

Rauli Vilkman

Talvibetonointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Mestarityö

10.4.2018

Tekijä(t) Otsikko	Rauli Viikman Talvibetonointi
Sivumäärä Aika	28 sivua + 1 liitettä 10.4.2018
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	Lehtori Aarne Seppänen Laatu- ja kehityspäällikkö Mikko Moilanen Aluevastaava betonointi Juhani Romu
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on talvibetonointi ja talvibetonointiin liittyvä ohjeistus. Opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa talvibetonointiohjeistus YIT Rakennus Oy:lle työmaita varten.</p> <p>Talvibetonointiin liittyvää tietoa etsittiin alan kirjallisuudesta ja alalla toimivien yritysten kotisivuilta. Käytännön tietoa saatiin haastatteluilla ja työmaalta saadulla kokemuksella.</p> <p>Talvella tehtävään betonointiin liittyy monta eri tekijää ja betonointeja tehtäessä nämä tekijät on otettava huomioon. Betonoinnin lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat sääolosuhteet, laadunvalvonta ja jälkihoito.</p>	
Avainsanat	talvi, betoni, valaminen, betonointi

Author(s) Title	Rauli Vilkmán Winter Concreting
Number of Pages Date	28 pages + 1 appendices 10 April 2018
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Management
Specialisation option	Infrastructure Site Management
Instructor(s)	Aarne Seppänen Senior Lecturer Mikko Moilanen, Manager Quality and Development Juhani Romu, Site Supervisor concreting
<p>This thesis is about concreting in winter and the current instructions it regards. The aim of the study was to create the instructions for concreting in winter, specially for YIT Rakennus Ltd.</p> <p>The knowledge for concreting in winter was collected from the relevant literature as well as from the websites of the corporations that work on this particulate field. The needed practical knowhow was gathered through interviews and by on hand experience on construction sites.</p> <p>Concreting in winter takes a lot of knowhow and understanding and taking into account various factors. The main factors are weather conditions, quality control and aftercare.</p>	
Keywords	winter, concrete, concreting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taustaa	2
2.1	Yritys	2
2.1.1	Työkohde	2
3	Yleistä talvibetonoinnista	3
3.1	Talvibetonointi	3
3.2	Sääolojen vaikutus talvibetonoinnissa ja niihin varautuminen	4
3.3	Erikoistoimenpiteet talvibetonoinnissa	4
3.3.1	Sääsuojaus	5
3.3.2	Suojapeitteet	5
3.3.3	Kevytpeitteet	6
3.3.4	Pakkasmatto	6
3.3.5	Lumikassit	7
3.4	Lämmitysmenetelmät	8
3.4.1	Lankalämmitys	8
3.4.2	Lämmittimet	9
3.4.3	Öljylämmittimet	9
3.4.4	Kaasulämmittimet	10
3.4.5	Infrapunasäteilijät	10
3.4.6	Lämmitetyt muotit	10
4	Betonointimenetelmät	12
4.1	Betonin lämpökäsittely	12
4.1.1	Määritteet ja vaikutukset	12
4.2	Pakkasbetoni	13
4.3	Kuumabetoni	13
5	Lujuudenkehitys talvibetonoinnissa	14
5.1	Lujuudenkehitys	14
5.1.1	Lämpötilan vaikutukset betonin lujuuteen	14
5.1.2	Nimellislujuus	16
5.1.3	Muottien purkamislujuus	16

5.1.4	Jäätymislujuus	16
5.2	Lisäaineiden ja seosaineiden vaikutukset	16
5.2.1	Notkistin	17
5.2.2	Huokostin	17
5.2.3	Kiihdyttimet	17
5.2.4	Lentotuhka ja silika	17
5.2.5	Lujuudenkehityksen nopeuttaminen	17
6	Betonointisuunnitelma	19
6.1	Alkutiedot	19
6.2	Muotit	19
6.3	Suojaus	19
6.4	Lämmitys	20
6.5	Betonin valinta	20
6.6	Betonointi	20
6.7	Lämpötilan kehityksen seuranta	21
6.8	Työturvallisuus	22
7	Työmaalla laadunvalvonta	23
7.1	Betonoinnin laadunvalvonta	23
7.2	Vastaanottotarkastukset	23
7.3	Jälkihoito	24
7.4	Muottikaluston purku	25
7.5	Laadunvarmistus työn jälkeen	25
8	Yhteenveto	27
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Työ-ohjeet talvibetonointiin	

Lyhenteet

Betoni	Betonin pääraaka-aineet ovat vesi, sementti ja runkoaineet.
Dataloggeri	Langaton tai langallinen tallennin, joka tallentaa määräajoin lämpötiloja.
Jäätymislujuus	Raja, jonka alapuolella betoni jäätyessään vaurioituu pysyvästi: kaikilla lujuusluokilla 5 MN/m ² .
Muottien purkamislujuus	Lujuuden tarve betonoidulle rakenteelle, jonka jälkeen muottien ja tukirakenteiden purkaminen voidaan suorittaa.
Nimellislujuus	Lujuusluokka betonille, jonka mukaan rakenne on suunniteltu.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään talvibetonointia ja siihen liittyviä ohjeita. Talvibetonointi on aiheena laaja ja tästä syystä opinnäytetyö on rajattu betonointiin ja betonoinnin laadunvalvontaan. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa talvitöistä muodostuviin kustannuksiin tai betonin valmistukseen.

Opinnäytetyö tehdään YIT Rakennus Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda työ-/tarkastuslista talvibetonoinnista, jota työmaalla työskentelevät työnjohtajat voivat tulevaisuudessa hyödyntää. Ohjeistuksen avulla saadaan yhtenäistettyä toimintatapoja talvibetonointeja tehtäessä.

2 Taustaa

2.1 Yritys

YIT Rakennus Oy on suurin suomalainen ja merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö. Yritys kehittää ja rakentaa asuntoja, toimitiloja ja kokonaisia alueita sekä on vaativan infrarakentamisen osaaja. YIT:llä on toimintaa yhdessätoista maassa. Yritys on yli sata vuotta vanha ja vuonna 2018 YIT ja Lemminkäinen yhdistyivät. (7.)

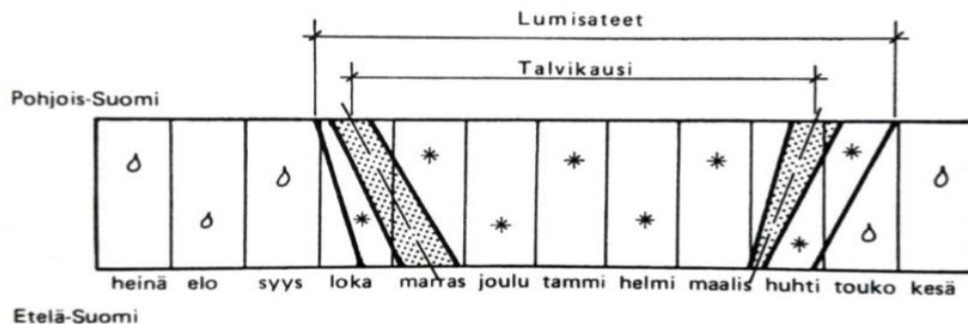
2.1.1 Työkohde

Työkohde on Pasilassa Triplan työmaa, joka on yksi Suomen suurimpia rakennuskohteita. Ympäristöystävällisyys ja energiatehokkuus on ollut lähtökohtana Triplan suunnittelulle. Triplan kokonaislaajuus on yhteensä noin 183 000 kerrosneliötä ja valmistuessaan se yhdistää Itä- ja Länsi-Pasilan toisiinsa. Triplaan valmistuu uusia asuntoja noin 400 kappaletta. Tripla on kolmen korttelin kokonaisuus, johon kuuluu kauppakeskus, pysäköintilaitos, joukkoliikenneasema, asuntoja, hotelli ja toimistoja. (8.)

