

Veli-Matti Ainasoja

## **Paikallavalurakenteiden betonoinnin laadunhallinta**

Opinnäytetyö

Syksy 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SEAMK tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Veli-Matti Ainasoja

Työn nimi: Paikallavalurakenteiden betonoinnin laadunhallinta

Ohjaaja: Pekka Lähdesmäki

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 45

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään asioita, jotka oleellisesti vaikuttavat paikallavalurakenteiden laatuun. Työn tarkoituksena on tuottaa ohjeita betonoinnista aihetta käsittelevien lähteiden ja opiskelijan hankkimien tietojen avulla. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Suomen Maastorakentajat Oy, ja tässä työssä yritystä edusti laatupäällikkö Jaakko Mikkonen.

Opinnäytetyö koostuu betonirakentamisen teoriasta ja työohjeista sekä käytännön kokemuksista erilaisista betonirakentamisen kohteista. Osa työssä käsiteltävistä aiheista on saatu opiskelijan suorittamien haastattelujen kautta. Työn keskeisessä osassa on betonoinnin tehtäväsuunnittelu ja kovettuvan betonin olosuhteiden hallinta. Työssä käsitellään lisäksi betonoinnin vaatimuksia, betonin ominaisuuksia sekä betonoinnin toteutuksen vaiheita.

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa toimeksiantajan jo ennestään hyvää betonirakentamisen laatua betonoinnin paremman laadunhallinnan avulla, sekä perehdyttää työn lukijaa betonoinnista johtuviin työn lopputuloksen laatuun vaikuttaviin asioihin.

Jos työmaalla halutaan varmistua suunnitelmien ja odotusten mukaisten betonirakenteiden tuotannosta on hallittava betonoinnin työvaiheiden laadunvarmistustoimet, käytettävien materiaalien ominaisuudet, ja suoritettavat työvaiheet sekä niiden aikana vallitsevat sääolosuhteet.

Avainsanat: betonin jälkihoito, betonin ominaisuudet, betonointi, laadunhallinta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Veli-Matti Ainasoja

Title of thesis: The quality management of concrete casting

Supervisor: Pekka Lähdesmäki

Year: 2018

Number of pages: 45

Number of appendices: 0

---

The thesis dealt with issues on concreting that play a central role in the quality of concrete castings. The purpose of the thesis was to implement concreting instructions based on the source material and on the observations during the study. Suomen Maastorakentajat Oy commissioned the project, and Quality Manager Jaakko Mikkonen represented the company in the thesis.

The thesis consists of theory on concrete construction, and working instructions as well as practical experience on various concrete construction projects. The thesis material was partly collected through interviews. To make high quality concreting, especially the task design and the management of the conditions of curing concrete must be noted. The thesis also dealt with concrete properties, requirements for concrete and the steps of the concreting.

The aim of this thesis was to improve the quality of the already good concrete construction contractor by better quality management. Another aim was to inform the reader on concrete factors affecting the quality of concrete construction.

There are a few things to consider in making the production of concrete structures in line with plans and expectations. Initially, quality assurance measures at work stages must be under control. On the other hand, the properties of the materials must be known. In addition, it is necessary to know the work phases and the weather conditions prevailing during them.

Keywords: concrete curing, concrete properties, concreting, quality management

## SISÄLTÖ

|   |    |
|---|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä.....                                | 2  |
| Thesis abstract.....  | 3  |
| SISÄLTÖ.....  | 4  |
| Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....                        | 6  |
| Käytetyt termit ja lyhenteet.....                             | 7  |
| 1 JOHDANTO.....   | 8  |
| 1.1 Työn tavoitteet ja rajaus.....                            | 8  |
| 1.2 Toimeksiantaja.....                                       | 9  |
| 2 TYÖMAAN LAADUNVARMISTUS JA LAATU VAATIMUKSET.....           | 10 |
| 2.1 Toimeksiantajan toimintamalli työmailla.....              | 11 |
| 2.2 Työn laatuvaatimukset.....                                | 12 |
| 2.3 Toteutus- ja toleranssiluokat.....                        | 12 |
| 3 BETONOINNIN LAATUVIRHEITÄ AIHEUTTAVAT TEKIJÄT.....          | 14 |
| 4 BETONOINNIN TEHTÄVÄSUUNNITTELU.....                         | 15 |
| 4.1 Betonin ominaisuudet ja koostumuksen valinta.....         | 16 |
| 4.1.1 Betonin ominaisuudet.....                               | 17 |
| 4.1.2 Betonin raaka-aineet.....                               | 21 |
| 4.2 Kaluston valinta.....                                     | 22 |
| 4.3 Työvaiheen aloituspalaveri.....                           | 24 |
| 5 BETONOINNIN AIKAINEN LAADUNVARMISTUS JA TYÖN<br>OHJAUS..... | 25 |
| 5.1 Betonin vastaanotto ja ominaisuuksien tarkkailu.....      | 25 |
| 5.2 Betonointipöytäkirja.....                                 | 26 |
| 5.3 Betonointityön ohjaus.....                                | 26 |
| 5.3.1 Valumuotin ja raudoitteen pysyvyys.....                 | 27 |
| 5.3.2 Valumuotin täyttö.....                                  | 27 |
| 5.3.3 Betonin tiivistys.....                                  | 28 |
| 5.3.4 Valun nousu- ja kiertonopeus.....                       | 29 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6     | KOVETTUVAN BETONIN OMINAISUUDET JA OMINAISUUKSIEN HALLINTA..... | 30 |
| 6.1   | Lämmön- ja lujuudenkehitys .....                                | 30 |
| 6.1.1 | Lujuuden kehityksen seuranta .....                              | 31 |
| 6.1.2 | Jäätymislujuus .....  | 32 |
| 6.1.3 | Muottien purkamislujuus .....                                   | 32 |
| 6.1.4 | Nimellislujuus .....  | 33 |
| 6.2   | Viruma.....   | 33 |
| 6.3   | Betonin kutistuminen.....                                       | 34 |
| 6.4   | Jälkihoito .....  | 34 |
| 6.4.1 | Varhaisjälkihoito.....  | 35 |
| 6.4.2 | Varsinainen jälkihoito .....                                    | 36 |
| 6.5   | Kosteudenhallinta.....  | 36 |
| 7     | TALVIBETONOINTI .....   | 38 |
| 7.1   | Talvibetonoinnin suunnittelu.....                               | 39 |
| 7.1.1 | Talvibetonoinnissa käytettävä kalusto.....                      | 39 |
| 7.1.2 | Rakenteen lämmitys ja suojaus .....                             | 39 |
| 7.2   | Betonilaadun valinta.....                                       | 40 |
| 8     | TYÖTURVALLISUUS BETONOINTITYÖSSÄ.....                           | 42 |
| 9     | POHDINTA .....  | 43 |
|       | LÄHTEET .....   | 44 |

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Tukkeutunut letkulinja IT-betonin erottumisen seurauksena. ....   | 20 |
| Kuva 2. Pumppauspaikan valinnassa on huomioitava kaluston vaatima tila työmaalla. ....                          | 23 |
| Kuva 3. Aloituspalaverissa käsiteltäviä asioita (Ratu S-1228 2010, 17).....                                     | 24 |
| Kuva 4. Betonin tiivistämistä tärysauvoilla. ....   | 28 |
| Kuva 5. Tuulivoimalan jalan betonointi (Maastorakentajat 2018). ....  | 31 |
| Kuva 6. Sillan betonointia talvella. ....   | 38 |
| Kuva 7. Liittolaatan betonointi. ....   | 42 |
| Kuva 8. Betonointityön henkilökohtainen suojavarustus (Ratu 0403 2012,13). ....                                 | 42 |
| <br>  |    |
| Taulukko 1. Rakentamisen eri osapuolten roolit laadunvarmistuksessa (Talonrakennusteollisuus 2018, 19). ....    | 10 |
| Taulukko 2. Betonirakenteiden rasitusluokat (by 65 2016, 16-18). ....   | 18 |
| Taulukko 3. Valun nousunopeudesta sekä lämpötilan vaikutuksesta johtuvia muottipaineita (RIL 149-1995, 72)..... | 29 |
| Taulukko 4. Ohjeellisia muotin purkulujuuksia (RIL 149-1995, 168). ....   | 32 |
| Taulukko 5. Jälkihoidon suositellut vähimmäisajat (by 67 2016, 52).....   | 35 |
| Taulukko 6. Rakenteen suurin sallittu jäähtyminen vuorokaudessa (RIL 149-1995, 182).....                        | 40 |

## Käytetyt termit ja lyhenteet

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Betonimassa</b>       | Täysin sekoitettu betonin osa-aineiden seos, joka on sel-<br>laisessa tilassa, että sitä voidaan tiivistää ja työstää vali-<br>tulla tavalla. |
| <b>Betoniperhe</b>       | Betonitoimittajan laatima betonilaatujen jaottelu, jonka tar-<br>koitus on tehostaa betonin valmistuksen laadunvalvontaa.                     |
| <b>FISE</b>              | Rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan henkilöpätevyysjärjes-<br>telmä.  |
| <b>Hydrataatio</b>       | Veden ja sementin välinen kemiallinen reaktio, jossa muo-<br>dostuu sementtikivi.   |
| <b>IT-betoni</b>         | Itsetiivistyvä, hienorakeinen ja notkea betonilaatu.  |
| <b>Jälkihoito</b>        | Toimenpide, jolla ylläpidetään betonirakenteelle optimaali-<br>set lämpö- ja kosteusolosuhteet sen lujuudenkehityksen ai-<br>kana.            |
| <b>Lisäaine</b>          | Materiaali, jota lisätään betoniin sitä sekoitettaessa työstet-<br>tävän ja kovettuneen betonin haluttujen ominaisuuksien<br>saavuttamiseksi. |
| <b>Plastinen painuma</b> | Muottiin siirretyn betonin painuminen alaspäin sen sisältä-<br>män veden erottuessa siitä.  |
| <b>Työsauma</b>          | Rakenteen kohta, josta betonointia jatketaan vasta edelli-<br>sen betonoinnin kovettuttua.  |
| <b>V/s suhde</b>         | Vesi-sementtisuhde kuvaa betonin sisältämän vesimäärän<br>ja sementin painon suhdetta.  |
| <b>Viruma</b>            | Betonirakenteen pitkäaikaisesta jännityksestä johtuva<br>muodonmuutos, joka on kuormituksen lakattua osittain pa-<br>lautuva.                 |

# 1 JOHDANTO

Betonoinnissa tai kovettuvan betonin hallinnassa tapahtuneiden virheiden korjaus on usein kallista ja hidasta suorittaa. Sen vuoksi virheiden minimointi on keskeinen tekijä kaikilta osa-alueiltaan laadukkaiden betonirakenteiden tuotannossa. Betonointi työvaiheena kattaa perusteellisen ennakkosuunnittelun ja tarkastukset ennen betonointia, betonointityön laadunvarmistustoimiminen, materiaalin laadunvalvonnan sekä kovettuvan betonin jälkihoidon ja kovettumisen tarkkailun. Betonointiin kuuluvat työvaiheet voidaan katsoa päättyneeksi, kun kovettuva betoni on saavuttanut sille ennalta määrätyt ominaisuudet. Laadunvalvonnan lisäksi kaikki materiaalien ominaisuudet, työskentelytavat ja vallitsevat olosuhteet täytyy hallita, jotta lopputuotteesta tulisi laadullisesti odotusten mukainen.

