

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus, rakennusmestari

2018

Ville Mäkitalo

# TALVIBETONOINTI KERROSTALOTYÖMAALLA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus, rakennusmestari

2018 | 39

Ville Mäkitalo

## TALVIBETONOINTI KERROSTALOTYÖMAALLA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata tyypillisimmät talvibetonointiin liittyvät haasteet ja ongelmat. Opinnäytetyössä kuvataan Suomen sääolosuhteita ja sitä, miten ne vaikuttavat talvibetonointiin. Lisäksi opinnäytetyössä kuvataan erilaisia lämmitysmenetelmiä, erilaisia talvibetonoinnissa käytettäviä betonilaatuja ja erinäisiä toimenpiteitä, joilla voidaan ennaltaehkäistä talvibetonoinnista aiheutuvia ongelmia ja vaurioita. Työssä kuvataan myös lujituksen kehityksen prosessia ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Talvibetonoinnista aiheutuvia suurimpia riskejä ovat betonin halkeilu ja rakenteen jäätyminen, kaatumisen ja sortuminen. Talvibetonointi aiheuttaa myös lisää haasteita työturvallisuudelle, ja riski työvirheille kasvaa betonoitaessa kylmässä säässä. Vaurioita voidaan ehkäistä hyvällä ennakkosuunnittelulla, suojausmenetelmillä ja hyvällä jälkihoidolla.

Opinnäytetyön toisessa osassa kuvataan, kuinka teoriaosuutta on toteutettu käytännössä työmaalla. Viimeisessä osiossa kuvataan kirjoittajan omaa osaamista ja kehittämistarpeita.

### ASIASANAT:

betoni, talvi, talvibetonointi, laadunvarmistus, olosuhteiden hallinta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Construction Management

2018 | 39

Ville Mäkitalo

## COLD WEATHER CONCRETING ON AN APARTMENT BUILDING CONSTRUCTION SITE

The purpose of this study was to describe the typical challenges and problems related to cold weather concreting. This study describes the weather conditions in Finland and how they affect concreting in the winter. This study also describes different methods of heating, different qualities of concrete used in cold weather concreting and different procedures which can be used to prevent the problems and damages caused by cold weather concreting. In addition the process of strength development and the related factors are discussed.

The biggest risks caused by cold weather concreting are cracking of the concrete and freezing, falling and collapsing of the structure. Cold weather concreting also causes more risks for work safety, the risk for work related errors is elevated when concreting in cold weather. The damages can be prevented by way of good pre-planning, methods of covering and with good after care.

The second part of this study describes how the theoretical part was implemented on the construction site. The last part describes the writers expertise and needs for development.

### KEYWORDS:

concrete, winter, cold weather concreting, quality assurance, condition management

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 TALVIBETONOINTI KERROSTALOTYÖMAALLA</b>	<b>7</b>
2.1 Talvibetonoinnin haasteet	7
2.1.1 Suomen talviolosuhteet	7
2.1.2 Lämpötilan vaikutus	8
2.1.3 Tuulen vaikutus	8
2.2 Talvibetonointisuunnitelma	9
2.3 Talvibetonilaadun valinta ja lujuuden kehitys	10
2.3.1 Betonilaadun valinta	10
2.3.2 Lujuuden kehitys	12
2.3.3 Lujuuden kehitykseen vaikuttavat seos- ja lisäaineet	15
2.4 Olosuhteiden hallinta talvibetonoinnissa	16
2.4.1 Rakenteiden suojaaminen	16
2.4.2 Lämmitysmenetelmät	18
2.5 Talvibetonoinnin laadunvarmistus	21
2.5.1 Betonointia edeltävät toimenpiteet	21
2.5.2 Toimenpiteet betonoitaessa	21
2.5.3 Betonoinnin jälkeen	22
2.5.4 Muottien purkaminen	22
2.5.5 Laadunvarmistus töiden jälkeen	23
2.6 Talvibetonoinnin vauriot	24
2.6.1 Betonin jäätyminen ja halkeilu	24
2.6.2 Rakenteiden kaatuminen ja sortuminen	25
2.7 Talvibetonointiin liittyvä työturvallisuus	26
<b>3 TEORIAN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN TYÖMAALLA</b>	<b>28</b>
3.1 Talvibetonoinnin haasteet	28
3.2 Talvibetonointisuunnitelma	28
3.3 Talvibetonin laadun valinta ja lujuuden kehitys	29
3.4 Olosuhteiden hallinta talvibetonoinnissa	30
3.5 Talvibetonoinnin laadunvarmistus	33
3.6 Talvibetonoinnin aiheuttamat vauriot	33

3.7 Talvibetonointiin liittyvä työturvallisuus	34
<b>4 OMA OSAAMISTASO JA KEHITTÄMISTARVE</b>	<b>35</b>
4.1 Talvibetonoinnin haasteet	35
4.2 Talvibetonointisuunnitelma	35
4.3 Talvibetonin laadun valinta ja lujuuden kehitys	35
4.4 Olosuhteiden hallinta talvibetonoinnissa	36
4.5 Talvibetonoinnin laadunvarmistus	36
4.6 Talvibetonoinnin aiheuttamat vauriot	36
4.7 Talvibetonointiin liittyvä työturvallisuus	37
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>38</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>39</b>

## KUVAT

Kuva 1. 260 mm paksun välipohjan lujuudenkehitys laatan keskiosassa eri lämpötiloissa. Betonimassa K30 #16 mm S3.	13
Kuva 2. Betonin kovettumisen vaiheet kylmissä olosuhteissa.	14
Kuva 3. Holvivalu betoninostoastialla.	29
Kuva 4. 300mm paksun paikallavalulaatan lujuuden kehitys lämpötilan ollessa -5 °C, muottipintana 22mm vaneri, massan lämpötila 20 °C, 6mm pakkasmatto lämmöneristeenä, alapuolinen tila lämmitetty +15 °C.	30
Kuva 5. Betox Thermo 1300.	31
Kuva 6. Ikkunat ja aukot suojattu ja tukittu lämmitetyssä kerroksessa holvivalun alapuolella.	31
Kuva 7. Pakkasmatot holvivalun lämmöneristeenä.	32
Kuva 8. Paikalla valettavan seinänä kohdalle asennettu lämmityslanka.	32

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata talvibetonoinnista johtuvia yleisiä haasteita ja riskejä sekä sitä, miten niitä voidaan ehkäistä. Opinnäytetyössä kuvataan myös miten Suomen ilmasto ja talviset olosuhteet vaikuttavat talvella suoritettavaan betonointiin. Opinnäytetyössä kuvataan erilaisia betonilaatuja sekä lämmitysmenetelmiä. Työssä kuvataan lisäksi toimenpiteitä, joilla voidaan ennaltaehkäistä mahdollisia talvibetonoinnista johtuvia vaurioita ja ongelmia.

Viimeisen sadan vuoden aikana Suomen keskilämpötila on noussut asteella ja arvioidaankin, että lämpötilan noususuhdanne jatkaa samaa linjaa. Lämpötilan nousun arvelaan aiheuttavan Suomessa muuttuvia sääolosuhteita etenkin talvella, jolloin sateisuuden arvellaan lisääntyvän ja lumipeite muuttuu epävakaammaksi. (Sahlstedt ym. 2013, 28.)

Talvibetonointikauden katsotaan alkaneen, kun lämpötila laskee alle +5 °C:seen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Etelä-Suomessa kausi kestää aina lokakuusta huhtikuuhun asti. Tyypillisimpiä vaurioita talvibetonointikautena ovat betonin halkeilu ja jäätyminen ja rakenteiden kaatuminen ja sortuminen. Kylmässä säässä betonoitaessa myös riski työvirheille kasvaa. (Sahlstedt ym. 2013, 68.)

Talvibetonoinnista aiheutuvia vaurioita on mahdollista ehkäistä hyvällä ennakkosuunnittelulla, suojausmenetelmillä ja hyvällä jälkihoidolla. Myös betonin laadun valintaan on kiinnitettävä huomiota.

## 2 TALVIBETONOINTI KERROSTALOTYÖMAALLA

### 2.1 Talvibetonoinnin haasteet

#### 2.1.1 Suomen talviolosuhteet

Talviolosuhteet, kuten vesi- ja lumisateet, pakkaset ja myrskyt, aiheuttavat usein keskeytyksiä, ja näin ollen ne hidastavat rakennustöitä. Hyvällä ennakoivalla suunnittelulla pystytään kuitenkin ehkäisemään säähäiriöiden aiheuttamat haitat. Suunnitteluvaiheessa tarkastelemalla säätilastoja pitkältä ajalta voidaan arvioida valujen sääolotiloja. Valupäivänä ilman lämpötila saattaa kuitenkin poiketa suuresti tilastotiedoista, koska Suomessa on vaihteleva säätila vuositasolla. Työmaan sijainnilla on suuri merkitys; ilmastoon vaikuttaa esimerkiksi maanpinnan korkeussuhteet ja laajat vesistöalueet. (Sahlstedt ym. 2013, 28.)

Ilmasto muuttuu myös Suomessa. Sadan vuoden aikana keskilämpötila on noussut asteella. Arvioidaan, että keskilämpötila jatkaa noususuuntaa, rankkasateet voimistuvat, sateisuuden arvellaan lisääntyvän etenkin talvella ja lumipeite Etelä-Suomessa muuttuu epävakammaksi. (Sahlstedt ym. 2013, 28.)

Lumen aiheuttaman haittavaikutuksen suuruus talvibetonoinnille riippuu siitä, missä työvaiheessa sataa lunta ja kuinka useasti. Muutoksia suunnitelmissa saattaa aiheuttaa betonoinnin aikana sattunut lumisade. Lumi ja jää tulee myös poistaa rakenteista valua edeltävästi, jolloin lumentulo aiheuttaa useasti lisätöitä. Lumisateeseen verrattavan haitan aiheuttavat myös kylmällä säällä esiintyvä räntä- tai vesisade. (Sahlstedt ym. 2013, 31.)

Suunnitelmien tarkentuessa tulee tarkastaa sen hetkiset sääennusteet. Valuajankohtaa päätettäessä ja betonisuunnitelmaa tehtäessä tulee sään olosuhteiden ennakoimisessa käyttää sääennusteita, joita on saatavilla eri tiedotusvälineissä. Rakentajille on myös tarjolla erilaisia rakennussääpalveluita, joissa on saatavilla lyhyen aikavälin paikkakunta-kohtaisia sääennusteita. Kun päätetään suojaus- ja peittämistoimenpiteistä, on sade-ennusteista myös hyötyä. Kun suunnitellaan muottien nostoja on hyötyä tuuliennusteista. (Sahlstedt ym. 2013, 28.)

### 2.1.2 Lämpötilan vaikutus

Kun lämpötila laskee alle +5 °C:seen, katsotaan talvibetonointikauden alkaneen. Etelä-Suomessa kausi ajoittuu lokakuusta huhtikuuhun, kokonaisuudessaan kausi kestää noin seitsemän kuukautta. Pohjois-Suomessa kausi saattaa olla jopa yhdeksän kuukautta ajoittuen syyskuusta toukokuuhun. (Sahlstedt ym. 2013.) Suomessa ennustetaan ilmaston muuttuvan enemmän talvella kuin kesällä. Lämpötilan arvellaan nousevan Suomessa tulevaisuudessa nopeammin ja enemmän kuin maapallolla keskimääräisesti. Muutokset tulevat olemaan suurempia talvella kuin kesällä ja erittäin alhaiset lämpötilat tulevat harvinaistumaan. (Ilmasto-opas 2017.) Valupäivien olosuhteet tulee tarkistaa sääpalveluista ja seurata tarkasti lämpötilan kehitystä betonissa (Sahlstedt ym. 2013, 29).

