



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Valtteri Härkki

Pintabetonilattioiden kuivumistavoitteiden saavuttaminen referenssihankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

30.4.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Valtteri Härkki Pintabetonilattioiden kuivumistavoitteiden saavuttaminen referenssihankkeessa 36 sivua + 19 liitettä 30.4.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Projektinhallinta
Ohjaajat	Lehtori Juha Virtanen, Metropolia AMK Työmaapäällikkö Mikael Lähteenmäki, SRV Rakennus Oy
<p>Opinnäytetyö toteutettiin SRV Rakennus Oy:n Monikon koulukeskuksen työmaalla Leppävaarassa, joka toimii tämän työn referenssikohteena. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia työmaan erilaisten pintabetonilattioiden kuivumista eri tiloissa ja selvittää millä menetelmillä näihin kuivumistavoitteisiin on päästy. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mitkä ovat pintabetonilattioiden kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä. Työssä perehdyttiin pintabetonilattioiden kuivumiseen alan kirjallisuuden avulla ja rakennushankkeen ammattilaisille toteutettujen haastatteluiden avulla.</p> <p>Referenssikohteesta saatua tietoa kerättiin erilaisten mittausteknologioiden ja tiedonkeruumenetelmien avulla. Mittausmenetelmillä saatiin selville ympäristön kuivumisolosuhteet, kuten ilmankosteus, lämpötila ja pintabetonilattian kosteus. Mittaamisella varmistetaan, etteivät tosiasiallisesti kuivumisaikaan vaikuttavat, teoreettista kuivumisaikaa pidentävä tekijät pääse vaikuttamaan haitallisesti pintabetonilattian toimintaan ja että myöhemmin pintabetonilattia voidaan pinnoittaa.</p> <p>Lopputuloksena on syntynyt yhteen kerätyt selkeät ja tärkeät asiat, jotka vaikuttavat pintabetonilattian kuivumiseen. Lisäksi referenssihankkeen pintabetonilattioista on tehty kuivumistaulukko, joista nähdään erilaisten pintabetonilattioiden kuivumisaikoja eri tilojen lohkoissa ja olosuhteissa. Lisäksi referenssihankkeesta on saatu valtava määrä tietoa eri tilojen kuivumisolosuhteista; ilmankosteudesta, lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta, joita pystytään vertailemaan keskenään.</p>	
Avainsanat	pintabetonilattia, kuivuminen, kosteus, pinnoitus

Author Title Number of Pages Date	Valtteri Härkki Achieving the Drying Targets for Concrete Floors in the Reference Project 36 pages + 19 appendices 30.4.2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programmer	Civil Engineering
Professional Major	Project Management
Instructors	Juha Virtanen, Senior Lecturer, Metropolia UAS Mikael Lähteenmäki, Site Manager, SRV Rakennus Oy
<p>The thesis was implemented at SRV Rakennus Oy's Monikko site in Leppävaara, which serves as the reference site of this thesis. The purpose and the aim of the thesis was to study the drying of different concrete floors in different locations on the construction site and to find by what methods these results have been achieved. In addition, the aim of the thesis was to determine the factors influencing the drying of surface concrete floors. The focus was on studying the drying of surface concrete floors with the help of field-specific literature and interviews with the construction project professionals.</p> <p>Data obtained from the reference site were collected using various measurement technologies and data collection methods. The measurement methods were used to determine the drying conditions of the environment, such as humidity, temperature, and humidity of the concrete floor. The measurement ensures that the factors that affect the drying time, by prolonging the theoretical drying time, do not adversely affect the performance of the surface concrete floor and that the surface concrete floor can be coated later.</p> <p>As a result of the thesis project, important factors affecting the drying of concrete floor were compiled. In addition, a drying table was made for the concrete floors of the reference project, which shows the drying times of different concrete floors on the site and conditions of the different rooms. In addition, the reference site provided a huge amount of information on the drying conditions of different premises; humidity, temperature and relative humidity, which can be compared with each other.</p>	
Keywords	surface of concrete floor, drying, moisture, coating

Sisällys

Lyhenteet & Käsitteet

1	Johdanto	1
2	Betonin yleiset ominaisuudet	3
3	Kosteus rakenteissa	4
3.1	Absoluuttinen kosteus	6
3.2	Suhteellinen kosteus	6
3.3	Betonin kosteus	7
4	Betonin kuivuminen	9
4.1	Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät	12
4.1.1	Betonilaatu	14
4.1.2	Rakenne	16
4.1.3	Kuivumisolosuhteet	17
4.1.4	Jälkihoito	19
4.2	Betonin kuivumisen nopeuttaminen	21
5	Referenssihankkeen pintabetonilattiat	22
5.1	Betoni	22
5.2	Kuivumisaika-arviot	23
5.3	Betonointi ja jälkihoitomenetelmät	24
5.4	Mittausteknologiat	28
5.4.1	Mittausmenetelmien vertailu	31
6	Yhteenveto	32
7	Johtopäätökset	34
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Kosteusanturimittaus: betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus	
	Liite 2. Mittausraportti: lämpötila ja ilmankosteus	

Lyhenteet

RH % Suhteellinen kosteus

Käsitteet

Suhteellinen kosteus Ilmaisee, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryinä.

Absoluuttinen kosteus Ilmaisee, montako grammaa vesihöyryä sisältyy kuutiometriin ilmaa

Diffuusio Vesihöyry siirtyy diffuusiolla suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään. Molekyylit pyrkivät siirtymään väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan.

Emissio Säteilyä, hiukkasten tai energian siirtyminen säteilylähteestä ympäristöön tai kohteeseen

Hydrataatio Betonin kovettumisreaktio, jossa sementti reagoi veden kanssa. Reaktio johtaa kemiallisiin ja fysikaalisiin muutoksiin sementin ja veden seoksessa.

Vesi-sementtisuhde Ilmaisee, betonin sisältämän vesimäärän ja sementin painon suhdetta.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on toteutettu SRV Rakennus Oyj:lle. SRV Rakennus Oyj on vuonna 1987 perustettu suomalainen rakennusalan yhtiö, joka työllistää tällä hetkellä yli 1000 henkilöä Suomessa, Baltiassa ja Venäjällä. SRV Rakennus Oyj on yksi Suomen suurimmista rakennusalan yrityksistä. SRV Rakennus Oyj liikevaihtovuonna 2020 oli 975,5 (1 060,9 1–12/2019) miljoonaa euroa. SRV tarjoaa laadukasta rakentamista niin asuinrakentamiseen ja toimitilarakentamiseen SRV Yhtiönä.¹

SRV Rakennus Oy:n toteuttama uudisrakennus Monikko koulukeskus toimii tämän opinnäytetyön referenssihankeena, joka rakennetaan Espoon Leppävaaraan. Monikon koulukeskus tulee tarjoamaan yli 1000 oppilaalle turvallisen ja terveellisen oppimisympäristön, johon vaikuttavat erityisesti pintabetonilattioiden väärin pinnoituksesta syntyvät haitat sisäilmaan ja terveyteen. Koulukeskukseen toteutetaan tilat suomenkieliselle päiväkodille, alakoululle ja yläkoululle sekä ruotsinkieliselle alakoululle ja päiväkodille. Uuden koulukeskuksen laajuus on suunnilleen noin 15 000 bruttoneliometriä. Rakennuksen suunnittelun tavoitteena on elinkaariedullinen ja energiatehokas rakennus, mihin pyritään arkkitehtonisin ratkaisuin, muuntojoustavuudella, hyvällä lämmöneristävyydellä ja tiiveydellä, ilmanvaihdon energiatehokkuudella sekä suunnitteleamalla kiinteistö helposti huollettavaksi ja ylläpidettäväksi. Tämän takia pintabetonilattioiden kuivumiseen tulisi kiinnittää erityistä huomioita alkumetreillä pintabetonilattioiden kuivumiseen ja sen laadunvarmistukseen.²

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Monikko koulukeskuksen pintabetonilattioiden kuivumisaikoja ja selvittää millä menetelmillä näihin kuivumistavoitteisiin on päästy. Opinnäytetyö rajataan referenssihankeeseen pintabetonilattioiden kuivumiseen ja hankkeessa toimineisiin toimihenkilöihin. Referenssihankeeseen pintabetonilattioita ei voida vertaamaan perusteellisesti toiseen hankkeeseen vaan tämä opinnäytetyö toteutettiin kyseisessä hankkeessa hankkeen omilla menetelmillä.

¹ <https://www.srv.fi/tyomaat/2819-monikon-koulukeskus>

² <https://www.srv.fi/tyomaat/2819-monikon-koulukeskus>

Opinnäytetyössä on tutkittu pintabetonilattioiden kuivumista kirjallisuutta hyödyntäen ja selvitetty referenssihankkeen menetelmät betonivalusta alkaen pintabetonilattian kuivumiseen saakka. Tätä varten kuivumisaikoja on seurattu erilaisilla kosteusantureilla ja il-
mankosteusmittauslaitteilla. Mittausteknologioitten avulla on selvitetty pintabetonilattioi-
den kuivumisaika, josta nähdään, onko pintabetonilattia kuivunut odotetulla tavalla ja
onko kuivumisdatakäyrä käyttäytynyt odottamattomalla tavalla. Opinnäytetyön lopputu-
loksena on saatu eri lattioiden kuivumisen datakäyrää ja kuivumistaulukko, josta näh-
dään, kuinka nopeasti eri pintabetonilattiat ovat kuivuneet.

Pintabetonilattioiden kuivumiseen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten tilassa vallitsevat
olosuhteet, ilmankosteus, lämpötila ja suhteellinen kosteus. Näistä tekijöistä huolehti-
malla ja seuraamalla saavuttaa optimaaliset kuivumisajat pintabetonilattioille. Pintabeto-
nilattioiden jälkihoito alkaa jo betonivalusta alkaen.



Kuva 1. SRV Rakennus Oy:n rakentama Monikon koulukeskus Espoon Leppävaarassa.³

³ [https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ ja_ ymparisto/Rakentaminen/Kaupunki_suunnittelee_ ra-
kentaa_ ja_ yllapitaa/ Ajankohtaisia_ toimitilahankkeita/Monikko_ Leppavaaran_ koulukeskus](https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ ja_ ymparisto/Rakentaminen/Kaupunki_suunnittelee_ ra-
kentaa_ ja_ yllapitaa/ Ajankohtaisia_ toimitilahankkeita/Monikko_ Leppavaaran_ koulukeskus)

2 Betonin yleiset ominaisuudet

Betonin suosio käytetyimpänä rakennusmateriaalina perustuu sen lukuisiin hyviin ominaisuuksiin ja sen takia se on maailmanlaajuisesti yleisin rakennusmateriaali. Betonin käytön yleisen hyvästä saatavuudesta ja edullisesta hinnasta ja monipuoliseen muokattavuuteen rakennusvaiheessa, erinomaiseen palon- ja kosteuden kestoon sekä lujuuteen ja jäykkyyteen. Betoni on keinotekoisesti valmistettu kivi, jonka pääraaka-aineet ovat kiviaines, sementti ja vesi. Lisäksi betonimassaan yleensä lisätään seos- ja lisäaineita, joilla pystytään muokkaamaan betonimassan ominaisuuksia. Betonin ominaisuudet riippuvat yleisesti osa-aineiden laadusta, suhteista ja valmistuksesta. Muokkaamalla betonia oikeanlaiseksi, voidaan siitä saada tarvittaessa tarvittava käyttötarkoitus kuhunkin osa-alueeseen, kuten kuivumiseen. Haluttujen ominaisuuksien saavuttaminen edellyttää kuitenkin laadukasta rakentamista. Tämä tarkoittaa sitä, että erityisen pienetkin virheet sekä laiminlyönnit voivat aiheuttaa sen, että suunniteltuja ominaisuuksia ja kuivumisaikoja ei saavuteta. Pahimmassa tapauksessa betonista tulee käyttö kelvotonta.^{4,5}

Betonissa runkoaineena käytetään pääasiassa yleisiä kiviaineita 0,02–32 mm, mutta joskus tapauksesta riippuen runkoaineena käytetään myös murskattua betonia. Runkoaine valitaan yleensä valukohteen ja sen työstettävyyden mukaan. Yleisesti hierrettävässä lattiamassassa käytetään 8 mm:n raekokoa. Suuremmalla runkoaineella saadaan vähennettyä myös betonin kutistumista, koska suuremmalla runkoaineella saavutetaan tarvittava lujuus vähemmällä sementtimäärällä.⁶

Betonin käyttö on yleistynyt kohteissa, missä tarvitaan suuria määriä kosteutta kestävästä materiaalista. Kosteudenkestävyyden ja tiiviiden vuoksi betonia käytetään usein niissä kohteissa missä esiintyy paljon kosteusrasitusta. Kuten kaikissa rakennusmateriaaleissa, myös betonia tulee pitää kuivana sisätiloissa. Sisäilmaa haittaavat mikrobit eivät vahingoita betonia eivätkä kasva siinä. On huomattava, että ajan myötä kaikkien materiaalien pinnalle kertyy orgaanisia epäpuhtauksia, jotka mahdollistavat kosteissa olosuhteissa homeiden kasvun erilaisten pinnoitusmateriaalien alla.⁷

⁴ <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut>

⁵ <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/nuoren-ja-kovettuneen-betonin-ominaisuudet-2020.pdf>

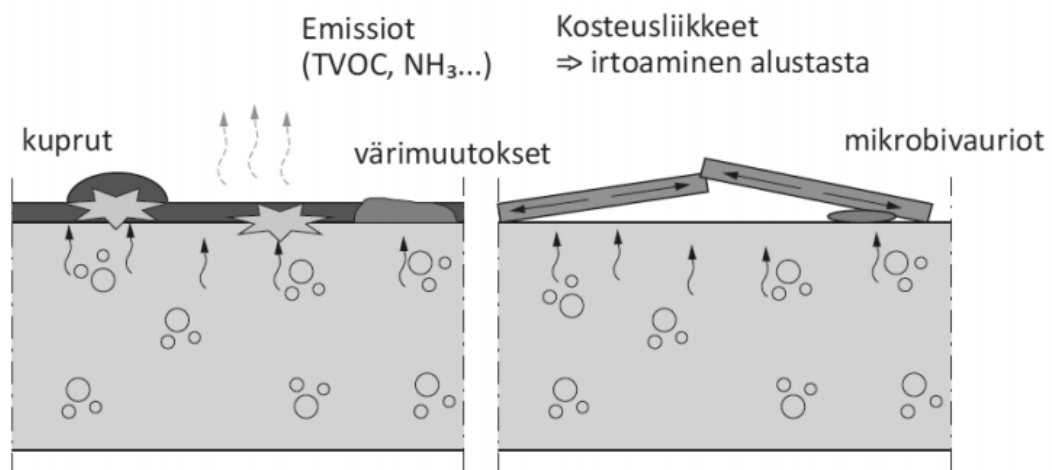
⁶ <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/>

⁷ <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-ominaisuudet-ja-kaytto>

3 Kosteus rakenteissa

Kemiallisesti sitoutunutta vettä kutsutaan kosteudeksi. Kosteus ilmaisee vesihöyryn tai vedenmäärää aineessa. Kosteus voidaan ilmaista eri tavoilla absoluuttisena tai suhteellisenä kosteutena. Ilmankosteus on merkittävin kosteussuure rakentamisessa. Myös muilla kosteuksilla on merkitystä, kuten betonin kosteudella.⁸

Betoni kestää erinomaisesti kosteutta. Itse asiassa se saavuttaa parhaat lujuusominaisuutensa, kun sitä säilytetään mahdollisimman pitkään kosteassa. Vaikka itse betoni kestääkin kosteutta, niin sen pinnoitusmateriaali saattaa vaurioitua betonista tulevan kosteuden vuoksi. Siksi betonirakenne tulee kuivata riittävästi ennen pinnoittamista. Rakennusten kosteus- ja homevauriot ovat varsin yleinen ongelma ja niiden määrä on kasvussa.⁹



Kuva 2. Liiallisen kosteuden aiheuttamia ongelmia pinnoitusmateriaaleille.¹⁰

Veden haihtuminen pintabetonilattiasta aiheuttaa myös kutistumaa, jota kutsutaan nimellä plastinen kutistuma. Plastinen kutistuminen tarkoittaa betonimassan kutistumista vaakatasossa, jonka aiheuttaa vesi, joka haihtuu betonipinnasta muutaman tunnin sisällä valusta. Plastisen kutistumisen syynä on pintabetonilattian liian nopea kuivuminen ennen massan sitoutumisvaihetta ja se voi olla suuruudeltaan yli 1 mm/m. Betonirakenteen pinnan kuivuessa ja veden haihtuessa, pinnan lähellä olevien pienten

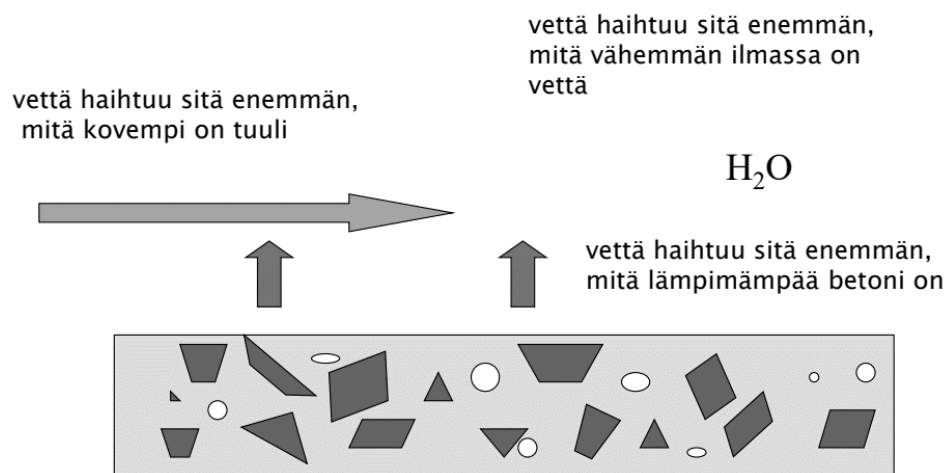
⁸ <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/kosteudenkestavyys>

⁹ <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/kosteudenkestavyys>

¹⁰ By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018

sementtihiukkasten välille muodostuu kaarevaa vesipintaa. Veden pintajännityksen, veden ja sementtihiukkasten välisen vetovoiman vaikutuksesta pintaan muodostuu kalvojännitystila. Kalvojännitystila aiheuttaa vetovoimaa, jonka seurauksena betonimassa kutistuu. Samalla kapillaarihuokosissa syntyy alipaine, joka saa aikaan sen, että syvemmällä olevaa vesi siirtyy pintaan.¹¹

Plastisen kutistuman veden haihtumiseen vaikuttavat ilman kosteus, lämpötila, auringon säteily ja ilmavirtaukset rakennuksessa. Plastinen halkeilu voidaan estää huolellisella ja tarpeeksi aikaisin aloitetulla varhaisjälkihoidolla. Jälkihoito tehdään usein varhaisjälkihoidoaineilla, jota ruiskutetaan tarvittaessa useamman kerran ennen hiertoa, että se leviää kunnolla. Betonin koostumus vaikuttaa plastisen halkeilun esiintymisen todennäköisyyteen. Riski on varsinaisen suuri, kun betoni omaa alhaisen vesi-sementtisuhteen, massan lämpötila on liian korkea tai sen vedenerottuminen vähäistä. Veden haihtumista ja plastista kutistumaa lisää sementin sitoutumisajan pidentyminen. Pääasiassa tämä korostuu kylmissä olosuhteissa, koska lämpötilan aleneminen siirtää sitoutumisen alkua. Kun betoni on plastisessa tilassa pitkään, sen enemmän aikaa jää veden haihtumiselle.¹²



Kuva 3. Veden haihtuminen plastisessa kutistumassa.¹³

¹¹ <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/nuoren-ja-kovettuneen-betonin-ominaisuudet-2020.pdf>

¹² <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/nuoren-ja-kovettuneen-betonin-ominaisuudet-2020.pdf>

¹³ <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/nuoren-ja-kovettuneen-betonin-ominaisuudet-2020.pdf>

3.1 Absoluuttinen kosteus

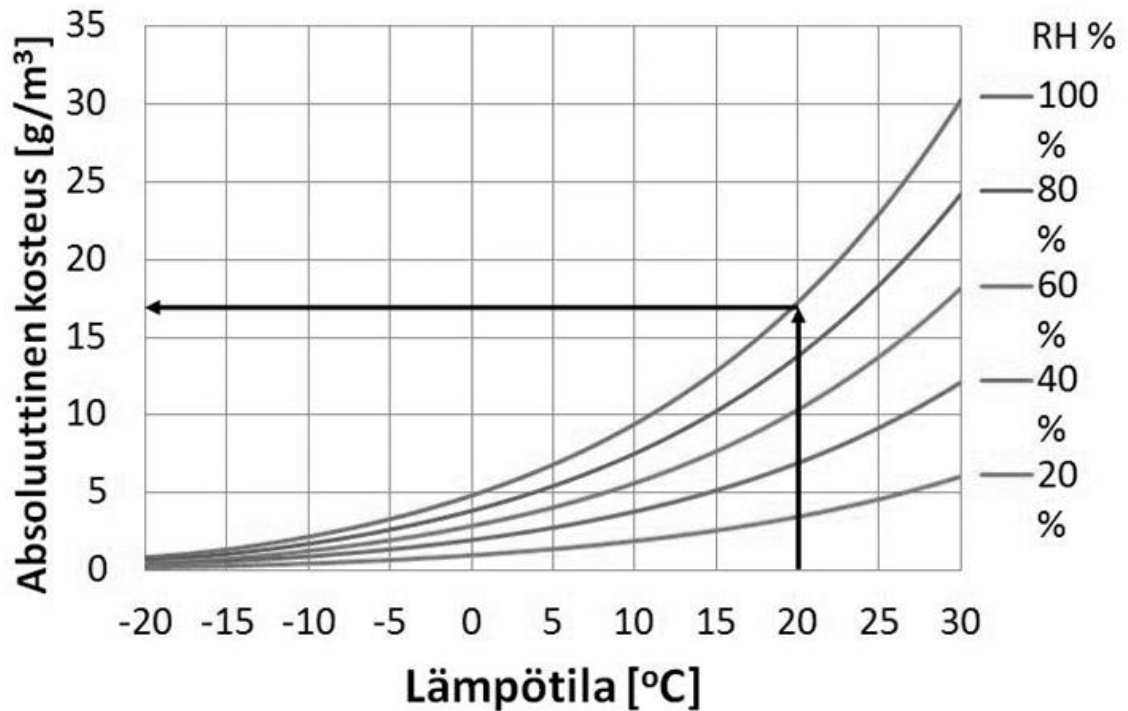
Absoluuttinen kosteus kuvaa ilman absoluuttista vesisisältöä. Absoluuttinen kosteus ilmoittaa vesihöyryn tai veden määrän tietyssä tilavuudessa g/m^3 tai massayksikössä g/kg toista ainetta. Absoluuttinen kosteus ilmaisee montako grammaa, vesihöyryä sisältyy kuutiometriin ilmaa eli vesihöyryn massan suhdetta sen vesihöyrymäärän sisältämään ilman tilavuuteen. Absoluuttinen kosteus on käsitteenä vaihteleva ja aina tulisi tarkistaa mitä sillä on tarkoitettu. Tilavuutena tai massana voi olla joko kuivan tai kostean aineen tilavuus tai massa. Yksiköinä voidaan siis olettaa esimerkiksi kg/m^3 , g/m^3 , kg/kg tai g/kg . Absoluuttisella kosteudella on maksimiraja, joka on kyllästyskosteus. Kyllästyskosteus ilmoittaa, paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa.¹⁴

