



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juha Talman

Kosteusjakauma ARDEX-lattiajärjestelmäratkaisuissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Rakennustekniikka

Opinnäytetyö

30.4.2024

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juha Talman Kosteusjakauma ARDEX-lattiajärjestelmäratkaisuissa 55 sivua + 1 liite 30.4.2024
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Korjausrakentaminen
Ohjaajat	Tekninen johtaja Heikki Immonen Yliopettaja Hannu Hakkarainen
<p>Tämän opinnäytetyön päämäärä ja tavoite oli tutkia ja vertailla kymmenen viikkoa vanhan betonin rakennekosteuden ja tasoitteen tuoman kosteuden käyttäytymistä kuudella erilaisella ARDEX-lattiajärjestelmäratkaisulla kuuden kuukauden aikana, kun päällysteenä käytetään tiivistä homogeenistä julkisten tilojen muovipäällystettä. Mittausmenetelminä käytettiin porareikä-, näytepala- ja viiltomittausta.</p> <p>Kirjallisuuskatsaus käsittelee betonin rakennekosteuden vaikutuksista erilaisiin lattiajärjestelmiin, ARDEX-höyrynsulkujen käyttöalueisiin betonin päällä, sekä lattiatasoitteiden ja päällysteliimojen ominaisuuksia.</p> <p>Tutkimuksessa saatiin odotettuja tuloksia eri ARDEX-lattiajärjestelmäratkaisuille. Jatkokutkimusehdotus liittyy käytännön kokeisiin korkean alkalisen kosteuden hallitsemiseksi ennen lattiapäällystettä erilaisilla lattiajärjestelmillä, mihin myös tämän opinnäytetyön ARDEX-lattiajärjestelmäratkaisut soveltuvat.</p>	
Avainsanat	betoni, lattiajärjestelmä, lattiapäällyste, kosteusjakauma, rakennekosteus, mittausmenetelmä

Author Title	Juha Talman Moisture Distribution in ARDEX Floor System Solutions
Number of Pages Date	55 pages + 1 appendix 30 April 2024
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Building Renovation
Instructors	Heikki Immonen (Technical Director) Hannu Hakkarainen (Principal Lecturer)
<p>The purpose and the aim of the thesis was to research how construction moisture of ten-week-old concrete and moisture brought by the levelling and smoothing compound affects in six different ARDEX floor system solutions during six months when the used floor covering is homogenous plastic carpet for public spaces. The measure methods were borehole moisture, sample moisture and incision moisture measurements.</p> <p>The literature survey deals with concrete construction moisture effects in different types of floor systems, ARDEX damp proof membranes area of use on the surface of concrete and properties of levelling compounds and flooring adhesives.</p> <p>The study produced the expected results for different ARDEX floor system solutions. Further research proposal is related to practical experiments to control high alkaline moisture before floor coverings with different floor systems, to which the ARDEX floor system solutions of this thesis are also suitable.</p>	
Keywords	concrete, floor system, floor covering, moisture distribution, construction moisture, measurement method

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	4
2	Betonirakenteen kosteuden vaikutus lattiajärjestelmään	4
3	ARDEX-höyrinsulkutuotteiden käyttöalueet	8
3.1	Alustavaatimukset ennen höyrinsulkukäsittelyä	10
3.2	Alkalisuoja	11
3.3	Diffuusio- ja kapillaarikosteuden hallinta	12
3.4	Rakennekosteuden hallinta	13
3.5	Haitta-aineiden hallinta	14
4	Lattiatasoitteet ja päällysteliimat	15
4.1	Pohjustaminen ennen lattiatasoitetta	15
4.2	Lattiatasoitteet	16
4.3	Lattiatasoitteen pH-arvo	17
4.4	Päällysteliimat	19
5	Koemateriaalit ja järjestelyt	20
5.1	Betonivalut	25
5.2	Höyrinsulkutuotteet	26
5.2.1	ARDEX P 40 MS	27
5.2.2	ARDEX EP 1400	29
5.2.3	ARDEX EP 2000	30
5.3	ARDEX P 51 -pohjustusaine	31
5.4	ARDEX K 33 -lattiatasoite	32
5.5	ARDEX AF 145 -päällysteliima	32
5.6	ARDEX AF 180 MS -päällysteliima	33
5.7	Homogeeninen vinyylimatto	34
6	Tutkimusmenetelmät	35

6.1	Olosuhdehuoneet	35
6.2	Kosteusmittaukset	36
6.2.1	Porareikämittaus	36
6.2.2	Viiltomittaus	37
6.2.3	Näytepalamittaus	37
7	Tulosten tarkastelu	38
7.1	Olosuhteet tutkimuksen aikana	38
7.2	Viiltomittaukset	39
7.3	Porareikä- ja näytepalamittaukset	40
8	Tulosten tulkinta ja vertailu	41
8.1	Koekappale K 1	42
8.2	Koekappale K 2	43
8.3	Koekappale K 3	44
8.4	Koekappale K 4	45
8.5	Koekappale K 5	45
8.6	Koekappale K 6	46
8.7	Koekappaleiden vertailu	47
8.8	Lämpötilan vaikutus mittaustuloksiin	49
9	Johtopäätökset	50
10	Jatkotutkimustarve	51
	Lähteet	53

Liite 1. Kosteusmittaukset koekappaleille (Vahanen Rakennusfysiikka Oy)

Lyhenteet ja käsitteet

ARDEX-höyrinsulku	Alustaan levitettävä tuote alkalisuojaksi, rakennekosteuden hallintaan, kapillaari- ja diffuusiokosteuden sulkuun ja haitta-aineiden hallintaan.
ARDURAPID	Tasoitteen ominaisuus sitoa kosteus itseensä. Tasoite ei luovuta vettä rakenteisiin, koska vesimäärä sitoutuu tuotteeseen täysin, kerrospaksuudesta riippumatta.
MS	Silaanimodifoitu vedetön tuote, joka kovettuu kosteuden vaikutuksesta.
Pinnoite	Betonipintaan levitettävä kerros suojaamaan rakennetta ja parantamaan pinnan lujuutta ja estetiikkaa.
Lattiajärjestelmä	Lattian päälle tulevat kerrokset, eli pohjustusaineet, höyrinsulkutuotteet, tasoitteet, pinnoitteet, päällysteliimat, alusmateriaalit ja päällysteet.
RH (%)	Suhteellinen kosteus prosentteina.
S_d	Suhteellinen diffuusiovastus, m.
SMP	Silaanimodifoitu päällysteliima.
δ_v	Aineen vesihöyrynläpäisevyys, vesihöyrypitoisuuden erolla laskettuna, m ² /s.

1 Johdanto

Lattiapäällysteala on murroksessa alustaan liimattavien tiiviiden lattiapäällysteiden osalta, kun uudisrakennushankkeiden tilaajat ovat saattaneet kieltää muovipäällysteiden käytön kohteissaan. Betonirakenteiden kosteus voi aiheuttaa muovipäällysteen ja liimojen hajoamista, mistä seuraa VOC-päästöjä. VOC-yhdisteet ovat terveydelle haitallisia suurissa määrin. Lisäksi kosteudelle herkät pintamateriaalit voivat vaurioitua betonin liian suuresta kosteudesta päällystyshetkellä. Betonin kosteudenhallintaa voidaan toteuttaa alustaan levitettävillä höyrynsulkutuotteilla ennen tasoitusta ja muovipäällysteen asentamista.

Työn tarkoitus on tutkia lattiajärjestelmien toimivuutta ja eroja mittaamalla betonin ja lattiajärjestelmän kosteutta kuuden kuukauden tarkastelujakson aikana. Työn tilaajana toimii Ardex Oy, joka on osa myös maailmalla tunnettua rakennusmateriaalitoimittajaa Ardex Groupia. Ardex Oy:llä on valikoimassaan pohjustusaineita, höyrynsulkutuotteita, tasoitteita, betoneita, vedeneristeitä, liimoja, kiinnityslaasteja, saumalaasteja ja epoksituotteita. Suomessa Ardexin tuotteita on käytetty pitkään märkätiloissa, parvekekorjauksissa, uima-altaissa, sisäilmakorjauksissa ja betonin kosteudenhallinnassa höyrynsulkutuotteilla.

Työssä tutkitaan kuutta rakennemallia, joissa on käytetty ARDEX-lattiajärjestelmiä. Rakennemalleista tutkitaan betonin suhteellista kosteutta alku- ja loppuvaiheessa porareikämittauksilla, sekä lattiajärjestelmien kosteutta tiiviin homogeenisen muovipäällysteen alapuolella näytepala- ja viiltomittauksilla. Mittaukset rakennemalleista on suorittanut Vahanan Rakennusfysiikka Oy (nykyinen Afry Finland Oy).

2 Betonirakenteen kosteuden vaikutus lattiajärjestelmään

Lattiapäällysteet ja pinnoitteet voivat vaurioitua betonirakenteen korkeasta kosteuspitoisuudesta. Betonin kosteus voi olla päällystyshetkellä liian suuri tai rakennekosteus voi vaihdella ilmankosteuden vaihtelujen mukaan. (Merikallio ym. 2007: 32.) Vaipparakenteita voivat rasittaa myös putkivuodot tai arvaamattomat vesivahingot (Gunnar ym. 2014: 41).

Kriittinen kosteus tulee materiaalin kyvystä sietää kosteutta ja vesihöyrynläpäisevyydestä. Kriittinen kosteus ilmoitetaan yleensä suhteellisena kosteutena RH (%) (Betontechniikan oppikirja 2018: 528–529). Ammattitaitoisen rakenteiden kosteuden mittaajan tulee tietää voimassa olevat asetukset, määräykset ja ohjeet kosteuden mittaamiseen, sekä tuntea erilaiset lattiapäällysteet ja niiden toimivuus kosteuden kanssa. Kosteuden mittaajan tulisi myös ymmärtää mittauksien tärkeys pintarakenteelle ja osata tulkita omia mittatuloksiaan. (Rakenteiden kosteuden mittaaja 2024.)

Mittaajalta voidaan vaatia henkilöpatentti tai mittaamiseen liittyvä sertifikaatti. Mittausolosuhteet vaikuttavat paljon tuloksiin ja ammattitaitoinen mittaaja voi kieltäytyä mittaamasta huonoissa olosuhteissa tai alueilta missä betonin oletetaan olevan muuta aluetta kuivempaa. (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021: 3.) Kosteudenhallintatoimenpiteillä varmistetaan, ettei kosteuspitoisuus pintarakennejärjestelmässä, esimerkiksi tasoitteessa, liimapinnassa ja muovimatossa nouse kriittisen korkeaksi. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 12.)

Betonilattian ei ole täytynyt kokonaan kuivua, vaan kosteuspitoisuus voi olla syvällä betonissa korkea aiheuttamatta ongelmia pintarakenteessa. Kosteusprofiili muodostuu kuivumisen edetessä niin, että pintaosissa on yleensä alhaisempi kosteuspitoisuus. Kosteus kuitenkin tasaantuu syvältä betonista pintaa kohden päällystämisen jälkeen. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 11.)

Jos betoni kuivuisi tasapainotilaan ympäröivän huonetilan kanssa, tarkoittaisi se keskimäärin 50...60 % RH betonissa (Betontechniikan oppikirja 2018: 536). Kosteuden tasaantumiseen vaikuttaa betonin vesi-sideainesuhde, mitä pienempi suhde on, sitä hitaammin kosteus siirtyy betonissa. Kosteuden lisääntyminen betonissa nopeuttaa puolestaan kosteudensiirtymistä betonissa, mutta jos betonin pinta on kuitenkin kuiva, kosteudensiirtyminen on hidasta. Betonissa lämpötilan nousu nopeuttaa myös kosteuden siirtymistä, koska betonin huokosten ilmatilan vesihöyrynosapaine nousee. (Betontechniikan oppikirja 2018: 536–537.) Betonin lujuudenkehitys jatkuu niin kauan, kun hydratoitumiseen osallistuvaa vettä on käytettävissä. Sementin lujuudenkehitys riippuu betonin vesi-sementtisuhteesta. (Siikanen & Siikanen 2023: 178.)

Lattiamateriaaleja valitessa tulisi ottaa huomioon niiden soveltuvuus kohteen rakentamiseen ja kohdistuvaan kosteusrasitukseen. Kun pintamateriaalit valitaan oikein, voidaan joissakin tapauksissa myös kosteille alustoille suunnitella toimivia pinnoitusjärjestelmiä, kun pintamateriaalien kosteustekniset ominaisuudet tunnetaan (Gunnar ym. 2014: 44). Betoni kestää yleensä hyvin kosteutta eikä siitä ole sille haittaa. Betonista tulee yleensä lujempaa, mitä kosteammissa olosuhteissa sitä säilytetään. Betonille haitallisia aineita voi kuitenkin kulkeutua kosteuden mukana, erityisesti silloin, jos betonin huokosrakenne on avoin. (Betonitekniikan oppikirja 2018: 527.)

Erityisesti paikallavaluvalipohjien kuivumisedellytykset tulee ottaa huomioon, kun käytetään lattiapinnoitteita. Hyvin vesihöyryä läpäisevät pinnoitteet varmistavat vastaavasti rakenteen hallitun kuivumisen rakentamisvaiheen jälkeen. (Gunnar ym. 2014: 42.) Monet tasoitteet, päällysteliimat ja pinnoitemateriaalit ja maalit eivät kestä korkeita kosteuspitoisuuksia (Betonilattiat 2023: 47). Alustan liian korkea kosteuspitoisuus voi vaikuttaa betonipinnoitteen tartuntavetolujuuteen tai vaurioittaa pinnoitetta. Pinnoitteen alapuolella kosteus voi nousta myös tuotteelle liian korkeaksi, jolloin pinnoite vaurioituu tai irtoaa alustastaan (Latvala 2020: 1). Tiivis pinnoite voi kuitenkin toimia jälkihoidon tavoin, kun kosteuden poistuminen betonista hidastuu. Betonin pinnan sulkeminen mahdollistaa kosteusherkeempien päällysteiden asentamisen tiiviin kerroksen päälle. (Latvala 2020: 63.)

Koska kohteissa on ollut ongelmia betonin rakennekosteuden ja päällysteiden kanssa, erityisesti uudisrakennushankkeissa työn tilaajat ovat esittäneet erityisvaatimuksia betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvolle ennen päällystämistä. Vaatimuksia on lisäksi esitetty myös kosteuden mittaussyvyydelle, mittausten lukumäärälle ja lattiapäällystemateriaaleille. (Turunen 2021: 128.)

Ramboll Finland Oy:n Timo Turusen artikkelissa: ”Kokemuksia suunnittelun ja työmaan laadunvarmistuksen ohjauksesta kosteudenhallinnan näkökulmasta” Turunen esittää:

”Betonin suhteelliseen kosteuteen liittyvät vaatimukset ja lattiapäällystevalikoiman rajaaminen perustuvat tiiviillä lattiapäällysteillä päällystetyissä betonilattioissa esiintyneisiin VOC-ongelmiin. Niitä on esiintynyt välipohjarakenteissa erityisesti paksujen betonivalujen kuten kuorilaattojen ja teräskotelopalkkien juotosvalujen kohdalla. Ongelmat ovat hyvin ilmeisesti aiheutuneet päällystettävyyssmittauksissa tehdyistä virheistä, mutta osaksi myös kosteudenmittausohjeissa (mittaussyvyyden määrittelyssä ja mittausvirheen huomioonottamisessa) olleista puutteista. Useat tilaajat ovat jopa kokonaan kieltäneet muovimattojen käytön. Lisäksi on vaadittu, että betonirakenteiden suhteellisen kosteuden on oltava alle 80 % RH koko rakenteen paksuudella ennen lattiapäällysteen asennusta, mikä poikkeaa huomattavasti yleisestä ohjeistuksesta ja pidentää huomattavasti rakenteen kuivumisaikaa. Myös vaadittu mittauskohtien lukumäärä on ollut huomattavasti suurempi (esimerkiksi yksi mittauskohta 100 m²:ä kohti) kuin RT-kortissa [12] esitetään. Sen mukaan 1–2 kohtaa/kerros saattaa riittää, jos rakenne ja tuleva päällyste ovat samat kerroksen kaikissa tiloissa.” (Turunen 2021: 128.)

Kosteusraja-arvot eivät ole sama asia kuin pintarakennejärjestelmän kriittinen suhteellinen kosteus, vaan siihen vaikuttavat pintarakennejärjestelmän ja päällystemateriaalin ominaisuudet. Kriittiselle kosteudelle ei ole tieteellisesti määritetty arvoja erilaisilla materiaaliyhdistelmillä. Eli jos muovimaton alta mitataan yli 85 %:n RH arvoja, se ei ole suora todiste vauriosta. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022:12.) Päällystettävien rakenteiden kosteusraja-arvoista voidaan sopia kohteessa materiaalivalmistajan, rakentajan ja rakennuttajan kanssa. Perusteluina voidaan käyttää esimerkiksi rakennusfysikaalisia laskelmia, joissa huomioidaan päällysteen vesihöyrynläpäisykyky. Menetelmän toimivuudesta on varmistuttava, kun käytetään kosteudeneristystä tai erikoisliimaa päällystämiseen. (Betonilattiat 2023: 49.)

Yleisesti on tiedossa, että sementtituotteiden alkalinen kosteus aiheuttaa muovimattojen ja liimojen hajoamista. Alkalisuus aiheutuu pääosin sementin hydrataatiossa syntyneestä kalsiumhydroksidista (KOH) ja hydroksidi-ionin (OH⁻) konsentraatiosta. Sementtituotteet ovat yleisesti hyvin alkalisia eli emäksisiä aineita ja koska vesi on yhtenä komponenttina tai muuten läsnä rakenteessa, luovuttavat ne hydroksidi-ioneja vesiliuokseen, josta ne voivat kulkeutua pintamateriaaleihin. Alkalisen kosteuden aiheuttama muovimattojen ja liimojen kemiallinen hajoaminen on nimeltään alkalinen hydrolyysi. Kemialliseen hajoamisnopeuteen vaikuttaa kosteuden ja alkalisuuden lisäksi lämpötila. (Merikallio ym. 2007: 42–43; Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 8, 23.)

3 ARDEX-höyrynsulkutuotteiden käyttöalueet

Korjausrakentamisessa korjattavat rakenteet voivat olla niin sanottuja riskirakenteita tai kosteustekniseltä toiminnaltaan muuten virheellisiä. Haastavaksi korjaussuunnittelun tekee se, ettei voida aina lähteä siitä, että puretaan kaikki, vaan on toimittava kohteen rakenteen ehdoilla. Tämä johtaa siihen, että rakennusfysikaalisen suunnittelun merkitys korostuu. Uudissuunnittelussa hyvin suuri osa rakennusfysikaalisesta suunnittelusta otetaan huomioon sillä, että hyödynnetään toimiviksi todennettuja rakennetyyppi- ja detaljiratkaisuja. (Gunnar ym. 2014: 50.)