Ensimmäinen vuorokausi on lujuuden kehityksen kannalta tärkeä, joten luotettava vuorokauden pituinen lämpötilaennusta antaa lisää varmuutta betonointiin ja näin vähentää riskiä epäonnistumiseen. Tarpeeksi ajoissa ennen valua ja uudelleen juuri ennen valua tulee tarkistaa valupäivän lämpötila. (Sahlstedt ym. 2013, 29.)

### 2.1.3 Tuulen vaikutus

Keskimääräisesti kahdesta kolmeen kertaan kuukaudessa nosturilla työskentelyä haittaa syysmyrskyt. Valmiin betonirakenteen pinnalta haihtuvan veden määrää lisää tuuli. Tuulen lisäämä veden haihtuminen kasvattaa varhaisvaiheen kutistumaa. (Sahlstedt ym. 2013, 33.)

Mittarin lämpötila ei kerro todellista tietoa siitä, kuinka kylmä ulkona oikeasti on. Pakkasen tuntua lisää huomattavasti tuuli. Lämpötila tuntuu todellista kylmemmältä tuulen voimistuessa. Esimerkiksi jos tuuli puhaltaa 7 m/s kymmenen asteen pakkasella, saa tuuli sen tuntumaan 19 asteen pakkaselta. (Yle 2014.) Riskitekijöitä tunnistettaessa tulee muistaa tuuli työturvallisuuden lisäriskitekijänä (Mikkonen 2018, 565).



## 2.2 Talvibetonointisuunnitelma

Kun betonointi joudutaan suorittamaan kylmässä tai talvisissa olosuhteissa, on laadittava kylmien olosuhteiden betonointisuunnitelma. Jotta tarpeelliset materiaali- ja laitehankinnat saadaan tehtyä ajallaan, on suunnitelma laadittava hyvissä ajoin ennen säiden kylmenemistä. Kylmä sää aiheuttaa työnkulkuun hidastumista, mistä johtuen tulee kylmyyden aiheuttamat hidastelut ottaa huomioon betonityön yleissuunnittelua tehtäessä. Erityisesti joustavuutta kaivataan kovimpien pakkasjaksojen aiheuttamien työnseisausten varalta. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 396.)

Betonin lujuuteen liittyen on selvitettävä, käytetäänkö suunnittelijan määräämää lujuusluokkaa vai joudutaanko lujuusluokkaa korottamaan työn vauhdittamisen tai lujuuskadon vuoksi. Päätettävä on myös käytettävä sementtilaatu sekä mahdollisista lisäaineiden käytöstä. Betonimassalle tulee määritellä tavoiteltavat lämpötilat valettuna ja vastaanototosäiliöissä tai sekoittimella eri ulkoilman lämpötila-alueille. Valintaa tehtäessä on otettava huomioon massan jäähtymisvaara eri käsittelyvaiheissa. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 396.)

Työt on pääsääntöisesti hyvä pyrkiä sijoittamaan vaikeasti kylmistä sääistä leudompiin ajankohtiin, jos tämä vain on mahdollista. Erittäin matalissa ulkolämpötiloissa joudutaan suunnittelemaan erityinen menettelytapa, joita on esimerkiksi täyssuojaus, suojaustoimien tehostus tai töiden keskeyttäminen. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 397.)

Muottikiertoa suunnitellaan tarvittaessa erikseen kantaville ja kantamattomille muotin osille ja muottikierto tulee tarkistaa lämmityssuunnitelman perusteella. On suunniteltava tuenta ja tutkittava varatukien käyttötarve. Lumen ja jään sulatukseen sekä lähtöpintojen ja muottien lämmitykseen tulee valita menetelmät. Myös lämmitystehon ja höyryn tarve tulee arvioida. Betonipinnoille asetettujen laatuvaatimusten vaikutukset muottien irrotukseen tulee selvittää. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 397.)

Peittämis- ja suojaustoimet tulee suunnitella sekä valita niihin materiaalit. Suojausten vaatimia varauksia, kiinnityksiä ja korokkeita tulee harkita. Suojausajat tulee päättää ja suojausmateriaalin kierto suunnitella. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 397.)

Lämmitysmenetelmät sekä lämmityskalusto ja -tavat tulee valita ja betonointikohteittain lämmityksen tavoitteet tulee päättää (nimellislujuuden saavuttaminen, jäätymislujuden, muottien purkamislujuden). Tarvittava lämmitysteho sekä lämmitysenergian

käyttö tulee laskea ja kalusto valita. Laitteistovikojen ja sähkökatkosten yms. varalle tulee tehdä toimintasuunnitelmat häiriötilanteita varten. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 397–398.)

Talvibetonointiajanjakson vaatima erikoiskalusto, välineet ja materiaalit lämmitystä, suojausta ja lämpötilojen tarkkailua varten tulee päättää. Varakaluston tarve ja hankinnan suunnittelu tulee kartoittaa. Suunnitelma kaluston kierrosta työmaalla tulee tehdä, jotta poikkeustilanteisiin pystytään varautumaan. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 399.)

Mahdollinen palovartiointi sekä lämmityksen valvonta on suunniteltava. Myös lämpötilojen mittauspaikat tulee suunnitella sekä tehdä valinta mittausvälineistä ja mittauksen ajankohdat on ajoitettava. Lämpötilojen perusteella, tai muilla tavoilla, tulee valmistella lujuuskehityksen seurantaa. Epättydyttävien mittaustulosten varalle tulee suunnitella toimenpiteet. Lämpökäsittelyn vaatimat ennakkoselvitykset tulee suunnitella. (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 399.)

## 2.3 Talvibetonilaadun valinta ja lujuuden kehitys

### 2.3.1 Betonilaadun valinta

Talvibetonoinnin valinta tehdään tyypillisesti rakennekohtaisen suunnittelun yhteydessä ja sitä tarkennetaan ennen valua sää- ja työskentelyolosuhteiden mukaan. Talvibetonoinnissa käytettävän betonilaadun valinta tehdään yhteistyössä rakennesuunnittelijan, betonityönjohdon sekä betoniasiantuntijan kesken. Betonilaadun valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat lämmitysmenetelmä, muottikierron nopeus, muottijärjestelmä ja suunniteltu jälkituenta, odotettavat sääolosuhteet, betonin sekä muottien lämpösuojaus, sääsuojien käyttö. Lopullinen betoninlaadun valinta tehdään, kun tiedetään kovettumisen aikainen lämpötila sekä tekijät, jotka vaikuttavat lujuuden kehitykseen. Mikäli betonilaadulla ei pystytä kohtuullisesti saavuttamaan asetettuja tavoitteita, selvitetään, onko mahdollista vaikuttaa valuolosuhteisiin, kuten lämpötilat, lämmitys, suojaus. Käytetyimmät betonilaadut talvibetonoinnissa ovat kuumabetoni ja nopeasti kovettuva betoni. (Sahlstedt ym. 2013, 19.)

Normaalisti kovettuvaa betonia voidaan käyttää, jos ei vaadita säänkestävyyttä betonilta tai muita erityisominaisuuksia. Kyseinen betoni on perusbetonilaatu ilman erikoisbetoneille tyypillisiä erikoisominaisuuksia. Mikäli kovia pakkasia ei ole luvassa sekä lämmitys ja suojaus ovat tehokkaita, voidaan talvibetonoinnissa käyttää normaalisti kovettuvaa betonia. Yleisimpiä käyttökohteita normaalisti kovettuvalle betonille ovat holvit, perustukset ja pilarit. (Sahlstedt ym. 2013, 20.)

Nopeasti kovettuvat betonilaadut tuottavat runsaasti lämpöä kovettuessaan. Runsas lämmöntuotto nostaaakin vastabetonoidun rakenteen lämpötilaa. Nimellislujuutensa ne saavuttavat seitsemän vuorokauden ikäisinä. Talvibetonoinnissa muotinpurkulujuuden saavuttamista ja lujuuden kehitystä nopeuttaa riittävän korkea lämpötila. (Sahlstedt ym. 2013, 20.)

Kuumabetoni on lämmitettyä betonia. Tehtaalta lähtiessä kuumabetonin lämpötila on noin 30 °C, kun taas normaalin massan lämpötila on noin 20 °C. Korkeampi lämpötila vähentää betonin työstettävyyttä sekä nopeuttaa massan sitoutumista. Lujuuden kehitys ja sitoutuminen ovat ensimmäisten tuntien aikana nopeampaa, kun käytetään kuumabetonia. Kuumabetonin lujuuden saavutus korkeammassa lämpötilassa saattaa aiheuttaa jonkin asteista lujuuskatoa, koska se ei saavuta samaa loppulujuutta kuin vastaavabetoni matalammassa lämpötilassa. Mikäli rakenteen lämpötila ylittää yli 50 °C, alentaa kuumabetoni loppulujuustasoa. Kun betonin lämpötilaa nostetaan korkeaksi, lujuuskatoa ei täysin pystytä välttämään, mutta sen haittoja ja suuruutta pystytään vähentämään. Massan tavallista korkeampi lämpötila pystytään hyödyntämään parhaiten, kun valettu muotti on hyvin lämpöeristetty sekä ennen jäähtymistä peitetty eristepeitteillä. Etenkin reuna-alueiden peittämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Lämmön haihtuminen kyseisiltä alueilta on vaikeinta hallita. (Sahlstedt ym. 2013, 20-21.)

Jotta betonin lämpö voidaan käyttää hyväksi mahdollisimman hyvin, on valu suoritettava nopeasti. Koska lämmön nousu kuumabetonissa voi olla voimakasta, sitä ei suositella käytettäväksi massiivirakenteissa eikä säänkestävissä rakenteissa. Asiantuntijan laskentapalvelun avulla pystytään valitsemaan nopeammin kuivuva betonilaatu tai kuumabetonin oikea lämpötila esimerkiksi rakenteen paksuuden, sääolosuhteiden, lämmityksen ja muotin eristyksen mukaan. (Sahlstedt ym. 2013, 20-21.)