3.2 Suhteellinen kosteus

Suhteellinen kosteus % RH on todellisen vesihöyrynpaineen ja kyllästyshöyrynpaineen välinen suhde kyseisessä lämpötilassa ja ilmassa olevan vesihöyryn määrä suhteessa suurimpaan mahdolliseen. Suhteellinen kosteus kertoo, kuinka monta prosenttia absoluuttinen kosteus on nykyisen lämpötilan kyllästyskosteudesta. Kastepiste on lämpötila, johon ilman pitäisi jäähtyä, jotta kyllästystila saavutettaisiin. Suhteellinen kosteus ilmoitetaan prosentteina 0–100 % RH, joka kertoo, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyrynä (Kuva 3.).¹⁵

¹⁴ <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lampotila-ja-kosteus#15>

¹⁵ <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lampotila-ja-kosteus#15>



Kuva 4. Erilaisissa lämpötiloissa ilman sisältämät vesihöyrymäärät ja suhteellisen kosteuden arvoilla % RH. Lämpötilassa 20 °C ilma voi sisältää enimmillään 17,3 g/m³ vesihöyryä.¹⁶

3.3 Betonin kosteus

Betoni sisältää aina kosteutta ja sen takia kuivuminen on hidasta. Betonin kosteus on peräsin sen valmistuksesta ja rakentamisen aikaisesta kosteudesta. Kosteudesta ei ole itse haittaa betonille, vaan se vahvistaa sitä. Kosteus betonissa myöhemmin aiheuttaa ongelmia muilla osa-alueilla. Ongelmia voivat olla pintabetonilattian pinnoitettavuudenajankohta, mahdolliset sisäilmahaitat ja ne saattavat sisältää haitallisia aineita. Oikealla betonivalinnalla voidaan vaikuttaa betonin kuivumiseen ja koko kohteen rakennusaikaan, joka voi lyhentyä merkittävästi.¹⁷

Betonirakenteen suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Suhteellinen kosteus ei kerro suoraan, miten paljon kg/betoni-m³ betonissa on kosteutta. Suhteellisen kosteuden lisäksi betonihuokosten seinämiin on

¹⁶ <https://rakennustarkkailija.com/perustietoa-kosteudesta>

¹⁷ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

sitoutunut fysikaalisesti eli adsorboitunut vesimolekyylejä. Adsorptiovoimien sitoman kosteuden määrä riippuu huokostilan ominaispinta-alasta. Pienimmät huokokset voivat olla täynnä vettä, vaikka suurten huokosten ja siten betonin ilmankosteus on noin 90 % RH. Betonirakenteen suhteellisen kosteuden % RH ja kosteussisällön kg/m³ tai p-% välille on lähes mahdotonta luoda luotettavaa korrelaatiota, koska mainittujen suureiden suhteet vaihtelevat huomattavasti eri betonilaatujen välillä. Kun betonin kosteus mitataan esimerkiksi painoprosentteina, kosteusarvoa ei tule muuttaa esimerkiksi päällystettyä arvioitaessa minkään käyrän tai taulukon avulla suhteelliseksi kosteudeksi eikä myöskään päinvastoin. Jos esimerkiksi päällystysraja-arvo on lueteltu suhteellisena kosteuspitoisuutena, se pitää mitata suhteellista kosteuspitoisuutta.¹⁸

Betonin kosteus on peräisin kahdesta eri lähteestä. Ensimmäinen on rakentamisen aikainen kosteus, joka tulee betonin valmistukseen käytettävästä vedestä. Tuoreen betonimassan vesimäärä on 120–240 litraa/m³ reseptistä riippuen. Sementtimäärästä riippuen 100–140 litraa/m³ sitoutuu betonin kovettuessa, jota kutsutaan kemialliseksi kuivumiseksi. Jäljelle jäänyt vesi siis jää betoniin ja muodostaa kapillaarihuokoisuutta.¹⁹

Rakentamisen aikainen kosteus johtuu yleensä ulkopuolisista tekijöistä, kuten sääolosuhteista, mutta suurin osa tulee betonin valmistuksesta, jossa käytetään vettä. Betonin valmistuksessa käytettävää vettä huomattavasti enemmän kuin hydrataatiossa eli kemiallisessa sitoutumisessa betonirakenteeseen sitoutuu. Sitoutumisreaktioon tarvitaan siis vettä, mutta sitä myös tarvitaan betonin työstettävyyden saavuttamiseen. Betoniresepteissä on suositeltavaa käyttää matalan vesi-sideainesuhdetta, koska betoneissa huokoisuus muodostaa yhtenäisen verkoston, kun vesi-sideainesuhde on yli 0,6. Betonin ominaisuuksista ja lämpötilasta riippuu, miten paljon betonissa on kosteutta kg/m³ tietyllä suhteellisen kosteuden arvolla. Suhteellinen betonin kosteus ei kerro, mikä on betonin todellinen kosteuspitoisuus kg/m³. diffuusion vaikutuksesta betoni voi imeä itseensä kosteutta kapillaarisesti tai absorboida ja siirtää kosteutta olevaa vesihöyryä.²⁰

¹⁸ <http://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2018/11/BET-betonin-kuivumisen-nopeuttaminen-ohjekirja-2018.pdf>

¹⁹ <http://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2018/11/BET-betonin-kuivumisen-nopeuttaminen-ohjekirja-2018.pdf>

²⁰ <http://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2018/11/BET-betonin-kuivumisen-nopeuttaminen-ohjekirja-2018.pdf>

4 Betonin kuivuminen

Valuvaiheessa työmaalle saapuneen vasta valmistuneen betonin suhteellinen kosteus % RH on noin 100 % alueella. Riippuen betonin laadusta, jossa betonin kosteudenpitoisuus painoprosentteina voi kuitenkin vaihdella muutamista prosentista peräti 15 %:iin. Betonin kovettumisreaktiossa osa betonin valmistamiseen käytetystä seosvedestä sitoutuu kemiallisesti sementin hydratoitumisreaktiossa. Tämän seurauksena betonissa alkaa tapahtua kuivumista. Tätä kuivumista kutsutaan nimillä kemiallinen kuivuminen tai sitoutumiskuivuminen.²¹

Mitä alhaisempi betonilaadun vesi-sideainesuhde on, sitä suurempi kemiallisen kuivumisen osuus on sen kokonaiskuivumisesta. Varsinaisilla rakennebetoneilla kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on kuitenkin yleensä erittäin alhainen, että pelkästään kemiallisen kuivumisen seurauksena betonin suhteellinen kosteus % RH laskee vain noin 98 %:iin. Joten betonirakenteen kuivuminen yleensä edellyttää myös haihtumiskuivumista. Betonin kuivuminen voidaan siis jakaa kemialliseen kuivumiseen ja haihtumiskuivumiseen. Betonilaadun ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi, miten suuri osuus on eri kuivumismuodoilla. Alhaisen betonilaadun vesi-sementtisuhteen suhteellinen kosteus % RH voi laskea ainoastaan kemiallisen kuivumisen myötä noin 90 %:iin. Tämän mukaisista betoneista käytetään nimitystä ”itsestään kuivuvat betonit”.²²

Betonirakenteen rakennekosteuden kuivuminen on hidas prosessi, johon vaikuttavat yleensä useat seikat. Kuivumisnopeuteen vaikuttavat erityisesti työmaalle tilatun betonilaadun ominaisuudet, rakenteen paksuus, haihtumispinta-ala ja jälkihoito, rakenteen lämpötila ja erityisesti ympäröivässä tilassa vallitseva suhteellinen kosteus % RH ja lämpötila.²³

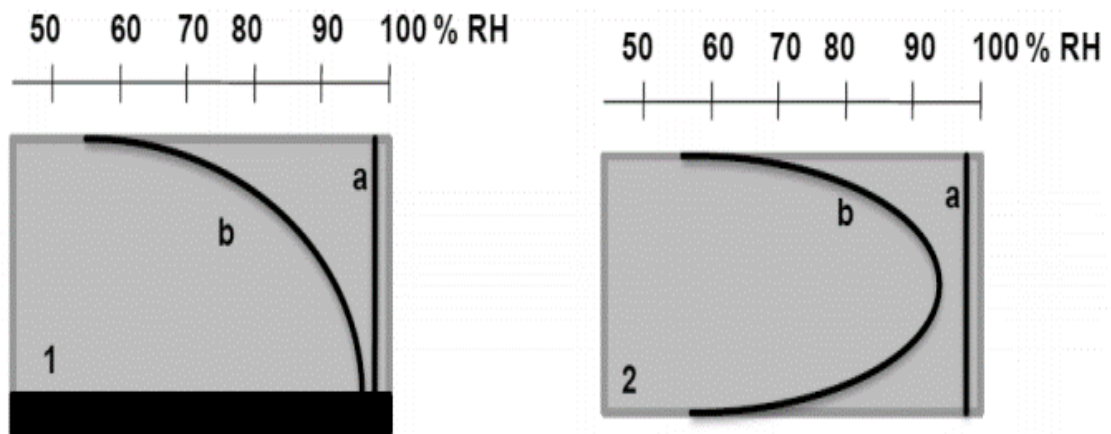
Haihtumiskuivuminen on kosteuden työntämistä betonirakenteen pohjasta kohti pintaa, mistä kosteus haihtuu ympäröivään kuivempaan ilmaan, jos se on betonia kuivempaa. Kun pintabetonilattia on pinnalta vielä koste, haihtuminen alkaa tapahtua nopeasti. Alkuvaiheessa kosteutta siirtyy pääosin kapillaarisesti betonirakenteen sisäosista kohti pintaa mistä sitä haihtuu. Haihtumiskuivumisesta johtuen pintabetonilattiaan muodostuu kosteusjakauma, jossa suhteellinen kosteus % RH betonirakenteen sisällä on korkeampi

²¹ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

²² By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

²³ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

kuin betonirakenteen pinnassa. Syntyneen kosteusjakauman muotoon vaikuttavat kas- tuminen, lämpötila, suhteellinen kosteus % RH, kuivumisaikajakson pituus ja betonilaa- dun ominaisuudet. Kosteusjakauma muodostuu välipohjassa niin, että suhteellinen kos- teus % RH on korkea pintabetonilattian keskiosassa ja se laskee keskiosasta lattian pin- taan tai pohjaan päin mentäessä. Jos betonilaatan pohja on vesihöyrytiivis, kuten te- räspoimujen päälle valetuissa liittolaatoissa, tai suhteellinen kosteus % RH laatan ala- puolella on korkea, kuten esimerkiksi maanvaraisissa laatoissa, suhteellinen kosteus % RH on korkea ja sen takia kosteus laskee ylöspäin mentäessä.²⁴



Kuva 5. Betonin suhteellisen kosteuden % RH jakauman muuttumisesta yhteen ja kah- teen suuntaan kuivuvan pintabetonilattian kuivuessa normaaleissa olosuhteissa. (a.) suhteellinen kosteus % RH rakenteessa on koko poikkileikkaukseltaan sama. Haihtu- miskuivumisesta johtuen rakenteeseen muodostuu kosteusjakauma (b.), että suhteelli- nen kosteus % RH on alhainen rakenteen pinnassa ja kasvaa merkittävästi syvemmälle päin mentäessä. Yhteen suuntaan kuivuvassa betonirakenteessa (1.) suhteellinen kos- teus % RH on korkeammillaan syvällä pintabetonilattiassa ja kahteen suuntaan kuivu- vassa (2.) lattian puolivälissä.²⁵

Sisätiloihin rajoittuvien betonirakenteiden kuivuminen jatkuu yleisin monia vuosia riip- puen paljon rakenteen paksuudesta ja sisäilmankosteudesta. Kun betonilatioilla edelly- tetään rakentamisen aikaista kuivumista, rakenteiden ei tarvitse kuivua samaan tilaan niitä ympäröivän huonetilan kanssa, mikä tarkoittaisi keskimäärin noin 50–60 % RH.

²⁴ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

²⁵ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

Tavoitteena on, että pintabetonilattia kuivuu niin paljon, että kosteudesta ei ole haittaa lattian pintaan asennettavalle pinnoitusmateriaalille.²⁶

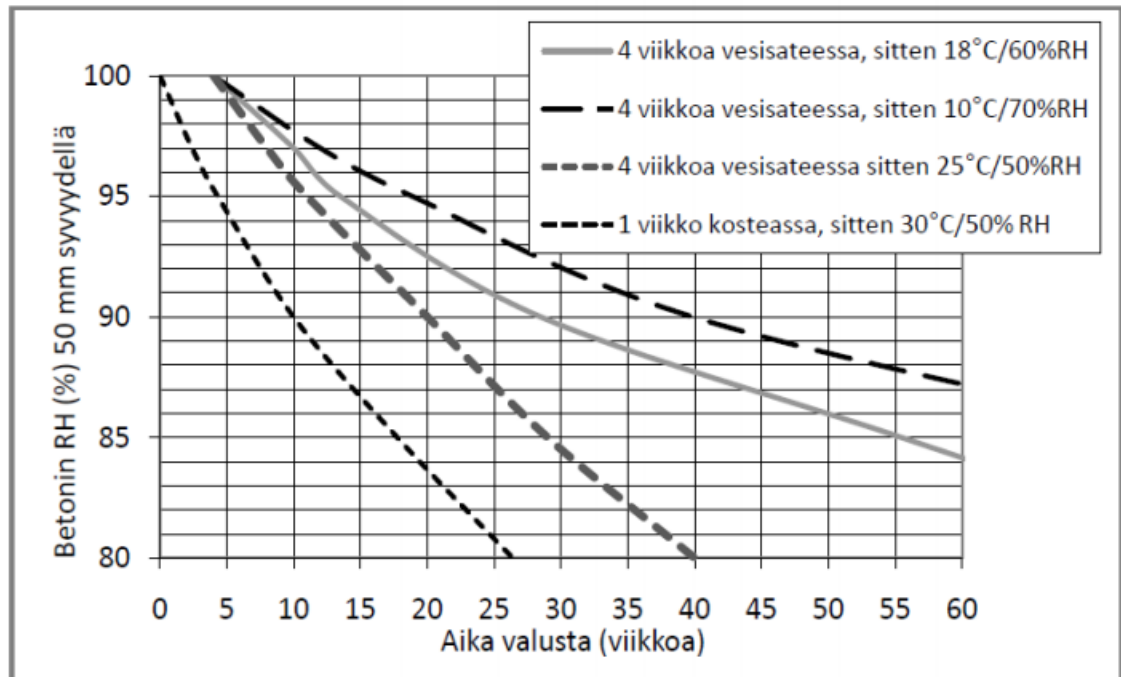
Betonin kosteudensiirron yleisimpiin ominaisuuksiin vaikuttavat erityisesti betonilaadun vesi-sideainesuhde ja betonissa oleva kosteus ja lämpötila. Mitä pienempi on betonin vesi-sideainesuhde, sitä tiiviimpää betonista itsessään tulee ja myös sitä hitaammin betoni siirtää kosteutta. Betonin kosteudenpitoisuuden nousu puolestaan nopeuttaa sen kosteudensiirtymistä betonissa. Rakenteen pinnan ollessa kuiva, kosteus siirtyy siinä hyvin hitaasti. Lämpötilan nousu nostaa betonin huokosten ilmatilan vesihöyrypainetta ja täten se nopeuttaa kosteuden siirtymistä.²⁷

Valuvaiheessa betonissa olevien huokokset ovat melkein täynnä vettä, eikä niiden kapasiteetti pysty vastaanottamaan lisää kosteutta huokosiin. Kuitenkin jo muutamien viikkojen päästä valusta tapahtuneella rakenteen kastumisella on merkittävä vaikutus pintabetonilattian suunniteltuun kuivumisaikaan. Hydratoitumisen edetessä betonin huokosrakente tiivistyy. Monilla betoneilla on pitkään avoin kapillaariverkosto, joka mahdollistaa veden hyvinkin nopean imeytymisen betonin sisälle. Mitä isompi betonin vesi-sideainesuhde on, sitä pidemmän aikaa kapillaariverkosto pysyy avoimena. Vesi-sideainesuhteen ollessa yli 0,7 betonin kapillaariverkosto ei sulkeudu koskaan. Koska sade ja muut rakennusaikaiset vedet imeytyvät betoniin pääosin kapillaarisesti, mutta poistuvat diffuusion vaikutuksesta. Kosteuden poistuminen betonista on huomattavasti hitaampaa kuin kosteuden imeytyminen. Muutama päivän kastuminen yleisesti hidastaa rakenteen kuivumista jopa viikoilla. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa kastuminen tapahtuu, sitä enemmän se pidentää rakenteen kuivumisaikaa. Erityisissä huonoissa tapauksissa esimerkiksi vajaan kuukauden mittainen kuivumisjakso voi kasvattaa normaaleista betonilaaduista tehdyn massiivisen välipohjan kuivumisaikaa jopa kahdellakymmenellä viikolla. On siis mahdollista, että vesivahingossa täysin kastuneen vanhan betonirakenteen kuivumisaika voi olla moninkertainen verrattuna nuoren betonirakenteen kuivumiseen.²⁸

²⁶ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

²⁷ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

²⁸ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018



Kuva 6. Paksun betonirakenteen arvioitu kuivumisnopeus eli rakenteessa 50 mm syvyydellä vallitseva betonin suhteellinen kosteuden RH lasku erilaisissa kuivumisolosuhteissa ajan funktiona. Betonivälipohjan paksuus on 250 mm ja betonin vesisementti-suhde on 0,7.²⁹

4.1 Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Betonin kuivuminen lähinnä tarkoittaa sitä, että betonissa sijaitseva vapaa huokosvesi poistuu haihtumalla. Näin ollen betoni kutistuu haihtumisen myötä. Sementti tarvitsee vettä kovettuaakseen, mutta sementin kemiallisesti sitoma vesimäärä on vain noin 25 % sementin painosta. Betonin työstettävyyden takia betoniin tarvitaan vettä enemmän, noin 40–80 % sementin painosta. Loppuosuus vedestä jää ylimääräiseksi vedeksi betonin huokosiin ja se tulee olla kuivana ennen betonin päällystämistä.³⁰

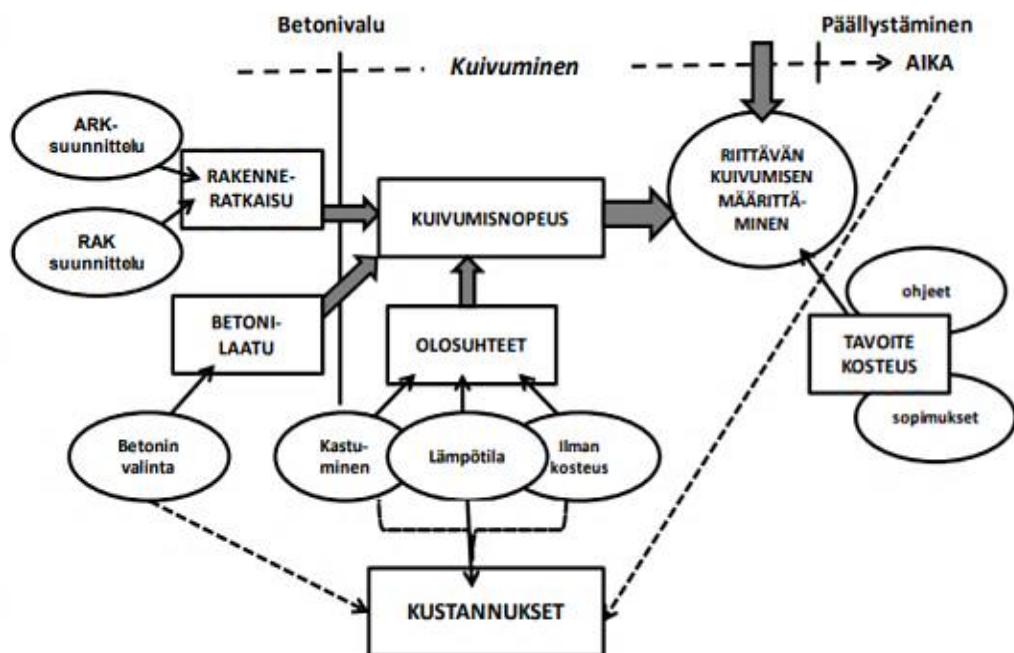
Pintabetonilattiat kuivuvat varsin hitaasti. Betonilaadun ominaisuuksilla ja lattiarakenteen paksuudella sekä ympäristön olosuhteilla on huomattavan suuri vaikutus kuivumisnopeuteen. Mitä isompi on betonin vesi- ja sementtiliimamäärä, sitä kauemmin kuivuminen

²⁹ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

³⁰ <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppi-aalle/betonin-kuivuminen/>

kestää ja sitä suuremmaksi myös betonin kutistuma tulee. Kuivumista voidaan nopeuttaa 2–4 kertaiseksi huolellisen jälkihoidon ajan jälkeen. Tämä vaatii betonin lämmittämistä ja huolehtimalla, että ilman suhteellinen kosteus pysyisi tarpeeksi alhaalla noin 50 %.³¹