## 1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa toimeksiantajan jo ennestään hyvää betonirakentamisen laatua betonoinnin paremman laadunhallinnan avulla. Yrityksellä on vahvaa ammattitaitoa betonirakentamisesta jo yli kolmenkymmenen vuoden ajalta. Mutta kehittyvä rakentaminen ja betonitekniikka tuo toisinaan haasteita laadukkaaseen rakenteen saavuttamiseen. Työn toisena tavoitteena on kartoittaa, onko laatua heikentäville asioille mahdollisesti yhteistä aiheuttajaa, jonka vaikutusta voidaan pienentää. Lisäksi työ perehdyttää sen lukijaa betonirakentamisen laatuun vaikuttaviin asioihin sekä betonin tärkeimpiin ominaisuuksiin.

Opinnäytetyö on käytännön näkökulman sisältävä teoreettinen tutkielma. Työssä esitettävät asiat etenevät pääsääntöisesti kronologisessa järjestyksessä. Työssä ei käsitellä betonoinnin kaikkia vaiheita täydellisesti, vaan opiskelija on rajannut niitä betonirakentamisen parissa työskentelevien henkilöiden haastattelujen tulosten avulla. Haastatteluissa selvitettiin yleisimpiä paikallavalurakentamisen betonoinnin laatua heikentäviä tekijöitä. Haastattelujen suppean otannan vuoksi tulokset eivät ole täysin luotettavia, eikä haastattelun tuloksia tuoda suoranaisesti julki tässä opinnäytetyössä.



## 1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja Suomen Maastorakentajat Oy on vuonna 1987 perustettu infra- ja teollisuusrakentamiseen erikoistunut yritys. Se kuulu infrastruktuuri- ja palveluihin erikoistuneeseen Andament Group konserniin. Yrityksen palvelutarjonta koostuu vesirakentamisesta, liikenneväylistä ja erikoisrakentamisesta. Vuonna 2018 yrityksen liikevaihto oli 81,2 miljoonaa euroa, ja se työllisti noin 130 henkilöä 7 eri paikkakunnalla. (Maastorakentajat 2018.)

## 2 TYÖMAAN LAADUNVARMISTUS JA LAATU VAATIMUKSET

Talonrakennusteollisuus ry. (2018, 18) toteaa että työmaalla tapahtuvilla tuotannon laadunvarmistustoimilla varmistetaan ja todennetaan että tehty tuote vastaa sopimuksenmukaista laatua. Laadunvarmistustoimet urakoitsijan omista ja aliurakoitsijoiden töistä esitetään työmaakohtaisessa laatusuunnitelmassa, joka laaditaan työmaan aloituspalaverin yhteydessä. Tämän jälkeen voidaan tehdä työmaakohtaisia tehtäväsuunnitelmia ennalta määritellyistä tehtävistä. Lisäksi rakentamisessa sen eri osapuolilla on omat tehtävät ja roolit laadunvarmistuksessa, joista heidän tulee vastata. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Rakentamisen eri osapuolten roolit laadunvarmistuksessa (Talonrakennusteollisuus 2018, 19).

|                |  |
|----------------|--|
| Rakennuttaja   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rakennuttaja vastaa myötävaikutus- ja huolehtimisvelvollisuutensa täyttämistä, antamalla mm. lähtötiedot urakoitsijan täydentävää suunnittelua varten ja huolehtimalla, että sivu-urakoitsijat hoitavat omat velvollisuutensa sopimuksen mukaan ja aikataulussa.</li> <li>• Rakennuttaja hyväksyy hankkeeseen valitut toimittajat ja aliurakoitsijat sekä seuraa käytettyjen tuotteiden kelpoisuutta.</li> <li>• Rakennuttaja valvoo hankkeen etenemistä.</li> <li>• Laatuun, laadunvarmistukseen, aikatauluun tai turvallisuuteen liittyvissä poikkeamatilanteissa rakennuttaja ja valvoja arvioivat tilanteen, poikkeaman vakavuuden ja päättävät jatkotoimenpiteistä.</li> <li>• Rakennuttaja esittää hankkeen laadunvarmistuksen rakennusvalvontaviranomaisille seurantakokouksissa</li> </ul>  |
| Suunnittelijat | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelijat vastaavat rakennusvaiheen aikaisesta suunnittelusta sekä suunnitelmien yhteensopivuudesta ja ristiintarkastuksista. He esittävät suunnittelutilanteen suunnitteluvaiheilmoituksissa.</li> <li>• Pääsuunnittelija valvoo suunnitelmien yhteensopivuutta ja määräysten mukaisuutta sekä suunnitteluajataulun toteutumista.</li> </ul>  |
| Urakoitsijat   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pääurakoitsija perustaa rakennusvaiheen alussa hankkeelle laatukansion, johon kootaan kaikki hankkeen laadunvarmistusta koskevat dokumentit tai kopiot niistä.</li> <li>• Kukin urakoitsija huolehtii vastuullaan olevasta laadunvarmistustoimista ja työturvallisuustarkastuksista. Mikäli laadussa tai aikataulussa ilmenee poikkeamia suunnitellusta, niistä tiedotetaan rakennuttajaa, valvojaa ja asianosaisia osapuolia.</li> <li>• Urakoitsijat hyväksyttävät tuotemallit, toimittajat ja aliurakoitsijat rakennuttajalla.</li> <li>• Urakoitsijoiden vastuulla olevaa täydentävää suunnittelua varten järjestetään lähtötietokatselmuksia.</li> <li>• Suunnitelmat tarkastetaan ja hyväksytetään rakennuttajalla.</li> <li>• Hankkeen aikataulu- ja turvallisuustilanne esitellään työmaakokouksissa. Poikkeamien merkittävyys arvioidaan ja niiden korjaamiseksi suunnitellaan keinot. Työmaan tilanne sekä sitä koskevat toimet ja päätökset kirjataan pöytäkirjaan.</li> </ul> |

## 2.1 Toimeksiantajan toimintamalli työmailla

Suomen Maastorakentajat Oy:n käyttämä laatujärjestelmä pohjautuu ISO 9001:2015-, ISO 14001:2015-, ja OHSAS 18001:2007-standardeihin, jotka asettavat laatujärjestelmälle vaatimuksia sen ominaisuuksista sekä malleja laatujärjestelmän mukaiselle dokumentoinnille. Yrityksen laatukäsikirjassa määritellään sen käyttämä toimintapolitiikka sekä annetaan ohjeistus työmaille sen tavoitteiden toteutumisen varmistamiseksi. (Mikkonen 2018, 6.)

Laatukäsikirjassa Mikkonen (2018, 9-10) määrittelee työmaiden ohjeistusta muun muassa seuraavasti

- Projekteille laaditaan työmaakohtainen työmaan toiminta- ja laatusuunnitelma, jossa kuvataan menettelyt projektin läpiviemiseksi laatuvaatimukset täyttäen.
- Projektin aikataulua seurataan ja viivästyksiin reagoidaan.
- Projekteille laaditaan työturvallisuussuunnitelma, sekä riskienhallintasuunnitelma, joissa kuvataan työmaan turvallisuuskäytännöt, sekä riskienhallintatoimenpiteet.
- Yritys etsii aktiivisesti vaihtoehtoisia toteutusvaihtoehtoja, joilla mahdollistetaan aikataulu- ja kustannussäästöjä tilaajalle laatutason heikentymättä.
- Henkilöstö perehdytetään kirjallisesti työmaalle.
- Työmaille tehdään viikoittaiset turvallisuustarkastukset MVR ja TR mitausten muodossa.
- Yrityksellä on käytössä turvallisuushavaintojärjestelmä, jonne jokainen työntekijä voi raportoida turvallisuushavainnoista.
- Projekteille laaditaan työmaakohtainen ympäristö- ja jätehuoltosuunnitelma, joissa kuvataan työmaan ympäristöriskit ja niiden hallintatoimenpiteet, sekä jätehuollon periaatteet.
- Työmaan ympäristön tilaa katselmoidaan viikoittaisella ympäristömittarilla.
- Laatu-, turvallisuus- ja ympäristötavoitteille on määritetty yritys- ja projekti-kohtaisesti numeeriset tavoitteet. Yrityskohtaisten tavoitteiden toteutusta seurataan vuosittain pidettävässä johdon suorittamassa katselmuksessa ja projektikohtaisten tavoitteiden toteutumista projektin päättyessä.

## 2.2 Työn laatuvaatimukset

Rakenteen tulee täyttää suunnittelu ja sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset mittatarkkuudessa, säilyvydessä ja kuormituksen kestossa. Rakenteelle on tehtävä sen toteutus ja toleranssiluokkien mukaiset tarkistustoimet, ja saadut tiedot on dokumentoitava.

