

Matti Partanen

BETONIN KUIVUMISAIKA-ARVIO BY2020-OHJELMALLA

BETONIN KUIVUMISAIKA-ARVIO BY2020-OHJELMALLA

Matti Partanen
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikka

Tekijä: Matti Partanen

Opinnäytetyön nimi: Betonin kuivumisaika-arvio By2020-ohjelmalla

Time Estimation of Concrete Drying with By2020-program

Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 24 + 2 liitettä

Betonirakenteiden kuivuminen on usein määräävä tekijä rakennusprojektin aikataulutuksessa, koska rakenteen tulee alittaa pinnoitemateriaalin määrittelemät kosteusrajat. Rakenteen kuivuus täytyy todeta aina mittaamalla, mutta mahdollisimman tarkka kuivumisen arviointi antaa mahdollisuuksia kuivumisesta nopeuttaviin toimenpiteisiin sekä työn aikataulutukseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, voiko Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisemaa By2020 betonin kuivumisaika-arvio -ohjelmaa käyttää riittävällä tarkkuudella eri työvaiheiden aikataulutukseen työmaalla. Työssä seurattiin betonirakenteen kuivumisolosuhteita ja tehtiin niiden perusteella kuivumisaika-arvio. Arviota verrattiin seurantajakson lopuksi suoritettuun betonirakenteen kosteusmittaukseen. Työn kohteena oli väestönsuojan 215 mm vahvuinen maanvarainen lattiavalu.

Opinnäytetyössä saatiin verrattua kuivumisaika-arviota kosteusmittaukseen ja tulokset tulkittiin oikeasuuntaisiksi. Opinnäytetyö ei sisällä rakenteen tavoitekosteuden arvion ja mittauksen vertailua kuivumisajan pituuden vuoksi, ja lopullinen arvio ohjelman kelpoisuudesta kuivumisaika-arvioiden tekemiseen tehdään myöhempien mittauksien perusteella.

Asiasanat: Betonin kuivuminen, kuivumisaika-arviot, kosteusmittaukset

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, House Building Engineering

Author: Matti Partanen

Title of thesis: Time Estimation of Concrete Drying with By2020-program

Supervisor: Kimmo Illikainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 24 + 2 appendices

The drying of concrete structures is often the determining factor in the scheduling of a construction project, since the structure should be below the moisture limits defined by the coating material. The dryness of the structure must always be verified by measurement, but the most accurate estimation of drying will provide a possibility for measures to speed up drying and scheduling the work.

The objective of the thesis was to examine whether the By2020 concrete drying time estimation program published by Finnish Concrete Association, Suomen Betoniyhdistys ry, can be used with sufficient accuracy for scheduling support for different work stages at the site. The work monitored the drying conditions of a concrete structure and based on them an estimation of the drying time was carried out. The estimate was compared with the moisture measurement of the concrete structure carried out at the end of the monitoring period. The subject of work was the emergency shelter's 215 mm thick ground-supported floor casting.

The thesis was able to compare the drying time estimate with the humidity measurement, and the results were interpreted as being in the right direction. The thesis does not include a comparison between the target humidity estimate and measurement of the structure due to the length of the drying time, and the final assessment of the program's eligibility for making drying time estimates is made based on subsequent measurements.

Keywords: Drying of the concrete, drying time estimation, moisture measurements

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	BETONIN RAKENNE, KUIVUMINEN JA KUIVUMISAIKA-ARVIOT	7
2.1	Betonin rakenne	7
2.2	Sementin reaktiot veden kanssa	8
2.2.1	Sitoutuminen	8
2.2.2	Lujuudenkehitys	8
2.2.3	Lämmönkehitys	9
2.3	Betonin kuivuminen	9
2.3.1	Kosteuden siirtymistavat	9
2.3.2	Kuivumiseen vaikuttavat tekijät	10
2.4	Betonin kuivumisajan arviointimenetelmiä	11
2.4.1	Merikallion laskentamenetelmä	11
2.4.2	BY2020 Betonin kuivumisaika-arvio -ohjelma	13
3	BETONIN KUIVUMISAJAN ARVIOINTI TYÖMAALLA	15
3.1	Lattiavalu	16
3.2	Kastumisjakso	16
3.3	Lämmitys- ja kuivatusjakso	16
3.4	Olosuhdeseuranta	18
3.5	Kuivumisaika-arvion laatiminen	19
3.6	Kosteusmittaus	20
3.7	Kuivumisaika-arvio mittaushetkellä	20
3.8	Kuivumisaika-arvioiden ja kosteusmittauksien vertailu	21
4	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24
	LIITTEET	
	Liite 1 By2020 kuivumisaika-arvio	
	Liite 2 Betonin kosteusmittausraportti	

1 JOHDANTO

Betonirakenteiden kuivuminen on usein tahdistava tekijä rakennusprojektin aikataulutuksessa. Betonin on alitettava pinnoitusmateriaaleille annetut kosteusraja-arvot ennen pinnoitustyön aloittamista. Betonirakenteille tehdyistä kuivumisaika-arvioista huolimatta päätös pinnoitustöiden aloittamisesta on tehtävä aina mittaamalla, koska betonin kuivumiseen vaikuttaa monta eri tekijää.

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella, voiko Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisemaa By2020 betonin kuivumisaika-arvio -ohjelmaa käyttää riittävällä tarkkuudella eri työvaiheiden aikataulutukseen työmaalla. Pinnoitettavaa betonilaattaa ympäröivän tilan lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitataan olosuhdemittarilla. Mittauksien perusteella saatuja tuloksia verrataan betonille tehtäviin näytepalamittauksiin.

Työn tilaajana toiminut rakennusliike Lujatalo Oy on perustettu vuonna 1953 ja sillä on 12 toimialuetta Suomessa. Lujatalo on asunto- ja toimitilarakentaja, jolla on myös kattavat palvelut hanke- ja kiinteistökehittämisen osalta sekä vahva kokemus elinkaarihankkeista. Lujatalo Oy on osa Lujayhtiöitä, johon kuuluvat myös Fescon Oy ja Lujabetoni Oy.

2 BETONIN RAKENNE, KUIVUMINEN JA KUIVUMISAIKA-ARVIOT

2.1 Betonin rakenne

Betoni koostuu sementistä, vedestä ja kiviaineksista. Lisäksi betonissa käytetään usein erilaisia lisä- ja seosaineita parantamaan sekä tuoreen betonimassan työstettävyyttä että kovettuneen betonin tiivyyttä, lujuutta ja säilyvyysominaisuuksia. (1, s. 24.)

Sementti on hienoksi jauhettua epäorgaanista materiaalia, joka reagoi veden kanssa muodostaen kestävä ja lujan lopputuotteen. Sementti muodostaa veden kanssa reaktiotuotteena sementtikiveä, joka liittää yhteen betonin muut ainesosat. Sementtikiveä kutsutaan myös sementtiliimaksi ja sementtipastaksi. Sementin tärkein osa-aine on portlandklinkkeri. Sen pääraaka-aine on kalkkikivi, joka on pääasiassa kalsiumkarbonaattia CaCO_3 . Sen lisäksi klinkkerin valmistukseen käytetään piidioksidia SiO_2 , rautaoksidia Fe_2O_3 sekä alumiinioksidia Al_2O_3 . (1, s. 24.)

