



SAVONIA

VALITSE KOHDE. - VALITSE KOHDE.
VALITSE KOHDE.

BETONITYÖNJOHTAJA

TE - Antti Tauriainen
KIJÄ:

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Antti Tauriainen			
Työn nimi Betonityönjohtaja			
Päiväys	27.1.2020	Sivumäärä/Liitteet	26
Ohjaaja(t) pt. tuntiopettaja Matti Yli-Kärppä, pt. tuntiopettaja, Jarmo Taavitsainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lapin Teollisuusrakennus Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada teoreettinen valmius tulevalle betonityönjohtajalle, betonirakentamisen työvaiheista rakennustyömaalla. Opinnäytetyö tulisi toimimaan käteväenä tietopakettina kokemattomalle tai vähäisen kokemuksen omaavalle tulevalle betonityönjohtajalle. Opinnäytetyön vaiheet ovat kesältä 2019, Sodankylän Boliden Kevitsan kaivoksen rakennustyömaalta, jossa Lapin Teollisuusrakennus Oy:llä oli useita eri urakoita.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin Kevitsan rakennustyömaan työvaiheita mukaillen, niistä tehtyjen havaintojen sekä verkkoainestoa, alan kirjallisuutta ja tekijän omaa käytännön kokemusta hyödyntäen. Opinnäytetyössä on sekoitettu betonirakentamisen teoreettinen ja käytännön toteutus. Opinnäytetyössä tarkastellaan betonityönjohtajan vaiheita rakennustyömaalla, mitä viranomaisvaatimuksia tänä päivänä asetetaan betonityönjohtajalle ja kuinka rakennustyömaan työvaiheet etenevät muotti-, raudoitus- ja betonointityön suunnittelusta toteutukseen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin teoreettisesti kattava paketti opiskelijoille, tuleville betonityönjohtajille tai henkilöille, joilla ei ole aiempaa kokemusta betonirakentamisesta. Opinnäytetyössä tuli itselle vastaan teorian puolelta asioita, joista oli käytännön kokemusta työmaalta, mutta se teoria asiasta puuttui. Tämän opinnäytetyön johdosta on rakennustyömaalla henkilö joka näitten kyseessä olevien asioiden parissa omaa hyvät teoreettiset valmiudet käytännön töihin.</p>			
Avainsanat työnjohtaja, betonityösuunnitelma, betonirakenne, lämpötilaero			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Antti Tauriainen			
Title of Thesis Concrete Supervisor			
Date	27 January 2020	Pages/Appendices	26
Supervisor(s) Mr Matti Ylikärppä, Lecturer, Mr Jarmo Taavitsainen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lapin Teollisuusrakennus Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to describe a theoretical readiness for future concrete supervisors concerning the phases of concrete construction on the building site. The thesis would serve as a practical information package for unexperienced future concrete supervisors. The described cases in this thesis are from summer 2019, from Boliden Kevitsa mining and construction site, where Lapin Teollisuusrakennus Oy had several building contracts.</p> <p>The final project was done on the construction site of Kevitsa, following the actual working and development phases as well as by making observations, reading literature of this field and network information and benefiting the practical experience of the author. In this thesis theoretical information and the practices were combined and the actual steps for the concrete supervisor on the site as well as current requirements set for the supervisor were discussed and also how the building site working phases could proceed from planning mold, rebaring and concrete working to completion.</p> <p>As a result of the project a theoretical guide for students, future concrete construction supervisors, who do not have previous experience was created. The thesis considerably increases the theoretical knowledge of the supervisor and improves his practical skills.</p>			
<p>Keywords supervisor, concrete working plan, concrete structure, temperature difference</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	BETONIRAKENTEIDEN TYÖNJOHTAJA.....	6
2.1	Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyys	6
2.2	Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyksien uusiminen	8
3	BETONITYÖN SUUNNITELU.....	9
3.1	Muottityön suunnittelu	9
3.1.1	Muottikierron suunnittelu.....	9
3.1.2	Muottityön tarkastus	10
3.2	Raudoituksen työsuunnitelma	11
3.3	Raudoituksen asennustarkastus	11
3.4	Betonointisuunnitelma	12
4	BETONOINNIN KULKU	13
4.1	Betonimassa työmaalle.....	13
4.2	Betonointi.....	13
4.3	Betonin tiivistys	15
4.4	Jälkihoito.....	16
5	MASSIIVI RAKENNE.....	18
5.1	Lämmönkehitys	18
5.2	Lämpötilaerojen aiheuttama halkeilu	19
5.2.1	Toimenpiteitä lämpötilan hallintaan	19
5.2.2	Lämpötilan seuranta.....	20
6	LAADUNVALVONTA.....	22
7	BETONIRAKENTEIDEN VAURIOT JA VIRHEET	24
7.1	Korjaustapoja	24
7.2	Pintojen esikäsittely	25
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	26

1 JOHDANTO

Suomessa betonirakentamista tehdään ympäri vuoden ja vuodenajan vaihtelut tuovat haasteensa betonin käyttöön rakentamisessa. Betonin pysyminen suosittuna materiaalina rakentamisessa perustuu sen lujuuteen, jäykkyyteen, kosteuden kestävyys, turvallisuuteen, muokattavuuteen ja edulliseen hintaan. Raaka-aineiden hyvä saatavuus ja yksinkertainen valmistusteknologia mahdollistavat betonin laajan käytön. Suomessa betonia valmistetaan n. 5 miljoona kuutiota vuodessa.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakennustyömaan vaiheta betonirakentamisen parissa betonityönjohtajan näkökulmasta. Mitä viranomaisvaatimuksia tänäpäivänä asetetaan betonityönjohtajalle ja kuinka rakennustyömaan työvaiheet etenevät muotti-, rauditus- ja betonointityön suunnittelusta toteutukseen. Työnjohtajan on hallittava muottityön turvallinen toteutus ja osattavaa tulkita raudituspiirrustukset sekä johtaa ammattitaitoisesti betonointi töitä. Häneltä on löydyttävä ratkaisut lämpötilan vaihteluihin ja huomioitava sateen, tuulen tai auringon tuomat ongelmat valupäivänä. Kun työvaiheet on viety suunnitelmallisesti ja ammattitaitoisesti läpi, on meillä lopputuloksena laadukas ja kriteerit täyttävät betonirakenne.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Lapin Teollisuusrakennuksen kanssa. Lapin Teollisuusrakennus on vuonna 1983 perustettu perheyrittäjä Kemissä. Heillä on tällä hetkellä myös toimistot Oulussa ja Nurmijärvellä. LTR:n tekijä- ja toimittajaverkosto kattaa koko maan. LTR toteuttaa teollisuus-, uudis- ja korjausrakentamisen lisäksi haastavia ja erikoisosaamista vaativia kohteita koko Suomessa. Esimerkkinä vaativista kohteista Torniossa AvestaPolaritin Tupla-projektissa he käsittelivät betonia yli 25 000m³ ja Outokumpu Oy:lle toteutetussa HP4-projektissa he urakoivat vaativia betonirakenteita yli 15 000m³. Heidän asiakkaitansa ovat mm. teollisuuslaitokset, kunnat ja kaupungit, pankit, vakuutusyhtiöt sekä asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöt. LTR palveluksessa työskentelee noin 80 henkilöä ja heidän liikevaihtonsa on viime vuosina ollut n. 30 miljoona euroa.

Betonityönjohtajan arkea olen saanut seurata aitiopaikalta kesinä 2018 ja 2019, toimiessani työnjohto harjoittelu tehtävissä Lapin Teollisuusrakennuksen (LTR) työmailla Kittilässä Agnico Eaglen Suurkuusikon kaivoksen työmaalla sekä Sodankylässä Boliden Kevitsan kaivoksella.

2 BETONIRAKENTEIDEN TYÖNJOHTAJA

Rakennustyömaalla valmistettavien betonirakenteiden toteuttamiselle asetetut vaatimukset jaetaan rakenteiden vaativuuden mukaan kolmeen toteutusluokkaan 1,2 tai 3, joista toteutusluokka 3 on vaativin. Suunnittelija valitsee rakenteen toteutusluokan ja määrittää tarvittavat toteuttamista koskevat vaatimukset suunnitelmiin, mm. toteutuksen sallitut toleranssit.

Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyys perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä sitä täydentävään Ympäristöministeriön ohjeeseen.

Lain 122 a §:n mukaan, jos rakennuslupaa edellyttävä rakennustyö tai osa siitä on vaativa, rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä, että rakennustyössä on oltava ko. erityisalan työnjohtaja.

Erytisalan työnjohtajan on huolehdittava, että kyseisen erityisalan rakennustyö tehdään myönnetyn luvan, rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaisesti. Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä erityisalojen työnjohtajien työnjohdotehtävistä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 122 a § Erytisalojen työnjohtajat).

Betonirakenteiden työnjohtaja vastaa betonirakenteiden valmistuksesta: teknisestä toteutuksesta ja turvallisuudesta. Betonirakenteiden työnjohtaja laatii kohteesta betonityösuunnitelman, tarkistaa jokaisen työvaiheen sekä tekee työmaan laadunvarmistussuunnitelman mukaiset tarkastusasiakirjat. Betonityönjohtajalla tulee olla rakenteiden ja toteutuksen vaativuutta vastaava pätevyys.

2.1 Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyys

Rakennustyömaalla betonitöitä johtavalla henkilöllä tulee olla rakenteiden ja toteutuksen vaativuutta vastaava betonityönjohtajan pätevyys. Pätevyysluokat ovat tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Pätevyyden myöntämisperusteena on rakennusalan teknillinen koulutus ja riittävä käytännön työkokemus. (kuva 1,2). Betonityönjohtajan, valmisbetonityönjohtajan ja elementtitehtaan betonityönjohtajan sekä betonilaborantin pätevyyttä voi hakea FISE Oy:stä seitsemäksi vuodeksi kerrallaan. Fise Oy toteaa myös muita betonirakentamisen erikoisosaamista vaativien betonityönjohtajien pätevyyksiä. Tällaisia ovat muun muassa:

- betonijulkisivutyönjohtaja
- betonielementtien asennustyönjohtaja
- betonilattiatyönjohtaja
- betonirakenteiden korjaustyönjohtaja

(By 71 RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, 24).

LUOKKA	TUTKINTO	OPINNOT
Tavanomainen	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu ammattikorkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tasoinen. Taikka on hankkinut muuten osoitetut vastaavat tiedot.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 50 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 4 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 7 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op) • rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 8 op) • projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 8 op)
Vaativa	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tutkinnon tasoinen.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 60 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 7 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 10 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op) • rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 10 op) • projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 10 op)
Poikkeuksellisen vaativa	Kyseiseen työnjohtotehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään insinöörin tutkinnon tasoinen.	<p>Kyseistä työnjohtotehtävää käsittelevät opintosuoritukset, joiden yhteismäärä on vähintään 70 op:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opinnot rakennustekniikassa sisältäen rakenteiden mekaniikkaa (väh. 10 op), betonirakentamista ja betoniteknologiaa (väh. 15 op), rakennusfysiikkaa (väh. 3 op) • rakentamisen työmaa- ja tuotantotekniikassa (väh. 12 op) • projektinhallinnassa ja -johtamisessa, aikataulusuunnittelussa sekä hanketaloudessa (väh. 12 op)

Kuva 1. Tutkinto- ja opintovaatimukset pätevyysluokittain. (Fise.fi). Betonityönjohtajan kelpoisuusvaatimukset. Opintovaatimukset ovat Ympäristöministeriön ohjeen YM4/601/2015 ja FISEn siihen tekemien lisämääräysten mukaisia.

LUOKKA	TYÖKOKEMUS
Tavanomainen	<p>Riittävä kokemus rakennusalalla rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen.</p> <p>1 vuoden kokemus työnjohtotehtävistä sisältäen betonirakennekohteita.</p>
Vaativa	<p>Riittävä kokemus ja perehtyneisyys kyseisen alan työnjohtotehtävissä rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen.</p> <p>Vähintään 3 vuoden kokemus betonirakenteiden työnjohtotehtävistä, josta 1 vuosi vaativassa luokassa.</p> <p>Valmisbetonilaitoksessa kertyneestä työnjohtokokemuksesta otetaan huomioon enintään 1 vuosi. Betonirakenteita koskevasta tutkimus-, kehitys- ja opetustyöstä, rakentamisen valvomisesta tai rakennuttamisesta kertynyt työkokemus otetaan huomioon soveltuvin osin.</p>
Poikkeuksellisen vaativa	<p>Riittävä kokemus ja hyvä perehtyneisyys kyseisen alan vaativista työnjohtotehtävistä.</p> <p>Vähintään 5 vuoden kokemus vähintään vaativista betonirakenteiden työnjohtotehtävistä sisältäen kohteita, jotka ovat lähellä poikkeuksellisen vaativan luokan tasoa.</p> <p>Valmisbetonilaitoksessa kertyneestä työnjohtokokemuksesta otetaan huomioon enintään 1 vuosi. Betonirakenteita koskevassa tutkimus-, kehitys- ja opetustyöstä, rakentamisen valvomisesta tai rakennuttamisesta kertynyt työkokemus otetaan huomioon soveltuvin osin.</p>

Kuva 2. Työkokemusvaatimukset pätevyysluokittain (Fise.fi). Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyymiseen vaadittava työkokemus vastaa maankäyttö- ja rakennuslain 122 c §:ssä Työnjohtajan ja erityisalan työnjohtajan kelpoisuusvaatimukset esitettyjä työkokemusvaatimuksia. Työnjohtokokemuksen arvioinnin lähtökohtana on Ympäristöministeriön ohje YM4/601/2015.

2.2 Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyysien uusiminen

Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyys on voimassa 7 vuotta kerrallaan, jonka jälkeen pätevyys täytyy uusida. Pätevyys uusimisella hakija osoittaa, että on toiminut aktiivisesti todetun pätevyysmäärittelemissä tehtävissä. Hakemuksessa tulee käydä ilmi tiedot työkokemuksesta ja työsuhteista: Työkokemus pätevyysmäärittämisen mukaisista tai korkeamman vaativuusluokan työnjohtotehtävissä pätevyysvoimassaoloajalta, lisäksi tiedot päivityskoulutuksesta pätevyysvoimassaoloajalta: Betonirakenteiden työnjohtajan tehtävien suorittamista tukevaa päivityskoulutusta tulee olla vähintään 3 koulutuspäivää (21 h) edeltävältä 7 vuoden rekisteröintiajalta. Jos pätevyyttä haetaan aikaisempaa korkeammasta vaativuusluokasta, tulee sitä hakea uutena pätevyysnä. (Fise.fi)

3 BETONITYÖN SUUNNITELU

Betonityösuunnitelmalla turvataan rakenteelle onnistunut lopputulos, joka on korkealaatuinen ja samalla lähes elinikäinen betonirakenne, samalla varmistetaan työn sujuvuus sekä aikataulussa pysyminen. Jokaiseen rakennuskohteeseen, jossa on betonitöitä, laaditaan ennen betonitöiden aloittamista betonityösuunnitelma. Betonityösuunnitelma on kuvaus rakennuskohteen eri betonitöistä.

Suunnitelman laajuus, tarkkuus ja painopisteet määräytyvät kohteen mukaan. Yksinkertaisimmissa kohteissa voi riittää betonointipöytäkirjan esitäyttö. Betonityösuunnitelman laatii betonityönjohtaja kiinteässä vuorovaikutuksessa rakennesuunnittelijan, muotti- ja tukitelinetoimittajan, betonitoimittajan sekä työryhmien ja muiden työmaan työnjohtajien kanssa.

Eri työvaiheet ja työn osat ovat riippuvaisia toisistaan, betonityösuunnitelman laadinta on jatkuva prosessi työmaalla. Tarvittaessa betonityösuunnitelmaa tarkennetaan ja tarvittaessa muutetaan ennen kutakin betonoitavaa rakennetta. Lisäksi kustakin betonointiosasta laaditaan erillinen tarkempi betonointisuunnitelma. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 221).