## 2.3 Toteutus- ja toleranssiluokat

Suunniteltavat ja rakennettavat betonirakenteet jaotellaan toteutusluokkiin, ne on esitetty standardissa SFS-EN 13670. Toteutusluokka valitaan seuraamusluokkien (CC1, CC2 ja CC3) sekä rakenteen käyttöön ja toteutukseen liittyvien riskitekijöiden perusteella. Toteutusluokat jaetaan luokkiin 1...3, joista viimeinen on vaativin. Toteutusluokan 2 ja 3 rakenteiden toteutuksesta tehdään muistiinpanot sopivilta osiltaan betonointipöytäkirjan muodossa. Betonointipöytäkirjan sisältöä käsitellään tässä työssä kohdassa 5.2. Betonirakenteiden toteutusasiakirjojen ja toteutuseritelmän laadinnasta annetaan lisäksi ohjeita standardeissa SFS-EN 13670 ja SFS 5975. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016.)

By 65:n (2016, 8) mukaan rakenteiden toleranssiluokat ovat 1 normaali- ja 2 erityis-toleranssit. Betonilattioiden luokitusjärjestelmässä suoruus ilmoitetaan kirjaimin A0, A, B, ja C, joista ensimmäinen on vaativin. Betonilattioiden kulutuskestävyys ilmoitetaan 1...4, joista ensimmäinen on vaativin. Sallittu halkeamaleveys ilmoitetaan I...III, joista ensimmäinen on vaativin. (by 45 2014, 14.)

Työnjohtajan sekä betonirakenteiden työnjohtajan vaativuusluokat ja niihin tarvittavat pätevydet sekä laadunvarmistustoimet määräytyvät toteutusluokkien ja toleranssiluokkien mukaan.

### **Työnjohtajien pätevydet.**

Vastaavan työnjohtajan ja erityisalan työnjohtajien vaativuusluokat perustuvat maankäyttö- ja rakennuslain pykälään 122 c (41/2014). Vastaavan työnjohtajan ja erityisalan työnjohtajien pätevyysvaatimukset perustuvat Ympäristöministeriön ohjeeseen YM4/601/2015. (Ympäristöministeriö 2015.)

Ympäristöministeriön (2015) mukaan vastaavan työnjohtajan vaativuusluokat ovat vähäinen, tavanomainen, vaativa, ja poikkeuksellisen vaativa työnjohtotehtävä. Betonirakenteiden työnjohtajan pätevyyden toteaa ja myöntää Suomessa FISE. Vaativuusluokkia ovat tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa luokka. Pätevyyttä voidaan hyödyntää myös hankkeissa, joissa ei sovelleta maankäyttö- ja rakennuslakia. Tällaisia hankkeita ovat esimerkiksi silta- ja infrarakennushankkeet. (FISE 2018.)

### 3 BETONOINNIN LAATUVIRHEITÄ AIHEUTTAVAT TEKIJÄT

Työmaalla laatuvirheitä aiheuttavat tekijät voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään. Ryhmiä on rakennuttamisen virheet, suunnitteluvirheet ja tuotantovirheet. Tuotantovirheet ovat laatuvirheiden syynä yleisin ja ne on pääosin rakennusurakoitsijan sekä materiaalitoimittajan toiminnasta riippuvaisia.

Kankainen ja Junnonen (2001, 32) jakavat tuotantovirheet seuraavasti

- materiaalitoimittajista aiheutuviin tekijöihin
- työntekijöistä ja aliurakoitsijoista aiheutuviin tekijöihin
- työnjohdosta aiheutuviin tekijöihin
- koneista ja laitteista aiheutuviin tekijöihin
- muihin ympäristön aiheuttamiin tekijöihin, kuten sää, tapaturmat, onnettomuus ja ilkivalta.

Lisäksi pelkästään työmaan toiminnasta johtuvia laatuvirheiden aiheuttajia on huolimattomuus, kiire, puutteellinen kokemus ja osaaminen, puutteellinen tiedonkulku sekä tietoinen riskinotto.

## 4 BETONOINNIN TEHTÄVÄSUUNNITTELU

Huolellisella betonoinnin tehtäväsuunnittelulla varmistetaan lopputuotteen tavoiteltu tekninen ja taloudellinen laatu sekä työn sujuvuus. Tämä tarkoittaa sitä, että työ suoritetaan sille suunnitellussa aikataulussa, suunnitelluilla resursseilla ja ilman suunnittelematonta kustannusten nousua.

Tässä vaiheessa olisi hyvä pitää tehtäväsuunnittelupalaveri, jossa suunnittelijan, materiaalintoimittajan, urakoitsijoiden ja työntekijöiden näkemykset sekä kokemukset saadaan esille työvaiheen valmistelua varten riittävän ajoissa. Palaverissa olisi syytä pohtia käytettävän betonin ominaisuuksia ja koostumuksia sekä niille mahdollisesti tehtäviä muutoksia. Jos betonoitava kohde on rakenteeltaan vaikeasti betonoitava ja käytettävän betonilaadun työstettävyydestä tai muista ominaisuuksista ei olla varmoja, voidaan tässä vaiheessa sopia malli betonoinnista vähemmän kriittiseen rakenteeseen. Tässä vaiheessa tehdään myös betonoinnin tehtäväsuunnitelma eli betonointisuunnitelma.

Toimeksiantajan käyttämä betonointisuunnitelma pitää sisällään:

- kohteen kuvauksen
- vastuu henkilöt
- työvaiheen suunnitelma-asiakirjat
- betonin ominaisuudet
- betonin laadunvalvonnan ja siitä raportoinnin
- betonointimenetelmät, betonin siirron ja betonin tiivistämisen
- aikataulun, betonointinopeuden ja työsaumat
- betonimenekin ja saapuvien kuormien koko
- työnjohdon sekä työntekijöiden resurssit ja työvuorot
- työturvallisuuden huomioinnin
- käytettävän kaluston ja varakaluston
- jälkihoidon ja lujuudenkehityksen seurannan
- talvityöhön, lämpökäsittelyyn ja erityismenetelmiin liittyvät toimenpiteet
- suoritettut tarkastukset ennen betonointia.

Lisäksi betonoinnin tehtäväsuunnittelussa on hyvä käydä läpi seuraavia asioita:

- työmaan valmiusasteen riittävyys
- työvaiheen tavoitteet ja vaatimukset
- työmaasuunnittelu ja liikennejärjestelyt
- kustannukset suunnitellulla työmenetelmällä
- yhteistyö ja tiedonkulku osapuolten kesken
- poikkeamista raportointi ja laatusuunnitelman ylläpito
- muottien ja tukirakenteet ja niiden purkuajankohta

(Talonrakennusteollisuus ry 2017, 124).

#### **4.1 Betonin ominaisuudet ja koostumuksen valinta**

Betonin ominaisuuksilla ja niiden oikealla valinnalla on merkittävä vaikutus työn onnistumisessa ja kovettuneen betonin haluttujen ominaisuuksien saavuttamisessa. Rakennesuunnittelija määrittelee asiakirjoissa ne ominaisuudet, joita kovettuneelta betonilta rakenteessa vaaditaan.

Oikeanlaatuisen ja asetetut vaatimukset täyttävän betonin koostumuksen valinta on rakennesuunnittelijan, työmaan ja betonintoimittajan yhteistyön tulos. Tätä valintaa ja pohdintaa osapuolten kesken olisi hyvä käydä riittävän ajoissa ennen kohteen betonointia. Työvaiheen tehtäväsuunnittelupalaveri on tähän sopiva ajankohta.

Tarpeettoman tiukka v/s-suhdevaatimus tai kiviaineksen raekokovaatimus saattavat vaikeuttaa betonin siirtoa ja valutyötä, jolloin rakenteen laatu saattaa heiketä esimerkiksi huonon tiiviyden takia. Betonilaadut, joissa kiviaineksen raekoko on suuri sekä sementin ja veden muodostama sementtiliiman osuus on pieni, kutistuvat tyyppillisesti vähän. Hienoraekokoiset korkeampien lujuusluokkien betonit kutistuvat puolestaan huomattavasti enemmän suuremman sementtiliimamäärän vuoksi. Betonintoimittaja opastaa käyttämään valikoimastaan betonilaatuja, joilla on betonilta vaaditut ominaisuudet. Tarvittaessa betonintoimittaja laatii erikoissuhteutukset betonin erikoisvaatimusten täyttämiseksi.



Rakenteissa, joissa betonin tiivistäminen on vaikeaa voi olla perusteltua käyttää IT-betonilaatuja. Betonilaatua voidaan vaihtaa myös kesken betonoinnin, jolloin esimerkiksi korkean rakenteen alaosa betonoidaan IT-betonilla. Kun rakenteen tiivistäminen voidaan suorittaa luotettavasti, vaihdetaan betonilaatu normaaliin rakennebetoniin. IT-betonin käyttö lisää kuitenkin betonin ja muottityön kustannuksia oleellisesti sekä hidastaa muottityötä. Myös sen erottuminen voi vaikeuttaa massan pumppausta ja siirtoa. Toisinaan normaalin rakennebetonin notkistaminen notkistavalla lisäaineella voi mahdollistaa betonin riittävän työstettävyyden.

Lujuudenkehityksen suunnittelussa on huomioitava aika jolloin betonin tulisi saavuttaa sille asetetut tavoitteet. RIL 149-1995 (51-52) esittää, että joskus tämän ajan saavuttaminen voi aiheuttaa betonin lujuusluokan noston suunniteltua korkeammaksi. Työmaan kannalta tätä keinoa on hyvin turvallista käyttää vielä nykyaikaisessakin betonirakentamisessa.

Betonilaadun muokkaamisen ja sitä myötä mahdollisten kustannusten nousun vastapainoksi saadaan aikaan betonin parempi työstettävyys. Se voi mahdollistaa rakenteelle paremman teknisen laadun sekä sen myötä työmaan aikataululliset hyödyt.

#### **4.1.1 Betonin ominaisuudet**

##### **Lujuusluokka.**

Kovettunut betoni jaetaan puristuslujuuden perusteella lujuusluokkiin. Betonin lujuusluokka merkitään esimerkiksi C25/30. Siinä C25 tarkoittaa valetusta koekappaleesta, standardilieriöstä, puristamalla määritettyä puristuslujuutta Megapascalina, ja 30 tarkoittaa 150 millimetrin kuutiosta määritetty puristuslujuus Megapascalina. Puristuslujuudet mitataan yleisimmin betonin 28 vuorokauden iässä, jollei toisin ole määrätty. Kelpoisuus voidaan osoittaa joko yksittäisenä betonilaatuna tai betonitoimittajan standardisoimana betoniperheenä, jossa on mukana useita yksittäisiä betonilaatuja. (by 65 2016, 106.)

