



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Aleksei Bond

Betonilattiarakenteiden kuivumisen laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusalan työnjohto (AMK)

Talonrakennustekniikka

Rakennusmestari

01.04.2023

TIIVISTELMÄ

Aleksei Bond

Betonilattiarakenteiden kuivumisen laadunvarmistus

Sivumäärä, 33 sivua

Metropolia ammattikorkeakoulu

Talonrakennustekniikka Helsinki

Opinnäytetyö 2023

Ohjaajat: Lehtori Juha Virtanen, Helsingin Metropolia Ammattikorkeakoulu; Vastaava työnjohtaja Joonas Aula, YIT Suomi Oy.

Tämän työn tarkoituksena oli tunnistaa tärkeimmät kuivumisaikaan vaikuttavat tekijät sekä puolittaa betonirakenteiden kuivumisaika. Opinnäytetyössä tutkittiin materiaalien teknisiä keinoja ja myös rakenteen fysikaalisia ilmiöitä, jotka vaikuttavat kosteuden sitoutumiseen ja kuivumiseen. Tämän työn tavoitteena oli myös luoda yhteinen järjestelmä betonirakenteiden ainetta rikkomattomalle testaukselle. Tällöin betonin hyväksymistä ja kuivumista voidaan valvoa ilman erikoisnäytteitä ja laboratoriotestejä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli myös saada objektiivista tietoa betonin kovettumisesta ja erilaisten betonirakenteiden kuivumisesta reaaliajassa rakennustyömailla.

Betonin korkea kosteus voi vaikuttaa erittäin negatiivisesti betonilattian laatuun. Homeen ja muiden vakavien vaurioiden välttämiseksi ennen lattian asettamista on ehdottomasti tarkistettava pinnan kosteus. Valvontaa kehitettäessä käytetään tavanomaista standarditestimenetelmää betonilaatan suhteellisen kosteuden määrittämiseksi, paikoin valikoivasti tarkastetaan erikoislaitteella. Tällä menetelmällä määritetään betonilaattojen suhteellinen kosteus prosentteina todellisissa olosuhteissa tai laboratoriossa ja se sisältää kaksi toimenpidettä: betoniin porataan reikiä ja sitten siihen asetetaan anturi suhteellisen kosteuden mittaamiseksi.

Ennen opinnäytetyön aloittamista betonilattioiden kuivausprosessi ei ollut täysin selvä, joten tätä kirjoittaessani sain lisää tietoa betonin kuivumisesta ja kaikenlaisista betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavista tekijöistä. Selvitimme kuivumiseen vaikuttavat tekijät ja erilaiset menetelmät ja sain myös tietoa laitteista, joilla voidaan tutkia betonilattian kuivumisprosessia lämpötilaa ja suhteellista kosteutta tarkkailemalla. Betonilattian laadunvalvonta sujui hyvin. Tavoitteena oli, että lisätöitä ei tarvinnut tehdä, vaan työ tehtiin ajallaan ja laadukkaasti. Työ valmistui työmaalla ilman lisätöitä.

ABSTRACT

Aleksei Bond

Quality assurance of the drying of concrete floor structures

Number of Pages, 33 pages

Metropolia University of Applied Sciences

Building construction technology Helsinki

Thesis 2023

Supervisors: Senior Lecturer Juha Virtanen, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Responsible foreman Joonas Aula, YIT Suomi Oy.

The purpose of this graduate study was to identify the most important factors affecting the drying time and to halve the drying time of concrete structures. The thesis investigated the technical methods of the materials and the physical phenomena of the structure, which affect moisture binding and drying. The aim of the graduate study was also to create a common system for non-destructive testing of concrete structures. In this case, the acceptance and drying of the concrete can be monitored without special samples and laboratory tests. The purpose of the thesis was also to obtain objective information about the hardening of concrete and the drying of various concrete structures in real time at construction sites.

High humidity in concrete can have a highly negative effect on the quality of the concrete floor. To avoid mold and other serious damage, it is necessary to check the surface moisture before laying the floor. When developing the control, the usual standard test method is used to determine the relative humidity of the concrete slab, in places it is selectively checked with a special device. And this method determines the relative humidity of concrete slabs in percent under real conditions or in the laboratory, and it involves two procedures: drilling holes in the concrete, and then placing a sensor to measure the relative humidity.

Before starting the thesis, the drying process of concrete floors was not completely clear, so while writing this received more information about concrete drying and all kinds of factors affecting the drying of concrete structures. The factors affecting drying as well as different methods were studied, also got information about the devices that can be used to study the drying process of a concrete floor by monitoring the temperature and relative humidity. The quality control of the concrete floor was successful. The goal was that no additional work had to be carried out, but that the work was conducted on time and with high quality. The work was completed on site without additional work.

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	1
1.1	TYÖN TILAAJA.....	1
1.2	TAUSTA JA TAVOITTEET	3
2	BETONI	4
2.1	YLEISTÄ BETONISTA.....	4
2.2	BETONIN KOOSTUMUS.....	5
2.3	BETONOINTIMENETELMÄT	7
3	RAKENNEKOSTEUS	15
3.1	SUHTEELLINEN KOSTEUS	15
3.2	BETONIN KASTUMINEN	19
3.3	RAKENTEIDEN KUIVUMINEN	20
4	BETONIN KUIVUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	21
4.1	LÄMPÖTILAN VAIKUTUS KUIVUMISEEN.....	21
4.2	KUIVUMISEN NOPEUTTAMINEN ERI MENETELMIN.....	23
5	BETONILATTIARAKENTEIDEN YLEISIMMÄT VIAT	24
5.1	SÄÄOLOSUHTEIDEN VAIKUTUS	28
6	BETONILATTIOIDEN JÄLKIHOITO	29
6.1	JÄLKIHOIDON TARKOITUS	29
6.2	JÄLKIHOITOAIKA.....	30
7	HAASTATTELU	30
8	LOPPUTULOS	32
9	YHTEENVETO	33

Lähteet

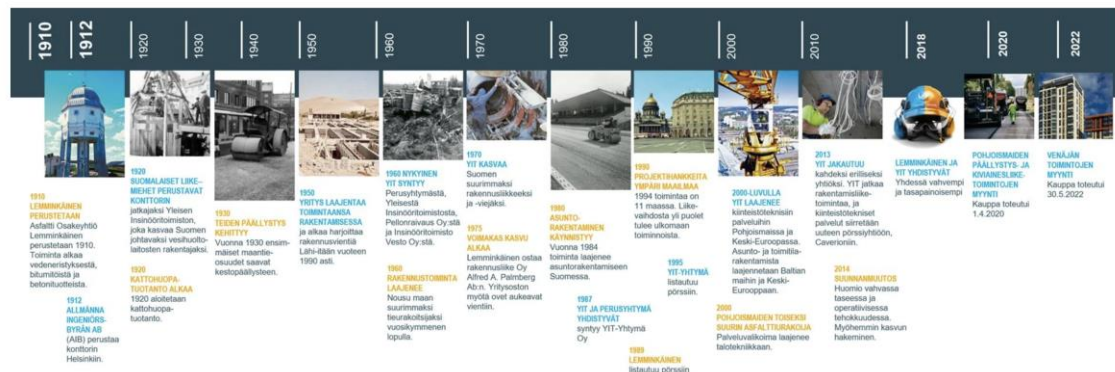
1 JOHDANTO

1.1 Työn tilaaja

Opinnäytetyön tehdään yhteistyössä YIT Suomi Oy:n kanssa (kuva 1) pääkaupunkiseudun toimitilayksikölle. YIT:n tarina alkaa 1912 ruotsalaisen Ab Allmänna Ingeniörsbyrån silloiseen Suomen suuriruhtinaskuntaan perustamasta Helsingin-sivutoimipisteestä. Tavoitteena oli päästä Suomen kautta Venäjän markkinoille. Ensimmäinen maailmansota ja Suomen itsenäistyminen vaikeuttivat pyrkimyksiä ja toiminta loppui.

Suomalaiset liikemiehet jatkoivat toimintaa muodostamalla vuonna 1920 Ab Allmänna Ingeniörsbyrån - Yleinen Insinööritoimisto Oy:n. Yritys sai hyvän maineen ja YIT rakensi vesilaitokset useimpiin Suomen kaupunkeihin. [1.]

YIT:n historia 1910-2022



Kuva 1. YIT:n historia [1.]

Nykyinen YIT on muodostunut kokonaisuudesta, jonka muodostivat Yleinen Insinööritoimisto Oy, sota-aikana perustettu Pellonraivaus Oy (vuodesta 1968 Perusyhtymä Oy) sekä Insinööritoimisto Vesto Oy. Pellonraivaus osti pääosan YIT:n ja Veston osakkeista vuonna 1961 ja siitä tuli näiden emoyhtiö, vaikka yritykset säilyivät itsenäisinä. Yhtiöt kilpailivat keskenään rakentamisen eri aloilla.

Vuosina 1977–1982 yritykset harjoittivat laajasti rakennusvientä Neuvostoliittoon. Vuonna 1986 Veston toiminta liitettiin Yleiseen Insinööritoimistoon. Seuraavana vuonna puolestaan Yleisen Insinööritoimiston toiminta liitetään Perusyhtymään, joka muutti

nimensä YIT-Yhtymä Oy:ksi. Näin kaikkien nykyisen YIT:n edeltäjäyhtiöiden toiminta oli siirretty samaan yhtiöön. [1.]

Vuonna 1995 YIT-Yhtymästä listautui Helsingin pörssiin. YIT laajensi rakentamisesta kiinteistötekniikkaan ostamalla alan suomalaisyhtiön Oy Huber 1997 YIT laajensi Venäjälle ostamalla pietarilaisen rakennusliike ZAO Lentekin. Yrityskaupan ansiosta YIT ryhtyi Venäjällä rakentamisurakoinnin sijasta asuntorakentamisen perustajaurakointiin ja hankki tontteja.

2000-luvulla YIT kasvoi kansainväliseksi konserniksi yritysostoin sekä kiinteistötekniisissä palveluissa että asuntorakentamisessa. 2000-luvulla YIT osti Calor Ab:n Ruotsista, ABB:ltä tämän kiinteistötekniiset palvelut -liiketoiminnan kahdeksassa maassa sekä saksalaisen MCE AG:n kiinteistötekniiset palvelut -liiketoiminnan kuudessa maassa. [1.]