3.1 Muottityön suunnittelu

Muottityön suunnittelu on tehtävä ennen kyseiseen työhön ryhtymistä. Muottityön aikana seurataan suunnitelmien toimivuutta ja tarkennetaan tarvittaessa. Tänäpäivänä muottimateriaalin toimittajalla on palvelutoimintonaan muottisuunnitelmien teko, asennuskoulutus ja opastus sekä erilaisia muottien asennus- ja purkupalveluita. Muottityön suunnitelun tavoitteena on oikean muottikaluston valinta siten, että

- kohteen laatuvaatimukset voidaan saavuttaa
- työ etenee aikataulun mukaisesti
- muottikaluston määrä ja muottityökustannukset ovat optimaaliset
- muottityö on turvallista

Työmaan sijainti vaikuttaa kuljetusmatkoihin ja kuljetuskustannuksiin sekä työmaavarastointiin.

Myös rakennusajanjakso tulee ottaa huomioon. Muottikierrossa on varauduttava mahdollisten sääestepäivien haittavaikutuksiin.

Työmaan resurssien selvityksessä otetaan huomioon käytettävissä oleva nosturikapasiteetti. Nosturin käyttö on pakollista varsinkin suurmuoteilla rakentaessa. Lisäksi selvitetään työnjohdon ja työryhmien työkokemus. Työnjohdon ja työntekijöiden osaaminen sekä harjaantuneisuus on merkittävä tekijä muottityön sujuvuuden ja laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 247).

3.1.1 Muottikierron suunnittelu

Muottikierrolla tarkoitetaan muottien käyttöä muottien pystytyksestä purkuun ja uudelleen pystytykseen. Muottikierrossa muotti mitataan paikalleen, pystytetään, asennetaan raudotteet, varaukset, LVIS-tarvikkeet, muottirakenteen tuplaus, rakenteen betonointi, saavutetaan purkulujuus, muotit irroitetaan, puhdistetaan, öljytään ja siirretään uuteen kohteeseen.

Muottikierto suunnitellaan työmaalle etukäteen. Suunnittelussa on otettava huomioon, että rungon

toteutusajasta yleensä $\frac{2}{3}$ -osaa kuluu vaakarakenteiden tekemiseen. Siten tasomuotti on keskeinen sekä aikataulun että kustannusten kannalta. Seinä- ja pilarimuottien määrä tulee sovittaa tasomuottikaluston kiertonopeuteen.

Halutessamme muottikaluston kierto jatkuvaksi ja keskeytymättömäksi, täytyy pystyrakenteiden muotteja olla yleensä n. 1,5-kertainen määrä kertavalualueeseen nähden. Samoin vaakarakenteiden muottimäärä on n. 3,5-kertainen betonointi alueeseen nähden riippuen siitä, paljonko muottikierrossa on varattu aikaa muottien asennukseen, raudoitustöihin ja talotekniikan asennukseen, betonointiin ja betonin purkulujuuden saavuttamiseen sekä muottien purkuun, huoltoon ja siirtoon. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 250).

Muottikierron suunnittelun vaiheet noudattavat pääosin seuraavaa järjestystä:

- jaetaan betonoitava alue kertavaluosiin
- työvaiheiden väliset riippuvuudet selvitetään
- lasketaan muottityön ja -kaluston määrä
- lasketaan aika- ja työmenekit
- suunnitellaan työryhmät
- laaditaan muottityön aikataulu
- tehdään tarkistukset ja valinnat
- täydennetään muottisuunnitelma

(By 71 RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, 99).

3.1.2 Muottityön tarkastus

Muottityötä täytyy tarkastella työvaiheiden etenemän mukaan ja pitää huolta, että työvaiheet suoritetaan viimeisimpien suunnitelmien mukaan, tarkastukset ennen muottien tuplausta ja ennen betonointia on tärkeä toimenpide. Tarkastuksessa käydään läpi muottien tiiviys, saumat, varaukset ja työsaumat. Tukitelineet tarkistetaan myös, joista tehdään erillinen tarkastuspöytäkirja.

Tarkastuksessa on varmistettava, että

- muottityö on toteutettu suunnitelmien mukaan
- muottien sijainti ja mitat ovat suunnitelmien mukaisia
- muotit on huolellisesti puhdistettu sekä öljytty tai kasteltu
- työ- ja suojatelineet ovat puhtaat, tukevat ja turvalliset.

Työ- ja suojatelineisiin on tehtävä käyttöönotto tarkastus, ennen kuin sillä tehdään minkäänlaisia työtehtäviä. Tarkastuksessa varmistetaan, että teline on tukeva ja telineessä on kaikki tarvittavat osat paikallaan, jotta sillä voidaan työskennellä turvallisesti. Yrityksillä voi olla omia tarkistuskortteja tai internetistä löytyy valmiita kortteja.

(Betonitekniikan oppikirja 2018, 251).

3.2 Raudoituksen työsuunnitelma

Sujuvan raudoitustyön perusedellytyksenä on suunnitelmallinen toiminta. Jos raudoituksen toteutustapaa mietitään jo raudoituksen rakennesuunnitteluvaiheessa, voidaan toteutuksen aikataulussa ja työmaalla tarvittaessa resursseissa saavuttaa merkittäviä säästöjä.

Raudoituksen työsuunnitelmassa käydään etukäteen läpi raudoitustyön eri vaiheet niihin liittyvine tarpeineen ja kirjataan lyhyesti toteutettava työn suoritus tapa. Raudoituksen työsuunnitelman laadinnan lähtökohtana ovat raudoitusratkaisun esivalmistusaste, aikataulu ja tarvittavat resurssit.

Työsuunnitelmassa huomioidaan myös:

- käytettävät raudoituskomponentit
- välikkeet (koko, tyyppi sekä jako)
- yläpinnan tuentaan käytettävät tuentapukit (jako ja mitat)
- työteräksiset
- työkohteeseen tarvittava kalusto (nosto, sidonta ja hitsauskalusto)
- raudoitteiden varastointi
- tarkastusmittaukset
- raudoituksen suojaaminen
- raudoituksen puhdistaminen mahdollisesta lumesta ja jäästä ennen valua
- työturvallisuus

(Betonitekniiikan oppikirja 2018, 290).

3.3 Raudoituksen asennustarkastus

Raudoitus tulee tarkastaa ennen betonointia. Rakenteen valmistuttua raudoituksen korjaaminen on lähes mahdotonta. Tarkastuksessa varmistetaan, että raudoitus on asennettu täsmälleen oikein.

Myös työskentelyn aikana tulee valvoa, että raudoitus kaikissa vaiheissa säilyy oikeana.

Raudoitustyön tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota:

- raudoitustyön laatuun (tartuntaa huonontavia aineita tankojen pinnalla)
- raudoituksen määrään (oikeat läpimitat, lukumäärät ja jakovälit)
- raudoituksen sijaintiin ja suojaetäisyyksiin
- raudoituksen mittoihin (jatko pituudet, ankkurointipituudet ja taivutussäteet)
- tuentoihin ja sidontoihin (riittävä tukeminen välikkein ja asennustangoin sekä tiheä ja luja sidonta)
- Mahdolliset varaukset
- betonoinnin suorituksen varmistamiseen (valua vaikeuttavat raudoitusratkaisut ja liikkumista vaikeuttavat esteet)

Betonityösuunnitelmassa ja/tai työmaan laadunvarmistussuunnitelmassa ilmoitetaan raudoitustarkastuksen tekijä, tarkastusten laajuus, sekä dokumentoinnin taso ja laajuus. (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 290).

3.4 Betonointisuunnitelma

Betonointisuunnitelma tehdään asiakirjojen ja suunnitelmien pohjalta valutyön ohjeeksi. Suunnittelija vastaa, että asiakirjoissa ja suunnitelmissa on esitetty kaikille materiaaleille sekä lopputuotteelle asetetut toleranssit ja vaatimukset. Betonointisuunnitelman muoto on vapaa, mutta tärkeintä suunnitelmassa on, että se on selkeä ja riittävän yksityiskohtainen. Hyvä suunnitelma sisältää ainakin seuraavat asiat; tiedot valettavasta rakenteesta, työsaumat, betonimenekit, betonointimenetelmät, perustiedot betonin ominaisuuksista, aikatalun ja henkilöresurssit, käytettävissä olevan kalusto, talvi-betonointitoimenpiteet, kuvauksen betonoinnin etenemisestä, jälkihoitosuunnitelman ja työturvallisuussuunnitelman. Betonointisuunnitelmassa läpikäytyt asiat on kerrattava vielä ennen valutöiden aloitusta työnjohdon, valuporukan ja betonitoimittajan kesken. (Paikallavaletut betonipinnat, 14).

