakoekappaleen kostumiseen ja kuivumiseen. Paksumpia tasoiterokroksia voi syntyä lattioihin paikoitellen mm. alustan (esimerkiksi lattiavalun) epätasaisuudesta johtuen. Kokeessa molemmat vertailtavat koekappaleet päällystettiin samaan aikaan. Päällystettäessä paksumpi tasoitekerros oli väriltään vielä selvästi tummempi (kosteampi) kuin ohut tasoitekerros. Tasoitteena oli Optiroc Oy:n Vetonit 3000 hieno lattiatasoite.

20 mm:n syvyydessä laatan pinnasta suhteellinen kosteus kohosi paksumman (10 mm) tasoitekerroksen vaikutuksesta suhteellisesti enemmän kuin vastaavassa syvyydessä ohuemman (2 mm) tasoitekerroksen vaikutuksesta. Myös kuivuminen hidastui. Samansuuntainen vaikutus on nähtävissä myös 40 mm:n syvyydessä.

Selvimmän tasoitteen paksuuden vaikutus välipohjakoekappaleen kostumiseen ja kuivumiseen on nähtävissä vertailtaessa suhteellista kosteutta kahdessa ylimmässä mittaus-syvyydessä eli päällysteen ja tasoitteen alapuolella. Kuvassa esitetyn jakson lopussa paksumman tasoitekerroksen vaikutuksesta päällysteen alapuolella suhteellinen kosteus on edelleen kohoamassa ja myös tasoitekerrosten alapuolella (alun perin hyvin kuivuneessa betonirakenteen yläpinnassa) suhteellinen kosteus on poikkeuksellisen korkea (> 90 %). Koekappaleessa, jossa on 2 mm paksu tasoitekerros, suhteellinen kosteus vastaavissa mittaussyvyyksissä on huomattavasti alhaisemmalla tasolla ja alenemassa.

Tasoitekerroksen paksuudella on välipohjakoekappaleista saatujen tulosten perusteella merkittävä vaikutus välipohjarakenteen kostumiseen ja kuivumiseen. Tulosten perusteella vaihtelevan tasoitepaksuuden tapauksessa kuivumisaika ennen rakenteen päällystämistä pitäisi valita paksumman tasoitepaksuuden perusteella. Suhteellisen kosteuden mittaus lattian päällystettävyyden toteamiseksi tulisi tehdä vasta lattian tasoittamisen jälkeen.



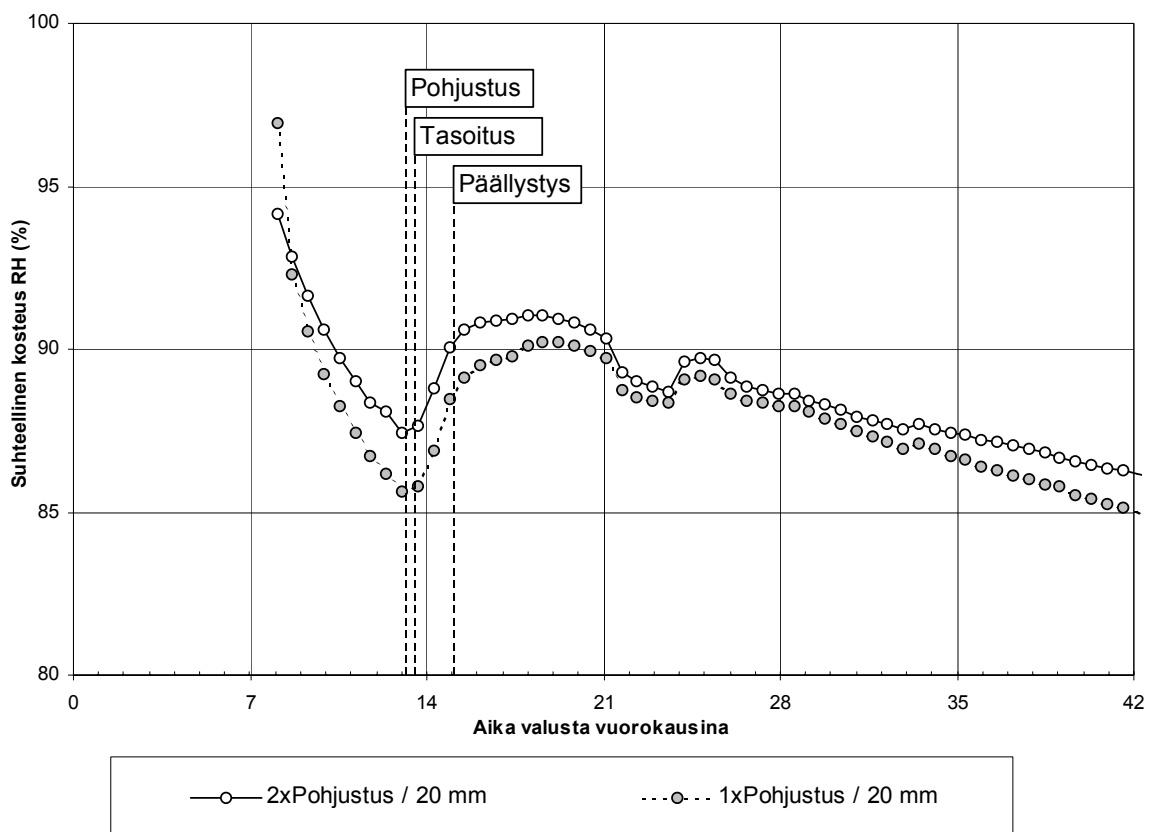
Kuva 64. Tasoitekerroksen paksuuden (2/10 mm) vaikutus betonin NP40 kosteuskäyttäytymiseen päällystämisen jälkeen kun päällystys on tehty kaksi vuorokautta tasoittamisen jälkeen.

5.9 Pohjustuskertojen lukumäärän vaikutus kuivumiseen

Ennen betonilattian tasoittamista puhdistetut betonipinnat käsitellään normaalisti pohjusteella tasoitteen tartunnan parantamiseksi. Pohjustuskäsittely voidaan tehdä yhtenä tai kahtena levityskertana alustan ominaisuuksista riippuen.

Betonista NP40 valetun välipohjakoekappaleparin 3 ja 4 tuloksia vertaamalla voidaan tarkastella pohjusteen levityskertojen lukumäärän vaikutusta betonilattiarakenteen kuivumiseen. Seuraavassa kuvassa on esitetty koekappaleiden 3 ja 4 kosteusmittaustulokset 20 mm:n syvyydeltä laatasta.

Kuvassa havaittava tasoero koekappaleiden mittaustulosten välillä on olemassa jo ennen kostuttavia käsittelyjä (pohjustusta ja tasoitusta). Pohjustuskäsittelyjen lukumäärällä (1 tai 2 käsittelyä) ei havaittu materiaalikoekappaleista saatujen mittaustulosten perusteella olevan merkittävää vaikutusta betonirakenteen kastumiseen ja kuivumiseen ainakaan erikoisbetonin NP40 tapauksessa.



Kuva 65. Pohjustuskertojen vaikutus betonilaatan pintakerroksen kosteuskäyttäytymiseen.