2008 YIT oli kasvanut Venäjän suurimmaksi ulkomaiseksi rakentajaksi. Asuntorakentaminen laajeni Pietarin ohella myös Moskovaan, Jekaterinburgiin ja Rostoviin. Vuonna 2010 YIT osti pienen slovakialaisen rakennusliikkeen. Tavoitteena oli nousta merkittäväksi asuntorakentajaksi Venäjän ja Baltian ohessa myös itäisen Keski-Euroopan maissa.

2010 YIT osti saksalaisen Caverionin kiinteistötekniisen palveluliiketoiminnan. Näin kiinteistötekniikan palveluista tuli YIT:n suurin toimiala.

2010-luvulla YIT:llä oli kaksi tärkeää toimialaa: rakentaminen ja kiinteistötekniikka. Vuonna 2013 YIT jakautui kahdeksi pörssiyhtiöksi. Kiinteistötekniiset palvelut siirtyivät Caverion Oyj:hin ja YIT jatkoi rakentamispalveluiden kehittämistä. [1.]

2018 vuoden alussa Lemminkäinen ja YIT yhdistyvät. Yhdessä vahvempi ja tasapainoisempi. 2020 YIT myi Pohjoismaiden päällystys- ja kiviainesliiketoiminnot Peabille.

2021 YIT:stä tuli toimitilojen palveluntarjoaja YIT Workery+ -konseptillaan. Toimitilakonsepti laajeni, kun YIT osti Technopoliksen vuonna 2016 perustaman UMA Workspacen Suomen liiketoiminnan.

2022 YIT vetäytyi kaikesta toiminnasta Venäjällä toukokuussa 2022 ja myi Venäjän liiketoimintonsa Etalon Group PLC:lle. Venäjän liiketoimintojen strateginen arviointi käynnistettiin marraskuussa 2021 ja sitä kiihdytettiin vuoden 2022 maaliskuussa geopoliittisen tilanteen muututtua. [1.]

1.2 Tausta ja tavoitteet

Työn tarkoituksena on varmistaa, että pintabetonilattiatöiden eri työvaiheet onnistuvat laadullisesti ja aikataulun mukaisesti.

Opinnäytetyön pääpainona on betonilattiarakenteiden kuivumisen laadunvarmistus ja kuivumiseen vaikuttavat tekijät. Tarkasteltavia betonilattiarakenteita ovat liittolaattalattia sekä ontelolaatan päälle valettava pintalattia. Työssä tutkitaan betonin kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä, selvitetään, millaisilla menetelmillä pystytään mahdollistamaan betonin kuivuminen aikataulussa.

Huonosti kuivatetut tai liian varhain päällystetyt betonirakenteet aiheuttavat usein kosteusongelmia, varsinkin rakenteissa, jotka päällystetään huonosti vettäläpäisevillä materiaaleilla, esimerkiksi muovimatoilla. Sen takia työmailla tulee varmistaa ennen päällystystöitä, että betonirakenteiden kosteus on alle kriittisen raja-arvon, millä voidaan varmistua siitä, ettei kosteusongelmia synny.

Kuivumiseen vaikuttavat monet eri tekijät, niin betonimassan valmistus kuin myös betonoinnin jälkeen tehtävä jälkihoito. Kuitenkin suurin vaikutus rakenteiden kuivumiseen on kuivumisolosuhteilla, sillä oikeanlaisilla olosuhteilla voidaan varmistaa ja jopa nopeuttaa rakenteiden kuivumista.

Tärkein kaikista on betonirakenteiden kosteusmittaus ennen rakenteiden päällystämistä. Jokaisella päällystemateriaalilla on valmistajan ilmoittama kriittinen kosteus-raja-arvo, jonka alapuolella betonirakenteiden suhteellinen kosteus tulee olla ennen päällystyksiä. Näin voidaan varmistaa, että kosteusongelmia ei synny.

2 BETONI

Betoni on rakennusmateriaali, joka syntyy sideaineen (sementti tai muu), kiviaineksen ja veden järkevästi valitun ja tiivistetyn seoksen kovettumisen tuloksena. Joissakin tapauksissa se voi sisältää myös erityisiä lisäaineita. Nykyään betoni on yleisimmin käytetty rakennusmateriaali. Maailmanlaajuisesti tuotetaan vuosittain noin 1 tonni betonia jokaista maapallon asukasta kohti. Tämä johtuu siitä, että betoni on maailman helpoimmin saatavilla oleva rakennusmateriaali. Kaikista tunnetuista rakennusmateriaaleista betoni on edullisin, mutta se on myös erittäin vahva, kestävä, vedenkestävä ja tulenkestävä, ja se voidaan helposti asentaa äärettömän moniin eri muotoihin ja kokoihin. [2.]

2.1 Yleistä betonista

Betoni on ehdottomasti yksi yleisimmistä, laadukkaimmista ja ainutlaatuisimmista materiaaleista.

Sitä käytettiin antiikin Roomassa, ja jotkut arkeologit väittävät, että egyptiläiset käyttivät samaa koostumusta pyramidien rakentamisessa. Nykyään koostumusta käytetään erityisen laajasti talojen ja teollisuusrakennusten rakentamisessa, ja myös rakettisiiloissa, bunkkereissa, erilaisissa telakoissa ja paljon muussa.

Betonin tärkein ominaisuus on sen lujuus, millä on suora vaikutus suorituskykyyn. Sillä tarkoitetaan betonin kykyä kestää aggressiivisia aineita ja ulkoisia mekaanisia voimia. Tämä arvo määritetään ultraääni- ja mekaanisten testien avulla. [2.]

Tässä tapauksessa lujuus on tärkein ominaisuus. Luonnonkiven tavoin tämä materiaali kestää paremmin puristusta kuin vetoa, joten tämän parametrin lujuusraja on valittu tärkeimmäksi kriteeriksi.

Betoni on materiaali, jonka lujuus on ominaisuus, joka syntyy sementin ja veden välisten fysikaalisten ja kemiallisten vuorovaikutusprosessien tuloksena, jotka tapahtuvat kosteissa ja lämpimissä olosuhteissa. Jos materiaali jäätyy tai kuivuu, tämä prosessi päättyy. Aikaisempi kuivuminen tai jäätyminen vaikuttaa kielteisesti materiaalin lopulliseen suorituskykyyn. [2.]

2.2 Betonin koostumus

Valmisbetoni on siirrettävä betoniseos, joka koostuu neljästä komponentista, jotka sekoitetaan tietyssä suhteessa: vedestä, hiekasta, kiviainesta ja sementistä. [3.]

Valmisbetonin ainesosien likimääräinen tasapaino on seuraava: 10 % sementtiä, 75 % kiviainesta ja suunnilleen 15 % vettä.

Esimerkki painosuhteesta: 330 kg sementtiä vaatii 1250 kg sepeliä, 600 kg hiekkaa ja 180 litraa vettä. [3.]

Edellä esitetyt luvut ovat likimääräisiä, sillä sekoituskomponenttien määrä riippuu betonin vaaditusta laadusta, hiekan ja soran ominaisuuksista, sementin laadusta, lisäaineiden käytöstä jne.

Betonin pääainesosat ovat vesi ja sementti, jotka sitovat kaikki seoksen osat yhdeksi kokonaisuudeksi. [3.]

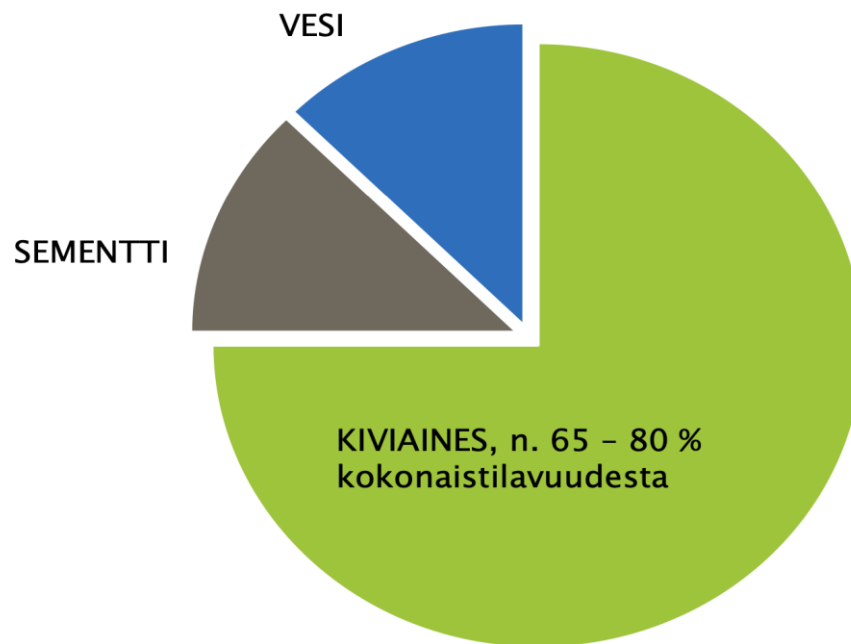
Päätehtävä betonin valmistuksessa on oikean sekoitussuhteen säilyttäminen, ei pelkästään määrän suhteen. Betonimassan valmistuksessa on otettava huomioon kaikki seikat, kuten hiekan ja sepelin kosteuspitoisuus, kosteuden imeytymisasteet jne.

Sementti tarttuu ja kovettuu joutuessaan kosketuksiin veden kanssa. Tämän seurauksena muodostuu kiveä, joka kutistuu prosessin aikana (jopa 2 mm kutistuminen 1 metrillä). Ensisilmäyksellä tämä ei näyttäisi olevan paljon, mutta kutistumisprosessien epätasainen jakautuminen sementtikivessä voi johtaa sisäisiin jännityksiin ja jonkin ajan kuluttua pieniin halkeamiin. Nämä viat heikentävät huomattavasti betonin lujuutta. Muodonmuutosten vähentämiseksi seokseen lisätään karkeaa ja hienoa kiviainesta, kuten sepeliä ja hiekkaa. Nämä ainesosat on suunniteltu luomaan yhtenäinen rakenne, joka vaimentaa kutistumisjännityksiä. [3.]

Lisäksi kiviaineksen käyttö lisää betonin kimmoisuutta ja lujuutta ja vähentää virumista (palautumaton muodonmuutos pitkäaikaisessa kuormituksessa). Kiviaineksen käyttö vähentää merkittävästi lopputuotteen kustannuksia, sillä sementti on kalliimpi rakennusmateriaali kuin murske ja hiekka.