Lujuusluokkaa säädetään erityisesti v/s-suhteella. Säilyvyyden vaatima betonin koostumus ja vähimmäislujuusluokka määräytyvät suunnitelmissa esitettyjen rakenteen käyttöiän ja rasitusluokkien perusteella. Ulkorakenteissa säilyvyysvaatimus edellyttää usein korkeampaa lujuusluokkaa kuin rakenteen kantavuus vaatisi, jolloin lujuusluokka valitaan säilyvyyden perusteella. (by 65 2016, 36.)

### Rasitusluokka.

By 65 (2016,16) ohjeistaa, että betonirakenteen suunnittelija määrittelee ja valitsee rakenteen rasitusluokan rasitustekijöiden mukaa. Rasitusluokan tunnuksessa periaatteena on, mitä korkeampi on rasitusluokan numero, sitä suurempi on betonin kyseinen rasituksen kesto. (Taulukko 2.) Rakenteen rasitusluokka voi olla myös yhdistelmä eri luokkien rasitusluokkia.

Taulukko 2. Betonirakenteiden rasitusluokat (by 65 2016, 16-18).

|   | Rasitusluokat      | Kuvaus   |
|---|--------------------|--|
| 1 | X0                 | Ei korrosiota tai syöpymisrasituksen riskiä          |
| 2 | XC1, XC2, XC3, XC4 | Karbonatisoitumisen vaikutuksesta aiheutuva korrosio |
| 3 | XD1, XD2, XD3      | Muun meriveden kloridien aiheuttama korrosio         |
| 4 | XS1, XS2, XS3      | Meriveden kloridien aiheuttama korrosio              |
| 5 | XF1, XF2, XF3, XF4 | Jäätymis-sulamisrasitus tai imlman niitä             |
| 6 | XA1, XA2, XA3      | Kemiallinen raistus                                  |

### Notkeus.

Betonin notkeudella on suuri merkitys rakenteen lopputuloksen kannalta. Notkeus kuvaa betonin kykyä mukautua muotin muotoihin siten, että muotti täyttyy joka kohdasta. Betonin notkeusluokat ovat S1...S5, jossa notkeus kasvaa numeroinnin mukaisesti. Notkeus tulisi valita mahdollisimman jäykäksi, mutta kuitenkin kohteen erityispiirteet ja käytettävä betonin siirtokalusto huomioiden sopivaksi.

Notkeusluokkaa S3 voidaan pitää perusnotkeutena paikallavalurakenteissa siirrettäessä massaa pumppaamalla. Kuitenkin notkeuden S4 käyttö voi olla perusteltua varsinkin rakenteissa, joissa betonin tiivistäminen on vaikeaa. Siirrettäessä betonia työmaalla muilla tavoin on notkeuteen vaikuttava tekijä pääasiassa sen tiivistettyys.

Betonin notkistaminen pelkästään veden ja sementin lisäyksellä johtaa betonin viiruman, kutistuman, erottumisriskin ja halkeilun lisääntymiseen. Sen vuoksi betonityön vaatiessa suurempaa notkeutta olisi käytettävä notkistavia lisäaineita. Aina ennen betonin notkistamista työmaalla tulee betonitoimittajalta selvittää, miten sen voi notkistaa. (by 67 2016, 9.)

### **Ilmamäärä.**

Normaalin rakennebetonin ilmamäärä on 1...2 % massan tilavuudesta. Kovettuneen betonin pakkasenkestävyyttä voidaan kuitenkin parantaa lisäämällä betoniasemalla betonin sekoitusvaiheessa lisäainetta, jonka tehtävänä on lisätä betonin ilmamäärää. Ilmamäärän lisäyksen seurauksena betoniin saadaan aikaiseksi suojaohukostus, johon kovettuneessa betonissa oleva vesi voi jäätyessään laajentua rapautamatta betonia. Tämän seurauksena betonin kutistuminen kuitenkin kasvaa jonkin verran. (by 67 2016, 11.)

Jokaisella betonilaadulla on oma maksimi ilmamäärä, johon vaikuttavat käytetyt lisäaineet, sementti ja betonin notkeus. Mikäli suojaohukostetun betonin maksimi ilmamäärää ei saavuteta betoniasemalla sekoituksessa, riskinä on betonin ilmamäärän nouseminen kuljetuksen tai odotuksen aikana. Betonin liian suuri ilmamäärä voi aiheuttaa lujusongelmia, koska 1 %:n ilmamäärän lisäys heikentää betonin lujutta 5 %. Jos betonille on määrätty ilmamäärämittaukset tulisi betonitoimittajan suorittaa ne vasta työmaalle saapuvasta betonikuormasta ennen kuorman purkamista. Tämä mittauksen tärkeys korostuu, kun käytetään P-lukumassoja eli niin sanottuja siltabetoneita.

### **Lämpötila.**

Työmaalle saapuvan betonin lämpötila tulisi olla vähintään +15 °C. Varsinkin talvi-betonoinnissa betonin lämpötilaa tulee seurata aina sen muottiin siirtymiseen asti. Tähän lämpötila seurantaan soveltuu hyvin infrapunalämpömittari.

Kylmissä olosuhteissa voidaan betonin lämpötilaa nostaa betoniasemalla, jotta haluttu lujudenkehityksen nopeus saavutetaan. Lämpimissä olosuhteissa sekä massiivisia rakenteita betonoitaessa on massan lämpötilaa syytä rajoittaa sementti ja seosaine valinnoilla. (by 67 2016, 11.)

### **Koossapysyvyys.**

Koossapysyvyydellä tarkoitetaan, veden erottumista betonin pintaan sekä karkean kiviaineksen ja sementtiliiman erottumista toisistaan. Kiviaineksen ja sementtiliiman erottuminen on ongelma erityisesti notkeilla massoilla sekä korkealujuus ja IT-betoneilla. (Kuva 1.) Näihin ongelmiin voidaan vaikuttaa betonin suhteituksella ja kiviaineksen oikealla rakeisuuskäyrällä. (by 67 2016, 11.)

Betonin koossapysyvyyteen vaikuttavia ja sitä heikentäviä tekijöitä on

- betonin matala lämpötila
- sekoitusvaiheen erottuminen
- kuljetuksessa tapahtuva erottuminen
- suuri massan pudotusmatka muottiin
- massan siirtäminen täryttämällä.



Kuva 1. Tukkeutunut letkulinja IT-betonin erottumisen seurauksena.

#### 4.1.2 Betonin raaka-aineet

##### **Side- ja seosaineet.**

Sementti on yleisimmin käytetty betonin sideaine. Veden kanssa sekoitettuna se muodostaa sementtiliiman, joka sitoutuu ja kovettuu ”liimaten” kiviaineksen ja teräksen yhtenäiseksi rakenteeksi. Sementin lisäksi voidaan sideaineina käyttää seosaineita, joita ovat mm. lentotuhka, masuunikuona ja silika. Nämä korvaavat aineet kuitenkin lisäävät betonin kuivumiskutistumaa, kun v/s-suhte pidetään vakiona. (by 67 2016, 28-29.)

Betonitoimittaja valitsee yhdessä työmaan kanssa käytettävän sementtilaadun sekä seosaineet, jolla saavutetaan parhaiten betonin halutut ominaisuudet. Viileissä olosuhteissa ja talvella siirrytään tarvittaessa käyttämään nopeampia sideaineyhdistelmiä, erityisesti lattiabetoneissa. Massiivivaluissa ja kuumissa olosuhteissa pyritään käyttämään alhaisen lämmöntuoton omaavaa sideaineyhdistelmää.

##### **Kiviaines ja maksimiraekoko.**

Betonissa voidaan käyttää luonnon-, keino-, uusio- tai kierrätyskiviainesta. Kiviaineksella tulee olla CE-merkintä tai muulla luotettavalla tavalla osoitettu materiaalin laatu. (by 65 2016, 28.)

Kiviaineksena käytetään tyypillisesti 8, 12, 16 tai 32 mm maksimiraekokoja. Nykyisin betonitoimittajat suosivat pieniraekokoisia betoneita niiden helpomman työstettävyyden ja pumpattavuuden vuoksi. Maksimiraekoon pienentyessä betonissa tarvittavan sementtiliiman määrä kasvaa, mikä johtaa betonin viruman, kutistuman ja halkeilun lisääntymiseen. Tämän vuoksi tulisi betoniin valita mahdollisimman suuri maksimiraekoko huomioiden massan siirtotapa, valettavan rakenteen mitat sekä raudoitustiheys. (by 67 2016, 10.)

##### **Vesi-sementtisuhde.**

Betonin lopullinen lujuus riippuu ennen kaikkea betonin v/s-suhteesta. Veden lisääminen betoniin parantaa työstettävyyttä, mutta mitä enemmän betonissa on vettä, sitä alhaisempi on kovettuneen betonin lujuus. Jos betonin työstettävyyttä paranne-

taan veden lisäyksellä, on toivotun lujuuden saavuttamiseksi lisättävä myös sementtiä. Tämän vuoksi valmiiseen betonimassaan ei saa lisätä pelkästään vettä sen notkistamiseksi.

Nykyisissä betonilaaduissa käytetään hyvinkin pieniä v/s-suhteita, jolloin kiviaineksen sisältämä kosteudella on suuri merkitys betonin koostumukseen. Markkinoille on tullut kiviaineksen kosteuden reaaliaikaiseen mittaamiseen tarkoitettuja välineitä, jolloin betoniasemalla saavutetaan betonin halutunlainen koostumus.

### **Lisäaineet.**

Betoniin voidaan lisätä lisäaineita, joilla saadaan aikaan kulloinkin haluttuja ominaisuuksia työstettävälle ja kovettuneelle betonille.

Betonin lisäaineita on

- notkistimet
- huokostimet
- kiihdyttimet
- paisuttimet
- kutistumaa vähentävät SRA-aineet
- sisäisen jälkihoidon mahdollistavat aineet

(by 67 2016, 30).