5.10 Lämpötilaeron vaikutus kosteuden liikkumiseen rakenteessa

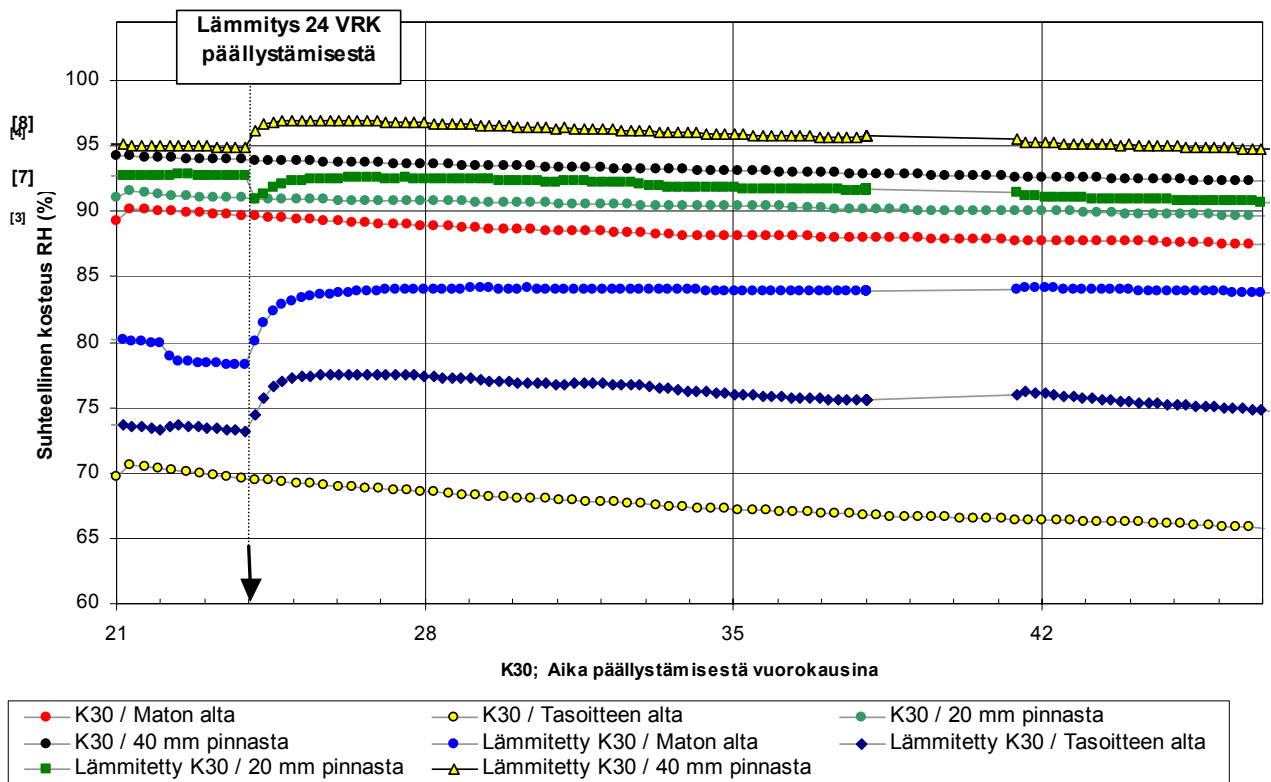
Laatan eri puolilla vallitsevan lämpötilaeron vaikutusta kosteuden liikkeisiin välipohjarakenteessa tutkittiin aikaansaamalla yhden viimeisen koekappalesarjan koekappaleen (koekappale 10) yli vaikuttava lämpötilaero. Lämpötilaero ylä- ja alailmatilojen välillä vakiintui noin 4 °C:n suuruiseksi 9 Watin alailmatilan lämmitysteholla. Alailmatilan lämmitys aloitettiin yhdeksän viikon kuluttua valusta eli kolmen viikon kuluttua päälylystämisestä.

Lämpötilaerolla pyrittiin kuvaamaan olosuhteita, jotka voivat syntyä esimerkiksi kerrostalossa välipohjan eri puolille mm. sisäilman lämpötilakerrostumisen vaikutuksesta.

Seuraavassa kuvassa on verrattu alailmatilasta lämmitetyn sekä rakenteeltaan vastaavan tasalämpöisen koekappaleen kuivumista pinnoittamisen jälkeen.

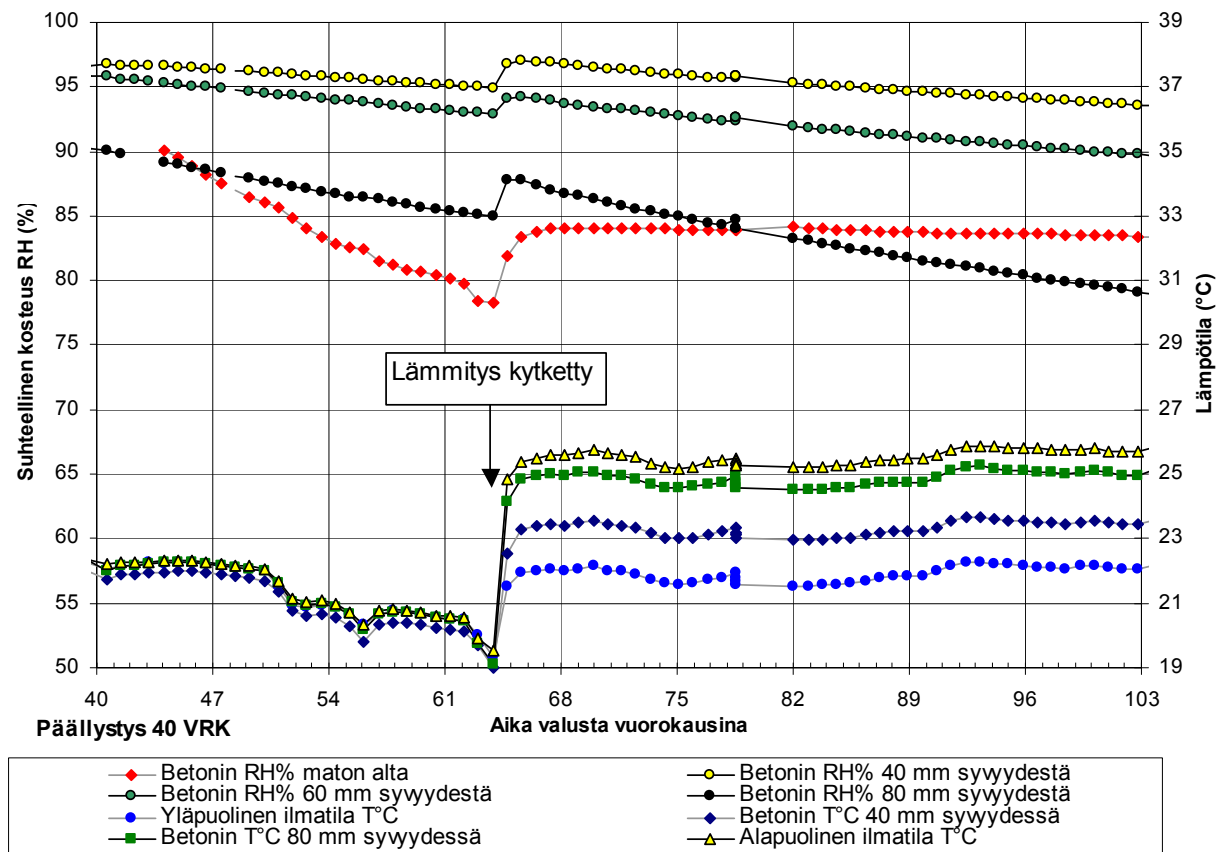
Kuvassa esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että betonirakenteen lämpeneminen aiheuttaa nopeasti suhteellisen kosteuden kohoamisen kaikissa mittauspisteissä. Asiaa käsitellään yksityiskohtaisemmin liittyvässä tekstissä jäljempänä. Vertailukoekappaleesta piirretyissä käyryissä ei luonnollisestikaan ole havaittavissa vastaavaa ilmiötä.

Molemmissa koekappaleissa 20 ja 40 mm:n syvyydessä suhteellinen kosteus on ollut likimain samalla tasolla ennen lämpötilaeron aikaansaamista toiseen koekappaleeseen. Merkittävimpänä erona lämmityksen alkamisen jälkeen on suhteellisen kosteuden tason nousu lämmitetyssä koekappaleessa 20 ja 40 mm:n syvyyksissä. Suuri suhteellinen nousu on tapahtunut päällysteen ja tasoitteen alla.



Kuva 66. Alapuolisen ilmatilan lämmityksen vaikutus betonin kuivumiseen verrattuna tasalämpöisen vastaavan välipohjakoekappaleen kuivumiseen.

Seuraavassa kuvassa esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että betonirakenteen lämpeneminen aiheuttaa nopeasti suhteellisen kosteuden kohoamisen kaikissa mittaussyvyyksissä. Betonirakenteen osalta vaikutus on suurin laatan alaosassa, jossa lämpötila on suurin. Suhteellinen kosteus kohoaa noin 6 %-yksikköä (85 → 91 % RH) lämpötilan kohotessa 4 - 5 °C. Ylempänä olevissa mittaussyvyyksissä (40 ja 60 mm) suhteellinen kosteus kohoaa suhteellisesti vähemmän, koska lämpötila kohoaa vähemmän kuin laatan alaosassa.