Kuvassa 2 on esitetty oikeaan seokseen tarvittavien ainesosien suhde.

Betonin koostumus



Kuva 2. Pääkomponentit, jotka muodostavat betonin.

1. Vesi

Oletetaan, että betoniseoksen valmistusprosessissa käytetään puhdasta vettä. Sadeveden, rasvaisen veden, joka sisältää öljyä tai muita kemiallisia epäpuhtauksia, käyttö ei ole toivottavaa. Betonin koostumuksen (teräsbetonilattiat, kantavat rakenteet) tulee sisältyä puhdasta vesijohtovettä.

2. Sementti

Voidaan sanoa, että sementti on sidottava hydraulinen aine, joka veden kanssa reagoidessaan muodostaa kestävästä lopputuotteen. Sementin kemiallinen koostumus vaikuttaa myös tuoreen betonin käyttöominaisuuksiin sekä kiinteän betonin säilyvyyteen. Sementin valinta vaikuttaa myös betonin ominaisuuksiin, kuten lujuuteen, lämmön kestävyys, kemikaalien kestävyys.

3. Murskattu kivi

Betonin valmistuksessa käytetään useita murskattavia kivilajeja: kalkkikiveä, soraa ja graniittia. Murskatun kiven lujuuden on oltava kaksinkertainen betonin suunniteltuun lujuusluokkaan verrattuna. Tämä vaatimus johtuu siitä, että betonin suunniteltu lujuusluokka on aina pienempi kuin sen todellinen lujuus, joka saavutetaan vuoden kuluttua. Samalla murskeen lujuus ei kasva, koska kiven rakenne säilyy ennallaan. "Oikeuksien tasaamista" varten suoritetaan vastaava tasoitus, vaikka ilmoitettua turvamarginaalia ei ole määritelty suunnittelutoimeksiannossa.

Betonimurskeen päätyypit:

Kalkkikivi - Sementin raaka-aineet ovat luonnonmineraaleja, pääasiassa kalkkikiveä, jota on maapallolla runsaasti. Kalkkikivi on maankuoren yleisin kivilaji.

Sora - on yleisin täyteaineen tyyppi. Soralla on kaikki tarvittavat parametrit yleisimpien betoniseosten valmistamiseksi. Materiaali on melko halpaa ja sen säteilytausta on alhainen.

Graniitti - on kaikista kovin komponentti. Muita etuja ovat suuri lujuus, vähäinen veden imeytyminen ja parempi pakkasenkestävyys.

4. HIEKKA

Paras rakennushiekka on louhoshiekka. Tämä johtuu siitä, että louhoshiekan rakeet ovat muodoltaan epäsäännöllisiä, mikä kasvattaa sidepinta-alaa. Louhoshiekan suurin haittapuoli on savi, joka poistetaan uudelleen pesemällä. [3.]

Meri- tai jokihiekka ovat kiillottuneet vedellä, joten hiekanjyvien pinta on hyvin sileä.

2.3 Betonointimenetelmät

Nykyään betonointia käytetään kaikissa rakenteissa. Prosessi on määrän betoniseoksen sijoittaminen muotteihin ja sen jälkeinen tiivistäminen. On huomattava, että on olemassa erilaisia betonointimenetelmiä, eri käyttötarkoitettu osiin. Betonilaadun valinnan valinta riippuu suoritettavan työn tyypistä, esimerkiksi lattioiden tai perustusten valamisesta, pilareiden tekemisestä jne. [5.]

Tärkeimmät betonointimenetelmät. [4.]

Perusbetonointimenetelmiä ovat:

a) Suoraan betoniautosta valumuottiin

Tämä on yksinkertaisin menetelmä (kuva 3), jonka ydin on materiaalin syöttäminen suoraan sekoituskaukalosta muotteihin. Menetelmän ainoa haittapuoli on se, että sitä voidaan käyttää vain, jos kuljetusajoneuvoilla on vapaa pääsy paikkaan, jossa betoni valetaan. Jos tämä ehto ei täyty, niin syöttää betonin muottiin käyttämällä erityiset kourut, joka työntää materiaalia.



Kuva 3. Betonin valu sekoittimesta

b) Pumppaus.

Tässä menetelmässä käytetään erityistä pumppua (kuva 4), jolla seos pumpataan valumuottiin. Erikoiskaluston vuokraaminen aiheuttaa lisäkustannuksia, mutta joskus on kuitenkin tilanteita, joissa tällainen kalusto on tarpeen, esimerkiksi kun materiaalia kuljetetaan pitkän matkan päähän tai korkealle. [4.]



Kuva 4. Valumuottiin letkujen avulla. Helsingin Tahvonlahden alakoulu.

c) Valaminen jassikalla

Tämä on yksi vaihtoehtoisista laastin valumenetelmistä (kuva 5). Jassikka täytetään seoksilla maassa, nostetaan nosturilla tiettyyn korkeuteen ja ohjataan sitten valualueen päälle. Tämän jälkeen työntekijät avaavat jässikkään pohjan, ja betonimassa kaadetaan muottiin, sitten tasoitetaan ja tiivistetään. On myös olemassa erityisiä betonointimenetelmiä, joita käytetään silloin, kun pystytettäville rakenteille on annettava erityisominaisuuksia.



Kuva 5. Jassikka

d) Ruiskulaastin/-betonin levitys on kaksivaiheinen:

Ruiskubetonointi on tuotantoprosessi, jossa levitetään yksi tai useampi kerros sementti-hiekkalaastia (ruiskulaasti) tai betonimassaa (ruiskubetoni) rakenteen tai muotin pinnalle paineilma-irrassa (0,15–0,35MPa). Seoksen hiukkasten (hiekan) kehittämän suuren liike-energian ansiosta pinnalle levitetty laasti(betoni) saa paremmat lujuus-, vedenkestävyys-, pakkaskestävyys- ja tartuntaominaisuudet. Ruiskulaasti koostuu sementistä ja hiekasta. Ruiskubetoni sisältää sementin ja hiekan lisäksi jopa 30 mm:n kokoista karkeaa kiviainesta. [5.]

- Ensimmäisessä vaiheessa plastinen kerros, jossa on laastia ja hienoimpia kiviainespalsasia, (ns. sementtiliima) tarttuu levityspinnalle. Sementtiliimakerroksen paksuus on 5–10 mm. Tämä kerros pystyy absorboimaan suurempien kiviaineshiukkasten iskuenergian ja pitämään ne paikallaan.

- Toisessa vaiheessa isommat kiviainepartikkelit pääsevät tunkeutumaan laastikerrokseen, mikä viimeistelee ruiskulaasti- tai ruiskubetonikerroksen muodostumisprosessin.

Ruiskubetonoinnissa häviää jonkin verran ainesta eli lähinnä isompia hiekkahiukkasia, jotka kimpoavat levityspinnasta. Kimmahtelun määrä riippuu työolosuhteista, seoksen koostumuksesta, suurten kiviaineshiukkasten koosta ja hiukkasten liike-energiasta törmäyshetkellä. Levityksen alkuvaiheessa lähes kaikki karkeat kiviaineshiukkaset pompahtavat kohdepinnasta alas, ja vain sementti ja hienoimmat kiviaines rakeet tarttuvat siihen kiinni. Siksi alkuvaiheessa levitetty kerros, jonka paksuus on enintään 2 mm, on rakenteeltaan ns. sementtipastaa. Kun levitetyn kerroksen paksuus kasvaa (kuva 6), siihen alkaa tarttua suurempia kiviaineshiukkasia, minkä jälkeen kimmahteluprosentti vakioituu. Määrällisesti kimmahteluosuus pystypinnoista (seinistä) ruiskubetonoinnissa on 10–20 % ja kattopinnoille vastaavaluku on 20–30 %. Kimpoamista voidaan pienentää optimoimalla betonimassan ulostulonopeus suuttimen ulostulon kohdalla sekä etäisyys suuttimesta kohdepintaan. [5.]



Kuva 6. Ruiskubetonointi

Ruiskutus suoritetaan kuivaseos- tai märkäseosmenetelmällä.

Kuivaseosmenetelmässä kuivaseos syötetään suspendoituneessa tilassa suuttimeen, johon tulee oikea määrä sekoitusvettä. Suuttimessa sekoittunut seos syötetään betonoituihin pintoihin paineilmalla. Märkäseosmenetelmässä valmis seos tulee suuttimeen paineilman avulla. Suuttimessa seos suspendoituu ja levitetään paineen alaisena betonoitavaan pintaan. Kuivaseosmenetelmää käytetään ruiskulaastin ja märkäseosmenetelmää ruiskulaastin ja ruiskubetonin levittämiseen. Kumpikin menetelmä vaatii juuri sitä varten kehitettyä kalustoa ja työtapoja. Tärkeimpiä varusteita kuivaseosruiskubetonointiin ovat seoksen levitysyksikkö, kompressori, suutin sekä letkut kuivaseoksen, ilman ja veden syöttämiseksi suuttimelle. [5.]

Edellä mainitun menetelmän suositeltavia työvaiheita ovat:

- ladataan kuivaseos koneeseen
- annostellaan kuivaseosta ja vettä paineilmasuihkulla letkujen kautta suuttimeen, jolloin laasti pääsee sekoittumaan suuttimessa
- ruiskutetaan seosta suurella nopeudella betonoitavalle alustalle suuttimessa muodostuvana ”soihtuna”.

Märkäseosmenetelmässä tärkeimpänä laitteena on pumppausyksikkö. Pumppu syöttää seosta tiheänä virtana suuttimeen, johon tulee myös voimakas ulkoisen kompressorin muodostama paineilmasuihku, joka kantaa ja ohjaa betoniseosta pintaa kohti. Märkäseosmenetelmän etuja ovat korkean tuottavuuden lisäksi vähäinen kiviaineksen kimmahtelu ja huomattavasti pienempi pölyäminen prosessiin verrattuna sekä mahdollisuus käyttää halvempia materiaaleja (esim. hiekka-sementtiseosta, mikäli ei ole käsiteltyä betonipintaa tai -rakennetta koskevia erityisvaatimuksia).

e) Betonin imurointi

Betonin imuroinniksi kutsutaan vapaan veden poistamista juuri ruiskutetusta betoniseoksesta alipaineen avulla. Alipaineinen betoni lujittuu paljon nopeammin, sillä on parempi vedenkestävyys eikä se ole niin altis halkeilulle ja kulumiselle.