4 BETONOINNIN KULKU

Betoniasemien tuotantotehot vaihtelevat laajalti riippuen mm. aseman laitteistosta ja valmistettavan betonin laadusta. Asemien valmistuskapasiteetit voi normaalibetonilaaduilla olla 20...120 m³/h ja jos sattuu samanaikaisesti useita toimituskohteita tai valmistetaan erikoisbetonilaatuja, valmistuskapasiteetti voi pudota merkittävästi. Lisäksi toimituskapasiteettia rajoittaa usein käytettävissä oleva kuljetuskaluston määrä. Valu päivästä on sovittava aseman kanssa hyvissä ajoin, varsinkin jos valetaan suuria (kuutio m³) määriä.

Betonin tilausta tehtäessä on yleensä ilmoitettava seuraavat tiedot:

- työmaan tarkka osoite, yhdyshenkilö ja puhelinnumero
- betonin määrä m³
- betonin laatu (lujuusluokka, rasitusluokka, maksimiraekoko, notkeus)
- toimituksen alkamisaika
- toimitusnopeus m³/h
- kuorman purkutapa

(Betonitekniiikan oppikirja 2018, 313).

4.1 Betonimassa työmaalle

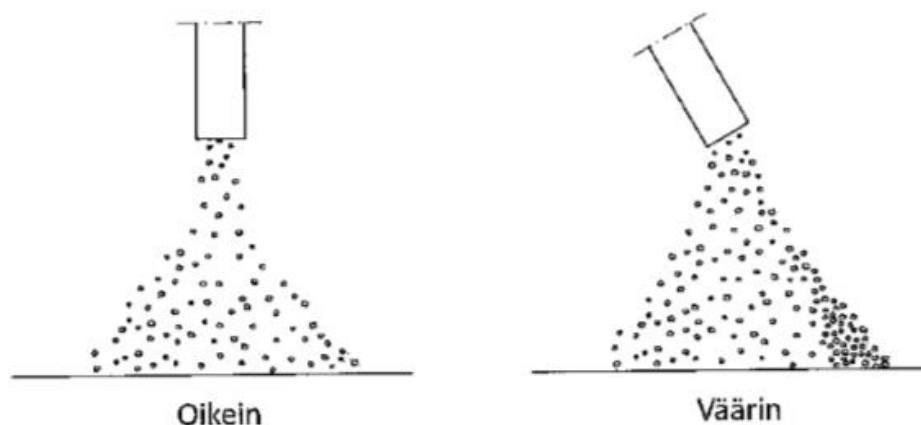
Työmaalla tapahtuvaan betonin siirtoon on useita eri menetelmiä ja laitteita. Siirtomenetelmän valinta riippuu valukohteesta ja sen sijainnista sekä käytettävissä olevasta kalustosta. Betonin siirtotavoista pumppaus on kasvattanut jatkuvasti suosiotaan, ja nykyisin Suomessa pumpataan yli 80% toimitetusta valmisbetonista. Pumppaukseen on käytettävissä lukuisia eri pumpputyyppejä ja menetelmiä sekä näihin liittyviä lisälaitteita.

Työmaateiden tulee olla ajokelpoisia, riittävän kantavia ja leveitä, jotta betonikuljetusautot sekä betonipumppuauto voivat niillä vaivatta liikkua. Betonipumpun ympärille tulee järjestää riittävästi tilaa, jotta betonipumppu voidaan tukea hyvin ja kuljetusautot voivat purkaa kuormansa nopeasti betonipumpun vastaanottosuppiloon. Pumppuauto tulisi pyrkiä sijoittamaan kohtaan, josta se voisi toimia koko valun ajan. Kuljetusautojen tyhjennyspaikka on pyrittävä saamaan tasaiseksi ja ajotien kaltevuus saa olla enintään 10%. Betonipumppujen ja hihnakuljettimien osalta on tarkistettava mahdollisten sähkölinjojen sijainti ja riittävät turvaetäisyydet. Pumppuautolle tulee täyttää pystytyspöytäkirja. (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 326).

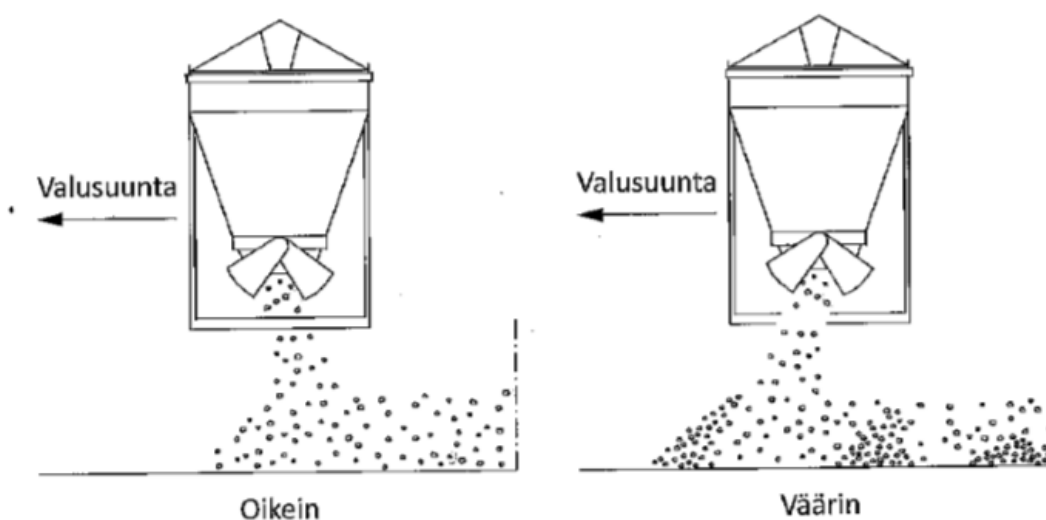
4.2 Betonointi

Talvella ennen betonointityötä mahdollinen lumi ja jää tulee sulattaa höyryttämällä valettavan kohteen muoteista ja raudoituksesta. Vastaavasti kuivalla ja lämpimällä kelillä betonoitava pohja tulee kastella, jos se on aiemmin valettu betonirakenne. Näin varmistetaan betonimassan liikkuvuus joka paikkaan. Betonin valutyö tulee toteuttaa niin, että valun nousunopeus maksimissaan 0,3...0,5 m:n kerroksina ja massan pudotuskorkeudet korkeintaan 1...1,5 m:nä. Nousunopeus kerrokseen vaikuttavat rakenteet, betonimassan notkeus, raudoitukset ja betonille asetetut vaatimukset.

Ylimääräisen ilman saanti pois betonimassasta valun tiivistämisen aikana, toteutetaan riittävän alhaisella valun nousunopeudella. Betonimassa sijoitetaan suoraan lopulliselle paikalle valutavasta riippumatta. Massan siirtämistä vibraamalla täytyy välttää, koska silloin hienoaines leviää sivuille ja karkea kiviaines jää suurimmilta osin paikoilleen, jolloin massassa tapahtuu erottuminen. Erottumista aiheuttavat myös massan iskeytyminen vinosti muotinpintaa tai raudoitusta vasten, sekä massan pudottaminen vinosti valurintausta kohti. Erityisesti karkeitten kiviaineksien erottuminen ja siitä aiheutuva onkaloiden ja kivipesien muodostuminen on useasti betonimassan virheellisen käsittelyn seurausta. Korkeissa valukohteissa on käytettävä valusukkia tai -suppiloita rajoittamaan massan ylisuurat pudotuskorkeudet. Lisäksi liian suuri nousunopeus lisää muottiin kohdistuvaa valupainetta, suureksi nouseva valupaine voi rikkoa muottia, lisäksi valupurseet voivat vuotaa ulos muotin saumakohdista. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 333).



Kuva 3. Betonimassa on pudotettava pystysuoraan (Betonitekniikan oppikirja 2018, 333).



Kuva 4. Betonimassan purkaus on suunnattava valurintausta vasten. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 333).

Muottia täyttäessä huolehditaan siitä, että betonikerrokset säilyttävät suunnitellun paksuutensa. Tasaisilla valukerroksilla varmistetaan, että massa tulee tiivistettyä kokonaisuudessaan samalla tiivisteholla. Jälkitärytyksellä noin tunti betonoinnin jälkeen voidaan mahdolliset onkalot ja halkeamat saada sulkeutumaan.