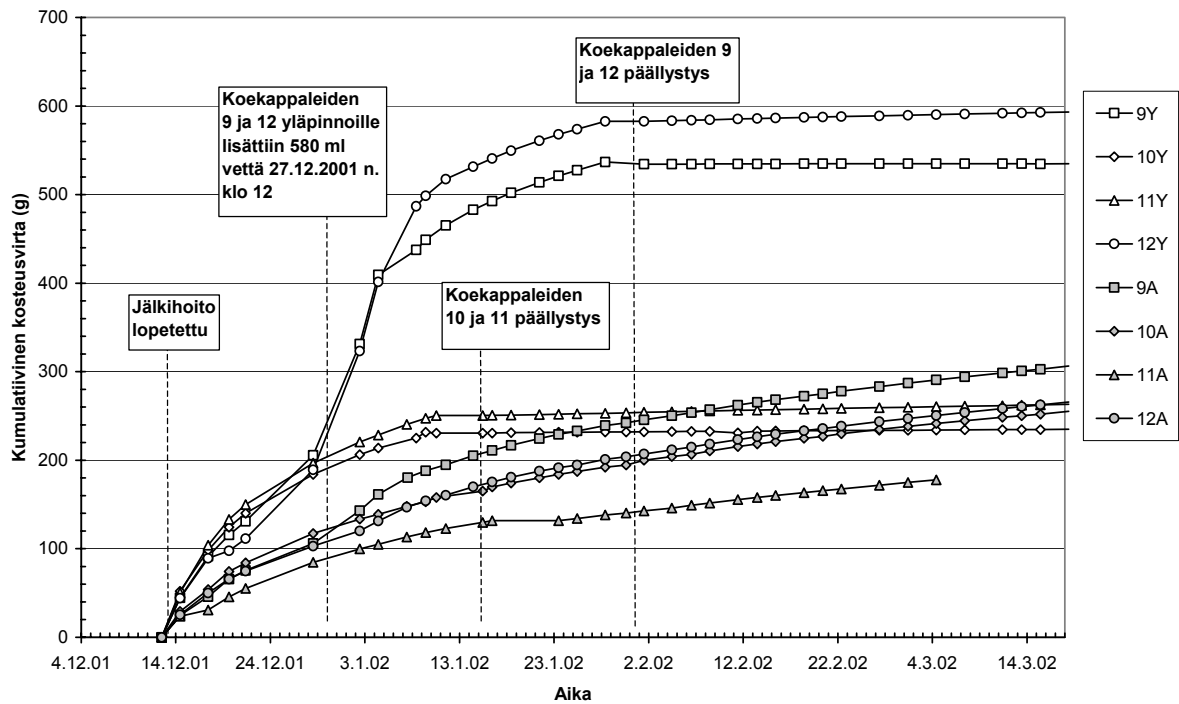
Kuva 67. Alapuolisen ilmatilan lämmittämisen vaikutus betonilaatan kosteus- ja lämpötilajakautumaan päällystämisen jälkeen.

Edellä esitetyistä mittaustuloksista voidaan havaita, että alailmatilan lämmityksestä aiheutuva betonirakenteen lämpeneminen nopeuttaa betonilaatan alaosan kuivumista alaspäin (mittauspiste 80 mm:n syvyydellä). Ylimmässä mittauspisteessä päällysteen alapuolella kuivuminen hidastuu merkittävästi.

5.11 Koekappaleesta poistuva kosteusvirta päällystämisen jälkeen

Koekappaleiden 9 – 12 ylä- ja alailmatiloissa olevien suola-astioiden painonmuutosta mitattiin punnitsemalla. Mittauksen avulla haluttiin selvittää mm. koekappaleista eri tyyppisten päällysteiden läpi yläilmatilaan haihtuvan vesihöyryn määrää. Tutkitut koekappaleet 9 ja 10 on päällystetty Upofloor Oy:n Estrad –julkisen tilan matolla ja koekappaleet 11 ja 12 Upofloor Oy:n Upostep 53 –asuntomatolla.

Kuvassa 68 esitetty kumulatiivinen kosteusvirta kuvaa koekappaleista 9 – 12 kastelusta lähtien poistuneen kosteuden kokonaismäärää.

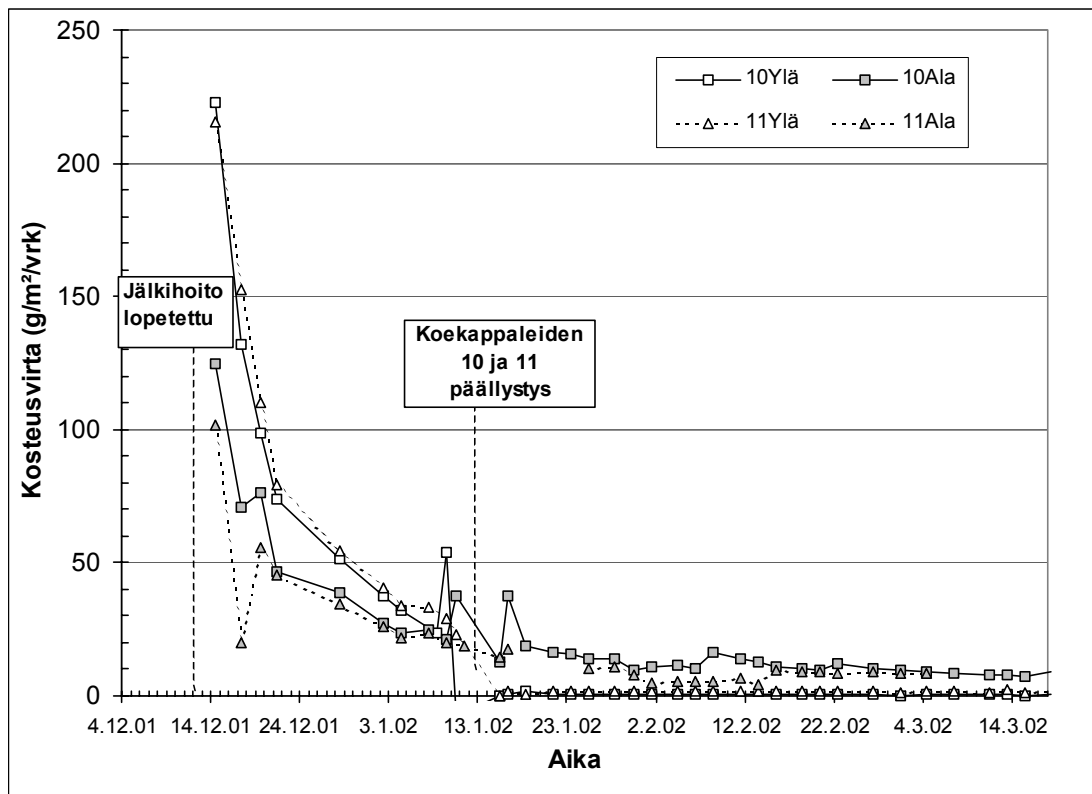


Kuva 68. Koekappaleista poistunut kumulatiivinen kosteusvirta.

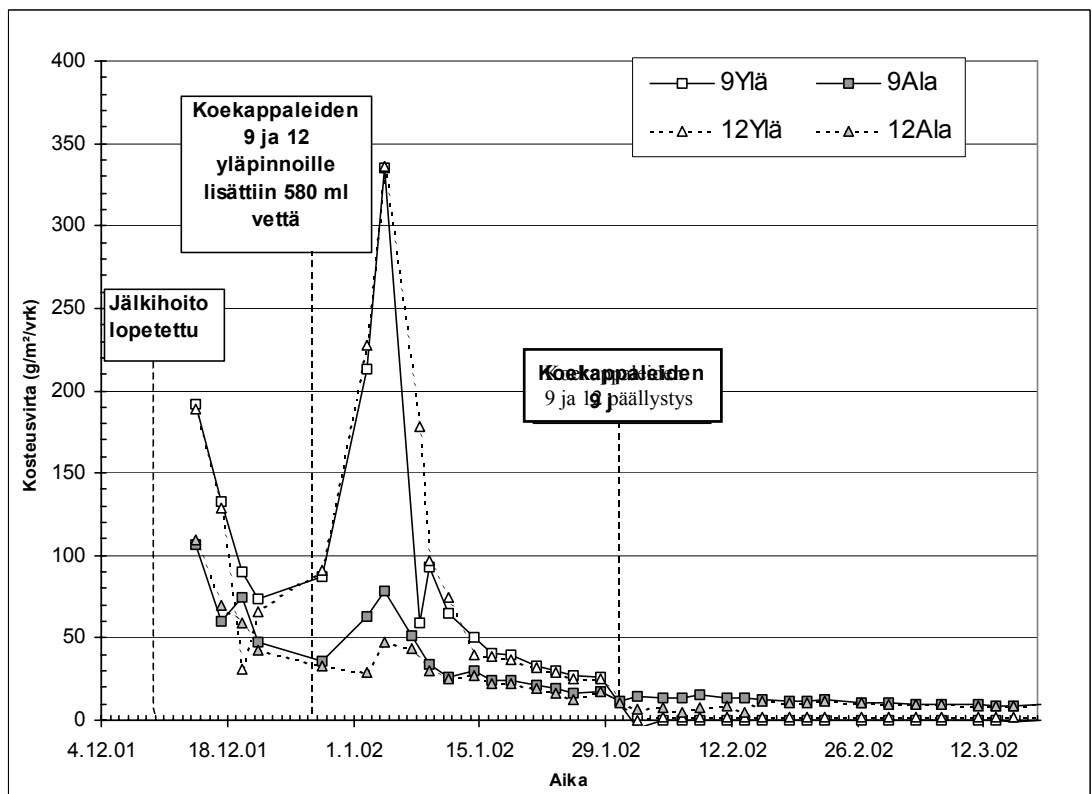
Kuvassa 68 esitettyjen punnitustulosten perusteella koekappaleiden kastelu lisäsi haihtumista paitsi koekappaleen yläpinnan, myös alapinnan kautta alailmatilaan. Tiiviin päällysteen asentaminen koekappaleen yläpintaan pysäyttää yläpinnan kautta tapahtuvan kosteuden haihtumisen lähes kokonaan. Läpäisevän päällysteen läpi tapahtuu edelleen kosteuden kulkeutumista.