Rakenteet voidaan suojata vesihöyryn diffuusiolta höyrynsulun avulla ja vesihöyryn konvektio voidaan suojata ilmasulun avulla. Esim. höyrynsulkumuovi voi toimia höyry- ja ilmasulkuna. Höyrynsulun pääasiallinen tehtävä on estää ulospäin tapahtuva haitallinen vesihöyryn diffuusio vaipparakenteessa. Höyrynsulkuna voi toimia riittävän vesihöyryvastuksen omaava kalvo-, levy-, kivi- tai massiivipuurakenne. Ne ovat tiiviitä ja yhtenäisiä ainekerroksia ja sijaitsevat vaipparakenteen lämpimällä puolella. (Gunnar ym. 2014: 41) Betonin pintaan levitettäviä höyrynsulkutuotteita, eli myös RYL 90:n taulukossa 30: T3: Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja, käytettyä käsitettä ”kosteudeneristys” on käytetty jo pitkään betonin pinnalla, ennen kosteudelle herkän parketin asentamista (taulukko 1).

Taulukko 1. Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja parketille (Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1990: 277).

Päällystys	Betonin suhteellinen kosteus %	Huomautuksia
Lauta- ja sauvaparketit ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä	< 60	Syy kosteusrajaan kosteusliikkeet
Mosaiikkiparketit	< 80	Syy kosteusrajaan kosteusliikkeet ja sienet
Alustaan kiinnittämättömät uivat parketit, puun ja betonin välissä kosteudeneristys	< 80	Kosteudeneristyksenä esimerkiksi 0,2 mm:n muovi, saumat liittimittäin ja teipattuna

ARDEX-höyrynsulkutuotteet ovat tarkoitettu betonin päällä alkalisuojaksi ja kapillaarikosteuden, rakennekosteuden sekä haitta-aineiden hallintaan lattia-, seinä- ja

kattopinnoilla (kuva 1). Ensimmäinen käytetty ARDEX-höyrynsulkutuote ARDEX EP 2000, on ollut käytössä Suomessa vuodesta 1995 lähtien kapillaarikosteuden hallintaan (Tuotteiden ominaisuudet 2024).



	ARDEX P 40 MS	ARDEX EP 1400	ARDEX EP 2000	ARDEX EP 2001 W
Alkalisuoja	✓	✓	✓	✓
Kapillaarikosteuden hallinta			✓	✓
Rakennekosteuden hallinta 95 % RH		✓	✓	✓
Rakennekosteuden hallinta 95 % RH (ei lattialämmitystä)	✓	✓	✓	✓
Rakennekosteuden hallinta 85 % RH	✓	✓	✓	✓
Haitta-aineiden hallinta		✓	✓	✓

Kuva 1. ARDEX-höyrynsulkujen käyttöalueet (Ardex Oy:n kuvapankkikuva).

ARDEX-höyrynsulkutuotteilla muutetaan rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa, joka tulisi arvioida aina kohdekohtaisesti suunnittelijan toimesta. Höyrynsulkutuotteet ovat yksi osa lattijärjestelmää. Lattijärjestelmässä on varmistettu, että tuotteet sopivat keskenään yhteen kemiallisesti ja fysikaalisesti. Sisäilmakorjauksiin vapaassa ja-ossa olevat ARDEX-työohjeet ja -detaljikuvat rakentuvat ARDEX-betoneista, -

tasoitteista, -höyrysulkuista, -vedeneristeistä, -nauhoista, -kiinnityslaasteista, -saumalaasteista ja -päällysteliimoista (kuva 2) (Sisäilma- ja radonkorjaukset – työohjeet 2024).



Kuva 2. Rakennemallissa toteutettuna ARDEX-järjestelmäratkaisuja (Ardex Oy:n kuvapankki-kuva).

3.1 Alustavaatimukset ennen höyrysulku käsittelyä

Ennen höyrysulku käsittelyä alustasta tulee poistaa vanhat pintamateriaalit puhtaan ja lujaan betoniin asti. Betonin pinnan tulee olla luja, kiinteä, kantava ja puhdas kaikista tartuntaa heikentävistä aineksista. Pinta tulee puhdistaa teollisuusimurilla ennen höyrysulku käsittelyä. Kaikki höyrysulku tuotteet lujittavat betonin pinnan, siltä syvyydeltä mihin tuote imeytyy. Betonilta vaaditaan erityistä lujuutta: 1,5 MPa, jos ARDEX EP 2000 -höyrysulun alapuolella betonin suhteellinen kosteus on kapillaarisella alueella. (ARDEX – Sisäilmakorjausjärjestelmä 2023.) Epätasainen alusta kannattaa

tarvittaessa betonoida uivana- tai kiinnivaluna ja pienemmissä kerrosvahvuuksissa, ja kolotäytöissä tasoittaa (kuva 3).



Kuva 3. Höyrynsulkutuote levitettynä tasoitetulle alustalle (Moisture Controlled – Guaranteed fast track solutions from ARDEX the moisture control experts).

Epätasaiselle alustalle levitettynä höyrynsulun menekki kasvaa ja kustannukset nousevat (kuva 4).



Kuva 4. Höyrynsulkutuote levitettynä epätasaiselle alustalle (Moisture Controlled – Guaranteed fast track solutions from ARDEX the moisture control experts).

3.2 Alkalisuoja

Matala-alkalisella tasoitteella voidaan pienentää betonin pinnan alkalisuutta. Betonin pintaosien kosteuspitoisuuden pitää silti olla riittävän alhainen, etteivät hydroksidi-ionit pääse kulkeutumaan kosteuden mukana tasoitteeseen. (Merikallio ym. 2007: 42–43) ARDEX-Höyrynsulkutuotteet toimivat alkalisuojana ja ovat osa lattiajärjestelmää, yhdessä tasoitteen ja päällysteliiman tai pelkän päällysteliiman kanssa. Alkalisuoja asennetaan betonin pintaan estämään hydroksidi-ionin siirtyminen kosteuden mukana tasoi- tekerrokseen, jolloin voidaan estää päällysteliimojen sideaineen ja päällystemateriaalin kemiallinen hajoaminen. Alustaan levitettävä alkalisuoja on yhtenäinen kalvo, joka sulkee betonin huokosen ja estää alustan kosteuden tuoman korkean pH:n tasaantumisen

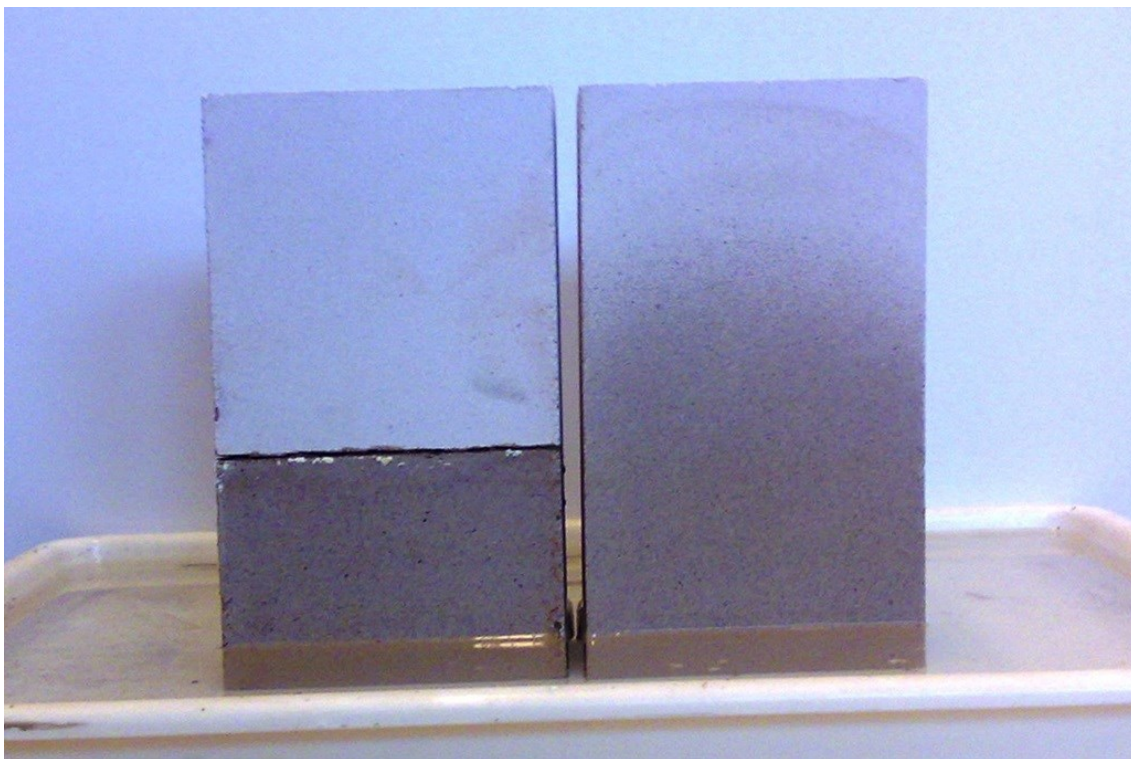
lattiajärjestelmään, eli ARDEX-tasoihteeseen, -päällysteliimaan ja alkaliselle kosteudelle herkkään päällysteeseen. Alkalisuojan pinnalla käytettävät tasoihteet eivät lisää betonirakenteen kosteuskuormaa. (Tuotteiden ominaisuudet 2024.)

3.3 Diffuusio- ja kapillaarikosteuden hallinta

Maanvastaisissa alapohjissa diffuusio- ja kapillaarikosteuden aiheuttamaa ongelmaa ei yleensä saada kokonaan poistettua ilman järeitä purkutoimenpiteitä. Jos rakennetta ei uusita on pyrittävä estämään vaurioituneiden materiaalien vaikutus rakenteisiin ja sisäilmaan. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019: 42.)

Vanhoissa rakenteissa, joissa ei ole toimivaa kapillaarikatkoa tai kosteus pääsee muuten betonilaattaan, voidaan pintaan asentaa kosteuseristys, jonka päälle valetaan pintalaatta tai se tasoitetaan (Guidance Note No 5: The effective use of surface damp proof membranes 2005; Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010: 30–31). Tilassa, missä käyttötarkoitukseen soveltuu parhaiten muovi- tai linoleumimatto, tulisi ensin varmistua, ettei alapohjaan tai lattiapäällysteeseen kohdistu kosteusrasitusta. Tarvittaessa kosteuden kulkeutuminen voidaan estää kosteussululla tai käyttää kosteutta kestäviä pinnoitteita. Maanvastaisissa alapohjissa on suositeltavaa käyttää ensisijaisesti hyvin vesihöyryä läpäiseviä materiaaleja. Soveltuvia pintamateriaaleja ovat esimerkiksi keraaminen laatoitus, vesihöyryä läpäisevä vesiohenteinen epoksimaali, pölynsidontakäsittely tai diffuusioavoin tekstiilipäällyste. (Betonilattiat 2023: 48.)

Betonin pinnalla ARDEX EP 2000- ja ARDEX EP 2001 W -höyrnsulkutuotteita voidaan käyttää kapillaari- ja diffuusiokosteuden sulkuun (kuva 5).



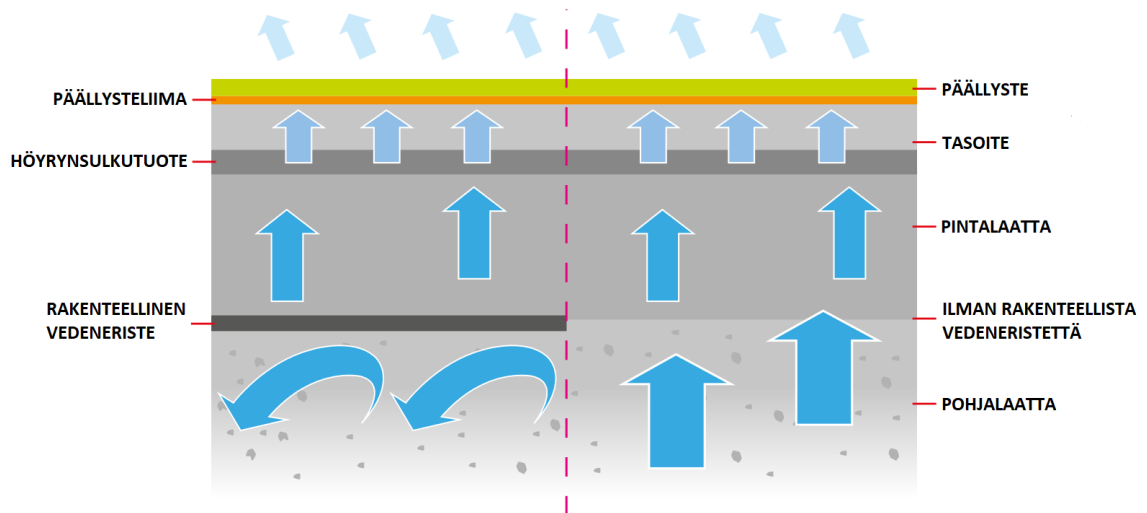
Kuva 5. Vasemmalla katkaistu kahitiili kiinnitetty ARDEX EP 2000 -höyrnsululla toisiinsa. Vesiastiasta nouseva kosteus tasaantuu höyrnsulun alapuolelle. (Ardex Oy:n kuvapankkikuva)

Normaalisti epoksinnoitteilla betonin suhteellinen kosteus ei saa olla kapillaarisella alueella. Kapillaarinen kosteus voi aiheuttaa pinnoitteen alle osmoottisen paineen, jolloin pinnoitteeseen syntyy kuplimista ja hilseilyä. (Betonilattiat 2023: 50.) Vaurioiden ilmaantumisen syitä ei täysin tunneta, vaan niiden oletetaan olevan seurausta osmoosista. Pinnoittamisen jälkeen muodostuvat kuplat voivat olla rakenteeseen jäänyttä vettä. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010: 31.)

3.4 Rakennekosteuden hallinta

Betonialustan rakennekosteuden vaikutus lattiapäällysteisiin voidaan estää pintaan levitettävällä kosteussulkukäsittelyllä. Sillä estetään kosteuden vaikutus kosteudelle

arkaan lattianpäällysteeseen. Huomioitavaa on, että kosteussulun tulee olla yhtenäinen ja tiivis. Kosteussulkukäsittely estää päällysteliiman kuivumisen betonin suuntaan. (Hemmilä ym. 2014: 120) ARDEX-höyrynsulkutuotteita voidaan käyttää myös kosteussulkukäsittelynä betonin pinnalla, ennen muita pintarakenteita (kuva 6).



Kuva 6. Rakennekosteuden siirtyminen rakennekerroksissa (Moisture Controlled – Guaranteed fast track solutions from ARDEX the moisture control experts. 2023).

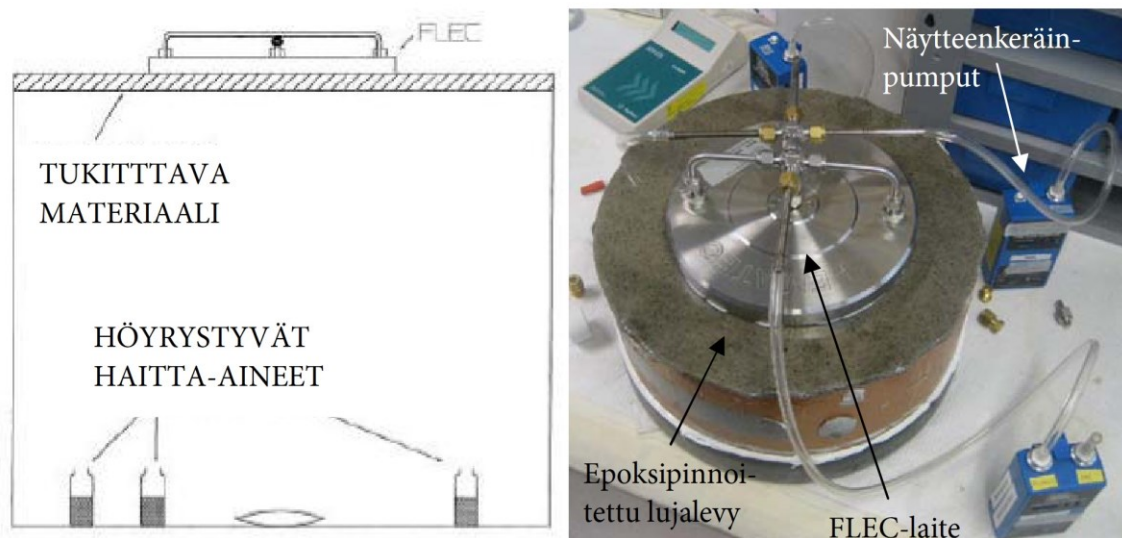
3.5 Haitta-aineiden hallinta

Sisäilmalle haitallisia materiaaleja voi olla vaikea poistaa tai työn kustannukset voivat nousta liian korkeaksi. Kapselointi- ja tiivistystöiden suunnittelu korjauskohteeseen kuuluu rakennusfysikaalisen suunnittelijan tehtäviin ja korjauksien onnistumista tarkastellaan ilmativiysmittauksilla. (Laamanen ym. 2014: 51.)

Kapselointi toimii myös silloin, jos betoniin on imeytyneenä jäännösemisioita, eikä rakennetta pystytä tuulettamaan riittävän tehokkaasti tai pitkään. Kyseessä voi olla esimerkiksi jatkuvasti käytössä oleva tila tai kiireellinen aikataulu. Kapselointi hidastaa tai estää kaasumaisten jäännösemisioiden diffuusion lävitse tai pitää ne olemattomina yhdessä toimivan ilmanvaihdon kanssa. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat 2022: 89–90.) ARDEX-höyrynsulkutuotteet kapselointiin voivat jäädä

rakenteen sisään, kun pintaan ei kohdistu mekaanista rasitusta. Kapselointi jää yleensä tasoitteen ja päällysteen tai pelkän päällysteen alle, jolloin mahdolliset rajakohtien tiivistyksen tulevat kapseloinnin päälle. (Sisäilma- ja radonkorjaukset – työohjeet 2024.)

Kapselointiin soveltuvia tuotteita tutkitaan haitta-aineiden läpäisevyytutkimuksella (kuva 7), jossa selvitetään tutkittavan aineen läpäisykykyä tyypillisesti rakenteissa esiintyviin haitallisiin aineisiin. Haitta-aineina mittauksissa toimivat murskattu valuasfaltti, joka sisältää PAH-yhdisteitä ja kolme MVOC-yhdistettä kemikaalinnesteessä: 2-pentanoni, 2-pentanol ja 2-heptanoni. (Tutkimusselostus – Ardex EP 2000 haitta-aineiden läpäisevyytutkimus 2010.)



Kuva 7. Tuotteen läpäisevyyttä tutkitaan säiliömenetelmällä (Tutkimusselostus – Ardex EP 2000 haitta-aineiden läpäisevyytutkimus 2010).