Pakkasbetonin tyypillisin käyttökohde on elementtien saumavalut. Se ei sovellu kohteisiin, joissa edellytetään säänkestävyyttä tai suolarasitusta eikä myöskään XF-rasitusluo-

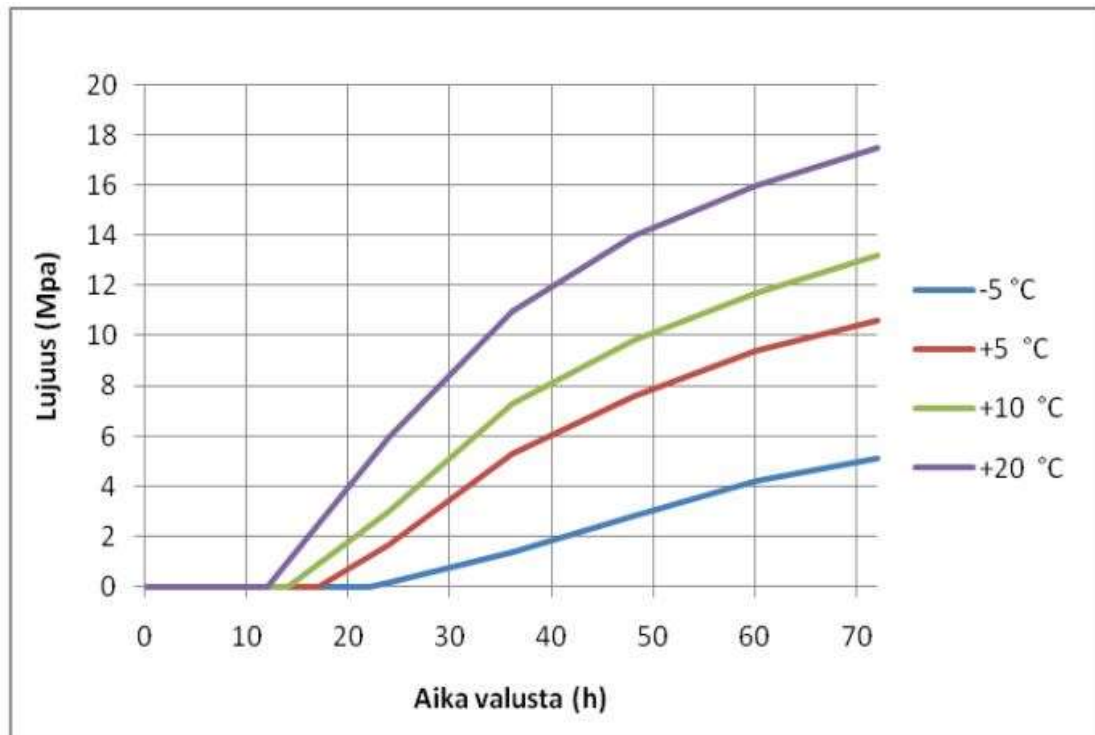
kan rakenteisiin. Pakkasbetonia pystytään käyttämään pienessä pakkasessa, mutta lujuuden kehitys on erittäin hidasta. Ulkolämpötilan laskiessa  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen pakkasbetonin lujuudenkehitys käytännössä katsoen pysähtyy. Betonintoimittajan kanssa kannattaa keskustella massan työstettävyydestä, koska hitaissa valuissa lämpötilan ollessa  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  massan työstettävyys saattaa tuottaa ongelmia. (Sahlstedt ym. 2013, 22.)

IT-betonia eli itsestään tiivistyvää betonia käytettäessä ei tarvita mekaanisia täryttimiä, vaan betoni tiivistyy painovoiman avulla muottiin ja raudoitusten ympärille. Se soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa rakenteet ovat ahtaita ja vaikeapääsyisiä, sekä kohteisiin, joissa on käytetty tiheää raudoitusta. Lujuuden kehitys hidastuu voimakkaasti kylmissä olosuhteissa. Tämä johtuu betonimassassa runsaasti käytetyistä lisäaineista. Siksi talvi-betonointia tehtäessä itsestään tiivistyvän betonin käyttöön on suhtauduttava varauksella. (Sahlstedt ym. 2013, 22.)

### 2.3.2 Lujuuden kehitys

Muotinpurkulujuuden saavuttaminen kohtuullisessa ajassa edellyttää lämpötilan pysymistä reilusti yli nollan asteen, jotta lujuuden kehitystä voi tapahtua. Lujuuden kehitys hidastuu liikaa normaalin rakentamisen vauhtiin, jos betonin lämpötilan jää  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen. Sisäisiä vaurioita ja rapautumista saattaa syntyä, jos betoni pääsee jäätymään varhaisessa vaiheessa. Tästä johtuen on betonin lujuuden kehitykseen kiinnitettävä erityistä huomiota kylmällä säällä. Riittävän nopeaan kovettumiseen riittää useimmiten se, että

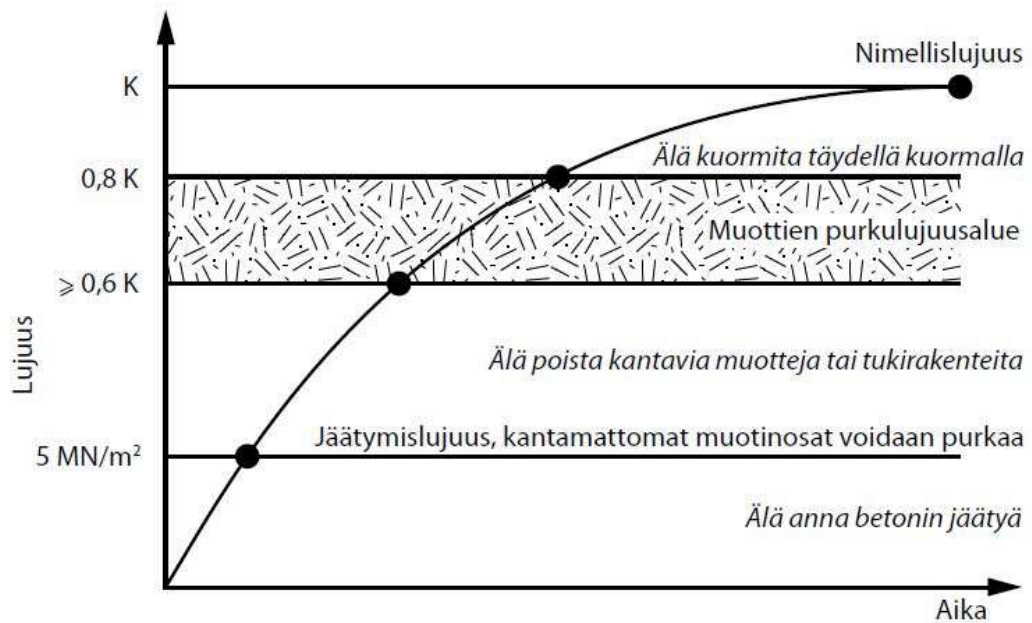
betonin lämpötila on +20 °C tai sitä korkeampi. Yli +60 °C:seen lämpötila ei saa nousta, sillä se aiheuttaa rakenteelle lujuuskatoa. (Sahlstedt ym. 2013, 14-15.)



Kuva 1. 260 mm paksun välipohjan lujuudenkehitys laatan keskiosassa eri lämpötiloissa. Betonimassa K30 #16 mm S3. (Rudus Oy 2011.)

On huolehdittava kaikissa olosuhteissa, että betonirakenne saavuttaa suunnitellun rakenteellisen lujuuden sekä muottien purkua ei aloiteta ennen kuin varmistutaan siitä, että toimenpide pystytään suorittamaan eikä rakenne vaurioidu. Kolme tärkeää tarkastelu-  
hetkeä lujuudenkehityksen kannalta kylmissä oloissa betonoitaessa ovat jäätymislujuuden, muottienpurkulujuuden sekä nimellislujuuden saavuttaminen. (Sahlstedt ym. 2013, 17.)

Jäätymislujuus kaikilla lujuusluokilla on vähintään 5 MN/m<sup>2</sup>. Koska nykyään muotit puretaan mahdollisimman nopeasti, on lujuuden oltava käytännössä aina suurempi kuin 5 MN/m<sup>2</sup>. Ennen jäätymistä kovettuvan betonin lujuuden tulee olla mahdollisimman suuri, jotta se kestävä sisäiset rasitukset, joita jäänyt vesi aiheuttaa. Raja, jonka alapuolella betoni vaurioituu pysyvästi jäätyessään, on jäätymislujuus. Jos betonin jäätyy liian aikaisin ennen jäätymislujuuden saavuttamista, jää loppulujuus vajaaksi. (Sahlstedt ym. 2013, 17.)



Kuva 2. Betonin kovettumisen vaiheet kylmissä olosuhteissa. (Sahlstedt ym. 2013, 17.)

Betonin lujuuden on oltava riittävä, kun muotteja aletaan purkaa. Betonirakenteen on kestettävä purusta aiheutuvat rasiukset eikä muodonmuutoksia tai vaurioita saa syntyä. Tätä riittävää lujuutta kutsutaan muottien *purkulujuudeksi*. Purkulujuuteen vaikuttaa esimerkiksi muottien tuentatavat, kuormitukset muotinpurkuhetkellä ja sen jälkeen, rakenteen toimitapa, betonin nimellislujuus sekä erityisvaatimukset, jotka työn suorituksen eteneminen aiheuttaa. Ellei piirustuksissa ole toisin määrätty, tulee betonin olla saavuttanut 60 % nimellislujuudestaan muotteja sekä tukirakenteita purettaessa. Jälkijännitetyissä rakenteissa lujuuden on oltava 80 % nimellislujuudesta. Jännitystyötä ei voida tehdä ennen kuin rakenne on saavuttanut 80 %:n nimellislujuuden. Jännittämisen jälkeen rakenteet kestävät mitoituskuormat eikä jälkituentaa välttämättä tarvita. Kun betonille luodaan sellaiset kovettumisolosuhteet, että betoni voi kehittää lujuutta hallitusti, voidaan tukirakenteet ja muotit purkaa turvallisesti. Ennen täyden nimellislujuuden saavuttamista ei rakenteita saa kuormittaa täydellä kuormalla. (Sahlstedt ym. 2013, 18.)

Talvibetonoinnissa lujuuden kehityksen nopeuttamiseen voidaan vaikuttaa useilla keinoilla. Näitä ovat nopeasti kovettuvan betonin käyttö, lujuusluokan korotus, massan lämpötilan korotus, valetun rakenteen lämmittäminen, kylmäsiltojen poisto eli lämmitetään liittyviä rakenteita, tehokas valun suojaus ja eristys pakkaselta. (Sahlstedt ym. 2013, 24.)

Lujuuden kehityksen hallintaan työmaalla on kaksi toimenpidettä. Nämä ovat kovettuvan ja tuoreen betonin lämpötilan seuranta ja betonin lämmönkehityksen perusteella tehtävä lujuuden määrittäminen. Etäluettavilla lämmitysjärjestelmillä pystytään seuraamaan lämpötiloja. Näitä tuloksia apuna käyttäen voidaan laskenta suorittaa etälaskentana. Erilaiset varoitusjärjestelmät rakenteen lämpötilan laskusta tai lämmitettävästä tilasta on mahdollista sisällyttää järjestelmään. Valetusta betonista mitattujen lämpötilojen avulla määritetään ensisijaisesti betonin lujuus. Mittauksessa voidaan käyttää perinteisiä lämpömittareita, joilla mittaus tapahtuu valuun asetetuista mittausputkista, tai mittausantureita hyödyntäviä elektronisia mittareita. (Sahlstedt ym. 2013, 25.)

Myös dataloggerit saattavat olla työmaan käytössä ajoittain. Ne tallentavat lämpötiloja määräajoin. Niillä pystytään saamaan kokonaisvaltaisempi kuva koko vuorokauden eri aikojen lämpötiloista. Dataloggereilla pystytään saamaan lämmönkehityskäyrä tarvittaessa viikonlopun ajalta, jonka avulla pystytään määrittämään rakenteen lujuus. Mittauspisteet tulee valita niin, että saadaan mahdollisimman luotettava tulos. (Sahlstedt ym. 2013, 25.)