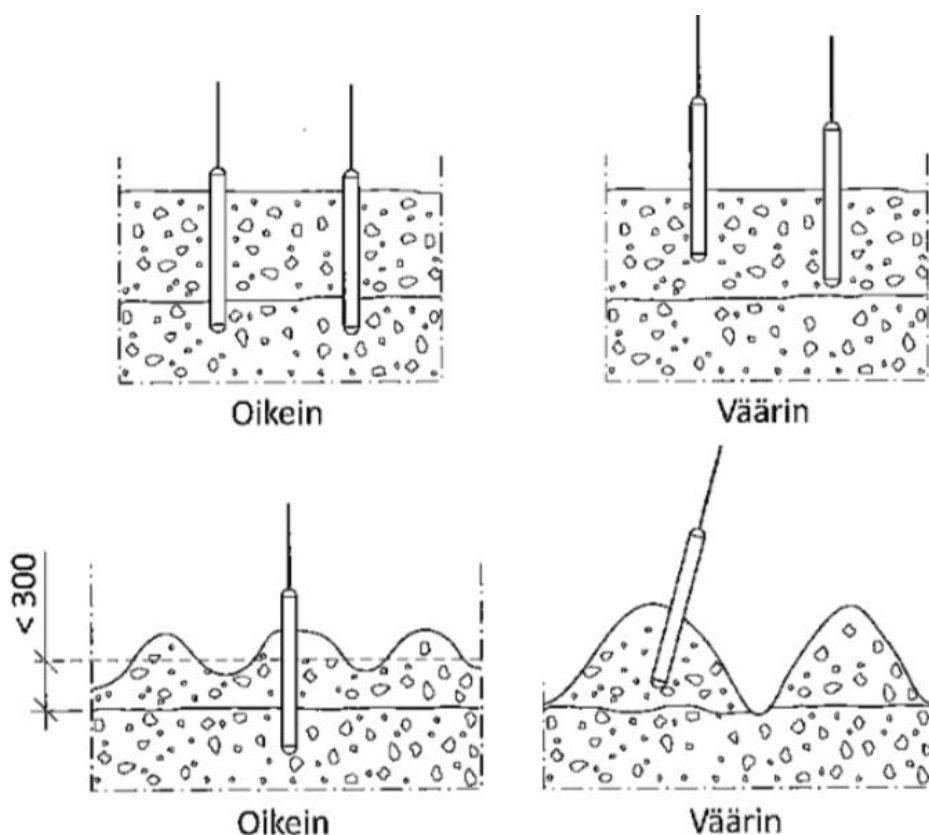
4.3 Betonin tiivistys

Tiivistämisen tarkoituksena on saada betonimassa täyttämään muotit, ympäröimään raudoitukset ja saadaan massasta poistumaan ylimääräinen ilma sekä saada betonimassan kiviaineksen osaset haakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Betonimassa tiivistetään järjestelmällisesti ja huolellisesti täyttämällä siten, että massa saada tiivistymään kauttaaltaan ja jokainen uusi valukerros liittyy hyvin edellä valettuun valukerrokseen (Kuva 5). Betonimassan tiivistämisessä käytetään erilaisia täryttimiä. Käyttö ja vaikutustapansa perusteella voidaan puhua sauva-, pinta- ja muottitäryttimistä. Betonimassan tiivistyskalusto tulee olla riittävän tehokas valunopeuteen nähden hyvän ja tasaisen tiivistyksen aikaansaamiseksi. Tiivistyksessä massasta poistuu suuria ilmahuokosia. Tiivistämisen tarve on voimakkaasti riippuvainen mm. betonimassan notkeudesta, tiivistyksen tehosta sekä rakenteen mitoista ja raudoituksesta. Liiallista tiivistämistä tulee kuitenkin välttää, sillä se voi aiheuttaa massan erottumista.

Betonimassan tiivistyksen laiminlyönnistä voi olla seurauksena

- kohonnut huokoisuus
- alentunut tiheys ja lujuus
- kivipesät ja ontelot
- huonontunut säänkestävyys ja tiiviys
- huokoinen ja epätasainen pinta
- huonontunut tartunta betonin ja terästen välillä
- huonontunut tartunta työsaumoissa
- peräkkäin valettavien osien heikko liittyminen toisiinsa

(Betonitekniikan oppikirja 2018, 336).



Kuva 5. Tärytys ulotetaan noin 150mm edelliseen valukerrokseen. Massa annostellaan sopivin välein ja sauvatärytin tulee pitää pystyssä. (Betonitekniiikan oppikirja 2018, 335).

4.4 Jälkihoito

Jotta betonin suunnitellut ominaisuudet saavutettaisiin, aloitetaan betonille jälkihoito. Talviolosuhteissa jälkihoito voi tarkoittaa betonin suojaamista, lämmittämistä ja/tai lämmöneristämistä betonin liian aikaisen jäätyksen estämiseksi. Massiivirakenteissa jälkihoidolla pyritään rajoittamaan suuria lämpötilaeroja valetun rakenteen poikkileikkauksissa. Betonilattioissa jälkihoidolla estetään juuri valetun betonipinnan liian nopea kuivuminen. Jälkihoitoon kuuluu

- valetun rakenteen suojaaminen tuulta, sadetta, virtaavaa vettä, auringonpaistetta, kylmää sekä tärinää vastaan
- rakenteen kosteana pitäminen ja veden haihtumisen estäminen
- varmistetaan lujuudenkehitys oikealla kovettumislämpötilalla, koskee lähinnä talvibetonointia.

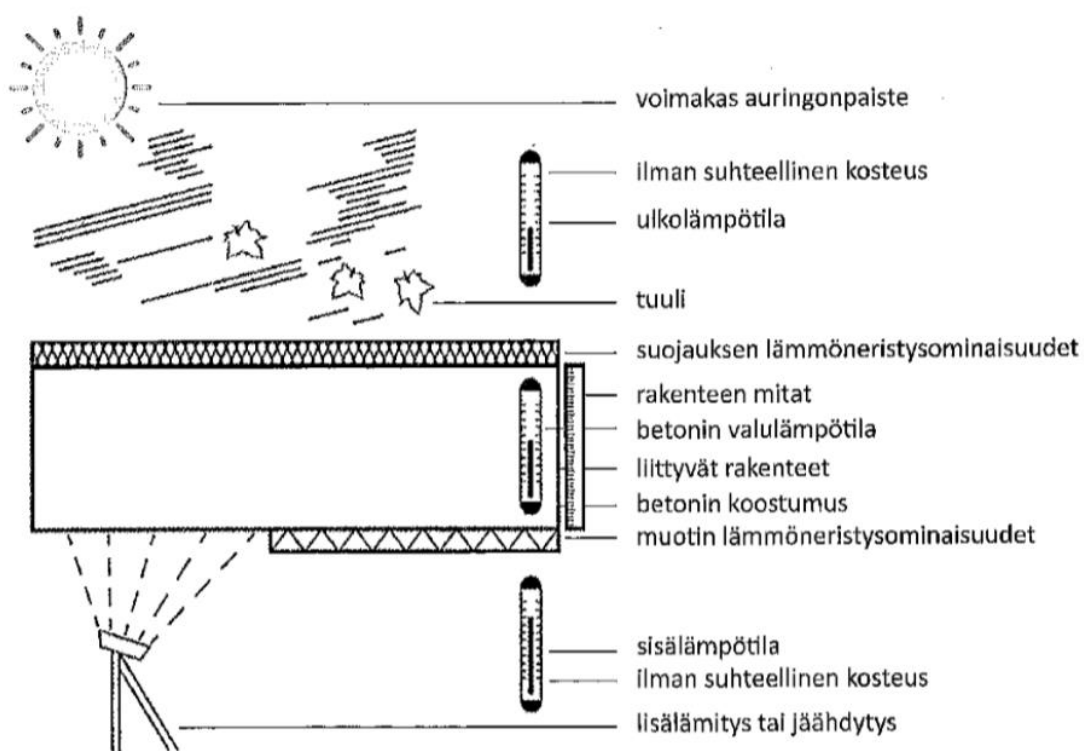
Suojaamisella estetään ulkoiset haitalliset vaikutukset sekä veden liian nopea haihtuminen rakenteesta. Suojaamiseen voidaan käyttää mm. muovikalvoa, muotteja, tiiviitä lämmöneristeitä, peitteitä ja ruiskutettavia jälkihoitoaineita.