4 Lattiatasoitteet ja päällysteliimat

4.1 Pohjustaminen ennen lattiatasoitetta

Ennen tasoitteita levitetään yleensä alustaan pohjustusaine, mikä sitoo pölyä, parantaa tartuntaa ja tukkii betonin huokosta. Pohjustus mahdollistaa tasoitteen leviämisen ja minimoi myös ilmakuplien syntymisen tasoitteeseen. Eri tuoteperheitä ei voi käyttää

keskenään yhteen, koska lopputuloksena voi olla tasoitteen heikko tartunta alustaan, rakenteen kosteustekninen toimimattomuus tai kemialliset reaktiot ja päästöt. Pohjustuksella ei voi lujittaa alustaa, vaan alustasta täytyy poistaa tartuntaa heikentäviä ainesosat ja varmistua alustan lujuudesta pintarakennejärjestelmälle. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 13; Tuotteiden ominaisuudet 2024.)

4.2 Lattiatasoitteet

Lattiatasoitteen päällystettävyyteen vaikuttaa tasoitetyyppi ja koostumus. Esimerkiksi portlandsementtipohjaiset seokset kuivuvat hitaammin kuin aluminaattisementtipohjaiset seokset. Kalsiumsulfaattipohjaiset lattiatasoitteet kuivuvat hitaammin kuin sementtipohjaiset lattiatasoitteet. Koska lattiatasoitteen kuivumisaikaan eivät vaikuta vain tasotekerroksen paksuus ja huoneen ilmasto-olosuhteet, vaan myös tasoitetuotteen koostumus, tasoitevalmistajan tiedot päällystettävyydestä vaihtelevat. Päällystettävyyden määrittämistä suhteellista kosteutta mittaamalla ei yleensä tehdä lattiatasoitteille pienen kerrospaksuuden, tasoitetyypistä riippuvan tasapainokosteuspitoisuuden ja veden erilaisten kiteisten sitoutumisasteiden vuoksi. (Technical Specification and Installation of Floor Levelling Compounds: TKB 9 2008: 9.) Pikasementtien (SZ) tehokkuus erikoisaineena nopeasti kovettuvilla ja kuivuvilla tasoitemassoilla on hyvin dokumentoitua tietoa (Rapid Screeds and Cement Screeds with Screed Additives: TKB 14 2016: 2).

Standardissa SFS-EN 13813 tasoitemassojen ja lattiatasoitteiden ominaisuuksia arvioidaan tuoreesta ja kovettuneesta tasoitteesta. Tasoitteen ominaisuudet vaihtelevat sideaineiden tyypin sekä runkoaineiden, lisäaineiden ja seosaineiden sekoitussuhteiden mukaan. Lattiatasoitteet ovat yleensä sementtipohjaisia ja niissä on seassa myös polymeerejä, jotka parantavat tuotteen leviävyyttä. (Rakennusfysiikka 1 - Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset: RIL 255-1 2014: 295.) Muihin sideaineisiin pohjautuvia tasoitemassoja ja lattiatasoitteita ovat kalsiumsulfaatti-, magnesiitti-, asfalttimastiksi- ja synteettiset hartsitasoitteet (SFS-EN 13813: 7).

Lattiatasoitetta käytetään yleensä ohuesta muutaman millimetrin paksuudesta aina muutamien senttimetrin paksuuteen. Tasoitteen paksuuteen tulee myös eroja alustan

epätasaisuuden mukaan. (Rakennusfysiikka 1 - Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset: RIL 255-1. 2014 295; Betonilattiat 2023: 51.) Tiettyjä sementtipohjaisia tasoitteita, joiden sideaineena on polymeerimodifioitu sementti, voidaan käyttää myös viimeisenä pintana pinnoitteen tavoin lattiaan kohdistuvaan rasituksen mukaisesti aina kevyestä raskaaseen liikennöityyn tilaan (Betonilattiat 2023: 37).

Tasoitteet kovettuvat ja kuivuvat yleensä nopeasti riippuen lämpötiloista, alustan ja ilman kosteudesta ja tasoitekerroksien paksuudesta. Paksut oikaisutasoitekerrokset ja pumpputasoitteet voivat vaatia pitkiä kuivumisaikoja, mutta niistäkin löytyy nopeasti kuivuvia tuotteita. (Merikallio ym. 2007: 43.) Tasoitetöissä tulee ottaa huomioon, että betonipinnalla alustan kosteuspitoisuuden tulee olla riittävän alhainen käytettävälle päällysteelle ennen tasoitusta, ettei päällyste tai pinnoite altistu liian suurelle kosteusrasitukselle tai betonin kutistumalle.

Tasoitteen laadulla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti betonin pinnan voi tasoittaa. Tavanomaisilla lattiatasoitteilla tavoitellaan betonin pintaosan suhteellista kosteutta 90 % RH. (Rakennusfysiikka 1 - Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset: RIL 255-1 2014: 295; Betonilattiat: 49.) Tasoitteiden kuivumista voidaan tarkastella näytepalamenetelmällä tasoittamisen jälkeen tarvittaessa. Tasoitteen kuivumisajaksi voidaan karkeasti arvioida, että yhden millin kerros kuivuu yhdessä vuorokaudessa. (Betonilattiat 2023: 51.)

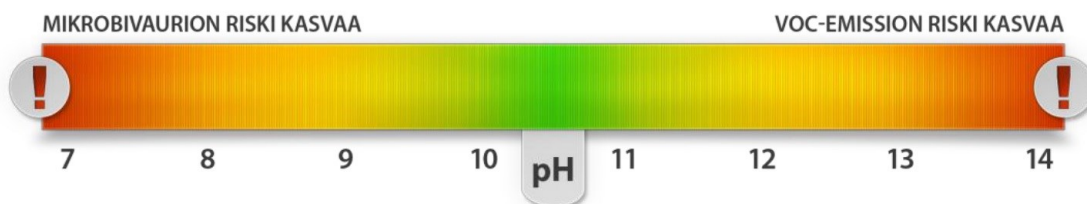
Yleensä tasoitteet eivät vaikuta kosteuden poistumiseen betonista (Merikallio ym. 2007: 43). Tasoitekerrokselle voidaan määrittää vesihöyryn läpäisevyys standardin EN 12086 mukaisesti, jos sen käytölle on edellytys kosteusdiffuusion kontrolloinnille (SFS-EN 13813: 12). Karkeasti lattiatasoitteen vesihöyrynläpäisevyys δ_v vaihtelee välillä $0,3 - 1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (Rakennusfysiikka 1 - Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset: RIL 255-1 2014: 295).

4.3 Lattiatasoitteen pH-arvo

Betonirakenteen pinnassa alkalinen kosteus voi aiheuttaa lattiapäällysteiden ja liimojen kemiallista hajoamista. Betoni on alkalinen materiaali, mikä aiheutuu pääosin sementin

hydrataatiossa syntyneestä kalsiumhydroksidista (KOH). Betonin alkalisuus on myös seurausta hydroksidi-ionin (OH⁻-ioni) konsentraatiosta. Hydroksidi-ioni voi liueta betonissa huokosveteen ja kulkeutua pintamateriaaleihin, jolloin alkalinen kosteus voi aiheuttaa hajoamisreaktion. (Merikallio ym. 2007: 42.)

Useimpien lattiatasoitteiden pH-arvo on alhaisempi kuin betonin. Alustaan liimattavan muovimatton kanssa suositellaan käytettäväksi betonin päällä matala-alkalista tasoitetta, jonka pH on alle 11,5. Tällöin alkalinen hydrolyysi ja mahdollinen VOC-emissioiden riski pienenee, mutta jos pH on alle 10, mikrobivaurioriski kasvaa (kuva 8). Lähtökohtaisesti matala-alkalisuus voidaan varmistaa tuotteen käyttöturvallisuustiedotteesta, eikä pH-arvon mittaamista ole tarpeen tehdä työmaalla, eikä määräykselle ole vakiintunutta mittaustapaa. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 13, 26.)



Kuva 8. Muovipäällysteen vauriota selittää alustassa läsnä olevan kosteuden pH-arvo (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 26).

Lattiatasoitteiden pH-arvo ei ole muuttumaton, vaan tyypillisesti tasoitteiden lujuuskehityksen edetessä pH-arvo muuttuu pienemmäksi (taulukko 2). Jos betoni on kosteaa, on mahdollista, että ajan kuluessa betonin alkalit muuttavat tasoitteen pH:ta, mutta aiheesta ei ole vielä riittävästi tutkimustietoa. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 14.)

Taulukko 2. Aarno Gladin diplomityössä mitattuja pH-arvoja myös tämän työn koekappaleissa käytetylle ARDEX K 33 -tasoitteelle (Tuotteiden ominaisuudet 2024).

ARDEX K 33	
Aika	pH
24 h	11,3
3 vrk	11,2
7 vrk	10,7
14 vrk	10,4
28 vrk	10,1
56 vrk	10,2
365 vrk	9,8

4.4 Päälysteliimat

Muovipäälysteen kiinnittämiseen käytetään pääsääntöisesti vesiohenteisia dispersioliimoja. Tietyissä tilanteissa käytetään myös kontaktioliimoja, sekä kaksikomponenttisia reaktioliimoja. Alkalisuuden kestävät liimat ovat yleensä etyleenikopolymeeri- ja viynyasettaattidispersio sideaineisia. Päälysteillä voidaan käyttää silaanimodifoituja tai uretaanipohjaisia päälysteliimoja. (Muovimatolla päälystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 18,19; Tuotteiden ominaisuudet 2024.)

Käytettäessä vesiohenteisia dispersioliimoja täytyy ottaa huomioon tuotteen kuivuminen. Tyypillisesti liima sisältää 30 % vettä. Osa kosteudesta imeytyy alapuoliseen rakenteeseen, mistä se haihtuu. Alustan tulee vastaanottaa liiman sisältämä kosteus, eli tarvitaan imukykyinen alusta. Alustan vedenimukyky vaikuttaa siihen, kuinka paljon pintakerroksen suhteellinen kosteus nousee. Päälyste voidaan yleensä kiinnittää märkäliimauksella tai tarraliimauksessa tuulettamalla liimaa ennen asennusta. Esimerkiksi tämän työn koekappaleissa käytetyn ARDEX AF 145:n tuuletusaika tarraliimauksessa huokoisella alustalla on noin 5–20 minuuttia ja tiiviillä alustalla noin 30–40 minuuttia. Lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus vaikuttavat paljon oikeaan hetkeen asentaa päälyste. Tarraliimauksessa mitattujen alustassa syntyvien emissioiden määrä on

todettu vähenevän. (Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen 2022: 18,19; Tuotteiden ominaisuudet 2024.)

5 Koemateriaalit ja järjestelyt

Betonivalujen päälle valikoitui kuusi erilaista lattijärjestelmää (taulukko 3). Kaikki työssä tutkittavat lattijärjestelmät ovat ARDEX-työohjeissa esiintyviä lattijärjestelmä-ratkaisuja sisäilma- ja radonkorjauksiin. Kyseisillä lattijärjestelmillä on toteutettu myös useita kohteita onnistuneesti.

Taulukko 3. Koekappaleiden lattijärjestelmät.

Koekappale	Höyrynsulku	Tasoite	Päällysteliima
K 1	P 40 MS	-	AF 180 MS
K 2	EP 2000	2 mm	AF 145
K 3	P 40 MS	2 mm	AF 145
K 4	P 40 MS	5 mm	AF 145
K 5	-	5 mm	AF 145
K 6	EP 1400	2 mm	AF 145

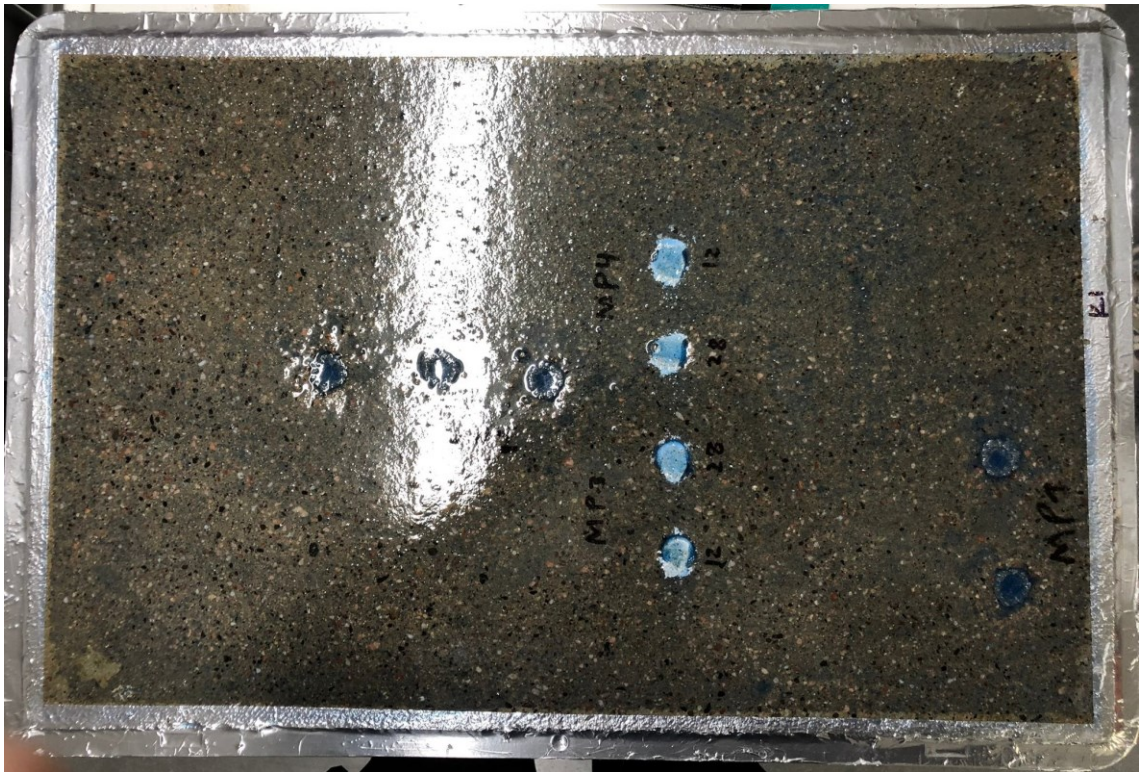
Tutkimuksessa kaikilla käytettävillä lattijärjestelmän tuotteilla on rakennusmateriaalien päästöluokat M1 ja EC 1 PLUS. Kaikki tuotteet asennettiin tuote-esitteiden mukaisesti ja erityisesti kiinnitettiin huomiota työskentelyolosuhteisiin lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden tuote-esitteiden teknisten tietojen ja ARDEX-laatuvaatimusten mukaisesti.

Tutkimuksessa koepalat valmistettiin tiiviiseen polypropyleenistä valmistettuun elintarvikelaatikoon. Laatikot ovat ulkomitoiltaan 600x400x70 mm ja sisämitoiltaan 567x367x67 mm. Betonin pinta hiottiin samaan tasoon kuin muovikaukalon reunaan asennettu tiivisteippi (kuva 9), jolloin valun keskipaksuudeksi saatiin 70 mm. Betonivalun reunat tiivistettiin valun jälkeen alumiiniteipillä kapeaan noin sentin levyiseen höyrynsulkukäsittelyyn (kuva 9) ja laatikon reunaan.



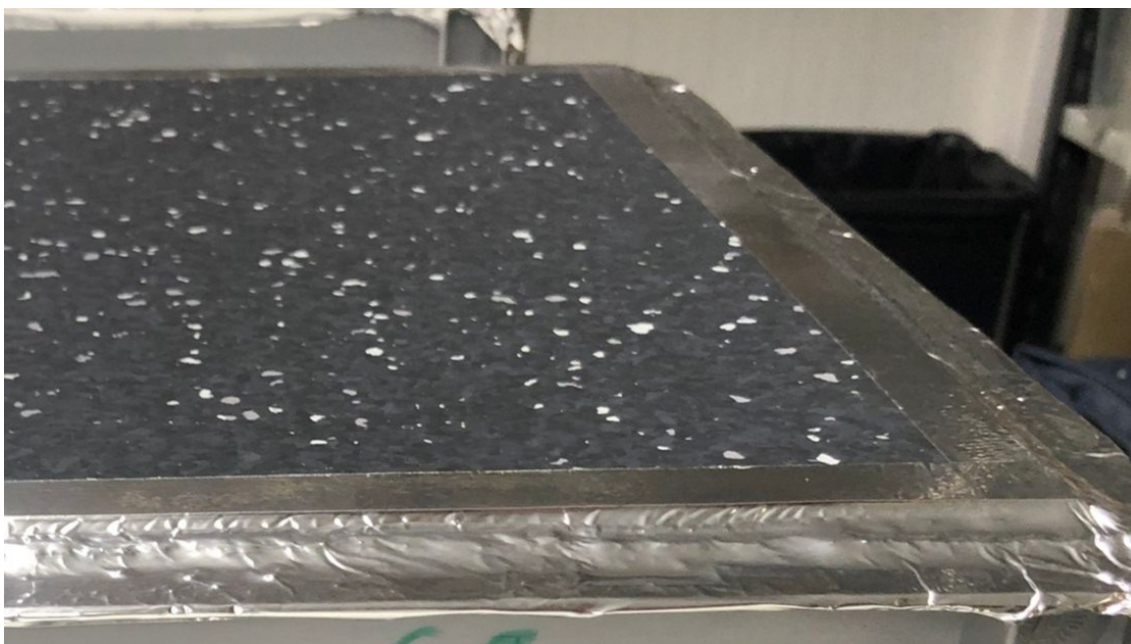
Kuva 9. Betonin reuna käsiteltynä ARDEX EP 2000 -höyrynsulkutuotteella, minkä päältä alumiiniteippi tiivistetään laatikon reunaan. Musta 3 mm paksu tiivistysnauha suojasi muovilaatikon reunaa ja toimi samalla myös korkotasona, kun sementtiliima hiottiin betonin pinnalta. (Kuva: Juha Talman.)

Lattiajärjestelmä rakennettiin betonivalun päälle (kuva 10).