Lämpötilaa tuoreesta ja kovettuvasta betonista seurataan niin sanotuista kriittisistä pisteistä. Näitä kriittisiä pisteitä rakenteissa ovat kohdat, joihin kohdistuu muotipurkuhetkellä suurin rasitus, kohdat, joissa oletettavasti on lämpötila matalimmillaan, kohdat, jotka ovat valmiin rakenteen toimivuuden kannalta kriittisiä, sekä kohdat, jotka ovat seuraavien työvaiheiden etenemisen kannalta kriittisiä. Yleisempiä mittauspisteitä rakenteissa ovat pilarien ja seinien alaosat, kylmäsilat tukialueilla, pilarien ja seinien yläosat, joihin kohdistuu suuria voimia yläpuolisista rakenteista ja kaikki rakenteet, joita pian valun jälkeen tullaan kuormittamaan. (Sahlstedt ym. 2013, 26.)

### 2.3.3 Lujuuden kehitykseen vaikuttavat seos- ja lisäaineet

Käyttämällä lisäaineita voidaan vaikuttaa betonimassan ominaisuuksiin, kuten massan sitoutumiseen, kovettumiseen ja kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Lisäaineita käytetään lähes kaikissa betonilaaduissa. Päävaikutuksen lisäksi lisäaineilla on myös sivuvaikutuksia. Lisäaineiden käyttötavasta ja -kelpoisuudesta on oltava varma, kun niitä käytetään talvibetonoinnissa. Talvibetonoinnissa käytettäviä lisäaineita ovat huokostimet, notkistimet ja kiihdyttimet. (Sahlstedt ym. 2013, 23.) Myös hidastimia voidaan käyttää

lisäaineena, mutta hidastinta ei yleensä tarvita kuitenkaan kylmänä vuodenaikana (Suomen Betoniyhdistys Ry 2011, 67).

Huokostimien tarkoitus on lisätä betonirakenteelle sään kestävyyttä. Se on betoniin lisättävä lisäaine. Sitä käytettäessä betoni kestää kovettuneena toistuvaa sulamista ja jäätymistä. Se muodostaa betoniin suojahuokosia, joihin vesi voi laajentua jäätyessään rikkomatta rakennetta. Huokostimien avulla varmistetaan betonirakenteiden pakkaskestävyys. (Sahlstedt ym. 2013, 23).

Notkistimien tarkoitus on parantaa betonin työstettävyyttä. Notkeuden lisääminen johtaa veden vähenemiseen. Näin ollen vesi-sementtisuhde pienenee, mikä taas nostaa betonin lujuutta. Kun notkistimia käytetään viileissä oloissa, pienet määrät eivät vaikuta lujuuden kehitykseen, mutta jos määrät kasvavat 2–3-kertaisiksi se saattaa hidastaa betonin sitoutumista viileissä oloissa. (Sahlstedt ym. 2013, 23.)

Kiihdyttimillä ei voida talvibetonoinnissa huomattavasti nopeuttaa betonin kovettumista. Joillain kiihdyttimillä saattaa olla jäätyispistettä laskeva vaikutus, mitä voidaan hyödyntää. On otettava huomioon, että kiihdyttimien ominaisuudet saattavat vaikuttaa kutistumiseen, säänkestävyyteen ja raudoituksen korroosioon. (s.23 Sahlstedt ym. 2013.)

## 2.4 Olosuhteiden hallinta talvibetonoinnissa

Rakenteet tulee ensisijaisesti suojata lumisateelta. Jää ja lumi on poistettava ensin mekaanisesti niin hyvin kuin mahdollista. Rakennustyömaalla voidaan mekaanista veden poistoa varten käyttää esim. uppopumppua, vesi-imuria, lehtipuhallinta ja kuivauslastoja. Soveltuva kalusto tulee varata jään sulattamiseen ja lumen luontiin. Valu tulee suojata välittömästi, jotta jäätymistä tai haihtumista ei pääse tapahtumaan. Suurten lämpötilaerojen syntyminen rakenteeseen tulee estää. Kun muotteja puretaan, tulee rakennetta lämmittää tai suojata. (Sahlstedt ym. 2013).

### 2.4.1 Rakenteiden suojaaminen

Talvibetonointi edellyttää aina rakenteiden suojaamista muottitekniikasta tai lämmitystavasta huolimatta. Riittävä lujuuden kehitys on suojauksen päätarkoitus, mutta myös jään



ja lumen kertymisen ehkäiseminen valun päälle on tärkeää. Tällä tavoin pystytään vähentämään jään ja lumen sulatus- ja puhdistustöitä. Suojausten osalta erityisen tärkeää talvibetonoinnissa on lämpösuojaus. (Sahlstedt ym. 2013, 36.)

Ajanjakso, jolloin sääsuojaukseen tulee kiinnittää huomiota lumisateiden takia, ajoittuu lokakuusta huhtikuuhun, mutta myös syyskuun sateet tulee ottaa huomioon sääsuojauksista suunniteltaessa. Ennen lumisateiden alkua tai maapohjan jäätymistä voidaan maanpinta mahdollisesti suojata. Valmiiden rakenteiden tai väliaikaisten suojien avulla voidaan suojautua säältä. Pintabetonivalujen tai maanvaraisten laattojen suojaksi valmiista rakenteista sopivat esimerkiksi tiiviit välipohjat, rakennuksen vesikatto sekä valmiit ulkoseinät. Erilaiset peitteet sekä sääsuojahallit toimivat hyvin väliaikaisina sääsuojina. (Sahlstedt ym. 2013, 36.)

Parhaimpaan suojauksen lopputulokseen päästään yleensä käyttämällä useampaa eri suojausmenetelmää. Suojausmenetelmää valittaessa on otettava huomioon, miltä suojaudutaan. Talvibetonoinnin aikana voi joutua suojautumaan kylmältä, lumelta ja jäältä tai jostakin toisesta syystä. On tärkeää myös huolehtia siitä, että suojat on kiinnitetty hyvin paikoille niin, että ne ovet tiiviisti kiinni sekä pysyvät paikoillaan. Sääsuojien katokset sekä työtasot pitää pyrkiä pitämään lumettomina. Suojaussuunnitelmia laatiessa on hyvä ottaa huomioon myös työmaan sähköistys sekä lämmitys. Nämä on hyvä suunnitella kokonaisuutena. (Sahlstedt ym. 2013, 36.)

Tyypillisiä kohteita, joissa käytetään sääsuojahalleja, ovat kerrostalot sekä muut isommat rakennussaneeraukset ja perustamisvaiheessa olevat uudiskohteet. Hyvällä ennakkosuunnittelulla pystytään sääsuojahalleja hyödyntämään myös runkovaiheessa. Sääsuojahallien tehtävänä on suojata työkohde, työntekijät sekä rakennusmateriaalit pakkaselta, tuulelta, jäältä, lumelta sekä liialliselta auringon paisteelta. (Sahlstedt ym. 2013, 37.)

Työmaalla suojapeitteitä käytetään esimerkiksi holvi- ja laattavaluissa lämpösuojauksena, täydentämässä muita suojausmenetelmiä sekä väliaikaisina suojina, betonoinnin ja perusmaan routasuojauksessa sekä maansulatuksessa. Suojapeitteiden tyypillisin käyttötapa on käyttää niitä lämpöä eristävinä peitteinä. Oikein käytettyinä suojapeitteillä on myös hyvä vedenpitävyys. Keveytensä puolesta ne ovat helposti liikuteltavia. Hyviä puolia ovat myös monikäyttöisyys sekä edullisuus. Keveyden takia on kiinnitettävä huomiota kuitenkin peitteiden paikoilleen kiinnittämiseen. Myös peitteiden kuntoa tulee seurata, sillä ne repeävät melko helposti, etenkin jos niiden päälle on kasaantunut lunta ja

lunta aletaan poistaa peitteiden päältä niitä taivuttelemalla. Rikkoontunut peite tulee tälöin korjata tai vaihtaa uuteen. (Sahlstedt ym. 2013, 39.)

Ulkolämpötilan ollessa 0 °C tai yli riittää suojaustavaksi yleensä suojapeite. Mikäli lämpötila laskee alle 0 °C:seen, joudutaan käyttämään muita lämmöneristysmateriaaleja, joiden yli suojapeite vedetään. Lämmöneristys on suunniteltava sekä valmistettava ennakkoon. Ennakkoon tehtävällä suojauksella sekä pienellä apulämmöllä pystytään materiaalit pitämään riittävän lämpiminä ennen valun suoritusta. Valuen edetessä pyritään suojaus asettamaan paikoilleen mahdollisimman pian, mieluiten heti. On huolehdittava siitä, että lämmöneristys asennetaan paikoilleen niin, ettei betonipintaa jää näkyviin, vaan lämmöneristys on asennettu pintaan kiinni. Lämmönsuojausta suunniteltaessa ja toteutettaessa on otettava huomioon, että tartuntojen kohdalla tulee lämmöneristys tehdä erilliseristyksellä ja rakenteiden reuna-alueille tulee asentaa lämmöneristys kak-sinkertaisena. (Sahlstedt ym. 2013, 40.)

Hanketta suunniteltaessa tulee päättää, suojataanko rakennusta ja materiaaleja osittain vai suojataanko koko rakennus. Kun suunnitellaan suojausta, tulee ottaa huomioon, että eri osat rakennuksessa voivat vaatia omanlaisensa sääsuojausmenetelmän. Kokonaiskustannukset ja työn kesto tulee laskea tehtäessä työ ilman suojausta ja suojauskalustolla tehtäessä. Suojauskaluston kannattavuutta arvioitaessa on otettava huomioon sääolosuhteet, työkohde- ja suorite, vuodenaika, laatuvaatimukset ja kalustokustannukset. Talviaikaan rakennettaessa tulee selvittää suojauskaluston lämmitettävyyden ja mahdollinen lämmitystarve. (Sahlstedt ym. 2013, 41.)

#### 2.4.2 Lämmitysmenetelmät

Kun kartoitetaan lämmitysmenetelmiä, tulee ottaa huomioon vuodenaika ja siitä johtuva lämmitystarve, rakennuksen muoto ja koko, betonoitavat rakenteet, kaluston tyyppi ja vaadittava aikataulu. Huomioitava on myös se, onko lämmitettävä tila suljettavissa ja tullaanko käytettävää energiamuotoa ja lämmitysmenetelmää hyödyntämään rakennusrungon kuivatuksessa. Vertailulaskelmien lisäksi valintapäätökseen vaikuttavat useasti myös lämmityskaluston toimintavarmuus, saatavuus ja työmaalla olevan henkilöstön taidot kyseisen menetelmän käyttämisessä. Työmaalla on oltava suunniteltuna ja mieluusti valmiina varalämmitysjärjestelmä. (Sahlstedt ym. 2013, 42.)

Kuumailmalämmitystä käytettäessä tulee tila tiivistää huolella sekä eristää ympäröivästä ilmasta, jotta kyseinen lämmitysmuoto olisi taloudellisesti kannattava. Kuumailmalämmittimellä saadaan myös muotti ja betoni lämpiämään. Kuumailmapuhaltimia on kaasua, kuumavesi-, sähkö tai öljykäyttöisiä. Lämmitettävään tilaan on järjestettävä tuuletus, koska lämmittimen lämmöntuotto perustuu palamiseen ja palamisen yhteydessä syntyy palamiskaasuja sekä hiukkasia, jotka saattavat olla myrkyllisiä. Tyypillisimpiä lämmittimiä ovat joko sähkö tai kaasukäyttöiset lämmittimet. (Sahlstedt ym. 2013, 43.)