Kuten tiedetään, betonin sekoittamiseen tarvitaan noin 20 % vettä sementin painosta, mutta paremman työstettävyyden vuoksi vesi-sementtisuhte voi olla myös 0,35 ... 0,55, joskus jopa 0,80. Ylimääräinen vesi hidastaa betonin kovettumista ja estää sen täydellisen tiivistymisen. Haihtuessaan liika vesi edistää betonin halkeilua, vähentää sen lujuutta, eristäviä ominaisuuksia jne. Tärytys auttaa siirtämään osan ylimääräisestä vedestä betonin pinnalle ja imuroinnilla saadaan liika vesi kokonaan pois. Tyhjiöimuroinnin ideana on saada betoniseos tiiviimmäksi ja samanaikaisesti poistaa siitä ylimääräinen sekoitusvesi, ja onteloihin jäänyt ylimääräinen ilma luomalla pintaa kohti suuntautuva alipaine. Vedenalaista betonointia käytetään siltatukien ja muiden vedenalaisten kohteiden rakentamisessa. Nykyiset säädökset suosittelevat seuraavia vedenalaisia betonointimenetelmiä. Betoniseoksen levittämistä suppiloilla tulisi käyttää betonoitaessa luokan C16/20 betonista valmistettuja rakenteita yli 20 metrin syvyydessä. [4.]

Syötettäessä betoniseosta veden alle suppiloilla seosta ei saa tyhjentää vapaasti vesikerroksen läpi eikä levitettyä betonia saa tasoittaa suppilon vaakasuorin liikkein. Tamppausbetonointia tulee käyttää alle 1,5 m syvyydessä suuren pinta-alan omaavissa rakenteissa, jotka on betonoitava vedenpinnan yläpuolella olevalle tasolle saakka betoniluokan ollessa enintään C20/25. Betonointia matalasementistä jäykkää betoniseosta jyräämällä tulee käyttää tasaisten ja pitkien kohteiden rakentamisessa enintään luokan C16/20 betonista. Jyrättävän kerroksen paksuuden tulee olla 20–50 cm.

Saarekebetonoinnissa uudet betoniseosannokset tiivistetään tamppaamalla vähintään 200–300 mm:n päässä veden rajasta, jotta seos ei pääse valumaan luiskasta veteen. Kuten käytäntö on osoittanut, tehokkaimmat vedenalaisen betonoinnin menetelmät ovat liikkuva pystyputkipumppaus sekä nousulaasti -niminen menetelmä. Molemmille menetelmille yhteistä on betonoitavan kohteen kehää pitkin rakennettava suojaPonttaus, joka rajoittaa veden pääsyä kohteeseen ja suojaa rakennettavaa kohdetta sementin ja hiekan huuhtoutumiselta.

f) Pumpputasoitus

Valmisteluvaihe tapahtuu seuraavasti. Ennen laastin levittämistä on ehdottomasti tiivistettävä kaikki mahdolliset reiät ja halkeamat akryylimassalla. Jos tämän vaiheen jättää väliin, niin ko. erittäin juokseva laasti saattaa vuotaa rakennuksen alempiin kerroksiin. Huonetilaan asennetaan lämmittimet muutama päivä ennen valua, koska sisälämpötilan on oltava vähintään 10 °C (kuva 8). Betonointialue jaetaan lohkoihin sulkunauhalla. Koko alue imuroidaan huolellisesti pölyn poistamiseksi betonilattialta pohjamaalaukselta varten, jonka jälkeen asennetaan muoviset korkomerkit eri paikkoihin valetun betonimassan korkeuden tarkistamiseksi. Kyseistä pumpattavaa ja helposti valettavaa valubetonia voidaan valaa betonipohjalle 2–30 mm:n paksuiseksi kerrokseksi (joskus jopa 50 mm paksut valut ovat sallittuja). Suomessa on paljon erilaisia valmiita tuotteita, jotka ovat periaatteessa samanlaisia perusominaisuuksiltaan. Mitä tasaisempi kerroksen paksuus on, sitä helpompaa on kuivumisen hallinta.

Kuvassa 7 näyttää lattian valmis pintaa Helsingin Pasilassa sijaitseva toimistotilassa, talon rakennus vuosi on 1986, sekä kuvassa 8 on lämpötilamittari, joiden avulla mitataan lämpötila sisätiloissa, joka näyttää lämpötilan 21,3 °C.



Kuva 7. Pumpputasoitus, valmis pinta.



Kuva 8. Lämpötilamittari

Plussapuolena on se, että laasti on itsetasoittuvaa ja kuivuu todella nopeasti. Valu tapahtuu siten, että toinen henkilö valaa seosta letkusta betonialustalle kaukaisimmasta

nurkasta alkaen ja toinen levittää valua pinnalle aiemmin asennettujen korkolappujen mukaisesti. Näin valetaan oviaukkoa kohti perääntymällä, kunnes koko huonetila on valettu. Kuvassa 7 on valulattia-asennuksen lopputulos kohteessa Maistraatinportti 1, Helsinki (Pasila), YIT Suomi Oy. Seuraavana päivänä, kun pinta on jo kuiva ja kestää kävelyn, poistetaan sulkunauha ja valetaan saumat käsin.

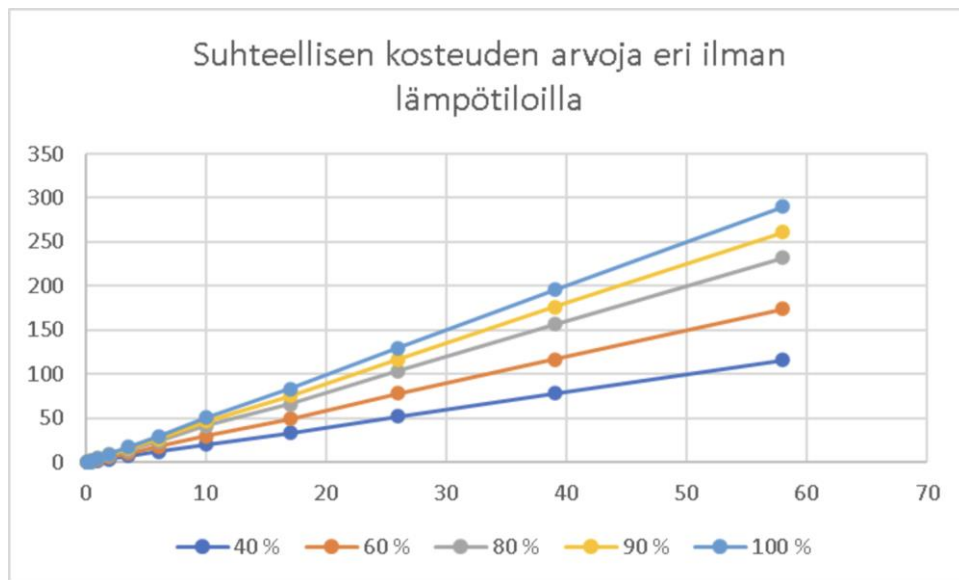
3 RAKENNEKOSTEUS

Kun betoni kovettuu, osa seoksen valmistuksessa käytetystä vedestä sitoutuu kemiallisesti. Suurin osa sitomisesta tapahtuu sillä hetkellä, kun voiman kehittyminen alkaa. Jopa silloin, kun betoni saavuttaa lopullisen lujuutensa kemiallisen sitoutumisen tuloksena, eli kun betoni on kovettunut, se voi olla vielä hyvin märkää. Betoni ei itse asiassa kuivu kokonaan, kun fyysisesti sitoutunut vesi on niin sanotusti haihtunut betonista. Kuivuminen tapahtuu, kunnes betonihöyryn suhteellinen kosteus on yhtä suuri kuin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. [6.]

3.1 Suhteellinen kosteus

Mitä betonin suhteellinen kosteus tarkoittaa?

Betoniyhdistys vastaa hakuun näin: ”betonin suhteellinen kosteus = betonin huokostiloissa olevan ilman suhteellinen kosteus RH % tai. betonin kosteuspitoisuus voidaan esittää myös suhteutettuna materiaalin kuivapainoon (paino-%). Tämä kertoo betoniin fyysikaalisesti sitoutuneen vesimäärän.” Kuvassa 9 näyttää Ilman suhteellinen kosteustaulukko. Pinnoitettavuusmittaukset tehdään aina joko koepala- tai porareikämittauksena. [6.]



Kuva 9. Ilman suhteellinen kosteustaulukko

Yllä olevan taulukon vasemman sarakkeen 0–350 asteikko kuvaa kosteutta g/m^3 .

Taulukon spektri 0–70 kuvaa ilman lämpötilaa Celsiusasteikolla ($^{\circ}\text{C}$).

Ilman suhteellinen kosteusprosentti

Ilman suhteellinen kosteusprosentti kertoo, kuinka paljon ilman maksimivesimäärän sitomiskyvystä on käytetty. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän ilma kykenee sitomaan vettä itseensä. Siksi pakkasella ilma on todella kuivaa, vaikka suhteellinen kosteus olisi lähellä 100 % ja kesähelteillä 50 % suhteellinen kosteus on todella kostea.

”Niin, miksei aina vain kerrotaisi paljonko ilmassa todella on vettä eli absoluuttinen kosteus? Valitettavasti absoluuttinen kosteus ei kerro kuinka hyvin ilma voi kuivata eri materiaaleja koska tämä riippuu siitä, mahtuuko ilmaan vielä enemmän vettä, eli kuinka kaukana ilman vesipitoisuus on kyllästyskosteudesta. Tässä merkitsevä on siis ilman suhteellinen kosteus: mitä pienempi RH on sitä paremmin ilma kuivaa pintoja ja materiaaleja. Ja olipa lämpötila mikä tahansa niin kyllästynyt 100 % kosteuden omaava ilma ei kuivaa enää mitään.”

Kosteuden vaikutus betoniin

Vettä pidetään betoniseoksen pakollisena komponenttina, materiaalin plastisuus riippuu siitä. Sillä on myös tuhoisa vaikutus niiden tiili-, metalli- ja betonirakennuksiin. Veden pilaantumisasteella ja sementin tiheydellä ei ole väliä, jopa puhtaalla nesteellä, jossa ei ole kemiallisia komponentteja koostumuksessa, on liuottimen ominaisuus, se huuhtelee sidoselementit pois rakennusmateriaalista. [7.]