Talviolosuhteissa käytetään lämpöeristettyjä muotteja tai mattoja, kun rakenne halutaan lämpösuojata. Muut peitteet estävät sadetta ja vettä huuhtomasta semenettiä kovettuvasta betonimassasta sekä tuulta ja auringonpaistetta haihduttamasta siitä vettä.

Kosteuden ylläpitäminen on välttämätöntä, jotta hydrataatioreaktiot jatkuisivat riittävän kauan ja etenkin betonipinta saavuttaisi halutun tiiveyden ja lujuuden. Kosteuden ylläpitämisellä estetään myös kutistumishalkeilu. Riittävä kosteus turvataan esimerkiksi betonilaatassa ruiskuttamalla jälkihoitoainetta, peittämällä laatta ulkopinnoilta muovikalvolla ja kastelemalla betonilaattaa (mieluiten sumuttamalla).

Peittäminen ja/tai kastelu aloitetaan mahdollisimman nopeasti heti, kun valettu rakenne kestää nämä toimenpiteet. Kosteana pitäminen jatkuu 1...2 viikkoa.

(Betonitekniiikan oppikirja 2018, 343).



Kuva 6. Betonin lujuudenkehitykseen vaikuttavia tekijöitä (By 71 RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, 167).

5 MASSIIVI RAKENNE

Rakenne määritellään massiiviseksi, kun se on mitoiltaan niin suuri, että täytyy ryhtyä erityistoimenpiteisiin hydrataatiolämmön aiheuttamista lämmönmuutoksista syntyvän halkeiluvaaran tai korkeasta lämpötilasta johtuvan lujuuskadon rajoittamiseksi. Käytännön ohjeena on tähän saakka ollut, että rakenteen pienimmän mitan ollessa noin yksi metri, on rakennetta tarkasteltu massiivisena. Lämpötilanmuutokset, lämpötilaerot ja maksimilämpötilat voivat kuitenkin nousta kriittisen korkeaksi sivumitaltaan pienemmissäkin rakenteissa, jos betonissa on lujuus- tai säilyvyysominaisuuksien takia paljon sideainetta

Massiivisten rakenteiden muotit, betonointi, valupinnan jälkihoito, viimeistely, suojaus ja jäähdytys tulee suunnitella siten, ettei betonin korkean lämpötilan aiheuttamaa lujuuskatoa synny eikä lämpötilan muutoksista ja lämpötilaeroista johtuvaa halkeilua pääse tapahtumaan. Jos lämpötilaa ei voida kohtuullisin kustannuksin pitää riittävän alhaisena (enintään +60 °C), odotettavissa oleva lujuuskato otetaan huomioon tavoitelujuutta nostamalla. Näissäkin tapauksissa tulee huolehtia, ettei lämpötila kovettumisvaiheessa nouse yli +70 °C:n, jotta sementin hydrataatioreaktioiden häiriintyminen ei johda rakenteen myöhempään vaurioitumiseen.

Betonimassan koostumus ja lämpötila sekä valupinnan suojaus tulee suunnitella siten, ettei lämpötilaero betonoitavan rakenneosan minkään poikkileikkauksen eri osien välillä ole suurempi kuin 20 °C tai korkeintaan 20 °C/m. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi lämpötilaeroa pilarin sisäosan ja pinnan välillä.

Massiivisissa betonirakenteissa tulee kiinnittää erityistä huomiota betonimassan koostumukseen, betonivaluun ja jälkihoitoon. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 377).

5.1 Lämmönkehitys

Sementin ja veden välisessä hydrataatioreaktiossa vapautuu lämpöä, joka nostaa betonirakenteen lämpötilaa. Massiivisissa rakenteissa lämpö ei pääse poistumaan rakenteen keskiosista yhtä nopeasti kuin rakenteen pinnoilta, jolloin rakenteen keskiosan ja pinnan välille syntyy lämpötilaero. Tästä puolestaan on seurauksena rakenteen pintaosiin vetojännityksiä, jotka voivat ylittää betonin vetolujuuden ja aikaansaada halkeilua. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että lämpötilaero aiheuttaa rakenteen halkeilua, jos se ylittää 20 °C. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 377).

Massiivisissa rakenteissa hydrataatiossa tapahtuvan lämmönkehityksen seurauksena lämpötilan nousu ja lämpötilan muutokset voivat tulla huomattavan suuriksi. Massiiviseen rakenteeseen syntyy helposti myös suuria sisäisiä lämpötilaeroja pinta- ja sisäosan välille, yleensä jäähtymisvaiheessa, mutta monesti myös jo lämpötilan nousuvaiheessa.

Tärkeimmät kovettumisenaikaisiin lämpötiloihin vaikuttavat tekijät betonirakenteessa ovat:

- rakenteen mitat
- betonin koostumus
- massan lämpötila
- muottien ja suojauksen lämmöneristävyys

- sääolosuhteet
- mahdollinen jäähditys tai lämmitys

Edellä mainituista tekijöitä yleensä rakenteen mittoihin ja valujankohdan sääolosuhteisiin ei käytännössä voida vaikuttaa. Muihin edellä mainittuihin tekijöihin ja tätä kautta kovettumisen aikaisiin lämpötiloihin on mahdollista vaikuttaa rakenteen ja valun suunnitteluvaiheessa. (By 71 RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, 284).

5.2 Lämpötilaerojen aiheuttama halkeilu

Lämpötilaerot aiheuttavat jännityksiä betonirakenteen eri osien välille. Kun vetojännitykset kasvavat suuremmiksi kuin betonin vetolujuus, rakenteeseen muodostuu halkeamia. Vetojännitystä syntyy mm. jäähtymisen aiheuttaman kutistumisen seurauksena, kun muodonmuutosta ei pääse tapahtumaan vapaasti. Muodonmuutoksen estää yleensä toinen rakenne tai saman rakenteen sisempi osa, jonka lämpötila ei pääse laskemaan yhtä nopeasti kuin pintaosien lämpötila.

Betonimassan kovetuessa lämpö nousee hydrataatioreaktion myötä, tätä lämpötilan nousua koitetaan varsinkin massiivisissa rakenteissa estää esim. masuunikuonajauhetta käyttämällä betonimassan reseptissä. Betonirakenteen muodostuva lämpö poistuu rakenteesta pintojen kautta, jolloin pintaosan lämpötila laskee nopeammin suhteessa sisäosan lämpötilaan.

Massiivissa rakenteissa sisäosien lämpötilat pysyvät pitkään koholla, jolloin kovettumisvaiheen lämpötilaero vaihtelut voi aiheuttaa halkeamia. Talvivalussa halkeamisriski syntyy liian aikaisella muotien purkamisella, jolloin betonin pintalämpötila lähtee laskemaan liian nopeasti.

Lämpötilaeroista johtuva halkeilu kovettumisvaiheessa syntyy n. 1...3 vuorokautta valusta. Halkeamat ovat yleisesti vekkomaisia pintahalkeamia ja ulottuvat muutamasta millimetristä muutamaan senttimetriin. Rakennneosien liittymiskohdissa halkeamat voivat ulottua myöhemmin valetun rakennosan läpi. Estetyn muodonmuutoksen tilanteissa lämpöjännityksestä aiheutuvat halkeamat menevät laattarakenteiden läpi.

Halkeilun rajoittamiseksi rakenteet tulisi suunnitella siten, että lämpötilan vaihteluista tapahtuvat liikkeet rakenneosien välillä pääsevät tapahtumaan. Pintavaluissa halkeilua voisi estää, esimerkiksi saamalla vanhan alustan lämpötila, massan lämpötilaa korkeammaksi valuhetkellä. (Betoniteknikan oppikirja 2018, 105).