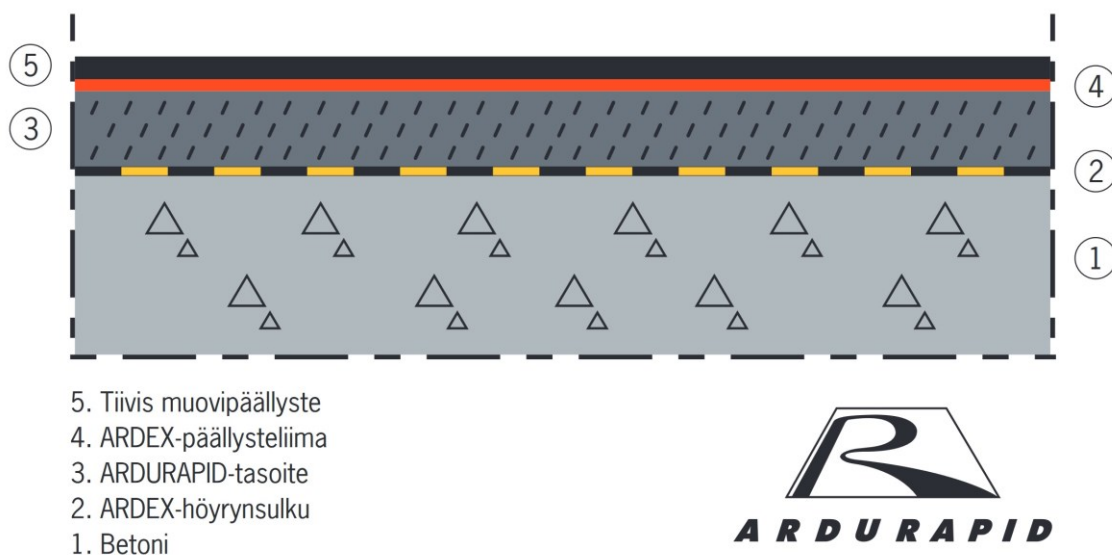
Kuva 10. Alumiiniteippi kiinnitettynä ARDEX EP 2000 käsittelyyn ja laatikon reunaan. Pinnalla näkyvä kiiltävä käsittely ARDEX P 40 MS levitettynä betonilla ja osittain alumiiniteipin päälle. Lähtötasomittauksien porareivät on täytetty ARDEX-tuoteperheeseen kuuluvilla epoksiteilla, mihin höyrynsulkukäsittelyt tarttuvat. (Kuva: Juha Talman.)

Lopuksi kaikissa koekappaleissa muovipäällysteen päälle asennettiin alumiiniteippi liittymään jo asennettuun alumiiniteippiin (kuva 11). Näillä työvaiheilla saatiin varmistettua koekappaleille täydellinen tiiveystaso estämään kosteuden poistuminen reuna-alueilta ja betonin kosteus siirtyä ainoastaan höyrynsulkutuotteiden tai pohjustusaineen lävitse lattiajärjestelmään.



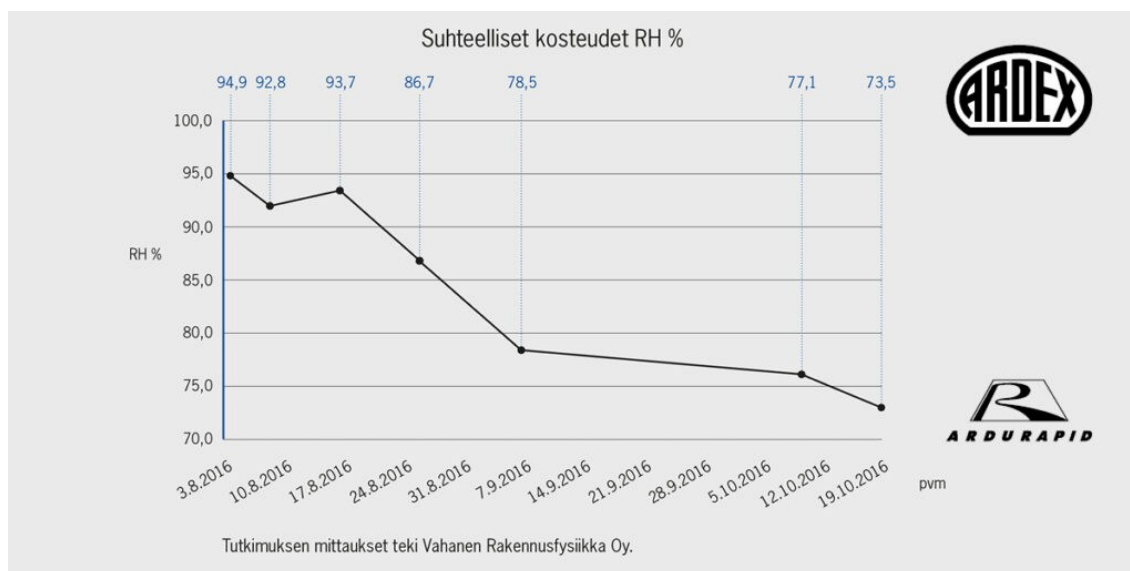
Kuva 11. Muovipäällysteen reuna teipattuna kuvan 10 alumiiniteippiin. Kosteus betonista ja tasoitteesta pääsee poistumaan vain koekappaleiden lattiajärjestelmän läpi. (Kuva: Juha Talman.)

Näiden työvaiheiden jälkeen saadaan K 2, K 3, K 4 ja K 6 koekappaleille kuvan 12 mukainen rakenne. Kappaleissa K 1 höyrynsulun päälle on kiinnitetty suoraan muovipäällyste, ja koekappaleessa K 5 höyrynsulkukerroksen tilalla on pohjustusaine.



Kuva 12. Tuotteiden sijoittuminen betonin päällä muovikaukalossa koekappaleilla K 2, K 3, K 4 ja K 6 (Ardex Oy:n kuvapankkikuva).

Kuvassa 13 esitettyä rakennetta on tutkittu myös aikaisemmin Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n toimesta, kun käytetään höyrynsulkutuotteen päällä ARDEX ARDURAPID-tasoitetta. ARDURAPID-tasoite pystyy sitomaan itseensä päällysteliiman kosteuden kahden tiiviin kerroksen välissä, missä kosteus ei pääse siirtymään alustaan tai ilmaan, vaan vesimäärä sitoutuu tuotteeseen täysin, kerrospaksuuksista riippumatta (kuva 13).



Kuva 13. Kaksi kuukautta kestäneessä tutkimuksessa suhteellisen kosteuden arvo on pienentynyt lähtötilanteesta 94,9 % RH arvoon 73,5 % RH (ARDURAPID-tuotteen kosteuskäyttäytyminen 2020).

5.1 Betonivalut

Tutkimuksessa käytettiin betonitehtaalta työmaalle toimitettavaa normaalisti kuivuvaa lattiabetonia (kuva 14). Betonin lujuusluokka oli C25/30, raekoko 8/16 ja notkeus S3. Betonin sementti oli nopean lujuudenkehityksen omaavaa rapidsementtiä (R). Betonin valmistaja ei pystynyt määrittämään vesisementtisuhdetta toimittamalleen betonille.



Kuva 14. Betonitehtaalta toimitettiin koekappaleiden valuihin omakotitalossa käytettyä lattiabetonia (Kuva: Juha Talman).

Koekappaleet valettiin muoviasioihin samanaikaisesti, minkä jälkeen massat tiivistettiin, hierrettiin ja liipattiin sileäksi. Liippauksen jälkeen betonivalut peitettiin rakennusmuovilla tiiviisti kaukaloiden reunaan rakennusteipillä seitsemän päivän ajaksi. Jälkihoiton jälkeen betonipintaa hiottiin noin kaksi millia timanttilaikalla niin että kiviaines selvästi leikkaantuu betonin pinnalla. Heti hionnan jälkeen kappaleet siirrettiin Ardex Oy:n olosuhdehuoneeseen odottamaan lähtötasomittauksia.

5.2 Höyrinsulkutuotteet

Lattiajärjestelmissä käytettiin kolmea erilaista höyrinsulkutuotetta. Työlle oleelliset vastusarvot S_d on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. ARDEX-höyrynsulkutuotteiden vastusarvot (Tuotteiden ominaisuudet 2024).

Höyrynsulkutuote	S_d , m
P 40 MS	7,5
EP 1400	58,62
EP 2000	135

Kappaleet joihin höyrynsulkutuotteita levitettiin, laskettiin tuotteiden menekki tarkkaan betonin pinta-alan mukaan ja sekoitusastiat punnittiin ennen ja jälkeen levityksen tarkkuusva'alla, jolloin voitiin varmistua oikeasta menekistä.

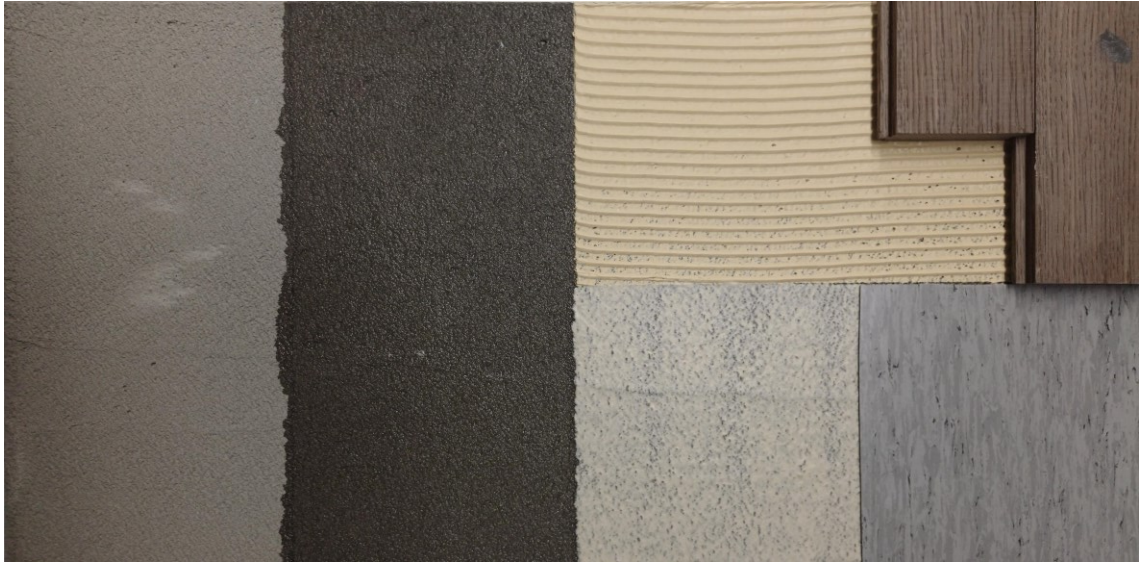
5.2.1 ARDEX P 40 MS

ARDEX P 40 MS on 1-komponenttinen silaanipohjustusaine, joka levitetään ennen tasoitteita, päällysteliimoja ja päällysteitä. Se läpäisee hyvin vesihöyryä: $S_d < 10$ (RT 103333). Tuotetta voidaan käyttää betonin jäännöskosteuden sulkemiseen tai heikkojen pintarakenteiden vahvistamiseen. Tuote toimii alkalisuojana betonin emäksisyyttä vastaan. Tuote levitettiin kolmeen koekappaleeseen suoraan betonin pintaan ohjeen mukaisesti TKB A2-lastalla, jolloin menekki oli kaikissa ohjeen mukainen 250 g/m^2 . P 40 MS voidaan levittää alustaan myös telalla (kuva 15).



Kuva 15. ARDEX P 40 MS voidaan levittää alustaan myös telaamalla (Ardex Oy:n kuvapankki-kuva).

Käsittelyn kuivuttua voidaan MS-höyrynsulun päälle kiinnittää päällystemateriaali suoraan 72 tunnin sisällä ARDEX SMP -liimalla (kuva 16). Koekappaleella K 1 pohjustuskäsittelyä ei tarvittu, kun muovipäällyste liimattiin suoraan silanimodifoidulla päällyste-liimalla ARDEX AF 180 MS, suoraan kiinni höyrynsulkukäsittelyyn.



Kuva 16. Rakennemalli kun ARDEX P 40 MS -höyrynsulun päälle kiinnitetään parketti tai muovipäällyste ARDEX SMP -liimalla (Kuva: Juha Talman).

ARDEX P 40 MS ei sovellu sellaisenaan tartuntapinnaksi tutkittavalle ARDEX K 33 -tasoitteelle, joten kaksi koekappaletta K 3 ja K 4 pohjustettiin ennen tasoitusta ARDEX P 7 -pohjustusaineella.

5.2.2 ARDEX EP 1400

Liutteeton höyrynsulku epoksi ARDEX EP 1400 soveltuu haitta-aineiden kapselointiin, betonin pohjustukseen ja pinnan vahvistukseen sekä halkeamien injektointiin betonilattioilla sisätiloissa. Tuotetta voidaan käyttää lisäksi höyrynsulkuna betonin jäännöskosteutta vastaan, jolloin se toimii alkalisuojana myös betonin alkalisuutta vastaan. ARDEX EP 1400 on hyvin tiivis käsittelykerros, koska sen S_d -arvo on yli 50.

Käsittely tehtiin yhdelle koekappaleelle K 6 kahteen kertaan, jolloin kokonaismenekki vastasi ohjeen 600 g/m^2 :ä. Tartunta tasoitteelle saatiin sirottelemalla ARDEX-kvartsihiekkaa (0,4–0,8 mm) toisen telaukerran yhteydessä niin että hiekka peitti kauttaaltaan käsittelyn pinnan. Ylimääräinen hiekka imuroitiin pois ennen tasoitusta.

5.2.3 ARDEX EP 2000

ARDEX EP 2000 -höyrynsulkuepoksilla voidaan hallita betonin pinnalla kapillaari- ja diffuusiokosteutta ulko- ja sisätiloissa. Lisäksi tuotetta käytetään haitta-aineiden hallintaan, injektointiin, juottamiseen, ankkurointiin ja rakennekosteuden hallintaan. Tuote soveltuu myös alkalisuojaksi betonin emäksisyyttä vastaan ja on hyvin tiivis käsittely, S_d -arvon ylittäessä reilusti yli 50.

Tuotetta levitettiin yhdelle koekappaleelle K 2 ja toiseen kerrokseen saatiin tartuntapinta sirottelemalla ARDEX-kvartsihiekkä (0,4–0,8 mm) toisen telauksen päälle, heti levityksen jälkeen (kuva 17).



Kuva 17. Kohteessa ARDEX-kvartsihiekkä (0,4–0,8 mm) levitettynä märän ARDEX 2000 höyrynsulkukäsittelyn päälle (Ardex Oy:n kuvapankkikuva).

5.3 ARDEX P 51 -pohjustusaine

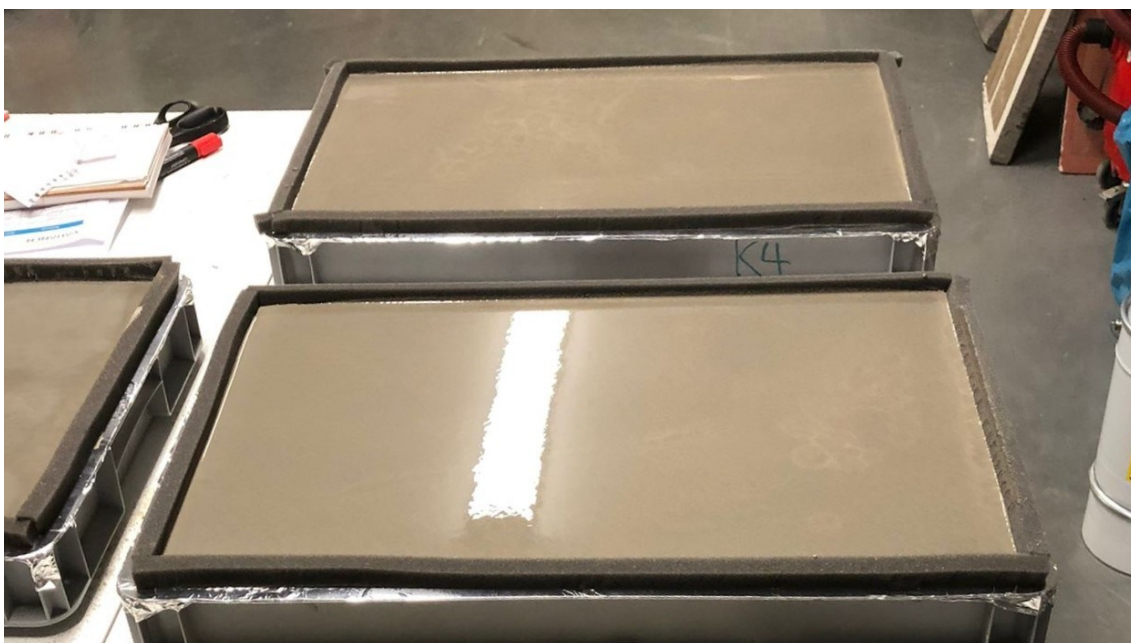
Tasoiitteet vaativat usein ARDEX-pohjustusaineen ennen tuotteen levitystä. Imukykyisellä betonipinnalla käytettiin tässä työssä koekappaleella K 5 ARDEX P 51 -pohjustusainetta laimennettuna vedellä suhteessa 1:5, koska alustana oli voimakkaasti imukykyinen betoni ilman höyrynsulkukäsittelyä. Pohjustusaine sitoo jäljelle jäävän pölyn betonin huokoseen, antaa tasoihteelle työajan, vähentää kosteuden siirtymistä tasoihteesta alustaan ja estää ilmakuplien syntymisen tasoihteeseen. Pohjustusaine levitettiin oikeaoppisesti kaatamalla ja harjaamalla se betonin pintaan (kuva 18).



Kuva 18. ARDEX P 51 kaadetaan laimennettuna vedellä alustalle ja harjataan pintaan kauttaaltaan. Tuotetta ei saa jättää lammikoiksi levityksen jälkeen. (Ardex Oy:n kuvapankki-kuva.)

5.4 ARDEX K 33 -lattiatasoite

Viidessä koekappaleessa K 2–K 6 käytettiin ARDEX K 33 -lattiatasoitetta ARDURA-PID-ominaisuudella, kerrospaksuuksissa 2 ja 5 mm (kuva 19). Höyrinsulun päällä vaaditaan aina vähintään 2 mm:ä tasoitetta, kun pintaan tulee liimattava päällyste tai pinnoite. ARDEX K 33 voidaan pinnoittaa EN 1504-2 standardin asettaman vaatimuksen jäykkien lattianpinnoitusjärjestelmien mukaisesti, irtivetolujuuden ollessa $\geq 2 \text{ N/mm}^2$ liikennöidyissä tiloissa. Tasoitekerros on pinnoitettavissa $+20 \text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötiloissa seitsemän vuorokauden kuluttua, kerrospaksuuksissa 1,5–15 mm.



Kuva 19. ARDEX K 33 levitettynä eri kerrospaksuuksiin. Rajalistalla tasoite rajattiin höyrinsulun päälle. (Kuva: Juha Talman.)

Koekappaleet voitiin päällystää muovipäällysteellä nopean kuivumisen ansiosta jo 24 tunnin kuluttua tasoituksesta.

5.5 ARDEX AF 145 -päällysteliima

ARDEX AF 145 on tutkimuksen päätuote päällysteiden liimaamiseen (kuva 20). Tuote soveltuu märkä- ja tarraliimaukseen monipuolisesti erilaisille päällysteille. Liima kestää

erityisen hyvin kosteutta ja hyvä alkutartunta helpottaa päällysteen asentamista. ARDEX AF 145 on yleisesti käytössä uudis- ja korjauskohteissa, kuten sisäilmakorjauksissa, märkätiloissa ja laivateollisuudessa.



Kuva 20. ARDEX AF 145 levitetynä tasoitteen päälle (Ardex Oy:n kuvapankkikuva).

Koekappaleissa K 2–K 6 liima levitettiin tasoitteiden päälle TKB A 1 liimakammalla, menekki oli noin 260 g/m².