Maaperävedet ovat myös usein saastuneita haitallisilla epäpuhtauksilla, jotka pääsevät ympäristöön autojen pakokaasujen ja teollisuusjätteiden mukana. Monissa mökkikyliässä pohjavesi liuottaa suolat joutuessaan kosketuksiin tiilipintojen kanssa, ja niiden haihtuessa kaikki nesteeseen liuenneet komponentit vapautuvat ilmakehään. Tästä ilmiöstä on osoituksena rakennusten seiniin muodostunut kukinta, jota ei voida poistaa.

Kosteustaso on tärkeä parametri, siitä riippuu lujuus, kuivumisnopeus, rasituskestävyys jne. Ylimääräinen kosteus betoniseoksen koostumuksessa tekee siitä käyttökelvottoman, liian ohut liuos ei takaa betonin sitoutumista. kaikki komponentit. Veden puute betoniseoksessa sekä syvään tunkeutuvassa akryylipohjamaalissa johtaa materiaalin nopeaan kovettumiseen. Siitä tulee hauras ja särkyvä. Tämä betoniseos ei sovellu talojen rakentamiseen. Eri betonilaatujen valmistusohjeiden tiukka noudattaminen auttaa välttämään kielteisiä seurauksia. [7.]

Sallitut arvot

Hiekan kosteus ja lämmönjohtavuus mitattuna olemassa olevien standardien mukaisesti, jotka asettavat laatustandardit rakennusten rakentamiselle eri tarkoituksiin. Vesipitoisuudelle on olemassa tiettyjä standardeja, jotka on otettava huomioon rakentamisen aikana.

Optimaalinen

Kosteusindeksi saavuttaa 15 %, tällaista betonia käytetään asuin- ja teollisuusrakennusten rakentamiseen, tuhkan / perliittihiekan läsnäoloa betoniseoksessa pidetään edellytyksenä.

Minimi

Kosteus on 13 %, betoniseosta suositellaan käytettäväksi julkisten, teollisuusrakennusten, asuinrakennusten, kotitalousrakennusten rakentamisessa.

Korkea

Liuosta, jonka vesipitoisuus on 18 % koostumuksessa, käytetään yksinomaan teollisuusrakennusten rakentamisessa.

Kuinka määrittää ja testata betonin kosteus

Betonin kosteustasoa mitattaessa käytetään erityisiä laitteita. Mittaustekniikka on jokaisessa tapauksessa erilainen.

Määrittäminen kosteusmittarilla - konduktometrinen

Digitaalinen kosteusmittari on erikoismittari, jossa on kaksi anturia. Mittausmenetelmään kuuluu koettimien vieminen betonipintaan, jonka jälkeen kaikki tiedot näkyvät laitteen näytöllä. Kosteusindeksi mitataan kosteusmittarin muistiin ohjelmoidun asteikon mukaan. Menetelmän tärkeimmät edut ovat mittausten nopeus ja yksinkertaisuus. Laitte ei sovellu alle 5–8 % materiaalin suhteellisen kosteuden mittaamiseen. [7.]

Päätelmä

1. Betonin kosteustasolla on tärkeä merkitys, sillä koko rakennuksen kestävyys riippuu suoraan siitä.
2. Vesi jäätyy kylmissä lämpötiloissa, jolloin betoni laajenee sisältä ulospäin. Kosteuden puute tai liiallinen määrä betonilaastissa on yhtä vaarallista, minkä vuoksi on erittäin tärkeää noudattaa reseptiä.
3. On olemassa tiettyjä betonin valmistusta koskevia standardeja, joiden mukaan betonia on käytettävä tietyllä kosteuspuiteosuudella rakennusten rakentamisessa eri tarkoituksiin.
4. Betonin kosteutta mitattaessa käytetään erilaisia laitteita, esimerkiksi seurantamittaus ja johdinmetriset menetelmät. Seurantamittaus (kuva 10) eli jatkuva mittaus on tarkoitettu betonin kuivumisen seurantaan varten. Jatkuvasta mittauksesta on hyötyä myös päällystettävyyssmittausta varten. Kun jatkuvan mittauksen anturi näyttää, että betoni olisi riittävän kuivaa pinnoitusta varten, voidaan siinä kohtaa suorittaa päällystettävyyssmittaus koepala- tai porareikämenetelmällä. [10.]



Kuva 10. Suhteellisen kosteuden mittari.

3.2 Betonin kastuminen

Betonin kastuminen tarkoittaa tilannetta, jossa betoni alkaa imeä vettä joutuessaan kosketuksiin vapaan veden kanssa. Tässä tapauksessa kyseessä on kapillaarikosteuden siirtyminen, jolla tarkoitetaan betonin kykyä siirtää vettä veden vapaalta pinnalta betonirakenteeseen kapillaarivoimien vaikutuksesta. Yleisimmät betonirakenteiden kastumisen syyt ovat sadevesi, pintavesi, maaperän kosteus ja vesivahingot.

Sadevesi voi usein kastella betonirakenteita rakennusvaiheessa, jolloin rakenteet eivät ole vielä täysin suojattuja vedeltä. Sadevesi voi myös kastella alakerran rakenteita, koska vesi voi usein valua pois pienistä halkeamista. Maanalaiset rakenteet voivat myös tulvittua maaperästä nousevalla kosteudella, jos kapillaarin katkeamisesta ei huolehdita kunnolla. [7.]

Betonin kostuttaminen ei vahingoita betonia, mutta pidentää rakenteiden kuivumisaikaa. Mitä myöhemmin betonirakenteet kastuvat, sitä haitallisempaa se on, koska tiukassa rakennusaikataulussa on jo valmiiksi tiukat kuivumisajat, joten betonin kastuessa kuivumisaika voi venyä useita viikkoja.

3.3 Rakenteiden kuivuminen

Betonin kuivuminen on rakentamisessa erittäin tärkeä asia, koska siitä riippuu rakentamisen valmistuminen ja tietysti sisätyöt nopeutuvat. Tiukkojen rakennusaikataulujen vuoksi betonille ei anneta tarpeeksi aikaa kuivua tai olosuhteet eivät ole suotuisat betonin kuivumiselle, mikä johtaa rakentamisen määräaikojen myöhästymiseen tai pahimmassa tapauksessa betoni peittyi kuivuessaan. edelleen kostea, mikä voi aiheuttaa kosteusvaurioita. Aluksi kostutusprosessin aikana, ts. betonin kovettumisreaktioissa vesi sitoutuu kemiallisesti betoniin eikä voi poistua siitä. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on noin 25 % sementin painosta. Loput vedestä, joka ei ole kemiallisesti sitoutunut betoniin, jää ns. vapaaksi vedeksi, joka on fysikaalisesti sitoutunut betonin huokoiseen rakenteeseen. Fysikaalisesti sitoutunut vesi on haihtuvaa, joten betonin kuivuminen hydratoinnin jälkeen on vain haihtuvaa kuivumista betonin pinnalta. [8,13.]

Huokoiseen rakenteeseen liittyvä vesi pystyy haihtumaan niin, että saavuttaessaan tasapainokosteuspitoisuuden ympäristön kanssa betoni pystyy haihduttamaan vettä huokoisesta rakenteesta. Kuivuminen eli veden haihtuminen tapahtuu, kunnes betoni saavuttaa hygroskooppisen tasapainon ympäristön kanssa. Betoni pystyy myös imemään ja vapauttamaan kosteutta. Koska betoni pyrkii jatkuvasti tasapainoon ympäristönsä kanssa, se voi imeä kosteutta ilmasta.

Betoniseos alkaa kovettua tietyn ajan kuluttua, ja samalla se menettää muokkauskykynsä. Rakentajat kutsuvat tätä "betonikovettuneeksi". Se jatkaa lujittumistaan vielä 28 päivän ajan, ja sen lujuus kasvaa 55–75 prosenttia 28 päivän lujuudesta kolmen ensimmäisen päivän aikana. [8,13.]

Betonin kovettuminen ja kovettuminen on kemiallinen reaktio, joka tapahtuu sekoitusveden ja mineraalisten sideaineiden välillä kahdessa vaiheessa:

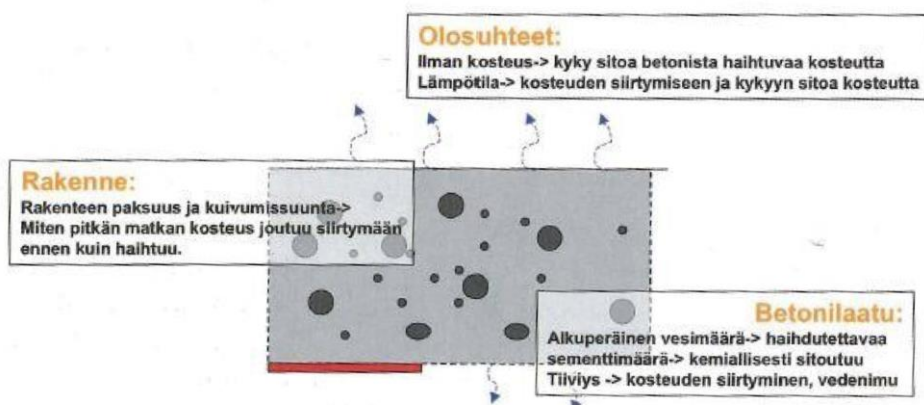
Jähmettyminen (plastisuus vähitellen heikkenee ja seoksen lujuus kasvaa);

Hydratoituminen (plastisuuden täydellinen häviäminen, kovettuminen ja muodon muuttuminen).

Rakennusmateriaalin suunnitellun lujuuden saavuttamiseksi on suositeltavaa peittää pinta hyvin kosteutta imevällä materiaalilla ja kostuttaa sitä säännöllisesti, 10–12 tunnin välein, viikon ajan.

4 BETONIN KUIVUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Betonin kuivumiseen vaikuttavat monet tekijät, kuten kiviaineksen raekoko, betonin vesi/sementtisuhte, käytetyt lisäaineet, ulkoilmaolosuhteet, betonin laatu, lämpötila, betonin rakennepaksuus. ja rakennustyömaan siisteys. muuttuu Betonin kuivaus sisältää myös kemiallisen kuivauksen ja kuivauksen fysikaalisella haihdutuksella (kuva 11). Sideainekuivauksella tarkoitetaan veden kemiallista sitoutumista betonin rakenteeseen ja haihdutuskuivauksella veden haihtumisen aiheuttamaa kuivumista betonista. [9,14.]