3 Yleistä talvibetonoinnista

3.1 Talvibetonointi

Kaikki betonointi, mikä tapahtuu alle +5 °C:n lämpötilassa, on talvibetonointia. Tämä tarkoittaa Etelä-Suomessa vuosittain noin seitsemän kuukauden ajanjaksoa ja Pohjois-Suomessa noin yhdeksän kuukauden jaksoa. Kyseisellä ajanjaksolla betonoitavia muotteja on syytä esilämmittää ja huolehtia betonoidun rakenteen jälkihoidosta. Ulkolämpötilojen laskiessa sementin ja veden reaktiot hidastuvat. Tämä vaikuttaa myös muottien purkulujuuden saavuttamiseen sekä muottien kiertonopeuteen. Pahimmassa tapauksessa betonoitu rakenne joudutaan purkumaan, mikäli betonoitu rakenne on päässyt jäätymään ennen jäätymslujuuden saavuttamista. Talvella tehtävät betonoinnit on suunniteltava huolellisesti ja varauduttava häiriöihin. Talvibetonoinnin suunnittelu on aloitettava hyvissä ajoin ennen talvikautta. (3. s. 1.)



Kuva 1. Keskimääräinen talven kesto Suomessa. (5. s. 492.)

3.2 Sääolojen vaikutus talvibetonoinnissa ja niihin varautuminen

Sääolosuhteet muuttuvat nopeasti ja vaikuttavat paljon betonoinnin lopputulokseen. Tilastoista saatavia sääolosuhteita koskevia tietoja voidaan hyödyntää rakennustöitä suunniteltaessa, vaikka pakkasmäärät ja lämpötilat voivat vaihdella vuosittain paljonkin. Betonointeja suunniteltaessa on seurattava aktiivisesti paikallista säätilaa, koska sääolosuhteet ovat nopeasti muuttuvia. Sääoloja seuraamalla voidaan päättää betonoitavan rakenteen suojuuksista ennen valua ja tarvittavasta lisälämmityksestä. Betonipumpulla betonia siirrettäessä betonoitavaan rakenteeseen pakkasraja on $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Kuva 2. Pakkanen ja lumi vaikeuttavat talvella rakentamista.

3.3 Erikoistoimenpiteet talvibetonoinnissa

Talvella tehtävä betonointi asettaa omat erikoisvaatimuksensa betonoinnille jokaisessa työvaiheessa, oli kyseessä sitten massan valmistus, betonointi tai jälkihoito. Tarvittaessa muotit esilämmitetään ennen betonointia, jotta lämpötilaero saadaan pienemmäksi, kun betonointi aloitetaan. Lumi ja jää poistetaan huolellisesti muoteista ja raudoituksista ennen betonointia. Betonia valmistettaessa vesi ja runkoaine lämmitetään, jotta betonoinnin päättyessä massan lämpötila on vähintään $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jälkihoito on suuressa roolissa talvibetonoinnissa. Jälkihoidolla huolehditaan siitä, että betonilla on suotuisat olosuhteet lujuuden kehitykselle. Vastavaletut rakenteet suojataan kylmältä mahdollisimman hyvin ja rakenteita lämmitetään, etteivät valetut rakenteet pääse jäätymään. Beto-

noitaviin rakenteisiin asennetaan lämpötila-anturi, joka välittää tiedon loggerille lämpötilan seurantaan varten. (2. s. 344.)

3.3.1 Sääsuojaus

Sääsuojuilla on tarkoitus suojata rakennettava kohde, rakennettaessa käytettävät materiaalit sekä työntekijät sateilta, jäältä, tuulilta, liialliselta auringolta ja kylmyydeltä. Työturvallisuutta saadaan parannettua sääsuojuuksella, mutta sääsuojan alle on huolehdittava riittävä valaistus. Isoilla suojahalleilla voidaan suojata kerrostaloja saneerausta tehtäessä sekä uudiskohteita niiden perustusvaiheessa. Hyvällä ennakkosuunnittelulla sääsuojuja voidaan hyödyntää runkovaiheessa. Sääsuojuja käytettäessä usein suurimmaksi kysymykseksi muodostuvat kustannukset, mutta sääoloilta suojautuminen auttaa parantamaan rakentamisen laatua. Sääsuojausta suunniteltaessa on siis otettava huomioon vallitseva ajankohta, suojauksen käyttöaika ja kustannukset. (1. s. 37.)

3.3.2 Suojapeitteet

Suojapeitteinä voidaan käyttää erilaisia julkisivupeitteitä, rakennuspeitteitä ja erikoispeitteitä. Lämpöä eristävät peitteet ovat tyypillisiä talvibetonoinnissa. Suojapeitteiden hyviä puolia ovat niiden suhteellinen edullisuus, liikuteltavuus ja vedenpitävyys.

3.3.3 Kevytpeitteet

Kevyitä peitteitä käytettäessä tulee huomioida niiden kunnollinen kiinnitys, etteivät peitteet irtoa tuulen vaikutuksesta. Mikäli kevytpeite menee rikki, on helpointa ostaa tilalle uusi. Kevytpeitteiden etuja ovat niiden edullisuus ja käsiteltävyys. Haittapuolena ne menevät helposti rikki ja ovat sen jälkeen usein käyttökelvottomia.



Kuva 3. Kevytpeite.

3.3.4 Pakkasmatto

Pakkasmatto on valmistettu umpisoluisesta PEX-vaahdosta, minkä vuoksi se ei ime kosteutta ja eristää hyvin lämpöä. Pakkasmatto soveltuu hyvin betonoinnin jälkeiseen suojaukseen. Se on erittäin kevyt materiaali, jonka vuoksi on huolehdittava riittävästä kiinnityksestä.



Kuva 4. Pakkasmatto.

3.3.5 Lumikassit

Lumikassit valmistetaan PVC:stä ja UV-suojataan molemmin puolin. Lumikasseissa on nostolenkit neljässä nurkassa, minkä vuoksi niitä on helppoa siirtää nosturilla. Lumikasseja ei saa missään tilanteessa käyttää muuhun kuin lumen nostoon, sillä tästä saattaa aiheutua vahinkoa tai repeämiä lumikassiin. Hyviä puolia lumikasseissa on niiden pitkäikäisyys oikein käytettynä sekä helppo lumenpoisto suojatulta alueelta. Hankintahinta on kuitenkin kevytpeitteitä kalliimpi.

Käyttöohjeet lumikasseille

- Tarkista aina suojattava alue, ettei siellä ole esineitä mitkä voisivat vahingoittaa lumikasseja.
- Levitä lumikassit lumelta suojattavalle alueelle.
- Kiinnitä nostolenkit jokaisesta nurkasta nosturin koukkuun.
- Nosta lumikassi lumenpurkupaikalle, irrota kahden vierekkäisen nurkan nostolenkit nosturin koukusta ja tyhjennä lumikassi nostamalla.



Kuva 5. Lumikassin nosto.