Betonia joudutaan usein työmaalla kuivattamaan erilaisilla kuivauskoneilla ja ilmankosteutta pienentämällä. Kuivattamisella on merkittävän suuri aikatauluvaikutus. Betonia ei voida pinnoittaa ennen kuin, suhteellinen kosteus RH on tuotteen vaatiman rajan alle. Betonin kuivumiseen vaikuttavat, ulkoilman kosteus, betoninlaatu, tuuletus ja tietenkin kuivatus. Minkäänlaisia nyrkkisääntöjä kuivumisesta ei voida ottaa huomioon, koska ne ovat epäpitäviä ja koskevat yleensä laajuudeltaan kaikkia betonilaatuja. Paras ja ainut luotettava tulos saadaan kosteusmittauksilla, jotka ovat pora- ja koepalamitattaukset.³²



Kuva 7. Betonin kuivumisen aikajana, joka sisältää kuivumisprosessin sekä kuivumiseen vaikuttavat tekijät ja että pintabetonilattia kuivuu aikataulun mukaisesti ilman lisäkustannuksia.³³

³¹ <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppi-aalle/betonin-kuivuminen/>

³² <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppi-aalle/betonin-kuivuminen/>

³³ <https://docplayer.fi/2433400-Betonilattian-riittavan-kuivumisen-maarittaminen-uudisrakentamisessa.html>

4.1.1 Betonilaatu

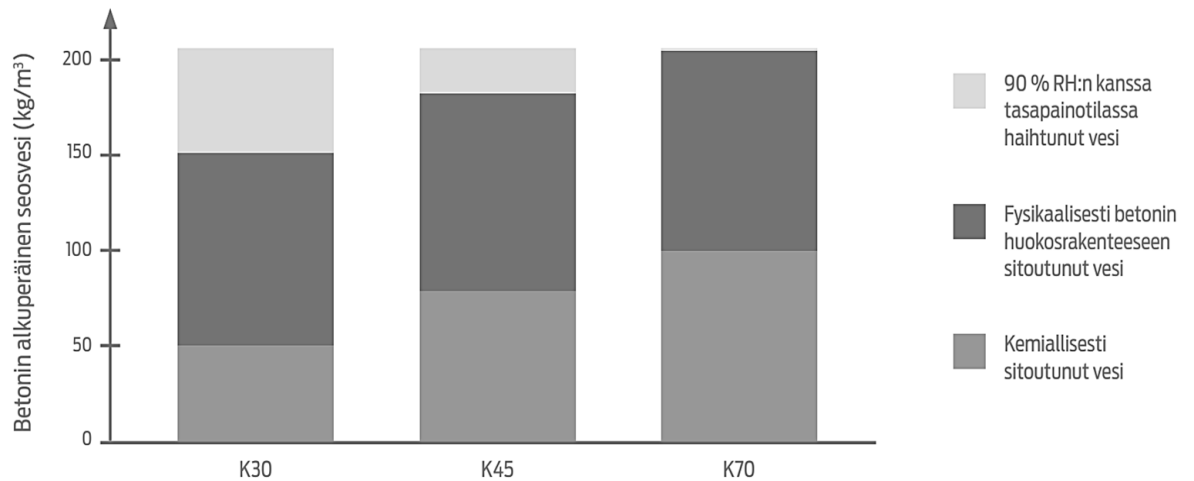
Betonilaatujen kehitys on mennyt myös kuivumisen kannalta väärään suuntaan. Runkoaineen rakeisuudet ovat hienontuneet ja betonin notkeudet ovat kasvaneet. Normaali betonit kuivuvat entistä hitaammin. Pintabetonilattioiden betonimassan iso maksimirakekoko ja mahdollisimman jäykkä massa saavuttavat yhdessä parhaimman mahdollisen lopputuloksen lopullisen pintabetonilattian kannalta. Mitä suurempi on betonin vesi- ja sementtiliimamäärä, sitä kauemmin kuivuminen tulee kestämään. Tämän takia betonin kutistuma on myös paljon suurempi. Kun betonimassaa valmistetaan, niin siinä vaiheessa voidaan vaikuttaa pintabetonilattioiden kuivumiseen, sillä betonin käytetyillä lisäaineilla, vesi-sementtisuhteella sekä veden määrällä betonimassassa voidaan nopeuttaa pintabetonilattian kuivumista.³⁴

Betonin vesi-sementtisuhte kertoo, kuinka paljon betonimassassa on vettä suhteessa massassa käytettyyn sementtiin. Yleisesti betoniin jäävien kapillaarihuokosten koko on paras mahdollinen silloin, kun betonimassan vesisementtisuhte on 0,4–0,6. Mitä alhaisempaa betonin vesi-sementtisuhdetta käytetään, sitä tiiviimpää betonista tulee. Tämän takia betoni myös tulee läpäisemään hitaammin vesihöyryä. Ottaen huomioon betonin työstettävyyden, jonka kannalta vesi-sementtisuhte tulisi valita yli 0,4:n, sillä silloin betoniin syntyy enemmän vesitäytteisiä kapillaarihuokosia.³⁵

Betonimassan ominaisuuksien vesisideainesuhde ja betonin huokosrakenne, vaikuttavat erityisesti, miten betoni sitoo kosteutta. Kun vertaillaan kahdenlaista eri betonilaatua, joihin on käytetty saman verran vettä, mutta sementin määrässä on eroa. Kun sementin määrä on isompi betonissa niin kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on suurempi. Joten silloin haihtuvan veden määrä on pienempi pyrittäessä tiettyyn betonin kosteuteen.

³⁴ Merikallio et al. 2007

³⁵ Merikallio et al. 2007



Kuva 8. Kun betoni alkaa kovettua, osa betonin valmistamiseen käytetystä vedestä alkaa sitoutuu kemiallisesti. Suurin osa sitoutumisesta tapahtuu muutamissa päivissä. Betonissa olevan veden haihtumiskykyisen määrä riippuu erityisesti betonin sementtimäärästä. Erittäin korkean lujuusluokan betoni saattaa kuivua 90 % RH kosteuteen kemiallisella kuivumisella verrattuna alhaisempaan.³⁶

Nykyaikana rakennusajat ovat kireitä ja vaativia, joten betonivalinnaksi suositellaan nopeammin kuivuvia betonilaatuja, jolloin betoni kuivuisi tehokkaammin ja haluttu kosteusraja-arvo % RH saavutettaisiin nopeasti. Nopeasti kuivuvaa betonimassaa saadaan esimerkiksi käyttämällä nopeaa sementtiä, kuumaa betonia tai käyttämällä pienempää vesisementtisuhdetta. Nopeasti kuivuvissa betonilaaduissa on kuitenkin huolellisesti kiinnitettävä erityistä huomiota jälkihoito vaiheessa, koska pintabetonilattian pinta ei saa päästä kuivumaan liian aikaisessa vaiheessa. Valun jälkeen on myös estettävä, että betonin pinta ei pääsisi kastumaan, koska pintabetonilattian kastuminen voi pilata nopeasti kuivuvan massan tarkoituksen ja näin kuivuminen tulee pitkittymään.³⁷

³⁶ Merikallio et al. 2007

³⁷ Merikallio et al. 2007

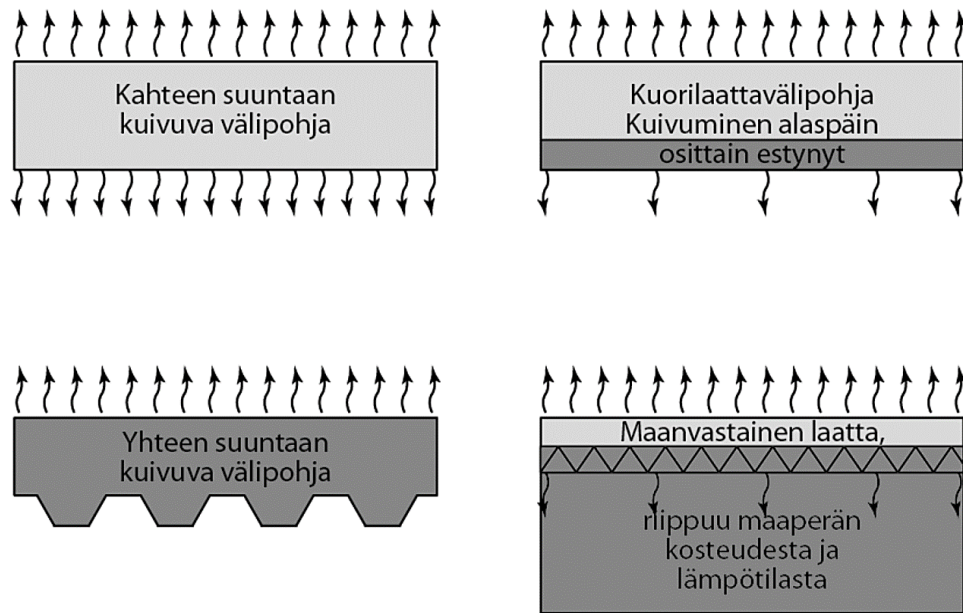
4.1.2 Rakenne

Lämpötilalla ja kuivumissuunnalla on hyvin suuri merkitys pintabetonilattian kuivumiseen. Pintabetonilattian rakennepaksuuden kasvattaminen hidastaa rakenteen kuivumista merkittävästi. Paksussa pintabetonilattiassa kosteus joutuu siirtymään rakenteen sisällä pitemmän matkan kuin ohuemmassa rakenteessa. Kun kosteus lattiassa pääsee haihtumiskykyiseen pintaan, niin se haihtuu pois ilmaan. Ohuemmassa rakenteessa kosteuden siirtymismatka on lyhyempi, jolloin kosteus poistuu rakenteesta helpommin ja näin betoni pääsee kuivumaan nopeammin. Pintabetonilattian kuivumisessa on otettava myös huomioon, että kuivuuko pintabetonilattia useampaan suuntaan kuin yhteen. Betonirakenteessa oleva vesi pääsee kuivumaan nopeammin ja vaikuttaa paljon kuivumisnopeuteen. Pintabetonilattian kuivumiseen vaikuttavat myös muut pienet tekijät, ylimääräinen varastointi pintabetonilattian päälle, pinnan hionta/käsittely, pöly ja lika.³⁸

Jos pintabetonilattian rakennepaksaus kaksinkertaistetaan tai kuivuminen toiseen suuntaan estetään, voi kuivumisaika olosuhteista riippuen kasvaa jopa noin nelinkertaiseksi. Kuivuminen tapahtumaan vain yhteen suuntaan liittolevyrakenteissa ja muovin päälle valettaessa. Kuorilaattarakenteissa ja ontelolaatan päälle valetuissa pintabetonilattioissa kuivuminen alaspäin tapahtuu merkittävästi hitaammin kuin kuivuminen ylöspäin. Maanvaraisissa lattioissa rakenteen kyky kuivua alaspäin riippuu merkittävästi maaperän (täyttökerroksen) huokosilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta ja siten sen vesihöyrypitoisuudesta. Mikäli maaperän vesihöyrypitoisuus on suurempi kuin betonirakenteen huokosilman, kosteus ei haihdu ylöspäin, vaan päinvastoin rakenne voi kostua.³⁹

³⁸ Merikallio et al. 2007

³⁹ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018



Kuva 9. Kuivumissuuntia eri betonirakenteissa. Usealla kuivumissuunnalla on iso merkitys kuivumisaikaan.⁴⁰

4.1.3 Kuivumisolosuhteet

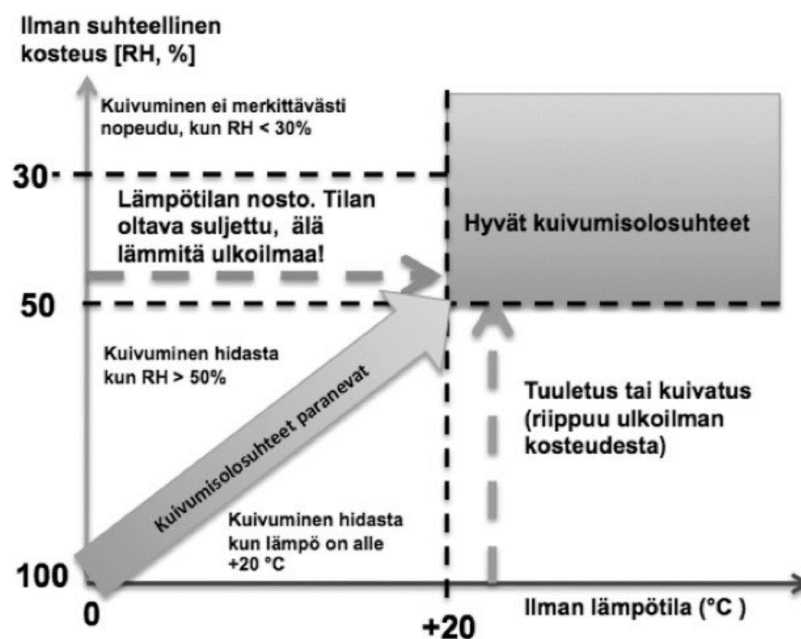
Kuivumisolosuhteet vaikuttavat merkittävästi pintabetonilattioiden kuivumiseen. Pintabetonilattioilla tulisi olla ns. täydelliset olosuhteet täydelliseen kuivumiseen. Betonin kuivatamisolosuhteiden kannalta isoimmat kuivumiseen vaikuttavat tekijät ovat ilman suhteellinen kosteus % RH ja lämpötila. Lämmitettäessä kuivatettavaa tilaa tulisi ilman lämpötila olla + 20 °C ja enintään 40°C ettei pintabetonilattia ala halkeilemaan. Pintabetonilattian ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden tavoitteena on saada se suurin piirtein 50 % RH. Jos suhteellinen kosteus ylittäisi varsinaisesti 60 % rajan, korkean ilmankosteuden vuoksi kuivumisaika pidentyisi. Toisaalta liian alhainen ilmankosteus ei yleisesti lyhennä kuivumisaikaa vaan se pitäisi pitää suurin piirtein 50 % RH ympärillä.⁴¹

Suomen ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelee ympäri vuoden 70–90 % välillä. Sen sijaan ulkoilman absoluuttinen kosteuspitoisuus vaihtelee lämpötilan mukaan talviajan noin 1–3 g/m³ kesän ja syksyn noin 8–10 g/m³. Rakennekosteuden kuivatamisolosuhteet joudutaan eri vuodenaikoina toteuttamaan erilaisilla menetelmillä ja tavoilla, koska

⁴⁰ <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset>

⁴¹ <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

ulkoilmassa esiintyy suuria kosteuspitoisuusvaihteluita. Talviaikana kun kuivatetaan tilaa lämpötilan nostamisella, se laskee sisäilman suhteellista kosteutta helposti RH 30–50 % välille. Kesän ja syksyn aikana betonirakenteiden kuivattaminen ilmaa lämmittämällä ei ole kannattavaa, koska ilma sisältää paljon kosteuspitoisuutta verrattuna talviaikaan. Pintabetonilattian hyvät kuivatusolosuhteet voidaan toteuttaa lämmityksen lisäksi kuivatamalla sisäilmaa erilaisin kuivausmenetelmin. Betonin kuivattamisen vaatimuksena kaikkina vuodenaikoina on, että tilassa, jossa pintabetonilattia sijaitsee, voidaan sulkea mahdollisimman tiiviisti. Tiiviys takaa sen, että kyseisen tilan ilmanvaihtoa voidaan hallitusti kontrolloida. Yleensä tämä merkitsee, että rakennus tulisi tiiviillä ulkoseinillä ja ikkunoitten tiivistyksellä ennen rakennekosteuden kuivattamisen aloittamista. Betonia kuivattaessa lämpimänä vuodenaikana ilmankuivauslaitteiden avulla kuivatettavan tilan ilmanvaihto on pidettävä mahdollisimman pienenä. Tilan sulkeminen mahdollisimman ilmatiiviisti edesauttaa tätä, jotta ulkoa ei vuoda sisätiloihin kosteaa ilmaa. Tällöin sisäilman suhteellinen kosteus voidaan pitää tarvittavan pienenä, eikä ylimääräistä energiaa kuluisi ulkoilman kuivattamiseen.⁴²



Kuva 10. Optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivumiselle ovat +20 °C lämpötila sekä noin 50 % RH suhteellinen kosteus.⁴³

⁴² <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

⁴³ <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/mittaus/kuivumisolosuhteiden-mittaaminen>

4.1.4 Jälkihoito

Pintabetonilattian jälkihoidolla on merkittävä vaikutus lattiarakenteelle asetettujen aikataulu ja kosteus vaatimuksien täytymiselle. Puutteellinen jälkihoito ja laiminlyönti saattaa aiheuttaa, että tarvittavia laatuvaatimuksia ei saavuteta, vaikka työ olisi kokonaisuudessa tehty täydellisesti. Jälkihoito on lämpötila- ja kosteusolosuhteiden varmistamista sekä betonin suojaamista ulkoisilta rasituksilta betonin kovettumisen vaiheessa.⁴⁴

Jälkihoidon ensisijaisena tavoitteena on estää pintabetonilattian liian varhainen kuivuminen. Jälkihoidon tärkeimmistä tavoitteista on pitää betoni riittävän kosteana ja lämpimänä, niin että sementin hydratoituminen pääsee tapahtumaan ilman pysähdyksiä. Betonin liian varhainen kuivuminen aiheuttaa kutistumista. Kun vastavalettu betoni pääsee kuivumaan liian varhaisessa vaiheessa, voi pintabetonilattia vahingoittua kuivumiskutistumisesta aiheutuvan halkeilun ja taipuman takia.⁴⁵

Betonivalun jälkeen, ensimmäisen 24 tunnin aikana tapahtuva varhaiskutistuma voi olla suuruudeltaan jopa 0,7 prosenttiyksikköä eli 7 mm/m lattiassa. Näin voi tapahtua, jos kyseiset valuolosuhteet ovat huonot ja pintabetonilattian pinta on kosketuksissa liian kuivan ilman RH 20 - 40 % kanssa tai tuulen ja ilmapirran vaikutuksen alaisina. Varhaisvaiheen kutistuma on suurimmillaan betonirakenteen pinnassa. Varhaisvaiheen kutistuman kannalta kriittisin ja tärkein aika alkaa valuhetkestä. Tämä kestää kyseisen betonin sitoutumista seuraavien kahden tunnin ajan.⁴⁶

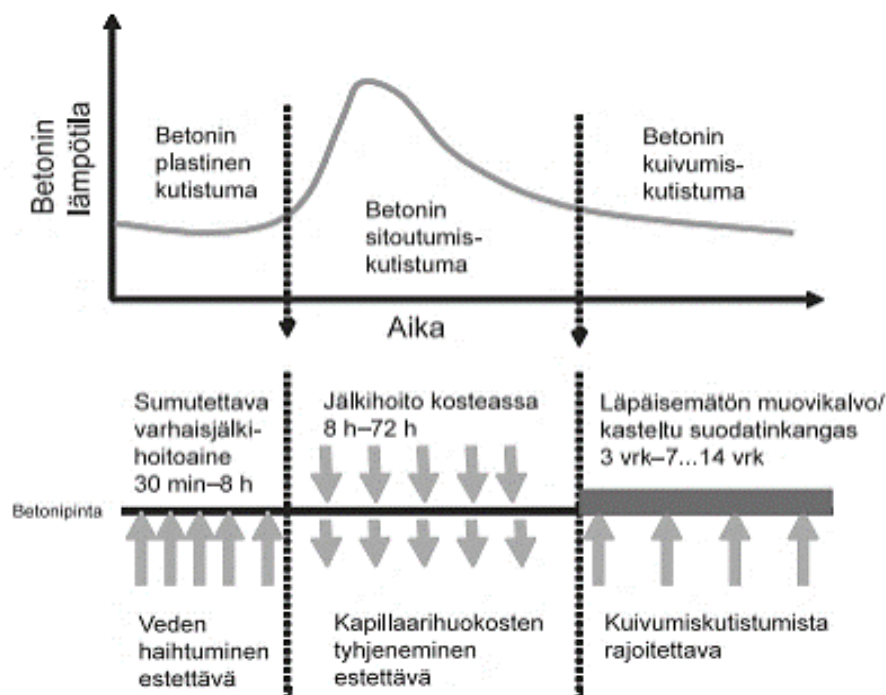
Oikein suoritettu jälkihoito aloitetaan jo, kun betonivalu on alkanut. Betoni pidetään kosteana niin, että se ei pääse kuivumaan liian aikaisessa vaiheessa. Hierron jälkeen, kun betoni kestää kävelyä tarpeeksi niin pinta peitetään muovikalvolla haihtumisen estämiseksi vähintään viikoksi. Hyvänä tapana on betonin pintaan ruiskutettava jälkihoitoaine, joka estää veden haihtumisen pintabetonilattiasta. Jälkihoito aineen ruiskutuksessa on myös hyvä huomioida, että jälkihoitoaineesta ei jää lammikoita pintabetonilattian pintaan. Jälkihoitoaineen laittamisen jälkeen jälkihoitoaine ja sementtiliima tulisi hiota pois. Betonia ei enää myöhemmin tulisi kastella, koska betoniin syvälle imeytyvä ylimääräinen vesi lisää kuivattuvan veden määrää, joka hidastaa betonin kuivatusta ja siirtää betonin

⁴⁴ By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018

⁴⁵ <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

⁴⁶ <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

pinnoitusajankohtaa eteenpäin. Haastattelussa on selvinnyt, että kun hierto on tehty, vesi pääsee haihtumaan pintabetonilattiasta, tämä siis tarkoittaa käytännössä sitä, että pintabetonilattia pääsee kastumaan helpommin, joka lisää kuivumisaikaa.⁴⁷ Pintabetonilattioiden yleisin jälkihoitomenetelmä koostuu vaiheista, jossa varhaisjälkihoitoaine levitetään ennen viimeistä hiertoa, mikäli olosuhteet ovat erittäin huonot. Jälkihoitoaine levitetään heti valun jälkeen. Vesikastelu ja muovikalvo levitetään seuraavana päivänä. Lattiatipinnan kosteutta seurataan koko jälkihoitoajan ja tehdään tarvittavat lisäkastelut. Huolellinen ja oikeaoppinen jälkihoito on aina välttämätöntä hyvän lopullisen tuloksen saavuttamiseksi. Oikeaoppinen jälkihoito tarkoittaa sitä, että se saadaan mukautettua kyseisiin olosuhteisiin ja lattiatyön jatkon huomioon ottamista. Näiden toteuttamiseksi selvitetään ennakoita valu- ja jälkihoito olosuhteet: ilman suhteellinen kosteus, alustan ja huoneilman lämpötila.⁴⁸



Kuva 11. Pintabetonilattian kuivumisen ja jälkihoidon periaatekaavio, joka kuvaa sen aikana tapahtuvat asiat.⁴⁹