## **4.2 Kaluston valinta**

Paikallavalurakenteiden betonointiin käytettävä kalusto täytyy suunnitella aina kohdekohtaisesti käytettävä betonilaatu huomioiden, jotta työvaiheen kustannukset ei nouse ja työ olisi tehokasta. Betonipumppauksen suorittava taho on paras asiantuntija kaluston valintaa. Heillä on myös paras käsitys kaluston sijoittamiseen sekä sen tilantarpeeseen työmaalla. (Kuva 2.) Kaluston valinta tulisi tehdä työn ennakkosuunnittelu vaiheessa, jolloin ehditään varautua myös riittävällä varakalustolla häiriötilanteiden varalta. Betonoinnin sujuvuuden kannalta betonoitaessa pitkillä vaakaletku linjoilla on huomioitava betonin koostumus ja kuormakoko oikeaksi, jolloin vältytään letkulinjan tukkeutumiselta.

Kaluston valinnassa on otettava huomioon seuraavia asioita:

- valettavan betonin laatu
- valettavan betonin määrä
- valualueen laajuus ja sijainti
- valukalustolle varattu tila
- valukaluston pohjan kantavuus
- työvaiheeseen varattu aika ja raha
- muille työvaiheille aiheutuva häiriö
- ympäristön aiheuttamat tekijät kuten liikenne.



Kuva 2. Pumppauspaikan valinnassa on huomioitava kaluston vaatima tila työmaalla.

### 4.3 Työvaiheen aloituspalaveri

Varsinkin ennen haasteellisten betonointitöiden aloittamista olisi syytä pitää työvaiheen aloituspalaveri. Se on myös hyvä hetki perehdyttää työn suorittajat työhön. Aloituspalaverissa varmistetaan, että kaikilla työn osapuolilla on sama käsitys työn suorittamisesta, tavoitteista ja vastuista. Lisäksi varmistetaan, että työn aloitusedellytykset ovat kunnossa. (Kuva 3.) Jos jotain korjattavaa ilmenee, voidaan aloituspalaverissa suunnitella, kuinka korjaukset saadaan tehtyä ennen työn aloitusta. Jos varsinaista työvaiheen aloituspalaveria ei suoriteta, on työhön perehdytys kuitenkin hoidettava. (Ratu S-1228 2010, 17.)



Kuva 3. Aloituspalaverissa käsiteltäviä asioita (Ratu S-1228 2010, 17).



## 5 BETONOINNIN AIKAINEN LAADUNVARMISTUS JA TYÖN OHJAUS

Betonointia johtaa siitä vastaava betonityönjohtaja, ja hänen vastuullaan on betonoinnin aikaiset laadunvarmistus ja työn ohjaukseen liittyvät tehtävät. Työmaalla tapahtuva laadunvalvonta tapahtuu rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Betonoinnin aikaisesta materiaalin laadunvarmistuksesta vastaa betonintoimittaja oman laadunvalvontasuunnitelman avulla.

Betonoinnin aikaisen laadunvarmistuksen tehtäviä on

- pumppaus ja nostokaluston pystytyspöytäkirjat
- betonin vastaanotto ja siihen liittyvät tarkastukset
- materiaalin laadunvalvonta
- työntekijöiden perehdytykset
- betonin ominaisuuksien tarkkailu valun aikana tarvittavine mittauksineen
- työsuorituksen ja -turvallisuuden tarkkailu
- muottien pysyvyyden tarkkailu
- raudotteiden pysyvyys ja suojapeitepaksuuden tarkkailu
- tietojen kerääminen betonointipöytäkirjaa varten.

### 5.1 Betonin vastaanotto ja ominaisuuksien tarkkailu

Betonin ilmamäärämittaukset ja mahdollisten koekappaleiden teon hoitaa yleisesti betonintoimittaja työmaalla. Jokaisen työmaalle saapuvan betonikuorman kuormakirjan tiedot ja kuorman sisältö tarkistetaan ennen kuin kyseistä kuormaa aletaan siirtämään valukohteeseen, tämä tarkastus on betonityönjohtajan vastuulla. Betonoinnin aikana tarkkaillaan betonin ominaisuuksien säilymistä suunnitelmien mukaisena. Jos toimitettavan betonin laatu, betonikuormien koko tai saapumistiheys on suunniteltu väärin voi betonin ominaisuudet muuttua kuorman purkamisen aikana, tai sitä ennen niin paljon että betoni on valuun sopimatonta. Silloin betonointi kyseisestä kuormasta tulee lopettaa. (by 65 2016, 102.)

## 5.2 Betonointipöytäkirja

Toteutusluokan 2 ja 3 rakenteiden valmistuksesta tehdään seuraavat muistiinpanot sopivilta osiltaan betonointipöytäkirjan muodossa. Betonointipöytäkirjat arkistoidaan kohteen vaatimusten edellyttävällä tavalla.

Betonointipöytäkirjaan kirjataan seuraavia asioita:

- kohteen tiedot
- vastuuhenkilöt
- betonimäärä
- betonin lujuus- ja rakenneluokka
- betoniin käytetyt raaka-aineet
- käytetyt lisä- ja seosaineet
- betonoinnin ajankohta
- betonointi nopeus ja valutauot
- sääolosuhteet
- suoritettujen materiaalin laadunvarmistustoimet
- suoritettu jälkihoito ja käytetty jälkihoitoaine
- betonikuormien kuormakirjat.

## 5.3 Betonointityön ohjaus

Betonointityön ohjaus on keskeisessä osassa työn onnistumisen kannalta, ja sen voi hyvin ajatella sisältyvän osaksi laadunvalvontaa. Vaikka työryhmä olisi kokenut ja ammattitaitoinen, on betonointityönjohtajan hyvä ohjata heidänkin toimintaa. Työn suorittamisessa tietämättömyys, kiire, väsymys tai huolimattomuus voi aiheuttaa laaturvirheitä betonointiin. Lisäksi oikean betonointityön suorittamiseksi on hyvä tarkkailla betonoinnin tukirakenteiden ja raudoituksen pysyvyyttä työn aikana. Jos poikkeamia havaitaan, voidaan heti ryhtyä toimiin niiden korjaamiseksi.

### 5.3.1 Valumuotin ja raudoitteen pysyvyys

Etenkin korkeissa seinä- ja pilarimuoteissa sekä holvimuoteissa tulee muotin ja sen tukien paikoillaan pysyvyyttä tarkkailla koko betonointityön ajan. Jos muutoksia muotin tai sen tukirakenteissa havaitaan, on valu pysäytettävä ja ongelma korjattava. Raudoitteen tarkkailussa kiinnitetään huomiota suojabetonikerroksen pysyvyyteen ja raudoitetankojen irtoamiseen. Mahdolliset muutokset korjataan välittömästi.

### 5.3.2 Valumuotin täyttö

Betoni siirretään muottiin tasaisina kerroksina. Kerrosten vahvuudessa on huomioitava betonin koostumus, tiivistyskaluston teho, ja tiivistykseen käytettävä aika. Kerrosten vahvuus ei saa kuitenkaan ylittää 400 mm, jotta riittävä betonin tiivistäminen on mahdollista. Betonin pudotuskorkeus ei saa ylittää 1000 mm, jotta betoni ei erottuisi. Korkeissa rakenteissa tulee käyttää valuputkea tai -sukkaa. Myös matalissa rakenteissa, joissa on tiheä pintaraidoitus voidaan betonin erottumista vähentää valuputken tai -sukan käytöllä. Valumuotin täytön aikana betonin tulisi säilyä tasa-laatusena, varsinkin suuriraekokoiset betonilaadut pyrkivät erottumaan helposti. (RIL 149-1995, 70-71.)

Rakenteessa, jossa on valuvauksia, täytyy varauksen pohjaa edeltävä valukerros jättää 200 mm varauksen alapuolelle. Seuraavassa valukerroksessa otetaan betonia varauksen viereen, ja painevaikutusta hyväksikäyttäen täytetään varauksen alusta täyteen. Tämän jälkeen voidaan jatkaa betonointia varauksen toiselle puolelle. (RIL 149-1995 1995, 71.)

### 5.3.3 Betonin tiivistys

Betonin tiivistyksen tarkoituksena on saada poistettua betonista kaikki ylimääräinen ilma. Lisäksi tiivistyksellä pyritään siihen, että betoni täyttää tasaisesti sille tarkoitettun tilan ja ympäröi raudoituksen sekä muut rakenneosat kauttaaltaan. Yleisin tiivistykseen käytetty tärytintyyppi on tärysauva. Tärysauvan annetaan vajota pystysuoraan 100...200 mm edelliseen valukerrokseen, jolloin suoritetaan edellisen kerroksen jälkitiivistys. Tärysauvaa nostetaan rauhallisesti ylös, jolloin ylimääräinen ilma poistuu betonista. Koko suorituksen tulisi kestää noin 10...25 sekuntia riippuen betonin koostumuksesta. Tämä toimenpide toistetaan tärysauvan tehosta ja betonin koostumuksesta riippuen 250...500 mm:n välein. Työryhmän työskentelyn tulisi olla järjestelmällistä, ettei rakenteeseen jää tiivistämättömiä kohtia. (Kuva 4.) Etenkin rakenteissa, joissa betonoidaan ulokkeita ja konsoleita tulee betonin tiivistykseen kiinnittää erityistä tarkkuutta. Tällaisen rakenteen tiivistysmahdollisuus tulisi ottaa huomioon jo muottisuunnittelussa. (RIL 149-1995, 73-76.)



Kuva 4. Betonin tiivistämistä tärysauvoilla.

Seinä-, pilari- ja palkkirakenteissa suoritetaan jälkitiivistys myös viimeiseen betonikerrokseen noin 45 minuutin kuluttua sen varsinaisesta tiivistyksestä. Jälkitiivistyksellä pienennetään betonin plastisen painuman aiheuttamaa halkeiluriskiä, poistetaan betonista erottunutta vettä ja vähennetään ilmakuplien määrää.