Talvikauden holvivalut vaativat 3–4 vuorokauden lämmittämisen, mutta lämmityksen riittävyys edellyttää, että alapuolinen tila on suljettu hyvin sekä betonipinnan lämpösuojaus on tehty huolellisesti. Betonoinnin aikana lämmittimiä ei pidetä päällä, koska ilma kuivuu lämmityksen seurauksena, ja tästä johtuen tuoreelta ja paljaalta betonin pinnalta veden haihtuvuus on moninkertainen. Siitä syystä lämmittimet pistetään päälle vasta, kun valmistunut valu on saatu suojattua. (Sahlstedt ym. 2013, 43.)

Infrapunasäteilijät ovat joko öljy-, kaasua- tai sähkölämmitteisiä. Tyypillisesti työmaakäytössä olevasta laitteistosta on suurin osa nestekaasulämmitteisiä. Säteilijöitä käytettäessä on huomioitava palovaara, jonka kuumat säteilijät ja polttoaineet voivat keskenään aiheuttaa. Infrapunon lämmityksen tuotto perustuu lämmön siirtämiseen säteilyllä. Tällä tavoin pystytään lämmittämään muottia ja sitä kautta betonipintaa. Infrapunon lämmittimien huono puoli on se, että ne ovat herkkiä ilmavirtauksille. Lämmitettävän tilan tulee olla tiivis, muuten lämpö häviää ilmavirran mukana. (Sahlstedt ym. 2013, 44.)

Lankalämmityksen toimintaperiaatteena on tuoda lämpö rakenteeseen sisältäpäin. Näin rakenne saadaan lämpiämään kohtuullisella määrällä energiaa, eikä turhaan lämmitetä muita tiloja tai rakenteita. Lämmitystä pystytään jatkamaan vielä muottien purun jälkeenkin. Lankalämmitystyyppisiä on kahdenlaisia, suoraan verkkovirtaan kytkettäviä kaapeleita sekä lämmityskaapeleita, joiden kanssa käytetään muuntajia. Muuntajien tehtävänä on alentaa työmaan jakokeskuksen kolmivaihevirta suojajännitteeksi. (Sahlstedt ym. 2013, 45.)

Lämpötilaerot suojaamattomissa laajapintaisissa betonirakenteissa saattaa aiheuttaa halkeiluriskin. Tämän takia työ onkin lankalämmityksen lisäksi suojattava huolellisesti ja tarpeen vaatiessa käytettävä lisäeristystä. Suurin halkeilun riski on ohuissa betonirakenteissa. Rakenteen keskellä lämpötila kohoaa kaapelilämmityksen vuoksi ja avoin betoni-

pinta luovuttaa lämpöenergiaa. Tätä ongelmaa voidaan ehkäistä levittämällä betonipinnalle eristysmatto. Rakenteen liian nopea kuivuminen lisää myös riskiä halkeilulle. (Sahlstedt ym. 2013, 45.)

Riskinä lankalämmityksessä on myös lankojen katkeaminen valun yhteydessä. Lämmitystehot tulee suunnitella niin, ettei lämmöntuotto jää liian pieneksi, eikä se myöskään saa nousta liian suureksi (> 60 °C). Erityistä huomiota on kiinnitettävä erityisesti lämmityslankojen ja -kaapeleiden sijoitteluun. Huomioitavia paikkoja ovat rakenteen kylmimmät kohdat, heikommin eristetyt pinnat ja rakenteet, jotka ovat kylmiä pintoja vasten. Betonin lämmitystarvetta suunniteltaessa on huomioitava betonin tyyppi ja suojaus, rakenteen paksuus ja ulkolämpötila. (Sahlstedt ym. 2013, 46.)

Lämmityskaapeleiden hyvinä puolina voidaan pitää niiden helppoa kuljetettavuutta sekä varastointia. Betonivalun sisään yleensä asennettavat kaapelit saadaan asennettua helposti raudoitusta apuna käyttäen. Tyypillinen kaapeleiden asennusväli on 100–250mm. Asennusväliin vaikuttaa myös betonivalun vaatima lisälämmitysenteho, mutta hyvänä ohjeena voidaan pitää sitä, että kaapeleiden asennusväli ei saa olla kaksi kertaa suurempi kuin lämmitettävän rakenteen paksuus. Lämmityskaapelin minimiväli on 70 mm, ja 35 mm on pienin taivutussäde. (Sahlstedt ym. 2013, 46.)

Muuntajakäyttöinen lankalämmitys sopii laajoihin valuihin edullisuutensa sekä säädettävyytensä ansiosta. Lämmityslanka on 2 mm paksu muovipäällysteinen teräslanka. Suuri työmäärä sekä lankalämmityksen vaatima erikoisosaaminen ovat vähentäneet sen käyttöä työmailla. (Sahlstedt ym. 2013, 47.)

Työmaalla voidaan käyttää myös lämmitettäviä suurmuotteja, kuten seinä- ja pöytämuotteja. Lämmön muottipintoihin saa aikaan lämpövastukset ja vastuslankasilmukat, jotka ovat sijoitettu lämmöneristeen ja muottipinnan väliin. Niiden käyttöä ohjataan termostaattilla. Lämpövastusten ja vastuslankasilmukoiden aiheuttama lämpö siirtyy muottipinnan läpi betoniin. Muottien sulaminen sekä lämpiäminen voidaan varmistaa laittamalla ne osateholle jo ennen valun alkamista. Lämpötila ei kuitenkaan saa olla liian korkea, sillä tämä aiheuttaa liian nopean kovettumisen betonipinnan lähellä, mikä johtaa betonipinnan hilseilyyn muottipurun yhteydessä. Pöytä- ja suurmuottilämmityksessä voidaan hyödyntää lämmittämällä jo aiemmin valetun rakenteen ja valettavan rakenteen yhtymäkohtaa. Suurmuottien käytön edullisuus edellyttää samalle muotille suurta valukertamäärää, ja näin ollen ne eivät toimi kohteissa, joissa valukertoja on vähän. Suurmuottien hyvänä puolena voidaan pitää niiden helppokäyttöisyyttä. (Sahlstedt ym. 2013, 49.)

## 2.5 Talvibetonoinnin laadunvarmistus

### 2.5.1 Betonointia edeltävät toimenpiteet

Ennen betonoinnin aloittamista tulee betonin siirto- ja vastaanottokalusto sekä muotit sulattaa tarpeen vaatiessa jäätä ja lumesta. Myös muotit, ympäröivät rakenteet sekä betonointialusta esilämmitetään ennen betonoinnin aloitusta. Erityisesti betonisten kuorilaattojen sekä muovi- ja teräsmuottien lämpötila tulee olla yli 0 °C. (Sahlstedt ym. 2013, 58.)

Betonin laadunvalvonta alkaa betonin vastaanottotarkastuksella työmaalla. Kuormakirjoista vastaanottaja tarkastaa, että tilattu massa vastaa työmaalle tuotua betonimassaa. Kuormakirjoista tarkastetaan esimerkiksi toimituksen määrä, lujuusluokka, lisäainemerkinnät ja betonin lämpötila. Kuormakirja liitetään työmaan laatudokumentteihin, kuormakirja toimii valmisbetonin tuoteselosteena. Havaitut puutteet ja virheet tulee ilmoittaa viipymättä betonitehtaalle. Tilaaja tai tilaajan valtuuttama henkilö voi kuitata toimituksen vastaan otetuksi. (Sahlstedt ym. 2013, 58.)

### 2.5.2 Toimenpiteet betonoitaessa

Betonoinnin ja tiivistämisen aikana tulee varoa varauksia sekä vaurioittamasta raudoituksia. Samalla seurataan muotin liikkeitä sekä muodonmuutoksia. Valvonnalla ja siihen liittyvillä korjauksilla tulee varmistaa betonipeitteen paksuus ja raudoitteiden asema sekä se, että niiden tartunta on täydellinen betonoinnin päättyessä. Varmistettava on myös, että työn aikana asennettavat raudoitteet tulevat varmasti asennetuiksi. Kiinnikkeiden, asennusosien sekä varausten oikea sijainti on varmistettava, sekä tarpeen vaatiessa on tehtävä korjauksia ennen betonoinnin aloitusta ja myös sen jälkeen mahdollisesti. (Sahlstedt ym. 2013, 59.)

Betonimassan lämpötilaa on seurattava koko ajan. Betonointia tehtäessä tähdätään siihen, että työ pystytään suorittamaan ilman turhia keskeytyksiä. Lämmityskaapeleita ja -lankoja sekä muuta suojaus- ja lämmityskalustoa varotaan vaurioittamasta. Valun edessä suojausta pyritään asentamaan samaan tahtiin työn etenemisen kanssa, jos vain mahdollista. Sääolosuhteet valun aikana tulee ottaa huomioon, sillä pumppukaluston käyttöraja on -15 °C. Jos ulkoilman lämpötila on kylmempi, voi kylmä ilma aiheuttaa

pumppuauton puomiin haurastumismurtuman. Heti betonoinnin päätyttyä on betonipinta suojattava jäätymiseltä sekä nopeilta lämmönvaihteluilta ja mekaanisilta kuormilta. Heti valun jälkeen kytketään myös lämmityslaitteet suunnitellusti päälle oikealle teholle. (Sahlstedt ym. 2013, 59.)

Valmisbetonitehtaalla suoritetaan jo normaalisti betonin laadunvalvontaa, mutta mikäli työmaalla tehdään betonista koekappaleita, pitää ne säilyttää betoninormien mukaisesti. Betonitilauksen yhteydessä voidaan tilata betonitehtaalta koekappaleiden tekeminen. Tämä on suositeltavaa, mikäli tilaaja haluaa suorittaa omia tutkimuksiaan työmaalle toimitetuista betoneista. (Sahlstedt ym. 2013, 59.)

Betonityönjohtajan tehtävä on valvoa, että annettuja ohjeita mittatarkkuuksista noudatetaan rakenteiden valmistuksen aikana. Valvottava on myös, että asiaankuuluvat muistiinpanot laaditaan. Tehtävänä on valvoa myös, että raudoitustöistä, muoteista ja niiden tukirakenteista, betonielementtien saumauksista ja asennuksista, lämmityksestä ja suojauksesta ja jännittämistöistä ja mittatarkkuuksista annettuja ohjeita noudatetaan asianmukaisesti. (Sahlstedt ym. 2013, 59.)

### 2.5.3 Betonoinnin jälkeen

Jälkihoito betonoinnin jälkeen on suoritettava talvella riittävän tarkalla suojaamisella. Vettä ei talvibetonoinnin jälkihoidossa käytetä, koska kylmässä ulkoilmassa vaarana on jäätyminen. Jälkihoidolla pyritään ehkäisemään kosteuden haihtuminen rakenteesta sekä turvaamaan lujuuden kehitys. Liian alhainen lämpötila voi olla vaaraksi lujuuden kehitykselle. Rakenteiden alaosat, reuna-alueet sekä kohdat, joihin pääsee muodostumaan vetoa, ovat alttiimpia kohtia vaurioille. Näihin kohtiin tulee kiinnittää erityistä huomiota suojauksessa, lämmityksessä sekä lämpötilan seuraamisessa. (Sahlstedt ym. 2013, 60.)