Betoni on tilavuudeltaan suurimmaksi osaksi (65...80 %) kiviainesta. Luonnonkiviainekset saadaan joko kivennäismaalajeista lajittelemalla tai murskaamalla. Myös keinotekoisia tai kierrätettyjä materiaaleja, esim. kevytsoraa, masuunikuonaa, lentotuhkaa tai betonimursketta voidaan käyttää kiviaineksena. (1, s. 43.)

Puhtaalta näyttävää vettä, joka ei haise tai maistu pahalta, voidaan yleensä käyttää betonin valmistukseen. Vesijohtovesi ja juomakelpoinen luonnonvesi soveltuu lähes aina betonin valmistukseen. (1, s. 59.)

Notkistavia lisäaineita käytetään betonin työstettävyyden parantamiseksi ilman, että betonimassaan tarvitsee lisätä vettä. Huokostimia käytetään, kun betonin pakkasenkestävyyttä halutaan parantaa. Betonin sekoituksessa syntyvät ilmakuplat stabiloidaan huokostimilla tasaisesti betoniin, jolloin syntyy ns. suojahuokosia. Niiden tehtävänä on vastaanottaa betonin sisältämän veden jäätyessä syntyvä paine niin, ettei betoni rikkoudu. Hidastimilla saadaan viivästettyä betonin sitoutumista esim. pitkien kuljetusmatkojen yhteydessä sekä työsaumojen välttämiseksi. Kiihdyttimillä nopeutetaan betonin sitoutumista ja kovettumista. Niitä käytetään erityisesti betonin jäätymis- ja muotipurkulujuuden saavuttamisen nopeuttamiseksi sekä ruiskubetonoinnissa. (1, s. 62–64.)

2.2 Sementin reaktiot veden kanssa

Sementti reagoi veden kanssa muodostaen sementtiliimaa, jota kutsutaan kovettuneessa betonissa sementtikiveksi. Veden kanssa reagoivat ensin klinkkerimineraalien aluminaattiyhdisteet (C_3A ja C_4AF), jotka eivät vaikuta paljoa betonin lujuuteen, mutta ovat välttämättömiä sementin varhaisreaktioiden ja klinkkerin polton kannalta. Sementin lujuudesta vastaavat kalsiumsilikaatti-hydraatteja muodostavat trikalsiumsilikaatti (C_3S) ja dikalsiumsilikaatti (C_2S). (1, s. 35.)

2.2.1 Sitoutuminen

Sementin ja veden sekoituksen jälkeen massa on plastista eli notkeaa. Sementti sitoutuu, kun sementtipasta alkaa menettää plastisuuttaan. Sementtiliiman jähmettymisen alettua betonia ei saa enää häiritä, ettei muodostuneita liimasauvoja rikkoudu aiheuttaen lujuuskatoa. (1, s. 35, 36.)

Sementin sitoutumisaikaan vaikuttavat sementin kemiallinen koostumus ja raekoko. Sitoutumisaikaan vaikuttaa merkittävästi myös lämpötila. Sitoutumisaika lyhenee noin puoleen lämpötilan noustessa $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. (1, s. 37.)

2.2.2 Lujuudenkehitys

Sitoutumisen päätyttyä alkavat varsinaiset lujittumisreaktiot eli kovettuminen, joka jatkuu niin kauan, kuin hydratoitumiseen osallistuvaa vettä on käytössä. Sementin kovettumiseen vaikuttaa voimakkaasti betonin vesi-sementtisuhde (v/s), joka on betonimassan tehollisen vesimäärän ja sementtimäärän suhde. Kovettuneessa sementtikivessä vettä on sitoutuneena kemiallisten yhdisteiden molekyyleissä ja geelihuokosissa. Vapaata vettä löytyy sementtikiven kapillaarihuokosissa sekä muissa suuremmissa huokosissa ja tyhjätiloissa. (1, s. 37.)

2.2.3 Lämmönkehitys

Sementin kemiallinen koostumus ja hienous vaikuttavat betonimassan lämmönkehitykseen. Lämpöä kehittyy sementin hydrataatioreaktiosta, ja lämmöntuotot riippuvat reaktion nopeudesta. Lämmöntuotot ovat pienimmät hitaimmilla ja suurimmat nopeilla sementeillä. (1, s. 39.)

Massiivisissa rakenteissa liika lämmöntuotto aiheuttaa halkeamisriskin rakenteen sisä- ja pintaosien lämpötilaeron takia, mutta lämmönkehityksestä on hyötyä talvibetonoinnissa. Nopeasti kovettuvia sementtejä on perusteltua käyttää talvibetonoinnissa, jotta rakenteen lämpötila ja lujuus kehittyvät suotuisammin ensimmäisten vuorokausien aikana. (1, s. 39.)

2.3 Betonin kuivuminen

Normaalin lattiabetonin vesi-sementtisuhde on 0,6...0,8, jolloin massan valmistukseen käytetään vettä n. 180...200 l/m³. Tästä vesimäärästä sitoutuu kemiallisesti hydrataatioreaktiossa vain n. 50...70 l/m³. Tätä vesimäärän vähenemistä kutsutaan sitoutumiskuivumiseksi. (2, s. 33.)

Koska hydrataatioon kuluu vain osa seosvedestä, jää betoniin paljon vapaata, haihtumiskykyistä vettä. Tämä vesi sitoutuu betonin huokosrakenteeseen. Betoni on hygroskooppinen materiaali, eli se pyrkii kosteustasapainoon ympäristönsä kanssa. Betonin kuivumista tapahtuu niin kauan, että sen sisältämän huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonia ympäröivän ilmatilan. (2, s. 33.)

2.3.1 Kosteuden siirtymistavat

Valuvaiheessa betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on 100 %, joka voi laskea betonilaadusta riippuen 98–90 %:iin pelkästään sitoutumiskuivumisen seurauksena. Osan jäljelle jäävästä vedestä on poistuttava betonin huokosrakenteesta, jotta betonirakenne saadaan näitä arvoja alhaisemmaksi. Betonin ja ilman rajapinnasta kosteus poistuu haihtumalla, koska betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on yleensä korkeampi kuin betonia ympäröivän ilman. Kun vesi haihtuu pinnalta, siirtyy sen tilalle lisää kosteammasta betonirakenteen osasta joko kapillaarisen

imun tai diffuusion avulla, jotka vaikuttavat yleensä yhtä aikaa. Näin tapahtuvaa betonin kuivumista sanotaan siirtymis- tai haihtumiskuivumiseksi. (2, s. 33.)

Vettä siirtyy betonin pintaan haihtumaan kapillaarisesti niin kauan, kuin betonissa on yhtenäinen vedellä täyttynyt huokosverkosto. Tämä verkosto katkeaa, kun hydrataatio etenee ja kapillaarihuokokset alkavat tulla ilmatäytteisiksi. (2, s. 34.)

Huokosverkoston katkettua kosteus siirtyy betonissa pääasiassa diffuusion avulla, joka perustuu betonin eri suuriin vesihöyryn osapaineisiin eri osissa betonia. Kosteus pyrkii siirtymään aina suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Betonin pintaosien kuivuessa osapaine laskee, jolloin syvemältä rakenteesta diffuusoituu vesihöyryä pintaan. Diffuusiolla siirtyy huomattavasti pienempiä kosteusmääriä kuin kapillaarisesti, joten kapillaarisen siirtymisen katkettua betonin kuivumisnopeus hidastuu huomattavasti. (2, s. 34.)