3.4 Lämmitysmenetelmät

Lämmitysmenetelmiä harkittaessa tulee ottaa huomioon vuodenaika, jolloin betonoiteja ollaan suorittamassa sekä betonoitavan rakenteen koko ja muoto. Näiden asioiden lisäksi mietitään, tullaanko lämmitysmenetelmää ja käytössä olevaa energiamuotoa hyödyntämään jatkossa rungon kuivatuksessa. Erilaisista lämmitysmenetelmistä tehdään vertailulaskelmia, selvitetään kaluston saatavuus, toimintavarmuus sekä työmaan henkilöstön taidot käyttää kyseistä lämmitysmenetelmää. Työmaalla olisi oltava varalla tai vähintäänkin mietittynä varalämmitysjärjestelmä, sillä käytössä oleva järjestelmä saattaa pettää.

3.4.1 Lankalämmitys

Betonoitavan rakenteen sisään asennetaan lämpölanka, joka lämmittää suoraan betonia. Lankojen tuottama lämpö siirtyy suoraan lämmitettävään rakenteeseen, ilman että lämmitettäisiin turhaan muita rakenteita tai tiloja. Etuna lankalämmityksessä on se, että lämmitystä voidaan jatkaa edelleen muuttien purun jälkeen. Lankalämmitys ei yksinään ole riittävä toimenpide, vaan betonoidut rakenteet tulee lisäksi suojata peitteillä betonoinnin jälkeen. (1. s. 45.)

Suurimpia riskejä lankalämmityksessä on lankojen katkeaminen betonoinnin aikana. Lankoja asennettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteiden nurkkiin, heikosti eristettyihin osiin sekä kylmiin rakenteisiin. (1. s. 46.)

Etuna lankalämmityksessä ovat lankojen helppo kuljetettavuus ja varastointi. Lämmityslangat asennetaan valmiiseen raudoitukseen, jolloin betonoitaessa langat jäävät rakenteen sisään. Rakennusosan ja rakenteen muoto määrittävät asennuksen työmäärän ja keston. Yleinen ohje lankojen asennusväliksi on 100 – 250 mm, riippuen tarvittavasta lisälämmityksen määrästä ja asennusväli saa olla enintään kaksi kertaa rakenteen paksuus. Lankojen taivutussäde on minimissään 35 mm ja asennusväli minimissään 70 mm. Lankoja ei saa asentaa päällekkäin niin, että langat koskettavat toisiaan. (1. s. 46.)

3.4.2 Lämmittimet

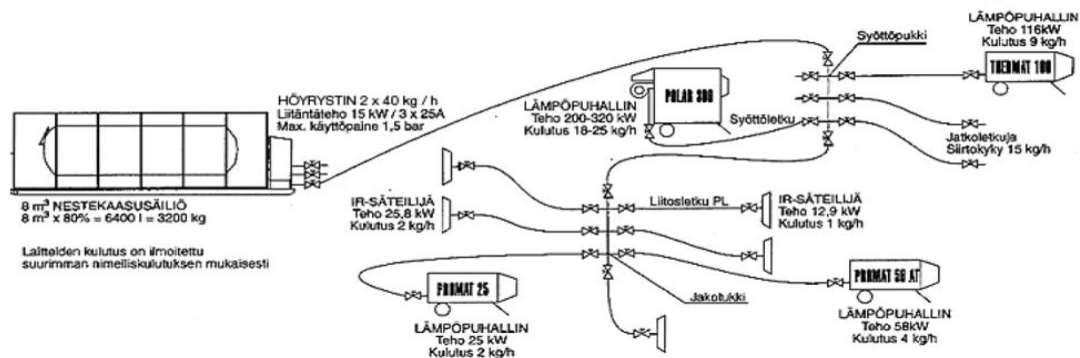
Kuumailmalämmitys tarkoittaa ilman lämmittämistä ja lämmitetyn ilman käyttämistä muotin ja betonin lämmittämiseen. Lämmittimiä on olemassa öljy-, kaasu-, sähkö- tai kuumavesikäyttöisiä ja melkein kaikissa näistä lämmönkehitys perustuu palamiseen. Palamisesta syntyy haitallisia kaasuja ja tämän vuoksi lämmitettävään tilaan on järjestettävä tuuletus. Lämmitettävä tila tulee eristää ympäröivästä tilasta, että lämmityksestä saadaan taloudellisesti kannattavaa. (1. s. 43.)

3.4.3 Öljylämmittimet

Öljylämmittimet ovat varmatoimisia työmaa-oloissa. Öljylämmittimiä harkittaessa tulee ottaa huomioon lämmitettävien tilojen pinta-alat, kuinka lämmittimet saadaan sijoitettua lämmitettävään tilaan sekä haitallisten kaasujen poisto. Lisäksi tulee suunnitella, kuinka kyseisten lämmittimien tankkaus saadaan tehtyä ja tilataanko työmaalle erillisiä polttoainesäiliöitä, joilla polttoöljy saadaan siirrettyä lämmittimille. Työmaalla tulee pitää imeytysainetta lähellä polttoöljylämmittimiä ja polttoöljysäiliöitä sen varalta, että polttoöljyä pääsisi valumaan ympäristöön. Isoja tiloja lämmitettäessä vaaditaan erittäin hyvää lämmitystehoa, jolloin polttoöljylämmittimet ovat hyvä vaihtoehto. (4.)

3.4.4 Kaasulämmittimet

Kaasulämmittimien hyvä puoli on se, että ne ovat suhteellisen kevyitä verrattuna polttoöljylämmittämiin. Kaasulämmittämiä hankittaessa on työmaalle hankittava myös kaasupulloja, mistä lämmittimet ottavat kaasunsa. Tähän tarkoitukseen sopii hyvin esimerkiksi maksipullot, jotka sisältävät 184 kg kaasua. Työmaalle voidaan myös asentaa kokonaan erillinen kaasusäiliö, josta voidaan vetää kiinteät kaasulinjat työmaalle. Mikäli työmaalle asennetaan erillinen kaasusäiliö, tulee huolehtia viranomais määräyksistä. (4.)



Kuva 6. Erillinen kaasusäiliö ja kiinteän kaasulinjan rakentaminen. Ramirent, internet.

3.4.5 Infrapunasäteilijät

Infrapunasäteilijöiden toiminta perustuu säteilyyn, säteily lämmittää muuttia ja muotista lämpö siirtyy betoniin. Säteilijät ovat öljy-, kaasu- tai sähkölämmitteisiä ja lämmittimet ovat erittäin kuumia, tästä syystä työmaalla täytyy huomioida lämmittimien aiheuttama palovaara. (1. s. 44.)

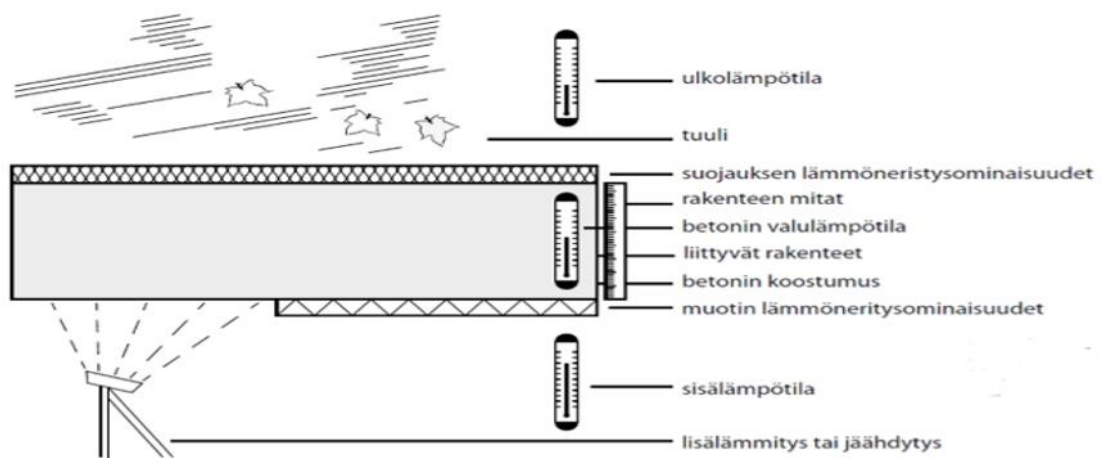
3.4.6 Lämmitetyt muotit

Lämmitetyillä muoteilla tarkoitetaan suurmuotteja, kuten seinämuotteja tai pöytämuotteja. Muotinpinnan ja eristeen väliin asennetaan lämpölankoja tai lämpövastuksia, joita lämmitettäessä lämpö siirtyy muotin pinnan läpi betoniin. Lämpötilaa ohjataan termostaattilla. (1. s. 49.)