### 2.5.4 Muottien purkaminen

Ennen telineiden tai muottien purkamista on varmistuttava siitä, että betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Riittävä lujuus pystytään arvioimaan lämpötilamittausten perusteella. Tämä tulee suorittaa etenkin kylmäsihtakohdissa ja tukialueilla. Epäselvissä tilanteissa voidaan lujuus varmistaa ainetta rikkomattomalla menetelmällä mutta betoni ei

kuitenkaan saa olla jäässä. Kun ollaan varmistuttu siitä, että tarvittava lujuus on saavutettu, voidaan muotit purkaa ja jättää jälkituenta suunnitelman mukaan. Jos seinän kohdalla sijaitsee jatkuvan laatan työsauma, tulee tällaisissa tapauksissa jättää seinän viereinen muotti tukineen paikoilleen siihen asti, kunnes laattakenttä on valettu ja saavuttanut purkulujuuden. (Sahlstedt ym. 2013, 60.)

Rakenne tulee muottien purkamisen yhteydessä jälkitukea, sillä betonin lujuus ei vielä riittävästi kestä rakennusaikaisia rasituksia. Tuenta on pidettävä paikallaan siihen asti, että betoni on saavuttanut tarpeeksi lujuutta kestäämään rakenteen oman painoin sekä rasitukset, joita rakenteelle tulevat kuormat aiheuttavat. Muotteja ei saa purkaa jälkijännitetyissä rakenteissa ennen hyväksytyä jännitystyötä. Nimellislajuuden tulee olla 80 % jälkijännitetyissä rakenteissa ennen kuin jännitystyö voidaan tehdä. (Sahlstedt ym. 2013, 60.)

Muotin purkamisen jälkeen huolehditaan siitä, ettei rakenne pääse jäähtymään liian äkkiä sekä estetään liian suuret lämpötilaerot. Pintoja voidaan joutua muottien poistamisen jälkeen välittömästi lämmittämään tai suojaamaan sekä lämpöeristämään. Betonin kovettumisvaiheessa tapahtuvat lämpötilaerot voivat aiheuttaa rakenteeseen halkeamia. Olosuhteista ja rakenteesta riippuen betonipinnan sopiva jälkihoitoaika on 3–14 vrk. (Sahlstedt ym. 2013, 61.)

### 2.5.5 Laadunvarmistus töiden jälkeen

Ennen kuin betonirakenteet peittyvät muiden rakenteiden alle, on ne tarkastettava. Tulee varmistua siitä, että betonirakenne täyttää sille esitetyt vaatimukset rakenteen lujuuden, mittatarkkuuden ja pinnan laadun osalta. Nämä vaatimukset on esitetty sopimusasiakirjoissa. Tarkastuksesta tulee laatia pöytäkirja. Vastaanottotarkastuksessa kirjataan mahdolliset puutteet ja virheet suunnitelma-asiakirjoihin ja kirjatut virheet ja puutteet tulee korjata. Kun nämä virheet on korjattu, pidetään jälkitarkastus. Työmaalla ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin kootaan mittauspöytäkirjat, materiaalien toimitusasiakirjat, katselmusten tulokset ja muu kirjallinen materiaali. (Sahlstedt ym. 2013, 62.)

Koska valmisbetonille ei ole harmonisoitua tuotestandardia, ei se näin ollen ole CE-merkinnän piirissä. Sen laadunvalvonnan varmistus on kolmannen osapuolen tarkastuksen piirissä (FI-merkki). Kolmannen osapuolen tulee olla ympäristöministeriön hyväksymä. CE-merkintää tulee noudattaa betonielementeissä. (Sahlstedt ym. 2013, 62.)

Asiakirjat, jotka koskevat valmisbetonin valmistuksen laadunvalvontaa, tulee säilyttää vähintään kolme vuotta. Muita laadunvalvontaan liittyviä asiakirjoja tulee säilyttää vähintään kaksi vuotta rakennuksen käyttöönotosta laskien. (Sahlstedt ym. 2013, 62.)

## 2.6 Talvibetonoinnin vauriot

Talvibetonoinnin tyypillisimpiä vaurioita ovat betonin jäätyminen, halkeilu, rakenteiden kaatuminen ja sortuminen. Työvirheiden riski kasvaa betonoitaessa kylmässä säässä. (Sahlstedt ym. 2013, 68.)

### 2.6.1 Betonin jäätyminen ja halkeilu

Riskit talvibetonoinnin halkeiluun ja halkeilusta aiheutuviin haittoihin ovat suuret. Halkeilun syitä voivat olla veden haihtuminen avoimelta pinnalta, veden siirtyminen aikaisemmin valettuun rakenteeseen, veden erottuminen, josta seuraa betonin tilavuuden muutos ja muutokset lämpötilassa ja näin ollen rakenteen jäätyminen. Alkuvaiheessa tapahtuva halkeilu on tiheää ja verkkomaista. Syynä tähän on veden voimakas haihtuminen. Ensimmäisen 24 tunnin aikana tapahtuva rakenteiden jäätyminen saattaa myös aiheuttaa halkeilua. Tällöin halkeilu menee läpi rakenteen. Ne sijaitsevat satunnaisesti ja halkeamaleveys on suuri. Yleisesti tällainen ilmiö tapahtuu maanvastaisissa lattioissa silloin, kun valun suojaus on ollut puutteellista. Tehokkaalla jälkihoidolla voidaan vähentää halkeilua. Tällöin tarkoituksena on estää veden haihtuminen. Veden erottuminen voidaan estää jälkitärytyksellä ja betonin oikealla koostumuksella. (Sahlstedt ym. 2013, 70-71.)

Jo kovettuneeseenkin betoniin voi aiheutua halkeamia johtuen ympäristön suurista lämpötilamuutoksista, epätasaisesta kuormituksesta, veden suuresta haihtumisesta ja ympäristön suurista lämpötilamuutoksista. Suuria muutoksia lämpötilassa saattaa olla juuri talvisin ja tällöin rakennetta lämmitetään. Ongelmia aiheutuu silloin, kun rakenne pääsee jäähtymään ja lämmitys ei ole jatkuvaa. Lämpötilanmuutoksista ja kuivumiskutistumisesta aiheutuvat halkeamat sijaitsevat rakenteessa satunnaisesti ja ovat pitkiä. Halkeamat menevät läpi rakenteen ja välimatka niiden välillä voi olla jopa metrin tai enemmän. (Sahlstedt ym. 2013, 72.)



Jos betoni pääsee jäätymään ennen jäätymislajuuden saavuttamista, aiheuttaa se lujuuskatoa. Jäätymisajankohdasta, -nopeudesta ja betonin koostumuksesta riippuu lujuuskadon suuruus. Jos betoni on päässyt jäätymään, tulee loppulujuus selvittää aina rakennekoekappaleilla. Ensiarvoisen tärkeää betonirakenteen toimivuuden kannalta on suojata tuore betoni jäätymiseltä ja varmistaa kovettumisen alkaminen. Jos betoni on vaarassa jäätyä, ei sitä saa milloinkaan jälkihoitaa vesikasteluin. (Sahlstedt ym. 2013, 74.)

Jos betoni pääsee jäätymään ennen sementin sitoutumista, muodostuu betoniin jäälinsejä, jotka johtavat betonin huokoisuuteen, huonoon runkorakenteiden, sementtikiven, raudoituksen ja betonin väliseen tartuntaan ja näin ollen betonin halkeiluun. Jos sementin sitouduttua betoni pääsee jäätymään, syntyy betoniin halkeilua. Mitä pidemmälle kovettuminen on päässyt etenemään ennen jäätymistä, sitä vähäisempää halkeilu on. Kun betonin on saavuttanut jäätymislajuuden 5 MPa, jäätymisen aiheuttava vaurioitumisriski on pieni. Huokosiin ei kuitenkaan samanaikaisesti saa päästä kosteutta. (Sahlstedt ym. 2013, 74.)

Laajoilta alueilta betonin jäätyminen jo erittäin harvinaista, yleensä jäätymistä ilmaantuu pintaosissa ja reuna-alueilla. Riski jäätymiseen on suurin silloin, kun valetaan kylmää pintaa vasten ja mitoiltaan pienissä valoissa, kuten maata vasten valettavissa anturoissa ja saumoissa. Seuraamalla betonin lämpötilaa on mahdollista saada tietoa siitä, missä lämpötilassa kovettuminen tapahtui ja mikä lujuus betonissa kulloinkin on. (Sahlstedt ym. 2013, 74.)

## 2.6.2 Rakenteiden kaatuminen ja sortuminen

On erittäin harvinaista, että vaakarakenne sortuu tai pystyrakenne kaatuu. Näissä tapauksissa betoni on päässyt jäätymään varhain rakenteen kantavuuden osalta tärkeältä alueelta tai lujuus kyseisellä alueella on lähes olematonta. Muotinpurkuhetkellä pystyrakenteen betonin lujuuden on oltavat vähintään 5 MPa. Pystyrakenteen, kuten seinän tai pilarin, kaatumisen riski on suuri, mikäli rakenteen alaosassa lujuus on pienempi kuin 3 MPa. Kun lujuus ei ole riittävä, voi sen huomata muotin purun yhteydessä esimerkiksi kulmien, sähkörasioiden tai betoninpinnan irtoamisena. Lujuus on laskettava rakenteen alaosasta sekä lämpötilaa on myös seurattava. Lämmityksellä varmistetaan muotinpurun jälkeen rakenteen lujuuden kehitys. Tyypillinen muotinpurkulujuus asuinrakennuksen laattarakenteessa on 15–21 MPa. Pienempien lujuuksien hyväksymisen mahdollistaa

muottijärjestelmän jälkituentakalusto. Mikäli lujuus ei ole riittävä, aiheuttaa tämä rakenteille taipuilua, joka johtaa rakenteiden halkeiluun sekä säilyvyyden heikkenemisen. (Sahlstedt ym. 2013, 76.)

## 2.7 Talvibetonointiin liittyvä työturvallisuus

Betonitöitä suoritettaessa on otettava normaalien työturvallisuustoimenpiteiden lisäksi huomioon, että betoni on ihoa ärsyttävä voimakkaasti emäksinen tuote. Jos betonia ei osata käsitellä oikein, voi se väärinkäytettynä aiheuttaa vaarallisia kemiallisia palovammoja, jotka voivat muodostua vaatteiden alle ilman minkäänlaista kipuaistimusta. Tämän vuoksi on tärkeää, että betonin kanssa työskentelevät tuntevat siirto- ja käsittelymenetelmät sekä noudattavat turvallista käytötappaa käsiteltäessä tuoretta betonia. Tuoreen betonin käsittelyssä tarvittavia suojavarusteita ovat suojakypärä, suojalasit tai visiiri, vettä pitävät käsineet ja kumisaappaat, joissa on naulaanastumissuojaus sekä varvasuojaus. (Rakennustieto Oy 2015, 503.)

Lähes 80 % betonisiirroista Suomessa suoritetaan betonipumpulla. Tämä työvaihe on kätevä ja nopea tapa liikuttaa betonia, mutta samalla yksi työmaan riskialttiimmista työvaiheista. Siirtoputken paine on suuri, ja putken räjähtäessä sinkoutuva betoni voi aiheuttaa pahaakin tuhoa. Betonipumpuilla työskentelyn pakkasrajaksi on asetettu työturvallisuussyistä  $-15\text{ °C}$ , mutta tämäkin pakkanen voi tuulisissa paikoissa olla liikaa (Rakennustieto Oy 2015, 503, 513.)