Sama asia on havaittavissa myös kuvasta 66. Erityisesti alempi Estradilla päällystetyn koekappaleen yläpinnan läpi kulkeutuvan kosteuden massavirtaa esittävä kuvaaja pysyttelee nollan tuntumassa [$\text{g}/\text{m}^2/\text{vrk}$]. Kaksi ylintä kuvaajaa esittävät läpäisevämmän päällysteen läpi kulkeutuvaa kosteuden massavirtaa.

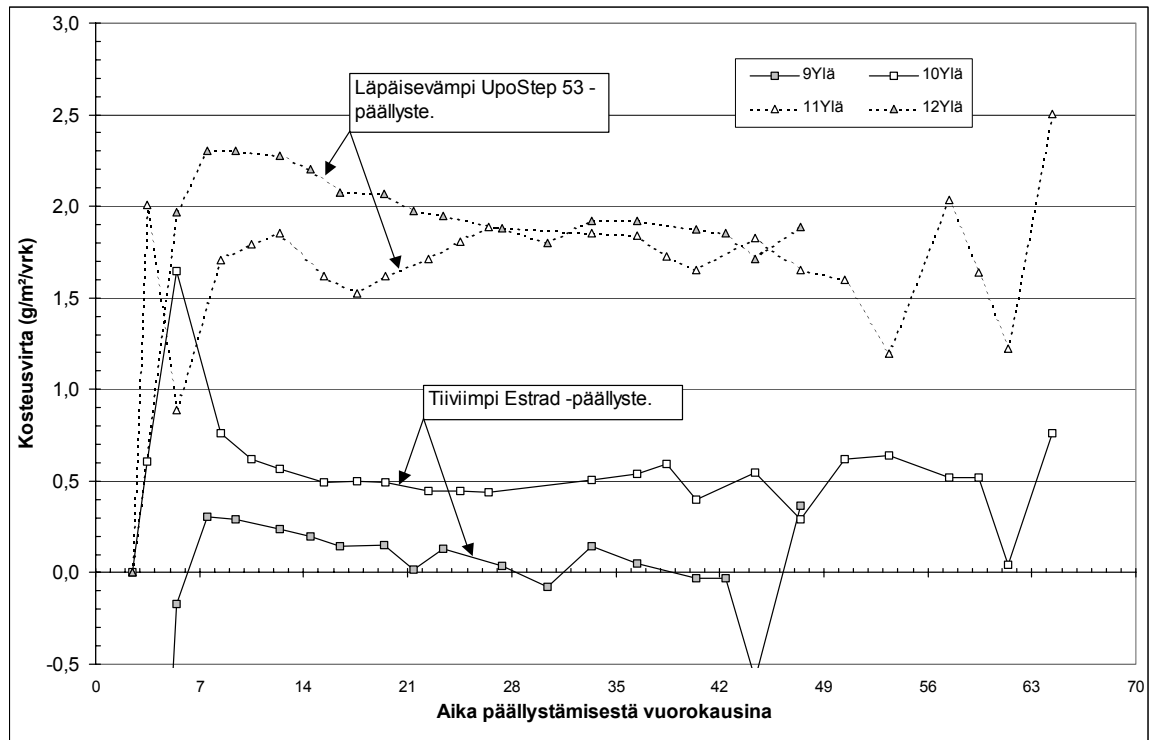
Kuvia 69 ja 70 vertaamalla havaitaan koekappaleiden 9 ja 12 yläpinnalle lisätyn vesikerroksen vaikutus. Haihtuminen kasteltujen kappaleiden yläpinnalta on ollut voimakasta, kunnes kaikki pinnalla ollut vesi on joko imeytynyt betoniin tai haihtunut pinnalta. Vesikalvo pysyi koekappaleiden pinnalla muutaman vuorokauden ajan.



Kuva 69. Kastelemattomien koekappaleiden pinnoilta poistunut kosteusvirta.



Kuva 70. Kasteltujen koekappaleiden pinnoilta poistunut kosteusvirta.



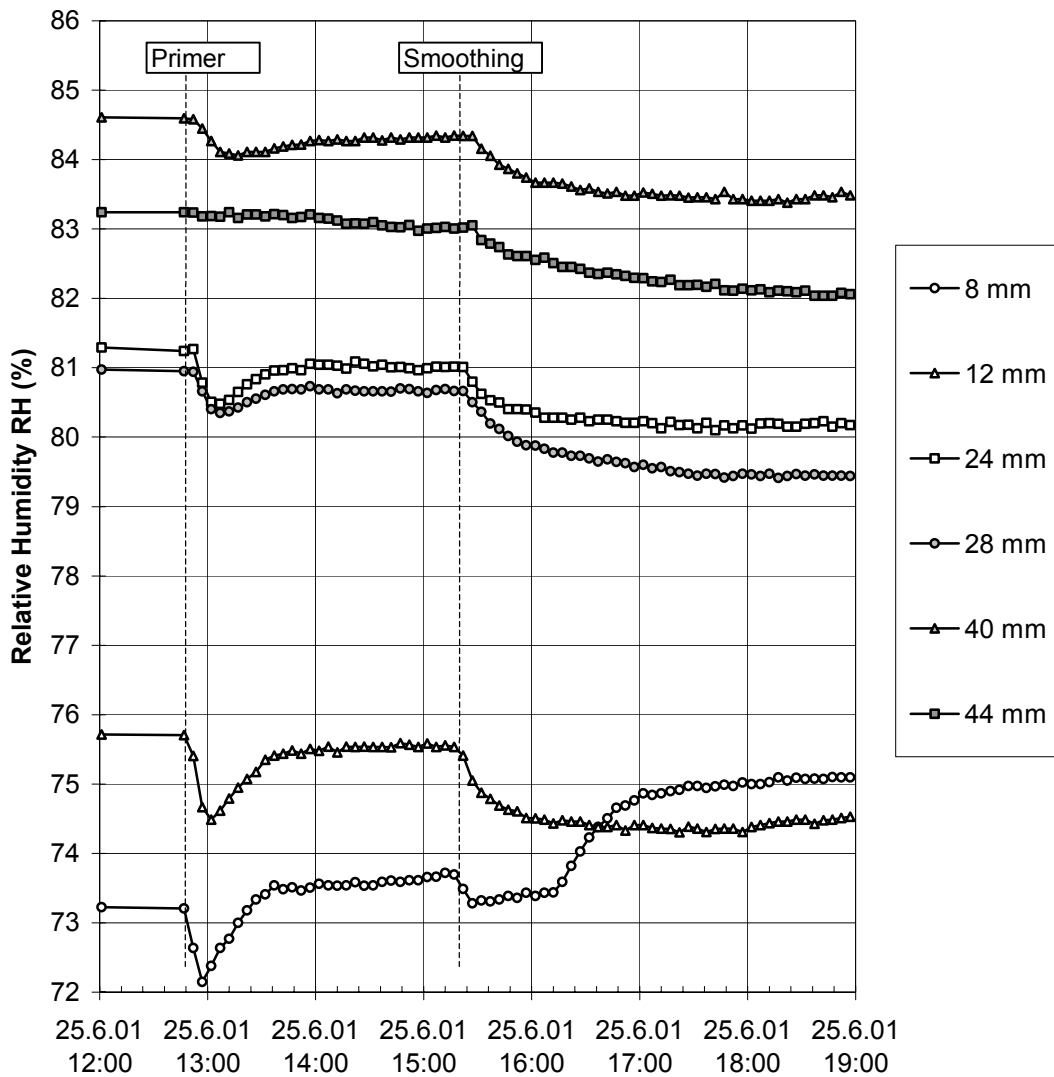
Kuva 71. Päällysteiden läpi tapahtunut kosteusvirta.