⁴⁷ Haastattelu: referenssihankkeen työmaapäällikkö [13.4.2021]

⁴⁸ <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

⁴⁹ Merikallio et al. 2007

4.2 Betonin kuivumisen nopeuttaminen

Betonin kuivumiseen voidaan vaikuttaa betonilaadun valinnalla ja sillä, miten reseptiin voidaan vaikuttaa. Myös betonin kuivumiseen voidaan vaikuttaa kosteudenkerääjillä, jonka tavoitteena on pitää tilan ilmankosteus alhaisena. Yleisin yksinkertainen tapa nopeuttaa pintabetonilattian kuivumista on betonin lämpötilan nostaminen yli 20 °C. Koska betonirakenteen lämpötilan kohotessa rakenteen sisällä olevan vesihöyryn osapaine kasvaa ja samalla betonin vesihöyrynläpäisevyys lisääntyy. Vesihöyryn osapaineen kasvu ja betonin vesihöyrynläpäisevyyden lisääntyminen yhdessä vaikuttavat betonin nopeampaan kuivumiseen. Sillä hetkellä, kun betonin ja ympäröivän ilman lämpötilaero on tarpeeksi suuri, se edistää betonirakenteen kuivumista, koska tilassa hallinnoima ilma pystyy vastaanottamaan betonirakenteesta haihtuvaa kosteutta hyvin.⁵⁰

Referenssihankkeen kosteuskoordinaattorin haastattelussa selvisi, että tilan Lämmittäminen kuitenkin vaikuttaa mittausmenetelmiin huonolla tavalla. Kun pintabetonilattiaa lämmitetään ja sen jälkeen otetaan porareikämittaus pintabetonilattiasta. Lämmityksen takia pintabetonilattian kosteus menee sinne, minne se helpoiten pääsee. Syvältä tuleva kosteus pääsee helpoiten porareikään, jolloin voidaan saada väärä tulos siihen nähden, jos pintabetonilattiaa ei olisi lämmitetty. Vaikka nykypäivänä mittaukset tehdään lämmityksen jälkeen, mutta betonin lämmönjohdatuskyky on parempi ja nopeampi kuin betonin kosteudensiirtokyky. Kun katsotaan että betonin lämpötila olisi laskenut huoneen lämpötilaan niin ei voida olla varmoja, että onko betonin kosteus tasapainottunut lattiassa. Näin ollen pitäisi odottaa, että kosteus tasapainottuisi pintabetonilattiassa.⁵¹

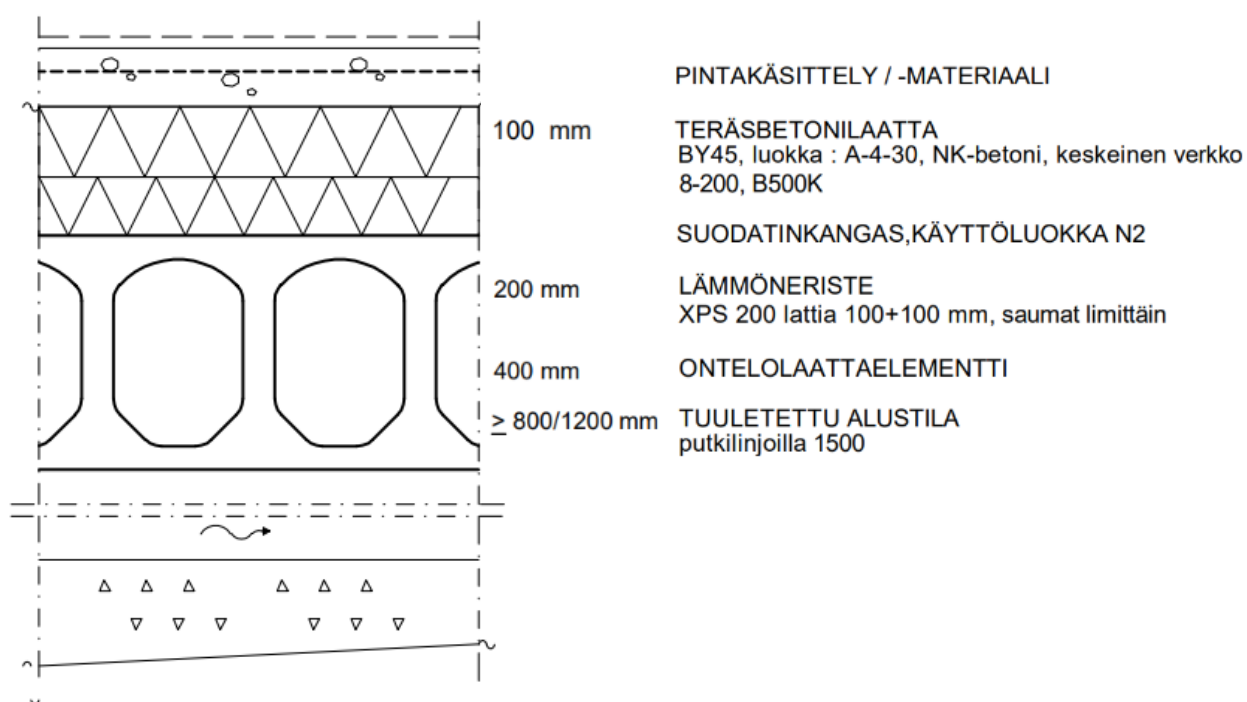
⁵⁰ Pentti Lumme & Tarja Merikallio, Betonin kosteuden hallinta 1997

⁵¹ Haastattelu: Referenssihankkeen kosteuskoordinaattori [27.4.2021]

5 Referenssihankkeen pintabetonilattiat

5.1 Betoni

Referenssihankkeen pintabetonilattioiden kantavana rakenteena on toiminut ontelolaatta, jonka päälle on valettu 100 mm pintabetonilattia. Alapohjarakenne on tuulettuva ryömintätila paitsi hankkeen väestönsuojilla, jossa on kerroksellinen rakenne ja paksu kantava betonilaatta. Referenssihankkeen ala- ja välipohjarakenteiden pintabetonilattioissa on käytetty samaa betonilaatua C25/30, jonka vesi-sementtisuhteen on arvioitu olevan 0,5–0,7 välillä. Pintabetonilattioiden betonin runkoaineena on käytetty raekokoa 16 mm ja notkeusluokkaa S4.



Kuva 12. Referenssihankkeen alapohjan rakennekuva AP01. Ontelolaatan päällä on 200 mm lämmöneriste, raudoitus ja 100 mm teräsbetonilaatta. Ontelolaatan alla on tuulettu alustila.

5.2 Kuivumisaika-arviot

Referenssihankkeeseen on laadittu erilliset kuivumisaika-arviot eri pintabetonilattia tyy-
peille. Kuivumisaika-arviot on laadittu erilaisissa toteutusolosuhteissa tehtäville raken-
teille, jotka on päällystetty kosteusherkillä materiaaleilla. Kuivumisaika-arvioiden tekemi-
sessä on käytetty kokemustietoa ja betonialan kirjallisuutta hyväksi. Näihin arvioihin on
suhtauduttu varovaisesti, koska kaikkia betonin kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä on
mahdotonta ennakoida tarkasti. Näitä ovat esimerkiksi ympäristöolosuhteet, joita on vai-
kea ylipäänsä kontrolloida.

Referenssihankkeessa on suunniteltu pintabetonilattioille kuivumisaika-arviot. Pintabe-
tonilattioissa on käytetty samaa betonilaatua C25/30. Rakennetyypeissä isoin eroavai-
suus tulee (AP 06) väestönsuojan alapohjarakenteesta. Rakennetyypeissä ei ole varsi-
naisia eroavuuksia muuten paitsi lämmöneristeessä ja siinä onko pintabetonilattian
asennettu vesikiertoinen lattialämmitys.

Taulukko 1. Referenssihankkeen pintabetonilattioiden kuivumisaika-arvioita. Laskelmat
on tehty noudattaen julkaisussa ”Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arvi-
ointi” (Merikallio, 2002) esitettyjä ohjeita. Kuivumisolosuhteiden osalta on valittu ns. hy-
vät kuivumisolosuhteet (+18°C, RH 50 %) ja huonot kuivumisolosuhteet (+10°C, 80 RH
%) kuivaketju10 menetelmä ohjeen mukaisesti. Taulukossa käsitellään referenssihank-
keen eri alapohjien ja välipohjien rakennetyyppien kuivumisaika-arvioita.

Rakennetyyppi	Kuivumisolosuhteet	Kuivumisaika-arvio
AP 01 Alapohja uudisrakennus	+18 °C, sisäilman RH 50 % +10 °C, sisäilman RH 80 %	18 vko 27 vko
AP 02 Alapohja märkätila	+18 °C, sisäilman RH 50 % +10 °C, sisäilman RH 80 %	14 vko 20 vko
AP 06 Alapohja väestönsuoja	+18 °C, sisäilman RH 50 % +10 °C, sisäilman RH 80 %	9 vko 16 vko
VP 01 Välipohja uudisrakennus	+18 °C, sisäilman RH 50 % +10 °C, sisäilman RH 80 %	22 vko 41 vko
VP 03 Välipohja päiväkot	+18 °C, sisäilman RH 50 % +10 °C, sisäilman RH 80 %	18 vko 27 vko

5.3 Betonointi ja jälkihoitomenetelmät

Pintabetonilattian valun jälkeen on käytetty jälkihoitoainetta, joka on pitänyt lattian tarpeeksi kosteana. Jälkihoitoaineen jälkeen pintabetonilattian päälle on asennettu muovikalvo, joka on ollut vähintään siinä viikon. Lattian pinta on hiottu auki sementtiliimasta, että lattia pääsee kuivumaan. Kun sementtiliima on hiottu pois, syntyy kuitenkin riski, että vaikka pintabetonilattia pääsee sen jälkeen kuivumaan paremmin, niin se kuitenkin kasuu helpommin. Pintabetonilattian kuivuessa, poikkeuksellisesti tiloihin on varastoitu tavaraa lavojen päälle, että ilmavirtaus pääsee sen alta ja pintabetonilattia pääsee kuivumaan siitä huolimatta. Tiloissa tavoite lämpö on ollut + 20 °C ja pidetty huolta, että se ei alittuisi (Liite 1.), (Liite 2.).⁵²



Kuva 13. Pintabetonilattian päälle levitetään muovikalvo, että kosteus ei pääse liian aikaisin haihtumaan pois pintabetonilattiasta. Rakennusmuovin tehtävä on pitää pintabetonilattia riittävän kosteana. Rakennusmuovia pidetään 1–2 viikkoa lattian päällä.⁵³

⁵² Haastattelu: referenssihankkeen työmaapäällikkö [13.4.2021]

⁵³ https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1403_76-89.pdf

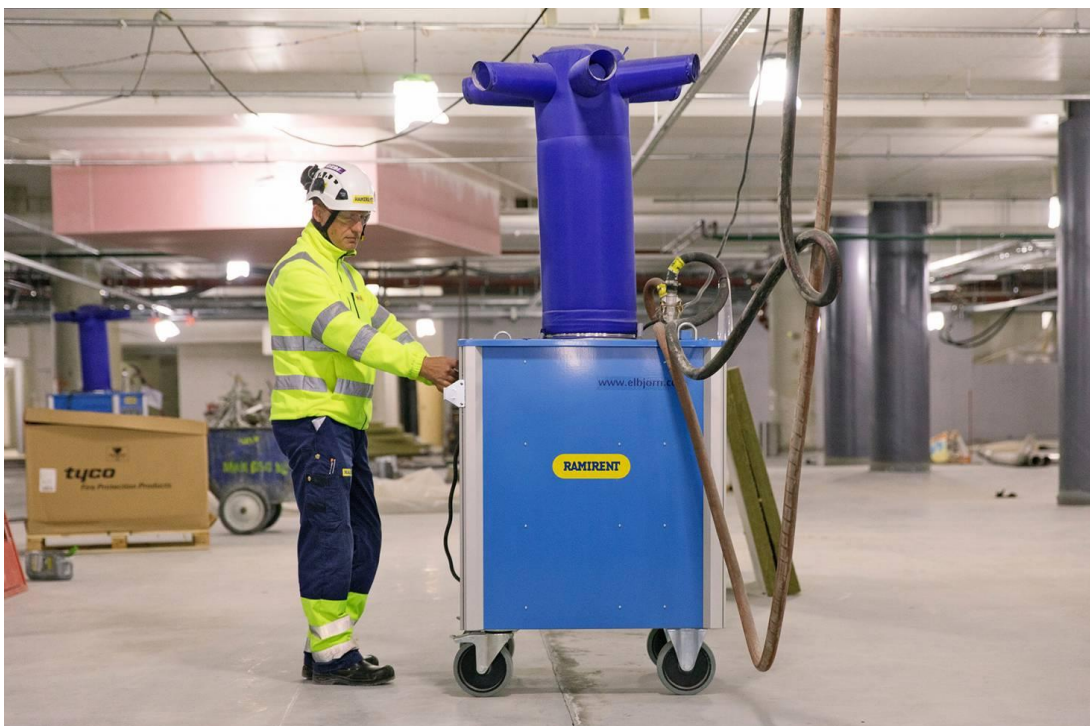


Kuva 14. Referenssihankkeessa käytetty kondenssikuivain. Referenssihankkeessa ilman kuivattaminen on toteutettu koneellisesti. Ilmankuivaimet keräävät ilmasta kosteutta ja pudottavat näin ilman absoluuttista kosteutta. Kun ilman absoluuttisen kosteus laskee, niin myös ilman suhteellinen kosteus laskee ja näin ilma pystyy paremmin vastaan ottamaan pintabetonilattiasta haihtuvaa kosteutta.⁵⁴

Referenssihankkeessa ikkunat olivat asennettu suoraan ulkoseinäelementteihin, joten vaippa on saatu hyvin tiivistettyä alkuvaiheessa. Tiiveys on taannut sen, että kylmää ilmaa ei pääse sisään, joten tila pääsee helpommin lämpenemään ja ilman lämmittämisen kustannukset ovat mahdollisimman pienet. Referenssihankkeen väestönsuojissa on käytetty kosteudenpoistajia, jotta ilman kosteus saataisiin helpommin pois vaikean umpinaisesta tilasta. Erityisesti väestönsuojat ovat olleet referenssihankkeen haasteena koska ne aiheuttavat pitempää kuivumisaikaa yleensä ja ilmanvaihtoa on vaikeampi järjestää.⁵⁵

⁵⁴ <https://www.ramirent.fi/vuokraa/lammitus-kuivaus-ja-polyntorjunta/kuivaus/kondenssikuivaimet/229416/kondenssikuivain>

⁵⁵ Haastattelu: referenssihankkeen työmaapäällikkö [13.4.2021]



Kuva 15. Referenssihankkeessa käytettiin vesikiertoista lämpöpuhallinta. Lämpöpuhaltimia käytettiin joka kerroksen lohossa 1–2 kpl. Lisäksi käytettiin pienempiä sähkö- ja kaasulämmityskoneita. Tarvittaessa näitä lisättiin työmaalla.

Referenssihankkeen pintabetonilattioiden kuivumisaika-arvioiden perusteella voidaan todeta, että kuivuminen on tapahtunut suunnitelmien mukaan varsin hyvin (Taulukko 2.). Pintabetonilattioiden kuivuminen ei ole aiheuttanut aikataulu viiveitä tai muita isoja ongelmia. Referenssihankkeen pintabetonilattioiden haasteena voidaan pitää väestönsuojien ympäristöolosuhteiden hallintaa, koska tilassa on kerroksellinen rakenne ja kantava paksu betonilaatta. Väestönsuojiiin on myös hankalempi järjestää ilmanvaihtoa, koska ne ovat umpinaisia. Väestönsuojien pintabetonilattioiden kuivuminen on toteutunut suunnitelmien mukaan hyvin ja lattiat ovat kuivuneet odotetulla tavalla, kuten kuivumistaulukosta voidaan nähdä (Taulukko 2.).

Kuivumistaulukosta voidaan myös nähdä B-lohkon 3. kerroksen tiloja, jossa on pidempiä kuivumisaikoja. Nämä tulokset poikkeavat paljon muista tuloksista ja niitä voidaan perustella sillä, että lohossa ei ole ollut riittävän lämmin pintabetonilattian alkuvaiheessa. Lämpötila näyttää alle 20 °C kuivumisen alkuvaiheessa ja kun lämpötilaa on lisätty niin kuivuminen on nopeutunut. Pintabetonilattioiden kuivuminen on tapahtunut ns.

huonommissa olosuhteissa (Taulukko 1.). Voidaan myös ajatella, että tilaan on varastoitu juuri kosteusanturien päälle tai kosteusanturi on ollut rikkiäinen (Liite 1.). Referenssihankkeessa on ollut yleistä, että osa kosteusantureista on toiminut huonosti noin. 2/10 kpl ollut rikkiäisiä tai kosteutta on muodostunut sen sensoriin.

Taulukko 2. Referenssihankkeen pintabetonilattioiden kuivumisaikoja. Tulokset on mitattu työmaan eri lohkojen eri tiloista. (Liite 1.), (Liite 2.)

Referenssihankkeen pintabetonilattioiden toteutuneet kuivumisajat				
Tila	Kuivumisajankohta	Yhteensä	Mittaus syvyys	RH %
A-lohko 1. krs				
1006 AP01	19.03.2020 - 02.10.2020	28 vko	40 mm	84,50 %
1018 AP02	19.03.2020 - 02.07.2020	15 vko	40 mm	83,00 %
1030 AP02	19.03.2020 - 09.09.2020	25 vko	40 mm	80,00 %
1050 AP01	19.03.2020 - 01.08.2020	23,5 vko	40 mm	85,00 %
A-lohko 2. krs				
2023 VP03	05.03.2020 - 12.08.2020	23 vko	40 mm	82,00 %
2154 VP03	05.03.2020 - 12.08.2020	23 vko	40 mm	80,00 %
B-lohko 1. krs				
1070 AP01	08.04.2020 - 17.07.2020	14,3 vko	40 mm	83,40 %
1113 AP01	11.02.2020 - 17.07.2020	22,4 vko	50 mm	86,40 %
B-lohko 2. krs				
2058 VP01	10.01.2020 - 02.07.2020	24,8 vko	50 mm	86,20 %
2078 VP01	10.01.2020 - 02.07.2020	24,8 vko	50 mm	87,00 %
B-lohko 3. krs				
3033 VP01	23.01.2020 - 02.10.2020	36 vko	50 mm	87,00 %
3082 VP01	23.01.2020 - 02.10.2020	36 vko	50 mm	85,20 %
C-lohko 1. krs				
1100 AP01	03.02.2020 - 17.07.2020	23,5 vko	50 mm	81,60 %
1107 AP01	03.02.2020 - 17.07.2020	23,5 vko	50 mm	83,10 %
C-lohko 2. krs				
2092 VP01	07.01.2020 - 08.08.2020	30,5 vko	50 mm	87,70 %
2113 VP01	11.02.2020 - 17.07.2020	22,4 vko	50 mm	84,00 %
C-lohko 3. krs				
3051 VP01	21.01.2020 - 02.07.2020	23,3 vko	50 mm	87,00 %
3052 VP01	21.01.2020 - 02.07.2020	23,3 vko	50 mm	86,30 %
D-lohko 2. krs				
2126 AP06	13.05.2020 - 02.10.2020	20,3 vko	40 mm	85,90 %
2184 AP06	21.04.2020 - 02.10.2020	23,5 vko	40 mm	84,70 %
D-lohko 3. krs				
3113 VP01	25.03.2020 - 02.10.2020	27,3 vko	50 mm	86,70 %
3120 VP01	25.03.2020 - 02.10.2020	27,3 vko	50 mm	83,00 %

5.4 Mittausteknologiat

Referenssihankkeessa on käytetty erilaisia mittausteknologioita pintabetonilattioiden kosteuden seuraamiseen. Betonin suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen on käytetty Wiisteen Oy:n kosteusantureita ja ilmankosteuden mittaamiseen MeshWorks Wireless Oy:n Seemoto mittauslaitteita. Näillä kosteudenmittauslaitteilla varmistetaan pintabetonilattioiden suhteellinen kosteus ja pääasiassa se, että kuivuminen tapahtuu. Näillä mittaustyökaluilla voidaan seurata pintabetonilattian kuivumista ja sen tulevaa pinnoitusajankohtaa. Mittausteknologiat sisältävät omat järjestelmät tai applikaatiot kuivumisen seurantaan. Pääasiassa tietokoneella pääsee näkemään eri tilojen ja lohkojen pintabetonilattioiden kosteutta, lämpötiloja, ilmankosteutta ja niiden eroja.

Pintabetonilattian yksi tärkeimmistä mittauslaitteista oli pintabetonilattiaan upotettavat mittaussanturit, jotka mittaavat betonin suhteellista kosteutta % RH ja lähettävät saadun tietoa järjestelmään. Näitä kosteusantureita laitetaan pintabetonilattioiden eri tiloihin ja riskipaikkoihin, joissa saattaisi olla ylimääräistä kosteutta. Suurin piiretin yksi kosteusanturi asennetaan 10m² alueelle. Kosteusantureita laitetaan mittaamaan betonin kosteutta eri syvyyksiltä 40 mm - 70 mm. Tämän jälkeen, kun kosteusanturi on saavuttanut oikean pinnoituslukeman valmistajan tuotteen ohjeen mukaan, samat kohdat pintabetonilattiassa mitataan uudestaan rakennekosteusmittauksin pora- ja koepalamittaussmenetelmällä, joka tilasta, että voidaan todentaa tulokset varmasti oikeiksi.



Kuva 16. Referenssihankkeen hyödyntämä Wiiste Oy:n kosteusanturien lukulaite. Lukulaiteilla mitattiin pintabetonilattiasta kosteudenanturi, josta saatiin tulos tietokantaan.⁵⁶

⁵⁶ <https://www.wiiste.com/rakennekosteusmittarit>



Kuva 17. Referenssihankkeen pintabetonilattia valuihin upotettu Wiiste Oy:n kosteusanturi. Kosteusanturi laitettiin 40–70 mm syvyydelle pintabetonilattiaan.⁵⁷



Kuva 18. MeshWorks Wireless Oy:n Seemoto mittauslaite. Mittauslaitetta käytettiin referenssihankkeen eri tiloissa ja lohkoissa. Mittauslaite lähettää dataa tietojärjestelmään.

Tärkeintä betonin kuivumisen kannalta on aloittaa kuivumisen seuranta mittauksin varhaisessa vaiheessa. Varhaisessa vaiheessa voidaan havaita, mikäli betonin kuivuminen ei lähde kehittymään normaalin mukaisesti. Referenssihankkeen pintabetonilattioihin on asennettu kosteusanturit betonin kuivumisen seuraamiseksi. Referenssihankkeen kosteudenmittaukset ovat onnistuneet hyvin ja kaikki pinnoitustyöt ovat alkaneet aikataulun mukaisesti. Wiiste Oy:n kosteusantureilla ei voida vielä todentaa kosteustuloksia, joten on käytettävä varmempaa mittausmenetelmää lopuksi, kun pintabetonilattiat ovat kuivuneet tarpeeksi kosteudenantureiden tuloksiin nähden. Referenssihankkeessa pintabetonilattioiden suhteellinen kosteus todennettiin porareikämittausmenetelmällä, jonka jälkeen pintabetonilattia oli valmis pinnoitettavaksi. Porareikämittauksissa on myös hyödynnetty lätkökkarttaa, josta voidaan nähdä kosteimmat alueet, joista tulisi mitata

⁵⁷ <https://www.wiiste.com/rakennekosteusmittarit>

ensisijaisesti. Lätäkkökartta on varsin isossa roolissa tässä, koska mittaukset pitää ottaa kosteimmasta kohtaa. Referenssihankeeseen kosteuskoordinaattorin mukaan kosteimman kohdan paikka vaihtelee yleensä, usein pintabetonilattian kuivin kohta on lattian nurkassa ja märin keskellä. Mutta on varsin yleistä, että nämä paikat muuttuvat rakennuksen saumojen ja liitoskohtien myötä. Myös pintabetonilattia voi kastua vesivahingon myötä keskeltä lattiaa.⁵⁸



Kuva 19. Referenssihankeessa käytettiin porareikämittausmenetelmää mittaustuloksien varmentamiseksi. Mittaustulos 86.2 RH % on otettu 50 mm syvyydestä rakennuspististä VP 01. Saman kohdan mittaustulos 20 mm syvyydestä on ollut huomattavasti pienempi 76.4 RH %.

⁵⁸ Haastattelu: referenssihankeeseen kosteuskoordinaattori [27.4.2021]

5.4.1 Mittausmenetelmien vertailu

Referenssihankkeen mittausmenetelmien porareikämittauksien ja kosteusanturien keskimääräisten tulosten vertailuissa voidaan myös todeta, että kosteusanturit antavat suurempia tuloksia, mutta vain muutamia prosentteja suhteellisesta kosteudesta % RH. Mittausmenetelmien vertailussa on myös hyvä huomioida, että Wiiste Oy:n kosteusanturien syvyys ei välttämättä ole tarkalleen oikea 1–10 mm välillä. Myös on otettava huomioon, että ontelolaatat ovat hiukan käyriä, joten pintabetonilattian paksuus vaihtelee eri kohdissa 0 - 5 mm. Kosteusantureita ei voida kalibroida, joten voidaan olettaa, että tulos vääristyy aggressiivisessä ympäristössä.⁵⁹

Taulukossa 1. on esitetty sekä Wiiste Oy:n betonivaluun asennettavat kosteusanturien ja porareikämittausten perusteella mitatut suhteelliset kosteudet % RH ja kuivumisajat. Tarkastelu on tehty referenssikohteessa siten, että Wiisteen anturin ilmoittama arvo on luettu mahdollisimman lähellä porareikämittauksen porausikää betonin valusta. Kuivumisolosuhteet ovat olleet koko tarkastelujakson ajan keskimäärin +20 °C, RH 45 %.⁶⁰

Taulukko 3. Wiiste Oy:n antureiden ja porareikämittaustulosten vertailu välipohjarakenteiden osalta. Wiiste Oy:n kosteusanturit ovat olleet samalla mittausvyvydellä porareikämittauksien kanssa.

Rakennetyyppi	Betonin keskimääräinen ikä valusta [vko]	Wiiste Oy [RH-%]	Porareikä [RH-%]
VP1	32	84	81
VP3	30	81	80
VP6	23	86	84
VP9	23	86	84

⁵⁹ Haastattelu: referenssihankkeen kosteuskoordinaattori [27.4.2021]

⁶⁰ Haastattelu: referenssihankkeen kosteuskoordinaattori [27.4.2021]

6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkittiin referenssihankkeen pintabetonilattioiden kuivumistavoitteiden saavuttamista. Opinnäytetyössä kerättiin tarvittavat ja yleiset kuivumismenetelmät mitkä vaikuttavat pintabetonilattioiden kuivumisaikaan. Tietoa kerättiin kirjallisuutta hyödyntäen ja työmaalta mittausmenetelmien avulla. Mittausmenetelmien avulla työmaalta on saatu paljon dataa pintabetonilattioiden kuivumiskäyttäytymisestä. Mittausmenetelmien on myös laskettu referenssihankkeen eri pintabetonilattioiden kuivumisaikoja, joista on tehty kuivumisaikataulukko, josta voidaan vertailla tuloksia.

Pintabetonilattioiden kuivumiseen vaikuttavat useat eri tekijät ja ominaisuudet. Pääasiassa työmaalle tilatun betonilaadun ominaisuudet, pintabetonilattian paksuus ja jälkihoito, pintabetonilattian lämpötila ja erityisesti ympäröivässä tilassa vallitseva suhteellinen kosteus % RH ja lämpötila. Oikealla kuivumismenetelmällä voidaan vaikuttaa pintabetonilattian kuivumiseen ja koko kohteen rakennusaikaan, joka voi lyhentyä merkittävästi.

Pintabetonilattioiden kuivuminen on hidas prosessi, johon vaikuttavat useat erilaiset tekijät. Betoni sisältää kosteutta ja sen takia kuivuminen on hidasta. Betonin kosteus on peräsin sen valmistuksesta ja rakentamisen aikaisesta kosteudesta. Kosteus betonissa myöhemmin aiheuttaa ongelmia eri osa-alueilla. Ongelmia voivat olla pintabetonilattian pinnoitettavuudenajankohta, mahdolliset sisäilmahaitat ja pinnoitusmateriaalille aiheutuvat haitat.

Mitä alhaisempi betonin vesi-sementtisuhde on, sitä tiiviimpää betoni on. Betoni näin ollen kastuessaan hetkellisesti pienellä ajalla ei merkittävää vaikutusta kuivumisaikaan. Kuitenkin jos betoni joutuu pitemmällä ajanjuoksulla liialliseen kosteusrasitukseen niin se vaikuttaa erityisesti betonin kuivumiseen. Tämän takia se myös läpäisee hitaammin vesihöyryä. Betonilaadun ominaisuuksien vesisideainesuhde ja betonin huokosrakenne vaikuttavat myös, miten betoni sitoo kosteutta. Kun sementin määrä on isompi betonissa niin kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on suurempi. Joten silloin haihtuvan veden määrä on pienempi pyrittäessä tiettyyn betonin kosteuteen.

Lämpötilalla ja kuivumissuunnalla on hyvin suuri merkitys pintabetonilattian kuivumiseen. Pintabetonilattian rakennepaksuuden kasvattaminen hidastaa rakenteen kuivumista merkittävästi. Paksussa pintabetonilattiassa kosteus joutuu siirtymään rakenteen sisällä pitemmän matkan kuin ohuemmassa rakenteessa. Kun kosteus lattiassa pääsee haihtumiskykyiseen pintaan, niin se haihtuu pois ilmaan. Pintabetonilattian kuivumisessa on otettava myös huomioon, että kuivuuko pintabetonilattia useampaan suuntaan kuin yhteen.

Kuivumisolosuhteet vaikuttavat merkittävästi pintabetonilattioiden kuivumiseen. Pintabetonilattioilla tulisi olla ns. täydelliset olosuhteet täydelliseen kuivumiseen. Betonin kuivatamisolosuhteiden kannalta isoimmat tekijät ovat ilman suhteellinen kosteus % RH ja lämpötila. Lämmitettäessä kuivatettavaa tilaa tulisi ilman lämpötila olla noin + 20 °C tai enemmän. Pintabetonilattian ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden tavoitteena on pitää se suurin piirtein 50 % RH alueella.

Pintabetonilattian jälkihoidolla on merkittävä vaikutus lattiarakenteelle asetettujen aikataulu ja kosteus vaatimuksien täyttymiselle. Jälkihoidon ensisijaisena tavoitteena on estää pintabetonilattian liian varhainen kuivuminen. Pintabetonilattioiden kuivumista tavoiteaikaan edellyttää huolellista jälkihoitoa, joka alkaa betonivalusta. Jälkihoidon tärkeimmistä tavoitteista on pitää betoni riittävän kosteana ja lämpimänä, niin että sementin hydratoituminen pääsee tapahtumaan ilman pysähdyksiä. Oikein suoritettu jälkihoito aloitetaan jo, kun betonivalu on alkanut. Huolellinen ja oikeaoppinen jälkihoito on aina välttämätöntä hyvän lopullisen tuloksen saavuttamiseksi. Oikeaoppinen jälkihoito tarkoittaa sitä, että se saadaan mukautettua kyseisiin olosuhteisiin ja lattiatyön jatkon huomioon ottamista. Näiden toteuttamiseksi selvitetään ennakolta valu- ja jälkihoito olosuhteet: ilman suhteellinen kosteus, alustan ja huonetilan lämpötila.

7 Johtopäätökset

Opinnäytetyössä tutkittiin referenssihankkeen pintabetonilattioiden kuivumistavoitteiden saavuttamista. Opinnäytetyössä myös pyrittiin keräämään tarvittavat yleiset kuivumismenetelmät mitkä vaikuttavat pintabetonilattioiden kuivumisaikaan. Tietoa kerättiin kirjallisuutta hyödyntäen ja työmaalta mittausmenetelmien avulla. Mittausmenetelmien avulla on laskettu referenssihankkeen eri pintabetonilattioiden kuivumisaikoja, joista on tehty kuivumisaikataulukko, josta voidaan vertailla tuloksia.

Referenssihankkeessa on huolellisesti seurattu pintabetonilattian kuivumista ja järjestetty optimaaliset olosuhteet kuivumiselle. Tilojen vaatimat olosuhteet kuivumiselle ovat olleet, että lämpötila tulisi olla +20 °C ja ilmankosteus noin. 50 % alueella. Kuivumista on auttanut erityisesti se, että ulkoseinäelementteihin on asennettu ikkunat ennen toimitusta työmaalle. Tämä takaa sen, että rakennuksen vaippa on jo tiivis alkuvaiheessa. Opinnäytetyössä on havaittu, että alle 20 °C lämpötilassa pintabetonilattian kuivuminen ei ole tarpeeksi optimaalinen, lämpötilan lisäämisellä kuivuminen nopeutuu huomattavasti. Myös työmaalla tulisi ennakoida haastavimmat paikat pintabetonilattioiden kuivumisen kannalta, kuten väestönsuojat, jonne on vaikea saada ilmanvaihtoa. Väestönsuojiin oli järjestetty oikeanlaiset olosuhteet ja sen perusteella referenssihankkeen väestönsuojien pintabetonilattioiden tavoitteellinen kuivumisaika on onnistunut hyvin. Pintabetonilattioiden kuivumisen kannalta vaikeimmat paikat tulisi huomioida kuivumisaika-arvioissa ja siten betonivalun alkuvaiheessa voidaan ennakoida ja kiinnittää huomiota miten kyseinen rakennetyyppi kuivuu.

Kuivumisajan seurantaan on käytetty erilaisia mittausteknologioita, kuten betonivaluun asennettavat kosteusanturit ja tiloihin asennettavia lämpötilamittauslaitteita. Kostudenantureilla voidaan hyvin seurata kuivumistrendiä ja pääasiassa sitä, että kuivuminen tapahtuu. Lähtökohtana on tärkeää, että kuivumisen seuranta aloitetaan jo aikaisessa vaiheessa, josta pystytään nähdä, että pintabetonilattioiden kuivumistrendi lähtee oikealla tavalla käyntiin alkumetreillä. Kuivumista tulisi valvoa seuraamalla kuivumistrendiä ja pitää yllä työmaan lätkökkarttaa, näillä tiedoilla voidaan varmistaa se, että missä päin pintabetonilattiaa on kostein kohta. Tämän jälkeen betonin kosteus tulisi mitata varmallalla mittausmenetelmällä todentaakseen mittaustuloksen ja sen, että pintabetonilattialle voi asentaa pinnoitusmateriaalin.

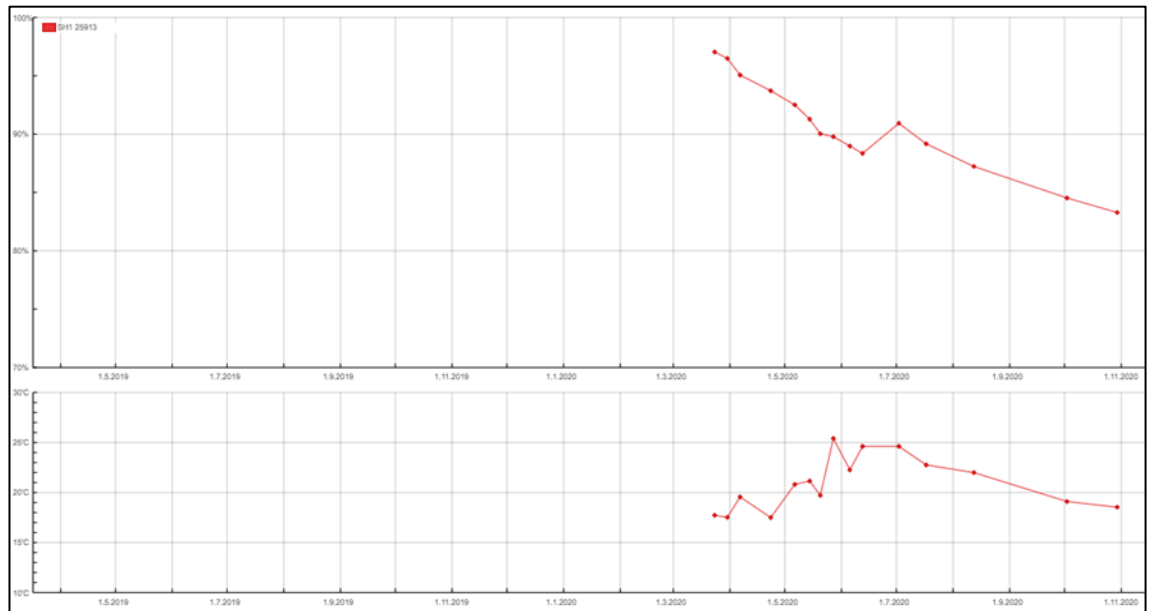
Lähteet

1. Tarja Merikallio, betonilattian riittävän kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa, <https://docplayer.fi/2433400-Betonilattian-riittavan-kuivumisen-maarittaminen-uudisrakentamisessa.html> [Viitattu 21.3.2021]
2. Suomen Betoniyhdistys ry, Kim Johansson, <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/nuoren-ja-kovettuneen-betonin-ominaisuudet-2020.pdf> [Viitattu 15.4.2021]
3. Suomen Betonitieto Oy, Merikallio, T., Niemi, S., Komonen, J., 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki. [Viitattu 20.3.2021]
4. Pentti Lumme & Tarja Merikallio, Betonin kosteuden hallinta 1997 [Viitattu 20.3.2021]
5. By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018 [Viitattu 29.3.2021]
6. Betoniteollisuus ry, betonin ominaisuudet ja edut, <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut> [Viitattu 29.3.2021]
7. Betoniteollisuus ry, <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-ominaisuudet-ja-kaytto> [Viitattu 29.3.2021]
8. Betoniteollisuus ry, <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/kosteudenkestavyys> [Viitattu 29.3.2021]
9. Ilmatieteen laitos, <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lampotila-ja-kosteus#15> [Viitattu 12.3.2021]
10. Rakennustarkkailija, <https://rakennustarkkailija.com/perustietoa-kosteudesta> [Viitattu 12.3.2021]
11. Pistesarjat Oy, <http://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2018/11/BET-betonin-kuivumisen-nopeuttaminen-ohjekirja-2018.pdf> [Viitattu 12.3.2021]

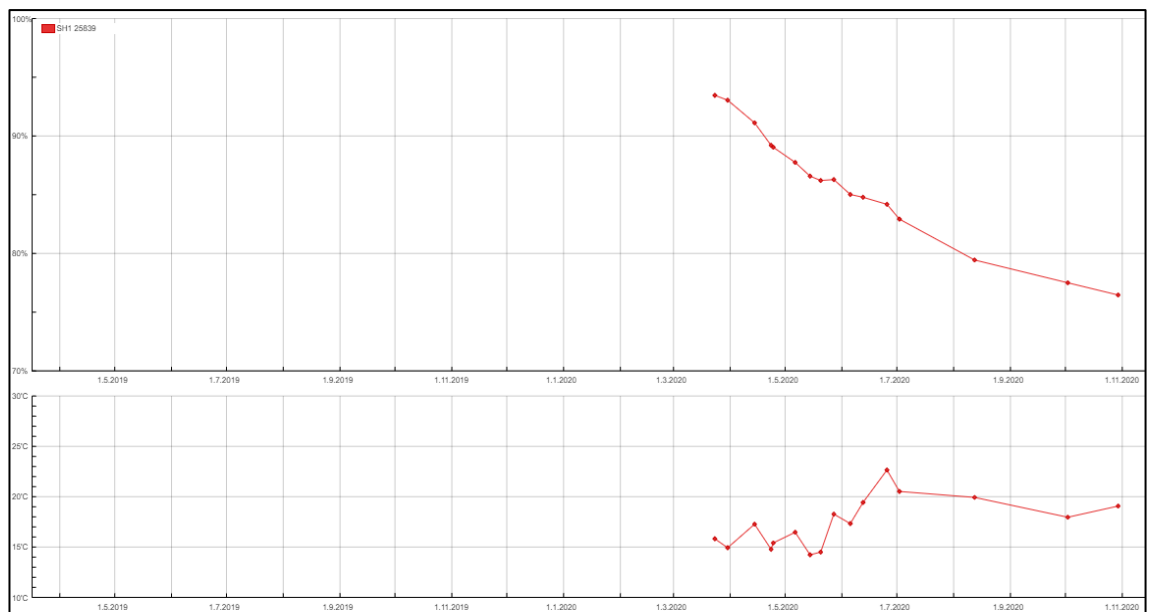
12. Finnsementti Oy, <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppiaalle/betonin-kuivuminen/> [Viitattu 22.3.2021]
13. Mittaviiva Oy, <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset> [Viitattu 31.3.2021]
14. Sisäilmayhdistys ry, <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen> [Viitattu 12.3.2021]
15. SRV Rakennus Oy, <https://www.srv.fi/tyomaat/2819-monikon-koulukeskus> [Viitattu 29.3.2021]
16. Haastattelu: referenssihankkeen työmaapäällikkö [Viitattu 13.4.2021]
17. Haastattelu: referenssihankkeen kosteuskoordinaattori [Viitattu 27.4.2021]
18. Wiiste Oy, <https://www.wiiste.com/rakennekosteusmittarit> [Viitattu 20.4.2021]
19. Ramirent Oy, <https://www.ramirent.fi/blogi/rakennustyomaiden-valiaikainen-lammitys> [Viitattu 5.5.2021]
20. Ramirent Oy, <https://www.ramirent.fi/vuokraa/lammitys-kuivaus-ja-polyntorjunta/kuivaus/kondenssikuivaimet/229416/kondenssikuivain> [Viitattu 5.5.2021]
21. Espoon kaupunki, https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Rakentaminen/Kaupunki-suunnittelee_rakentaa_ja_yllapitaa/Ajankohtaisia_toimitilahankkeita/Monikko_Leppavaaran_koulukeskus [Viitattu 5.5.2021]

Liitteet

Kosteusanturien tuloksia:

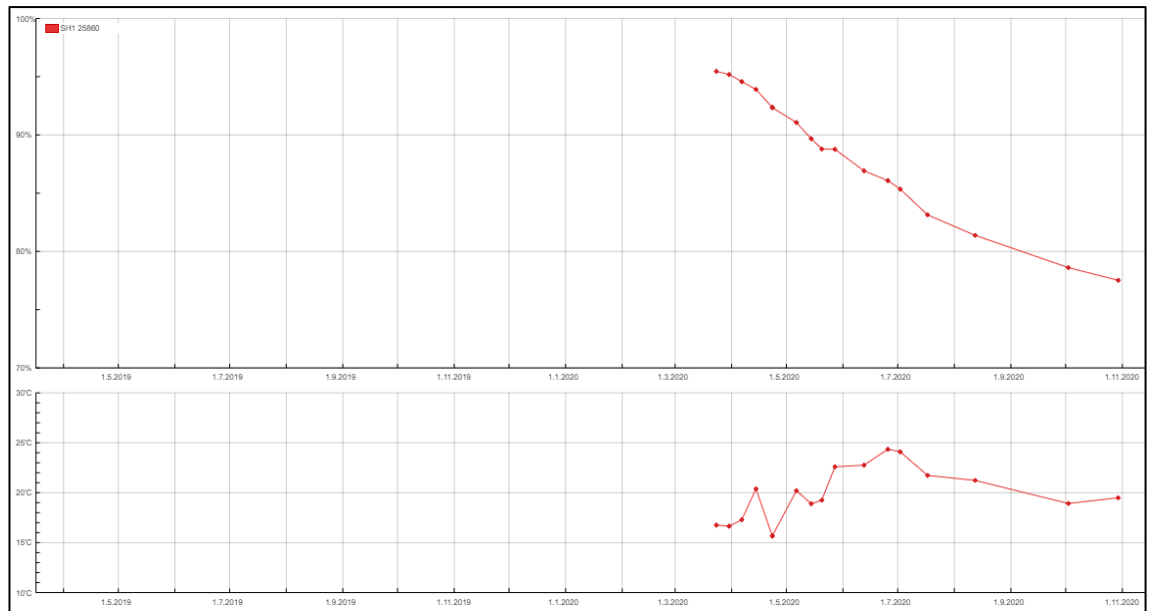


Tulos 1. A-lohko 1.krs tila 1006: Lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.