2.3.2 Kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Rakeneratkaisulla voidaan vaikuttaa kuivumisnopeuteen. Mitä paksumpi rakenne on, sitä pitempi matka kosteudella on siirtyä ja kuivuminen hidastuu. Jos rakennekosteus pääsee haihtumaan vain yhteen suuntaan, esim. liittolevyrakenteissa tai tiiviin eristeen päälle valettaessa, kuivuminen hidastuu huomattavasti. (2, s. 35.)

Kuivumisolosuhteet vaikuttavat myös merkittävästi betonin kuivumisnopeuteen. Ympäristön lämpötila, suhteellinen kosteus sekä ilmavirrat vaikuttavat kosteuden haihtumis- ja siirtymisnopeuteen. Betonin huokosrakenteen vesihöyryn osapaine-eroon ympäröivään ilmaan verrattuna vaikuttavat ympäröivän ilman suhteellinen kosteus (RH) ja betonirakenteen lämpötila. Optimaalinen ilmankosteus on n. 50 %. Yleensä betonirakenteen riittävä kuivuminen edellyttää vähintään +20 °C:n lämpötilaa. Kuivuminen nopeutuu merkittävästi, jos rakenteen lämpötilaa nostetaan +25–30 °C:seen. (2, s. 35.)

Usein betonilaatta saattaa joutua olemaan valun jälkeen kylmässä ja kosteassa ympäristössä useita viikkoja. Haihtumiskuivuminen on estynyt niin kauan, kuin nämä olosuhteet kestävät. Betonin kuivuminen katsotaankin alkavan vasta, kun lisäkosteuden rakenteeseen on estetty, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus riittävän alhainen ja lämmitys aloitettu. (2, s. 36.)

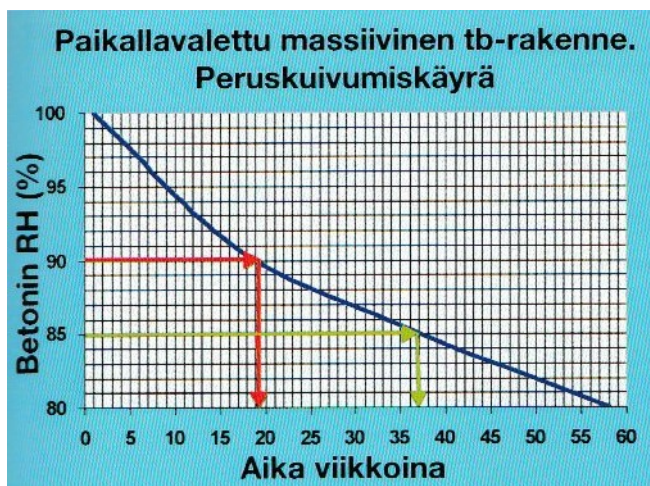
Betonirakenteen kuivumista voidaan nopeuttaa esim.

- käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa
- käyttämällä nopeasti kuivuvia betonilaatuja
- estämällä betonirakenteen kastuminen. Mitä myöhemmässä vaiheessa rakenteen kuivumista se kastuu, sitä enemmän se imee vettä
- luomalla rakenteen ympärille hyvät kuivumisolosuhteet (väh. +20 °C ja < 50 % RH)
- pitämällä rakenteen pinta puhtaana ja paljaana (pinnan hionta, pölyn poisto ja välttämällä haihtumista estävien tavaroiden varastointia) (2, s. 37).

2.4 Betonin kuivumisajan arviointimenetelmiä

2.4.1 Merikallion laskentamenetelmä

Tarja Merikallio esittelee Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi -kirjassaan (2002) käsinlaskumenetelmän yleisimmille sisätiloihin rajoittuville betonilattia- ja seinärakenteille. Menetelmässä valitaan rakenne, määritetään tavoitekosteus ja katsotaan peruskuivumiskäyrästä tavoitekosteutta vastaava aika viikkoina (kuva 1).



KUVA 1. Peruskuivumiskäyrä massiiviselle laatalle (2, s. 41)

Peruskuivumiskäyrästä saatu peruskuivumisaika kerrotaan eri kertoimilla (vesi-sideainesuhde, rakenteen paksuus, kastumisaika ja kuivumisolosuhteet) (kuva 2).

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

Rakenteen paksuus (mm)	Vesideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
200	0,7	0,7	0,7	0,8
230	0,9	0,9	0,9	0,9
250	1,0	1,0	1,0	1,0
280	1,3	1,1	1,1	1,1
300	1,6	1,4	1,3	1,2

Kuivumisuunta	Vesideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
Kahteen suuntaan	1,0	1,0	1,0	1,0
Yhteen suuntaan	3,2	2,6	2,3	2,0

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

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

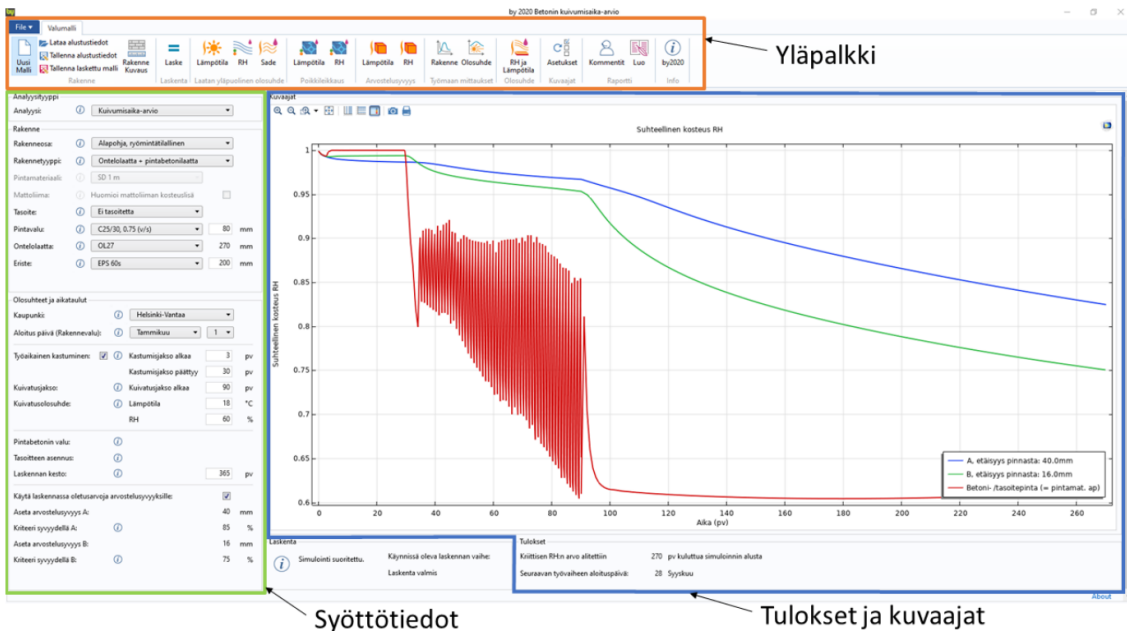
KUVA 2. Peruskuivumiskäyrän kertoimet (2, s. 41)

Kuivumisen katsotaan alkavan siitä, kun rakenne ei saa enää lisäkosteutta. Menetelmä antaa arvioidun kuivumisaikojen viikkoina. (2, s. 38.)