Ennen betonointia lämmitys voidaan kytkeä osateholle ja näin saadaan varmistettua muottien lämpiäminen ja sulaminen. Muottien lämpötila ei saa nousta liian korkeaksi, koska tällöin muottien pintaa lähellä oleva betoni saattaa kovettua liian nopeasti ja hilseilee muottia purettaessa. Etuina lämmitettävillä muoteilla on niiden helppokäyttöisyys. Lämmitettyjä muotteja kannattaa hankkia vain sellaiselle työmaalle, missä niille saadaan useita käyttökertoja, jotta muottijärjestelmän hankkiminen olisi taloudellisesti kannattavaa. (1. s. 49.)

4 Betonointimenetelmät

Mitä alhaisempi lämpötila sitä hitaampaa on betonin lujuudenkehitys, mutta lujuudenkehitystä voidaan nopeuttaa useille eri tavoilla. Vaikuttavia tekijöitä lujuudenkehityksessä ovat muun muassa betonin lämpötila, betonin koostumus ja ulkolämpötila.



Kuva 7. Vaikuttavat tekijät betonin lujuuden- ja lämmönkehitykseen. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.

4.1 Betonin lämpökäsittely

Alun perin lämpökäsittely oli vain betoniteollisuuden käytössä oleva tapa nopeuttaa muottikiertoa. Nykyään lämpökäsittelystä on tullut betoniteknologiassa käytetyin ja tehokkain lujuudenkehityksen nopeutustapa. (2. s. 356.)

4.1.1 Määritteet ja vaikutukset

Betoni voidaan lukea lämpökäsitellyksi, jos betonimassan lämpötila on yli $+40\text{ °C}$, betonin lämpötila nousee kovettumisvaiheessa yli $+50\text{ °C}$ tai lämpötilan nousua tapahtuu kovettumisvaiheen aikana yli $+25\text{ °C}$. (2. s. 357.)

Varhaislujuuksia saadaan parannettua lämpökäsittelyn avulla, mutta lämpökäsittely vaikuttaa aina kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Näitä ominaisuuksia ovat lujuus, veto- ja taivutusvetolujuus ja betonin pakkasenkestävyys. Syitä ominaisuuksien muutoksiin ovat epätasainen lämmittäminen, kosteuden siirtyminen lämpimistä osista kylmiin sekä betonin osa-aineiden erilaiset lämpölaajenemiskertoimet. (2. s. 357.)

Lämpökäsittelystä aiheutuvia haittoja pyritään vähentämään käyttämällä jäykempiä betonimassoja, mahdollisimman alhaista vesisementtisuhdetta, nopeasti kovettuvaa sementtiä, alhaista lämmönnousunopeutta sekä pitämällä lämpötilaerot mahdollisimman pieninä. Ennen lämpökäsittelyä on selvitettävä kokeilla, miten käsittely vaikuttaa betonin ominaisuuksiin. Lämpökäsittelyn betonin loppulujuuden alenemista voidaan pitää erittäin todennäköisenä ja tästä syystä valitaan betonin nimellislujudeksi suunniteltua korkeampi lujuusluokka. (2. s. 358.)

4.2 Pakkasbetoni

Betonia, joka kovettuu pakkasessa, on saatavissa valmisbetonina ja kuivasekoitteina. Lämpötilan ollessa 0...-15 °C voidaan käyttää pakkasbetonia ilman lisälämmitystä. Tästä alhaisemmissa lämpötiloissa lujuudenkehitys pysähtyy. Yleisimmät kohteet, joissa pakkasbetonia käytetään, ovat betonielementtien saumat ja pienet valut, joiden lämmittäminen olisi epätaloudellista tai erittäin vaikeaa. Pakkasbetonia käytettäessä on huomioitava valulämpötila. Ilman lämpötilan lasku alle -15 °C valun aikana tai heti valun jälkeen saattaa vaikuttaa loppulujuuteen. (2. s. 390.)

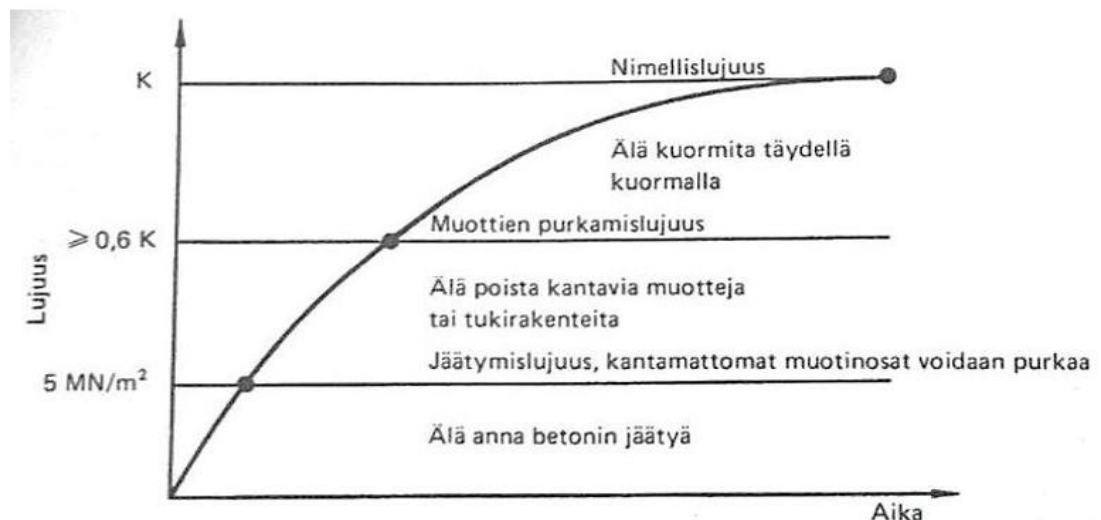
4.3 Kuumabetoni

Kuumabetonilla tarkoitetaan betonia, joka on lämmitetty betonitehtaalla normaalia betonia kuumemmaksi. Kyseisellä menetelmällä betonin lujuudenkehitystä saadaan nopeutettua ja työmaalla tarvittavaa lämmitystarvetta vähennettyä, mutta lämmitystarvetta ei saada kokonaan poistettua. Lämpötila kuumabetonilla on +30-40 °C, kun normaalisti betonin lämpötila on +20 °C. (5. s. 500.)