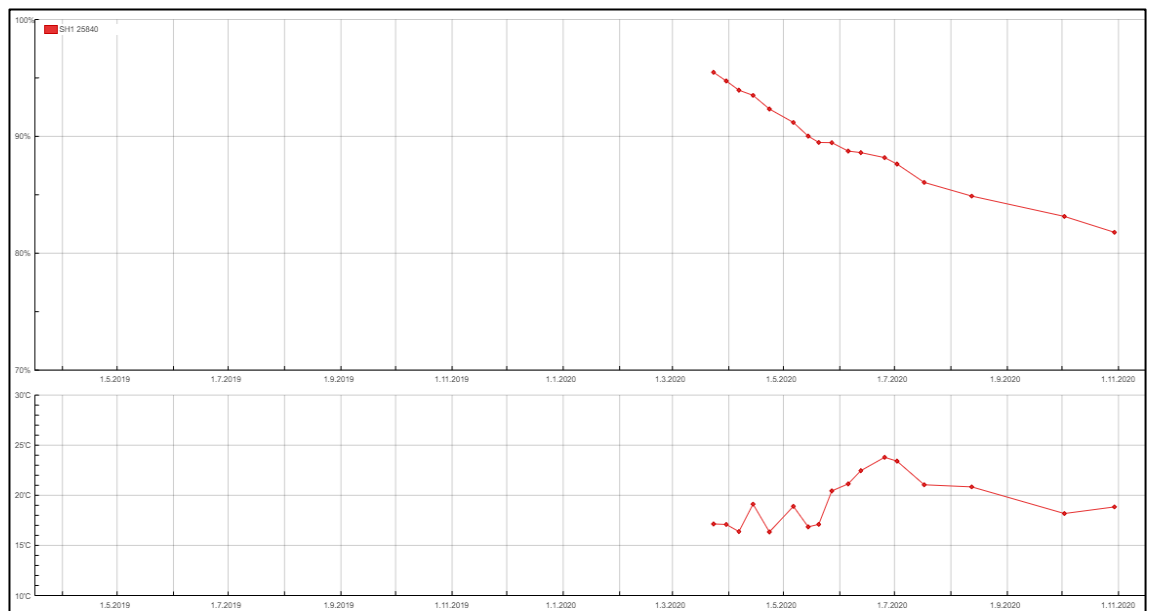


Tulos 2. A-lohko 1.krs tila 1018: Lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.

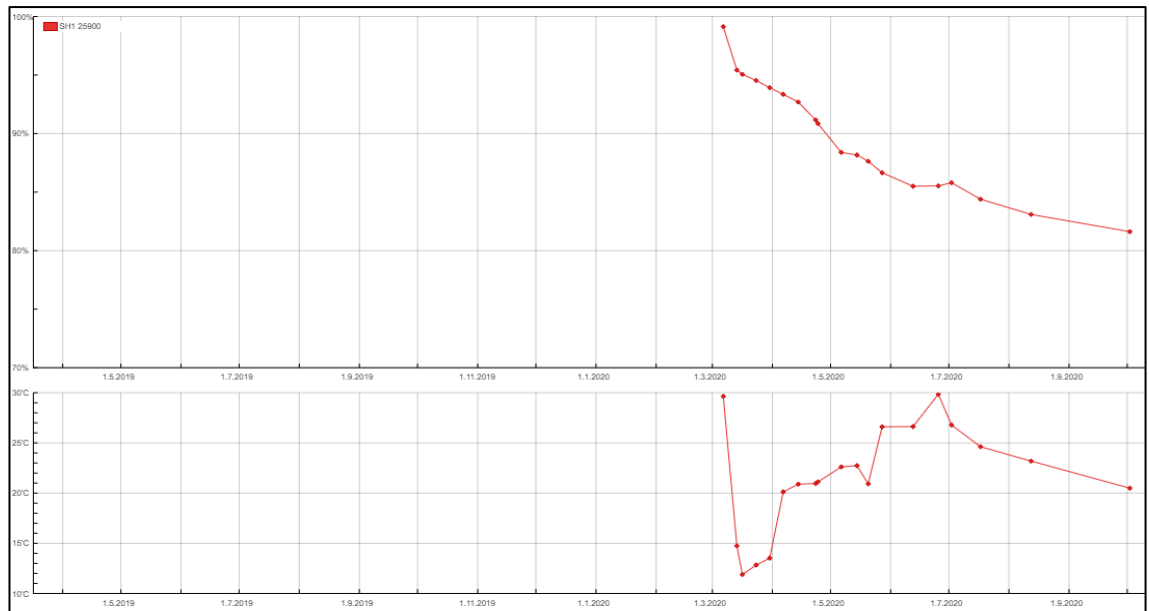
Referenssihankkeen kosteusmittauksia



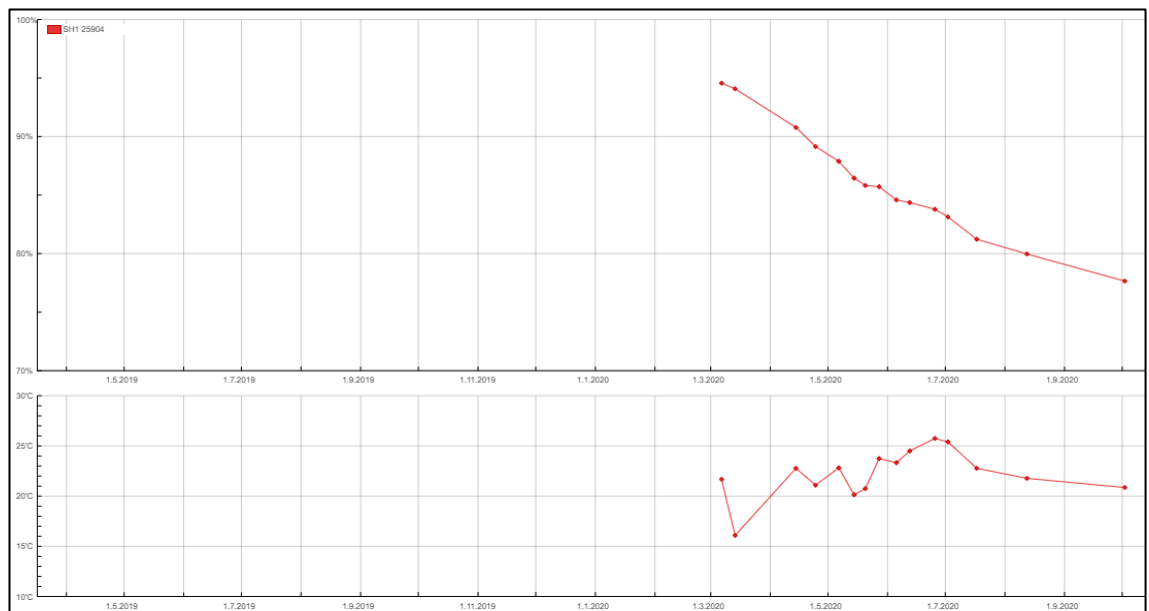
Tulos 3. A-lohko 1.krs tila 1030: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



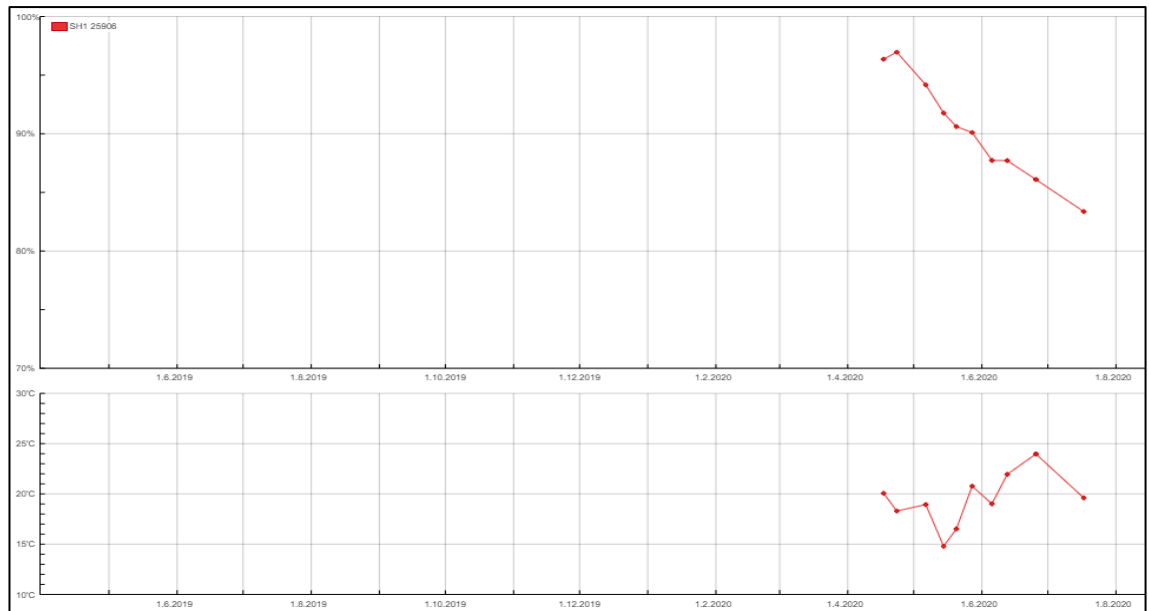
Tulos 4. A-lohko 1.krs tila 1050: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



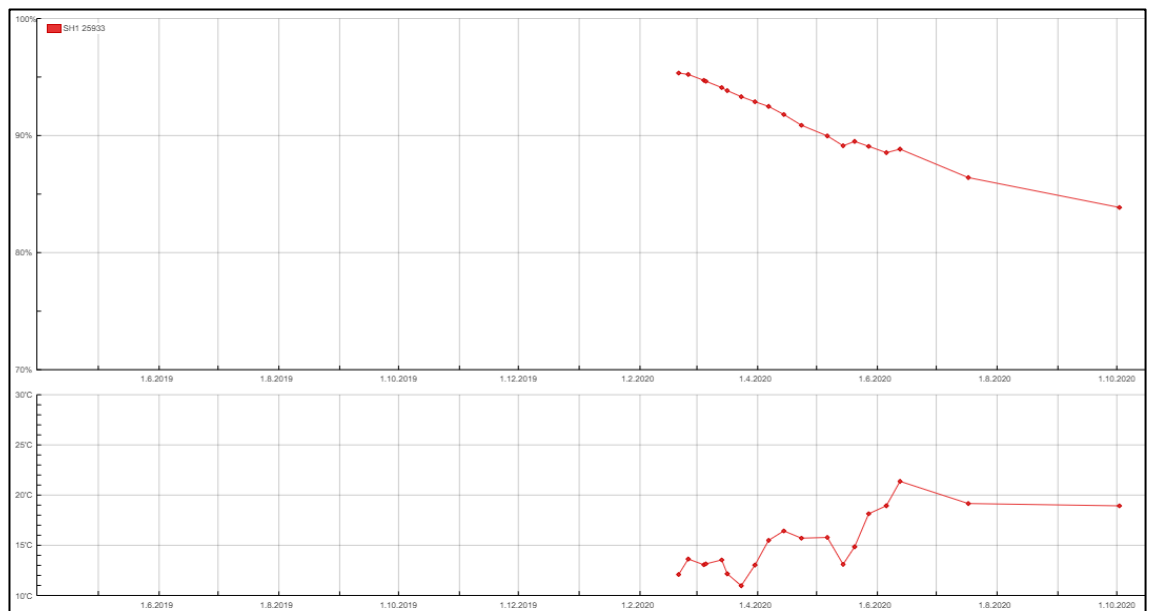
Tulos 5. A-lohko 2.krs tila 2023: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



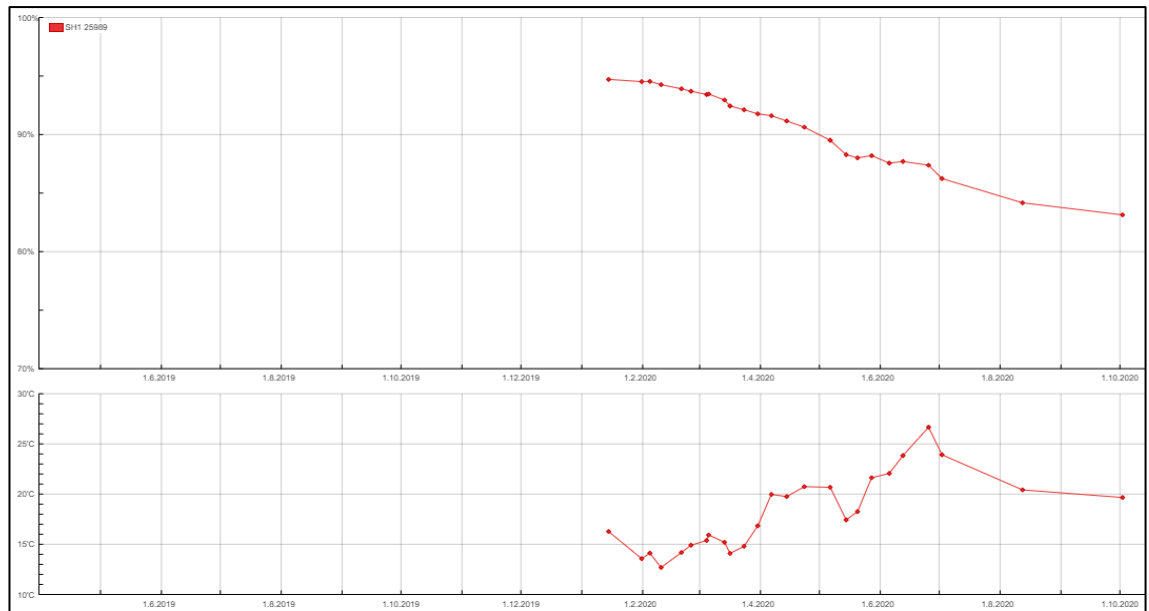
Tulos 6. A-lohko 2.krs tila 2154: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



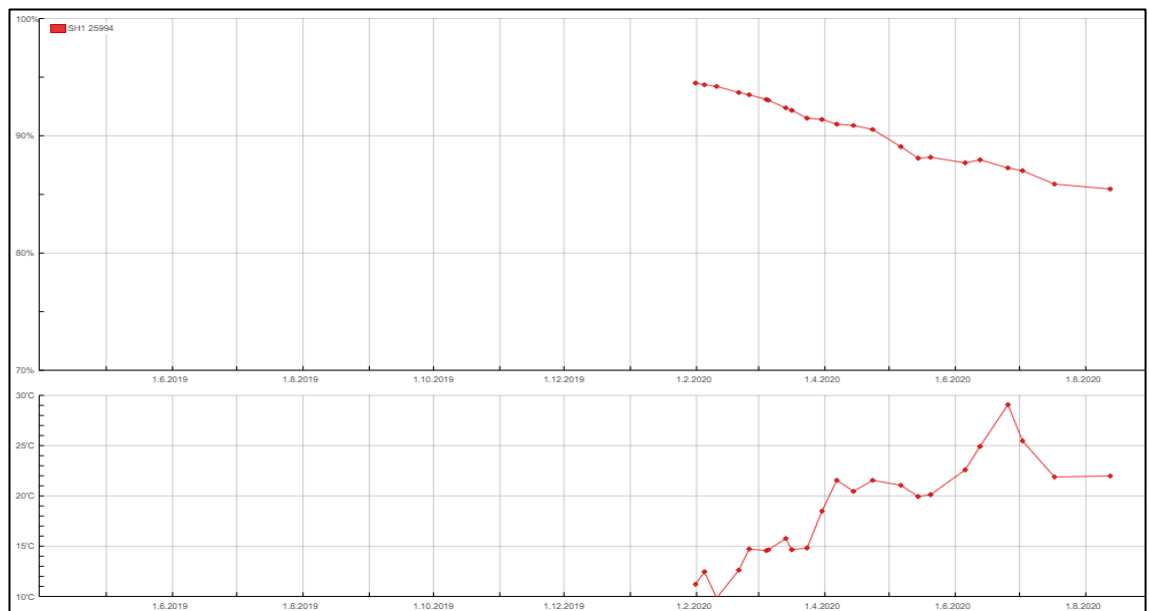
Tulos 7. B-lohko 1.krs tila 1070: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



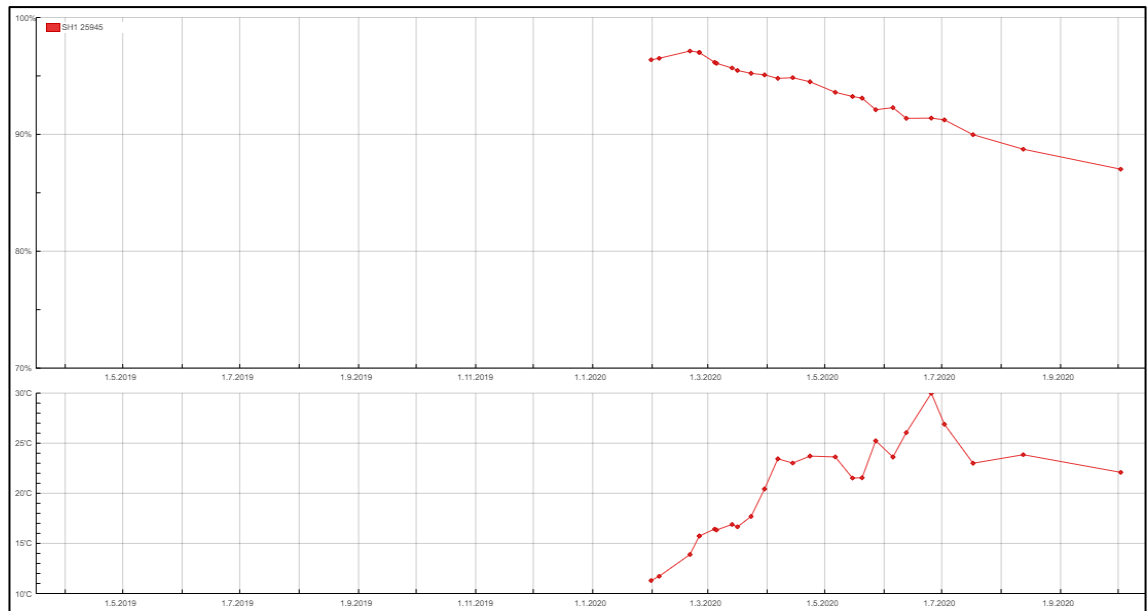
Tulos 8. B-lohko 1.krs tila 1113: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



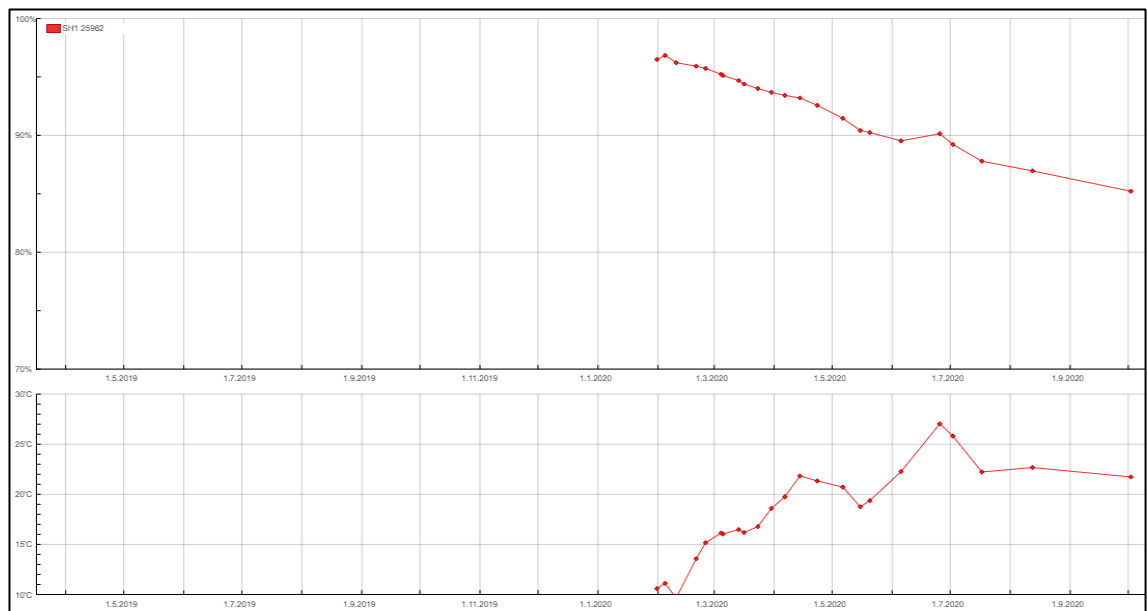
Tulos 9. B-lohko 2.krs tila 2058: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



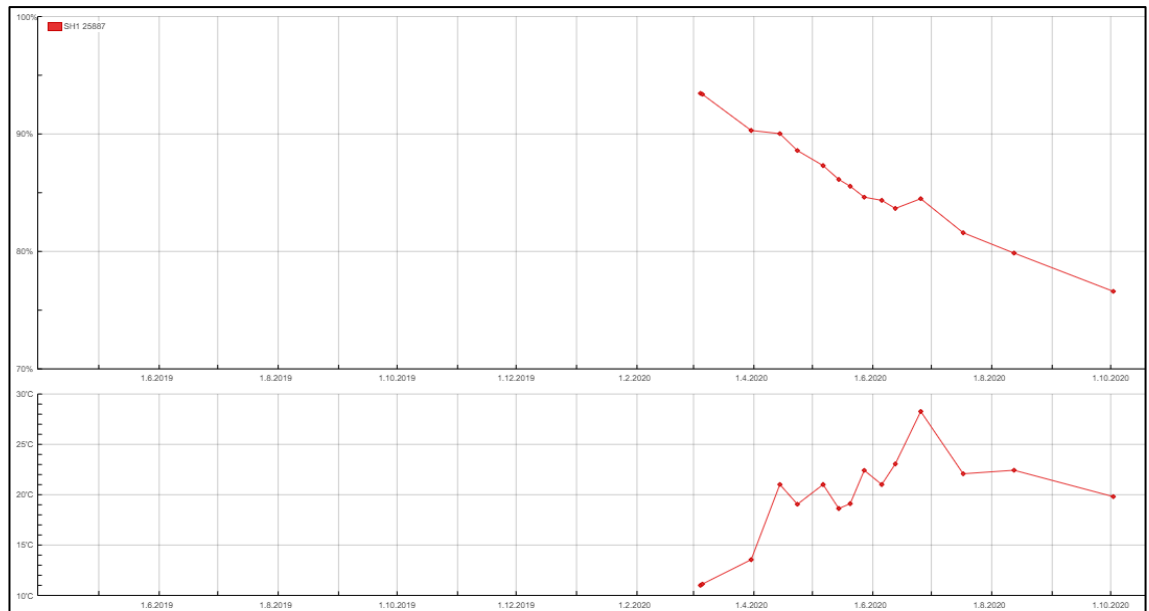
Tulos 10. B-lohko 2.krs tila 2078: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