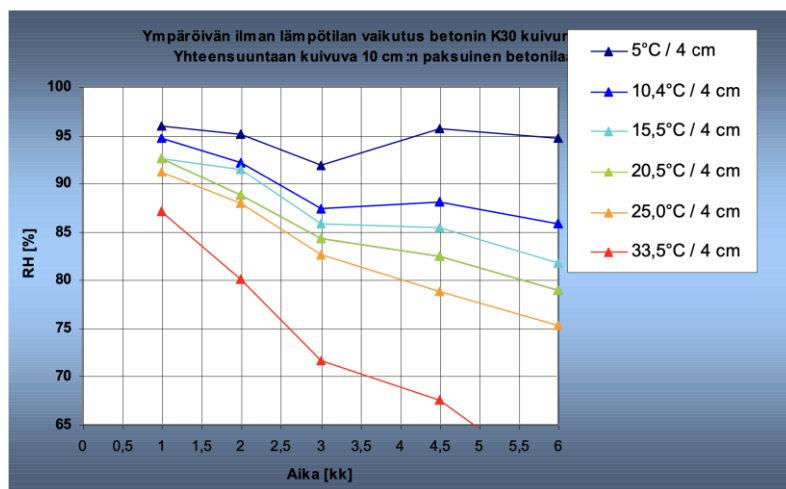


Kuva 11. Betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttavat tekijät: betonilaatu, olosuhteet ja rakenne.

4.1 Lämpötilan vaikutus kuivumiseen

Vaikutus kuivumiseen tärkeimmät ovat lämpötila ja kosteus. Normaali betonin kovettuminen tapahtuu lämpötilassa 18–22°C ja suhteellisessa kosteudessa 100 %. Vain 10°C lämpötilan muutos voi nostaa kovettumisnopeutta useita kertoja. Alle 5°C:n lämpötiloissa prosessi hidastuu dramaattisesti, ja kun se laskee alle 0°C, se pysähtyy. Kuivemmassa ilmassa betonin tulisi kovettua nopeammin. Kosteuden aletessa vesi kuitenkin haihtuu, mikä on välttämätöntä hydraatti- ja kiteytymisprosessille. Siksi kostea

ilma on välttämätön edellytys betonin kovettumiselle. Kuvassa 12 näyttää lämpötilan vaikutus betonin K30 kuivumiseen. [9,14.]



Kuva 12. Lämpötilan vaikutus betonin K30 kuivumiseen. 100 mm paksu yhteen suuntaan kuivuva betonilaatta.

Betoni kovettuu nopeammin korkeammissa lämpötiloissa, varsinkin jos prosessi tapahtuu kosteassa ympäristössä. Korkeissa lämpötiloissa betonia on vaikea suojata kuivumiselta, joten sitä ei saa lämmittää yli 85 °C:n lämpötilaan. Esimerkki poikkeuksesta on tehtaiden autoklaavikäsittely korkeapainehöyryllä. [9,14.]

Talvella käytettävän betonin perusvaatimukset

On tärkeää, että talvella asennettu betoni kovettuu ja lujittuu talvella. Tämä on riittävä lujuus kestämään rakenteen purun, osittaisen kuormituksen tai jopa täyden kuormituksen.

Joka tapauksessa betoni ei saa jäätää ennen kuin se on saavuttanut vähintään puolet suunnittelulujuudestaan. Vaikka käytettäisiin nopeasti kovettuvia materiaaleja, kovettumisaika lämpimissä olosuhteissa ei saisi olla alle 2–3 päivää tai 5–7 päivää, jos käytetään tavallista betonia.

Alhaisen lämpötilan kielteiset vaikutukset.

Käytäntö on osoittanut, että betonin varhainen jäätyminen heikentää merkittävästi sen luotettavuutta myöhemmin. Jäätynyt vesi tuoreessa laastissa rikkoo sementtikiven ja

kiviaineksen välisen sidoksen sekä raudoituksen sidoksen teräsbetonirakenteiden raudoitukseen. Mitä myöhemmin betoni jäätyy, sitä suurempi on sen lujuus. Betonia on kovetettava lämpimissä ja kosteissa olosuhteissa koko kovettumisjakson ajan, jotta betonilla saavutetaan halutut ominaisuudet talvella.

Betonin oikea kovettuminen talvella.

Prosessia voidaan edistää kahdella tavalla:

- Hyödynnetään betonin sisäistä lämpöä;
- Lisälämmön siirtäminen ulkopuolelta.

Ensimmäisessä tapauksessa on käytettävä vain nopeasti kovettuvia, lujia sementtejä. On myös suositeltavaa käyttää kovettumisainetta, kuten kalsiumkloridia, vähentää veden määrää laastissa ja tiivistää betoni laadukkailla täryttimillä. Näin betoni saavuttaa vaaditun lujuuden 3–5 päivässä 28 päivän sijasta. [11,12.]

4.2 Kuivumisen nopeuttaminen eri menetelmin

Menetelmät betonin kovettumisen nopeuttamiseksi

Yksi tärkeimmistä tekijöistä nykyaikaisessa rakentamisessa on työn tekemisen nopeus. Laastin kovettumisnopeuden lisäämiseen käytetään kolmea perusmenetelmää:

- Erityislaatuisen sementin käyttö.
- Seoksen esilämmitys.
- Erityisten lisäaineiden käyttö, jotka nopeuttavat betonilaastin kovettumista.

Tehokkain tapa lisätä laastin kovettumisnopeutta ja kovettumista on käyttää betonimassan valmistuksessa hienoksi jauhettua sementtiä. Karkearakeisella sementillä on kuitenkin pidempi säilyvyysaika, ja useimmat sementtitehtaat tuottavat pääasiassa karkearakeista sementtiä. Hienosementin valmistukseen rakennustyömaalla käytetään erityisiä mekaanisia laitteita, kuten sekoittimia ja muita laitteita. Tämäntyyppisen

sementin käyttö tarkoittaa, että erityisiä kiihdyttäviä lisäaineita tai betonirakenteiden lämmittämistä ei tarvita. [10,14.]

Betonirakenteiden valmistuksessa tehtaalla käytetään korkeita lämpötiloja betonin kovettumisprosessin nopeuttamiseksi. Teräsbetonipalkkien, -paalujen, -perustuslohkojen ja -palkkien höyryttäminen lyhentää huomattavasti tuotantokyklin vaatimaa aikaa. Optimaalinen kovettumislämpötila antaa betonielementeille parhaan lujuuden ja irtokosteuspitoisuuden.

Kaksi ensimmäistä kovettamismenetelmää edellyttävät tuotantoprosessin lisäkoneistamista, mikä on erittäin kallista ja usein pienten ja keskisuurten yritysten ulottumattomissa. Siksi betonin kovettumisen ja kovettumisen nopeuttamiseksi erityisesti talvella käytetään erityisiä lisäaineita, jotka lisätään sementtilaastiin sen valmistuksen aikana. Lisäaineina voidaan käyttää rautaa, kalsiumkloridia, soodaa, kaliumkarbonaattia, natriumsulfaattia ja muita aineita. [10.]

5 BETONILATTIARAKENTEIDEN YLEISIMMÄT VIAT

Betonilattia on perinteisin ja suosituin ratkaisu teollisuuslattiaissa. Tämentyyppiselle lattialle on ominaista erinomaiset ominaisuudet: kestävyys ja luotettavuus, kestävyys erilaisia vaikutuksia vastaan, palamattomuus ja ympäristöystävällisyys. [15.]

Jos betonilattian asettelussa noudatetaan kaikkia suosituksia ja asennustekniikoita, lattia miellyttää asiakasta kestävyydellään monta vuotta, ja päinvastoin: vastuuton asenne johtaa vikoihin ja edelleen tuhoutumiseen.

Mikään ei kuitenkaan ole ikuista, joten pitkäaikaisen käytön aikana lattia altistuu erilaisille vaikutuksille, joiden jatkuvan vaikutuksen alaisena pinnoite menettää tekniset ominaisuutensa ja vaatii uudelleenrakentamista tai koko rakenteen täydellistä uusimista. [15.]

Betonilattioiden tärkeimmät viat

Tärkeimpiä syitä ovat seuraavat tekijät:

- Ensimmäinen syy on virheet betonilattian valmistustekniikassa. Tekniset vaatimukset, joita on noudatettava betonialustan asennuksessa.
- Huonolaatuisen betonin käyttö.
- Lattian raudoituksen puuttuminen tai sen epäasianmukainen järjestelmä.
- Liukuläpivientien puuttuminen, väärin leikattu tai vesieristetty.
- Betonilattian rakentamiseen liittyvät suuret rasitukset.
- Kosteus- ja lämpötilaolosuhteet eivät ole sopivat aluslattian lujittumiselle.
- Pintamaalaus tehdään ennen kuin alusta on täysin kovettunut.

Kaikki betonilattiassa esiintyvät viat voidaan jakaa seuraaviin luokkiin:

- Kemiallisten tai ulkoisten (ilmastollisten) vaikutusten betonilattialle aiheuttamat vauriot;
- Lattian käytöstä johtuvat vauriot;
- Mekaaniset vauriot, jotka johtuvat eri tekijöistä (joita käsitellään tarkemmin jäljempänä).

Yleisimpiä betonilattioiden vaurioita ovat: pintakerroksen kuoriutuminen, pölyäminen, halkeamat, sään aiheuttamat vauriot, delaminaatio ja uppoumat. [15.]

Pintakerroksen kuorinta

Tämä vika johtuu useimmiten seuraavista tekijöistä: sementtilaastin poistamatta jättäminen, kosteuden nopea haihtuminen alustasta, huonolaatuisen sementtiseoksen tai seoksen, jossa on teknisesti virheelliset komponenttien suhteet, huono käsittely ja alustan valmistelu (kuva 13).



Kuva 13. Pintakerroksen kuorinta

Seuraavia tekniikoita voidaan käyttää viallisen lattia-alueen korjaamiseen: injektointi erityisten polymeerikoostumuksiin perustuvien korjauskeoitusten avulla. Jos viallinen alue on liian suuri, lattia kannattaa silti purkaa.

Betonilattioiden pölyäminen

Suurin syy tähän on heikko sementtikerros, joka johtuu betoniseoksen riittämättömästä sementistä, epäasianmukaisesta kunnossapidosta ja liiallisesta hionnasta. Teollisuuslattian pölyämisen välttämiseksi käytetään viimeistelypinnoitteen sijasta erityisiä kemiallisia kyllästysmateriaaleja, myös pintakäsittelyä. Pinnoitus on varmin tapa pölyttää betonilattia.