2.4.2 BY2020 Betonin kuivumisaika-arvio -ohjelma

By2020-ohjelmalla voi laatia kuivumisaika-arvion laskennallisesti. Ohjelman käyttöliittymään (kuva 3) asetetaan syöttötiedot:

- rakenneosa ja sen tyyppi
- betonilaatu ja valun paksuus
- alapuoliset rakenteet
- valupaikkakunta
- aloituspäivä
- työaikainen kastuminen
- kuivatusjakso
- kuivatusolosuhteet (lämpötila ja RH-%)
- mahdolliset pintavalut tai tasoitteiden asennus
- laskennan kesto
- arvostelusyvytykset oletusarvoilla tai manuaalisesti.



KUVA 3. By2020-ohjelman käyttöliittymä

Lisäksi ohjelmaan voidaan syöttää työmaalla tehdyt kosteusmittaukset, jotka ohjelma lisää syöttötietojen perusteella laskettuun rakenteen RH-arviokuvaajaan. Näin kuivumisaika-arviota ja mittaus tuloksia voidaan vertailla keskenään. (3.)

3 BETONIN KUIVUMISAJAN ARVIOINTI TYÖMAALLA

Rakennuskohde on Oulun Heinäpäässä sijaitseva 8-kerroksinen ja 54 asunnon uudisrakennuskohde as.oy. Oulun Piirto (kuva 4). Rakennuskohteen väestönsuojan maanvarainen lattiavalu arvioitiin etukäteen hitaimmin kuivuvaksi rakennusosaksi sen paksuuden ja yhteen suuntaan kuivumisen vuoksi. Väestönsuoja soveltui hyvin kuivumisaika-arvio-ohjelman kohteeksi, koska se oli ensimmäinen kohteen tila, joka saatiin säältä suojaan ja lämmitetyksi.



KUVA 4. As.oy. Oulun Piirto työmaa

3.1 Lattiavalu

Väestönsuojan lattia valettiin maanvaraiseksi. Valun alle asennettiin 120 mm:n EPS-eristekerros, jonka päälle valettiin 215 mm:n teräsbetonivalu CEM II 30/37 (v/s 0,65) 16 mm raekoon lämmitetyllä betonilla.

Valu suoritettiin 25.3.2022 talvibetonointina, ja se suojattiin valun jälkeen. Suojaukseen käytettiin 10 mm:n solumuovista routamattoa, joka suojasi tuoretta valua pakkaselta ja lumelta, kunnes valu saavutti jäätymislujouden.

3.2 Kastumisjakso

Lattiavalu oli kastumiselle alttiina ensimmäiset 20 päivää, jonka aikana väestönsuojan seinät sekä holvi valettiin. Lattia oli tämän ajan märän lumen peittämä.

Koska solumuovinen routamatto ei läpäise kosteutta betonista poispäin, voidaan betonin ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden olettaa olevan 100 %, vaikka valu olikin lumelta suojattuna kastumisjakson alussa.

3.3 Lämmitys- ja kuivatusjakso

21. päivänä lattiavalun jälkeen väestönsuojasta poistettiin lattialla ollut vesi ja lumi, tilaan laitettiin lämmittimet, adsorptio-ilmankuivain (kuva 5) sekä olosuhdemittari (kuva 6), joka mittasi tilan lämpötilaa ja ilmankosteutta. Lattiasta hiottiin betoniliima pois 39. päivänä lattiavalun jälkeen.



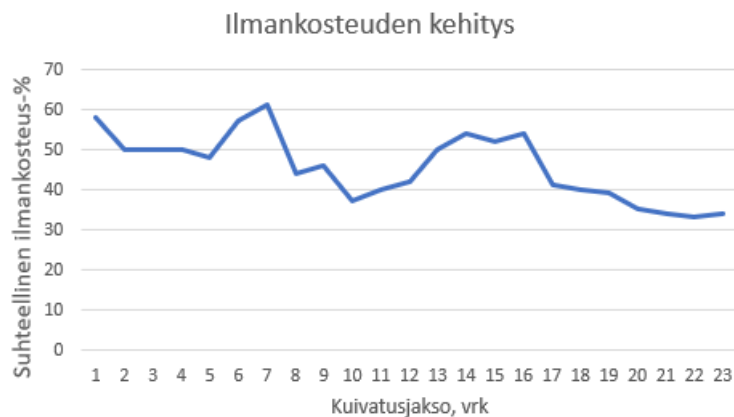
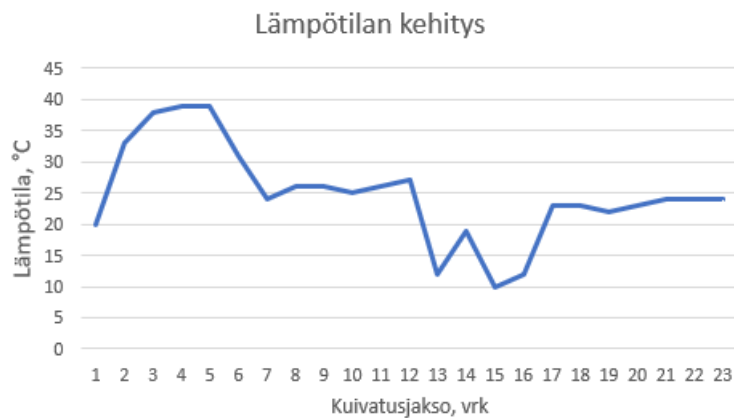
KUVA 5. Adsorptiokuivain



KUVA 6. Olosuhdemittari

Väestönsuojan lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden kehitys on nähtävissä kaaviosta (kuva 7). Tilaa lämmitettiin voimakkaasti kuivatusjakson ensimmäisten 5 päivän aikana yläpuolisen tuoreen holvivalun lämmittämiseksi. Kaaviosta nähdään 13–16 vrk:n kohdalla lämpötilan merkittävä

lasku sekä suhteellisen ilmankosteuden nousu, koska väestönsuojan holvin muottikaluston purkamisen takia ovia jouduttiin pitämään ajoittain auki. Jakson lopussa lämpötilaa pidettiin n. 25 °C:ssa ja ilmankosteus näytti vakiintuvan 30–40 %:iin.



KUVA 7. Väestönsuojan lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden kehitys

3.4 Olosuhdeseuranta

Väestönsuojan olosuhteita (lämpötila ja ilmankosteus) seurattiin päivittäin lämmitys- ja kuivausjakson aikana. Viikonloppujen ajalta otettiin keskiarvo olosuhdemittarin arvojen minimi/maksimi-muistista. Arvot merkittiin ylös Exceliin (taulukko 1). Kuivatusjakson ajalta saatiin lämpötilan keskiarvoksi 25 °C ja suhteellisen ilmankosteuden keskiarvoksi 46 %. Näitä keskiarvoja käytettiin kuivumisaikarvioiden laatimisessa.

TAULUKKO 1. Olosuhdemittarin arvojen seuranta

Kuivatusjakso, vrk	Lämpötila, °C	Ilmankosteus, %
1	20	58
2	33	50
3	38	50
4	39	50
5	39	48
6	31	57
7	24	61
8	26	44
9	26	46
10	25	37
11	26	40
12	27	42
13	12	50
14	19	54
15	10	52
16	12	54
17	23	41
18	23	40
19	22	39
20	23	35
21	24	34
22	24	33
23	24	34
<u>Keskiarvo</u>	24,8	45,6

3.5 Kuivumisaika-arvion laatiminen

Olosuhdeseurannasta saadut arvot ja haluttu rakenteen suhteellinen kosteus RH% halutulla tarkastelusyvyydellä syötettiin By2020-ohjelmaan ja ohjelmasta tulostettiin raportti kuivumisaika-arviosta (liite 1). By2020-ohjelma arvioi laatan olevan mittaussyvyydessä 85 % suhteellisessa kosteudessa 288 päivän kuluessa valusta. Vertailun vuoksi kuivumisaika-arvio laadittiin myös Merikallion menetelmällä (kaava 1).