5.12 Koekuutiosta (erilliskoe) tehdyt havainnot

Pohjustuksen, tasoituksen ja kastelun vaikutusta tutkittiin yksityiskohtaisesti betonista valetun koekuution ($110 \times 110 \times 110 \text{ mm}^3$) avulla. Rakenteen suhteellista kosteutta voitiin mitata muutaman millimetrin välein syvyysuunnassa.

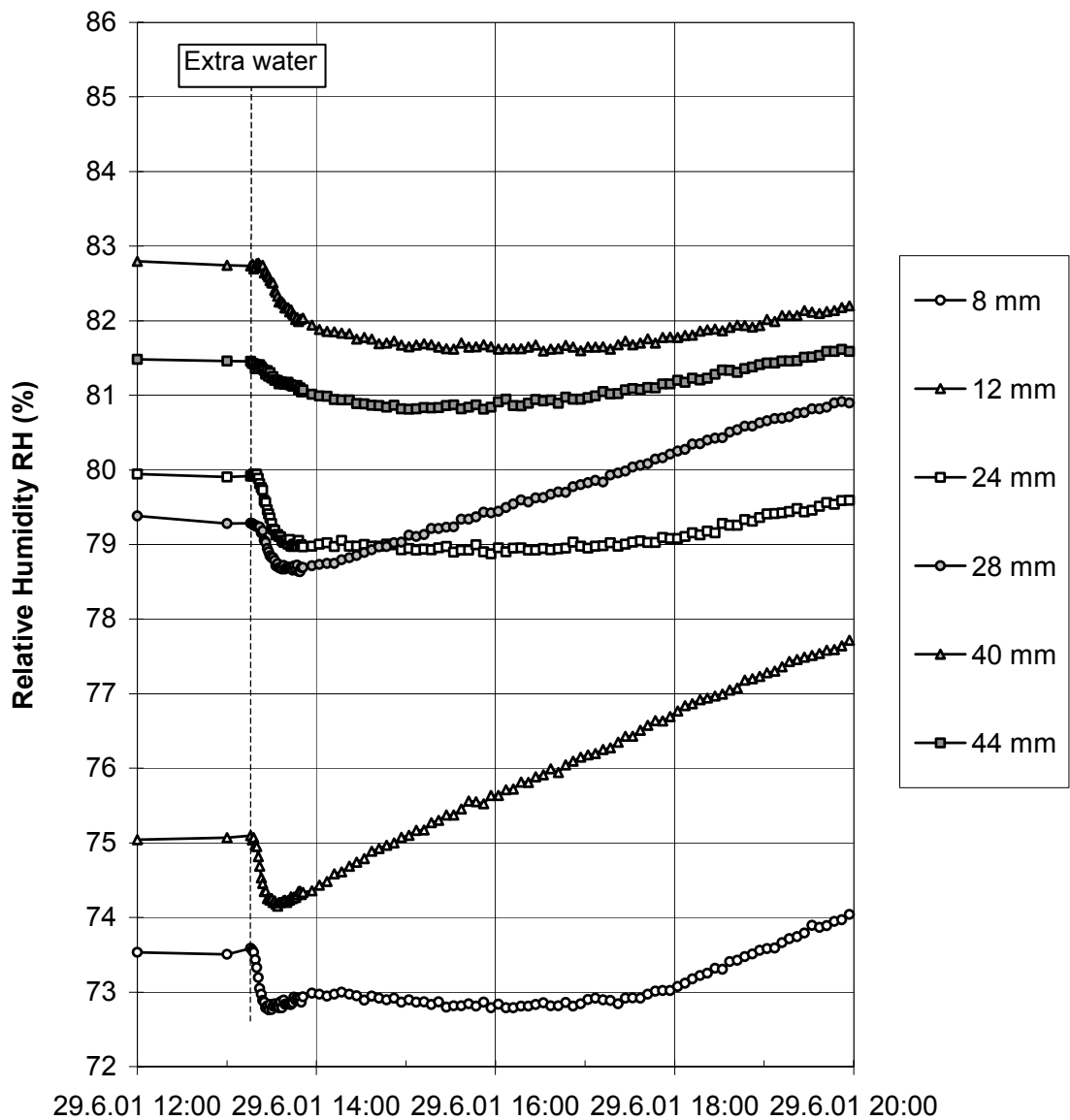
Ennen tasoitusta tehtävän pohjusteen levittämisen seurauksena betonin suhteellinen kosteus kohosi ainoastaan 8 mm:n syvyydessä rakenteen käsitellystä pinnasta lukien. Syvemmällä rakenteessa on havaittavissa käsittelyn aiheuttama hetkellinen 'häiriö' mittaustuloksissa. Tämä pohjustuskäsittelyn aiheuttama kosteusimpulssi havaittiin mittaustureissa vielä 40 mm:n syvyydellä rakenteessa, mutta ei enää syvemmällä (kuva 72). Ilmiö oli hyvin nopea. Pohjustus aiheutti lopulta suhteellisen kosteuden kohoamisen ainoastaan ylimmässä 8 mm:n mittaussyvytydessä.

Noin kolmen tunnin kuluttua pohjustuksesta tehdyn tasoituskäsittelyn osalta tilanne oli samanlainen kuin pohjustuksessa, mutta suhteellinen kosteus kohosi enemmän 8 mm:n mittaussyvytydessä (kuva 72).



Kuva 72. Pohjituksen ja tasoituksen aiheuttamat kosteusimpulssit koekuutiossa.

Ylimääräisen kastelun vaikutus betonirakenteessa on samansuuntainen kuin tasoituskäsittelyn vaikutus, mutta betonin suhteellinen kosteus kohoaa syvemmällä betonirakenteessa eli vielä mittausvyvyksissä 40 ja 44 mm (kuva 73). Lisäksi suhteellinen kosteus kohosi selvästi enemmän kuin tasoituskäsittelyn vaikutuksesta.



Kuva 73. Ylimääräisen kosteuslisäyksen aiheuttama kosteusimpulssi koekuutiossa.

5.13 Kenttämittaukset

5.13.1 Uudiskohde

Uudiskohteen lattiat valettiin 13.7.2000 ja 11.8.2000. Laatan suunnitelman mukainen pintakäsittely on maalauskäsittely, mutta käsittelyä ei tehty vielä mittausjakson kuluessa.

Uudiskohteessa sisälämpötila vakiintui vasta noin vuoden päästä valusta seitsemänten mittauskertaan mennessä, koska rakennuksen valmistuminen ajoittui kuudennen ja seitsemännen mittauskerran välille. Betonin lämpötilan nousu (noin 6 °C:lla) vaikuttaa suhteellisen kosteuden mittaustuloksiin kahdella viimeisellä mittauskerralla. Lattian pintaosan kuivuminen on suhteellisen nopeaa, koska lattiassa ei ole päällystettä.

Reuna-alueella olevassa mittauskohdassa styroxin alapinnan lämpötila vaihtelee välillä +10...+17 °C. Keskellä rakennusta styroxin alapinnan lämpötila vaihtelee välillä

+13...+19 °C. Kahden viimeisen mittauskerran tulosten perusteella voidaan havaita, että sisälämpötilan nosto vaikuttaa lattiarakenteen ja perusmaan lämpötilaan alimmassa mittaussyvytydessä saakka. Vuodenaikaisten lämpötilavaihtelujen vaikutusta lämpötilavaihteluun ei voida arvioida, koska rakennuksen lämmitys toimi normaalisti vasta kahdella viimeisellä mittauskerralla.

5.13.2 Korjauskohde

Ensimmäinen mittaus tehtiin 1 viikon kuluttua päällystämistä ja viimeinen noin 1 v 4 kk ensimmäisestä mittauksesta.

Betonilaatta pohjustettiin 9 vrk:n kuluttua valusta, tasoitettiin 10 vuorokauden kuluttua valusta ja päällystettiin 12 vuorokauden kuluttua valusta. Jälkihoidon kesto oli 5 vuorokautta. Kahdeksan vuorokautta valun jälkeen (pohjustusta edeltävänä päivänä) betonin suhteellinen kosteus arvostelussyvytydellä ($0,4 \times 8 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$) oli luokkaa 92 (2 cm syvytydellä) ... 94 (4 cm syvytydellä) %. Kuuden viikon kuluttua valusta tehdyssä mittauksessa koko laatan paksuudella suhteellinen kosteus oli alle 90 %.

Betonilaatan kuivuminen hidastui ajan kuluessa (mittauksia tehtiin harventuvasti). Mittaustulosten perusteella on havaittavissa, että kosteus pyrkii hitaasti jakautumaan tasaisesti betonilaatan paksuuden matkalla. Laatta kuitenkin kuivuu koko paksuudeltaan, eikä kosteus kohoa pintaosissa päällystämisen jälkeen. Laatta ei kuivu alaspäin, koska kosteuspotentiaaliero on pieni. Perusmaan tasalla suhteellinen kosteus on 100 %. Sepelikerroksen absoluuttinen kosteuspitoisuus asettuu vähitellen kauttaaltaan samaksi. Korkeammasta lämpötilasta johtuen suhteellinen kosteus sepelikerroksen yläosassa on alhaisempi kuin alaosassa.