Varsinkin laajoissa betonointikohteissa ja käytettäessä tehokkaita betonin siirto tapoja on tiivistyskapasiteetti oltava sellainen, että valukerros ehditään tiivistää ennen uuden valukerroksen levittämistä muottiin. Laattojen betonoinnissa pinnan tasaamiseen käytetään yleisesti erilaisia tärypalkkeja, mutta myös niissä tulisi betoni tiivistää lisäksi tärysauvalla. (RIL149-1995, 72.)

#### 5.3.4 Valun nousu- ja kiertonopeus

Valun nousunopeus on oltava sellainen, että betonin itselleen ja muotille aiheuttama paine ei nouse suunniteltua suuremmaksi. Notkeat betonilaadut sekä suuri valun nousunopeus voi aiheuttaa tällaisen valu- ja muottipaineen liiallisen nousun. Myös lämpötilan vaikutus betonin sitoutumiseen ja sen myötä valupaineeseen täytyy huomioida. (Taulukko 3.) Valun kiertonopeus ja valutaukojen pituus on suunniteltava sellaisiksi, ettei edellisen valukerroksen sitoutuminen ehdi edetä liikaa ennen seuraavan betonikerroksen tiivistämistä. Jos näin tapahtuu, olisi kerrosten välinen sauma rakennettava kuin suunniteltu liikuntasäily. Hidastavan lisäaineen käytöllä voidaan estää tällaisten suunnittelemattomien saumojen syntymistä. (RIL 149-1995, 72-73.)

Taulukko 3. Valun nousunopeudesta sekä lämpötilan vaikutuksesta johtuvia muottipaineita (RIL 149-1995, 72).

| Betonimassan nousunopeus muotissa, m/h | Max. Muottipaine kN/m <sup>2</sup> , lämpötilassa |       |       |
|--|---|-------|-------|
|  | 5 °C  | 10 °C | 20 °C |
| 0,1                                    | 16  | 14    | 10    |
| 0,25                                   | 22  | 20    | 16    |
| 0,5                                    | 28  | 26    | 21    |
| 0,75                                   | 35  | 32    | 26    |
| 1                                      | 40  | 37    | 30    |
| 1,5                                    | 51  | 47    | 38    |
| 2                                      | 58  | 54    | 43    |

## 6 KOVETTUVAN BETONIN OMINAISUUDET JA OMINAISUUKSIEN HALLINTA

Betonin kovettuminen jatkuu vuosia betonoinnin jälkeen. Kovettuvan betonin kaikki ominaisuudet on tunnistettava ja hallittava jotta saavutetaan laadukas lopputulos. Betonin tärkein ominaisuus on sen puristuslujuus, vetolujuus on vain 5-8 % tästä lujuudesta. Työmaan kannalta oleellimmat tekijät betonin lujuudenkehityksessä on ajanjakso, jolloin rakenteen betoni saavuttaa jäätymislujuuden ja muottien purkamislujuuden. (by 67 2016, 21.)

### 6.1 Lämmön- ja lujuudenkehitys

Sementin hydrataatio reaktiossa kehittyy lämpöä samassa suhteessa rakenteen lujuudenkehityksen kanssa. Lämmön- ja lujuudenkehityksen nopeuteen vaikuttavat sementin kemiallinen koostumus ja sen raekoko. Betonin lujuudenkehityksen hallinta kaikissa rakentamisolosuhteissa on taloudellisen betonirakentamisen perusta.

Keskeisimmät työmaan tavoittelemat hyödyt lujuudenkehityksen hallinnasta ovat

- muottien purkulujuuden saavuttaminen suunnitellussa aikataulussa
- betonivalujen optimaalinen suojaus ja lämmitys
- betonirakenteen laatu
- betonitöiden työturvallisuus.

Kuvan 5. mukaisissa massiivisissa rakenteissa betonin lämpötila nousee yleensä korkeaksi valun keskiosassa, tämä johtaa lämpötilaeroihin rakenteen pinnan ja keskiosien välillä. Lämpötilaeroista johtuvat jännitykset aiheuttavat herkästi halkeilua betonin pintaan, joka voi vaikuttaa betonin säilyvyyteen.

Rakenteeseen syntyviin lämpötilaeroihin voidaan vaikuttaa muottien ja betonin pintojen eristämällä sekä mahdollisella lämmityksellä tai jäädytyksellä. Tämän vuoksi huolellinen suunnittelu lämpötilaerojen hillitsemiseksi on tärkeää. Betonin hydrataatiossa muodostuvaan lämpöön voidaan vaikuttaa käyttämällä mahdollisimman vähän lämpöä tuottavaa sementtiä sekä kuonaa seosaineena tai mahdollisimman kylmää betonia. On muistettava, että nämä toimet hidastavat myös betonin

lujuudenkehitystä. Talvibetonoinnin yhteydessä on perusteltua käyttää nopeammin kovettuvaa sementtiä, koska rakenteen lämmitys aikaa ja tarvetta voidaan silloin pienentää.



Kuva 5. Tuulivoimalan jalan betonointi (Maastorakentajat 2018).

### 6.1.1 Lujuuden kehityksen seuranta

Koostumukseltaan määrätyn betonin lujuutta voidaan arvioida sen kovettumislämpötilan ja ajan funktioon perustuvien kypsyyslaskelmien sekä käyrien avulla. Mittaukseen voidaan käyttää perinteisiä lämpömittareita tai elektronisia mittareita. Kehittyneimmistä mittauslaitteista voidaan saada mittaustulokset analysoitaviksi suoraan lujuudenkehityksen seurantaan kehitettyihin tietokonepohjaisiin ohjelmiin. Ohjelmalla voidaan helposti hyödyntää työmaalla mitattua lämpötilatietoa ja seurata rakenteen lujuudenkehitystä lähes reaaliajassa. Rakenteen lujuutta voidaan arvioida myös laboratoriossa, valetun rakenteen kanssa samoissa olosuhteissa säilytetyn koekappaleen, tai tutkittavasta rakenteesta porattavien koekappaleiden avulla. (RIL 149-1995, 178.)

### 6.1.2 Jäätymislujuus

Jäätymislujuus on betonin lujuusraja, jonka alapuolella betoni jäätyessään pysyvästi vaurioituu. Se on kaikissa lujuusluokissa 5 MN/m<sup>2</sup>. Nykyisellä rakentamisen aika-  
taululla rakenteita ei yleisesti päästetä jäätymään ennen kuin rakenne on saavutta-  
nut lähes nimellisljuuden. Mutta käytettäessä lämmityskalustoa betonin lujuuden-  
kehityksen nopeuttamiseksi voi laiterikkojen tapahtuessa olla jäätymisljuuden saa-  
vuttamisellakin merkitystä rakenteen laatuun. Betonin lujuudenkehitys jatkuu vasta  
kun betonin lämpötila on yli 5 °C. (by 65 2016, 77.)

### 6.1.3 Muottien purkamislujuus

Muotit ja tukirakenteet voidaan purkaa, kun betoni on kovettunut niin paljon, että  
rakenteet kestävät niille tulevat rasitukset ja muodonmuutokset pysyvät sallituissa  
rajoissa. Rakennesuunnittelija määrittelee muottien purkamisljuuden suunnitel-  
missa, jos näin ei ole täytyy se arvioida työmaalla. Vastaava työnjohtaja, betonityön-  
johtaja tai rakennesuunnittelija antaa luvan muottien purkamiseen rakenteesta mi-  
tatun lujuuden täytyttyä. Taulukossa 4. on esitetty ohjeellisia muottien purkuljuuk-  
sia. Tavallisesti purkamisljuus on 60...80 %:n välillä nimellisljuudesta, jolloin ra-  
kenne kestää sen omapainon. Pystyrakenteissa muottien purkuljuus voi olla sel-  
västi alle 60 %. (RIL 149-1995, 167-168.) Purkuljuuden saavuttamisen jälkeen on  
kuitenkin huomioitava betonin viruma ja siitä aiheutuva lisätuennan tarve.

Taulukko 4. Ohjeellisia muotin purkuljuuksia (RIL 149-1995, 168).

| Kuormituksen suhde<br>suunnitellusta<br>kuormituksesta % | Muottienpurkamisljuus % nimellisljuudesta |                |                |
|--|---|----------------|----------------|
|  | Erikoisrakenteet                          | Vaakarakenteet | Pystyrakenteet |
| 100  | 90... 100                                 | 80... 90       | 80... 90       |
| 80   | 70... 80                                  | 70... 80       | 65... 75       |
| 60   | 60... 70                                  | 50... 60       | 50... 60       |



### 6.1.4 Nimellislujuus

Nimellislujuus on betonin lujuusluokka, jonka mukaan rakenne on suunniteltu. Betonin lujuusluokka merkitään esimerkiksi C25/30. Lujuusluokka on käsitelty tässä työssä tarkemmin kohdassa 4.2.1. Rakenteita ei tule kuormittaa täydellä kuormalla ilman väliaikaista tuentaa ennen kuin rakenteet ovat saavuttaneet nimellislujuutensa.

### 6.2 Viruma

Betonin viruma on muodonmuutos, joka syntyy kimmoisen muodonmuutoksen lisäksi kuormituksen vaikuttaessa pitkän ajan rakenteeseen. Kuormituksen poistessa rakenteesta kimmainen muodonmuutos palautuu heti ja viruman osuus palautuu ajan kuluessa osittain.

Rakenteen virumaan vaikuttaa

- betonin ikä kuormitushetkellä
- betonin lujuusluokka
- runkoaineen määrä ja laatu
- lämpötila
- ympäristön kosteus
- rakenteen mitat
- kuormituksen suuruus ja kesto.

Riittämätön jälkihoito ja muotin tukirakenteiden liian aikainen poistaminen kasvat-  
taa virumaa huomattavasti. Jos rakenteita joudutaan kuormittamaan aikaisessa  
vaiheessa, voidaan sitä viruman vähentämiseksi tukea muotin poistamisen jälkeen  
tarkoitukseen sopivilla tuilla. Kuormituksena pitää huomioida myös tuulen vaikutus  
suuriin seinäpintoihin.

### 6.3 Betonin kutistuminen

Betonin kutistuminen on sen luonnollinen ominaisuus, joka liittyy veden poistumiseen betonista haihtumalla ja erottumalla sekä veden ja sementin hydrataatioreaktion vaikutuksesta. Kutistuminen voi aiheuttaa rakenteissa haitallisen suurta halkeilua, joka vaikuttaa suuresti sen säilyvyyteen. Kutistumista ei pystytä kokonaan poistamaan, mutta sitä voidaan vähentää merkittävästi.