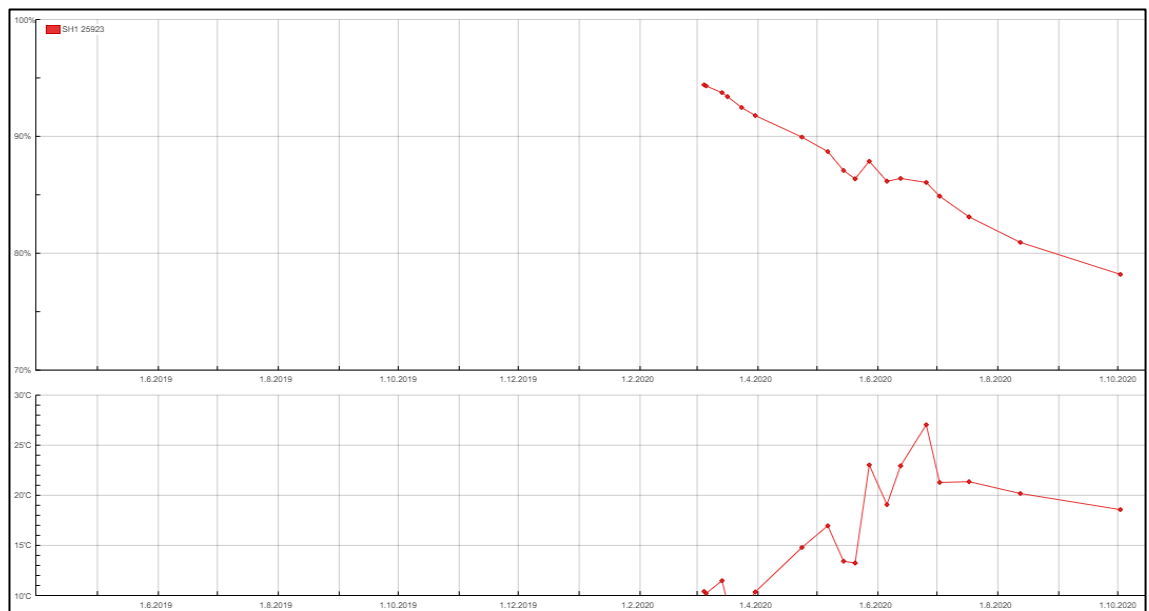
Tulos 11. B-lohko 3.krs tila 3033: Lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



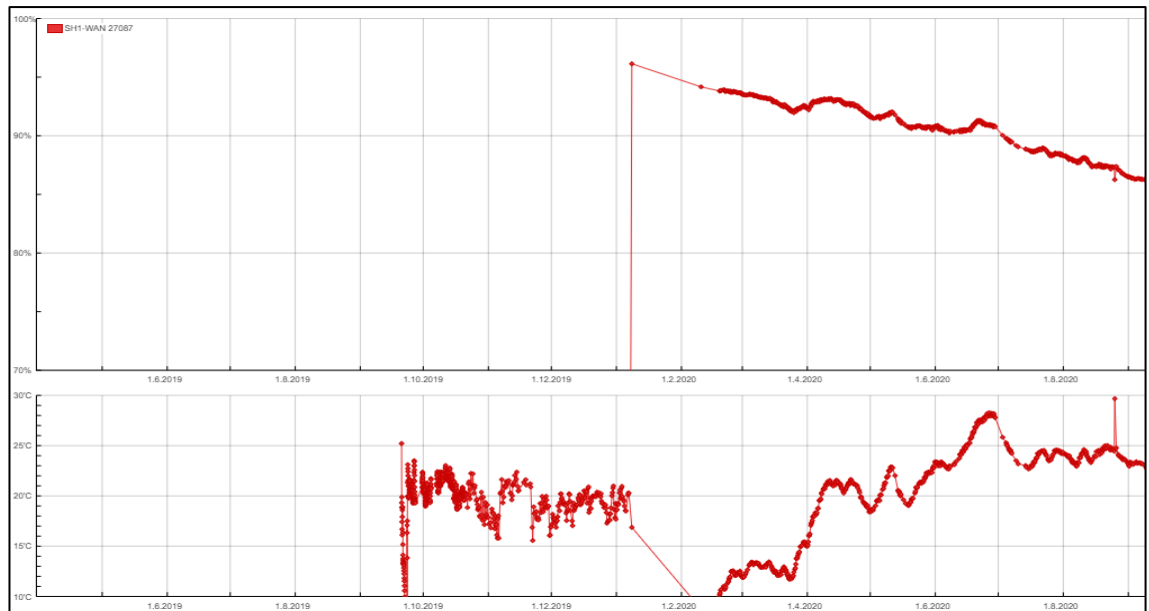
Tulos 12. B-lohko 3.krs tila 3082: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



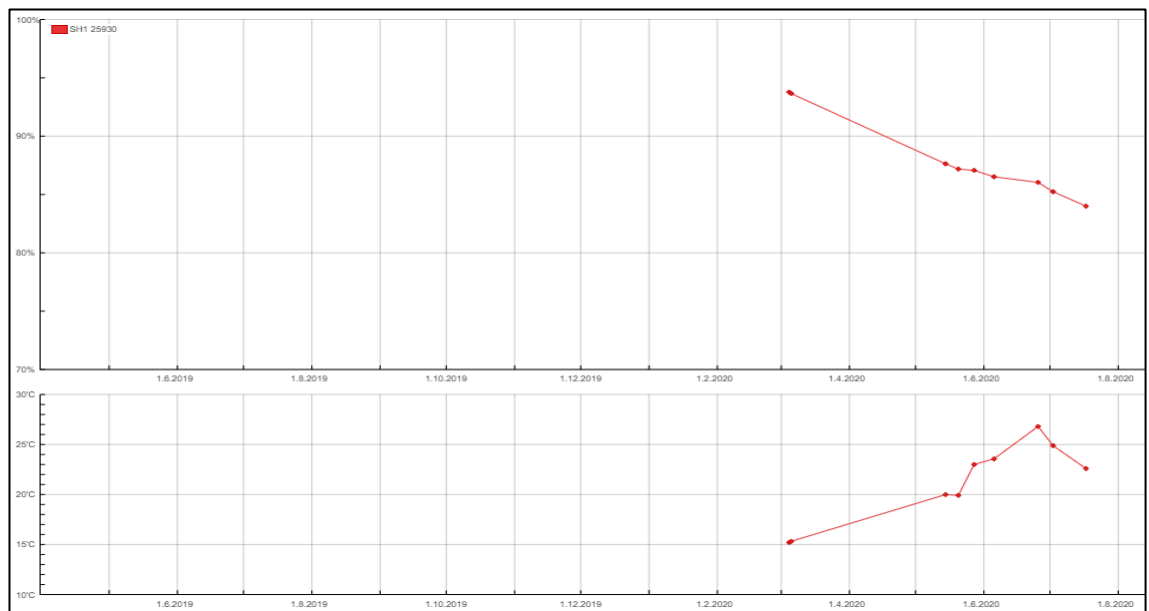
Tulos 13. C-lohko 1.krs tila 1100: Lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



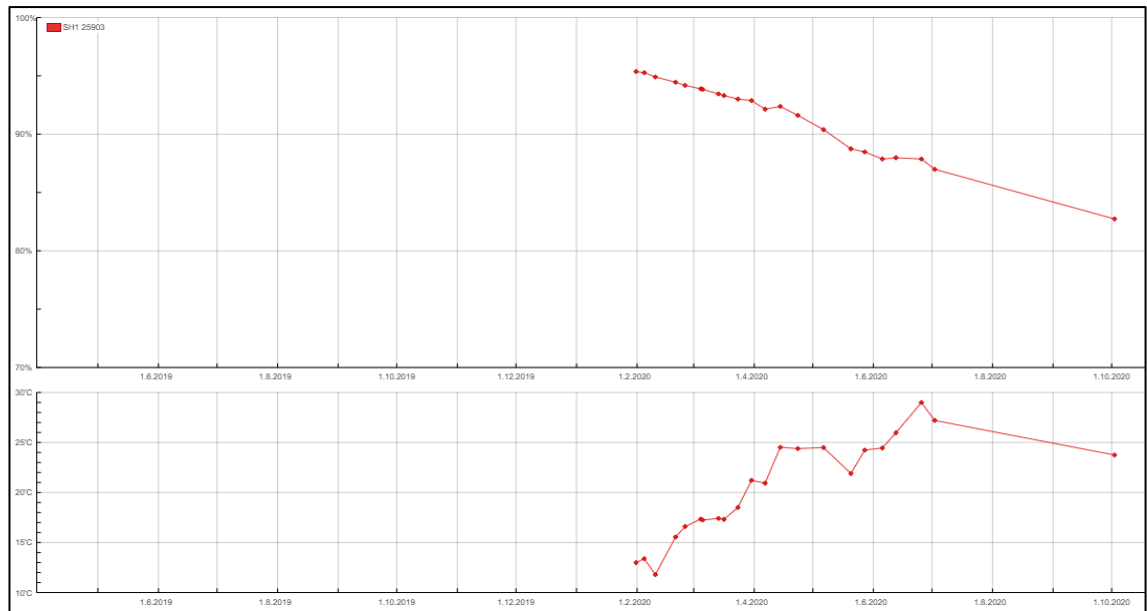
Tulos 14. C-lohko 1.krs tila 1107: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



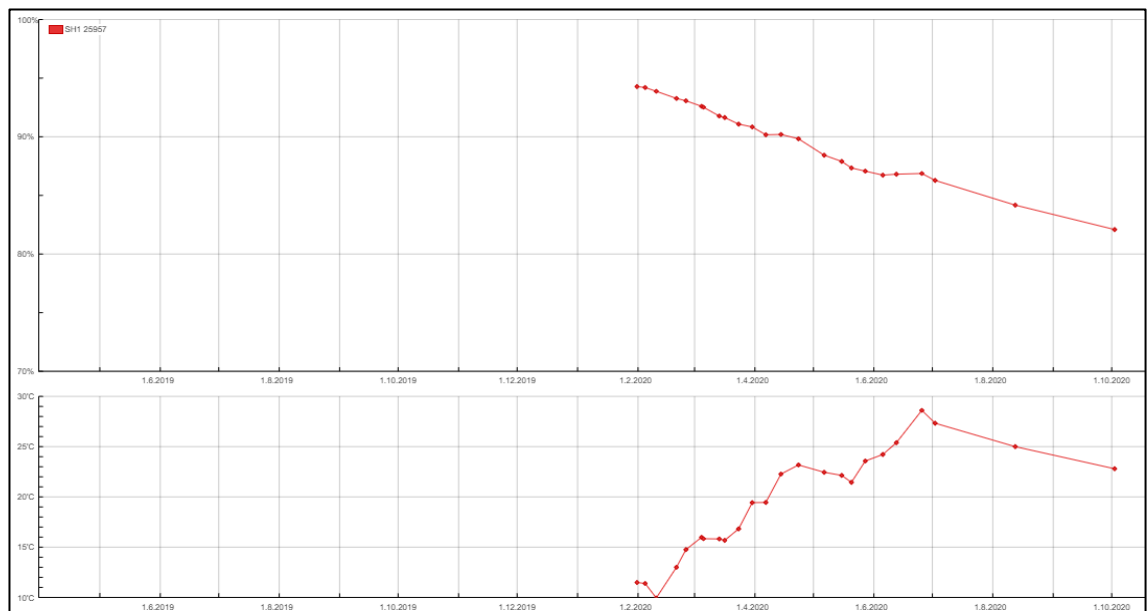
Tulos 15. C-lohko 2.krs tila 2092: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



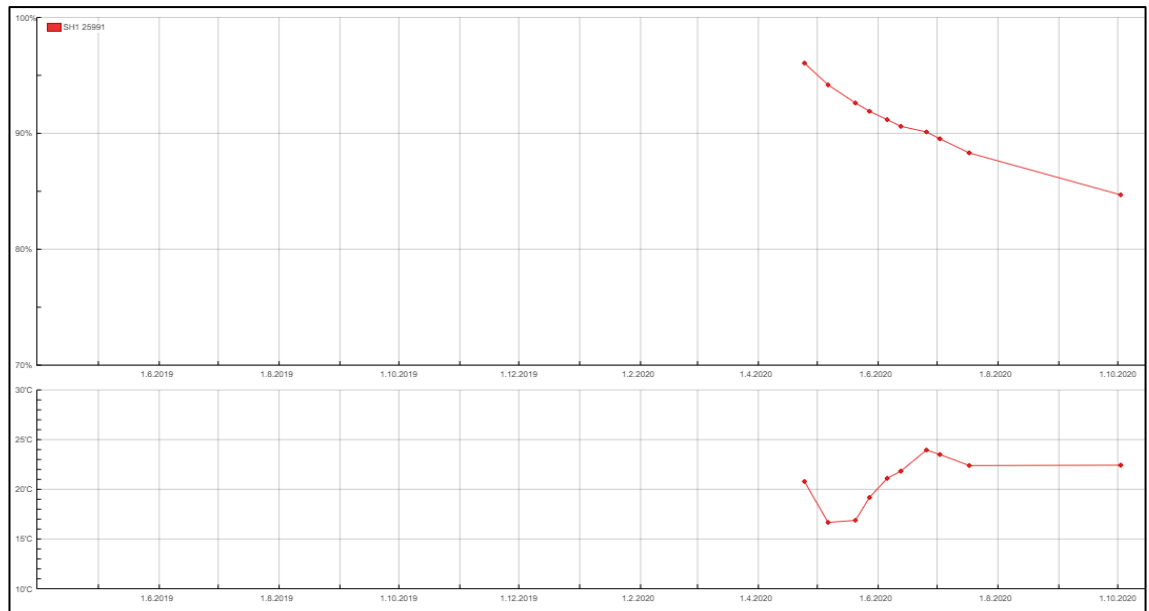
Tulos 16. C-lohko 2.krs tila 2113: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



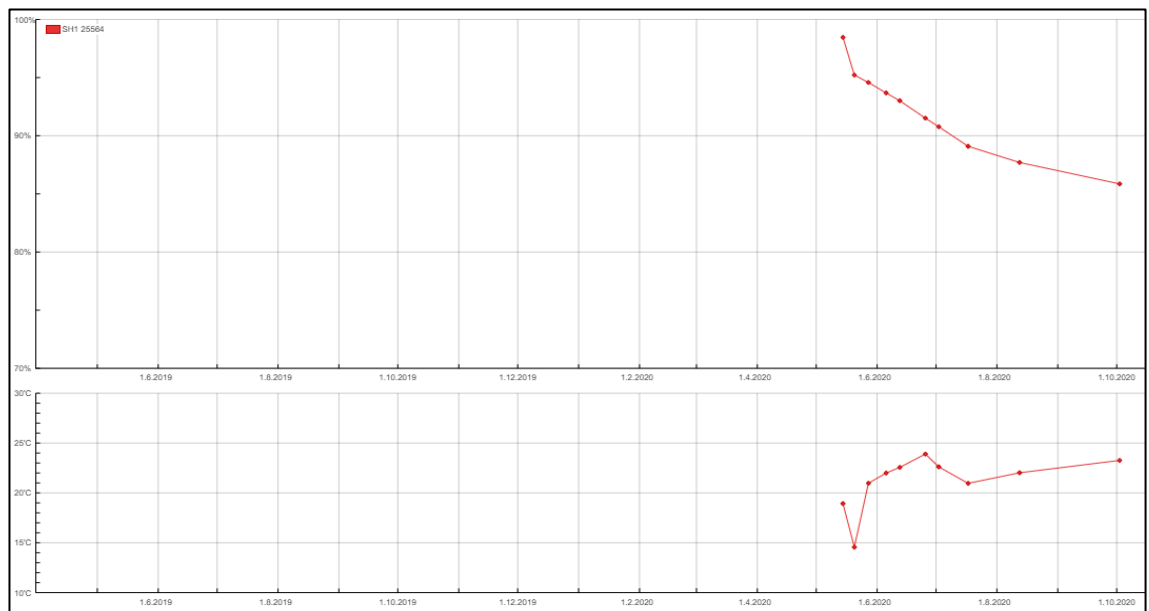
Tulos 17. C-lohko 3.krs tila 3051: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



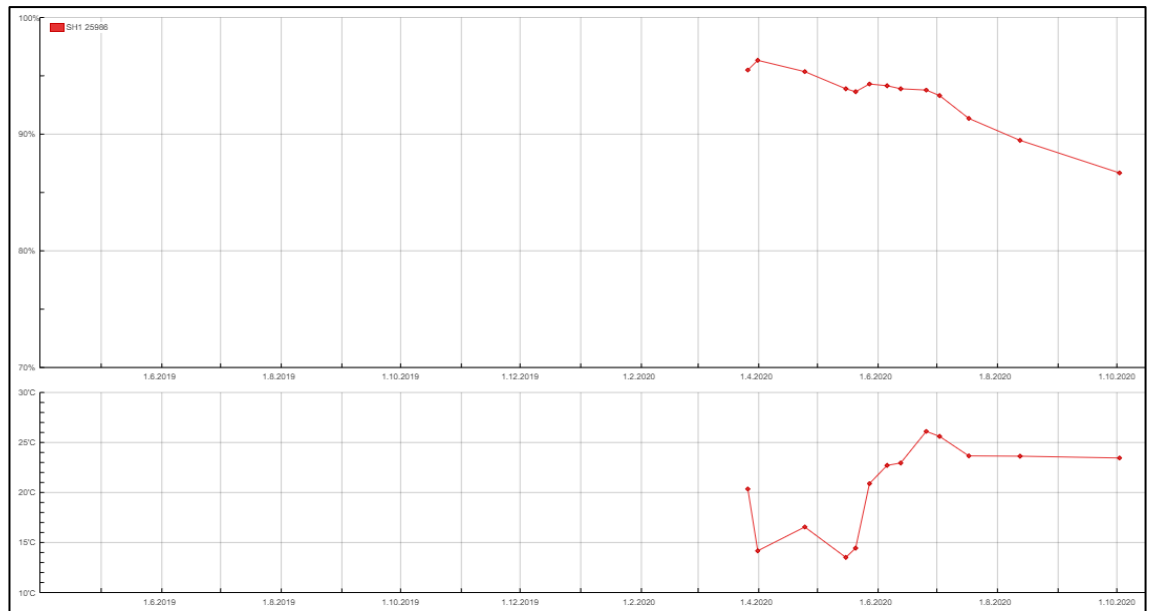
Tulos 18. C-lohko 3.krs tila 3052: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



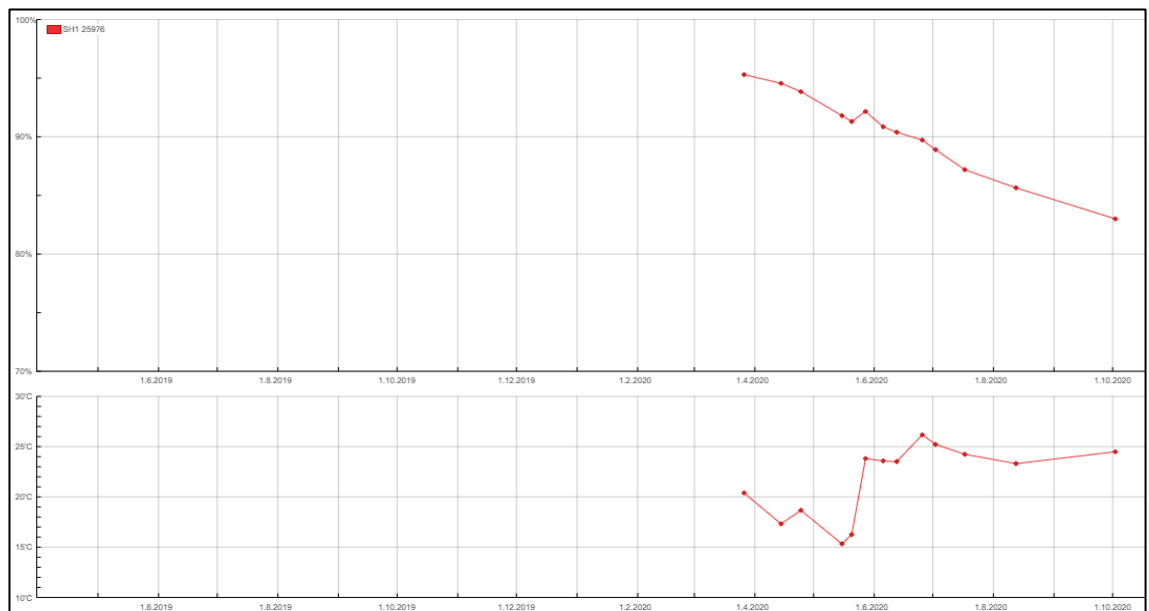
Tulos 19. D-lohko 2.krs tila 2184: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



Tulos 20. D-lohko 2.krs tila 2126: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.



Tulos 21. D-lohko 3.krs tila 3113: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.