5.6 ARDEX AF 180 MS -päällysteliima

Tutkimukseen otettiin mukaan myös ARDEX AF 180 -päällysteliima, millä voidaan kiinnittää ARDEX P 40 MS -höyrynsulkuun päällyste suoraan 72 tunnin aikana käsittelystä. ARDEX AF 180 on silaanimodifoitu polymeeripohjainen liima erilaisten päällysteiden kiinnittämiseen ulkona ja sisällä. Liima on täysin kosteudenkestävä. Kyseinen yksikomponenttinen liima ei sisällä lainkaan vettä ja on täysin liuotteeton.

Liima levitettiin suoraan ARDEX P 40 MS -höyrynsulun pintaan TKB A1 liimakammalla, menekki oli noin 300 g/m². SMP-pohjaisella liimalla tuli erityistä kiinnittää huomiota työskentelyolosuhteissa ilman suhteellisen kosteuteen, koska asennushetkellä vaatimus on yli 40 % RH.

5.7 Homogeeninen vinyylimatto

Kaikissa koekappaleissa käytettiin samaa tiivistä homogeenistä vinyylipäällystettä, jota käytetään yleisesti julkisissa tiloissa. Käytetty päällyste sopii erityisesti kouluihin, päiväkoteihin, palvelutaloihin ja sairaaloihin. Valmistajan mukaan päällyste kestää hyvin kosteutta, mutta päällysteen pehmittimet saattavat reagoida alkaliseen kosteuteen. Lisäksi huomiona oli, että alustan liian korkea kosteus päällysteelle saattaa aiheuttaa liiman kuivumisen hidastumista ja sitä kautta muita vaikeuksia, kuten päällysteen pussittamista höyrypaineen vaikutuksesta.

Mitä suurempi suhteellinen diffuusiovastus S_d päällystemateriaalilla on, sitä huonommin alustan kosteus myös poistuu koekappaleista (taulukko 5).

Taulukko 5. Päällystemateriaalien vesihöyryvastusarvoja (Betonin suhteellisen kosteuden mittaustaus 2021: 21).

Pintarakennetyyppi	S_d , m
tekstiilipäällyste avoimella alusrakenteella	< 1 m
alustaan liimattava parketti	< 1 m
sementtipohjaiset vedeneristeet	~ 1 m
liima	~ 2 m
joustovinyylimatto ja linoleumi	< 10 m
muoviaineiset vedeneristeet	5...50 m
alustaan kiinnittämättömien päällysteiden alusmateriaalit	10...50 m
massamaiset vedeneristeet	> 50 m
homogeeninen muovimatto	20...50 m
laminaatit ja vinyylilankut	30...60 m
tekstiilipäällysteet yleensä	10...100 m

6 Tutkimusmenetelmät

Koekappaleista tutkittiin kosteutta ja lämpöä mittaamalla eri tavoin. Mittaustavat on esitetty RT-ohjekortissa RT 103333, Betonin suhteellisen kosteuden mittaustaus. Jatkuvassa koekappaleiden silmämääräisessä tarkastelussa ei koekappaleissa, ARDEX-tuotteissa tai vinyylipäällysteessä esiintynyt vaurioita tutkimuksen aikana.

6.1 Olosuhdehuoneet

Tutkimuksessa seurattiin jatkuvasti ilman kosteutta ja lämpötilaa niissä tiloissa, missä koekappaleita säilytettiin. Tätä kautta päästään selville, jos tutkimuksessa tulee yllättäviä tai arvaamattomia tuloksia eri vaiheissa. Erityisesti viiltomittaus on herkkä lämpötilamuutoksille. Koekappaleet valmistettiin ja säilöttiin ennen viiltomittauksia Ardex Oy:n tiloissa. Kun koekappaleet olivat valmiita, ne siirrettiin Vahanen Oy:n omaan olosuhdehuoneeseen, missä säilytetään myös muissa tutkimuksessa käytettäviä koekappaleita.

6.2 Kosteusmittaukset

Kaikki tämän työn kosteusmittaukset koekappaleille suoritti Vahanen Rakennusfysiikka Oy (liite 1).

6.2.1 Porareikämittaus

Lähtötasomittaukset tehtiin porareikämittauksin yhdelle kappaleelle (K1: ARDEX P 40 MS + AF 180 MS) kuukausi betonivalujen jälkeen (Kuva 21.) Kyseinen mittaus toimi ns. lähtötasomittauksena, jonka perusteella voitiin tarkastella koekappaleiden betonin kuivumista ja arvioida sopivaa ajankohtaa päällystettävyyssmittauksille.



Kuva 21. Porareikämittaus lähtötilanteessa. Reiät paikattiin saman tuoteperheen epoksituotteilla (kuva 8). (Kuva: Juha Talman.)

Päällystettävyyssmittaukset suoritettiin kaikille koekappaleilla kaksi kuukautta valujen jälkeen, ennen kappaleiden lattiajärjestelmien rakentamista. Koekappaleiden betonin

suhteellisen kosteuden loppujakauma saatiin määritettyä porareikämittauksilla kuusi kuukautta betonivalujen jälkeen.

6.2.2 Viiltomittaus

Tutkimuksessa käytettiin RT 103333 -ohjekortissa esitettyä viiltomittausta, jossa tutkitaan mitta-anturilla päällysteen alapuolella kosteutta ja lämpötilaa (kuva 22). Tavoitteena oli selvittää eri koekappaleissa suhteellisen kosteuden nousua päällysteen alla eri vaiheissa.



Kuva 22. Viiltomittauksella suhteellisen kosteuden mittaamista VAISALA HM 42PROBE -mittapäällä muovipäällysteen alta (Kuva: Juha Talman).

6.2.3 Näytepalamittaus

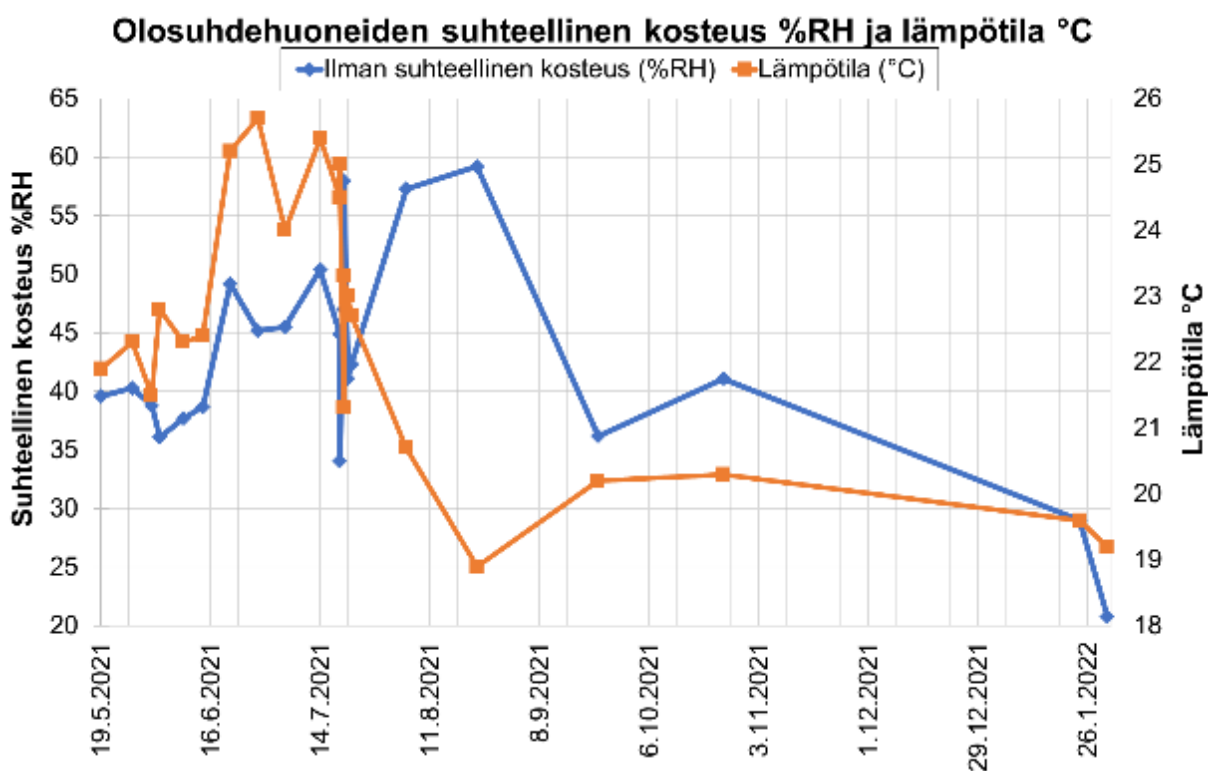
Näytepalamittaus suoritettiin kaikille koekappaleille kuusi kuukautta betonivalujen jälkeen koeputkimenetelmällä RT 103333 -ohjekortin mukaisesti. Näytteet otettiin pääosin tasoitepinnasta. Koekappaleella K 1 tasoitetta ei ollut, joten näyte on otettu betonin pinnalta.

7 Tulosten tarkastelu

Kaikki alkuperäiset kosteusmittaukset on esitetty liitteessä 1 ja tuloksia avataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

7.1 Olosuhteet tutkimuksen aikana

Työssä oli tarkoituksena tehdä koekappaleet ja mittaukset hallituissa olosuhteissa. Kuvassa 23 on esitettyä ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelua koko ajanjaksolta.



Kuva 23. Ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaukset kaaviona.

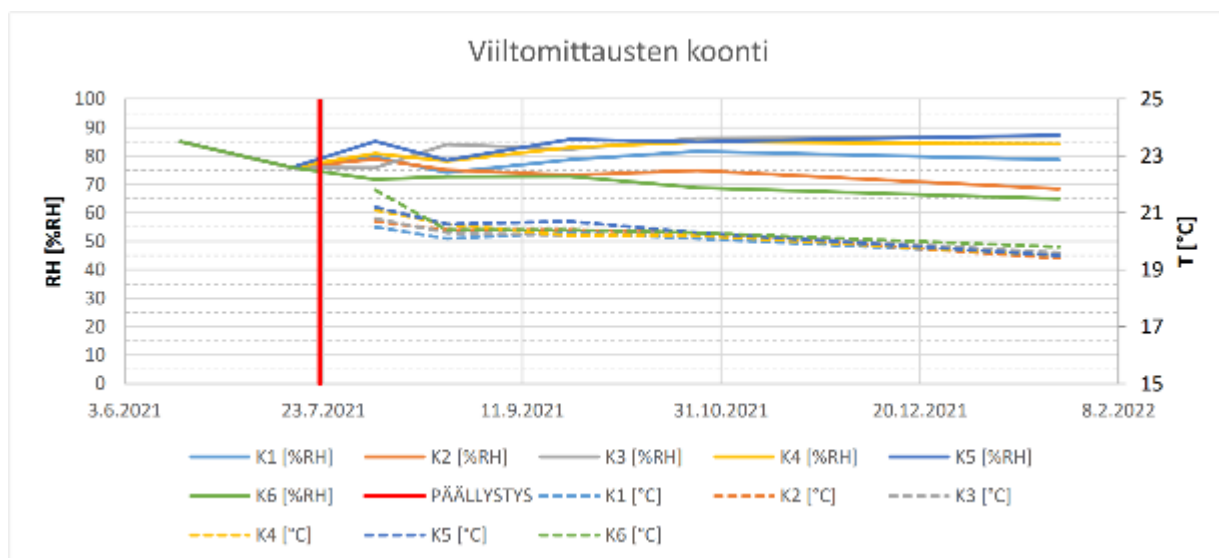
Betonin kuivumisen ja asennuksen aikana koekappaleet säilöttiin Ardex Oy:n olosuhdehuoneeseen, jossa mittauksia tehtiin aikavälillä 19.5.2021 – 22.7.2021. Kun koekappaleet olivat valmiita 23.7.2021, ne toimitettiin Vahasen olosuhdehuoneeseen loppujaksoksi 23.7.2021 – 31.1.2022. Tärkeää oli betonien kuivumisen ja erilaisten

asennusvaiheiden takia mitata olosuhteita tiheämmin eli noin viikon välein ensimmäisen kahden kuukauden aikana ja asennusvaiheessa oli jatkuvaa seuranta viikon ajan. Tarkoitus oli, että alun tiheämmistä mittausjaksoista voitaisiin selvittää, jos yllättäviä tuloksia ilmeni eri koekappaleiden välillä. Näihin ei kuitenkaan tarvinnut juuri palata.

Kaaviosta voidaan päätellä, että ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila on pysynyt hyvin hallinnassa vuodenaikoihin verrattuna. Ainoastaan 20.7.2021 jouduttiin muovipäällysteen asennuksen aikana ilman suhteellista kosteutta nostamaan keinotekoisesti il-
mankostuttimella, että saatiin ilman suhteellinen kosteus nostettua yli 40 % RH. AR-DEX AF 180 MS vaatii asennusvaiheessa vähintään 18 °C:n lämpötilaa ja ilman suhteellisen kosteuden tulee olla 40–65 % RH.

7.2 Viiltomittaukset

Viiltomittauksissa saadut suhteelliset kosteudet ja lämpötilat muovipäällysteen alapuolella on esitetty kuvassa 24. Viiltomittauksissa tapahtui ensimmäisten kolmen kuukauden aikana muutoksia mittausarvoissa, mikä liittyy suurimmaksi osin tasoitteen kykyyn sitoa kosteutta itseensä.



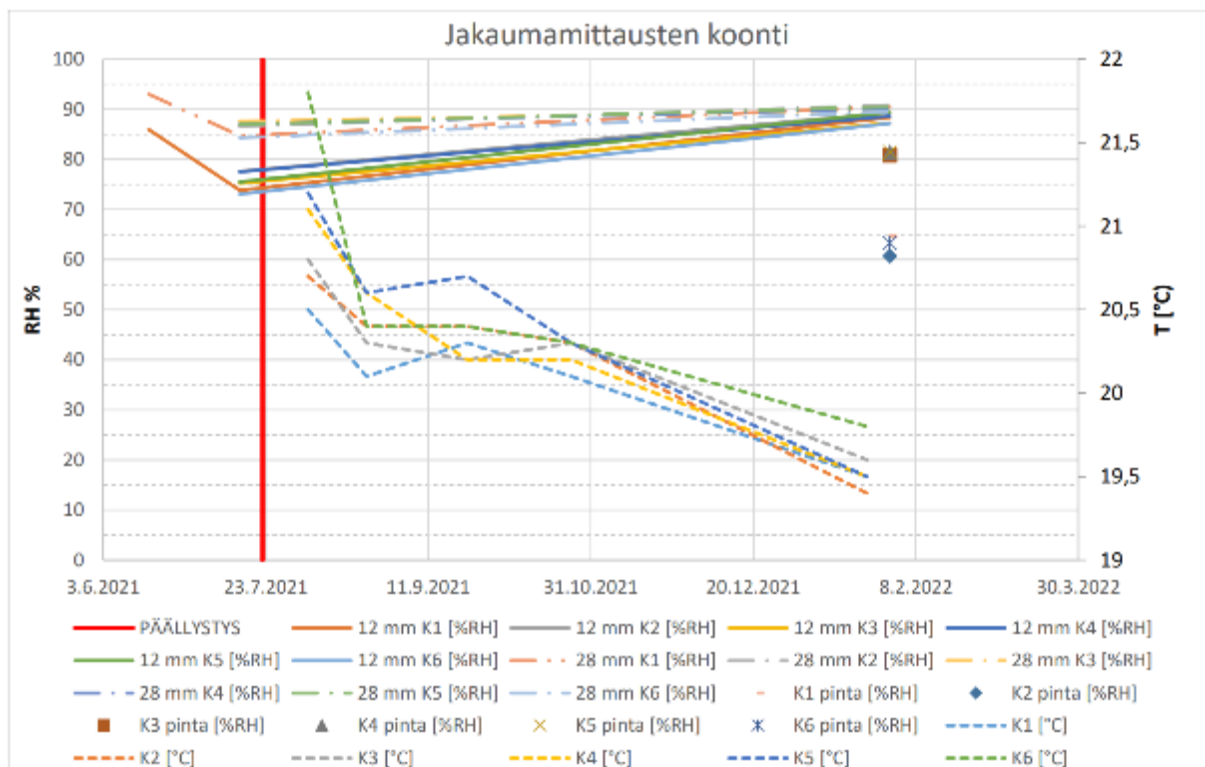
Kuva 24. Viiltomittausten koonti (liite 1).

Viiltomittauksilla tutkittiin miten eri koekappaleilla ja päällystejärjestelmillä betonin kosteus siirtyy tasoite- tai päällystekerrokseen kuuden kuukauden tarkastelujakson aikana. Muovipäällysteille tavoitearvona pidetään alustan suhteellista kosteutta <85 % RH. Kuvajasta voidaan päätellä, että koekappaleet K 3, K 4 eivät alita suhteellisen kosteuden 85 % RH raja-arvoa kuuden kuukauden jälkeen. Viiltomittauksien perusteella ARDEX P 40 MS kahden millin tasoitekerroksella koekappaleessa K 3 ja ARDEX P 40 MS viiden millin tasoitekerroksella koekappaleessa K 5 ja pelkkä viiden millin tasoitekerros, ilman höyrynsulkua koekappaleessa K 5 ei riitä estämään kosteuden tasaantumista muovipäällysteen alapuolelle. Lisäksi käyristä nähdään koekappaleiden K 3 ja K 4 osilta, että kosteuskäyrä on kasvava, kun muilla koekappaleilla käyrä on laskeva.

Viiltomittauksista on erotettavissa eri höyrynsulkujen oletetut ominaisuudet vesihöyryn vastusarvojen perusteella. ARDEX EP 1400:n (K 6) ja EP 2000:n (K 2) S_d -arvojen ollessa huomattavista suurempi kuin ARDEX P 40 MS -höyrynsulkutuotteella koekappaleilla K 1, K 3, K 4, betonin kosteus ei ole siirtynyt ollenkaan lattiajärjestelmään järeämpien höyrynsulkujen lävitse viiltomittauksien perusteella.

7.3 Porareikä- ja näytepalamittaukset

Porareikämittauksilla ja näytepalamittauksilla oli tarkoitus saada varmistus höyrynsulkutuotteiden toimivuudesta betonin kosteuden hallintaan. Tuloksista on koottu yhteen porareikämittaukset ja lopuksi näytepalamittaukset kuuden kuukauden tarkastelu ajavälillä kuvassa 25.



Kuva 25. Porareikä- ja näytepalamittausten koonti (liite 1).

Porareikämittauksissa ei ollut merkittäviä eroja eri koekappaleilla, vaikka höyrinsulku-
jen läpäisykyvyissä oli suuria eroja. Koekappaleissa käytetty muovipäällyste oli hyvin
tiivis, joten tutkitulla aikavälillä kosteus pääsi poistumaan koekappaleista hyvin hitaasti.