Korjauskohteessa lattiarakenteen ja maaperän lämpötilanvaihtelu on vähäisempää kuin uudiskohteessa, koska lämpötilaolosuhteet ovat olleet tasaisemmat koko mittausjakson ajan. Lämpötila vaikuttaa laskevan syksyllä ja talvella 2000-2001. Kesällä 2001 tehdyn mittauksen perusteella lämpötila on puolestaan noussut hieman styrox-eristeen alapinnassa saakka talveen verrattuna, mutta ei ainakaan vielä sitä alempana olevissa mittaussyvytyksissä. Reuna-alueella olevassa mittauskohdassa lämpötilat ovat alempia kuin keskellä rakennusta olevassa mittauskohdassa.

6. YHTEENVETO

Lattiamateriaaleille tehdyissä materiaalikoikeissa tutkituista päällysteistä erottui selvästi kaksi ryhmää, ns. vesihöyrytiivit ja paremmin vesihöyryä läpäisevät päällysteet. Parhaiten vesihöyryä läpäiseviä päällysteitä olivat linoleumi sekä asuintiloihin tarkoitettu pvc-matto. Muut tutkitut päällysteet olivat selvästi tiiviimpiä. Linoleumia on perinteisesti pidetty suhteellisen hyvin vesihöyryä läpäisevänä lattiapäällysteenä. Sen sijaan asuntomaton kuuluminen samaan ryhmään ei ollut etukäteen tiedossa. Päällysteiden vesihöyrynläpäisevyysominaisuudet riippuvat käytetyistä raaka-aineista ja päällysteen rakenteesta. Pvc-päällysteistä asuntomatot ovat rakenteeltaan huokoisia ja koostuvat useasta kerroksesta. Tiiviit julkisen tilan pvc-matot ovat rakenteeltaan homogeenisempia.

Varsinaisia koekappaleita valettiin kahdesta eri betonilaadusta, perinteisestä lujuusluokan K30 lattiabetonista ja ns. nopeasti päällystettävästä lujuusluokan NP40 erikoisbetonista. Betonit eroavat toisistaan merkittävästi vesisementtisuhteen, lisäaineistuksen ja työstettävyysominaisuuksien osalta.

Kokeissa havaittiin selvä ero tavanomaisen lattiabetonin ja ns. nopeasti päällystettävän erikoisbetonin kuivumisnopeudessa lattiarakenteen valun jälkeen. Erikoisbetonista valetut välipohjakoekappaleet saavuttivat päällystyskriteerinä pidetyn 90 %:n suhteellisen kosteuden 20 %:n syvyydellä laatassa jo muutaman vuorokauden kuluessa jälkihoidon päättymisestä, kun taas betonin K30 kuivuminen päällystyskelpoiseksi kesti selvästi kauemmin.

Tasoitekerroksen paksuuden vaikutusta laatan kastumiseen ja kuivumiseen tutkittiin erikoisbetonista valetuilla koekappaleilla. Paksumman 10 mm:n tasoitekerroksen sisältämä vesimäärä aiheutti suhteellisen kosteuden kohoamisen betonilaatan yläosassa ja pysymisen pitkään korkeana. Tasoitekerroksen alapinnassa ja päällysteen alla liimakerroksen alapinnassa suhteellinen kosteus pysyi niinkään korkeana paksumman tasoitekerroksen tapauksessa. Ohuemman 2 mm:n tasoitekerroksen vaikutus rakenteen kostumiseen oli selvästi vähäisempi. Mahdollinen vaihteleva tasoitepaksuus tulisikin ottaa huomioon rakennuskohteen betonilattian päällystettävyyttä arvioitaessa.

Betonirakenteen suunnitelmien mukaisen kuivumisen varmentamiseksi suhteellisen kosteuden mittauksia tulee tehdä jo ennen pintatyövaiheeseen siirtymistä. Lattian päällystettävyyden lopullinen toteaminen on kuitenkin varmintä tehdä vasta lattian tasoittamisen jälkeen. Mittauskohtien lukumäärää päätettäessä on myös otettava huomioon betonin sisältämän vesimäärän eroavaisuudet rakenteen eri osissa, koska betonimassan ominaisuudet voivat vaihdella eri sekoitus- tai kuljetuserien välillä.

Pohjustuskäsittelyjen lukumäärällä (1 tai 2 käsittelyä) ei havaittu kokeiden perusteella olevan merkittävää vaikutusta betonirakenteen kastumiseen ja kuivumiseen.

Neljälle koekappaleelle aiheutetulla ylimääräisellä kastelulla kuvattiin sateen tms. aiheuttamaa lattiarakenteen kastumista työmaaolosuhteissa. Kastelu aiheutti tutkituilla koekappaleilla päällystämisen viivästymisen verrattuna kastelemattomiin koekappaleisiin, koska päällystämisen edellytyksenä oleva suhteellinen kosteus saavutettiin luonnollisesti myöhemmin.

Päällystämisen jälkeen päällysteen vesihöyrynläpäisevyysominaisuudet vaikuttivat selvästi siihen, kuinka korkealle kasteltujen koekappaleiden suhteellinen kosteus kohosi päällysteen alla. Erikoisbetonin ja tiiviimmän päällysteen tapauksessa suhteellinen kosteus päällysteen alla kohosi lyhytaikaisesti lähes 20 %:n syvyydessä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneelle tasolle. Perinteisellä lattiabetonilla suhteellinen kosteus päällysteen alla ylitti merkittävästi 20 %:n syvyydessä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneen 90 %:in kosteustason.

Myös kastelemattomassa perinteisestä lattiabetonista valmistetussa koekappaleessa havaittiin, että suhteellinen kosteus päällysteen alla ylitti 20 %:n syvyydessä betonilaatassa päällystyshetkellä vallinneen 90 %:in kosteustason.

Koekappaleista haihtuvan kosteuden määrää seurattiin punnitsemalla säännöllisesti kammion ylä- ja alailmatiloihin sijoitettuja suola-astioita. Punnitustulosten perusteella koekappaleiden kastelu lisäsi haihtumista paitsi koekappaleen yläpinnan, myös alapinnan kautta alailmatilaan. Tiiviin päällysteen asentaminen koekappaleen yläpintaan pysäyttää yläpinnan kautta tapahtuvan kosteuden haihtumisen lähes kokonaan. Läpäisevän päällysteen läpi tapahtuu kosteuden kulkeutumista.

Koekappaleissa havaittiin toistuvasti merkittävä ero suhteellisessa kosteudessa päällysteen ja liiman alapuolen sekä tasoitekerroksen alapuolen välillä. Kokeissa ei onnistuttu selvittämään, miksi kosteus ei tasaannu pitkänkään ajan kuluessa näiden kahden kerroksen välillä, vaikka tasoitekerroksen paksuus on vain muutamia millimetrejä (2 - 10 mm). Koejärjestelystä ei löydetty sellaista mittausteknisistä tekijää joka voisi selittää havaitun ilmiön.

Tutkimukseen liittyen tehtiin kenttämittauksia maanvaraisista betonilaatoista kahdessa rakennuskohteessa Helsingissä Humittest Oy:n toimesta. Kenttäkohteiden mittaustulosten keskinäistä vertailua vaikeuttaa, että betonirakenteiden kuivumisolosuhteet olivat tyypillisesti hyvin erilaiset, mikä olikin yhtenä syynä siihen, että tutkimusta tehtiin pääosin laboratorio-olosuhteissa. Kenttämittausten perusteella reuna-alueilla koko lattiarakenteen lämpötila on muutamia asteita alhaisempi kuin lattian keskialueella. Lämpötilan vuodenaikaisvaihtelu on havaittavissa lattiarakenteen lämpötilojen vaihtelussa. Muovilaatalla päällystetyssä betonilaatassa (betoni NP40) on havaittavissa, että kosteus pyrkii hitaasti jakautumaan tasaisesti betonilaatan paksuuden matkalla. Laatta kuitenkin kuivuu koko paksuudeltaan, eikä kosteus kohoa pintaosissa päällystämisen jälkeen. Betonista K30 valetun päällystämättömän lattian pinnan kuivuminen on suhteellisen nopeaa, koska lattiassa ei ole päällystettä.