KAAVA 1. Betonirakenteen kuivumisaika-arvio viikkoina (2, s.41)

Peruskuivumisaika x Vesi-sideainesuhde x Kuivumissuunta x Rakenteen paksuus x Kastumisaika x Kuivumisolosuhteet = Arvioitu kuivumisaika

Peruskuivumiskäyrän kerrointaulukossa (kuva 2) olevien esimerkkiarvojen välisien arvojen kertoimet on interpoloitu.

215 mm paksu maanvarainen alapohja, betoni C30/37 (v/s = 0,65), kastunut yli 2 viikkoa, kuivatukseen alettua olosuhteet 25 °C/47 % RH, tavoitekosteus 85 %.

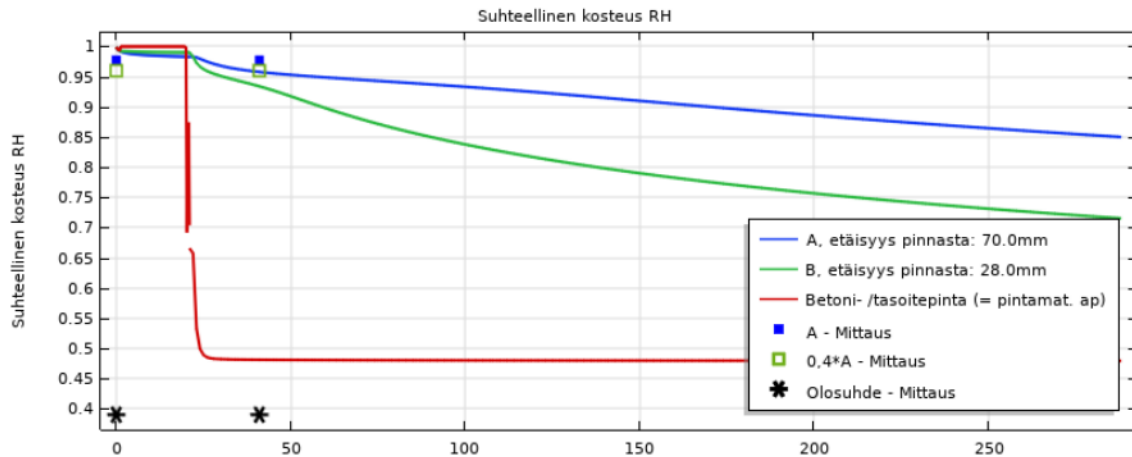
(Perusaika 37 viikkoa) x (v/s -kerroin 0,85) x (paksuuskerroin 0,8) x (kuivumissuuntakerroin 2,9) x (olosuhdekerroin 0,7) x (kastumiskerroin 1,4) = 37 x 0,85 x 0,8 x 2,9 x 0,7 x 1,4 ≈ 72 viikkoa.

3.6 Kosteusmittaus

4.5.2022 (41 päivää valusta) suoritettiin betonilaatalle kosteusmittaus näytepalamenetelmällä (4, s. 10–14) kahdesta eri kohdasta. Mittauksen suoritti Cramo Finland Oy. Mittaussyvyys oli rakenteen paksuuden takia maksimi eli 70 mm ja 28 mm (4, s. 29). Suhteellisten kosteuksien keskiarvoksi saatiin mittaussyvyksillä 70 mm 97,75 % ja 28 mm 96 % (liite 2).

3.7 Kuivumisaika-arvio mittaushetkellä

Betonilaatan kuivumista arvioitiin kuivumisjakson 41. päivän kohdalla, jolloin laatalle tehtiin kosteusmittaus. By2020 -ohjelman kuivumiskäyrästä arvioitiin betonin suhteellinen kosteus. Käyrään on merkitty myös toteutunut kosteusmittauksen tulos (kuva 8). Kuivumiskäyrästä arvioitiin betonin suhteelliseksi kosteudeksi 41. päivän kohdalla 96 %.



KUVA 8. By2020 -ohjelman kuivumisaika-arvio, betonin kuivumiskäyrä

Merikallion menetelmällä (kaava 1 sivulla 20) betonin kosteutta 41 päivän eli n. 6 viikon kohdalla voitiin myös arvioida jakamalla mittaushetki (6 viikkoa) peruskuivumiskäyrän kertoimilla (kuva 2 sivulla 12) ja katsomalla näin saatua aikaa vastaava kosteus peruskuivumiskäyrältä (kuva 1 sivulla 11).

(6 viikkoa) / (0,85 x 0,8 x 2,9 x 0,7 x 1,4) ≈ 3 viikkoa. Peruskuivumiskäyrältä RH ≈ 99 %.

3.8 Kuivumisaika-arvioiden ja kosteusmittauksien vertailu

Lopuksi vertailtiin tehtyjä kuivumisaika-arvioita kosteusmittauksiin.

Kuivumisaika-arviot tehtiin sekä By2020-ohjelmalla että Merikallion menetelmällä. Betonin suhteellisen kosteuden tavoitteena 70 mm:n syvyydellä oli 85 %. By2020-ohjelma antoi kuivumisaika-arvoksi 288 päivää. Merikallion menetelmällä kuivumisajaksi arvioitiin n. 500 päivää.

Betonin suhteellisen kosteuden arvioksi 41 päivän kohdalla ja 70 mm:n syvyydellä saatiin By2020-ohjelmalla 96 % ja Merikallion menetelmällä 99 %.

Kosteusmittauksen tulos oli 97,75 %. Kosteusmittauksen kokonaistarkkuudeksi ilmoitettiin ±3 %-yksikköä, joten molempien arviointimenetelmien tulokset mahtuvat mittauksen virhemarginaaliin.

Kuivumisaika-arviot poikkesivat enemmän toisistaan kuin mittaustuloksesta, jonka tulos oli arvioiden välissä. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin Betonin kuivumisajan arviointi oppilaitosyhteistyönä -tutkimuksessa, jossa todettiin, että Merikallion menetelmä antaa pidemmän kuivumisajan verrattuna By2020-ohjelmaan ja mittauksiin. (5, s. 4.)

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, voiko Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisemaa By2020 betonin kuivumisaika-arvio -ohjelmaa käyttää riittävällä tarkkuudella eri työvaiheiden aikataulutukseen työmaalla. Työssä seurattiin betonirakenteen kuivumisolosuhteita ja tehtiin niiden perusteella kuivumisaika-arvio. Arviota verrattiin seurantajakson lopuksi suoritettuun betonirakenteen kosteusmittaukseen.

Ohjelmasta saatu arvio betonin suhteellisesta kosteudesta mittaushetkellä oli n. 96 % mittaustuloksen ollessa n. 98 %. Vaikka tulokset olivat suhteellisen lähellä toisiaan, tulosten erosta ei voitu tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä, koska betonin kuivumiseen kulunut aika oli mittaushetkellä niin lyhyt verrattuna arvioituun kokonaisaikaan. Myös mittauslaitteistojen epäluotettavuus tekee työn tulosten tulkinnan haastavaksi, olosuhdemittarin tiedoissa ei mainittu mahdollista mittauksen epätarkkuutta tai kalibroituutta. Myös työssä käytettyyn olosuhdemittariin täytyy suhtautua varauksella, koska kyseessä oli kalibroimaton ns. kotitalousmallin mittari.

Työn haasteena oli opinnäytetyön sekä työmaan aikataulun takia tutkimuksen suhteellisen lyhyt kesto. Betonin kuivumista ehdittiin seurata tässä työssä vain RH 98 %:iin asti, mutta olosuhdeseurannat, kuivumisaika-arvioiden laatimiset ja kosteusmittaukset jatkuvat opinnäytetyön jälkeen tutkimuksen tilaajan tarvetta varten.

LÄHTEET

1. Suomen Betoniyhdistys ry 2019. By 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
2. Merikallio, Tarja 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Rakennustieto Oy.
3. Betoniyhdistys ry 2020. By2020 betonin kuivumisaika-arvio -ohjelma. Hakupäivä 1.2.2022. <https://www.betoniyhdistys.fi/julkaisut/betoniohjelmat/by-2020-betonin-kuivumisaika-arvio-2.html>. Vaatii lisenssin.
4. RT 10333 2021. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Hakupäivä 1.5.2022. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortit/RT%20103333>. Vaatii lisenssin.
5. Alitalo, Sanna, Illikainen, Kimmo, Mikkonen, Jouni, Parkkila, Raimo & Saarikoski, Ville 2021. Betonin kuivumisaikojen arviointi oppilaitosyhteistyönä. Hakupäivä 1.2. 2022. <http://www.oamk.fi/epooki/2021/betonin-kuivumisaikojen-arviointi-oppilaitosyhteistyona/>.

by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

**Analyysi**

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

Rakenne

Rakennetyyppi: Alapohja, maanvastainen

Rakennekerrokset: Paikallavalu

Pintamateriaali:

Mattolilman kosteusläsä:

Tasoite: Ei tasoitetta 0.0 mm

Pintavalu:

MV-laatta: C30/37, 0.65 (v/s) 215.0 mm

Eriste: EPS 60s 120.0 mm

Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki: Oulu

Aloituspäivä (Rakennevalu): 25. Maaliskuu

Työaikainen kastuminen: on Kastumisjakso alkaa 1 pv

Kastumisjakso päättyy 20 pv

Kuivatusjakso: Kuivatusjakso alkaa 21 pv

Kuivatusolosuhde: Lämpötila 25.0 °C

RH 47.0 %

Rakennebetonin valu: 0 pv

Pintabetonin valu:

Tasoitteen asennus: pv

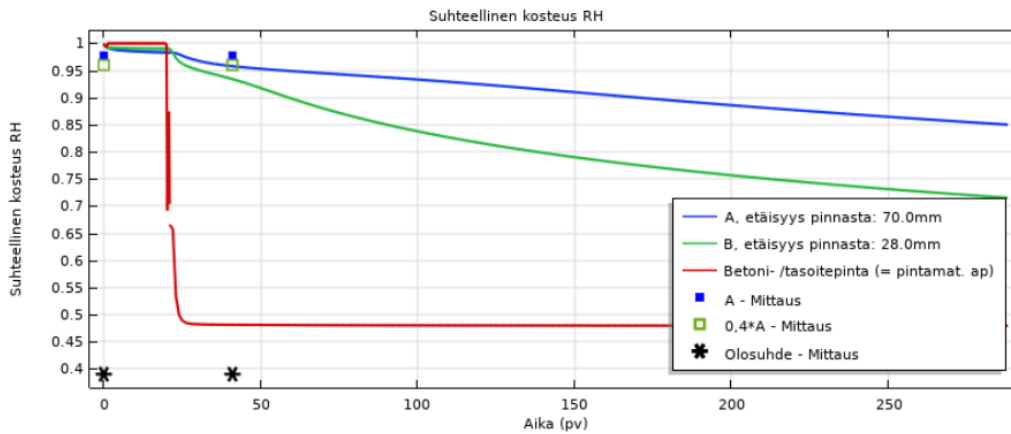
Laskenta-aika: 365 pv

Kriittinen RH: 85.0 %

Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 288 pv kuluttua simuloinnin alusta.

Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 6. Tammikuu

**LISÄTIETOJA**

As Oy Oulun Piirto, VSS lattiavalu

Simulaation suoritti: Matti Partanen

May 7, 2022



BETONIN KOSTEUSMITTAUSRAPORTTI



As Oy Oulun Piirto
Kempeleenkuja 6, 90400 Oulu
Työ: 17273
4.5.2022



Mittauspöytäkirja		Mittaja: Grönvik Jonny		
Mittauspistenumero: 1		Huoneisto /tila: VSS		
Porauspvm: 4.5.2022		Valuajankohta: 25.3.2022		
Rakenne: 215mm teräsbetoni-laatta				
Mittauslukokset	Päivämäärä	Päivämäärä	Päivämäärä	Päivämäärä
Mittausyv. 28mm				
Anturi nro.	12082			
RH%	97			
°C	22			
g/m³				
Mittausyv. 70mm				
Anturi nro.	12070			
RH%	98			
°C	22			
g/m³				
Mittausyv. XXmm				
Anturi nro.	-			
RH%	-			
°C	-			
g/m³				
Sisälämpötila				
Anturi nro.	HMP113			
RH%	39			
°C	19			
g/m³				
Ukolämpötila				
Anturi nro.	Sääasema			
RH%	56			
°C	2			
g/m³				
Pintalämpötila °C				
Mittautapa	Näytepala			
Mittausvyöyksien laskentatapa	2			
Kokonaismittaus-pävarmuusluokka	±3			
Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset				