Betonin kutistuminen jaetaan varhaisvaiheen plastiseen kutistumaan sekä plastisen vaiheen jälkeiseen kuivumiskutistumaan. Plastinen kutistuma on voimakkainta ennen betonin sitoutumista, kun betonin pinnalta pääsee haihtumaan runsaasti kosteutta. (by 45 2014, 138.)

Kuivumiskutistuma alkaa ensimmäisen vuorokauden jälkeen betonoinnista ja jatkuu vuosien ajan. Sen aiheuttamaa halkeilua voidaan hallita liikuntasaumoilla, kutistumaraudoituksella ja muilla suunnitteluratkaisuilla. Kuivumiskutistuman alkua voidaan siirtää jälkihoidon avulla myöhäisemmäksi, jolloin betoni kestää paremmin kutistumisesta johtuvia jännityksiä. Kasvattamalla betonin kiviaineksen osuutta ja vähentämällä veden ja sementin määrää saadaan betonin kuivumiskutistuman määrää pienennettyä. (by 45 2014, 140.)

### 6.4 Jälkihoito

Oikealla ja huolellisella jälkihoidolla voidaan vaikuttaa betonirakenteen haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseen suuresti. Sen merkitys kasvaa jatkuvasti käytettävien betonilaatujen johdosta. Jälkihoitoon luetaan kaikki ne toimenpiteet joilla varmistetaan betonille hyvät kovettumisolosuhteet. Keskeisiä tekijöitä ominaisuuksien saavuttamiseen on riittävä kosteus ja oikea lämpötila. Jälkihoito jatkuu valusta hetkeen, jolloin betoni on saavuttanut halutut ominaisuudet. Betonoinnin ja seuraavien työvaiheiden aikataulutuksessa on otettava huomioon, että betonoinnin riittävä jälkihoitoaika saavutetaan. Taulukossa 5. on esitetty suositeltuja jälkihoitoaikoja eri betonilaaduille.

Taulukko 5. Jälkihoidon suositellut vähimmäisajat (by 67 2016, 52).

| Betonin lämpötila °C | Aika (d) jolloin saavutetaan 50% nimellislujudesta |        |        | Aika (d) jolloin saavutetaan 70% nimellislujudesta |        |        | Aika (d) jolloin saavutetaan 80% nimellislujudesta |        |        |
|----------------------|--|--------|--------|--|--------|--------|--|--------|--------|
|                      | C25/30   | C30/37 | C35/45 | C25/30   | C30/37 | C35/47 | C25/30   | C30/37 | C35/47 |
| 10                   | 9  | 7      | 6      | 17   | 15     | 13     | 24   | 22     | 20     |
| 20                   | 4,5  | 3,5    | 3      | 8,5  | 7,5    | 6,5    | 12   | 11     | 10     |
| 30                   | 3  | 2,5    | 2      | 5  | 4,5    | 4      | 7,5  | 7      | 6      |
| 40                   | 2  | 1,5    | 1      | 3,5  | 3      | 2,5    | 5  | 4,5    | 4      |

Jälkihoidossa tulee myös huomioida sään aiheuttamat tekijät betonin lujuudenkehitykselle. Jälkihoitosuunnitelma tehdään jo ennen betonointia betonointisuunnitelman yhteydessä, jossa otetaan huomioon kyseisen kohteen ominaisuudet sekä va- luolosuhteet. Suoritettavat jälkihoitotoimenpiteet ja vallinneet olosuhteet dokumentoi- daan betonointipöytäkirjaan.

Betonoinnin jälkihoito voi perustua

- tiiviiseen muovikalvoon betonoinnin pinnalla
- betonipinnan kastelemiseen
- betonipinnan kosteana pitäviin kankaisiin
- jälkihoitoaineisiin
- valumuotin antamaan suojaan
- lämpöeristeisiin betonoinnin suojana
- betonoinnin lämmittämiseen tai jäähdyttämiseen.

(by 67 2016, 49-50.)

#### 6.4.1 Varhaisjälkihoito

Kutistumisherkissä laatta- ja lattiarakenteissa heti pinnan oikaisun jälkeen aloitetta- valla varhaisjälkihoidolla voidaan vähentää oleellisesti plastista kutistumaa. Var- haisjälkihoitoon käyttökelpoisin menetelmä on siihen soveltuva sumutettava jälki- hoitoaine. Varhaisjälkihoitoa tarvitaan myös käytettäessä betonilaatuja, joissa ve- denerotus on pientä.

Varhaisjälkihoitoa suositellaan

- säänkestäville betoneille
- korkealujuus betoneille
- voimakkaasti notkistetuille betoneille.

Varhaisjälkihoidon merkitys korostuu haastavissa valuolosuhteissa, joissa lämpötila, aurinko tai ilmavirta pääsevät haihduttamaan voimakkaasti kosteutta betonin pinnalta. (by 67 2016, 50-51.)

#### **6.4.2 Varsinainen jälkihoito**

Varsinainen jälkihoito aloitetaan välittömästi, kun betonipinnalle on saatu tehtyä siltä vaaditut toimenpiteet. Jälkihoitomenetelmiä voidaan myös yhdistellä, jolloin heti betonin hierron jälkeen sille levitetään sumutettava jälkihoitoaine, ja myöhemmin kun betonin pintaan ei tule painumia levitetään siihen esimerkiksi muovikalvo. Jälkihoitoaineen levityksessä suurille pinta-aloille voidaan käyttää lehtipuhaltimeen saattavia levityslaitteita.

Pystyrakenteissa muotti toimii pinnan jälkihoitona sen poistamiseen saakka. Tämän jälkeen pinnoille voidaan levittää ruiskutettava jälkihoitoaine, riittävän pitkän jälkihoitoajan saavuttamiseksi. Betonipinnan jälkihoito voidaan lopettaa, kun rakenne on saavuttanut halutun lujuuden. Jos betonipinta johon on käytetty jälkihoitoainetta pinnoitetaan, on se poistettava hionnan tai sinkopuhalluksen avulla. (by 67 2016, 51-52.)

#### **6.5 Kosteudenhallinta**

Rakennuskohteessa, jossa on kosteusteknisesti kriittisiä rakenneosia, tehdään kosteudenhallintasuunnitelma. Näistä rakenneosista on tehtävä kartoitus ja työnjohdon täytyy kiinnittää erityishuomio niihin. Lisäksi rakenneosien riittävä kuivumisaika on huomioitava koko kohteen aikataulusuunnittelussa. (by 47 2013, 97.)

Pinnoitettavien betonirakenteiden pinnoituskelpoisuus on varmistettava ennen pinnoitustyön aloitusta. Luotettavin pinnoituskelpoisuuden mittaustapa on betonin suhteellisen kosteuden mittaus porareikämittauksella. Tästä mittaustavasta ja mittaajan pätevyydestä on annettu yksityiskohtaiset ohjeet Rakennustieto oy ohjekortissa, ks. RT 14-10984 (2010).

## 7 TALVIBETONOINTI

Talvibetonoinnin suorittamisessa on tunnettava sääolosuhteet, materiaalien tekniset perusteet ja hallittava siinä tarvittavat betonointitekniikat. Suomessa on yli puolet vuodesta aikaa, jolloin joudutaan varautumaan kylmän sään vaikutuksiin betonoinnissa. Näihin toimenpiteisiin tulee varautua, kun vuorokauden keskilämpötila laskee alle 5 °C. Myös näinä aikoina rakenteen laadussa tulee päästä samoihin tuloksiin kuin lämpiminä aikoina.

Suurimpana rakenteellisena huomioitavana asiana talvibetonoinnissa on betonin kovettumiselle riittävän lämpötilan ylläpitäminen rakenteissa. Betonin lämpötilan laskiessa 10 °C:seen lujuuden kehitys hidastuu jo huomattavasti. Kun sen lämpötila jää 5 °C:seen lujuudenkehitys on niin hidasta, ettei sitä enää useimmissa tapauksissa voida sallia. Hitaan lujuuden kehittymisen lisäksi rakenteen pinta altistuu voimakkaalle halkeiluriskille, koska kovettumattomasta betonista haihtuu ympäristöön runsaasti vettä. (RIL149-1995, 161.)



Kuva 6. Sillan betonointia talvella.

## 7.1 Talvibetonoinnin suunnittelu

Talvibetonointi tulee ottaa huomioon koko työmaan aikataulusuunnittelussa työvaiheiden hidastumisena. Silloin on myös ylimääräisiä työvaiheita, kuten lämmittäminen, suojaaminen sekä lumen ja jään poistaminen. Näiden työvaiheiden lisäksi täytyy varautua maanvaraisissa betonirakenteissa rakennekerrosten sulattamiseen, jos ne ovat jäätyneet. Myös betonilaatua voidaan joutua muuttamaan nopeammin kovettuviin laatuihin. Rakenteiden kantavuuden kasvu hidastuu ja kylmimmät sääjaksot aiheuttavat työn täydellisen keskeytymisen. Nämä kaikki tekijät nostavat myös talvibetonoinnin kustannuksia huomattavasti.

### 7.1.1 Talvibetonoinnissa käytettävä kalusto

Talvibetonoinnissa lämpimän ajan betonointikaluston lisäksi käytettävää kalustoa on

- lämmityslaitteet
- lämpötilan seurantalaitteet
- lumen ja jään poisto- ja sulatus kalusto
- valaistukseen tarvittava kalusto.

Tarvittava kaluston ja laitteiden määrä on mitoitettava kohde huomioiden riittävän suureksi. Lisäksi kaluston määrässä on varauduttava laiterikkoihin ja häiriöihin. (RIL 149-1995, 169.)

### 7.1.2 Rakenteen lämmitys ja suojaus

Muottiin valetun betonin riittävästä kovettumislämpötilasta huolehditaan lämpöeristämällä, suojaamalla sekä lämmittämällä rakennetta. Suojaaminen ja peittäminen tehdään lämmön säilyttämiseksi, lämpötila erojen pienentämiseksi, lämmitysenergian säästämiseksi ja kosteuden haihtumisen estämiseksi. Muottien lämpöeristäminen soveltuu parhaiten pystyrakenteisiin. Vaakarakenteet suojataan yleensä päältä eristelevyillä tai -matoilla. Vaakarakenteen alle saadaan yleensä muodostettua tila, jota voidaan lämmittää puhaltimien avulla. (RIL149-1995, 172.)