Pohjustuksen, tasoituksen ja kastelun vaikutusta tutkittiin yksityiskohtaisesti betonista valetun koekuution ($110 \times 110 \times 110 \text{ mm}^3$) avulla. Rakenteen suhteellista kosteutta voitiin mitata muutaman millimetrin välein syvyysuunnassa. Pohjustuksen aiheuttama kosteusimpulssi havaittiin mittaasantureissa vielä 40 mm:n syvyydellä rakenteessa, mutta ei enää syvemmillä, ilmiö oli nopea. Pohjustus aiheutti suhteellisen kosteuden kohoamisen ainoastaan ylimmässä 8 mm:n mittaussyvyydessä. Tasoituskäsittelyn osalta tilanne oli samanlainen, mutta suhteellinen kosteus kohosi enemmän. Ylimääräisen vedellä tehdyn kastelun vaikutuksesta suhteellinen kosteus kohosi vielä 44 mm:n syvyydessä rakenteen pinnasta. Suhteellinen kosteus kohosi selvästi enemmän kuin tasoituksen vaikutuksesta.

Tutkimuksen keskeisinä havaintoina voidaan todeta, että hyvissä kuivumisolosuhteissa NP40-betoni kuivui niin nopeasti, että pintaosien päällystämisen jälkeinen kosteuspitoisuus ei noussut lähelle päällystyshetken tilannetta arvostelusyvytydessä. Mutta poikkeavan paksun tasoitekerroksen tai työnaikaisen kastumisen takia pintaosien kosteuspitoisuus nousee lähelle päällystyshetken tilannetta arvostelusyvytydessä.

Perinteisellä betonimassalla K30 kosteuden jakautuminen päällystyksen jälkeen noudatti melko tarkkaan oletusta. Ylimääräisen kastelun tai betonimassan poikkeavan korkean vesimäärän vaikutuksesta kosteuspitoisuus pintaosissa nousi merkittävän korkeaksi läpäisevälläkin päällysteellä.

7. LIITELUETTELO

Liite 1. Koekappaleiden 1-12 tietojen kokoomataulukot

Liite 2. Koekammioiden valmistuskuvat.

8. KIRJALLISUUSVIITTEET

Kirjat ja muut julkaisut:

1. Lea, F.M.: The Chemistry of Cement and Concrete. Edward Arnold Ltd, 1980. 3rd ed.
2. Neville, A.M.: Properties of Concrete. Longman Group Limited, 1995. 4th ed.
3. Merikallio, Tarja: Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Suomen Betonitieto Oy, 2002.
4. Betonilattiat 2000. Suomen Betoniyhdistys, by 45 ja Suomen Betonilattiyhdistys, bly 7. Suomen Betonitieto Oy, Helsinki 2000.

Tutkimusraportit:

5. Hansen, K.K.: Sorption Isotherms. A Catalogue. Building Materials Laboratory, The Technical University of Denmark, December 1986.

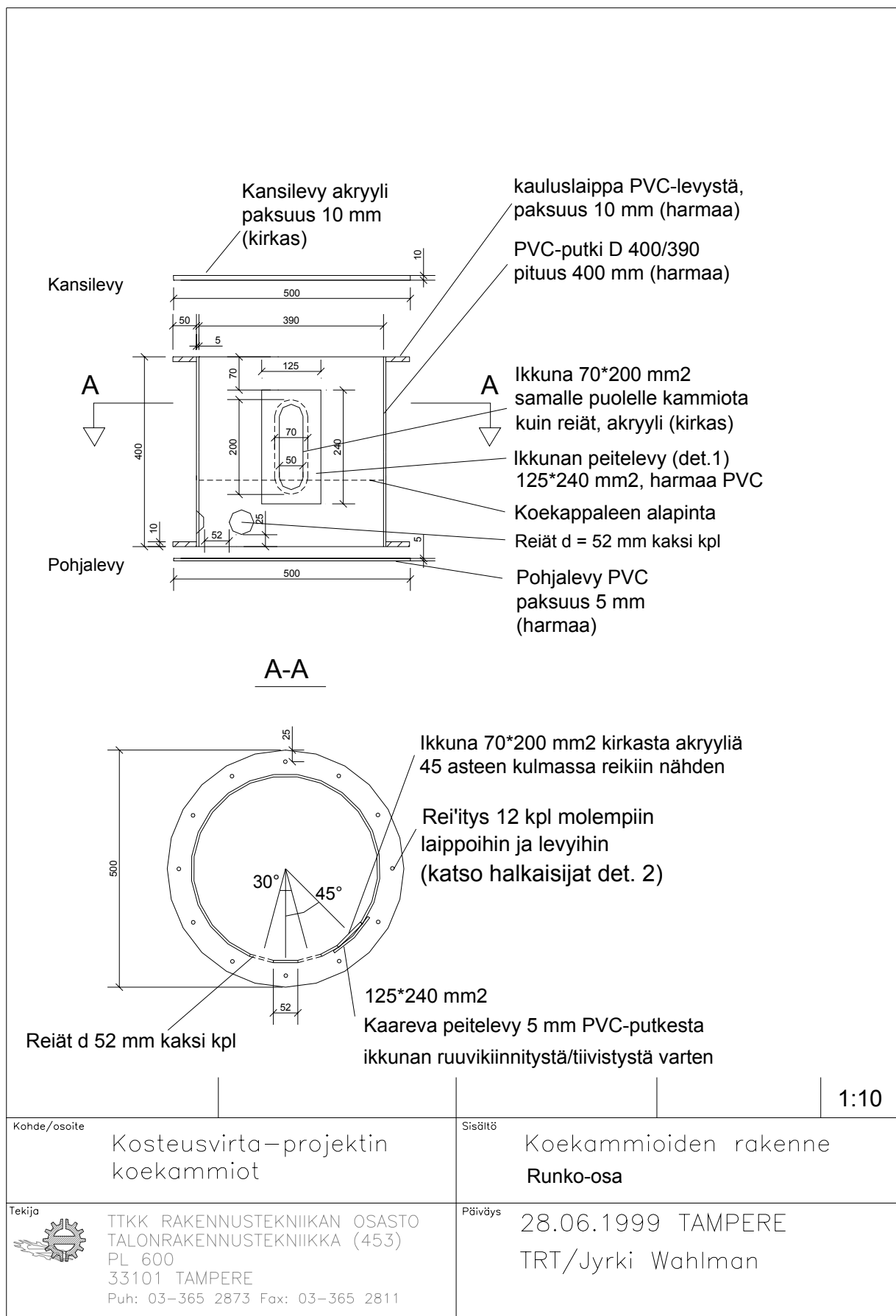
Taulukko 5. Koekappaleiden 1-6 tietojen kokoomataulukko.

KOEKAMMIO NRO:	1	2	3	4	5	6
RAKENNEKERROKSET:	päällyste (tiivis)	päällyste (tiivis)	päällyste (läpäisevä)	päällyste (läpäisevä)	päällyste (tiivis)	päällyste (läpäisevä)
	liima	liima	liima	liima	liima	liima
	tasoite (10 mm)	tasoite (2 mm)	tasoite (2 mm)	tasoite (2 mm)	tasoite (5 mm)	tasoite (5 mm)
	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (2 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)
	betoni	betoni	betoni	betoni	betoni	betoni
PINTA-ALA [m ²]	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
BETONIN LUJUUSLUOKKA:	NP40	NP40	NP40	NP40	NP40	NP40
LISÄAINEET:	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin
VESISEMENTTISUHDE:	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
MITATTU ILMAMÄÄRÄ:	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04
VALUAIKA:	20.4.01	20.4.01	20.4.01	20.4.01	28.6.01	28.6.01
JÄLKIHOITO:	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna
JÄLKIHOITO PÄÄTTYNYT:	27.4.01	27.4.01	27.4.01	27.4.01	5.7.01	5.7.01
YLÄILMATILAN SUOLA:	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kals.karbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kals.karbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbon. K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)
ASETETTU:	27.4.01	27.4.01	27.4.01	27.4.01	5.7.01	5.7.01
ALAILMATILAN SUOLA:	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magn.nitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magn.nitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magn.nitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)
ASETETTU:	27.4.01	27.4.01	27.4.01	27.4.01	5.7.01	5.7.01
KASTELU:						
VESIMÄÄRÄ:						
KERROSPAKSUUS:						
PINTA KUIVA:						
PRIMERI:	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16
KÄSITTELYKERTOJA:	1	1	2	1	1	1
MÄÄRÄ YHT. [I]:	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04
MÄÄRÄ YHT. [I/m ²]:	0,33	0,33	0,5	0,33	0,33	0,33
VESIMÄÄRÄ [I/m ²]:	0,25	0,25	0,38	0,25	0,25	0,25
AIKA:	3.5.01	3.5.01	3.5.01	3.5.01	10.7.01	10.7.01
TASOITE:	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 1500 Pikaplaano	Vetonit 1500 Pikaplaano
NIMELLISKERROSPAKSUUS [mm]:	10	2	2	2	5	5
LISÄTTY VESIMÄÄRÄ [I/m ²]:	4,18	0,82	0,85	0,83	1,6	1,6
AIKA:	3.5.01	3.5.01	3.5.01	3.5.01	10.7.01	10.7.01
LIIMA:	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480
MENETELMÄ:	märkäliimaus, avoaika 15 min	märkäliimaus, avoaika 15 min	märkäliimaus, avoaika 15 min	märkäliimaus, avoaika 15 min	märkäliimaus, avoaika 15 min	märkäliimaus, avoaika 15 min
LIIMAMÄÄRÄ [g/m ²]:	320	320	320	320	320	320
LIIMAN SIS. VESIMÄÄRÄ [g/m ²]:						
AIKA:	5.5.01	5.5.01	5.5.01	5.5.01	12.7.01	12.7.01
PÄÄLLYSTE:	Upofloor Estrad	Upofloor Estrad	Upofloor Upostep 53	Upofloor Upostep 53	Upofloor Estrad	Upofloor Estrad
AIKA:	5.5.01	5.5.01	5.5.01	5.5.01	12.7.01	12.7.01
LÄMMITYS PÄÄLLE:						

Taulukko 6. Koekappaleiden 7-12 tietojen kokoomataulukko.

KOEKAMMIO NRO:	7	8	9	10	11	12
RAKENNEKERROKSET:	päällyste (läpäisevä)	päällyste (tiivis)	päällyste (tiivis)	päällyste (tiivis)	päällyste (läpäisevä)	päällyste (läpäisevä)
	liima	liima	liima	liima	liima	liima
	tasoite (5 mm)	tasoite (5 mm)	tasoite (2 mm)	tasoite (2 mm)	tasoite (2 mm)	tasoite (2 mm)
	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)	primeri (1 käsittelykerta)
	betoni	betoni	betoni	betoni	betoni	betoni
PINTA-ALA [m ²]	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
BETONIN LUJUUSLUOKKA:	NP40	NP40	K30	K30	K30	K30
LISÄAINEET:	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin	huokostin, notkistin
VESISEMENTTISUHDE:	0,41	0,41	0,79	0,79	0,79	0,79
MITATTU ILMAMÄÄRÄ:	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
VALUAIKA:	28.6.01	28.6.01	4.12.01	4.12.01	4.12.01	4.12.01
JÄLKIHOITO:	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna	kansi suljettuna
JÄLKIHOITO PÄÄTTYNYT:	5.7.01	5.7.01	11.12.01	11.12.01	11.12.01	11.12.01
YLÄILMATILAN SUOLA:	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)	kalsiumkarbonaatti K ₂ CO ₃ (44 %RH, +20 C)
ASETETTU:	5.7.01	5.7.01	12.12.01	12.12.01	12.12.01	12.12.01
ALAILMATILAN SUOLA:	magn.nitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magn.nitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)	magnesiumnitraatti Mg(NO ₃) ₂ (55 %RH, +20 C)
ASETETTU:	5.7.01	5.7.01	12.12.01	12.12.01	12.12.01	12.12.01
KASTELU:	9.7.01	9.7.01	27.12.01			27.12.01
VESIMÄÄRÄ:	580 ml	580 ml	580 ml			580 ml
KERROSPAKSUUS:	5 mm	5 mm	5 mm			5 mm
PINTA KUIVA:	16.7.01	14.7.01	3.1.02			3.1.02
PRIMERI:	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16	Vetonit MD16
KÄSITTELYKERTOJA:	1	1	1	1	1	1
MÄÄRÄ YHT. [l]:	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
MÄÄRÄ YHT. [l/m ²]:	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
VESIMÄÄRÄ [l/m ²]:	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
AIKA:	19.7.01	19.7.01	28.1.02	10.1.02	10.1.02	28.1.02
TASOITE:	Vetonit 1500 Pikaplaano	Vetonit 1500 Pikaplaano	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite	Vetonit 3000 hieno lattiatasoite
NIMELLISKERROSPAKSUUS [mm]:	5	5	2	2	2	2
LISÄTTY VESIMÄÄRÄ [l/m ²]:	1,6	1,6	0,84 (28 % tas. kuivapainosta)	0,84 (28 % tas. kuivapainosta)	0,84 (28 % tas. kuivapainosta)	0,84 (28 % tas. kuivapainosta)
AIKA:	19.7.01	19.7.01	28.1.02	10.1.02	10.1.02	28.1.02
LIIMA:	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480	CascoProff Solid 3480
MENETELMÄ:	märkälliäisyys, avoika 15 min	märkälliäisyys, avoika 15 min	märkälliäisyys, avoika 15 min	märkälliäisyys, avoika 15 min	märkälliäisyys, avoika 15 min	märkälliäisyys, avoika 15 min
LIIMAMÄÄRÄ [g/m ²]:	320	320	623,3	638,3	848,3	622,5
LIIMAN SIS. VESIMÄÄRÄ [g/m ²]:						
AIKA:	21.7.01	21.7.01	30.1.02	13.1.02	13.1.02	30.1.02
PÄÄLLYSTE:	Upofloor Estrad	Upofloor Estrad	Upofloor Estrad	Upofloor Estrad	Upostep 53	Upostep 53
AIKA:	21.7.01	21.7.01	30.1.02	13.1.02	13.1.02	30.1.02
LÄMMITYS PÄÄLLE:				6.2.2002		

Koekammioiden valmistuskuvat.



KOSTEUSVIRTA –TUTKIMUS

Tutkimuksen lähtökohtana olivat betonirakenteen kosteuden aiheuttamat päällystevauriot uudisrakentamisessa. Vauriot voivat ilmetä eri tavoin, kuten esimerkiksi lattiapäällysteiden tartunnan peittämisenä liiman kosteusvaurioitumisen seurauksena, värjäytyminä lattiapäällysteissä tai muina esteettisinä haittoina. Pahimmillaan kosteusvaurio voi johtaa mikrobikasvuun tai rakennusmateriaalien emissioiden voimistumiseen ja sitä kautta sisäilmaongelmiin. Sisäilmassa olevat haitta-aineet voivat aiheuttaa ärsytystä ja muita terveysoireita tilojen käyttäjillä.

Tutkimuksessa selvitettiin yksityiskohtaisten laboratoriokokeiden avulla erilaisten betonien, lattiapäällysteiden ja muiden pintakerrosten sekä kuivumisolosuhteiden vaikutusta lattiarakenteen kuivumiseen ja kosteuden siirtymiseen rakenteen sisällä, erityisesti lähellä rakenteen yläpintaa, mikä on kosteusvaurioiden syntymisen kannalta kriittisin.

Tutkimuksessa tarkasteltiin yksityiskohtaisesti tavanomaisen K30 –lujuusluokan lattiabetonin ja ns. nopeasti päällystettävän NP40 –lujuusluokan erikoisbetonin, paremmin vesihöyryä läpäisevän ja tiiviin lattiapäällysteen sekä paksuudeltaan erilaisten tasoitekerrosten vaikutusta lattiarakenteen kuivumiseen.

Kokeissa havaittiin selvä ero tavanomaisen lattiabetonin ja nopeasti päällystettävän erikoisbetonin kuivumisessa valun jälkeen. Niinikään kokeissa havaittiin ero tavanomaisen ja erikoisbetonin välillä betonilaatan kuivumisessa myös päällystämisen jälkeen.

Tehtyjen kokeiden perusteella päällysteen vesihöyrytiiviyys vaikuttaa siihen, kuinka korkeaksi pintakerrosten alapuolinen suhteellinen kosteus nousee ja kuinka nopeasti se laskee kosteuden siirtyessä päällysteen läpi huoneilmaan. Tällä on merkitystä kosteusvaurioiden syntymisen riskin kannalta.

Lattian päällystyskelpoisuutta arvioitaessa tulisi ottaa huomioon tasoitekerroksen paksuuden mahdollinen vaihtelu kohteen sisällä, koska tasoitepaksuudella on koetulosten perusteella merkittävä vaikutus välipohjan kostumiseen ja kuivumiseen.

Julkaisun hinta: 34 € + alv 8 %

Myynti: Tietokirjakauppa Juvenes/Julkaisumyynti, PL 553,
33101 Tampere, puh. (03) 3115 2351, faksi (03) 3115 2191



**TALONRAKENNUS-
TEKNIikka**

TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Korkeakoulunkatu 5, PL 600, 33101 Tampere

Puh. (03) 3115 4804

Faksi (03) 3115 2811

S.posti: terttu.makipaa@tut.fi

<http://www.tut.fi>