Cramo Finland Oy
Y-tunnus: 2088499-0
Äbyntie 6
01730 Vantaa

Asennuspalvelut
Puh. 0405585696
etunimi.sukunimi@cramo.com





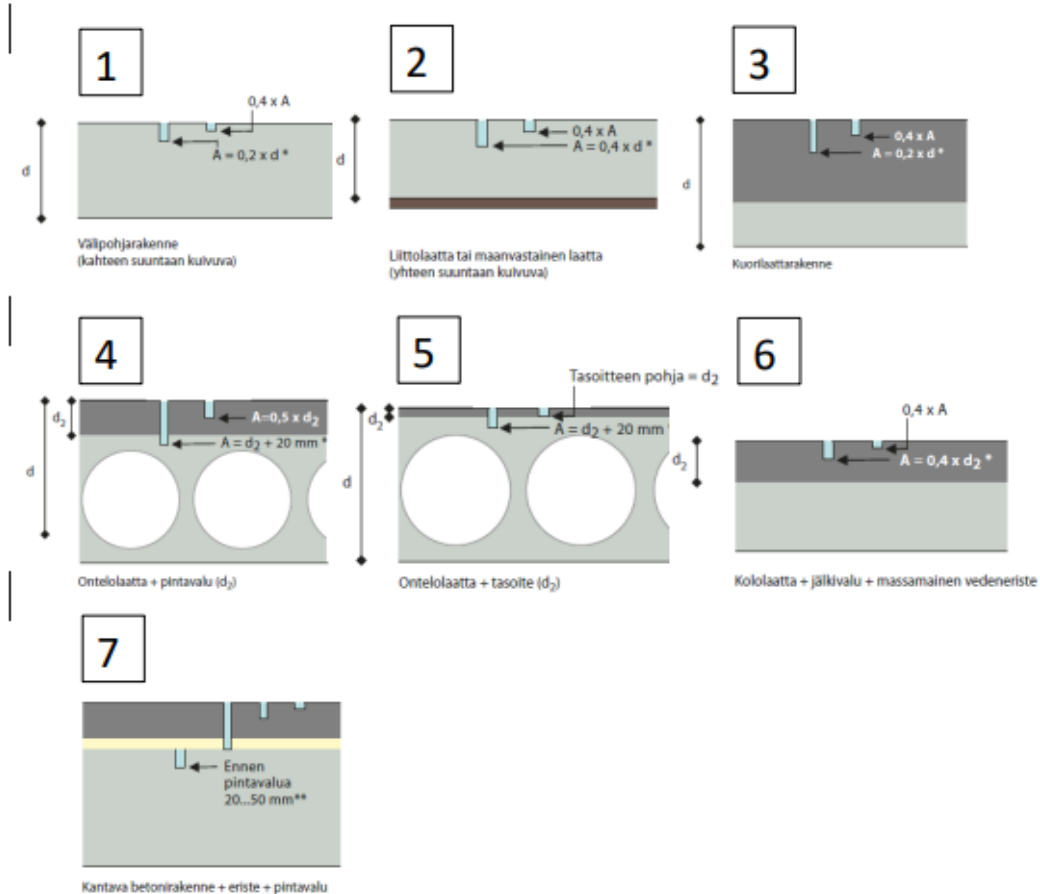
Mittauspöytäkirja		Mittaaja: Grönvik Jonny		
Mittauspistenumero: 2		Huoneisto /tila: VSS		
Porauspvm: 4.5.2022		Valuajankohta: 25.3.2022		
Rakenne: 215mm teräsbetonilaatta				
Mittaustulokset	Päivämäärä	Päivämäärä	Päivämäärä	Päivämäärä
Mittaussyv. 28mm				
Anturi nro.	12072			
RH%	95			
°C	22			
g/m³				
Mittaussyv. 70mm				
Anturi nro.	12081			
RH%	97,5			
°C	22			
g/m³				
Mittaussyv. XXmm				
Anturi nro.	-			
RH%	-			
°C	-			
g/m³				
Sisälämpötila				
Anturi nro.	HMP113			
RH%	39			
°C	19			
g/m³				
Ulkolämpötila				
Anturi nro.	Sääasema			
RH%	56			
°C	2			
g/m³				
Pintalämpötila °C				
Mittaustapa	Näytepala			
Mittaussyvyysien laskentatapa	2			
Kokonaismittausepävarmuusluokka	±3			
Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset				

Cramo Finland Oy
 Y-tunnus: 2088499-0
 Äbyntie 6
 01730 Vantaa

Asennuspalvelut
 Puh. 0405585696
 etunimi.sukunimi@cramo.com



Mittaussyvydet ja mittalaitteet



***Maksimi mittaussyvyys 70 mm**

Cramo Finland Oy
Y-tunnus: 2088499-0
Äbyntie 6
01730 Vantaa

Asennuspalvelut
Puh. 0405585696
etunimi.sukunimi@cramo.com



**Mittausmenetelmä:**

Cramo Finland Oy käyttää porareikä- sekä näytepalamittauksissa RT 103333 -ohjeistusta.

Ontelolaatta + pintavalurakenteessa pintabetonilaatan paksuuden ollessa yli 60 mm, tulee kosteuspitoisuus mitata lisäksi arvostelusyvyiden A yläpuolella syvyydellä 0,4 x A, jossa RH:n tulee yleensä olla alle 75 %.

Mittareiat on porattu, puhdistettu sekä tiivistetty huolellisesti.

Mittareikien on annettu tasaantua vähintään 3 vrk:ta ennen mittausten suorittamista.

Mitta-antureiden on annettu tasaantua mittareissä vähintään 1 tunti, jonka jälkeen mittalaitteen näyttämät on kirjattu mittauspöytäkirjaan.

Porareikämittausta tehtäessä betonirakenteen lämpötilan tulee olla välillä +18°C - +25°C

Mittaussyvyys:

10 - 30 mm (40 % arvostelusyvydestä)

35 - 70 mm (arvostelusyvyys = mittaussyvyys, joka on riippuvainen rakenneratkaisusta ja rakenteen paksuudesta, maksimi mittaussyvyiden ollessa kuitenkin 70 mm)

Mittalaitteet:**Vaisala HMI 41 -näyttölaite**

Näyttölaitteen aiheuttama enimmäisvirhe + 20 asteen lämpötilassa:
suhteellinen kosteus $\pm 0,1$ % RH ja lämpötila $\pm 0,1$ °C

Vaisala HMP 42/46 mitta-anturit

Tarkkuus + 20 °C:ssa; kosteus 0...90 % RH ± 2 % RH, kosteus 90...100 % RH ± 3 % RH
Lämpötilan mittaus $\pm 0,2$ °C

Vaisala HMP 44 mitta-anturi

Tarkkuus +20 °C:ssa; kosteus 0...90 % RH ± 2 % RH, kosteus 90...100 % RH ± 3 % RH
Lämpötilan mittaus $\pm 0,4$ °C

Vaisala HMP40S mitta-anturi ja HM40 näyttölaite

Tarkkuus + 20 °C:ssa; kosteus 0...90 % RH $\pm 1,7$ %, kosteus 90...100 % RH $\pm 2,5$ % RH
Lämpötilan mittaus $\pm 0,2$ °C

Mitta-anturit on kalibroitu laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Mitta-Anturit kalibroitu 14.1.2022

Cramo Finland Oy

Y-tunnus: 2088499-0
Åbyntie 6
01730 Vantaa

Asennuspalvelut

Puh. 0405585696
etunimi.sukunimi@cramo.com





Mittaustarkkuustarkastelu

	Periaate	Mittalaite-epävarmuus (Tml)	Mittaussuoritusepävarmuus (Tms)	Mittausolosuhde-epävarmuus (Tmo)
±1	Porareikä	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite. ±1,5 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 6 kk ennen. Mittapääkohtainen ryömintätieto osoittaa hyvän näyttämäpysyvyyden.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton. Mittapään ehdoton tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemuseräisesti.	Tila/rakenne normaalissa käytössä tai lähes normaaliosuuhdetta vastaavassa lämpötilassa. Porauksen ja mittauksen välisenä aikana ei olosuhdevaihtelua. Ei lattialämmitystä käytössä.
±1	Näytepala	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite. ±1,5 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 6 kk ennen. Mittapääkohtainen ryömintätieto osoittaa hyvän näyttämäpysyvyyden.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton. Mittapään ehdoton tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemuseräisesti.	Mittauskohteen olosuhteet eivät vaikuta mittausepävarmuuteen. Lukemienottolämpötilan oltava 2 asteen tarkkuudella rakenteen normaali lämpötila.
±1	Jaksottainen	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite anturikohtaisesti ±1,5 RH-yksikön tarkkuudella kalibroitu. Mittausjakson pituinen ryömintätieto tarkoin osoitettu.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton, eikä vaikuta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen. Mittapään tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemuseräisesti, ellei pysyvä asennus.	Tila/rakenne normaalissa käytössä tai vakaasti lähes normaaliosuuhdetta vastaavassa lämpötilassa. Ei lattialämmitystä käytössä.
±1	Jatkuva	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite anturikohtaisesti ±1,5 RH-yksikön tarkkuudella kalibroitu. Mittausjakson pituinen ryömintätieto tarkoin osoitettu.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton, eikä vaikuta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen.	Tila/rakenne normaalissa käytössä tai vakaasti lähes normaaliosuuhdetta vastaavassa lämpötilassa. Ei lattialämmitystä käytössä.