5 Lujuudenkehitys talvibetonoinnissa

5.1 Lujuudenkehitys

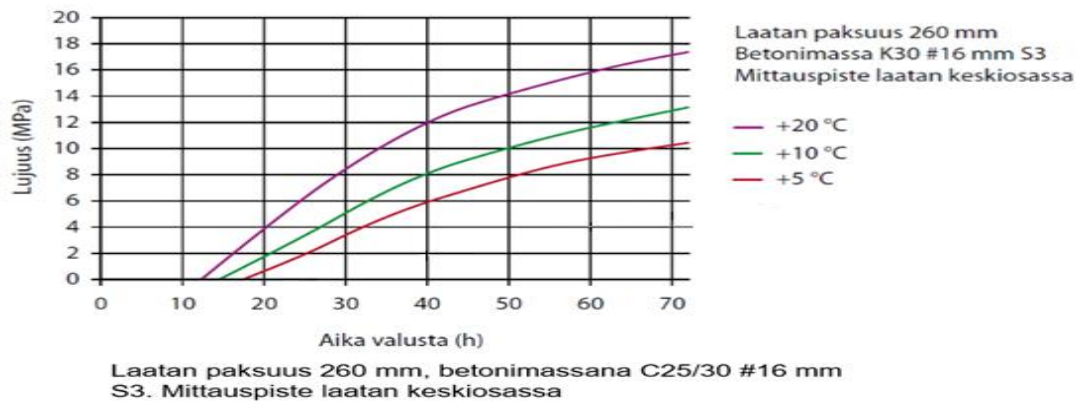
Lämpimässä betonin lujuudenkehitys nopeutuu ja kylmässä lujuudenkehitys hidastuu. Riittävän lämpötilan ylläpito on talvibetonoinnissa erittäin tärkeää kovettumisen varmistamiseksi. Lämpötilan on pysyttävä tarpeeksi nollan yläpuolella, että lujuudenkehitys tapahtuu esteettä ja muottipurkulujuus saavutetaan kohtuullisessa ajassa. Talvibetonoinnissa on kolme tärkeää tarkastushetkeä lujuuden kehitykseen: jäätymislujuuden saavuttaminen, muottien purkamislujuuden saavuttaminen ja nimellislajuuden saavuttaminen. (2. s. 347.)



Kuva 8. Kolme tärkeää tarkasteluhetkeä talvibetonoinnissa jäätymislujuus, muottien purkamislujuus ja nimellislajuus. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.

5.1.1 Lämpötilan vaikutukset betonin lujuuteen

Suurin lujuuden kehitykseen vaikuttava tekijä sementin määrän lisäksi on betonin lämpötila. Kylmissä olosuhteissa betonin lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi alle 0°C ja lopulta lujuudenkehitys pysähtyy lämpötilan laskiessa -10...-15°C. Vuodenajasta riippumatta on aina varmistettava, että betoni on saavuttanut suunnitellun lujuustason ennen muottien purkamista ja rakenne kestää muottien purkamisen vaurioitumatta. (2. s. 347.)



Kuva 9. Holvin betonin lujuudenkehitys eri lämpötiloissa. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.

Lujuudenkehitykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota kylmällä säällä. Mikäli betonin lämpötila on liian alhainen (alle +5 °C), tällöin lujuudenkehitys on erittäin hidasta ja tämä hidastaa myös rakentamista. Riittävän nopea kovettuminen saavutetaan betonille lämpötilan ollessa +20 °C tai enemmän, mutta lämpötila ei saa nousta yli +60 °C:n, koska tällöin betonissa on vaarana lujuuskato. Mikäli betonin lämpötila on päässyt yli +60 °C:een, on tällöin selvítettävä lujuuskadon määrä. (1. s. 15.)

Lämpötila	Huomioita
> +60 ° C	Seurauksena lujuuskatoa ja säilyvyyden heikkenemistä
+50...60 ° C	Yhden vuorokauden lujuudet nousevat, mutta valmiin betonin lujuusominaisuudet saattavat kärsiä (lujuuskato)
+30...40 ° C	Betonimassan suositeltava kovettumislämpötila
+20 ° C	Betonin tavoitelujuus saavutetaan n. 28 vrk:n kuluttua
+5 ° C	Betonilla ei havaittavissa lujuutta vielä yhden vuorokauden kuluttua
< 0 ° C	Lujuudenkehitys käytännössä lakkaa. Betonissa oleva vesi alkaa jäätyä
- 10...-15° C	Lujuudenkehitys on pysähtynyt. Jäätäneellä betonilla voi olla vaelujuutta.

Kuva 10. Lämpötilan vaikutus betonin lujuuteen ja lujuudenkehitykseen. (1. s. 15.)

5.1.2 Nimellislujuus

Suunniteltaessa rakennetta määritellään rakenteelle lujuusluokka, suunnittelija määrittelee lujuusluokan. Nimellislujuuden perusteella voidaan määritellä muottien purkamislujuus. Rakenteiden tulee saavuttaa nimellislujuus ennen rakenteiden täyttä kuormitusta. Viivästynyt nimellislujuuden kehitys voi aiheuttaa väliaikaisen tuennan rakentamista ja tämä saattaa aiheuttaa aikatauluun viivästyksiä. (2. s. 348.)

5.1.3 Muottien purkamislujuus

Muottien purkulujuus on lujuus, jolloin betonoidut rakenteet kestävät niille tulevat rasitukset muottien purkamisesta ilman muodonmuutoksia. Muottien purkulujuuden määrittelee viranomaisohje, jonka mukaan muottien purkamislujuus on oltava aina vähintään 60% nimellislujuudesta. Muotit puretaan aina vahingoittamatta betonoitua rakennetta. Muottien purkaminen luokitellaan työturvallisuuden kannalta vaaralliseksi työvaiheeksi ja vaatii etukäteen tehdyn suunnitelman. (2. s. 348.)

5.1.4 Jäätymislujuus

Kaikilla lujuusluokilla jäätymislujuus on aina 5 MN/m², jäätymislujuus on raja, jonka alapuolella betoni vaurioituu pysyvästi. Veden jäätyessä betoniin aiheutuu sisäisiä rasituksia, jotka sen tulisi kestää ilman vaurioita. Mikäli betoni on päässyt jäätymään ennen jäätymislujuuden saavuttamista, niin siihen syntyy valesuurtuutta, joka katoaa jään sulassa. Tämä saattaa aiheuttaa pahimmallaan rakenteiden sortumisen. Jäätymislujuutta ja pakkasenkestävyyttä ei tule sekoittaa, pakkasenkestävyys tarkoittaa kovettuneen betonin kykyä säilyttää ominaisuutensa toistuvista jäätymisistä huolimatta. (2. s. 346,347.)

5.2 Lisäaineiden ja seosaineiden vaikutukset

Melkein kaikissa betoneissa käytetään jotakin lisäainetta. Lisäaineilla säädellään sitoutumista ja kovettumista sekä valmiin betonin ominaisuuksia. Päävaikutuksen lisäksi lisäaineilla on myös sivuvaikutuksia. Talvella lisäaineita käytettäessä on varmistuttava lisäaineen käyttökelpoisuudesta ja oikeasta käyttötavasta. (1. s. 23.)

5.2.1 Notkistin

Betonin notkeuden lisäämiseksi ja veden vähentämiseksi käytetään notkistinta, joka parantaa betonin työstettävyyttä. Betonin lujuus nousee vähentämällä veden määrää valmiissa massassa. Liiallinen notkistimen käyttö (2-3-kertainen määrä normaaliannostukseen verrattuna) kylmissä olosuhteissa voi hidastaa sitoutumista betonissa. (1. s. 23.)

5.2.2 Huokostin

Huokostin on lisäaine, jolla betoniin saadaan säänkestävyyttä. Betoni, johon on lisätty huokostinta kestää kovettuneena jäätymistä ja sulamista. Huokostin muodostaa betoniin kuplia, joihin vesi voi jäätyessään laajentua. Näin saadaan varmistettua kovettuneen betonirakenteen pakkasenkestävyys. (1. s. 23.)

5.2.3 Kiihdyttimet

Talvibetonoinnissa kiihdyttimillä ei pystytä merkittävästi vaikuttamaan betonin kovettumiseen. Jotkin kiihdyttimet saattavat alentaa betonin jäätymispistettä. Kiihdyttimiä käytettäessä tulee ottaa huomioon vaikutukset betonin säänkestävyyteen ja kutistumiseen sekä raudoituksen korroosioon. (1. s. 23.)

5.2.4 Lentotuhka ja silika

Lentotuhkaa tai silikaa käytettäessä betonin lujuudenkehitys ja sitoutuminen hidastuvat lämpötilojen ollessa alhaisia. Betonintoimittajan kanssa täytyy aina keskustella seosainesten vaikutuksista. (1. s. 23.)

5.2.5 Lujuudenkehityksen nopeuttaminen

Lujuudenkehityksen nopeuttamiseen on olemassa useita vaihtoehtoja. Betonin lujuudenkehitykseen vaikuttavat betonin koostumus, lämpötila ja lisäaineet. Yleisimmät vaihtoehdot lujuuden kehityksen nopeuttamiseksi ovat:

- Lujuusluokan nosto

- erilaisten lisäaineiden hyväksikäyttö
- nopeasti kovettuvan betonin käyttö (rapid)
- lämpökäsittely
- kuumabetonin käyttö
- betonoitavan rakenteen lämmittäminen ja huolellinen eristäminen.

Betoniteknologiassa käytetyin nopeuttamistapa lujoudenkehitykseen on lämpökäsittely.
(2. s. 372.)

6 Betonointisuunnitelma

6.1 Alkutiedot

Betonointisuunnitelmaa laadittaessa selvitetään betonoitavan rakenteen koko, betonoitavan rakenteen vahvuus, betonille ja rakenteelle asetetut vaatimukset sekä tehtäväkokonaisuuksista vastuussa olevat henkilöt ja heidän yhteystietonsa. Betonoinnin onnistumisen kannalta on tärkeää, että työ on hyvin suunniteltu. (6. s. 66.)

Sääennustetta seurataan useasti sekä ennen betonointipäivää että betonointipäivänä. Sääennusteen perusteella suunnitellaan betonoitavan rakenteen suojaukset ja lämmitykset valun aikana ja valun jälkeen. Suunniteltaessa tulee myös sopia, millaiseen aika-tilaan ja toteutustapaan pyritään. Lisäksi mietitään olemassa olevista rakenteista aiheutuvat kylmäsillat. Betonointiin valittu betoninlaatu ja betonoinnin toteutustapa vaikuttavat tavoitteisiin. (1. s. 79.)

6.2 Muotit

Muotit suunnitellaan kokonaisuuden kannalta sopiviksi. Talvibetonointiin valitaan muotit, jotka ovat lämmöneristäviä ja joita voidaan lämmittää. Muottien tuennan tulee olla riittävä ja muottien tulee olla painumattomia. Muotit ja rauditus suojataan sääoloilta. Betonointipäivänä varmistetaan, ettei muoteissa tai raudoituksessa ole jäätä, lunta tai muuta sinne kuulumatonta tavaraa. Mikäli muoteissa havaitaan sinne kuulumatonta tavaraa, muotit puhdistetaan huolellisesti ennen betonointia. Talvibetonoinnissa muotit esilämmitetään ennen betonointia. (1. s. 79.)

6.3 Suojaus

Työmaalla tehdään vertailuja erilaisista suojausmenetelmistä ja vertaillaan niiden soveltuvuutta rakennuskohteeseen. Betonoitavat rakenteet tulee suojata niin, että betonilla on suotuisat olosuhteet lujuudenkehitykseen. Betonoidun rakenteen tulee aina saavuttaa jäätymslujuus, ennen kuin se pääsee jäätymään. Betonoidun rakenteen suojausta jatketaan, kunnes on saavutettu muotinpurkulujuus/jännityslujuus. Suojausten kiinnitykseen ja paikoillaan pysymiseen tulee kiinnittää erityistä huolellisuutta. (1. s. 79.)

6.4 Lämmitys

Suojauksesta kertovassa luvussa todettiin, että eri menetelmiä tulisi vertailla keskenään suunnitteluvaiheessa ja nämä samat vertailut tulisi tehdä myös lämmitystä valittaessa. Lämmityskalustoa valittaessa tulee varmistaa yhteensopivuus muottikaluston kanssa ja varautua kaluston rikkoutumiseen. Betonoitavan rakenteen lämpötilan seuranta varten suunnitellaan tarvittava kalusto sekä lämpötilan mittauksen paikat betonoidussa rakenteessa. Betonointipäivänä varmistetaan, että betonoitavassa rakenteessa on suunniteltu lämmityskalusto ja kyseinen kalusto on toimintakuntoinen sekä huolehditaan lämpötilan mittauksesta betonoitavassa rakenteessa. (1. s. 79.)

6.5 Betonin valinta

Betonin valintaa tehtäessä tulee ottaa huomioon betonille asetetut vaatimukset. Rakennesuunnittelija, betonityönjohtaja ja betonitoimittaja päättävät yhteistyössä kuhunkin rakenneosaan parhaiten soveltuvan betonin. Betonia valittaessa tulee suunnitella betonin toimitusnopeus ja huomioida betonimassan jäähtyminen. (5. s. 521.)

6.6 Betonointi

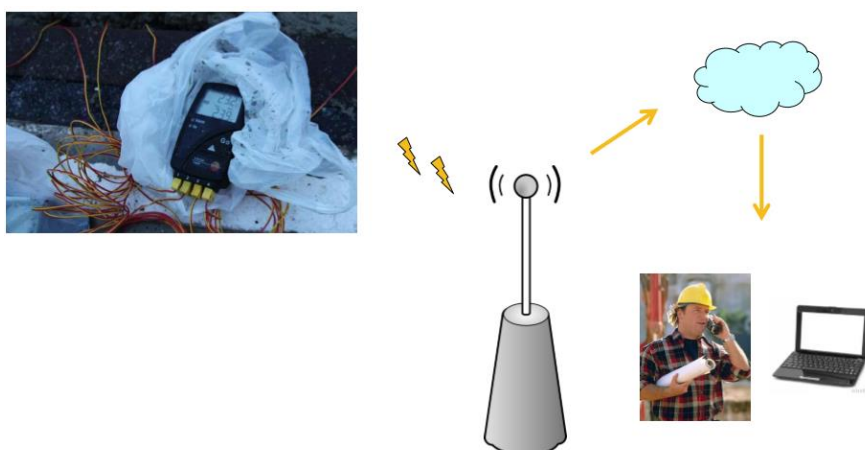
Tuoreelle betonoinnille luodaan mahdollisimman suotuisat olosuhteet lujudenkehitykselle. Ennen betonointia tarkastetaan säätiedot, mietitään voiko olosuhteisiin vaikuttaa positiivisesti ja tarkastetaan muottien puhtaus. Edellä mainittujen asioiden lisäksi tulee tarkastaa, että betoni päästään purkamaan suunnitellussa paikassa ja betonointia tekevät työntekijät ovat paikalla ja perehdytetty työtehtävään. Betonoidun rakenteen suojaus aloitetaan heti, kun se on mahdollista ja suojausten paikoillaan pysyminen on varmistettava. Työmaalla tehtävistä betonoinneista tehdään betonointipöytäkirja, johon liitetään betonin kuormakirjat. Mikäli betonin siirrossa on käytetty betonipumppua, tulee pumpun pystytyksestä laatia pöytäkirja, joka liitetään betonointipöytäkirjaan. (5. s. 522.)

6.7 Lämpötilan kehityksen seuranta

Betonoidun rakenteen lämpötilan seuranta tehdään yleensä dataloggereilla, ja lämpötilanmittaus tapahtuu automaattisesti. Mittausten perusteella saadaan tietoa lämpötilan kehityksestä ja varmistetaan betonoidun rakenteen lujuudenkehitys. Loggereita on olemassa perinteisiä, joista saatava data on siirrettävä ensin tietokoneelle, minkä jälkeen data voidaan lukea tietokoneelta. Nykyaikaisilla loggereilla data voidaan siirtää suoraan tietoverkkoon, jolloin lämpötilaa voidaan seurata toimistosta.



Kuva 11 Perinteinen lämpötilan seuranta. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.



Kuva 12. Reaaliaikainen lämpötilan seuranta. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.

6.8 Työturvallisuus

Työmaalla työskenneltäessä vaadittava turvavarustus on aina oltava käytössä ja turvallisuussääntöjä on noudatettava. Turvavarustukseen kuuluvat vähintään: kypärä, silmäsuojaimet, turvakengät, kuulosuojaimet ja työvaatteet huomioväreillä. Talvella on syytä kiinnittää erityistä huomiota valaistukseen, sillä betonoinnit tapahtuvat usein pimeällä. Pakkasella betonointeja tehtäessä on syytä kiinnittää huomiota myös liukkautorjuntaan, näin vältetään turhilta onnettomuuksilta. Korkealla työskenneltäessä huolehditaan, että putoamissuojaukset ovat riittävät ja kunnossa. Mikäli betonin siirrossa käytetään betonipumppua, on pakkasraja -15°C . Tätä alhaisemmissa lämpötiloissa on riskinä betonipumpun rikkoutuminen.

7 Työmaalla laadunvalvonta

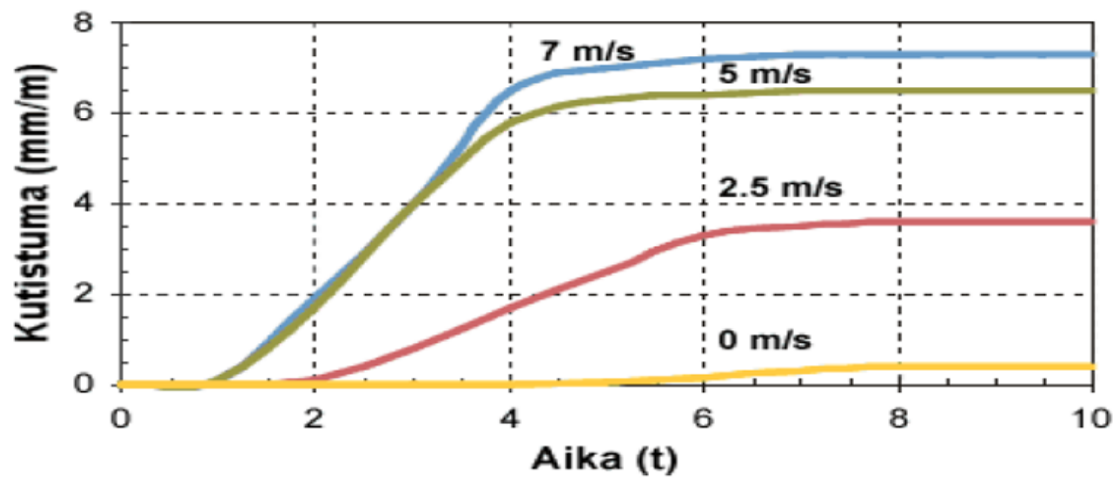
7.1 Betonoinnin laadunvalvonta

Betonointia tehtäessä tulee olla vaurioittamatta raudoitusta, muottia ja lämmityslankoja. Betonoinnin aikana seurataan muottia ja muotin tuentaa. Betoniasemalla ja työmaalla valvotaan betonin laatua ja tarvittaessa betonimassasta voidaan mitata ilmapitoisuus, massan notkeus ja muita ominaisuuksia siihen soveltuvilla kokeilla. Työmaalla tapahtuvasta valvonnasta on vastuussa betonityönjohtaja. Betonityönjohtaja tarkastaa raudoituksen ja muotit ennen betonointia. Betonoinnin aikana betonityönjohtaja tarkkailee betonimassan laatua ja virheitä havaitessaan ilmoittaa asiasta betonin toimittajalle.

Betonointeja tehdessä vältetään turhia taukoja ja pyritään pitämään massan menekki tasaisena. Betonointi pyritään suojaamaan mahdollisimman pian valun jälkeen, jolloin estetään lämmön ja veden haihtuminen betonista. (1. s.59.)

7.2 Vastaanottotarkastukset

Vastaanottotarkastus on ensimmäinen asia betonimassan laadunvalvonnassa. Betonointia valvova betonityönjohtaja tarkastaa toimituksen kuormakirjasta betonin lujuusluokan, notkeuden, käyttöiän yms. Betonointia koskevat kuormakirjat liitetään betonointipöytäkirjaan ja tämän jälkeen työmaan laatudokumentteihin. Kuormakirja on betonin tuoteseloste. Mikäli betonimassassa havaitaan puutteita tai virheitä, näistä tulee ilmoittaa heti betonitehtaalte. Betonimassan ominaisuuksia seurataan koko betonoinnin ajan; massan pitäisi pysyä tasalaatuisena muottiin asti. (1. s. 58.)



Kuva 13. Tuulen vaikutus betonin kutistumaan ja samalla veden haihtumiseen. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.

7.3 Jälkihoito

Betonin jälkihoito aloitetaan mahdollisimman pian betonoinnin valmistuttua. Talvella jälkihoidossa veden käyttö ei ole suotavaa, koska riskinä on jäätyminen. Jälkihoidolla turvataan betonin lujuudenkehitys ja estetään betonin liian nopea kuivuminen. Betonin pinnat suojataan riittävästi tuulelta. Kuvassa 13 on esitetty tuulen vaikutus kutistumaan ja veden haihtumiseen. (1. s. 60.)

Rasitusluokka	Osuus nimellislujuudesta
X0 ja XC1	60 %
XF2 ja XF4 sekä erityistä kulutuskestävyyttä vaativissa rakenteissa	80 %
Muut luokat	70 %

Kuva 14 Rasitusluokkien vaatimat jälkihoitoajat. Rudus Oy, talvibetonointikoulutus.

Eri rasitusluokat vaikuttavat siihen, kuinka kauan jälkihoitoa on jatkettava. Tämä selviää kuvasta 14.

7.4 Muottikaluston purku

Ennen muottikaluston ja telineiden purkua tulee varmistaa betonin riittävä lujuus. Lämpötilamittausten perusteella arvioidaan betonin lujuus ja tämän perusteella voidaan päättää muottien ja telineiden purkamisesta. Muotit puretaan pois ja jälkituenta toteutetaan suunnitelman mukaisesti. Jälkituenta pidetään paikoillaan, kunnes betonoidun rakenteen lujuus kestää rakenteen oman kuorman sekä rakenteelle tulevista kuormista aiheutuvat rasitukset. Mikäli kyseessä on jännitetty rakenne, niin muottia ei saa purkaa ennen rakenteille tehtäviä jännityksiä. Yleensä betonin nimellislujuuden tulee olla 80% jännitetyissä rakenteissa, ennen kuin jännitys voidaan suorittaa. (1. s. 60.)

7.5 Laadunvarmistus työn jälkeen

Ennen kuin betonirakenteiden päälle rakennetaan lisää rakenteita ja ne jäävät muiden rakenneosien alle, betonirakenteet tarkastetaan. Tarkastuksessa varmistetaan, että betonirakenne täyttää sille määrätyt vaatimukset pinnan laadun, rakenteen lujuuden ja mittatarkkuuden osalta. Mikäli betonirakenteissa havaintaan puutteita, niin kyseiset

puutteet kirjataan ylös ja korjataan. Puutteiden korjaamisen jälkeen betonirakenteelle tehdään jälkitarkastus. (1. s. 62.)

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda talvibetonointia koskeva työ-/tarkastuslista työmaalla työskentelevälle työnjohdolle. Suurimpia haasteita työn tekemiseen loi käytössä oleva aika töiden ohella sekä betonoinnista löytyvä tieto. Tietoa löytyi monesta eri lähteestä, joista valitsin käytettävät lähteet selkeimmän sisällön perusteella. Opinnäytetyössä on hyödynnetty myös tietoa, joka on saatu Rudus Oy:n talvibetonointikurssilta, työmaalla tehdyillä haastatteluilla ja talvibetonoinnista saadusta käytännön kokemuksesta.

Talvibetonoinnista saatua kokemusta ja haastatteluja on hyödynnetty suurimmaksi osaksi työohjetta tehdessä. Liitteenä olevan työohjeen on tarkoitus toimia muisti-/tarkastuslistana työmaan työnjohdolle, kun talvibetonointeja tehdään. Työohjeesta on tarkoitus selvittää, mitä tärkeitä asioita tulisi ottaa huomioon talvibetonoinnissa. Työohjeessa käydään läpi eri työvaiheita ja tarkastuksia, jotka liittyvät talvibetonointiin.

Kaksi talvea lämmitystyönjohdossa ja talvibetonoinnissa ovat opettaneet sen, että sääennusteita on seurattava paljon työn suunnittelun onnistumiseksi. Pimeällä betonointeja tehtäessä muotit ja raudoitukset täytyy käydä erittäin huolellisesti läpi, ettei niihin jäisi mitään sinne kuulumatonta tavaraa edes vahingossa. Toisinaan työmaalla saattoi kuulua sanottavan ”kyllä se lämmin massa jään sulattaa pois”. Vaikka betonimassa on lämmin, niin se ei sulata jäätä pois.

Lähteet

- 1 Betoniteollisuus ry Talvibetonointi. Toinen painos. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
- 2 Suomen Betoniyhdistys ry Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. Viides painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy
- 3 Vuorinen, Pekka 2012. Rakentajan kalenteri 2012. Betonointi kylmissä olosuhteissa Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120603.pdf> Haettu 10.3.2018
- 4 Työmaalla haastattelut ja käytännöntieto
- 5 Suomen Betoniyhdistys ry. Betonitekniikan oppikirja 2018 by 201. Helsinki: BY-Koulutus Oy
- 6 Suomen Betoniyhdistys ry. Betoninormit 2016 by 65. Helsinki: BY-Koulutus Oy
- 7 internet-lähde <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta>. Sivulla käyty 10.4.2018
- 8 internet-lähde <https://tripla.yit.fi/nain-tripla-rakentuu>. Sivulla käyty 10.4.2018

Työohjeet talvibetonointiin

Talvibetonoinnissa huomioon otettavia asioita

1. Suunnittelu

- Nimetään betonityöjohtaja(t).
- Nimetään lämmityksestä vastuussa oleva työnjohtaja.
- Käydään betonointisuunnitelmat ja aikataulut läpi.
- Päätetään, millaisella muottijärjestelmällä työmaalla toimitaan.

2. Talvibetonointiin valmistautuminen

- Laaditaan betonointiin ja lämmitykseen liittyvät asiakirjat (turvallisuus- ja työsuunnitelma).
- Pidetään aloituspalaveri betonoinnista, mihin kutsutaan suunnittelija, betonitoimittaja, betonityöjohtaja, lämmitystyöjohtaja ja betonointityön suorittaja. Palaverissa sovitaan betonointiin liittyvät laadunvalvonnan asiat sekä betonointiin tarvittava työryhmä ja kalusto.
- Suunnitellaan tarvittava työryhmä ja kalusto lämmitykseen.
 - Mietittävä tarvitseeko lämmityksiä tarkkailla öisin.

3. Ennen betonointia ja betonoinnin aikana tehtävät työt

- **Suojaukset ja lämmitykset**
 - Muottien lämmitys aloitetaan viimeistään päivää ennen betonointia.
 - Raudoituksen valmistuttua asennetaan lämmityskaapelit.
 - Lämmityskaapeleiden asentamisen jälkeen suojataan muotit sekä rauditus lumelta ja jäältä.
- **Hyvässä ajoin ennen betonointia tehtävät tarkastukset**
 - Betonin purkupaikan tarkastus.
 - Betonoitavan rakenteen tarkastus ja tarvittaessa lumen, jään ja muun sinne kuulumattoman tavaran poistaminen.
 - Raudoituksen tarkastus.
 - Betonoinnin tekevä työryhmä on paikalla ja työryhmällä on tarvittava kalusto.
 - Tarkasta lämmitykseen ja suojaukseen liittyvät asiat, jos havaitset puutteita, niin ilmoita viipymättä lämmitystyöjohtajalle.
- **Betonoinnin aikana tehtävät työt**
 - Betonin saapuessa tarkasta kuormakirjasta massan tiedot.
 - Tarkkaile betonimassaa valun aikana, ilmoita poikkeamista betoniasemalle.
 - Tarkkaile muottia betonointia tehtäessä.
 - Asennetaan betonoitavaan rakenteeseen lämpötilan seuranta varten tarvittava mittalaite.

4. Betonoinnin jälkihoito

- Betonoitu rakenne suojataan mahdollisimman pian betonoinnin valmistuttua.
- Betonoidussa rakenteessa olevat lämmityskaapelit laitetaan päälle.
- Tarkkaillaan betonoidun rakenteen lämpötilaa, suojaus- ja lämmityksiä.

5. Ennen muottien purkua

- Varmistetaan betonin riittävä lujuus muottien purkuun, normaalisti 60% nimellislujudesta. Rakennesuunnittelija määrittää poikkeavan lujuus vaatimuksen.
- Talvella betonoitaessa muotteja on hyvä pitää paikoillaan mahdollisimman pitkään, sillä muotit suojaavat rakennetta sääoloilta, mikä vaikuttaa positiivisesti lujuudenkehitykseen. Älä pura, ellei ole pakko esimerkiksi muottikierron kannalta.
- Betonointisuunnitelmassa tähän voidaan ottaa kantaa, jos tarvitaan esim. jännityslujuuden tähden saada tarvittava lujuus. Lämmitystä jatketaan tässä tapauksessa kunnes jännitys on saatu suoritettua. Tällöin rakenteen lujuus tarkistetaan joko loggerin arvoista tai sadgroven menetelmän laskelmilla.
- Muista ettei rakenne kestä täyttä kuormitusta ennen nimellislajuuden saavuttamista.

**Lämmin betonimassa ei sulata muoteissa olevaa lunta ja jäätä.
Betonoitua rakennetta ei saa päästään jäätymään, ennen kuin
jäätymislajuus on saavutettu.**