Näytepalamittausten perusteella voidaan erottaa selvät kaksi ryhmää: täysin vesi-
höyryä läpäisemättömät K 1, K 2, K 6 ja vesihöyryä läpäisevät K 3, K 4, K 5 koekappa-
leet. Näytepalamittausten perusteella kaikissa tilanteissa suhteellinen kosteus on ollut
riittävän alhainen muovipäällysteelle kuuden kuukauden jälkeenkin.

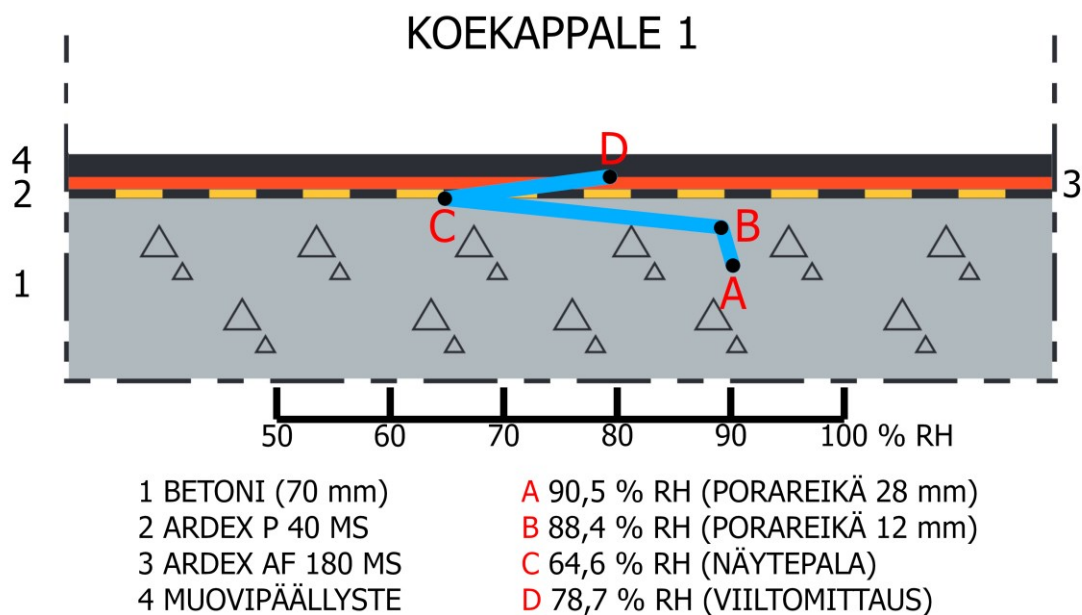
8 Tulosten tulkinta ja vertailu

Tuloksista voidaan todeta, että porareikämittaukset ovat onnistuneet kaikille koekappa-
leille oletetusti ja niissä ei ole keskenään suuria eroja. Kosteuspitoisuus kaikissa beto-
neissa on ollut lähellä toisiaan ja koekappaleiden kosteusjakauma noudattaa hyvin lat-
tiajärjestelmän läpäisevyyttä koekappaleissa.

Kaikissa koekappaleissa on jonkin verran eroa näytepalamittauksen ja viiltomittausten välillä, mihin täysin varmaa syytä ei löydetty. Suositeltu lämpötila viiltomittauksissa on lähellä +20 °C ja koekappaleen ja sisäilman välisen lämpötilaeron tulisi olla pieni noin $\pm 0,2$ °C, mikä mittauksissa täyttyi. Eri koekappaleilla erot ovat kuitenkin samanlaisia ja mittauksia päästiin vertailemaan keskenään. Koekappaleiden rakennekuvissa kosteusjakaumakäyrään saadut tulokset ovat laskettuja keskiarvoja loppujakaumista.

8.1 Koekappale K 1

Koekappaleessa K 1 (kuva 26) näytepalamittauksessa C suhteellisen kosteuden alhainen lukema betonin pinnassa oli todennäköisesti seurausta mittavirheestä tai ARDEX P 40 MS ja ARDEX AF 180 MS tuotteiden ominaisuudesta sitoa kosteutta itseensä. On hyvin todennäköistä, että jos betonin pinnasta otettaisiin myöhemmin uudelleen näytepalamittaus, kosteus tasaantuisi tiiviin järjestelmäkäsittelyn alle, koska porareikämittausten perusteella betonissa on edelleen reilusti kosteutta.

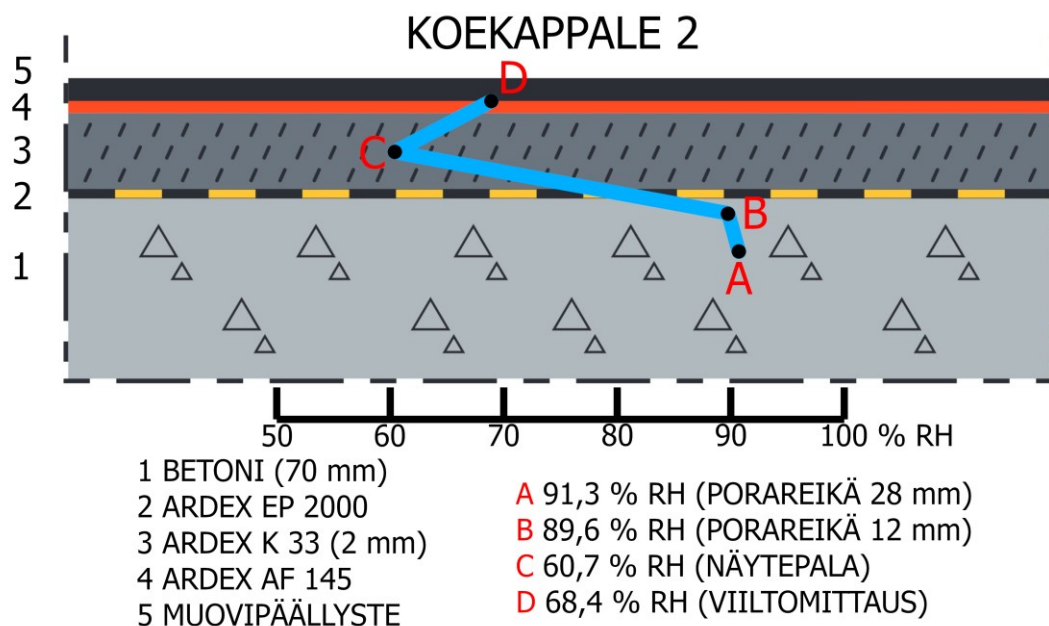


Kuva 26. Koekappaleen K 1 rakennekuvasta nähdään lattiajärjestelmän eri tuotteet ja suhteellisen kosteuden jakauma on kuvattu mittapistein.

Viiltomittauksissa päällysteen alta on saatu kuitenkin huomattava 14,1 % RH:n ero näytepalamittaukseen betonista, kun lukemien olettaisi olevan lähellä toisiaan tiiviillä päällysteellä. Viiltomittauksen korkeampi kosteuslukema on johdonmukaisempi ja sitä selittää se, että höyrynsulkukäsittelyn lävitse on kosteus tasaantunut liimaan muovipäällysteen alapuolelle.

8.2 Koekappale K 2

Koekappaleessa K 2 (kuva 27) olettamana oli, ettei ARDEX EP 2000 käsittelyn lävitse betonin kosteus pääse siirtymään tasoitekerrokseen, korkean S_d -arvon ollessa 135. Vertailemalla näytepalamittausta tasoitteesta muiden kappaleiden tasoitteiden näytepalamittauksiin, voidaan todeta, että ARDEX K 33 tasoitteen suhteellinen kosteus on pienin tässä koekappaleessa. Tasoitteessa on sisällään vain tasoitteen sisältämä oma jäännöskosteus ja liiman tuoma pieni kosteusmäärä sitoutuneena kemiallisesti tasoitteeseen.



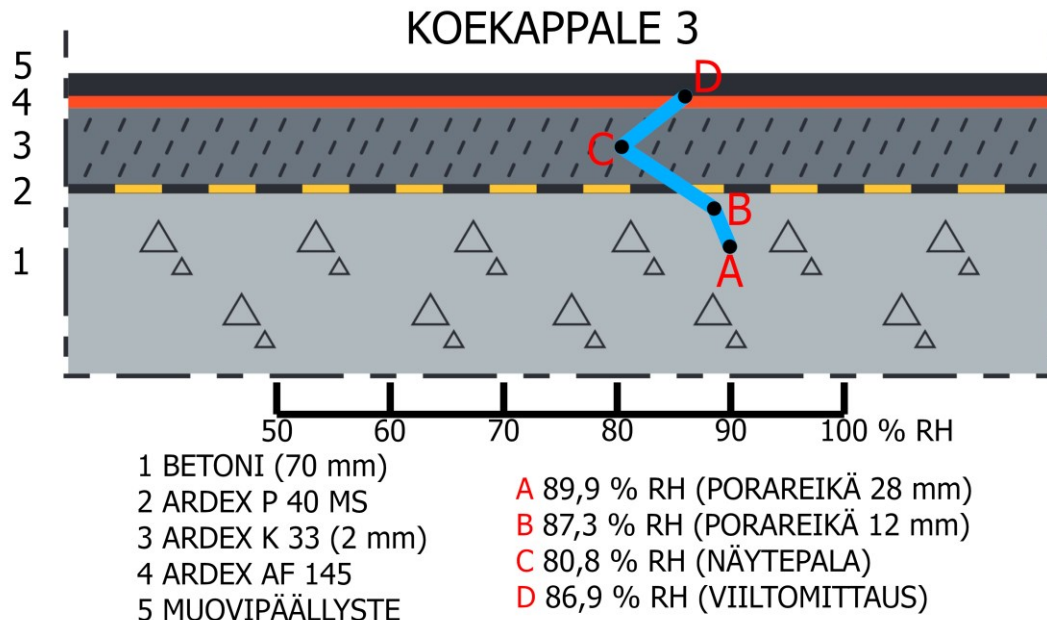
Kuva 27. Koekappaleen K 2 kosteusjakauma eri rakennekerroksissa.

Porareikämittauksissa 28 mm:n ja 12 mm:n syvyyksissä on saatu myös korkeimmat suhteellisen kosteuden arvot, mikä on johdonmukaista, kun betonin pinnalla on erittäin tiivis höyrynsulkukäsittely.

Viiltomittauksissa suhteellisen kosteuden ero näytepalaan on 7,7 % RH, mikä herättää kysymyksen, onko vika näytepalamittauksessa vai viiltomittauksessa. Näytepalamittauksessa virhetekijänä voi olla, että kosteutta ehtii haihtumaan siinä vaiheessa, kun näyte siirretään koeputkeen.

8.3 Koekappale K 3

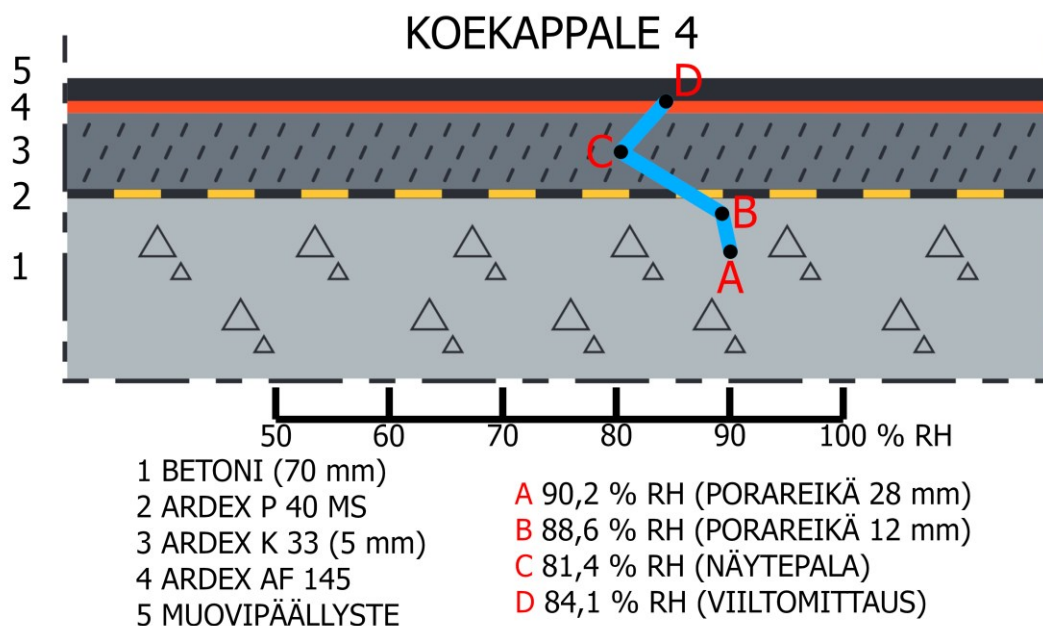
ARDEX P 40 MS on S_d -arvoltaan 7,5, joten oletus oli, että vertaillen korkeamman S_d -arvon omaaviin höyrynsulkutuotteisiin on todennäköistä että suhteellinen kosteus tasoitteessa on korkeampi. Kuvan 28 mukaisesti tasoitteen näytepalamittauksessa arvo on huomattavasti suurempi kuin ARDEX EP 2000 tai ARDEX EP 1400 höyrynsulkutuotteilla 2 mm:n kerrospaksuudella.



Kuva 28. Koekappaleen K 3 kosteusjakauma eri rakennekerroksissa.

8.4 Koekappale K 4

Koekappaleen K 4 tarkoitus oli tuoda lisää tietoa tasoitepaksuuden vaikutuksesta järjestelmässä, missä kosteus siirtyy höyrynsulkukalvon ARDEX P 40 MS:n lävitse (kuva 29). Ero koekappaleeseen K 3 on 3 mm paksumpi tasoitekerros. Päälystettävyyss aika on sama, 24 tuntia.

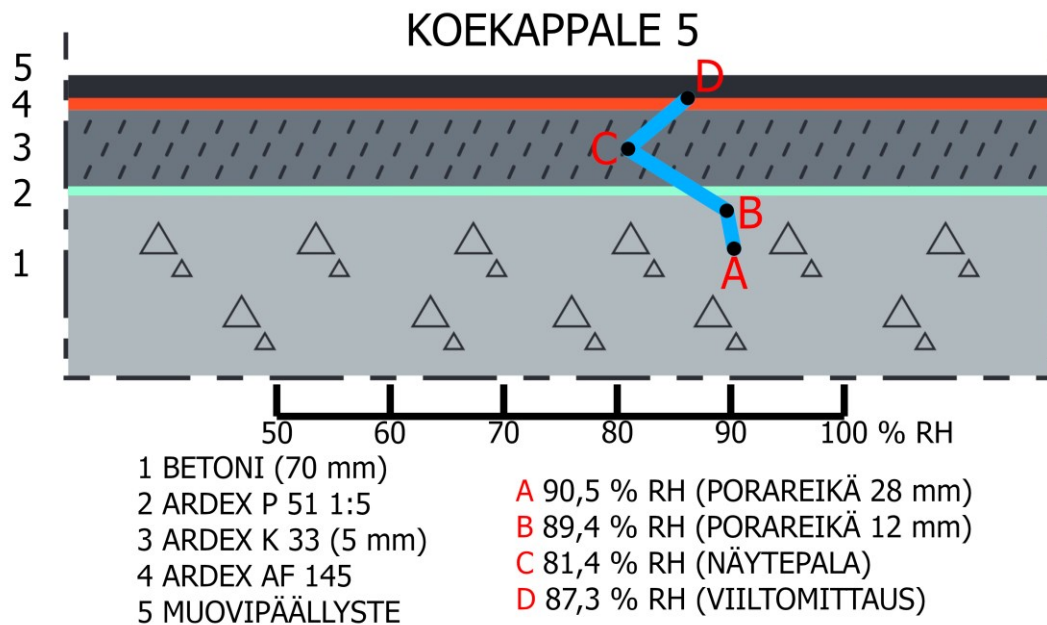


Kuva 29. Koekappaleen K 4 kosteusjakauma eri rakennekerroksissa.

Voidaan todeta että 2 tai 5 mm:n tasoitekerroksella ei ollut merkittävää vaikutusta kosteusmittauksissa, eli ARDEX K 33 tasoitepaksuus ei vaikuta kosteudensiirtymiseen merkittävästi muovipäällysten alapuolelle näillä kerrospaksuuksilla.

8.5 Koekappale K 5

Koekappaleessa K 5 tutkittiin lattiajärjestelmässä kosteuden siirtymistä pintakerrokseen ilman höyrynsulkukäsittelyä. Rakenne on tiiviiseen muovipäällysteeseen asti mahdollisimman avoin kosteuden siirtymiselle. Tässä rakenteessa myös betonin alkalinen kosteus voi päästä vaikuttamaan tasoitteen pH-arvoon (kuva 30).

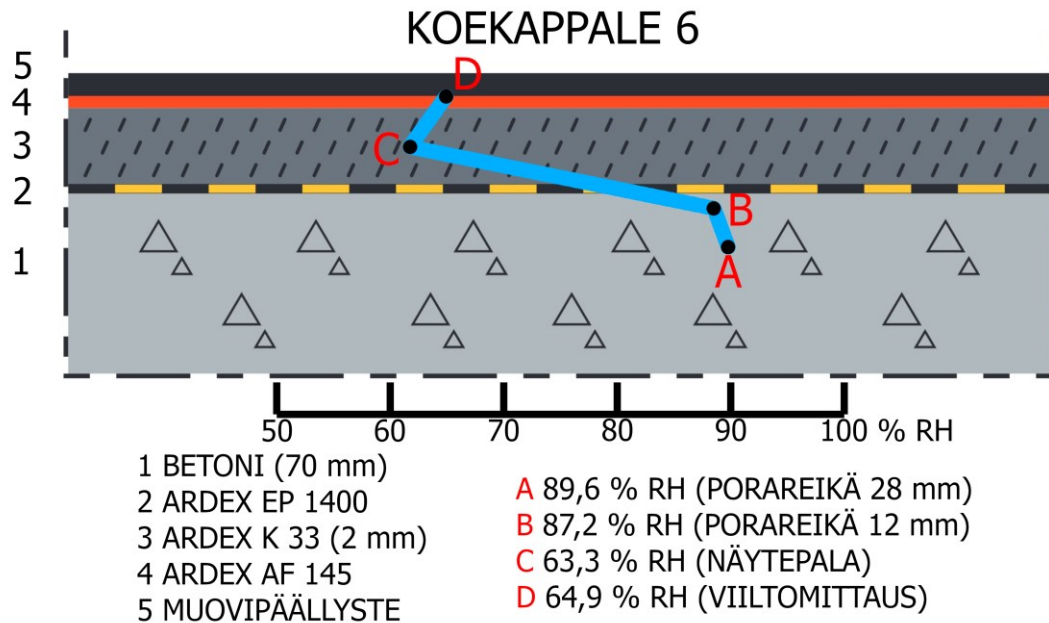


Kuva 30. Koekappaleen K 5 kosteusjakauma eri rakennekerroksissa.

Koekappaleen K 5 kosteusjakaumakäyrä mukailee paljon koekappaleiden K 3 ja K 4 kosteusjakaumaa, joissa ARDEX P 40 MS on huomattavasti tiiviimpi kerros betonin päällä kuin ARDEX P 51:tä laimennettuna vedellä suhteessa 1:5.

8.6 Koekappale K 6

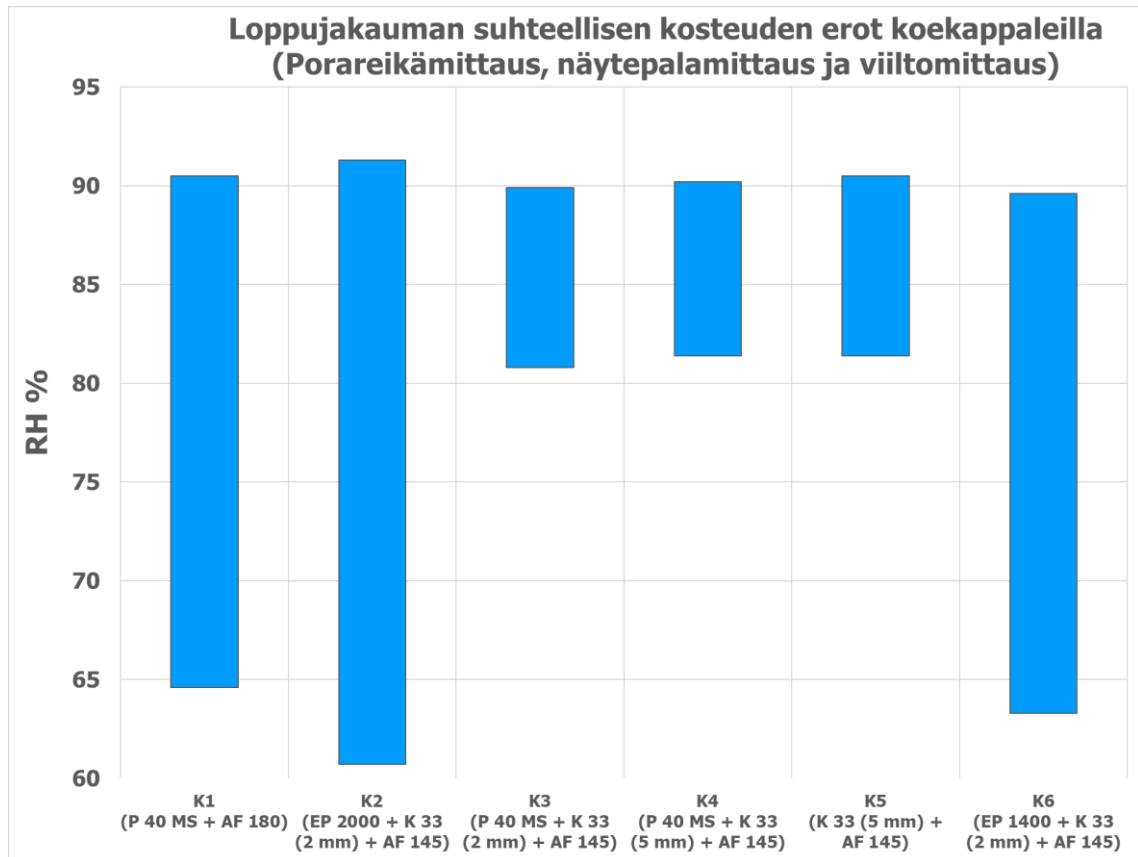
Koekappaleessa K 6 ARDEX EP 1400 on hyvin tiivis höyrynsulkukäsittely ja kosteusjakauma koekappaleessa on hyvin samanlainen kuin korkeamman S_d -arvon omaavalla EP 2000 höyrynsulkukäsittelyllä koekappaleessa K 2. ARDEX EP 1400 -höyrynsulkukäsittely estää kosteuden siirtymisen täysin tasoitteeseen, päällysteliimaan ja päällysteeseen (kuva 31).



Kuva 31. Koekappaleen K 6 kosteusjakauma eri rakennekerroksissa.

8.7 Koekappaleiden vertailu

Tulosten ja tulkintojen perusteella koekappaleita voidaan vertailla myös keskenään niin, että vertaillaan saatuja mittaustuloksia eri menetelmillä betonista ja lattiajärjestelmästä. Mitä tiiviimpi höyrynsulkukalvo on ollut betonin päällä, sitä suurempi ero tulee alusbetonin ja lattiajärjestelmän välillä. Kuvassa 32 on esitettyä koekappaleiden suhteellisen kosteuden mittaustulokset eri mittausten menetelmillä.



Kuva 32. Kuuden kuukauden jälkeen loppujakaumamittaukset koottuna yhteen eri koekappaleilla.

Kuvasta voidaan päätellä, että K 2 ja K 6 on ratkaisu, kun halutaan estää kokonaan betonin suhteellisen kosteuden vaikutus muovipäällysteeseen. Koekappaleen K 1 tuloksiin ei voitu täysin luottaa, koska näytepalamittaus saattoi olla virheellinen ja suurta eroa muodostui suhteessa viiltomittauksiin. Koekappaleilla K 3, K 4 ja K 5 suurta eroa keskenään ei muodostunut. Koekappaleilla K 1, K 2, K 3, K 4 ja K 6 voidaan pitää varmana, että pitkän ajan kuluessa, betonin alkalinen kosteus ei pääse vaikuttamaan taasoitekerrokseen, liimaan tai muovipäällysteeseen.

8.8 Lämpötilan vaikutus mittaustuloksiin

Kokeellisessa mielessä voidaan tutkia loppujakaumamittausten tuloksia käyttämällä Laura Virtasen opinnäytetyössään esittämää ehdotusta laskentakaavasta, jossa tarkastellaan lämpötilan vaikutusta suhteellisen kosteuden mittaustuloksiin (Sekki 2024).

Otettaessa huomioon alhainen lämpötila loppujakaumamittausten tuloksissa porareikä-, näytepala- ja viiltomittauksien kanssa, voidaan arvioida lämpötilan muuttuessa korkeammaksi aiheuttamaa vaikutusta tuloksiin kaavalla:

$$\Delta RH = (-7,75 \times 10^{-4} \times RH^2 + 0,10794 \times RH - 3,0414) \times \Delta T$$

$$RH_{korjattu} = RH_{mitattu} + \Delta RH$$

ΔRH betonin korjattu suhteellisen kosteuden arvo

ΔT haluttu lämpötilan erotus

RH alkuperäinen betonin suhteellinen kosteus.

Taulukosta 6 voidaan todeta, että alhainen lämpötila on vaikuttanut loppujakaumamittaustuloksiin, kun tarkastellaan eroa, millaiset tulokset olisivat voineet olla, jos lämpötila olisi ollut eri mittaustavoilla 3,35–3,85 °C korkeampia, eli 23 °C. Suhteelliset kosteuden arvot ovat nousseet 1,4–2,5 % RH.

Taulukko 6. Lämpötilan nousun vaikutus suhteellisen kosteuden mittauksiin.

Loppujakaumamittaukset jos lämpötila koekappaleilla nousee 23 °C:een

Koekappaleet	Porareikä (28 mm)	Porareikä (12 mm)	Näytepala	Viilto
K1 (P 40 MS + AF 180)	92,0 (+1,5)	90,1 (+1,7)	67,1 (+2,5)	81,0 (+2,3)
K2 (EP 2000 + K 33 (2 mm) + AF 145)	92,6 (+1,3)	91,0 (+1,4)	63,1 (+2,4)	71,0 (+2,6)
K3 (P 40 MS + K 33 (2 mm) + AF 145)	91,3 (+1,4)	88,9 (+1,6)	83,0 (+2,2)	88,6 (+1,7)
K4 (P 40 MS + K 33 (5 mm) + AF 145)	91,6 (+1,4)	90,1 (+1,5)	83,6 (+2,2)	86,0 (+2,0)
K5 (K 33 (5 mm) + AF 145)	91,9 (+1,4)	90,9 (+1,5)	83,6 (+2,2)	89,0 (+1,7)
K6 (EP 1400 + K 33 (2 mm) + AF 145)	91,1 (+1,5)	89,0 (+1,8)	65,8 (+2,5)	67,1 (+2,2)

Taulukosta voidaan todeta, että lämpötilalla ei ole suurta vaikutusta loppujakaumamittauksiin, eikä saada selvää selittävää tekijää näytepala- ja viiltomittausten välille. Erot kuitenkin tasaantuivat melkein kaikilla koekappaleilla niin, että näytepalamittauksissa suhteellisen kosteuden arvo kasvoi enemmän kuin viiltomittausten suhteellisen kosteuden arvot.

9 Johtopäätökset

Tutkimuksessa päästiin lopulliseen päämäärään ja saatiin selkeitä eroja erilaisilla lattiajärjestelmillä odotetusti. Porareikämittaukset betonista olivat samankaltaisia lähtötasomittauksissa kaikilla koekappaleilla, ja eroja tuli loppumittauksissa koekappaleiden kesken. Näytepala- ja viiltomittauksilla saatiin esille selkeät erot höyrynsulkutuotteiden lävitse siirtyvästä kosteudesta muuhun lattiajärjestelmään. Koekappaleella K 1 viiltomittauksien ero suhteessa näytepalamittauksiin oli 14,1 % RH, eikä täysin varmaa syytä tälle suhteellisen kosteuden erolle löydetty. Jälkeenpäin ajateltuna koekappaleista olisi

ollut hyvä ottaa näytepalamittauksella useampia arvoja tulosten luotettavuuden varmistamiseksi ja koekappaleet olisivat voineet olla isompia mittaustyön helpottamiseksi.

Tutkimus tuo hyvin esille, kuinka betonin rakennekosteus käyttäytyy erilaisissa AR-DEX-lattiajärjestelmäratkaisuissa kymmenen viikkoa vanhan betonivalun päällä puolen vuoden aikana. Koekappaleiden pintarakenteet ovat olleet yleisesti käytössä niin uudis- kuin korjausrakentamisessa, silloin kun halutaan varmuutta rakennekosteuden hallintaan tiiviille muovipäällysteelle tai halutaan nopeuttaa muiden kosteusherkkien pintamateriaalien asentamista.

Lattiajärjestelmänä betoni-tasoite-liima-lattiapäällyste on monimutkainen yhdistelmä. (Merikallio ym. 2007: 37–38.) Kun tähän lisätään alustaan levitettävä höyrynsulkutuote ja tartuntakäsittely höyrynsulkuun, lattiajärjestelmä monimutkaistuu. Oikein toteutettuna ARDEX-lattiajärjestelmällä voidaan estää hyvin kosteuden aiheuttamat sekundaariemissiöt. Höyrynsulkukäsittelyn etuna on myös, että tasoitekerros voi olla vähintään kahden millin paksuinen. Ohuella tasoitekerroksella saadaan päällysteliimalle imukykyinen alusta, eikä tasoitepaksuuksia tarvitse kasvattaa suojaavana kerroksena betonin kosteuden korkean pH:n siirtymälle päällysteliiman ja muovipäällysteen alapuolelle. Lisäksi höyrynsulkukäsittelyllä saadaan estettyä tasoitteen tuoman kosteuden siirtyminen betoniin.

Kosteustarkastelua tehtiin tässä työssä mittaamalla myös erikoistasoitteen kosteutta. Kenttäolosuhteissa kosteusmittaus erikoistasoitteista ennen päällystystä ei ole perusteltua, kun tiedetään materiaalivalmistajan tasoitteelle asettamat olosuhde- ja asennusvaatimukset.

10 Jatkotutkimustarve

Koska höyrynsulkutuotteiden käyttö betonin päällä ennen päällysteitä on ollut vähän esillä Suomessa yleisissä rakentamisen ja korjaamisen ohjeissa, julkaisuissa, tutkimuksissa ja artikkeleissa, olisi suotavaa tutkia aihetta lisää jo senkin perusteella, että saadaan lisää tutkittua tietoa ratkaisuista ja niiden toimivuudesta kosteusherkkien

päällysteiden kanssa erilaisilla alustoilla, vaikka kokemusperäistä tietoa ja toteutettuja kohteita löytyykin.

Tähän työhön liittyvässä jatkotutkimuksessa olisi hyvä selvittää alkalisen kosteuden vaikutusta tasoitteen pH-arvoon vertailemalla erilaisia lattiajärjestelmiä, jotka sisältävät erityyppisiä pohjustusaineita, höyrynsulkutuotteita, tasoitteita ja päällysteliimoja. Tutkimuksella saataisiin selvyttä, kuinka erilaiset lattiajärjestelmät toimivat näin sanottuna puskurina alustan alkaliselle kosteudelle ennen muovipäällystettä.

Lähteet

ARDEX – Sisäilmakorjausjärjestelmä. 2023. Verkkoaineisto. Ardex Oy. <<https://ardex.fi/wp-content/uploads/2023/03/ARDEX-Sisailmakorjausjarjestelma-l.pdf>>. Luettu 22.2.2024.

ARDURAPID-tuotteen kosteuskäyttäytyminen. 2020. Verkkoaineisto. Ardex Oy. <<https://ardex.fi/ardurapid-tuotteen-kosteuskayttaytyminen/>>. Luettu 25.2.2024.

Betonilattiat 2023: By 45. 2023. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010: By 54; BLY 12. 2010 Suomen betoniyhdistys. Helsinki: Betonova Oy.

Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. 2021. RT 103333. Rakennustieto.

Betonitekniikan oppikirja 2018: By 201. 2018. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

EN 12086:2013. Thermal insulating products for building applications – Determination of water vapour transmission properties. European Standards s.r.o.

Guidance Note No 5: The effective use of surface damp proof membranes. 2005. Verkkoaineisto. FeRFA - The Resing Flooring Association. <<http://www.nifl.co.uk/pdf/The%20Effective%20use%20of%20Surface%20Damp%20Proof%20Membranes.pdf>>. Luettu 9.4.2024.

Kommentit tulosten tulkintaan. 2024. Haastattelu. Sekki, Pauli. Afry Finland Oy. 19.2.2024.

Komonen, Juha; Merikallio, Tarja & Niemi, Sami. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. 2019. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Luettu 9.4.2024.

Latvala, Hermanni. 2020. Alusbetonin kosteuspitöisuuden pitkäaikaisvaikutus pinnoittamisessa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Thesus-tietokanta.

Moisture Controlled – Guaranteed fast track solutions from ARDEX the moisture control experts. 2023. Verkkoaineisto. Ardex UK Ltd. <<https://ardex.co.uk/wp-content/uploads/Moisture-Brochure.pdf>>. Luettu 11.12.2023.

Muovimatolla päällystetyt betonilattiat - Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen. 2022. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://tilatjaterveys.fi/documents/39510712/92619288/Muovimatolla+p%C3%A4%C3%A4llystetyt+betonilattiat+-+vauriot,+korjaustarpeen+arviointi+ja+korjaaminen.pdf/02fa8fcd-c25b-ba62-b509-f379ea81704d/Muovimatolla+p%C3%A4%C3%A4llystetyt+betonilattiat+-+vauriot,+korjaustarpeen+arviointi+ja+korjaaminen.pdf?t=1664796693033>>. Luettu 9.4.2024.

Rakennusfysiikka 1 - Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset: RIL 255-1. 2014. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1990. 1989. RT 14-10380. Rakennustieto.

Rakenteiden kosteuden mittaaja. 2024. Verkkoaineisto. Eurofins Expert Services Oy. <https://rakentamisensertifikaatit.fi/sertifikaatit/rakenteiden_kosteudenmittaaja>. Luettu 18.2.2024.

Rapid Screeds and Cement Screeds with Screed Additives: TKB 14. 2016. Technische Kommission Bauklebstoffe. Düsseldorf: Industrieverband Klebstoffe e.V.

SFS-EN 13813. 2004. Tasoitemassat ja lattiatasoiitteet. Tasoitemassat. Suomen Standardisoimisliitto.

Siikanen, Laura & Siikanen, Unto. 2023. Rakennusaineoppi. Rakennustieto Oy.

Sisäilma- ja radonkorjaukset – työohjeet. 2024. Verkkoaineisto. Ardex Oy. <<https://ardex.fi/tyoohjeet/sisailma-ja-radonkorjaukset/>>. Luettu 20.2.2024.

Technical Specification and Installation of Floor Levelling Compounds: TKB 9. 2008. Technische Kommission Bauklebstoffe. Düsseldorf: Industrieverband Klebstoffe e.V.

Tuotteiden ominaisuudet 2024. Yrityksen sisäinen aineisto. Ardex Oy.

Turunen, Timo. 2021. Rakennusfysiikka 2021, Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut: Kokemuksia suunnittelun ja työmaan laadunvarmistuksen ohjauksesta kosteudenhallinnan näkökulmasta. Verkkoaineisto. <<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/137348/978-952-03-2145-1.pdf;jsessionid=0345FF0F5A0FA8A56AD70068E57DB049?sequence=2>>. Luettu 4.5.2024.

Tutkimusselostus – Ardex EP 2000 haitta-aineiden läpäisevyystutkimus. Tutkimusseloste. 2010. Verkkoaineisto. Vahanen Oy. <<https://ardex.fi/wp-content/uploads/2019/08/Tutkimusselostus-ARDEX-EP-2000-l%C3%A4p%C3%A4isevyystutkimus.pdf>> Luettu 10.3.2024.

Virtanen, Laura. 2022. Lämpötilan vaikutus betonin suhteelliseen kosteuteen. Verkkoaineisto. <<https://rateko.fi/wp-content/uploads/2019/05/Virtanen-Laura-2022.pdf>>. Luettu 25.2.2024.

1.2.2022

ARDEX Oy

Opinnäytetyön koekappaleiden kosteusmittaukset

Yhteenvetoraportti

Tilaaaja:	Ardex Oy
Mittausten tekijä:	Vahanen Rakennusfysiikka Oy
Mittausten tausta:	Tehtävänä oli mitata Ardex Oy:n valmistelemien koekappaleiden suhteellista kosteuspitoisuutta opinnäytetyöhön liittyen. Koekappaleet säilytettiin vakio-olosuhteissa 20 °C / 50 % RH.
Mittausajankohta:	14.6.2021 – 31.1.2022
Mittausmenetelmä:	Mittaukset on tehty RT 103333 (huhtikuu 2021), Betonin suhteellisen kosteuden mittaus -ohjekortin mukaisilla mittausmenetelmillä (porareikämittaus ja näytepalamittaus), sekä lattianpäällysteen alta tehtävällä viiltomittauksilla.
Mittalaitteet:	Suhteellisen kosteuden mittaukset on tehty Vaisala Oyj:n valmistamilla ja Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n noin neljän kuukauden välein kalibroimilla HMP40S, HMP44 ja/tai HM44 kosteus- ja lämpötilamittapäillä. Viiltomittauksissa käytettyihin Vaisala Oyj:n valmistamia HMP42 mittapäitä.
Koekappaleet:	Koekappaleet olivat muovikaukaloihin valettuja betonikappaleita. Koekappaleet valettiin 19.5.2021. Muoviastioiden ulkomitat olivat 600 mm x 400 mm x 75 mm. Koekappaleissa oli käytetty erilaisia höyrysulkuja, taasoitekerrospaksuuksia ja mattoliimoja (taulukko 1). Kaikkiin koekappaleisiin oli asennettu sama muovimattopinnoite. <i>Taulukko 1. Koekappaleissa käytetyt materiaalit.</i>

1.2.2022

Koekappale	Höyrynsulku	Tasoitekerros, Ardex K 33	Liima
K1	P 40 MS	-	AF 180 MS
K2	EP 2000	2 mm	AF 145
K3	P 40 MS	2 mm	AF 145
K4	P 40 MS	5 mm	AF 145
K5	-	5 mm	AF 145
K6	EP 1400	2 mm	AF 145

Mittausten laajuus:

Mittaukset on tehty tilaajan tilausten mukaan.