Halkeamat betonilattioissa

Tämä vika on betonilattioiden yleisin ongelma. Halkeamat voivat olla seurausta lattiatekniikan rikkomisesta (kuva 14), liikuntasauvojen puuttumisesta tai niiden virheellisestä leikkaamisesta, alustan liiallisesta kuormituksesta, alustan kutistumisesta, pinnan nopeasta kuivumisesta, huoneessa olevista vedoista, altistumisesta suoralle auringonvalolle.



Kuva 14. Betonilattiassa halkeama

Pieniä halkeamia betonilattiassa kutsutaan pussiverkoiksi tai ruuduiksi. Näitä mikrosäröjä esiintyy kaikkialla lattian pinnassa, erityisesti jos kyseessä on päällystetty lattia. Hämähäkinseitit eivät vaaranna betonilattian rakenteellista kestävyyttä.

Betonin halkeamat ruiskutetaan polymeerihartsilla tai mikrosementtikorjauksilla vian korjaamiseksi.

Säätyneet betonilattian pinnat

Kuten vian nimikin kertoo, betonilattiat kuivuvat. Säätyneiden pintojen välttämiseksi on välttämätöntä päästä eroon huoneen vedosta, ja kuivumisajan ja perustuksen lujuuden aikana sen päälle olisi pingotettava erityisiä ilmatiiviitä teltoja.

Pesualltaat

Vaikuttaa lähinnä veden ja nestemäisten kemikaalien vaikutuksilta. Vaikka tällaisella vialla ei ole vakavia seurauksia lattian rakentamiseen, mutta jos pesuallasta ei poisteta ajoissa, se voi muuttua täysimittaiseksi irtoamiseksi. Helpoin tapa korjata pesuallas on täyttää se erityisellä polymeerimateriaaliin perustuvalla seoksella, jossa on täyteainetta.

Mekaanisten vikojen ehkäiseminen

Jotta betonilattia ei vahingoittuisi mekaanisesti:

- tarkkailla asennustekniikkaa;
- Älä säästele materiaaleissa;
- Käytä betoniluokkaa, joka on suunniteltu odotettavissa oleville rasituksille;
- Älä ylitä lattiapinnan sallittuja kuormituksia.

5.1 Sääolosuhteiden vaikutus

Betoni saavuttaa lujuutensa vain, jos noudatetaan asianmukaisia valu- ja kunnossapitosääntöjä. Tärkeä tekijä betoniseoksessa on sää.

Kaikenlaiset sateet (sade, rakeet, lumi) voivat tuhota betonipinnan ja aiheuttaa delaminaatiota. Pinnalle kertyvä vesi tunkeutuu betonirakenteeseen ja haihtumisen jälkeen betonin onteloihin ja huokosiin. Tällainen ilmiö heikentää betonin laatua, lisää veden imeytymistä ja heikentää pakkasenkestävyyttä. Sääolosuhteet heikentävät betoniteräksen korroosiosuojausta.

Voimakas tuuli vaikuttaa kielteisesti betonin kovettumiseen. Tuulisella säällä veden haihtuminen betonista on paljon nopeampaa. Tämä estää betonin kunnollisen hydrataation, mikä johtaa lujuuden heikkenemiseen.

Erityistä varovaisuutta on noudatettava betonoitaessa pakkasessa. Tämä koskee sekä monoliittista että betonielementtiä. Työmaalle toimitettavan betonin pakkasenkestävyyden on oltava vähintään - 5 °C. [17.]

Kun betoni on kovettunut, se on suojattava asianmukaisesti lämpöhäviötä vastaan. Esimerkiksi peittämällä se pienellä mineraalivillakerroksella. On monia tapoja varmistaa, että seos valmistetaan, kuljetetaan ja betonoidaan pakkasessa - lisäämällä "jäätymisenestoaineita". Tämä ei kuitenkaan vapauta betonin vastaanottajaa huolehtimasta siitä.

6 BETONILATTIOIDEN JÄLKIHOITO

Betonilattian jälkihoidolla on tärkeä rooli sen vaatimusten täyttämässä. Huono jälkihoito voi aiheuttaa täydellisen lattian epäonnistumisen eikä toimi ilmoitetulla tavalla. Seurantahoidon menetelmä on valittava tapauskohtaisesti.

Tutkimus ja käytäntö ovat osoittaneet, että vaikeissa olosuhteissa betonilattian jälkikäsitteily on aloitettava varhaisella käsittelyllä, kun betonipinta on tasoitettu. Erityisesti suuri ilmanvirtausnopeus käsittelemättömällä tuoreella betonipinnalla on haitallista aiheuttaen erittäin suuren betonipinnan plastisen kutistumisen, joka on kymmenen kertaa betonin kuivakutistuminen. Siten toimenpiteet ilmavirran rajoittamiseksi voivat vähentää tai poistaa varhaisen kovetuksen tarpeen. [18.]

6.1 Jälkihoidon tarkoitus

Jälkihoidon tarkoituksena on varmistaa tarvittavat kosteus- ja lämpötilaolosuhteet ja suojata betonia ulkoisilta vaikutuksilta kovettumisen alkuvaiheessa. Jälkihoidon päätarkoituksena on estää betonipinnan ennenaikainen kuivuminen. Sitä voidaan käyttää myös estämään suuria lämpötilaeroja kovettumisessa paksumpien laattarakenteiden ytimen ja yläpinnan välillä sekä rakenteen nopeaa jäähtymistä tai jäätymistä talvella. Jälkihoito voi myös suojata betonipintaa varhaisilta iskuilta, rasiutukselta ja likaantumiselta. [17.]

Betonilattian asianmukainen ja hellävarainen hoito on varmistettu.

- pinnan kovuus ja kestävyys
- pinnan läpäisemättömyys
- pinnan vähäinen pölyäminen
- lattiapinnan tarttuvuus alustaansa
- alhainen halkeiluriski
- lattiarakenteen riittävä kestävyys sisä- ja ulkopuolella ja ulkoisilta vaikutuksilta

6.2 Jälkihoitomenetelmät

Eri tilanteissa käytetään erilaisia betonin jälkihoitomenetelmiä, ja tämä on tärkeää, koska betonin lujuuteen vaikuttavat monet tekijät, joista yksi on betonin märkänä oloaika. Lujuuden saavuttaminen edellyttää, että betonille on taattava riittävä kosteus, lämpötila ja aika, jotta se saavuttaa käyttötarkoitukseensa tarvittavat ominaisuudet. Prosessi tapahtuu välittömästi sen jälkeen, kun betoni on asennettu ja viimeistelty. [17.]

Jälkihoitomenetelmää valittaessa tulee myös ottaa huomioon jälkihoidolle asetetut tavoitteet, betonointiolosuhteet, käytettävät työmenetelmät, betonin ominaisuudet, lattioiden pinnoitettavuus sekä pinnan laatuvaatimukset.

Oikein kovettuneessa betonissa on riittävästi kosteutta hydraattien jatkamiseksi ja lujuuden, tilavuuden vakauden, jäätyminen ja sulamisen kestävyuden sekä kulutuksen ja hilseilyn kestävyuden kehittymiseksi. Kunnollisen kovettumisen kesto riippuu useista tekijöistä, kuten sekoitussuhteesta, määritellystä lujuudesta, sääolosuhteista ja tulevista altistusolosuhteista. [17.]

6.3 Jälkihoitoaika

Jälkihoitoajan pituuteen vaikuttavat mm. kovettumis- olosuhteet, betonilaatan ympäristöluokka (EN 206:n mukainen rasitusluokka) sekä betonin kovettumisnopeus. Pinnoitettavien lattioiden jälkihoitoa tulee jatkaa aurinkoisissa tai viimaisissa sekä alle RH 50 %:n olosuhteissa vähintään 7 vuorokautta ja kulurasitettujen lattioiden 2 viikkoa. Kosteissa (RH yli 80 %) olosuhteissa on vastaavat jälkihoitoajat vähintään 3 vuorokautta ja 1 viikko. [18.]

7 HAASTATTELU

Haastattelu

Nimi: Jarkko Kinossalo

Nykyinen työtehtävä: Työnjohtaja

Koulutus ja pätevydet: Metropolia AMK

Pääkohdat kysymyksissä

1. Mitkä tekijät vaikuttavat betonilattian kuivumiseen?
 - Rakenne, olosuhteet, käytettävä massa, työmenetelmät, jälkihoito, kuivatus toimenpiteet; hionta, lämmitys, ilmanvaihto yms.

2. Miten betonin kuivausaikataulu tulisi suunnitella?
 - Työmaalla tulisi aina huomioida millaiset betonilattiarakenteet ovat tulossa. Mihin vuodenaikaan ne ajoittuvat yms. Näin ollen voidaan laskea teoreettinen kuivumisaika rakenteille. Nämä kuivumisajat tulee huomioida rakentamisen aikataulutuksessa mm. yleisaikataulussa. Kuivumisaikojen laskentaan on olemassa valmiita kaavioita, mutta apua työmaalla voi pyytää myös kosteudenhallintaurakoitsijalta.

3. Tärkeimmät tekijät, jotka on otettava huomioon betonilattiaa valuessa?
 - Laatan kuivumisen näkökulmasta on otettava huomioon edellytysten luonti laatan kuivumiselle.
 - Valitaan sopiva massa, kuivumista voidaan tehostaa NP-massoilla tai nostamalla betonin lujuutta esim. C25/30 → C30/37, tällöin massassa olevan sementin suhde veteen nousee, jolloin laattaan jäävä kosteuden määrä on teoreettisesti pienempi
 - Jos betonoidaan kylmään vuoden aikaan, voidaan laatan lujuuden kehittymistä ja täten kuivumista tehostaa suojauksin, lämmityksin. Lämmityksiä voidaan asentaa joko ulkoisesti tai rakenteen sisäisesti, rakenne huomioiden. Tärkeää on estää kylmän ilman johtuminen rakenteeseen, esimerkiksi suojaseinin yms.
 - Valmis betonoitu laatta tulee hioa auki heti kun olosuhteet sen sallivat. Laattaa valettaessa ja hierrettäessä massassa oleva sementtiliimaa nousee betonin pintaan. Sementtiliimaa estää merkittävästi laatan kuivumista. Kuitenkin liian aikainen hionta voi edes auttaa laatan halkeilua.
 - Työmaalla tulee välttää materiaalien varastointi laatan päälle sen kuivumisjaksolla. Välttämätön varastointi tulee järjestää esim. kuormalavojen yms. päälle, jolloin ne ovat helposti siirrettävissä. Laatan päälle varastoitu materiaali estää ilman siirtymistä ja täten heikentää laatan kosteuden luovutusta.