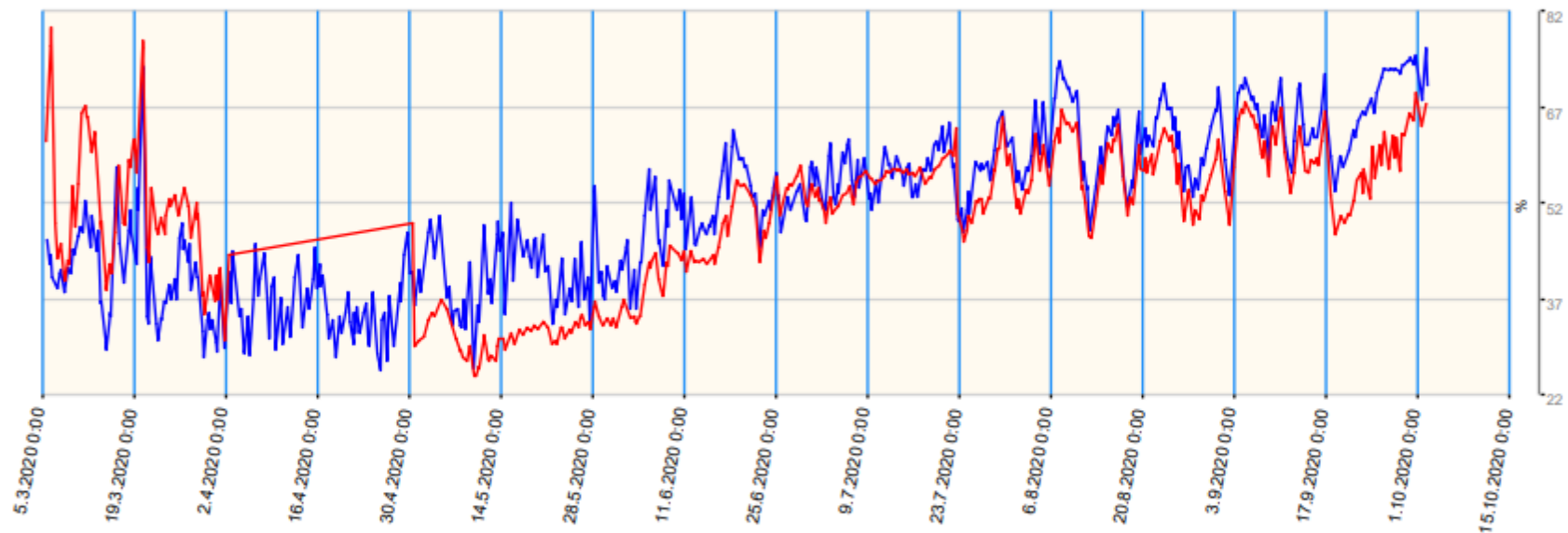


Tulos 22. D-lohko 3.krs tila 3120: Betonin lämpötila ja suhteellinen kosteus % RH.

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 5.3.2020 12:00:00 - 2.10.2020 12:00:00

Kohde: Monikon koulukeskus, A-lohko



■ Viimeinen mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa

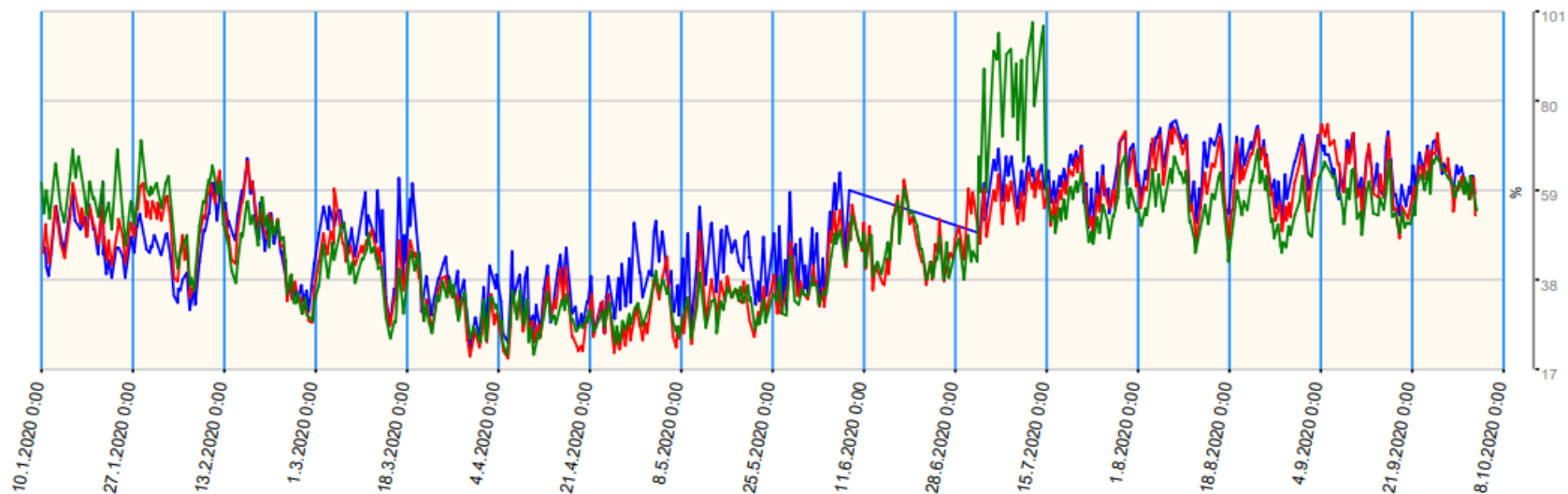
■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensorityyppi	Yksikkö
T-A-lohko 1. kerros	Ilmankosteus	■ %
T-A-lohko 2. kerros	Ilmankosteus	■ %

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 10.1.2020 0:00:00 - 2.10.2020 23:59:00

Kohde: Monikon koulukeskus, B-lohko



■ Viimeinen mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa

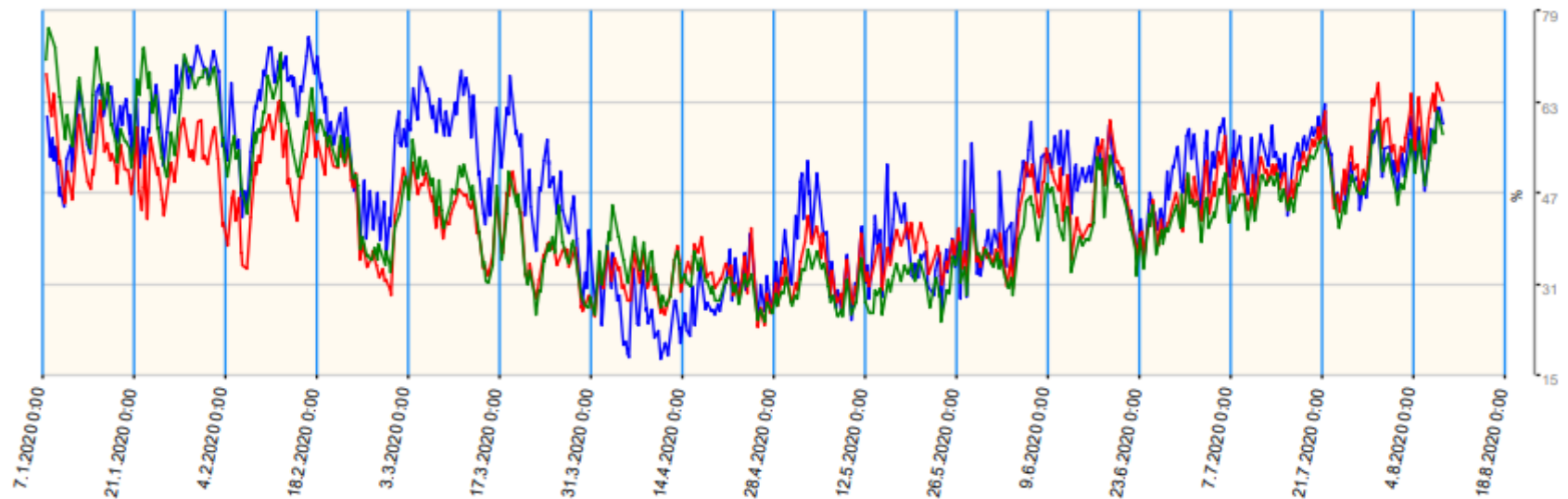
■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensorytppi	Yksikkö
T-B-lohko 1. kerros	Ilmankosteus	■ %
T-B-lohko 2. kerros	Ilmankosteus	■ %
T-B-lohko 3. kerros	Ilmankosteus	■ %

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 7.1.2020 12:00:00 - 8.8.2020 12:00:00

Kohde: Monikon koulukeskus, C-lohko



■ Viimeisin mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa

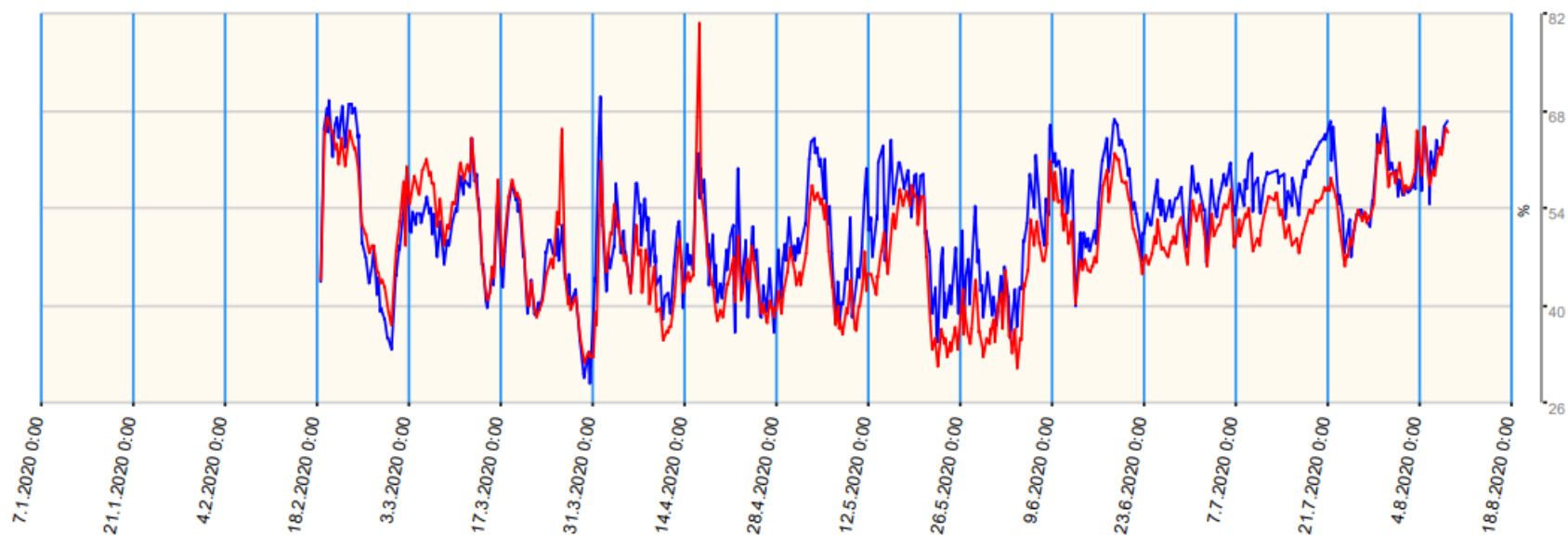
■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensoryyppi	Yksikkö
T-C-lohko 1. kerros	Ilmankosteus	■ %
T-C-lohko 2. kerros	Ilmankosteus	■ %
T-C-lohko 3. kerros	Ilmankosteus	■ %

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 7.1.2020 12:00:00 - 8.8.2020 12:00:00

Kohde: Monikon koulukeskus, D-lohko



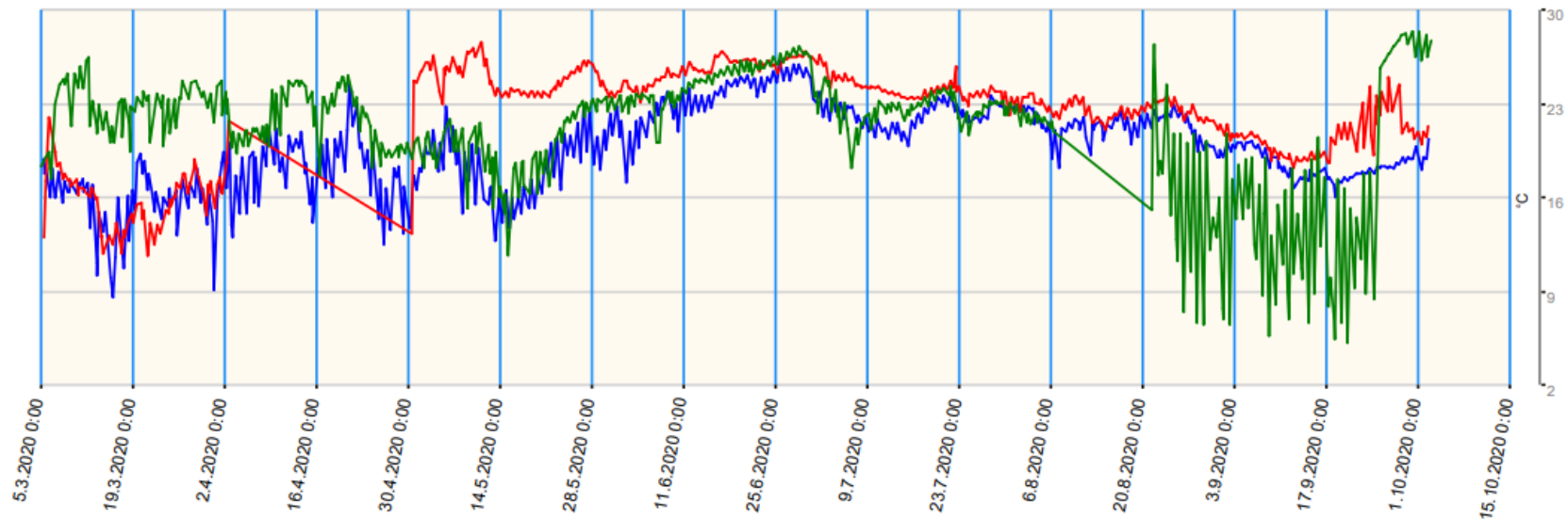
■ Viimeinen mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa
 ■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensorytppi	Yksikkö
T-D-lohko 2. kerros	Ilmankosteus	■ %
T-D-lohko 3. kerros	Ilmankosteus	■ %

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 5.3.2020 0:00:00 - 2.10.2020 23:59:00

Kohde: Monikon koulukeskus, A-lohko



■ Viimeinen mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa

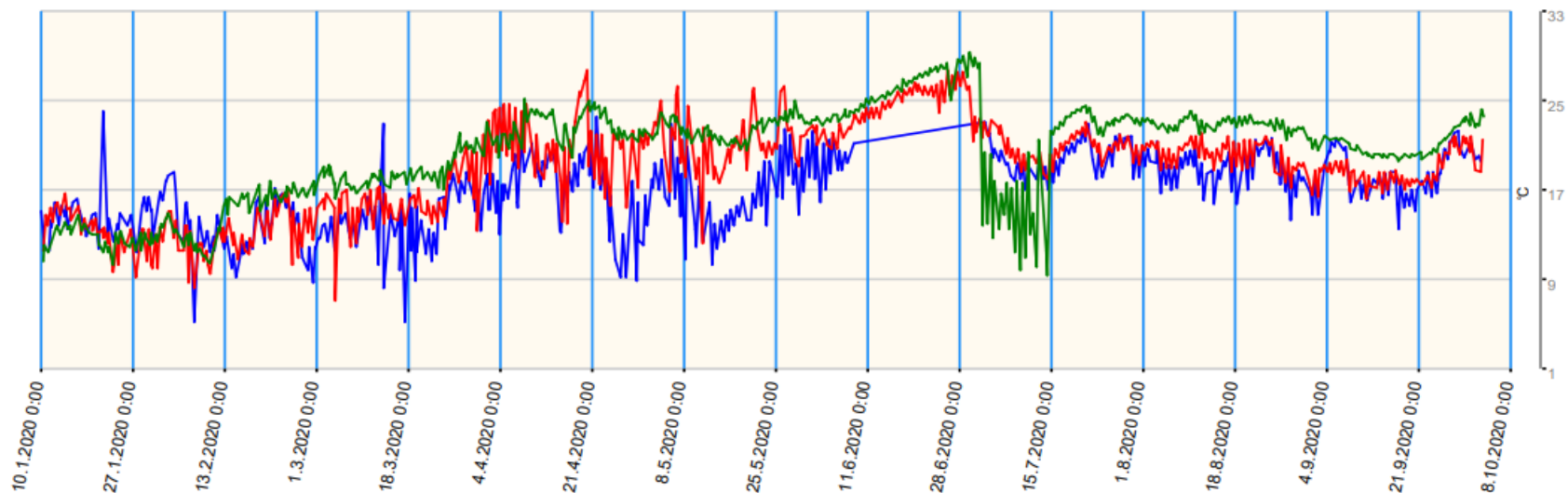
■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensoryyppi	Yksikkö
T-A-lohko 1. kerros	Lämpötila	■ °C
T-A-lohko 2. kerros	Lämpötila	■ °C
T-A-lohko IVKH	Lämpötila	■ °C

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 10.1.2020 0:00:00 - 2.10.2020 23:59:00

Kohde: Monikon koulukeskus, B-lohko



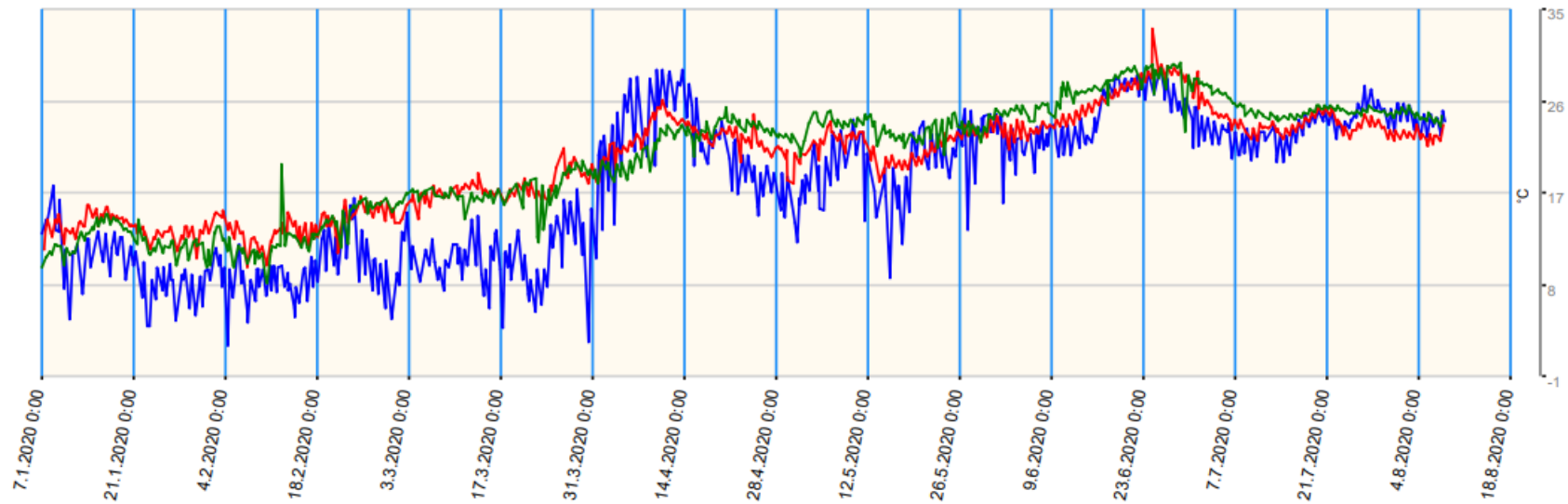
■ Viimeisin mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa
 ■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensorityyppi	Yksikkö
T-B-lohko 1. kerros	Lämpötila	■ °C
T-B-lohko 2. kerros	Lämpötila	■ °C
T-B-lohko 3. kerros	Lämpötila	■ °C

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 7.1.2020 0:00:00 - 8.8.2020 0:00:00

Kohde: Monikon koulukeskus, C-lohko



● Viimeinen mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa

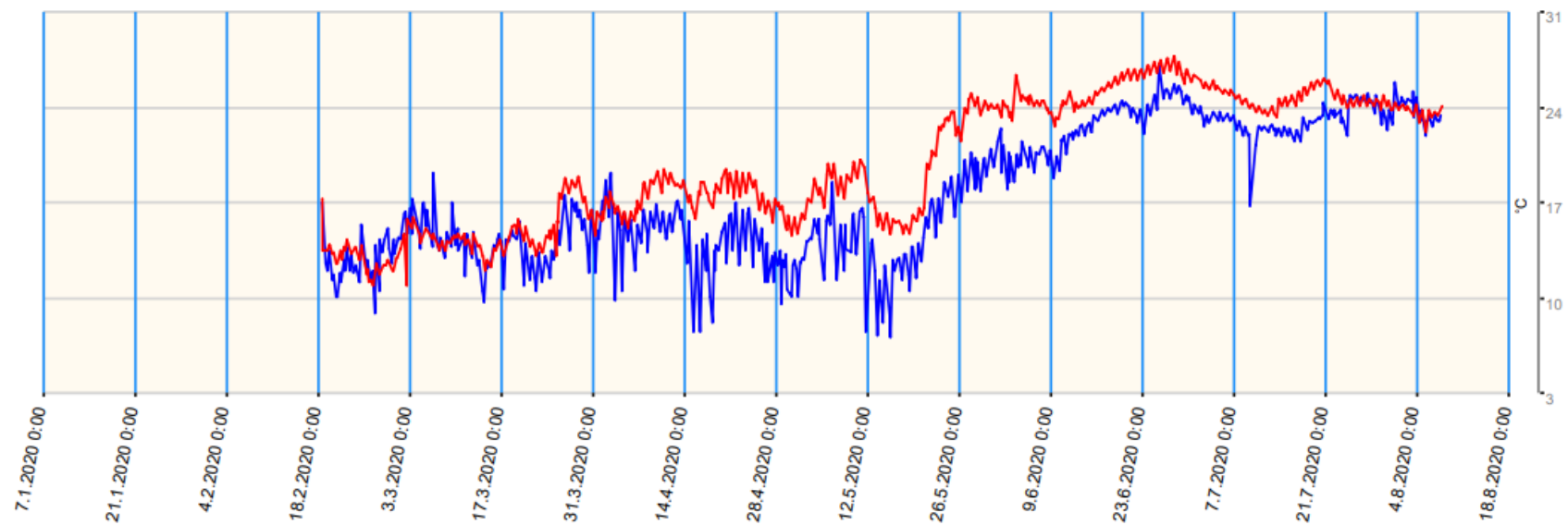
● viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensoryyppi	Yksikkö
T-C-lohko 1. kerros	Lämpötila	■ °C
T-C-lohko 2. kerros	Lämpötila	■ °C
T-C-lohko 3. kerros	Lämpötila	■ °C

Mittausarvoraportti

Raportin pvm: 7.1.2020 0:00:00 - 8.8.2020 0:00:00

Kohde: Monikon koulukeskus, D-lohko



■ Viimeinen mittaus vähemmän kuin 10 mittauksen intervalleissa

■ viimeisin mittaus enemmän kuin 10 mittauksen intervallilla.

Anturi	Sensoryyppi	Yksikkö
T-D-lohko 2. kerros	Lämpötila	■ °C
T-D-lohko 3. kerros	Lämpötila	■ °C