Tapaturma- ja vahinkoriskiä kasvattavat talvella liukkaus, kylmyys, pimeys ja vaatetus. Paikkakunnasta riippuen pakkasraja on  $-15 - -25\text{ °C}$ . Pakkasrajan alittuessa ulkotyöt keskeytetään rakennuksilla. Lämmitystä ja sääsuojia hyödyntämällä voidaan olosuhteita muokata työlle edullisiksi. Keskeisintä talvibetonointitöiden ohjauksessa ja opastuksessa on tiedostaa riskit. Kun riskit ovat selvillä, voidaan ne ottaa huomioon työn suorituksessa ja suunnittelussa. Tavallisia talvibetonoinnin työturvallisuuteen liittyviä riskitekijöitä ovat mm. lumen aiheuttama liukkaus muottipinnoilla, liukkaus kulkuteillä, puutteellinen valaistus, puutteelliset putoamissuojat, raskaiden muottien pystytys jään tai lumen päälle ja lumen alle jätetyt tavarat, kuten muovit ja vanerit. (Sahlstedt ym. 2013, 35.)

Suuri merkitys työn laatuun ja työturvallisuuteen on työmaalla olevalla valaistuksella. Etenkin pimeällä korostuu työmaan valaistus- ja sähkösuunnitelma. Yleisvalaistuksen

tulee valaista työmaan jokaista kohtaa vähintään kahdesta suunnasta, jotta voidaan estää työturvallisuutta haittaavia varjoja. Valupaikalla tulee olla kahden tai kolmen valopisteen valaistus niin, että muotin pohjalle asti on kunnan näkyvyys. Kulkureiteillä, työtiloissa ja varastoissa tulee myös olla hyvä vakiovalaistus. (Sahlstedt ym. 2013, 34.)

## 3 TEORIAN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN TYÖMAALLA

### 3.1 Talvibetonoinnin haasteet

Tähän mennessä suoritettavat valut on suoritettu talvibetonoinnille tyypillisissä olosuhteissa. Haastetta valutöille toivat tyypilliset talvibetonoinnin ongelmat, kuten pakkaskelit, tuuli ja pimeys. Lisähaasteita valutöille toivat vesi-, lumi- ja räntäsateet. Oman lisähaasteensa betonoinnille toi myös työmaan pieni koko, joka rajasi betonoinnin toteutusvaihtoehtoja. Näistä syistä johtuen jouduttiin valuille varamaan enemmän aikaa, sillä valut suoritettiin valuastiaa apuna käyttäen, eikä pumppuautolla, joka olisi ollut nopeampi tapa. Säätietoja jouduttiin tästä syystä seuraamaan pidemmältä ajalta.

### 3.2 Talvibetonointisuunnitelma

Kohteessa ei ollut varsinaista talvibetonointisuunnitelmaa, vaan jokainen suoritettu valu suunniteltiin ennalta hyvissä ajoin ennen valun alkamista sillä hetkellä vallitsevien sääolosuhteiden ja lämpötilojen mukaisesti ja ehdoilla. Työmaalla oli käytössä Doka-muottijärjestelmä, muottikalustomateriaalia oli kahteen kerrokseen. Lisäksi työmaalla oli jälkikutentakalusto. Muottijärjestelmäsuunnitelman saimme Doka Finland Oy:ltä. Jälkikutentasuunnitelman työmaalle teki rakennesuunnittelija.

Muottikierto oli noin kymmenen päivää kerrosta kohden. Muottien purkulujuus oli 60 % nimellislujudesta. Rakennukseen tulee kuusi kerrosta ja kellarikerros. Laattavalut suoritettiin paikallavaluina. Kaikki välipohjavalut ja paikalla valettavat huoneistojen väliset seinät suoritettiin betonivaluastiaa käyttäen. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska työmaan tontti oli todella pieni ja tilaa valukalustolle ei ollut. Jos kohteen valut olisi suoritettu betonipumppuautolla, olisi sen vaatiman tilan takia jouduttu sulkemaan katu valun ajaksi, ja tämä ei keskustan alueella ollut mahdollista. Paikalla valettavissa seinissä käytettiin lämmitettäviä suurmuotteja.

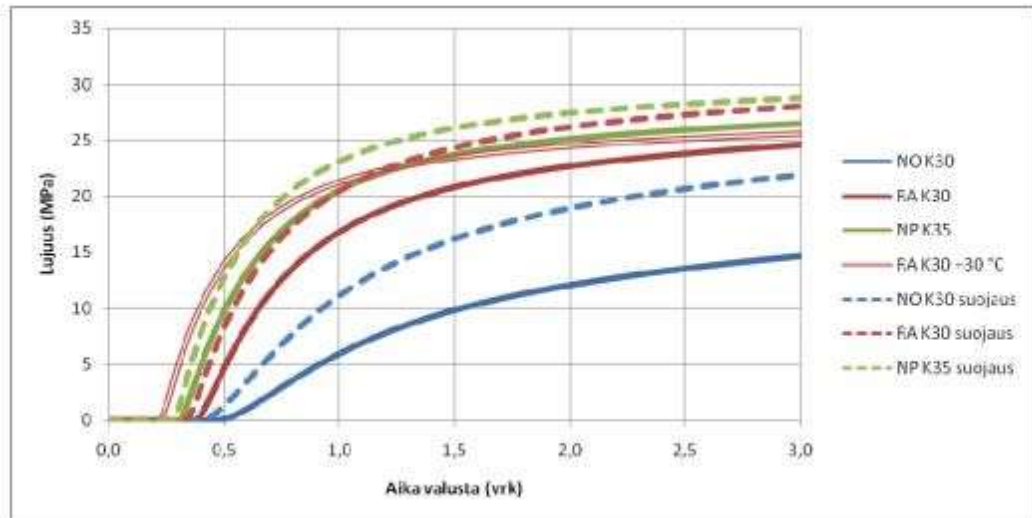


Kuva 3. Holvivalu betoninostostiella.

### 3.3 Talvibetonin laadun valinta ja lujuuden kehitys

Suunnitelmien mukainen lujuusluokka paikalla valetuissa välipohjissa sekä paikalla valetuissa seinissä oli C25/30. Kylmien säiden vuoksi betonin lujuusluokitusta korotettiin tasolle C30/37. Betonin laaduksi valittiin nopeammin päällystettävä betoni (NP-betoni). Käyttökohteita kyseiselle betonilaadulle ovat rakenteet, joiden kuivumisolosuhteet ovat kehnot ja joiden halutaan kuivuvan ripeästi päällystämiskelpoiseksi. NP-betoni valittiin käytettäväksi siitä syystä, että etenkin talvivaluissa sen nopeasta lujuuden kehityksestä on merkittävää hyötyä. NP-betoni kuivuu noin 2–3 kertaa nopeammin päällystettävyy-

kelpoiseksi kuin tavalliset betonit. Nopea lujuudenkehitys myös varmistaa nopean suunnitelmien mukaisen muottikierron. Valu pinnan lämpötilaa mitattiin laserlämpömittarilla. Pinnasta otettiin lämpötila valun päätyttyä, seuraavana aamuna sekä iltapäivällä. Näin pystyttiin seuraamaan holvinlämpötilaa sekä lujuuden kehitystä.



Kuva 4. 300 mm paksun paikallavalulaatan lujuuden kehitys lämpötilan ollessa  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , muottipintana 22 mm:n vaneri, massan lämpötila  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 6 mm:n pakkasmatto lämmöneristeenä ja alapuolinen tila lämmitetty  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen (Rudus Oy 2011).

Pystysaumat valettiin holvivalujen jälkeen Fesconin talvipystysaumabetonilla (TPSB K30). Elementit asennettiin tuoreen betonin sekä asennuspalojen päälle. Tällä tavoin saatiin elementtien vaakasaumat tehtyä.

### 3.4 Olosuhteiden hallinta talvibetonoinnissa

Työmaalla oli käytössä öljykäyttöinen Betox Thermo 1300 -lämpöpuhallin. Puhallin asennettiin valettavan holvin alapuoleiseen tilaan, joka lämmitettiin noin  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen. Lämmitettävään kerrokseen varattiin kaksi tynnyrillistä polttoöljyä, joista toinen kytkettiin lämpöpuhalltimeen esimerkiksi perjantai-iltapäivänä ennen työpäivän päättymistä. Polttoöl-

jyn riittävydestä huolehdittiin viikonlopun yli tilaamalla säiliötynnyreiden täyttö lauantaille, jolloin täyttäjä huolehti, että puhallin saa polttoainetta ja pysyy käynnissä läpi viikonlopun.



Kuva 5. Betox Thermo 1300.

Ikkunat ja muut aukot, joista lämpöpuhaltimen tuottama lämpö saattoi karata, tukittiin tai suljettiin pakkasmatoilla.



Kuva 6. Ikkunat ja aukot suojattu ja tukittu lämmitetyssä kerroksessa holvivalun alapuolella.

Valu suojattiin heti, kun pinta kannatti sen verran, että siinä pystyi päällä kävelemään. Suojaukseen käytettiin 9 mm paksua pakkasmattoa. Pakkasmaton pysyminen holvivalun päällä varmistettiin pattinkeja painona käyttäen.



Kuva 7. Pakkasmatot holvivalun lämmöneristeenä.

Lämmityslangat asennettiin kiertämään holvivalun reuna-alueet sekä paikalla valettavien seinien alaosat. Tällä tavoin pyrittiin varmistamaan tarvittava lämpö vaikeasti lämmitettävissä kohdissa.



Kuva 8. Paikalla valettavan seinänä kohdalle asennettu lämmityslanka.



### 3.5 Talvibetonoinnin laadunvarmistus

Hyvässä ajoin ennen valun aloitusta tarkastettiin valettavan alueen muottien pinnat. Mahdollisesti havaittu lumi tai jää poistettiin muottien pinnoilta sulattamalla, rikkomalla tai lehtipuhallinta apuna käyttäen.

Betonimassan saapuessa työmaalle tarkastettiin kuormakirjoista, että betonimassa vastasi tilattua laatua. Esimerkiksi holvivaluissa huolehdittiin siitä, että betonia tuli tasaisesti ilman turhia taukoja. Holvivalut suoritti kokenut ja ammattitaitoinen valuporukka, joka on erikoistunut lattioiden betonivalutöihin. Valua suoritettaessa kiinnitettiin huomioita siihen, ettei vaurioiteta raudoituksia, viemäri- ja lämmitysputkia eikä sähkömiehen asentamia sähköputkia tai lattialämmityskaapeleita.

Betonimassan tiivistymisestä huolehdittiin käyttämällä käsikäyttöistä tärysauvaa. Tarvittaessa betonimassaan lisättiin notkistimia ja huokostimia. Jäätymisriskin takia jälkihoitona ei käytetty vettä, vaan holville nostettiin myös valmiiksi holvin peittämistä varten pakkasmatot sekä pattingit, jotka valun jälkeen betonin pinnalle levitetään. Pattingeilla varmistettiin, että pakkasmatot pysyvät paikoillaan eivätkä lähde lentoon esimerkiksi tuulen takia. Paikallavalettavien seinien valut työmaalla suoritti runkoporukka.