5.2.1 Toimenpiteitä lämpötilan hallintaan

Suunnittelijan mahdollisuudet rajoittaa lämpötilannousua, pienentää halkeamariskiä ja rajoittaa halkeamien kokoa massiivisessa rakenteessa ovat käytännössä

- tarpeettoman suuren betonin lujuuden välttäminen
- valitaan betonin lujuudenarvosteluiäksi 91 d
- liikemahdollisuuksien suunnittelu rakenteelle
- rakenteen jakaminen valuosiin ja työsaumojen sekä valujärjestyksen suunnittelu siten, että kovettumisen aikaiset muodonmuutokset voivat tapahtua mahdollisimman esteettä
- halkeamaleveyksien rajoittaminen raudoituksella
- jännittämällä rakenne

Työmaalla betonityönjohtajan ja betonin toimittajan käytettävissä olevat keinot ovat massan lämpötilan alentaminen, käyttämällä betonia, jolla on mahdollisimman alhainen lämmönkehitys sekä lämpöeristämällä pinnat.

Massan lämpötilan alentaminen on yleisesti käytetty keino. Massan lämpötilan alentaminen voidaan suorittaa seuraavilla tavoilla:

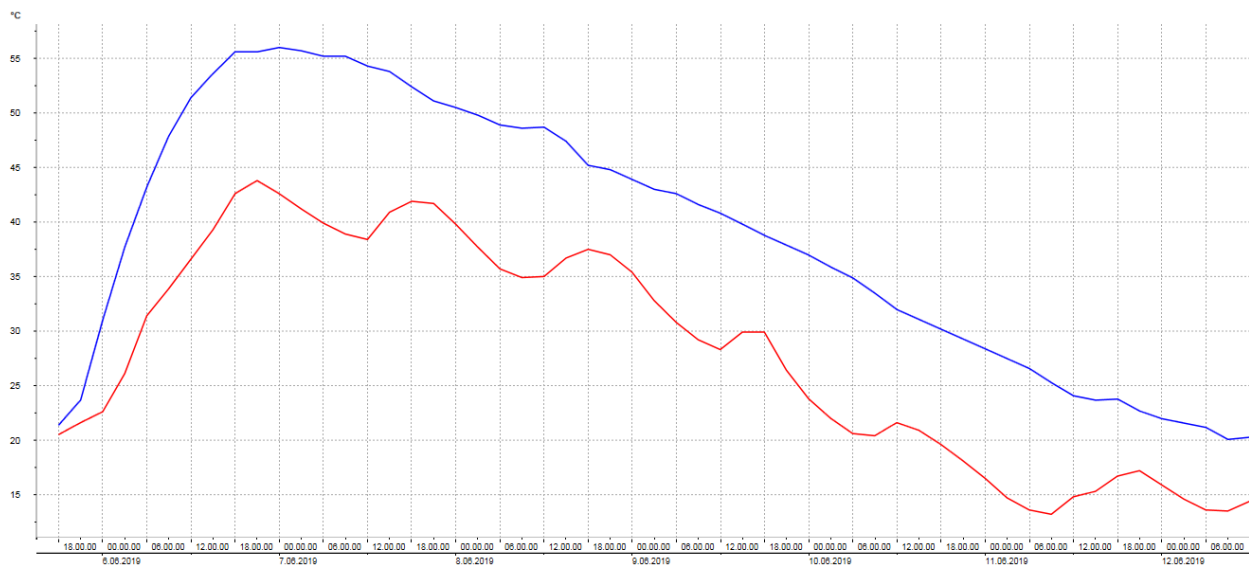
- käytetään kylmää vettä tai veden asemasta jäähilettä
- säilytetään talviolosuhteissa runkoaineita ulkona mahdollisimman pitkään
- käytetään talviolosuhteissa hidastettua betonia yhdessä hitaan valunopeuden ja ohuiden valukerrosten kanssa
- asennetaan jäähdytysputkisto

Betonin omaa lämmöntuottoa voidaan rajoittaa käyttämällä sementtiä, jossa on matala lämmöntuotto esim. SR-sementti. Pienentämällä sementtimäärää esim. notkistavien lisäaineiden avulla. Korvaamalla mahdollisimman suuri osa sementistä seosaineilla, lentotuhkalla tai masuunikuonalla. Kiviaineksen määrän kasvattaminen maksimiraekokoa suurentamalla sekä käyttämällä mahdollisimman edullista runkoainejakaumaa. (By 71 RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus, 288).

5.2.2 Lämpötilan seuranta

Massiivisissa betonirakenteissa seurataan aina kohteen lämpötilan ja lujuuden kehittymistä. Betonirakenteen lämmön kehitystä tulisi seurata ensimmäisen kahdenvuorokauden aikana vähintään tunnin välein ja sen jälkeen 7 vuorokauden ikään asti 3-4 tunnin välein. Mittaus pisteen tai pisteiden sijainti riippuu rakenteen massiivisuudesta. Yleensä lämpötilaa seurataan betonin sisään tulevalla tallentavilla dataloggereilla, jonka lämpötila-anturi tulee pienemmissä kohteissa rakenteen keskelle yksi ja pintaan toinen. Suurissa rakenteissa mittaus pisteitä voi olla useita esim. pintaan, keskelle ja pohjalle sekä reuna-alueille tarvittaessa.

Kuvassa 7. on holvin massiivilaatan lämpötilakaavio kesältä 2019. Holvi on vahvuudeltaan metri ja tilavuus 159m³. Sininen käyrä on laatan puolivälistä ja punainen n.20cm holvin pinnasta. Betoninlujuus lujuusluokka on C40/50. Sementtinä on käytetty CEM II portlandseosementtiä + KJ400 Masuunikuonajauhetta, kuonan lujuusreaktiot tuottavat vähemmän lämpöä, joten siitä on hyötyä massiivisten betonirakenteiden valussa. Ympäristörasitusluokat XF3 ja XC4, maksimiraekoko #16, notkeus S3, vesi/sementtisuhte maksimissaan 0,5.



(Kuva 7. Holvin lämpötilan seuranta)

6 LAADUNVALVONTA

Betonirakenteiden valmistuksen valvontaan kuuluvat betonin vaatimustenmukaisuuden todentaminen ja rakenteiden valmistuksen tarkastus. Rakenteiden valmistuksen valvonta kohdistuu muotti- ja tukirakenteisiin, raudoitukseen, jännitystöihin, betonin suunnitelmien mukaisuuteen, betonointiin, tiivistämiseen, pinnan viimeistelyyn, jälkihoitoon ja lämpökäsittelyyn.

Betonointityöryhmän toimintaa valvotaan siten, että se on järjestelmällistä, virheetöntä ja tehdyn betonointisuunnitelman mukaista.

Vastaanotetun betonimassan ominaisuuksia seurataan sen siirron ja käsittelyn aikana. Betonimassalle tehdään betonityösuunnitelman mukaiset laadunvarmistustoimenpiteet kuten esimerkiksi ilmamäärämittaus. Betonimassan tulisi pysyä tasalaatuisena aina muottiin asti. Jos työmenetelmät aiheuttavat massan ominaisuuksien heikkenemistä, menetelmä tulee muuttaa tai niihin on valittava sopivampi betonilaatu. Betonoinnin aikana tulee seurata muottien liikahteluita ja mahdollisia muodonmuutoksia, tarvittaessa ryhdytään toimenpiteisiin aiheutuvien vahinkojen estämiseksi tai minimoimiseksi. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 344).

Raudoitustyötä valvomalla ja mahdolliset virheet korjaamalla varmistetaan, että betonointityön päättyessä raudoitteiden sijainti ja betonipeitteen paksuus ovat toleranssissa, ja sen että raudoitteiden tartunta on riittävä. Valvonnalla saadaan varmistus, että työvaiheen aikana asennettavat raudoitteet tulevat asennetuiksi niille tarkoitetuille paikoille, tämä vaatii työnjohdolta sekä valvojalta perehtymistä raudoituskuviin. Kiinnikkeiden, varausten, ja asennusosien valvonnalla varmistetaan niiden oikea sijainti.

Betonirakenteelle tehdään yleensä rakennekatselmus ennen sen peittämistä. Siinä määritetään mahdolliset korjaus- ja paikkaustyöt rakenteen vaatimuksenmukaisuuden varmistamiseksi.