Käyttökelpoisia betonin lämmitysvaihtoehtoja on

- vastuslangat
- nestekiertoiset lämmitysputket
- kuumailmalämmitys
- infrapunalämmitys
- lämmitettävät muotit.

Talvibetonoinnissa valun rajoittavien pintojen puhtauden lisäksi on huomioitava niiden lämpötila betonoinnin ja betonin kovettumisen aikana. Lujuudenkehityksen tasanaisen etenemisen kannalta lämpötilan tulisi olla hyvin lähellä kovettuvan betonin lämpötilaa. Pintoja voidaan lämmittää lämpösäteilyn, tai rakenteeseen asennettavien laitteiden avulla. Valua rajoittavissa betonipinnoissa tämä on tehokkainta suorittaa vastuslangoilla ja lämmitysputkilla. Näiden asennus tulee huomioida jo kyseisiä rajoittavia rakenteita tehtäessä. Rakenteen lämmityksen ja suojauksen lopettamisen jälkeen on varmistettava, ettei betoni jäähdy liian nopeasti. (Taulukko 6.) Liian nopea jäähtyminen aiheuttaa pinnan halkeilua. (by 65 2016, 77.)

Taulukko 6. Rakenteen suurin sallittu jäähtyminen vuorokaudessa (RIL 149-1995, 182).

| <b>Rakenteen paksuus mm</b> | <b>°C / 24h</b> |
|-----------------------------|-----------------|
| 300                         | 30              |
| 500                         | 20              |
| 200                         | 10              |

## 7.2 Betonilaadun valinta

Rakenteen lämmittämisen lisäksi voidaan lujuudenkehitystä nopeuttaa myös betoniin tehtävillä toimilla. Ehkä helpoin tapa on valita nopeammin kovettuvia sementtilaatuja. Näillä rapidsementistä valmistetuilla betonilaaduilla päästään pienemmällä lämmitystarpeella ja kovettumisajalla haluttuun lujuudenkehitykseen. Rapidsementin käyttö ei kuitenkaan lyhennä betonin kosteudenhallinnallisesti merkittävää kuivumisaikaa.



Muita lujuudenkehitystä nopeuttavia keinoja (RIL 149-1995, 164) mukaan on

- lujuusluokan korotus
- lämmitetty betoni
- kiihdyttävän lisäaineen käyttö
- notkistavan tai vedentarvetta vähentävän lisäaineen käyttö.

Käytettäessä edellä mainittuja menetelmiä tulee ne ottaa huomioon betonin jälkihoi-  
don valinnassa. Lisäksi betoniin tehdyt lujuudenkehitystä nopeuttavat muutokset li-  
säävät betonin kustannuksia huomattavasti.

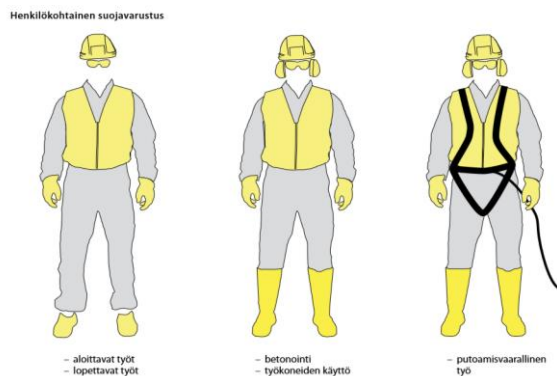
## 8 TYÖTURVALLISUUS BETONOINTITYÖSSÄ

Betonointityön työturvallisuus on tärkeä tekijä laadukkaassa betonirakentamisessa. Se on koko rakennushankkeen yhteinen asia, johon työn tilaaja sekä urakoitsijat antavat lupauksensa. Myös rakennesuunnittelijalla on keskeinen osa työturvallisuusriskien vähentämisessä. Kuvan 7. liittolaatan kaikkien aukkojen suojaus on toteutettu koko alueen läpi yltävällä liittopellillä, jonka rakennesuunnittelija on määrännyt.



Kuva 7. Liittolaatan betonointi.

Betonointityössä on huomioitava normaalien rakennustyömaan työturvallisuus toimien lisäksi käytettävien koneiden ja betonin siirtolinjojen aikaansaamat riskit sekä työn kuormittavuus. Jokaisen henkilökohtaiset asenteet työturvallisuutta kohtaan on myös tärkeässä osassa turvallista työskentelyä. Työnjohdon on välittömästi puututtava Kuvan 7. kaltaiseen tilanteeseen, jossa henkilökohtaisten turvavarusteiden käyttöä laiminlyödään. Kuvassa 8. on esitetty betonointityössä käytettävät suojava-  
rusteet.



Kuva 8. Betonointityön henkilökohtainen suojavaustus (Ratu 0403 2012,13).

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyössä käytin yhtenä lähteenä Suomen rakennusinsinöörien liiton vuonna 1995 julkaisemaa, *Betonityöohjeet RIL149-1995* kirjaa. Kirjassa on tuotu erittäin selvästi esille betonointiin liittyviä asioita, joita voi täysin toteuttaa vielä nykyisinkin. Tämä todistaa sitä seikkaa, että betonirakentamisen perusasiat on säilyneet pitkään lähes muuttumattomina.

Jotta työmaalla saavutetaan teknisesti ja taloudellisesti halutunlaisia betonirakenteita, olisi betonoinnin laadunvarmistustoimet, työmaan aikataulu, materiaalien ominaisuudet ja työn suoritus oltava hallinnassa. Vähintäänkin suunnitteluasiakirjoissa määrätty työn tekninen laatuvaatimus olisi aina toteutettava, vaikka työvaiheeseen ei olisi budjetoitu riittävästi rahaa. Resursseissa tai materiaalissa säästäminen on silloinkin riskialtista toimintaa. Mielestäni paras tapa säästää työmaalla on tehdä työ ensimmäisellä kerralla oikein ja suunnitellun aikataulun mukaisesti.

Koska betonoinnin virheisiin johtavien syiden joukko on laaja sekä rakennustyömaat ovat hyvin erityyppisiä paikan, aikataulun ja toteutus ajankohdankin suhteen on näiden syiden yhteisen tekijän kartoittaminen vaikeaa. Sen vuoksi yksi parhaista keinoista vähentää virheitä on koko rakennusketjun läpi ulottuva tehtäväsuunnittelu, riittävä viestintä rakentamisen osapuolien välillä sekä jokaisen työvaiheenhuolellinen suorittaminen. Rakentaminen on parhaimmillaan tiimityötä, jossa jokainen rakentamisen osapuoli pääsee ilmaisemaan näkemyksensä työstä, näiden asioiden yhdistäminen on hyvin tärkeää. Betonirakentamisessa tämä tarkoittaa pääasiassa yhteistyötä betonitoimittajan, suunnittelijan ja työmaan välillä, mutta myös urakoitsijoiden, ja työntekijöiden näkemykset tulisi huomioida.

Kehittyminen vaatii virheiden tunnistamista ja niiden käsittelyä. Tämän voi yleistää rakentamisen lisäksi kaikkeen muuhunkin toimintaan. Yrityksen sisällä tämä tarkoittaa myös sitä, että hankittu tieto ja kokemus olisi hyvä jakaa, lisäksi tiedon täytyisi kulkea yrityksen sisällä kaikkiin suuntiin. Syitä siihen, että näin ei välttämättä haluta tai pystytä toimimaan on monia, mutta yrityksen kehittymisen kannalta tämä tietojen ja kokemusten jakaminen olisi erittäin tehokas sekä edullinen tapa vähentää työn virheriskien määrää. Tuotannossa tapahtuneiden virheiden pieni määrä vaikuttaa suoraan myös yrityksen kilpailukykyyn ja menestymiseen urakoissa.

## LÄHTEET

By 45 BLY 7. 2014. Betonilattiat 2014. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

By 47. 2013. Betonirakentamisen laatuohjeet 2013. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

BY 65. 2016. Betoninormit 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

By 67. 2016. Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

FISE. 2018. Betonirakenteiden työnjohtaja. [Verkkosivusto]. FISE. [Viitattu 14.10.2018] Saatavana: <http://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/betonirakenteiden-rakentamisesta-vastaava-tyonjohtaja/>

Kankainen, J & Junnonen, J. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Maastorakentajat. 2018. [Verkkosivusto]. Suomen Maastorakentajat Oy. [Viitattu 25.10.2018]. Saatavana: <https://www.maastorakentajat.fi/>

Mikkonen, J. 2018. Laatukäsikirja. Suomen Maastorakentajat Oy. Julkaisematon.

Punkki, J. 2004. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu. [Verkkoartikkeli]. Betoni-lehti (4), 38. [Viitattu 20.11.2018]. Saatavana: [https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/BETO404\\_s36-41.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/BETO404_s36-41.pdf)

Ratu 0403. 2012. Talo Ratu ohjekortti betonointi. Helsinki: Rakennusteollisuus.

Ratu S-1228. 2010. Rakentamisen tehtäväsuunnittelu Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaa. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö.

Ratu TT 6.19. 2010. Betonin pumppauksen ympäristö- ja turvallisuusopas. Helsinki: Rakennusteollisuus.

RIL 149-1995. 1995. Betonityöohjeet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Helsinki: Rakennustieto.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2016. Rakenteiden lujuus ja vakaus, Betonirakenteet. [Verkojulkaisu]. Ympäristöministeriö. [Viitattu 19.11.2018]. Saatavana: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B3F5DE241-F74B-4EA0-9F0E-18B81A7C0EC3%7D/125119>

Talonrakennusteollisuus ry. 2017. Rakennustöiden laatu 2017. 11. uud. p. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. 2015. Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. [Verkojulkaisu]. Ympäristöministeriö. [Viitattu 14.10.2018]. Saatavana: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BB33FC775-2506-4231-8258-7CF22FA5DCA4%7D/109134>