Valun jälkeen holvista mitattiin valetun pinnan lämpötila, joka merkittiin betonointipöytäkirjaan. Seuraavat mittaukset betonin pinnasta otettiin seuraavana aamuna ja iltapäivällä. Näin pystyttiin seuraamaan lämpötilan kehitystä holvilla. Lämpötilan kehityksen avulla pystyttiin vertailutaulukoista määrittelemään rakenteen lujuuden kehitys.

Rakenteen saavutettua muotin purkulujuuden, joka oli 60 % nimellislujuudesta, voitiin muotit purkaa ja asentaa muotin purun jälkeen jälkituenta paikoilleen.

### 3.6 Talvibetonoinnin aiheuttamat vauriot

Hyvällä talvibetonointisuunnittelulla työmaalla välttyttiin suurimmilta talvibetonoinnille tyypillisimmiltä vaurioilta. Ainoat vauriot, joita työmaalla tuli ilmi, oli pientä halkeilua, joka on betonille tyypillistä muutenkin kuin vain talvibetonoinnin yhteydessä.

### 3.7 Talvibetonointiin liittyvä työturvallisuus

Talvella tyypillisin työturvallisuuteen vaikuttava riskitekijä on liukastuminen. Työmaalla nimettiin henkilö, joka vastasi kulkuteiden hiekoituksesta. Kyseinen henkilö huolehti myös, että ennen valun alkua ei valettavalla muottipinnalla ollut jäätä tai lunta. Putoamissuojauksesta työmaalla huolehdittiin putoamissuojauskaiteilla. Holvilla pystyssä sojottavat teräksen päät suojattiin oransseilla varoitustulpilla. Pimeyden aiheuttavia työturvallisuusriskejä ehkäistiin varaamalla työmaalle ja etenkin valukohteisiin riittävä määrä valaisimia.

Työmaan yleisestä siisteydestä huolehdittiin myös työntekijöiden toimin ja työnjohto valvoi työmaan yleistä siisteyttä. Työmaalla kiinnitettiin huomiota siihen, että lumen alle ei jätetty tavaraa eikä erityisen liukasta materiaalia, kuten vaneria. Työnjohdon tehtävänä oli myös valvoa työntekijöiden riittävää suojavarustusta. Kohteen työsuojelupäällikkönä toimii vastaava mestari.

Työturvallisuutta mitattiin viikoittaisilla TR-mittauksilla. TR-mittauksen tavoitetasoksi oli asetettu 95 %.

## 4 OMA OSAAMISTASO JA KEHITTÄMISTARVE

### 4.1 Talvibetonoinnin haasteet

Tämän hetkinen työkokemus on lähes aina sijoittunut aikaan, jolloin rakenteet on joko aina jo valettu, tai aikaan, jolloin valuja on tehty, ei ole enää ollut talvibetoniaikaa. Tämän hetkisellä työmaalla pääsin näkemään muutaman talvivalun, mutta en ole itse ollut vastuussa runkotöistä. Oma työkokemukseni onkin rajoittunut pääasiassa sisävalmistustöihin, joten kaipaen lisää kokemusta runkotöistä.

Aloittaessani tämän hetkisellä työmaalla oli talvibetonointiaika vielä käynnissä. Koin kyseisen aiheen hyvin tärkeäksi, ja koska minulla ei siitä ole juurikaan kokemusta, valitsin aiheeksi juuri talvibetonoinnin, jotta voisin kunnolla perehtyä aiheeseen ja teoriapohjaan.

### 4.2 Talvibetonointisuunnitelma

Valukohtaisesti täytimme betonointipöytäkirjan, joka toimii sekä betonointipöytäkirjana että talvibetonointisuunnitelmana. Kyseisiä dokumentteja pääsin täyttämään muutamien valujen kohdalla. Dokumenttiin liitettiin kyseisen valun kuormakirjat ja kaikki nämä dokumentit arkistoidaan työmaalla. Kokemusta tehtäväsuunnitelmien laatimisesta omaan jonkun verran, mutta kaipaankin lisää kokemusta talvibetonointisuunnitelmien laatimisesta.

### 4.3 Talvibetonin laadun valinta ja lujuuden kehitys

Tämän hetkisellä työmaalla betonin laadun on valinnut työmaan vastaava mestari. Valittavasti en ole vielä päässyt tekemään valintatyötä. Työmaan aikana olen kuitenkin päässyt seuraamaan lujuuden kehitystä betonin lämpötilaa mittaamalla. Omaan kuitenkin sen verran tietämystä betonilaaduista, betonoinnista ja talvibetonoinnista, että tulevaisuudessa tilanteen niin vaatiessa osaisin valita tarvittaessa oikean betonilaadun yhteistyössä betonitehtaan asiantuntijan kanssa.

#### 4.4 Olosuhteiden hallinta talvibetonoinnissa

Ennen valujen alkamista huolehdin siitä, että ikkunat ja aukot lämmitettävässä tilassa oli hyvissä ajoin suljettu ja tukittu, jotta pystyttiin mahdollisimman hyvin ehkäisemään lämmön karkaaminen. Huolehdin myös siitä, että holvilla oli tarpeeksi pakkasmattomateriaalia ja pattinkia painoksi. Tarkastin kaikki muottipinnat ennen valuja, ja jos havaitsin jäättä tai lunta, huolehdin, että muotit puhdistettiin hyvissä ajoin. Vastuullani oli lisäksi huolehtia, että lämpöpuhaltimessa oli tarpeeksi polttoöljyä. Jos valu oltiin suoritettu perjantaina, kuului vastuualueisiini myös huolehtia siitä, että polttoöljyä lämmitimiin toimittava yritys huolehti siitä, että lämmitin oli myös viikonlopun aikana päällä eikä polttoaine pääse kesken loppumaan.

#### 4.5 Talvibetonoinnin laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen tärkeitä osioita oli jokaisen betonikuorman saapuessa tarkistaa saapunut betonilaatu, jotta saapunut betoni vastasi tilattua. Vastaanottotarkastuksen suoritin joko minä tai kohteen vastaava mestari.

Työmaan aikana pääsin useasti tekemään raudoituskatselmuksia rakennesuunnittelijan kanssa. Koin tämän erittäin hyödylliseksi, sillä olen tämän työmaan myötä oppinut lukemaan raudoituskuviu. Koulun aikana raudoituskuviu opiskelu on jäänyt hyvin vähäiselle huomiolle, eikä niitä ole opiskelujen aikana juurikaan käytä läpi.

Lisää opittavaa minulla olisi ehdottomasti elementtiasennuksista, muoteista ja niiden tukirakenteista.

#### 4.6 Talvibetonoinnin aiheuttamat vauriot

Talvikaudella suoritetuissa betonoinneissa oli hyvän ennakkosuunnittelun ja suojauksen vuoksi vain vähän vaurioita. Vauriot, joita betonirakenteissa oli, olivat pieniä halkeamia. Kun perehdyin opinnäytetyön teoriapohjan laatimiseen, olen saanut hyvän kokonaiskäsityksen siitä, minkä tyyppisiä vaurioita talvibetonoinnista voi aiheuta ja millä tavoin vaurioiden syntymistä voidaan ennaltaehkäistä. Olen myös ymmärtänyt, kuinka tärkeää on suunnitella valua ennalta ja ottaa mahdollisimman kattavasti huomioon vallalla olevat sääolosuhteet.

#### 4.7 Talvibetonointiin liittyvä työturvallisuus

Suoritin työmaalla TR-mittauksia viikoittain. Mittauksissa päästiin useasti tavoitetason alueelle. Mittaus suoritettiin Congrid-nimisellä ohjelmalla. Vastuullani oli, että mittauksissa havaitut ongelmat tuli korjattua.

Myös TR-mittausten ulkopuolella huolehdin työmaan yleisestä siisteydestä ja turvallisuudesta. Seurasin päivittäin, että kaikki putoamissuojat olivat kunnossa ja kulkutiet olivat kunnossa ja hiekoitukset piha-alueilla tehtynä. Myös työntekijöiden asianmukaista suojavarustusta tuli tarkkailtua. Työmaan aikana olen myös käynyt EA1-kurssin, jotta voin mahdollisen tapaturman satuttua antaa asianmukaista ensiapua.

## 5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata talvibetonoinnista johtuvia yleisiä haasteita ja riskejä sekä sitä, miten niitä voidaan ehkäistä. Opinnäytetyössä kuvattiin myös, miten Suomen ilmasto ja talviset olosuhteet vaikuttavat talvella suoritettavaan betonointiin. Opinnäytetyössä kuvattiin erilaisia betonilaatuja sekä lämmitysmenetelmiä. Työssä kuvattiin myös toimenpiteitä, joilla voidaan ennaltaehkäistä mahdollisia talvibetonoinnista johtuvia vaurioita ja ongelmia.

Talvibetonoinnin valusuunnitelma tulisi aina päivittää ja tähdentää tapauskohtaisesti sen hetkisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaan. Sen hetkisten sääolosuhteiden mukaan tulisi harkita tarvittavat suojaus ja lämmitysmenetelmät sekä oikea jälkihoito. Talviset olosuhteet aiheuttavat työlle ja työturvallisuudelle monenlaisia haasteita, jotka tulisi tiedostaa, jotta niitä voidaan ennaltaehkäistä tehokkaasti.

Teoriapohja on laadittu saatavilla olevasta betonointia ja talvibetonointia koskevasta kirjallisuudesta. Lähdekirjallisuus oli ajoittain melko vanhaa, mutta menetelmät ja tieto eivät ole kuitenkaan viime vuosina juurikaan muuttunut. Käytettyyn kirjallisuuteen viitattiin oikein ja asianmukaisesti. Työn teoriapohjan laatimisessa pyrittiin viittaamaan alkuperäislähteisiin.

Esitelty teoria toteutui työmaalla hienosti. Kohde on 37:n asunnon kerrostalo Turun ydinkeskustassa. Talvisten olosuhteiden lisäksi betonointiin liittyviin haasteisiin ja valintoihin vaikutti myös tontin sijainti ja pieni koko. Talvella suoritettuja betonointeja pääsin seuraamaan ja valvomaan tietyiltä osin. Tulevaisuudessa kaipaankin lisää kokemusta runkotöistä ja etenkin talvibetonoinnista.

## LÄHTEET

Suomen Betoniyhdistys ry 2011. Betonitekniikan oppikirja 2004. Kuudes painos. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.

Ilmasto-opas 2017. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. Viitattu 12.4.2018 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>.

Mikkonen, A. 2018. Rakennustyömaan työturvallisuussuunnittelu. Viitattu 3.5.2018 <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK060502.pdf>.

Rudus Oy 2011. Betonin lämmittäminen talvivaluissa. Viitattu 29.4.2018 <file:///D:/Downloads/Betonin%20lämmittäminen%20talvivaluissa.pdf>.

Rakennustieto Oy 2015. Rakentajain kalenteri 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sahlstedt, S.; Koskenvesa, A.; Lindberg, R.; Kivimäki, C.; Palolahti, T. & Lahtinen, M. 2013. Talvibetonointi. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy

Yle 2014. Pakkasen purevuus. Viitattu 27.4.2018 [https://yle.fi/saa/pakkasen\\_purevuus/7021406](https://yle.fi/saa/pakkasen_purevuus/7021406).