	Periaate	Mittalaite-epävarmuus (Tml)	Mittaussuoritusepävarmuus (Tms)	Mittausolosuhde-epävarmuus (Tmo)
±2	Porareikä	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite. ±1,5 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 12 kk ennen. Mittapääkohtainen ryömintätieto osoittaa hyvän näyttämäpysyvyyden.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton. Mittapään hyvä tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemuseräisesti.	Tila/rakenne normaalissa käytössä tai lähes normaaliosuuhdetta vastaavassa lämpötilassa. Porauksen ja mittauksen välisenä aikana ei suuria olosuhdevaihtelua. Ei lattialämmitystä käytössä.
±2	Näytepala	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite. ±1,5 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 12 kk ennen. Mittapääkohtainen ryömintätieto osoittaa hyvän näyttämäpysyvyyden.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton. Mittapään hyvä tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemuseräisesti.	Mittauskohteen olosuhteet eivät vaikuta mittausepävarmuuteen. Lukemienottolämpötilan oltava 2 asteen tarkkuudella rakenteen normaali lämpötila.
±2	Jaksottainen	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite ±1,5 RH-yksikön tarkkuudella kalibroitu. Mittausjakson pituinen ryömintä tarkoin osoitettu.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton, eikä vaikuta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen. Mittapään tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemuseräisesti, ellei pysyvä asennus.	Tila/rakenne normaalissa käytössä tai vakaasti lähes normaaliosuuhdetta vastaavassa lämpötilassa. Ei lattialämmitystä käytössä, tai asennustavan vuoksi lämpötilavaihtelut eivät vaikuta tarkkuuteen.
±2	Jatkuva	Betonimitauksiin erityisesti tarkoitettu mittalaite ±1,5 RH-yksikön tarkkuudella kalibroitu. Mittausjakson pituinen ryömintä tarkoin osoitettu.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton, eikä vaikuta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen.	Tila/rakenne normaalissa käytössä tai vakaasti lähes normaaliosuuhdetta vastaavassa lämpötilassa. Ei lattialämmitystä käytössä, tai asennustavan vuoksi lämpötilavaihtelut eivät vaikuta tarkkuuteen.

Cramo Finland Oy

Asennuspalvelut

Y-tunnus: 2088499-0
Åbyntie 6
01730 Vantaa

Puh. 0405585696
etunimi.sukunimi@cramo.com





	Periaate	Mittalaite-epävarmuus (Tml)	Mittausuoritusepävarmuus (Tms)	Mittausolosuhde-epävarmuus (Tmo)
±3	Porareikä	±2 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 6 kk ennen. Mittapään ryömintä tiedetään melko vähäiseksi.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Hyvä tiivistys. Mittapään hyvä tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemukseräisesti.	Tila/rakenne 5 asteen tarkkuudella normaalilämpötilassa. Porauksen ja mittauksen välisenä aikana ei suuria olosuhdevaihtelua. Ei lattialämmitystä käytössä.
±3	Näytepala	±2 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 6 kk ennen. Mittapään ryömintä tiedetään melko vähäiseksi.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton. Mittapään hyvä tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemukseräisesti.	Mittauskohteen olosuhteet eivät vaikuta mittausepävarmuuteen. Lukemienottolämpötilan oltava 2 asteen tarkkuudella rakenteen normaali lämpötila.
±3	Jaksottainen	±2 RH-yksikön tarkkuuden alkukalibrointi. Mittausjakson pituinen vähäinen ryömintä tunnetaan.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton, eikä vaikuta suuresti rakenteen kosteuskäyttäytymiseen. Mittapään tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemukseräisesti, ellei pysyvä asennus.	Tila/rakenne 5 asteen tarkkuudella melko vakaasti normaalilämpötilassa. Ei lattialämmitystä käytössä, tai asennustavan vuoksi lämpötilavaihtelut eivät vaikuta tarkkuuteen.
±3	Jatkuva	±2 RH-yksikön tarkkuuden alkukalibrointi. Mittausjakson pituinen vähäinen ryömintä tunnetaan.	Syvyys 1 mm tarkkuudella. Tiivistys vuotamaton, eikä vaikuta suuresti rakenteen kosteuskäyttäytymiseen.	Tila/rakenne 5 asteen tarkkuudella melko vakaasti normaalilämpötilassa. Ei lattialämmitystä käytössä, tai asennustavan vuoksi lämpötilavaihtelut eivät vaikuta tarkkuuteen.

	Periaate	Mittalaite-epävarmuus (Tml)	Mittausuoritusepävarmuus (Tms)	Mittausolosuhde-epävarmuus (Tmo)
±4	Porareikä	±2 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 12 kk ennen. Mittapään ryömintä tiedetään melko vähäiseksi.	Syvyys 2 mm tarkkuudella. Hyvä tiivistys. Mittapään melko hyvä tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemukseräisesti.	Tila/rakenne 5 asteen tarkkuudella normaalilämpötilassa. Porauksen ja mittauksen välisenä aikana ei suurta olosuhdevaihtelua.
±4	Näytepala	±2 RH-yksikön tarkkuuden kalibrointi korkeintaan 12 kk ennen. Mittapään ryömintä tiedetään melko vähäiseksi.	Syvyys 2 mm tarkkuudella. Hyvä tiivistys. Mittapään melko hyvä tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemukseräisesti.	Mittauskohteen olosuhteet eivät vaikuta mittausepävarmuuteen. Lukemienottolämpötilan oltava 3 asteen tarkkuudella rakenteen normaali lämpötila.
±4	Jaksottainen	±2 RH-yksikön tarkkuuden alkukalibrointi. Mittausjaksolla tapahtuvasta ryöminnästä suuruustietoa.	Syvyys 2 mm tarkkuudella. Hyvä tiivistys, eikä vaikuta suuresti rakenteen kosteuskäyttäytymiseen. Mittapään tasapaino betonin kanssa tunnetaan kokemukseräisesti, ellei pysyvä asennus.	Tila/rakenne 5 asteen tarkkuudella melko vakaasti normaalilämpötilassa, tai asennustavan vuoksi lämpötilavaihtelut eivät vaikuta tarkkuuteen.
±4	Jatkuva	±2 RH-yksikön tarkkuuden alkukalibrointi. Mittausjaksolla tapahtuvasta ryöminnästä suuruustietoa.	Syvyys 2 mm tarkkuudella. Hyvä tiivistys, eikä vaikuta suuresti rakenteen kosteuskäyttäytymiseen.	Tila/rakenne 5 asteen tarkkuudella melko vakaasti normaalilämpötilassa, tai asennustavan vuoksi lämpötilavaihtelut eivät vaikuta tarkkuuteen.

Cramo Finland Oy

Y-tunnus: 2088499-0
Äbyntie 6
01730 Vantaa

Asennuspalvelut

Puh. 0405585696
etunimi.sukunimi@cramo.com





Oulussa 4.5.2022

Raportin laatija: Jonny Grönvik
+358406845323
jonny.gronvik@cramo.com

Pätevyys: Rakenteiden kosteusmittaajan henkilösertifikaatti

Sertifikaattinumero: VTT-C 20260-24-14

Jakelu: Asiakas

Cramo Finland Oy
Y-tunnus: 2088499-0
Äbyntie 6
01730 Vantaa

Asennuspalvelut
Puh. 0405585696
etunimi.sukunimi@cramo.com