Olosuhteista on myös huomioita se, että jotta kuivuminen on mahdollista, on laatan rh%:n oltava suurempi kuin vallitsevan ilman

- kosteuden. Mitä suurempi ero saadaan aikaiseksi sen tehokkaammin laatta luovuttaa kosteutta. Tätä voidaan tehostaa koneellisella ilman vaihdolla, abrsoptio-kuivaimilla, lämmityksellä.

4. Mitä tarkoittaa talvibetonointisuunnitelma?

- Talvibetonoinnista puhutaan, kun ilman lämpötila laskee alle +5 asteen. Lähtökohtaisesti työmaan tulisi varautua aina talvibetonointiin, kun ilman lämpötila on alle +10 °C.
- Talvibetonointisuunnitelmaan kirjataan ne käytännön toimenpiteet, joita työmaalla voidaan toteuttaa/soveltaa, jotta estetään betonoitavien rakenteiden kylmästä ja pakkasesta aiheutuvat ongelmat: lujuuden kehittymisen pysähtyminen, jäätyminen, pakkasrapautuminen yms.
- Talvibetonointiin käytettäviä toimenpiteitä ovat mm: suojaaminen, eristäminen, lämmittäminen, höyryttäminen, massan lämpötilan korottaminen, käytetään nopeasti kovettuvaa massaa yms.
- Tärkeintä on varmistaa, että pohja/muotti/liittyvät rakenteet ovat riittävän lämpimiä, betonimassa pysyy varsinkin alkuhetkillä riittävän lämpöisenä ja että pintaan ei tule vaurioita.
- Lämpötilan kehittymistä/pysymistä voidaan tarkkailla monin eri menetelmin. Betonin pinnasta mittaamalla, betonirakenteesta mittaamalla esim. erilaisten loggereiden avulla jne. Tärkeintä on varmistaa, että betoni ei jäädy ennen kuin se saavuttaa ns. pakkasen kestojuuuden, puhutaan yleisesti, että betonin tulee saavuttaa 5Mpa lujuus ennen kuin se voi jäätyä. Kuitenkin 5Mpa lujuuden jälkeenkin jäätyvä rakenne hidastaa sen loppulujuuden saavuttamista.
- Talvibetonointisuunnitelman laati työmaa ja yleisesti sen tarkastaa kohteen valvoja/rakennesuunnittelija tai vastaava taho.

5. Minkälaiset ja miten rakennetyypit vaikuttavat kuivumisen?

- Mitä paksumpi rakenne, sen pidempi kuivumisaika. Myös se, että miten ja mihin suuntaan rakenteen on mahdollista kuivua, on merkittävää. Esimerkiksi eristeen päälle valettu MV-laatta kuivuu vain ylöspäin. Ontelolaatan päälle suoraan valetun pintalaatan on mahdollista luovuttaa kosteutta ontelolaattaan ylöspäin kuivumisen lisäksi. Tällöin kuivuminen on tehokkaampaa.

6. Mistä osista kosteudenhallinta koostu, ja minkälaiset tavoitteet?

- Työmenetelmät pitkälti kysymyksen 3. mukaisilla menetelmillä. Lattioiden kosteutta ja kuivumisen kehittymistä seurataan erilaisin loggerein, esim. Wiisteen IoT-loggereilla. Näillä loggereilla saadaan tietoa, miten laattaa kuivuu, mutta lähtökohtaisesti lopulliset pinnoituspäätökset tehdään näytepalamittamalla.

8 LOPPUTULOS

Periaatteessa työ sujui tyydyttävästi. Kirjatiedoista, Internetistä hankittu opinnäytetyön materiaali on perusteellisesti todettu ja työohjeet toteutetaan varsin onnistuneesti, saatiin myös hyvät käytännöt rakennustyömaalla valettaessa betonilattia vesilämmityksellä. Valitettavasti haastattelu ei riittänyt melko tiukan aikataulun ja väitöskirjatyön vuoksi, ja

myös osa haastateltavista kieltäytyi. Opinnäytetyöni aikana ymmärsin, että kaikkien ehtojen noudattaminen on erittäin tärkeä toimenpide, jota rakennustyömaalla tulee käyttää menestyksen saavuttamiseksi. Kesällä tärkeä betonivalu on mieluiten aina yöllä, talvella erittäin tärkeitä kohtia ovat pohjan lämmitys ja betonilattian pinnan suojaus. Ja myös sellainen tosiasia, että betonilattian halkeilun kannalta betonin massan, olosuhteiden ja sen huollon vaikutus on paljon tärkeämpää kuin itse betonointi.

9 YHTEENVETO

Kun suunnittelet betonilattiaa, sinun tulee luottaa eurostandardiin ja muihin alan ohjeisiin. Erilaisia tuotanto- ja suunnitteluoppaita löytyy mm. Suomen Betoniyhdistys ry:stä. Betonilattian toteuttamiseksi on otettava huomioon monet tekijät. Betonilattian valmistuksessa työmaan toiveet helposta, nopeasta ja edullisesta töiden suorittamisesta ovat ristiriidassa laadukkaan betonilattian edellyttämien toimenpiteiden kanssa. Tämä johtaa siihen, että betonilattia on aina kompromissi hyvän ja huonon laadun välillä, olipa työ helppoa tai vaikeaa. Ja tietysti tarkoitamme sitä, että jos on kevyitä suorituskyky ominaisuuksia, niin saamme vastaavasti huonoa betonia, tästä saamme huonon lattian. Onnistunut betonilattia riippuu siitä, miten valu on tehty, mitä kaatotekniikoita käytettiin, betonimassa ja sen jälkeinen hoito. Betonilattian menestys on kaikkien näiden kohtien noudattaminen. Jos ainakin yhtä näistä kohdista ei oteta huomioon, täydellisen epäonnistumisen riski kasvaa merkittävästi. Kaikkien näiden tekijöiden vaikutus betonin halkeilun onnistumiseen tulee tiedostaa ja nämä kohdat tulee toteuttaa siten, että saavutetaan paras mahdollinen lopputulos. Tehtiin myös haastatteluja, jotka osoittivat, että monilla on kirjoista tietoa laadukkaan betonilattian valmistamisesta. Monilla oli erilaisia mielipiteitä siitä, milloin ja mihin kohtaan keskittyä, mutta yleisesti ottaen sanotaan, että jokaisella oli oma yleinen käsityksensä. Siksi haastattelun aikana saatuja pääkohtia ei voida pitää täysin luotettavina, koska haastateltavista henkilöistä on hyvin pieni osa. Betonilattia on arvostettu sen alhaisten kustannusten ja korkean kestävyysvuoksi. Yhdessä polymeerimateriaalien kanssa se kestää mekaanisia ja kemiallisia vaikutuksia. Plussaa on se, että betonilattia on ennen kaikkea edullinen. Tässä kestävä budjettilattia vaihtoehto:

- kestävä;

- kestävä käytössä;

- hyvä vedeneristys pohjavedeltä;
- ympäristöystävällinen;
- se kestää mekaanisia ja kemiallisia vaikutuksia;
- siinä on yksinkertainen asennustekniikka;
- ei vaativa hoidossa;
- palonkestävä.

Miinuksista asiantuntijat korostavat purkamisen ja valmistelujakson monimutkaisuutta. Betonilattia vaatii suojaavan pinnan saavuttaakseen monet sen suorituskykyominaisuudet.

Lähteet

1. YIT:N oma tietokanta
<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/historia>
2. Mitä betoni on ja miten sen kanssa toimitaan
<https://1gai.ru/publ/527455-cto-takoe-beton-i-kak-s-nim-rabotat.html>
3. Betonin koostumus ja mittasuhteet
<https://borishaus.ru/beton/info/sostav/>
4. Erilaisia betonointitapoja
<http://mega-mialan.ru/information/43-art-bet-4.htm>
5. Ruiskubetonointi ja sen mahdollisuudet
https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/08/BET1404_30-37.pdf
6. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen
<https://betoni.com/wp-content/uploads/2021/02/betonilattiarakenteiden-kosteudenhallinta-ja-paallystaminen-2007.pdf>
7. Kosteus betonissa ja betonirakenteiden kuivuminen
<http://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2018/11/BET-betonin-kuivumisen-nopeuttaminen-ohjekirja-2018.pdf>
8. Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen
http://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/jdownloads/Muut%20julkaisut/Rakentajain%20kalenteri/Betonirakenteiden_kosteuden_mittaaminen_ja_onnistunut_paallystaminen_-_Niemi_2010.pdf
9. Kuinka kuivata betonilattia
<https://probetonstroy.com/kak-vysushit-betonny-pol/>
10. Betonin kuivumisen nopeuttaminen betoninlämmityskaapelin avulla

https://pistesarijat.fi/media/wysiwyg/kuvastot/Bet_Dry_ohjevihko.pdf

11. Nykyiset tekniikat betonin pakkokuivaukseen

<https://orioncem.ru/na-zametku/kak-dolzha-provoditsya-sushka-betona.html>

12. Betonin kovettumis- ja kuivumisprosessien seuranta reaaliajassa

https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/30736/Monitoring_processov_vyderzhki_i_sushki_betona_v_rezhime_realnogo_vremeni.pdf?sequence=1

13. Betonin kuivumisaika: betonirakenteiden kuivumista kiihdyttävän prosessin kulkuun vaikuttavat tekijät

<https://masterabetona.ru/betonirovaniye/797-vremya-vysyhaniya-betona>

14. Tapoja nopeuttaa betonin kovettumista

<https://standart-beton24.ru/states/sposobi-zatverdevanija-betona>

15. Betonilattian ongelmat ja niiden syyt

<https://www.stonehenge.com.ua/ru/info/blog/problemy-betonnoi-pidlohy-ta-yikh-prychyny/>

16. Betonilattian tärkeimmät viat ja niiden syyt

<http://xn--h1afble3az.xn--p1ai/osnovnye-defekty-betonnogo-pola.html>

17. Yksityiskohtaiset säännöt betonin hoidosta kaatamisen jälkeen, ottaen huomioon erilaiset tekijät

<https://t-trust.ru/i/proizvodstvo-betona/podrobnye-pravila-ukhoda-za-betonom-posle-zalivki-s-uchetom-razlichnykh-faktorov/>

18. Betonilattioiden jälkihoito

<http://www.bly.fi/File/bly-3.pdf?rnd=1290757363>