Kosteusjakamamittaukset porareikämenetelmällä, syvyydet 12 mm ja 28 mm. Viimeisellä mittauskerralla mitattiin myös näytekappaleiden pintaosien suhteellinen kosteus näytepalamenetelmällä:

- Lähtötasomittaus yhdestä koekappaleesta 14-17.6.2021, 4 kpl
- Päälystettävyydsmittaus kaikista koekappaleista 12-16.7.2021, 24 kpl
- Loppujakaumat kaikista koekappaleista 24 kpl ja näytepalamittaukset kaikkien koekappaleiden pintaosasta/tasoitteesta 6 kpl. 24-31.1.2022.

Viiltomittaukset kaikista koekappaleista muovimattopinnoitteen alta:

- 5.8.2021, 6 kpl
- 23.8.2021, 6 kpl
- 23.9.2021, 6 kpl
- 25.10.2021, 6 kpl
- 24.1.2022, 6 kpl

Mittaustulokset:

Yksittäisten mittausten mittaustulokset on esitetty raportin liitteissä.

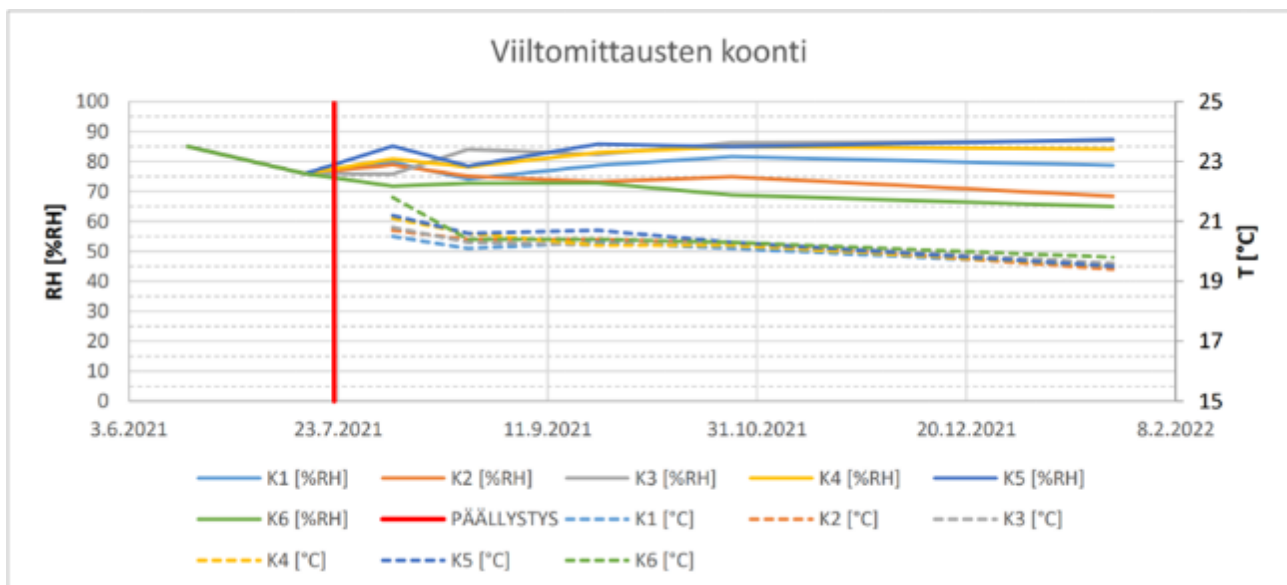
Porareikämenetelmällä tehtyjen mittausten mittauserpävarmuusluokka on ± 2 .

1.2.2022

Näytepalamenetelmällä tehtyjen mittausten mittausepävarmuusluokka on ± 2 .

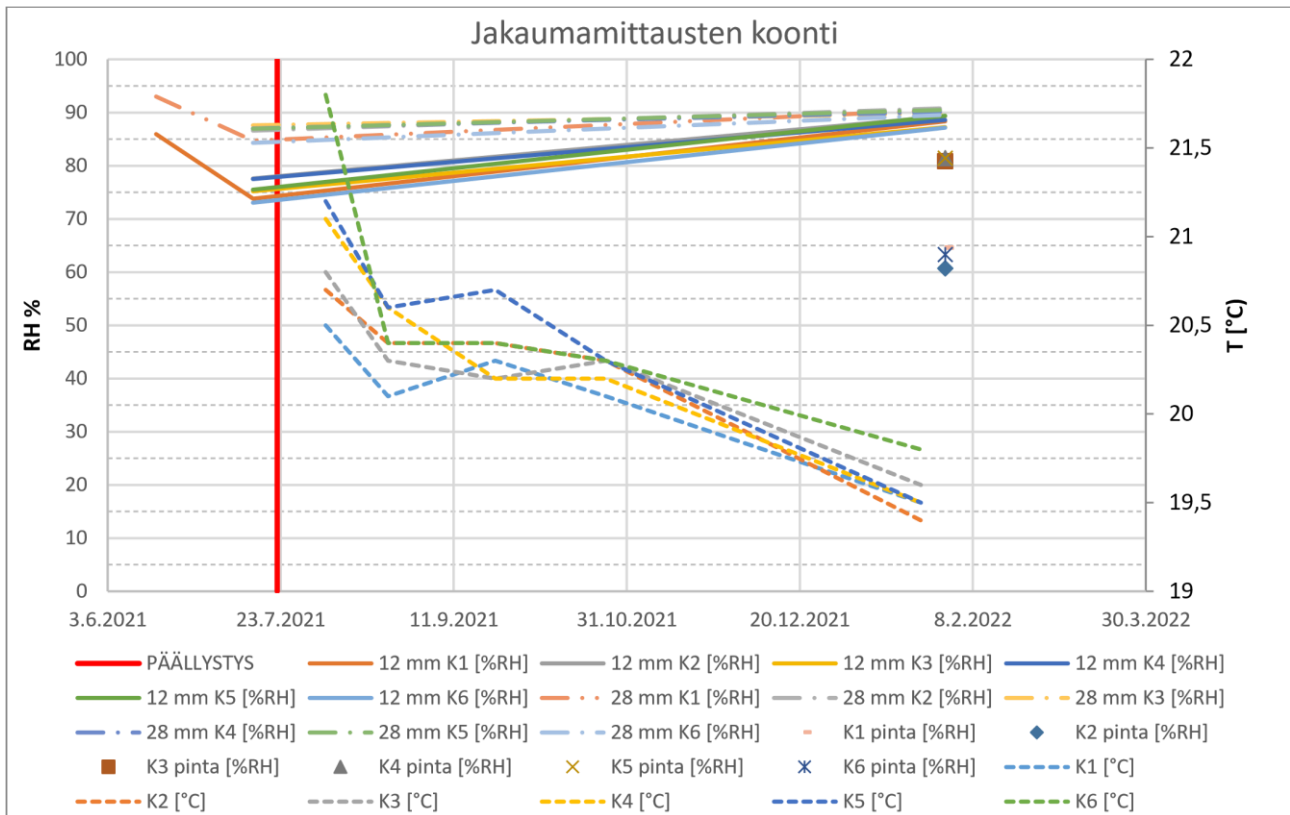
Yhteenveto:

Mittaukset toteutettiin onnistuneesti ja suunnitellussa aikataulussa. Alla olevissa kuvaajissa on esitetty viiltomittausten ja jakaumamittausten mitaustulokset kootusti.



Kuvaaja 1. Viiltomittausten mittaustulosten koonti.

1.2.2022



Kuvaaja 2. Jakaumamittausten mittaustulosten koonti.

Espoossa 1.2.2022

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Roope Meriläinen, Ins. AMK

Asiantuntija

- Liitteet:
1. Jakaumamittaukset porareikä- ja näytepalamenetelmällä 1–3
 2. Viiltomittaukset 1–5

Ardex Oy

Opinnäytetyön koekappaleiden kosteusmittaukset

1.2.2022

Ardex Oy, Opinnäytetyön kosteusmittaukset 1		Porattu 14.6.2021		17.6.2021	
Mittauskohta	Syvyys / Rakenne	Anturi nro.	t (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)
K1.MP1 Reunassa	Sisäilma	7	22,6	45,8	9,2
	12 mm	26	22,1	85,1	16,6
	28 mm	33	22,2	93,7	18,4
K1.MP2 Keskellä	Sisäilma	7	22,6	45,8	9,2
	12 mm	25	22,8	86,8	17,6
	28 mm	34	22,5	92,3	18,4

Ardex Oy

Opinnäytetyön koekappaleiden kosteusmittaukset

1.2.2022

Ardex Oy, Opinnäytetyön kosteusmittaukset 2		Porattu 12.7.2021		15.7.2021	
Mittauskohta	Syvyys / Rakenne	Anturi nro.	t (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)
K1.MP3 Koekappale 1 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	21	25,1	72,5	16,8
	28 mm	25	25,0	84,0	19,3
K1.MP4 Koekappale 1 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	22	25,2	75,1	17,5
	28 mm	24	25,0	85,4	19,6
K2.MP1 Koekappale 2 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	26	25,3	73,2	17,1
	28 mm	23	25,1	87,4	20,2
K2.MP2 Koekappale 2 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	20	25,1	82,0	19,0
	28 mm	19	25,0	85,8	19,7
K3.MP1 Koekappale 3 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	29	25,2	76,8	17,9
	28 mm	28	25,0	87,0	20,0
K3.MP2 Koekappale 3 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	33	25,2	73,6	17,1
	28 mm	31	25,2	88,2	20,5
K4.MP1 Koekappale 4 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	27	24,8	76,6	17,4
	28 mm	34	24,7	86,8	19,6
K4.MP2 Koekappale 4 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	36	24,7	78,4	17,7
	28 mm	30	24,7	87,2	19,7
K5.MP1 Koekappale 5 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	35	24,9	73,2	16,7
	28 mm	32	24,7	87,1	19,7
K5.MP2 Koekappale 5 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	40	25,1	77,8	18,0
	28 mm	41	25,0	86,8	20,0
K6.MP1 Koekappale 6 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	44	25,1	73,8	17,1
	28 mm	43	25,1	84,2	19,5
K6.MP2 Koekappale 6 Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	47	25,5	58,0	13,7
	12 mm	39	25,1	72,3	16,7
	28 mm	37	25,0	84,4	19,4

Ardex Oy

Opinnäytetyön koekappaleiden kosteusmittaukset

1.2.2022

Mittauspöytäkirja
Porareikämittaukset

Ardex Oy, Opinnäytetyön kosteusmittaukset, loppujakaumat		Porattu 28.1.2022		31.1.2022	
Mittauskohta	Syvyys / Rakenne	Anturi nro.	t (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)
K1.MP5 Koekappale 1, ei tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	45	19,0	87,8	14,3
	28 mm	21	19,1	90,4	14,8
K1.MP6 Koekappale 1, ei tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	43	19,3	88,9	14,8
	28 mm	23	19,2	90,6	14,9
K2.MP3 Koekappale 2, 2 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	24	19,6	88,8	15,0
	28 mm	22	19,4	90,9	15,2
K2.MP4 Koekappale 2, 2 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	17	19,7	89,8	15,2
	28 mm	19	19,4	91,6	15,3
K3.MP3 Koekappale 3, 2 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	29	19,6	86,3	14,6
	28 mm	33	19,4	89,6	15,0
K3.MP4 Koekappale 3, 2 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	34	19,5	88,2	14,8
	28 mm	26	19,5	90,1	15,1
K4.MP3 Koekappale 4, 5 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	14	19,7	88,4	15,0
	28 mm	18	19,4	90,3	15,1
K4.MP4 Koekappale 4, 5 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	66	19,4	88,8	14,8
	28 mm	13	19,3	90,0	14,9
K5.MP3 Koekappale 5, 5 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	71	19,3	89,1	14,8
	28 mm	68	19,3	90,3	15,0
K5.MP4 Koekappale 5, 5 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	69	19,3	89,7	14,9
	28 mm	72	19,2	90,7	15,0
K6.MP3 Koekappale 6, 2 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	15	19,3	87,3	14,5
	28 mm	28	19,3	89,4	14,8
K6.MP4 Koekappale 6, 2 mm tasoitetta Ulkomitat: 600 mm x 400 mm x 75 mm	Sisäilma	32	19,2	20,8	3,4
	12 mm	36	19,2	87,0	14,3
	28 mm	25	19,3	89,7	14,9

1.2.2022

		Ardex Opinnäytetyön mittaukset, loppujakauma näytepaloilla						24.1.2022
Mittauskohta	Syvyys / Rakenne	Koeputki 1			Koeputki 2			Keski- arvo
		Anturi nro.	t (°C)	RH (%)	Anturi nro.	t (°C)	RH (%)	
K1 Ei tasoitetta Koekappale 1 Ikkomat: 600 mm x 400 mm x 75 m	Sisäilma	87	19,4	25,7				
	betonin pinta	92	*	64,6		*		64,6
K2 2 mm tasoitetta Koekappale 2 Ikkomat: 600 mm x 400 mm x 75 m	Sisäilma	87	19,4	25,7				
	tasoitteen pinta	89		60,7		*		60,7
K3 2 mm tasoitetta Koekappale 3 Ikkomat: 600 mm x 400 mm x 75 m	Sisäilma	87	19,4	25,7				
	tasoitteen pinta	90		80,8		*		80,8
K4 5 mm tasoitetta Koekappale 4 Ikkomat: 600 mm x 400 mm x 75 m	Sisäilma	87	19,4	25,7				
	tasoitteen pinta	93	*	81,4		*		81,4
K5 5 mm tasoitetta Koekappale 5 Ikkomat: 600 mm x 400 mm x 75 m	Sisäilma	87	19,4	25,7				
	tasoitteen pinta	91	*	81,4		*		81,4
K6 2 mm tasoitetta Koekappale 6 Ikkomat: 600 mm x 400 mm x 75 m	Sisäilma	87	19,4	25,7				
	tasoitteen pinta	86	*	63,3		*		63,3

Ardex Oy

Opinnäytetyön koekappaleiden kosteusmittaukset

1.2.2022

		Ardex Kosteusmittaukset, Viilomittaus 1					5.8.2021				
Mittapiste	Sijainti	Anturi #	T (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)	Si Anturi #	Si T (°C)	Si RH (%)	Si abs (g/m ³)	Aistinvaraiset havainnot	
K1	Pääty	H38	20,5	79,7	14,2	H41	20,7	57,3	10,3		
K2	Pääty	H39	20,7	78,9	14,2	H41	20,7	57,3	10,3		
K3	Pääty	H40	20,8	75,8	13,7	H41	20,7	57,3	10,3		
K4	Pääty	H36	21,1	80,8	14,9	H41	20,7	57,3	10,3		
K5	Pääty	H37	21,2	85,1	15,8	H41	20,7	57,3	10,3		
K6	Pääty	H35	21,8	71,7	13,8	H41	20,7	57,3	10,3		

		Ardex Kosteusmittaukset, Viilomittaus 2					23.8.2021				
Mittapiste	Sijainti	Anturi #	T (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)	Si Anturi #	Si T (°C)	Si RH (%)	Si abs (g/m ³)	Aistinvaraiset havainnot	
K1	Pääty	HM40	20,1	74,1	12,9	HM40	18,9	59,2	9,6		
K2	Pääty	HM41	20,4	75,1	13,3	HM40	18,9	59,2	9,6		
K3	Pääty	HM38	20,3	84,0	14,8	HM40	18,9	59,2	9,6		
K4	Pääty	HM40	20,6	78,2	14,0	HM40	18,9	59,2	9,6		
K5	Pääty	HM41	20,6	78,5	14,0	HM40	18,9	59,2	9,6		
K6	Pääty	HM39	20,4	72,7	12,9	HM40	18,9	59,2	9,6		

		Ardex Kosteusmittaukset, Viilomittaus 3					23.9.2021				
Mittapiste	Sijainti	Anturi #	T (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)	Si Anturi #	Si T (°C)	Si RH (%)	Si abs (g/m ³)	Aistinvaraiset havainnot	
K1	Pääty	H13	20,3	78,7	13,8	H31	20,2	36,2	6,3		
K2	Pääty	H30	20,4	73,2	12,9	H31	20,2	36,2	6,3		
K3	Pääty	H15	20,2	82,4	14,4	H31	20,2	36,2	6,3		
K4	Pääty	H32	20,2	83,0	14,5	H31	20,2	36,2	6,3		
K5	Pääty	H33	20,7	85,8	15,4	H31	20,2	36,2	6,3		
K6	Pääty	H31	20,4	72,8	12,9	H31	20,2	36,2	6,3		

		Ardex Kosteusmittaukset, Viilomittaus 4					25.10.2021				
Mittapiste	Sijainti	Anturi #	T (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)	Si Anturi #	Si T (°C)	Si RH (%)	Si abs (g/m ³)	Aistinvaraiset havainnot	
K1	Pääty	H38	20,1	81,6	14,2	H39	20,3	41,1	7,2		
K2	Pääty	H39	20,3	74,9	13,2	H39	20,3	41,1	7,2		
K3	Pääty	H34	20,3	86,2	15,2	H39	20,3	41,1	7,2		
K4	Pääty	H37	20,2	84,9	14,8	H39	20,3	41,1	7,2		
K5	Pääty	H35	20,3	84,9	14,9	H39	20,3	41,1	7,2		
K6	Pääty	H38	20,3	68,8	12,1	H39	20,3	41,1	7,2		

		Ardex Kosteusmittaukset, Viilomittaus 5					24.1.2022				
Mittapiste	Sijainti	Anturi #	T (°C)	RH (%)	abs (g/m ³)	Si Anturi #	Si T (°C)	Si RH (%)	Si abs (g/m ³)	Aistinvaraiset havainnot	
K1	Keskellä	H10	19,5	78,7	13,2	H12	19,6	29	4,9		
K2	Keskellä	H21	19,4	68,4	11,4	H12	19,6	29	4,9		
K3	Keskellä	H4	19,6	86,9	14,7	H12	19,6	29	4,9		
K4	Keskellä	H3	19,5	84,1	14,1	H12	19,6	29	4,9		
K5	Keskellä	H2	19,5	87,3	14,7	H12	19,6	29	4,9		
K6	Keskellä	H12	19,8	64,9	11,1	H12	19,6	29	4,9		