Tarkastusten tulokset dokumentoidaan siten, että työsuorituksen tapahtumat ovat tarvittaessa mahdollista selvittää jälkeenpäin. Laadunvalvonta-asiakirjat tulee säilyttää vähintään kahden vuoden ajan rakennuksen käyttöönotosta laskien. Betonointityöstä tehdään yleensä seuraavat muistiinpanot sopivilta osiltaan betonointipöytäkirjaan tai otetaan talteen seuraavat materiaalitoimittajien asiakirjat:

- rakennustyömaan tunnustiedot, betonityönjohtajat sekä heidän työaikansa
- valmisbetonin kuormakirjat sekä rakennuspaikalla tehtävien kelpoisuuskoekappaleiden tunnukset
- betonin suunnitelmien mukaisuus
- betonointiolosuhteita koskevat tiedot ja niiden vaatimat toimenpiteet
- betonimäärät betonointijaksottain
- betonoinnin toteutus
- betonointityön alkamis-, ja päättymisajankohta sekä työvaiheessa ilmenneet ongelmat
- tukirakenteiden ja muottien ja purkamisajankohta
- betonin lämpötilan seuranta ja lämpökäsittely sekä jälkihoito
- muotti- ja raudoitustyön tarkastukset sekä valvontatoimenpiteet

- betonirakenteiden tarkastukset

Betonointipöytäkirja on valukohtainen dokumentti, johon kirjataan betonointi- ja betonointityösuunnitelman toteutuminen ja olosuhteet. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 345).

7 BETONIRAKENTEIDEN VAURIOT JA VIRHEET

Betonirakenteissa voi ulkoilmalle tai muille rasituksille alttiissa olosuhteissa, tapahtua rakenteen ominaisuuksia heikentäviä muutoksia. Betonijulkisivut, betonisillat ja muihin infrarakenteisiin vaikuttavia rasituksien aiheuttajia ovat vesi, pakkanen (pakkasrapautuminen), vaihtelevat lämpö ja kosteusolosuhteet, ilman hiilidioksidi (karbonatisoituminen) ja kloridit (maantiesuolasta, merivedestä, kiihdytin-lisäaineesta, kemianteollisuudesta).

Betonirakenteiden vauriot voidaan jakaa alkuperänsä perusteella neljään ryhmään:

- valmistusaineista ja suunnittelusta johtuvat vauriot ja virheet
- valmistusmenetelmästä aiheutuvat vauriot ja virheet
- käytöstä, rasitusolosuhteista ja katastrofeista johtuvat vauriot
- rakenneosien liitosten suunnitteluvirheet. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 556)

Työmaalla betonoinnin virhepaikkoja ovat liian korkeat massan putoamiset esim. pumpusta muottiin tai muottirakennetta vasten tapahtuva ns. vyöryttäminen, jolloin massassa voi ilmaantua runkoaineksien erottumisvaara.

7.1 Korjaustapoja

Laastipaikkaus on betonirakenteissa esiintyvien paikallisten ja suhteellisen vähäisten vaurioiden korjaamisen perusmenetelmä. Laastipaikkauksessa vaurioitunut betoni poistetaan ja korroosio-tilassa tai -vaarassa oleva rauditus paljastetaan riittävän laajasti. Piikkauskolot ja muut vauriokohdat täytetään paikkauslaastilla siten, että paikan pinta vastaa ympäröivää betonipintaa riittävällä tarkkuudella. Laastipaikkakorjaus soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa on vain paikallisia raudotteiden korroosiosta tai betoninrapautumisesta johtuvia vaurioita tai kolhuja yms. ja joissa rakenteen pintatyyppi on sellainen, että paikan pinta saadaan kohtuullisella vaivalla työstettyä riittävän tarkoin paikkaa ympäröivän pinnan kaltaiseksi.

Valukorjaaminen silloin, kun vauriot ovat paikallista laajempia eikä paikkaaminen laastilla enään ole sen takia taloudellista tai muuten perusteltua, voidaan korjata betonirakennetta betonoimalla. Mikäli korjattavat kohdat voidaan muotittaa, korjaamiseen voidaan käyttää tavanomaista valubetonia. Valukorjauksia käytetään esim. parvekelaattojen ja pieliseinäelementtien korjaamiseen, kun rakenteen reunassa on pitkälle edennyttä raudotteiden korroosiota tai pakkasrapautumaa.

Ruiskubetonointia käytetään yleensä rakenteiden pinnan laaja-alaisten, mutta ei syvälle ulottuvien, vaurioiden korjaamiseen sekä raudituksen peitepaksuuden kasvattamiseen. Ruiskubetonoidulla betonirakenteen pintaan voidaan saada uutta lujaa ja tiivistä betonia, jolla voidaan kasvattaa raudotteiden peitepaksuutta ja staattisesti toimivan poikkileikkauksen mittoja.

Pintakäsittelyn avulla rakennetta voidaan suojata vaurioitumiselta. Pinnoitteen avulla voidaan esimerkiksi rajoittaa veden imeytymistä betoniin siten, että mahdollinen raudotteiden korroosio pysyy hitaana ja/tai että betonin kosteuspitoisuus pysyy pakkasrapautumisen edellyttämän vedellätytymisasteen alapuolella. Betonirakenteiden pintakäsittely voidaan toteuttaa hyvin erilaisilla tuotteilla

aina kalvoa muodostamattomista niin sanotuista impregnointiaineista paksukalvoisiin halkeamia silloittaviin ja ohutrappaustyypisiin pinnoitteisiin saakka.

Injektoinnissa nestemäistä kovettuvaa ainetta pumpputaan esim. betonin halkeamiin ja aine täyttää halkeamassa olevan tyhjätilan ja kovettuu pysyväksi osaksi rakennetta.

Injektointia käytetään yleensä korjaamis toimenpiteenä, kun halkeama on yli 0,2 mm. Kapeammissa halkeamissa käytetään yleensä imeyttämistä tai pinnoittamista.

Imeyttämällä voidaan täyttää rakenteiden yläpinnassa olevia, lähinnä plastisesta halkeilusta johtuvia suhteellisen kapeita halkeamia eli antamalla matalaviskoosisen kovettuvan muovin tunkeutua kapillaarisesti ja painovoiman avulla halkeamiin. Imeytyskellä voidaan estää tehokkaasti veden ja siihen liuenneiden suolojen imeytyminen halkeamiin.

Rakenteiden vahvistamisella tarkoitetaan niiden kantavuuden lisäämistä siltä tasolta, joka rakenteella on alun perin ollut. Mikäli kantavuus on alentunut esimerkiksi vaurioitumisen seurauksena, kantavuuden palauttamista korjaustoimin alkuperäiselle tasolle ei pidetä varsinaisena rakenteen vahvistamisena.

Rakenteiden kantavuutta voidaan lisätä mm. lisäämällä rakenteeseen raudoitusta ja/tai betonia joko rakenteen puristus- tai vetopuolelle.

Teräsbetonirakenteiden vahvistaminen on monessa tapauksessa vaativa tehtävä, joka edellyttää erikoisammattitaitoa sekä suunnittelun että työsuorituksen osalta. Rakenteiden vahvistamisesta vastaavalta suunnittelijalta edellyttää aina kohteen vaativuuden mukaista pätevyyttä. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 557-560).

7.2 Pintojen esikäsitteleminen

Korjaustyöhön alettaessa betonipinnat täytyy esikäsitellä niin, että betonipinnat ovat puhtaat ja lujuudeltaan, karkeusasteeltaan sekä kosteustilaltaan sopivat kyseiselle korjaustoimenpiteelle. Korjaamiseen liittyy oleellisena osana vauriotuneen betonin poistaminen. Betonin poistamiseen on käytettäviä menetelmiä ovat muun muassa:

- mekaaninen piikkaus
- vesipiikkaus
- murtaminen
- jysintä
- hiominen/ leikkaaminen

(Betonitekniikan oppikirja 2018, 561)

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

MAANKÄYTTÖ- JA RAKENNUSLAKI YM5/601/2015, 122 a § [verkkoaineisto]. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarays-kokoelma/Suunnittelu_ja_valvonta

SUOMEN BETONIYHDISTYS 2018. Betonitekniikan oppikirja by 201.
Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry 2018.

Fise.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-10-27] Saatavissa: <https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevytta/tyonjohtajat/betonirakenteiden-rakentamisesta-vastaava-tyonjohtaja/>

BETONIRAKENTEIDEN TYÖMAATOTEUTUS: BY 71 RIL 149-2019. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Paikallavaletut betonipinnat. [verkkoaineisto] Betonointi [viitattu 2019-11-1] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf>