

PIENTALON TALVIRAKENTAMINEN

Ville Katainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2010

Rakennustekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KATAINEN, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 03.05.2010
	Sivumäärä 43+8	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi PIENTALON TALVIRAKENTAMINEN		
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) KONTTINEN, Jukka		
Toimeksiantaja(t) Mon-Puu Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli rakennusliike Mon-Puu Oy. Työn tarve syntyi lisääntyneestä talvirakentamisesta. Tehtävänä oli selvittää oikeat työmenetelmät, suojaukset, materiaalit ja työvaiheet talviolosuhteissa rakennettaviin valuharkko- ja elementtirakenteisiin pientaloihin. Tärkeimmät tarkastelun aiheet olivat talviolosuhteissa tapahtuvat maanrakennus-, betonointi- ja muuraustyöt, koska väärät työmenetelmät voivat johtaa kalliisiin virheisiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa hyvät lähtökohdat rakennushankkeeseen ryhtyvälle, kun ajankohtana on talvivuodenaika. Työn toteutuksen apuna oli alan kirjallisuutta ja omia kokemuksia.</p> <p>Talvella voidaan päästä laadullisesti ja tavoitteellisesti hyvään lopputulokseen, jos valitaan oikeat työtavat ja työmenetelmät. Maan sulattaminen ja sulana pitäminen ovat työmenetelmiä, jotka mahdollistavat rakennushankkeen onnistumisen talviolosuhteissa. Talvella on myös huolehdittava betonin lujuudenkehityksestä alhaisissa lämpötiloissa, ja usein joudutaan lämmittämään betonivaluja, käyttämään pakkasbetonia tai kuumabetonia. Talvimuurauksessa on hyvä käyttää pakkaslaastia, jolla voidaan muurata ilman lämpötilan ollessa -15... +5 °C:een välillä. Lisäksi usein kalliiksi koetut ratkaisut tai menetelmät voivat pitemmällä ajanjaksolla tuoda jopa säästöä, kuten yleistymässä olevat koko rakennuksen kattavat sääsuojien käytöt. Talvitöissä korostuukin työnjohtajien ammattitaito, jotta pystytään valitsemaan taloudellisesti ja aikataulullisesti oikeat menetelmät oikeisiin kohteisiin. Lisäksi talviajankohtaan sijoittuva rakennushanke on pystyttävä viemään läpi ilman suuria katkoksia, jotka lisäävät kalliita lämmityskuluja.</p> <p>Talvirakentaminen onkin haasteellista ja riskeihin on osattava varautua jo etukäteen. Hyvällä ja huolellisella suunnittelulla pystytään kuitenkin selviytymään erinomaisesti talviolosuhteiden tuomista lisähaasteista.</p>		
Avainsanat (asiasanat) talvirakentaminen, betonointi, maarakennus, muuraus		
Muut tiedot		



Author(s) KATAINEN, Ville	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 03.05.2010
	Pages 43+8	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title WINTER CONSTRUCTION OF DETACHED HOUSES		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) KONTTINEN, Jukka, Senior Lecturer		
Assigned by Mon-Puu Oy		
Abstract <p>This bachelor's thesis was commissioned by the construction firm Mon-Puu Ltd as their winter time building has increased. The purpose of this thesis was to find out about the right methods of work, adequate shielding as well as materials and different stages of work for winter construction, especially in relation to ingot built or prefabricated detached houses. In this thesis, the most important factors to consider were earth construction, concreting and masonry because wrong work methods lead to expensive mistakes. Another aim of this study was to give information about winter construction and a good starting point for a winter time building project. To execute this thesis, the author used his practical experience in building and literature on the subject.</p> <p>A good quality and end result can be reached if the right approach is adopted and an adequate work method is used. Defreezing the earth and keeping it unfrozen are methods which enable a successful building project in the winter. Furthermore, in a low temperature the strength properties of concrete should be carefully examined. This leads to having to use heated concrete castings, frost-proof concrete or heated concrete. Moreover, in the winter time frost-proof plaster should be used in masonry as the plaster can be used from -15 to +5 degrees Celsius. Moreover, decisions that are thought to be expensive are often saving money later in the building project. An example of this is more and more common weather protection which is used to shield the entire construction. The professional skills of supervisors come into great importance so that the time efficient and financially effective methods would be used. In addition to this, a winter construction project should be followed through without any major interruptions in order to keep the heating expenses low.</p> <p>Winter construction is challenging and the risks have to be taken into account beforehand. Good and careful planning gives excellent ways to manage the extra challenges that building in the winter brings along.</p>		
Keywords Building in winter, winter concrete construction, earth construction, masonry		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 OPINÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT	4
2 MAANRAKENNUSTYÖT TALVIOLOSUHTEISSA	5
2.1 Maankaivu	5
2.2 Kaivetun maan sulattaminen ja sulana pitäminen.....	7
2.3 Täyttö- ja tiivistystyöt	9
2.4 Routasuojaus	12
3 RAKENNUKSEN PERUSTUSTYÖT	14
4 BETONIELEMENTTIEN ASENNUS	15
4.1 Vastaanotto, varastointi ja nostokalusto	15
4.2 Asennus.....	16
4.3 Saumaus.....	17
5 TALVIBETONOINTI	21
5.1 Talvibetonoinnin haasteet	21
5.2 Lämmitysmenetelmät	23
5.3 Pakkasbetoni ja pakkasenkestäväbetoni	28
5.4 Betonin valinta	29
5.5 Tiivistys ja jälkihoito.....	31
6 TALVIMUURAUUS	34
7 SÄÄSUOJAT	35

	2
8 ALUESUUNNITELMA	38
9 TYÖTURVALLISUUS TALVELLA.....	39
10 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	43
LIITTEET	44
Liite 1. Harkkotyypit.....	44
Liite 2. Suojapeitteet ja sääsuojat	46
Liite 3. Valmisbetoninhinnasto (Laukaan Betoni Oy)	49

KUVIOT

KUVIO 1. Lämpötilan ja vesipitoisuuden vaikutus tiivistämistyön lopputulokseen .	11
KUVIO 2. Kuivasullonta	18
KUVIO 3. Painevalu	18
KUVIO 4. Saumamassan levitys ennen elementin asennusta.....	19
KUVIO 5. Ontelolaataston osittainen saumaus.....	20
KUVIO 6. Rabidsementin ja yleissementin lujuudenkehitys	22
KUVIO 7. Säteilylämmittimet ovat tehokkaita kohdelämmityksessä.....	24
KUVIO 8. Kaksi Kuumailmalämmitintä samassa tilassa	25
KUVIO 9. Pilariin asennettu lankalämmitin.....	26
KUVIO 10. Pakkasen kestävä betonin toimintaperiaate.....	29

KUVIO 11. Betonirakenteen lujuuden kehitykseen vaikuttavat tekijät.....	31
KUVIO 12. Tärytys ulotetaan noin 150 mm edelliseen valukerrokseen	32
KUVIO 13. Täryttimen pitää olla pystyasennossa	33
KUVIO 14. Koko rakennuksen kattava sääsuoja.....	36
KUVIO 15. Liukukiskoilla perustettu sääsuoja.....	38

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Eri täyttökohteiden ohjeelliset tiiviys- ja kantavuusvaatimukset	10
TAULUKKO 2. Tiivistysmäärät ja kerrospaksuudet	12

1 OPINÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli rakennusliike Mon-Puu Oy. Rakennusliike on perustettu Jyväskylässä, ja sen toiminta rajoittuu pääasiassa Jyväskylään ja sen ympäristökuntiin. Yritys on keskittynyt pääosin pientalojen uudis- ja korjausrakentamiseen sekä asuin- ja liikehuoneistojen saneerauksiin. Yrityksen perustamisvuosi on 2005.

Tehtävät ja tavoite

Opinnäytetyön tarve syntyi lisääntyneestä talvirakentamisesta. Mon-Puu Oy:n rakennushistoria on varsin nuori, ja varsinkaan talvirakentamisesta ei ole kovin paljon kokemusta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tarvittavat suojaukset, sekä oikeat työvaiheet ja materiaalit talviolosuhteissa rakennettaviin valuharkko- ja elementtirakenteisiin pientaloihin. Suurimpina haasteina tulisivat olemaan maanrakennustyöt ja perustustyöt talviolosuhteissa sekä valuharkkoista tehtävän talon valu- ja muuraustyöt. Opinnäytetyön tarkoituksena oli antaa mahdollisimman paljon tietoa talvirakentamisesta rakennushankkeeseen ryhtyvälle ja etenkin hankkeen päätoteuttajalle.

Työkohte

Opinnäytetyö kohdistettiin kahteen alkavaan rakennuskohteeseen. Rakennusten aloitusajankohta sijoittuisi marras- tai joulukuuhun 2009, jolloin voitaisiin katsoa talviolosuhteiden vallitsevan koko maassa. Rakennuskohteiden haastavuutta lisää se, että molemmat rakennukset tulitisiin rakentamaan rinnetontille. Rinnetontille rakennettavat kellarilliset omakotitalot lisäävät huomattavasti maanrakennustöiden määrää sekä vaikeuttavat telineiden ja sääsuojien asennustöitä.

Ensimmäinen taloista tulisi olemaan kaksikerroksinen kellarillinen omakotitalo, jonka huoneistoala olisi 250 m². Talon anturat tehtäisiin täyteen valettavilla Lakan ANT-600-

anturaharkoilla ja alapohja tulisi olemaan maanvarainen betonilaatta.

Runkomateriaalina olisi muurattava Lakan EKO+400-energiահarkko, josta sisäkuori valetaan täyteen betonilla. Maanpaineeseinissä käytettäisiin kuitenkin materiaalina Lakan EMH-400-eristeharkkoa, jonka molemmat kuoret valetaan täyteen betonilla. Kantavat väliseinät tehtäisiin Lakan MH-200-muottiharkoilla, jotka valetaan täyteen betonilla, ja välipohja tulisi ontelolaatoilla. Tämän talon osalta haastavimpia työvaiheita talviolosuhteissa olisivat maanrakennustöiden lisäksi talvibetonointi ja talvimuuraus. Kaikki rakennuksessa käytettävät harkkotyypit on esitetty liitteessä 1.

Toinen taloista olisi puhtaasti elementeistä valmistettava omakotitalo. Anturat tehtäisiin samaan tapaan kuin ensimmäisessä talossa käyttäen Lakan ANT-600-anturaharkkoja, mutta kellarin ulkoseinät sekä kantavat väliseinät tulisivat betonielementeistä. Alapohja tulisi olemaan maanvarainen betonilaatta ja välipohja tehtäisiin ontelolaatoilla. Kellarikerroksen päälle tulisi Kannus-talopaketti eli puurunkoiset seinäelementit. Tässä kohteessa tuli selvittää maanrakennustöiden lisäksi betonielementtien asennus- ja saumaustyöt talviolosuhteissa.

Toteutus

Työn toteutuksessa käytin apuna alan kirjallisuutta, omia kokemuksia ja artikkeleita koskien talvirakentamista. Näiden tietojen pohjalta tehtäväni oli selvittää tärkeimmät asiat, jotka tulee ottaa huomioon, kun työt sijoittuvat talviajankohtaan. Oikeilla työmenetelmillä ja riittävällä tiedolla talvirakentamisesta päästään haluttuihin tavoitteisiin ja vältetään kalliilta virheiltiltä.

2 MAANRAKENNUSTYÖT TALVIOLOSUHTEISSA

2.1 Maankaivu

Ennen maankaivutöiden aloittamista tulee tontilla suorittaa raivaus- ja purkutyöt.

Tontin raivaustöihin kuuluu kantojen, juurakoiden, puiden ja irtokivien poistaminen

rakennuspaikalta. Säilytettävät puut sekä ympärillä olevat rakennukset tulee suojata niin, etteivät ne pääse vahingoittumaan rakennusprojektin aikana. Mikäli tontilla on purettavia rakennuksia tai rakennelmia, on myös ne purettava tontin raivauksen yhteydessä. (Koski 1992, 45.) Rakennuspohjalta ei kannata poistaa lunta liian aikaisessa vaiheessa, koska paljaana olevaan maahan routa tunkeutuu huomattavasti syvemmälle.

Rakennusten perustukset on valettava häiriintymättömän maan varaan. Jotta rakennuspohja pysyisi häiriintymättömänä, on syytä erottaa toisistaan alkukaivu ja loppukaivu. Varsinkin kellarillisen ison rakennuksen kohdalta saatetaan joutua poistamaan tuhansia kuutioita maata, jolloin kaivinkoneen ja autojen on usein voitava liikkua rakennuspohjalla. Lopullisen kaivupohjan päälle on jätettävä niin paksu suojakerros, että peruspohja ei pääse häiriintymään. Suunnittelija esittää tarvittaessa suojakerroksen paksuuden, mutta minimirajana voidaan pitää 0,2 m. Loppukaivun yhteydessä viimeistellään anturoiden pohjat ja maanvaraisten lattioiden alustat kaivinkoneen tasareunaisella kauhalla ja tarvittaessa lapiolla auttaen. Kaivinkone perääntyy viimeistelemältään pohjalta niin, että maapohjaa ei enää häiritäisi. Anturoiden laudoitukset ja valut olisi syytä aloittaa heti loppukaivun jälkeen, mutta ellei se ole mahdollista, tulee kaivupohja suojata. Kaivupohjaa ei saa jättää sään armoille. (Jääskeläinen 2003, 125.)

Pientalotyömaalla on usein järkevintä kaivaa alkukaivu ensimmäisen päivän aikana ja jättää mahdollisimman paksu suojakerros maapohjan päälle. Maapohja on myös hyvä suojata routamatoilla yön ajaksi. Seuraavana päivänä kaivetaan rakennuspohja lopulliseen syvyyteen ja tehdään mursketäytöt anturan alle samalla huolellisesti tiivistäen. Tämän jälkeen maapohja suojataan routamatoilla odottamaan seuraavan päivän anturoiden asentamista.

Kun kaivussyvyys on noin metri tai yli sen on työturvallisuuden vuoksi ruvettava kiinnittämään huomiota kaivantoluiskiin. Luiskien tulee kestää sortumatta ilman jäätymistäkin, eikä kaivantotoissa luiskien jäätymistä tule pitää luiskanvahvistuksena. Routivassa maassa olevat kaivantoluiskan valuvatkin roudan sulaessa helpoimmin, koska ne sisältävät runsaasti vettä routimisen jäljiltä. (Jääskeläinen 2003, 125, 166.)

2.2 Kaivetun maan sulattaminen ja sulana pitäminen

Maan oma lämpö pitää esiin kaivetun maapohjan lämpimänä, jos maapohja suojataan heti kaivutyön jälkeen. 50 mm:n vahvuinen mineraalivillamatto pystyy pitämään maapohjan sulana lähes kahden viikon ajan. Jos sulana pitoaika on pitkä tai ilman lämpötilan on alle -10 °C:ta, on maata lämmitettävä. (Kokki 1990, 30.)

Jos roudan syvyys on 1,5 metriä, menee 1000 neliömetrin kokoisen alueen sulatukseen useita viikkoja. Silloin on järkevintä poistaa routa rikkomalla. (Kokki 1990, 30.) Paksu routakerros on hyvin vaikeaa ja hidasta rikkoa, jos maassa on paksusti kerrosroutaa. Puskutraktorin repijä tai roudan räjäytys ovat taloudellisia vaihtoehtoja, jos kaivualue on laaja. Pienissä tai ahtaissa kaivukohteissa on yleensä syytä käyttää kaivinkoneeseen liitettyä, hydraulisesti toimivaa kiilakonetta tai paineilmakäyttöistä maakiilalla varustettua porakonetta. (Rantamäki & Tammirinne 2006, 107.)

Maan sulatukseen ja sulana pitämiseen käytettyjä menetelmiä ovat routamatot, kuumailmapuhaltimet, sähkölämmityslangat ja infrapunasäteilijät. Sulatettavan alueen tulee ulottua vähintään puoli metriä yli anturan reunan. (Kokki 1990, 30.) Kaapeleiden ja putkijohtojen kohdilla on syytä käyttää erilaisia maansulatusmenetelmiä, kuten kuumailma-, höyry- tai sähkövastuslämmitysmenetelmä. (Rantamäki & Tammirinne 2006, 107.)

Höyrykattilat, höyrykehittimet ja höyrytysautot

Höyryllä lämmitettäessä puhalletaan höyryä pilleillä maahan tai suojapeitteiden alle. Höyrypillien lisäksi on käytettävissä vesi- ja höyryputkia, joihin vesi tai höyry puhalletaan työmaalle asennetusta höyrytyskeskuksesta. Höyrytyskeskuksena voi toimia myös työmaalle ajettu höyrytysauto. Lämmitysmuoto soveltuu karkearakeisen maan lämmittämiseen, koska tiivistynyt vesi poistuu perustasosta. Hienorakeisen maan sulatukseen höyryä ei saa käyttää, jollei maata kaiveta pois. (Kokki 1990, 30; Kivikoski 2007, 84.)

Tontille asennetusta höyrytyskeskuksesta lähtevät putket asennetaan lämmitettävälle tai sulatettavalle maapohjalle. Maapohjalle asennettujen putkien päälle tulisi levittää suojapeitteet, jotka estävät lämmönkarkaamisen. Vesi- ja höyryputket sopivat hyvin laajoille aloille, kuten lattioiden alustäytön lämmittämiseen ja sulattamiseen. Höyryllä sulatettua maata ei saa päästää jäätymään, koska höyryllä sulatettu maa sisältää paljon kosteutta. Näin ollen maapohja jäätyy paljon syvemmälle ja uudelleen sulattaminen on aina hankalampaa. (Kivikoski 2007, 84.)

Kuumailmalämmittimet

Kuumailmalämmittimissä syntyvää kuumaa ilmaa puhalletaan sulatettavaan tai lämmitettävään kohteeseen. Sulatettava alue peitetään suojapeitteillä, jotka jätetään 20 - 30 cm irti maasta. Peitteenä voidaan käyttää myös maan sulatukseen valmistettuja eriste-elementtejä. Kuumailmapuhaltimet sijoitetaan lämmitettävän alueen toiseen reunaan, ja alueen toiselle puolelle on jätettävä aukkoja, joista jäähtynyt ilma puhaltuu ulkoilmaan. (Kokki 1990, 30–31; Kivikoski 2007, 85.) Menetelmä soveltuu piha-alueen kaapeliojien ja putkijohtokaivantojen sulatukseen (Kivikoski 2007, 84).

Infrapunasäteilylämmittimet

Infrapunasäteilylämmitystä on hyvä käyttää yhdessä sääsuojan kanssa. Säteilylämmityksestä on samalla apua myös työkohteen lämmityksessä, sillä säteilijät asennetaan sääsuojan kattoon. (Kokki 1990, 31.) Säteily suunnataan kohti maan pintaa. Roudan sulatukseen sopivat parhaiten kaasu- ja öljykäyttöiset säteilylämmittimet. (Kivikoski 2007, 85.)

Sähkövastuslämmittimet

Sähkövastuslämmittimet voidaan jakaa matala- eli suojajännitteisiin vastuslankamenetelmiin ja verkkovirtajännitteisiin vastuskaapelimenetelmiin. Suojajännitteiset menetelmät sopivat perustusten alapuolisen maan lämmittämiseen, joko sijoitettuna perusanturaan tai alla olevaan maahan. Roudan sulatukseen taas

soveltuvat vastuskaapeleista valmistetut lämmityskaapelimatot, jotka pystyvät sulattamaan 0,5 m paksuisen routakerroksen 2 vuorokaudessa. (Kivikoski 2007, 86.)

Maankaivaminen vähissä erin

Maapohja voidaan kaivaa myös vähissä erin, jolloin maa ei pääse jäätymään ennen anturan tekoa ja betonointia. Tällöin maan oma lämpö pitää maan sulana työskentelyn ajan. Menetelmä on kuitenkin hankala, koska se vaatii hyvän suunnittelun ja nopean työn toteutuksen. (Kokki 1990, 31.) Menetelmä soveltuu hyvin silloin kuin kyseessä on laaja kaivettava alue, kuten suurien teollisuushallien pohjatyöt. Pientalorakentamisessa menetelmä on kuitenkin kovin harvinainen.

2.3 Täyttö- ja tiivistystyöt

Talviolosuhteissa täytettä ei saa rakentaa lumiselle, jäiselle eikä routaantuneelle alustalle, vallankin jos pohjamaa on routivaa. Täytemateriaaleina tulee käyttää ainoastaan louhetta, soraa, routimatonta hiekkaa ja murskaustuotteita. (Rantamäki & Tammirinne 2006, 185.) Lumettomalle ja sulalle maanpinnalle levitettävät täyttömateriaalit eivät saa päästä jäätymään, ennen kuin ne on tiivistetty vaatimusten mukaiseen tiiviyteen. Tiivistettävässä materiaalissa ei saa olla lunta, jäätä eikä jäätyneitä maan osia. (Kivikoski 2007, 81.) Talviajankohtana onkin syytä kiinnittää erityistä huomiota työvaiheiden suunnitteluun ja työn suorituksen nopeuteen sekä oikeanlaiseen kalustoon ja materiaaleihin.

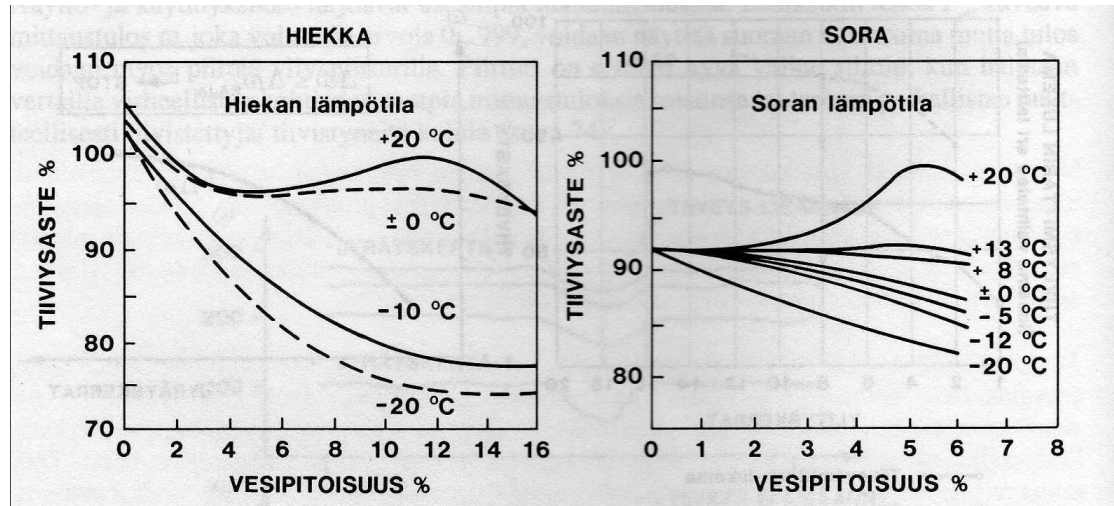
Maapohjan huolellisella ja oikeaoppisella tiivistämisellä päästään haluttuihin tavoitteisiin ja tuloksiin. Maarakennustöissä on määritetty jokaiselle kohteelle vaaditut tiiviys- ja kantavuusvaatimukset (ks. taulukko 1). Tiivistyksellä lisätään maapohjan sekä maarakenteen kantavuutta ja leikkauslujuutta. Tiivistyksellä myös vähennetään rakenteen muodonmuutosta, vedenläpäisevyyttä sekä parannetaan kestävyyttä säänvaihteluita vastaan. (Hartikainen 2000, 81.)

TAULUKKO 1. Eri täyttökohteiden ohjeelliset tiiviys- ja kantavuusvaatimukset
(Rantamäki & Tammirinne 2006, 184)

Kohde	Tiivistys- luokka	Tiiviys- aste ¹⁾ D _{vaad} %	Kantavuus- arvot E ₁ , E ₂ MN/m ²	Kantavuus- suhde E ₂ /E ₁
Perustusten alustäyttö	1	≥ 95	E ₁ ≥ 50	≤ 2,2
Maanvaraisten lattioiden alustäyttö	1 ja 2	≥ 90	E ₁ ≥ 40	≤ 2,2
Perustusten, seinien ja muurien vierustäyttö	2	≥ 90	—	—
Putkijohtojen tasauseros ja ympärystäyttö sekä rumpujen arina- ja ympärystäyttö	2	> 90	—	—
Pengertäyte	2	≥ 90	—	—
Suodatinkerros	1	≥ 90	—	—
Jakava kerros	1	≥ 92	E ₂ ≥ 87	≤ 2,2
Kantava kerros	1	≥ 92	E ₂ ≥ 122	≤ 2,2
Kulutuskerros	1	≥ 92	—	—
Puisto-, maisema- yms. täytöt	3 ja 4	—	—	—

Maan tiivistymiseen vaikuttavat käytettävä kalusto ja työmäärä sekä maalajin rakeisuus ja vesipitoisuus. Haluttuun tiiviyteen päästään parhaiten, kun maan kosteus on lähellä optimivesipitoisuutta. Optimivesipitoisuus tarkoittaa sitä vesipitoisuutta, jossa maalaji tietyllä vakiotiivistystyömäärällä (Nm/m³) saavuttaa maksimikuivairtoteheyden. (Hartikainen 2000, 81.)

Talvella ei tiivistyksessä saa käyttää lainkaan vettä, joten maan lämpötila ja vesipitoisuus vaikuttavat oleellisesti lopputulokseen (ks. kuvio 1). Maan jäätymispisteen alapuolella tiivistäminen onnistuu, mutta vaatii enemmän työtä ja lopputulos on yleensä heikompi kuin lämpimissä olosuhteissa. Talviolosuhteiden vallitessa ei pyritäkään saavuttamaan maalajille optimivesipitoisuutta, vaan pyritään käyttämään mahdollisimman kuivia maalajeja. Hiekalla ja soralla päästään tyydyttäviin tiivistystuloksiin, jos vesipitoisuus on alle 2 %. (Hartikainen 2000, 83, 102.) Hiekka- ja sorapitoisten täytemateriaalien vesipitoisuus saa kuitenkin olla korkeintaan 3 % (Rantamäki & Tammirinne 2006, 185).



KUVIO 1. Lämpötilan ja vesipitoisuuden vaikutus tiivistämistyön lopputulokseen (Hartikainen 2000, 102)

Talviolosuhteissa tiivistettävä maamassa, jota kuljetetaan lämpölavoilla, on yleensä ilmaa lämpimämpää, joten tiivistys on aloitettava heti levitystyön jälkeen. Tärylevy soveltuu parhaiten pientalojen pohjatöissä tarvittavaksi tiivistyskoneeksi, koska pinta-alat ovat yleensä varsin pieniä ja paikat monesti ahtaita. Hiekkaa ja soraa voidaan tiivistää pienemmillä tärylevyillä (alle 500 kg) 200... 300 mm:n kerroksina (ks. taulukko 2). Suuremmat tärylevyt (500... 800 kg) tiivistävät 400... 500 mm:n kerroksia. (Hartikainen 2000, 83, 18.) Tiivistettävän levityskerroksen paksuus tulisi ohentaa puoleen verrattuna lämpimissä olosuhteissa käytettäviin kerrospaksuuksiin, ja kalusto tulisi olla hieman järeämpi, samoin yliajokertojen määrän olisi hyvä olla suurempi. (Rantamäki & Tamminne 2006, 185.)

TAULUKKO 2. Tiivistysmäärät ja kerrospaksuudet (Rantamäki & Tamminne 2006, 183).

Tiivistyskone tai -tapa		Tiivistysajokerto- jen vähim- mäis- määrä	Kerrospaksuus, [m] Täyttemateriaali taulukon 1 mukaan			
Nimitys	massa [t] tai staat- tisen viiva- massan suuruus [t/m]		Louhe, karkea- murske, kivet	Hiekka, sora, somero ja hieno murske	Hiekka- moreeni, sora- moreeni	Siltti, kuiva- kuori ja kova savi, siltti- moreeni
Käsijuntta	15 kg	3 ¹⁾	—	0,15	0,10	0,10
Konejuntta	80 kg	3 ¹⁾	—	0,30	0,25	0,20
Täryjuntta	50 kg	3 ¹⁾	—	0,30	0,25	0,20
Tärylevy	50 kg	4 ¹⁾	—	0,15	—	—
Tärylevy	100 kg	4 ¹⁾	—	0,20	0,10	—
Tärylevy	400 kg	4	0,40	0,35	0,25	0,15
Pienjyrät	0,5–2 t	6	0,40	0,30	0,20	—
Traktori- vetoinen	3 t	6	0,70	0,40	0,30	0,20
täryjyrä	5 t	6	1,00	0,55	0,45	0,30
”- ”-	8 t	6	1,20	0,60	0,50	0,35
Telaketju- traktori	10 t	6	—	0,25	0,20	0,20
Väpähtelevä						
2-valssiyrä	0,5 t/m	6	—	0,15	0,10	—
”- ”-	2 t/m	6	—	0,30	0,25	0,15
”- ”-	3 t/m	6	—	0,45	0,35	0,25
Staattinen						
3-valssiyrä	5 t/m	6	—	0,25	0,20	0,20
Kumipyöräyrä	15 t	6	—	0,20	0,20	0,20
”- ”-	25 t	6	—	0,30	0,25	0,25

¹⁾ Käytetään yleensä vain pienissä ja ahtaissa kohteissa sekä täydentämään muita tiivistysvälineitä.

2.4 Routasuojaus

Routa

Roudaksi kutsutaan maakerrosta, joka on kovettunut maassa olevan jäätyneen veden johdosta ja roudan syntymistä taas nimitetään routaantumiseksi. Routaraja on roudan syvyyden, eli jäätyneen maan paksuuden, alaraja. Usein puhutaan maan routimisesta, mikä tarkoittaa routaantumisen ja roudan sulamisen yhteydessä

tapahtuvaa maan pinnan liikkumista. Suomessa on mitattu jopa 700 mm:n korkuisia routakohoumia. Kaikki maalajit routaantuvat pakkasen vaikutuksesta, mutta kaikkien ei silti tarvitse routia. (Hartikainen 2000, 18.) Varsinkin rakenteiden alle tulevat maalajit tulee olla routimattomia maalajeja, kuten hiekkaa tai soraa.

Hiekka ja sora ovat karkeita maalajeja, jotka jäätyvät yleensä massiiviseen routaan ilman vaurioittoa. Tämä on mahdollista hyvän vedenläpäisevyyden ja runsaan huokostilan ansiosta. Hienorakeisissa maalajeissa taas on huonon vedenläpäisevyyden ja huonon huokostilan vuoksi vesi ei pääse poistumaan routarajalta, ja jäätyessään vesi muuttaa maan tilavuutta huomattavasti. Näin ollen routarajalle syntyy usein puhtaita jääkerroksia. (Hartikainen 2000, 18.)

Roudan syvyyteen vaikuttaa vallitsevat lämpötilat, lumipeitteen paksuus, maan kosteussuhde ja kasvipeitteet. Roudan syvyys vaihtelee huomattavasti eri talvina. Syvyys on suurimmillaan kuivissa moreenimaissa ja karkearakeisissa kivennäismaissa. Maalajin raekoon pienetessä myös roudan syvyys pienenee. Hyvin vettä pidättävissä, hienorakeisissa kivennäismaissa roudan syvyys on noin 80 % karkeiden kivennäismaiden roudan syvyydestä. Lumen peittämällä alueilla syvyys voi olla 25... 50 % vastaavan lumesta raivatun alueen roudan syvyydestä. (Hartikainen 2000, 21.)

Routasuojaus

Routaeristys on tehtävä heti ympäristötäytön jälkeen jos anturan alapinta on alle metrin syvyydessä. Anturan alapinnan ollessa syvemmällä, kuten kellarillisessa rakennuksessa, kannattaa harkita rakennusaikaisen routaeristyksen tarpeellisuutta. Perustuksia joudutaan usein lämmittämään, jos routa on ennättänyt päästä perustamissyvyyteen. (Kokki 1990, 37.)

Talvirakentamisen aikana joudutaan usein tekemään työnaikaisia routasuojauksia. Rakenteita, jotka usein tarvitsevat näitä toimenpiteitä, voivat olla

- työnaikaiset tukirakenteet, kuten tukiseinät ja -muurit

- keskeneräiset rakenteet, kuten maarakenteet ja putkijohdot, joiden päälle tulevat täytöt ovat vielä tekemättä
- käyttötilassa "lämpimät" rakenteet, joiden rakenteelliset eristykset, perustussyvyys tai routimattoman maakerroksen paksuus ei ole riittävä talviaikana rakennettaessa. (Kivikoski 2007, 81.)

3 RAKENNUKSEN PERUSTUSTYÖT

Perustuksia ei saa tehdä jäätyneen maan varaan ja etenkin maan ollessa routivaa, tulee roudan pääsy perustuksen alle estää myös rakennusvaiheen aikana.

Perustustason alapuolella olevan maan tulee olla sulaa, kun perustusta asennetaan tai valetaan. Perustaa varten kaivetut kuopat voidaan pitää sulana lämmityksen ja suojauksen avulla. Toinen vaihtoehto on tehdä kaivanto vähitellen siten, että kaivetaan vain sen verran kuin mitä pystytään keralla betonoimaan. Maapohjaa ei saa päästää jäätymään, koska sulattaminen on aina kalliimpaa kuin lämmittäminen. (Kokki 1990, 30.)

Massiivisissa valuissa betonin omaa lämmönkehitystä voidaan käyttää apuna, mutta silloin olisi hyvä muottien olla lämpöeristettyjä. Nopeasti kovettuvaa betonia tai kuumabetonia on myös hyvä käyttää talvivaluissa. Lämmitysmenetelmistä hyviä vaihtoehtoja, jotka sopivat perustuksien lämmittämiseen, ovat lankalämmitys tai huputettu rakenne lämmitettynä kuumailmalla. (Vuorinen 1999, 10.)

Anturat on valettava viivytyksettä, ettei maapohja pääse jäätymään. Työtä nopeuttavat ennakkovalmistelut, kuten etukäteen voidaan tehdä laudoituksen siivut, teräsosat ja lankalämmityssilmukat. Lisäksi tulee työntekijöitä olla talviolosuhteisiin tarvittava määrä. Betoni tulee olla myös oikeanlaista olosuhteisiin nähden ja talvivalujen betonin vesi-sementtisuhte tulisi olla pieni. (Kokki 1990, 32.)

Anturat tulee suojata välittömästi valun jälkeen ja mahdollisesti aloittaa lämmittäminen, joten mahdollisiin lämmitysmenetelmiin ja suojaustarvikkeisiin on syytä varautua jo etukäteen.

Anturan lämmitysmenetelmiä ovat kuumailmalämmitys, säteilylämmitys ja kuumabetonointi. Lankalämmitystä voidaan myös käyttää anturan alapinnan ja maan välisen rajapinnan lujuudenkehityksen varmistamiseksi. Lämpötilan ollessa alle -5 °C:ta, voidaan antura suojata 30 mm:n mineraalivillamatolla. Anturan betonoinnissa on varmistettava, että jäätymislujuus 5 MPa saavutetaan ennen betonin jäätymistä. Anturamuottien purkulujuus on sama kuin betonin jäätymislujuus. Kuumabetonia käytettäessä jäätymislujuus saavutetaan yleensä jo ensimmäisen päivän aikana, jos suojapeitteet ovat asennettu tiiviisti anturaa vasten. (Kokki 1990, 33-34.)

Kummankin talon anturat tulitisiin tekemään Lakan ANT-600-anturaharkoilla, jotka valetaan täyteen betonilla. Näin vältytään muottien tekemiseltä ja muottien purku töiltä. Betonin tulee kuitenkin saavuttaa jäätymislujuus 5 MPa ennen jäätymistään. Anturaharkossa on valmiina raudoitusurat, jotka nopeuttavat raudoitustyötä. Anturat asennetaan tiivistetylle sulalle maapohjalle käyttäen apuna laser-laitetta, jolla saadaan kaikki anturaharkot samaan korkoon. Molemmat tontit ovat rinnetontteja, missä ajotie sijaitsee tontin yläpuolella. Heti maankaivujen jälkeen anturaharkot tulisi nostaa rakennuspohjalle valmiiksi asennusta varten.

4 BETONIELEMENTTIEN ASENNUS

4.1 Vastaanotto, varastointi ja nostokalusto

Rakennushankkeen päätoteuttajan vastuulla ovat ajotiet, purku-, lastaus-, varastointi- ja nostopaikat. Näiden tulee olla kantavuudeltaan ja leveydeltään vaatimusten mukaisia. Pohjatutkimusasiakirjoista selviää kantavuustiedot ja kantavuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, kun routa alkaa sulaa tai kuormitukset muuttuvat. (Heiska 2007, 12.)

Työmaalle tulevan ajotien tulee olla suunniteltu kestävä vähintään 10... 20 tonnin akseli- tai telinepaino ja, jos mahdollista, tulisi järjestää läpiajomahdollisuus. Elementtien toimittajan kanssa sovitaan kuormien tuloajat, jotta purku tapahtuisi asennuspaikalla viivyttämättä. (Mannonen, Suikka & Mannonen 2004, 488.)

Elementtien saavuttua työmaalle tulee tilaajan suorittaa vastaanottotarkastus, ja mahdollisista virheistä ja puutteista tehdään merkinnät rahtikirjaan. Tämän jälkeen elementit joko asennetaan suoraan kuormasta tai välivarastoidaan niille varatuille paikoille. (Heiska 2007, 25.)

Työmaalla tulisi kuitenkin aina pyrkiä asentamaan elementit suoraan kuormasta ja välttämään välivarastointeja, mikä ei kuitenkaan aina ole mahdollista (Koski 1992, 109). Seinäelementit varastoidaan työmaalla kampatelineisiin, A-pukkeihin tai elementtikontteihin. Elementtien tulee olla irti maasta, jotta niiden alapinnat eivät pääse jäätymään, sekä ne on suojattava välittömästi. Ontelolaatat voidaan varastoida päällekkäin, mutta ei neljää enempää, ja niiden väliin on asennettava välipuut. (Heiska 2007, 26.)

Nostokaluston kapasiteetin katsotaan olevan riittävä, kun se on 15 % suurempi kuin suurimman taakan aiheuttama rasitus. Ennen nostokaluston valintaa on myös selvitettävä seuraavat asiat:

- elementtien tyyppikohtaiset suurimmat päämitat, pituus, leveys, korkeus
- eri elementtien painot ja nostoetäisyydet
- nostokorkeus ja mahdolliset esteet
- maapohjan kantavuus sekä ajoteiden kunto. (Heiska 2007, 27.)

4.2 Asennus

Elementit ja asennettavat pinnat tulee puhdistaa lumesta ja jäätystä esimerkiksi harjalla tai petkeleellä. Ennen asennusta ja saumausta sulatetaan pinnat kaasuliekillä tai kuumailmalla. (Kokki 1990, 79.)

Ennen ontelolaattojen asennusta on tarkistettava, ettei onteloissa ole vettä ja ettei niihin pääse kosteutta laatussa olevien reikien kautta. Elementit tulee suojata heti noston jälkeen suojapeitteillä, samoin saumavalun jälkeen elementit tulee suojata. Jos ontelolaattojen alapuolista tilaa, esim. kellarikerrosta, lämmitetään, tulee huolehtia, että ontelolaattojen alapuoliset vedenpoistumiseen poratut reiät ovat täysin auki. (Kokki 1990, 79.)

Ontelolaatan pinnalta lumi voidaan poistaa paineilmalla tai harjaamalla, mutta höyrysulatusta ei saa käyttää, koska höyrystä tiivistyvä vesi voi jäätyä saumaan ennen betonivalua. Jään sulatukseen voidaan käyttää kaasuliekkiä niissä saumoissa, joissa ei ole muovisia sähköputkia, tai lämmössä sulavia eristemateriaaleja. Suositeltavin tapa on lämmittää laattakenttää alhaaltapäin säteily- tai puhallinlämmittimillä ja suojata ontelolaatat lämpöpeitteillä. (Mattila 2002, 7.) Lumen poistotyökaluna voidaan käyttää myös lehtipuhallinta.

4.3 Saumaus

Sauman jäätyminen on estettävä vähintään niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut jäätymislujouden 5 MN/m^2 . Ennenaikainen jäätyminen alentaa loppulujuutta sekä betonin ja raudoituksen välistä tartuntaa. Jäätyminen voidaan estää lämmittämällä tai käyttämällä pakkasbetonia, joka toimii parhaimmillaan $+5 \text{ °C}$... -5 °C :n lämpötiloissa. Pakkasbetoni saavuttaa jäätymislujouden 5 MN/m^2 neljässä vuorokaudessa, jos ilman lämpötila on -10 °C :ta. Betonia lämmittämällä voidaan lujuudenkehitystä nopeuttaa. (Mattila 2002, 5-6, 19.)

Sellaisten elementtien saumojen, jotka toimivat rungon rakennusaikaisessa jäykistämisessä tai elementtien kiinnityksessä, lujuudenkehitys on varmistettava. Tällaisia kriittisiä saumoja ovat

- seinäelementtien ja ontelolaattojen vaakasaumat
- jäykistävät tai kuormia siirtävät elementtien väliset pystysaumamat
- seinäelementtien kiinnitykset laattoihin ja

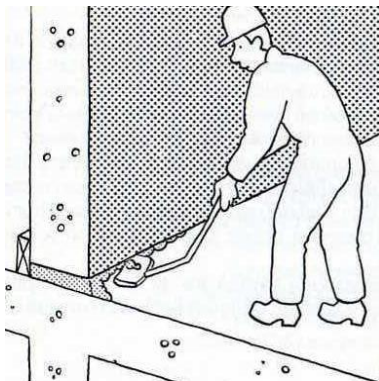
- kantavien parvekerakenteiden saumat. (Mattila 2002, 6.)

Seinäelementtien vaakasaumat

Seinän vaakasaumat voidaan tehdä kolmella eritavalla:

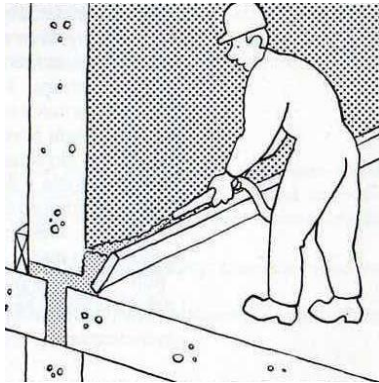
- kuivasullonnalla
- painevaluna
- tai saumamassan levityksenä ennen elementin asentamista (Kokki 1990, 85).

Kuivasullonnassa jäykkä betonimassa sullotaan lattian ja seinän väliseen liitokseen (ks. kuvio 2). Betonin notkeus tulisi olla 1 – 2 sVB ja suurin raekoko 4 – 8 mm. Elementin pintalämpötila on oltava yli 0 °C, kun saumaukseen käytetään tavallista betonia. Lämmitysmenetelminä voidaan käyttää tilalämmitystä tai vastuskaapelilämmitystä, mutta tilalämmitystä käytettäessä tulisi ulkoseinien olla paikoillaan ja aukot suljettuina. Tilalämmitystä käytettäessä lämpötila on pidettävä alle + 40 °C:n, jotta vältetään betonin lujuusluokan nostamiselta. Tilalämmitys olisi hyvä aloittaa ½ - 1 vuorokautta ennen saumausta, ja hieman ennen vaaditun lujuuden saavuttamista voidaan lämmitys lopettaa, sillä lämpimät rakenteet pitävät sauman lämpimänä usean tunnin ajan. (Kokki 1990, 85-86.) Saumauksessa voidaan käyttää myös pakkasbetonia, jolloin säästytään lämmitystoilta. Saumat on kuitenkin sulatettava esimerkiksi kaasuliekillä ennen saumaustöiden aloittamista.



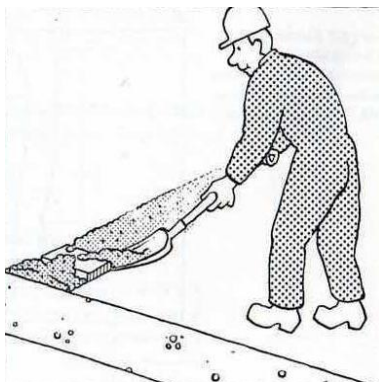
KUVIO 2. Kuivasullonta (Kokki 1990, 85).

Painevalussa betonimassa pumpataan lattian ja seinän väliseen liitokseen. Painevalussa käytettävän massan notkeus olisi hyvä olla 1 – 2 sVB ja suurin raekoko 4 – 8 mm. (Kokki 1990, 85-86.) Lämmitystavaksi soveltuu tilalämmitys ja vastuskaapelilämmitys, mutta pakkasbetonin käyttö on suositeltavaa.



KUVIO 3. Painevalu (Kokki 1990, 85).

Saumamassa voidaan myös levittää ennen betonielementin asennusta, jolloin elementti lasketaan tuoreen betonimassan päälle, asennuskiilojen varaan (ks. kuvio 4). (Kokki 1990, 85.) Tässä menetelmässä on hyvä käyttää pakkasbetonia.



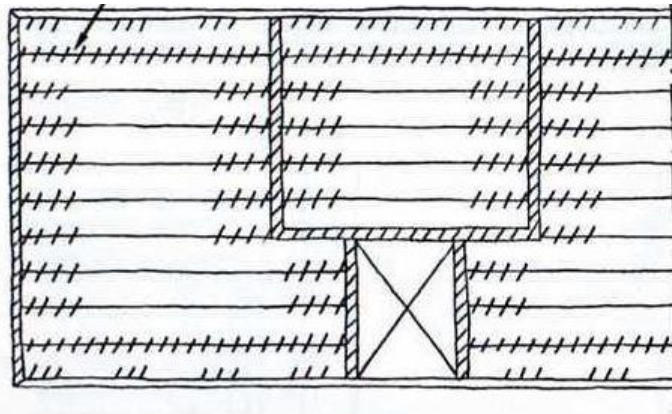
KUVIO 4. Saumamassan levitys ennen elementin asennusta (Kokki 1990, 85).

Seinäelementtien pystysaumot

Pystysaumojen voidaan antaa jäätyä saumauksen jälkeen tai ne voidaan saumata vasta ontelolaattojen asennuksen jälkeen, koska seinäelementtien asennustukien avulla kannatetaan kerroksen vaakakuormat. Pystysaumausta voidaan tehdä tavallisella betonilla, mutta silloin on huolehdittava lämmityksestä. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää pakkasbetonia. (Kokki 1990, 87.)

Ontelolaattojen saumaus

Ontelolaattoja saumattaessa voidaan käyttää pakkasbetonia, mutta tavallista betonia käytettäessä on huolehdittava lämmityksestä. Laataston asennusvaiheessa leikkausvoimia siirtävät ja raudoitusta ankkuroivat saumojen osat voidaan saumata pakkasbetonilla, koska niiden lujuudenkehitys on varmistettava. Myöhemmässä vaiheessa voidaan saumata loput saumoista tavallisella betonilla tai vaikka vasta lattiavalun yhteydessä. Kuviossa 5. on esitetty vinoviivoilla ontelolaataston kriittiset saumat, jotka voidaan saumata pakkasbetonilla. Loput saumoista voidaan saumata tavallisella betonilla myöhemmin, vaikka lattiavalun yhteydessä. (Kokki 1990, 85, 87.)



KUVIO 5. Ontelolaataston osittainen saumaus (Kokki 1990, 87).

5 TALVIBETONOINTI

5.1 Talvibetonoinnin haasteet

Talvibetonointitoimenpiteisiin on syytä ryhtyä kun vuorokauden keskilämpötila laskee +5 °C:een. Betonin lujuudenkehitys hidastuu sen lämpötilan laskiessa +10 °C:n alapuolelle ja pysähtyy käytännössä kokonaan 0 °C:n alapuolella. (Vuorinen 1999, 4, 9.)

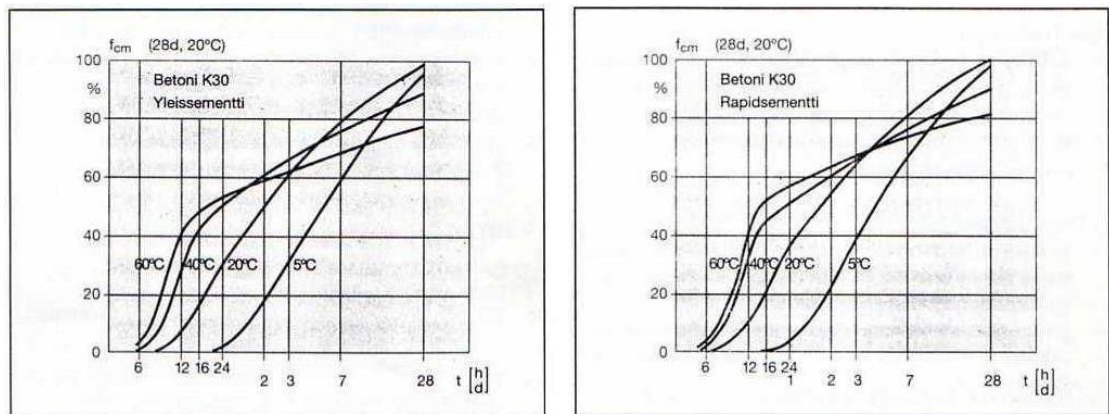
Alhaisissa lämpötiloissa sementin reaktiot veden kanssa tapahtuvat hitaasti. Betonin alhainen lämpötila merkitsee sitä, että jäätymislujuuden ja muotinpurkulujuuden saavuttaminen viivästyy merkittävästi. Betonia siirrettäessä betonitehtaalta työmaalle voi betonin lämpötilan lasku olla jopa 5 - 7 astetta. Betoni jäähtyy muotissa nopeasti, vaikka lämpötila olisi 0 °C, ja tuuli nopeuttaa huomattavasti jäähtymistä, joten näissä olosuhteissa on suojaustoimenpiteisiin ryhdyttävä jo betonoinnin aikana. (Vuorinen 1999, 4.) Betonin lämpötilan tulee olla +15... +20 °C betonoinnin jälkeen tavallista betonia käytettäessä. Kuumabetonia käytettäessä on massan lämpötilan oltava +45 °C. Jos perustuksen pienin mitta on 0,4 - 1 m, lämpötila voi olla +35 °C. (Kokki 1990, 32.)

Betonipintojen jäähtyessä sementin reaktiot hidastuvat, sitoutuminen viivästyy ja näin ollen lujuuden kehitys on hidasta. Seurauksena on betonipinnan viimeistelyn viivästyminen, eli betonipinta ei ole vielä sitoutunut niin, että hiertotyö voitaisiin suorittaa. Riskinä on myös, että betoni jäätyy ja näin ollen ei saavuta haluttua lujuutta. Muottien purkuajankohta viivästyy, koska betoni saavuttaa hitaammin vaaditun purkulujuuden. (Vuorinen 1999, 4.)

Betonin lujuudenkehitystä nopeuttavat seuraavat menetelmät:

- Käytetään nopeasti kovettuvaa betonia (ks. kuvio 6).
- Korotetaan lujuusluokkaa eli nostetaan betonin suhteutuslujuutta.

- Nostetaan betonin kovettumislämpötilaa eli lämmitetään kovettuvaa betonia.
- Nostetaan betonimassan lämpötilaa.
- Käytetään kiihdyttäviä tai vedentarvetta vähentäviä lisäaineita.
- Käytetään edellä mainittuja yhdistelmiä. (Vuorinen 1999, 9.)



KUVIO 6. Rapidsementin ja yleissementin lujuudenkehitys (Vuorinen 1999, 5).

Jos betoni jäätyy ennen sementin sitoutumista, muodostuu betoniin jäälinsejä. Tästä seuraa huono tartunta sementtikiven ja runkoainerakeiden sekä betonin ja raudoituksen välille. Seurauksena on myös betonin halkeilua ja huokoisuuden lisääntymistä. (Vuorinen 1999, 6.) Mitä löysempää talvivaluissa käytettävä betoni on, sitä suurempia ovat jäätymisvauriot ja kutistumishalkeamat rakenteiden jäähtyessä. Jäykkää ja karkeamassaista betonia käyttämällä voidaan säästää huomattavasti rahaa betonikuutiota kohden. (Kokki 1990, 33.)

Betonin jäätymislujuus on lujuusluokasta riippumatta 5 MPa. Betonirakenne, joka on saavuttanut jäätymislujuuden, on vaurioitumisen riski pieni vaikka betoni rakenne jäätyy, mutta betonin huokosiin ei samaan aikaan saa päästä vettä.

Näin ollen tuoreen betonin suojaaminen jäätymiseltä ja kovettumisen alun varmistaminen ovat betonirakenteen toimivuuden kannalta tärkeimmät seikat. (Vuorinen 1999, 4.)

Normaaliolosuhteissa ja lämpötilassa ollessa + 20 °C betonin tavoitelujuus saavutetaan 28 vuorokaudessa, mutta betonin koostumus ja työsuoritus pitää olla virheetön. Kovettuneen betonin lujuudenkehitys on riippuvainen lämpötilasta, joten matalassa lämpötilassa lujuuden kehitys hidastuu ja taas korkeammassa lämpötilassa nopeutuu. (Mannonen ym. 2004, 341.)

Talviolosuhteissa tarvitaan kalustoa ja tarvikkeita enemmän kuin lämpimissä olosuhteissa betonoitaessa. Kalusto- ja tarvikehankinnat betonoitaessa talviolosuhteissa ovat

- lämmityslaitteet ja lämmitykseen tarvittavat aineet
- suojaus- ja lämmöneristystarvikkeet betonille ja muoteille
- jään- ja lumensulatusvälineet
- mittarit lämpötilojen tarkkailuun.

5.2 Lämmitysmenetelmät

Valu tulee aina suojata betonitöiden jälkeen, jotta tuuli tai pakkas ei pääse jäädyttämään valettua betonin pintaa. Suojauksessa voidaan käyttää tavallisia suojapeitteitä, ja lisäsuojauksen voi hoitaa mineraalivillamatoilla tai solumuovieristeillä. (Kokki 1990, 33.) Aina pelkkä suojaustoimenpide ei riitä, jolloin betonia voidaan joutua lämmittämään.

Käytettyjä lämmitysmenetelmiä ovat säteilylämmitys, kuumailmalämmittimet, lankalämmittimet, höyrylämmittimet ja kuumabetonointi. Betonin lämmitystä suunniteltaessa on selvitettävä muottien purkulujuus, rakennusaikainen kuormituslujuus sekä rakenteen nimellislujuus (Kokki 1990, 33).

Säteilylämmitys

Säteilylämmittimen toiminta perustuu lämpösäteilyyn, jota lämmittimen säteilypinta lähettää (ks. kuvio 7). Lämpösäteily on sähkömagneettista aaltoliikettä, joka etenee

suoraviivaisesti ja kohdatessaan kiinteän kappaleen absorboituu osin nostaen kappaleen lämpötilaa. Säteilylämmitys on tehokas kohdelämmityksissä ja sillä päästään nopeaan lämmitykseen, mutta edellyttää kuitenkin huolellista lämpösuojausta. Työmaakäytössä lämmittimet ovat usein nestekaasu- ja polttoöljykäyttöisiä. Säteilylämmityksen haittana voi kuitenkin olla liian suuren tehon käytön vaara, joka voi johtaa betonin liian nopean lämmön nousun seurauksena syntyviin halkeiluihin tai palovaaraan puisten muottien yhteydessä. Suurimmillaan säteilylämmitin voi tuottaa tehoa 1000 W/m^2 , mutta tyypillinen mitoitusteho yleisimmin käytetyillä kaasusäteilijöillä on 30... 40 kW. (Vuorinen 1999, 12.) Yhdessä sääsuojan kanssa käytettäväksi säteilylämmitys soveltuu erinomaisesti maanvaraisten lattioiden ja anturoiden lämmitykseen. Lämmönsäteilijät asennetaan sääsuojan kattoon, jolloin ne lämmittävät työtilan ja pitävät maan sulana. (Kokki 1990, 34.)



KUVIO 7. Säteilylämmittimet ovat tehokkaita kohdelämmityksessä (Vuorinen 1999, 12).

Kuumailmalämmittimet

Ilmalämmitys menetelmä perustuu betonirakenteiden alapuolella tai ympärillä suljetussa tilassa olevan ilmamassan lämmittämiseen. (Mannonen ym. 2004, 380.)

Lämmitettävä tila tulee suojata hyvin vedolta ja tilan tulee olla täysin suljettu, koska lämmittimet vaativat usein 3 - 4 vrk lämmitysajan. Tyypillinen mitoitus-teho 50... 100 kW. Lämmittimillä lämmönjakautuminen on hyvin tasaista. Kuumailmalämmittimiä on saatavana, joko nestekaasu-, polttoöljy- tai sähkökäyttöisinä.

Kuumailmalämmittimiä olisi hyvä varata kaksi kappaletta samaan tilaan, jotta lämmitys ei katkeaisi laiterikon sattuessa (ks. kuvio 8). (Vuorinen 1999, 14-15.)

Kuumailmalämmittimet soveltuvat hyvin myös anturan lämmittämiseen. Anturat täytyy ensin suojata suojapeitteillä, jotka ovat 20 - 30 cm irti anturasta, mutta anturan pinta on muistettava suojata muovikalvolla veden haihtumisen estämiseksi. Kuumaa ilmaa puhalletaan suojapeitteiden alle, mutta vastakkaiseen päähän on jätettävä aukkoja, jotta ilma pääsee kiertämään. (Kokki 1990, 33.)

Lattiavaluissa tilan tulee olla tuuleton, vedoton ja lämmitetty niin, että valualustan lämpötila on yli +5 °C:ta. Lämpötila tulee nostaa esim. kuumailmalämmityksellä +15 °C:een 3... 4 vuorokauden ajaksi. (Vuorinen 1999, 10.)



KUVIO 8. Kaksi Kuumailmalämmitintä samassa tilassa (Vuorinen 1999, 14).

Lankalämmittimet

Betonia voidaan lämmittää lankalämmityksen avulla, jolloin verkkovirta johdetaan sähkölämmitysmuuntajaan, joka muuttaa verkkojännitteen 9... 42 V:n suojajännitteeksi. Runkokaapeleita pitkin suojajännitevirta johdetaan lämmitettävän rakenteen luo. Lämmityslankana käytetään 2 mm:n muovipäällysteistä teräslankaa, joka asennetaan 200... 250 mm:n välein rakenteeseen. Lämmitysteho on usein 100... 300 W/m². (Vuorinen 1999, 16)

Kohteita, joihin lankalämmitys sopii hyvin, ovat anturat, pilarit, palkit, seinien alaosat, ulokkeet, elementtien saumat sekä erilaiset kylmät reuna-alueet lattiavalujen yhteydessä. Lämmityslanka on kuitenkin kertakäyttöinen, koska se jää usein valun sisään (ks. kuvio 9). Lankalämmityksen haittana on vaara lämmityslankojen rikkoutumiselle valun yhteydessä. Vaati myös tarkan valvonnan ja huolellisen esitestauksen. Lankalämmitys soveltuu hyvin käytettäväksi yhdessä kuumabetonin kanssa, kuten valujen reuna-alueilla. (Mannonen ym. 2004, 382-383.)



KUVIO 9. Pilariin asennettu lankalämmitin (Vuorinen 1999, 16).

Hörylämmitys

Lumen ja jään sulatuksessa käytetään usein hörykattiloita tai -kehittämiä.

Käyttökohteita ovat erilaiset muotit, elementtien saumat ja valujen lähtöpinnat.

Huonona puolena ovat kuitenkin energiatehokkuus ja kosteuden tuotto rakenteisiin.

(Mannonen ym. 2004, 388.)

Kuumabetoni

Betonia jonka lämpötila on vähintään +30 °C, mutta ei kuitenkaan ylitä +50 °C

kutsutaan kuumabetoniksi. Näin ollen valmistuksessa on käytetty kuumaa vettä sekä

lämmitettyä runkoainesta. Kuumabetoni korvaa pääosin työmaan betonin

lämmitystoimenpiteet ja lämpö on tasaista koko rakenteessa. Kuumabetonin haittana

on kuitenkin lyhyt työstettävyytsaika. Kuumabetonia käytettäessä on kiinnitettävä

huomiota nopeaan suojaukseen, reuna-alueiden lisälämmitykseen ja muottien

eristettävyystarpeeseen. Kuumabetoni ei sovellu massiivisten rakenteiden valuun.

Lisälämmitystä tulisi käyttää lujuudenkehityksen varmistamiseksi, kuten esim.

lankalämmitystä betonimuottien pinnoilla. (Vuorinen 1999, 17-18.)

Kuumabetonia on saatavana kolmessa eri lämpöluokassa ja lämpötilan valintaan

vaikuttavat sääolosuhteet, muottikalusto ja lämmitystoimenpiteet työmaalla. Kolme

eri lämpöluokkaa on

- 1 luokka 30 °C
- 2 luokka 40 °C
- 3 luokka 50 °C. (Mannonen 2004, 372.)

Kuumabetonissa korkeanlämpötilan seurauksena syntyy lujuuskatoa, mikä tulee

ottaa huomioon rakenteita suunniteltaessa, kuten laattarakenteissa suositellaan

yhden lujuusluokan korotusta. (Mannonen ym. 2004, 374,376.)

5.3 Pakkasbetoni ja pakkasenkestäväbetoni

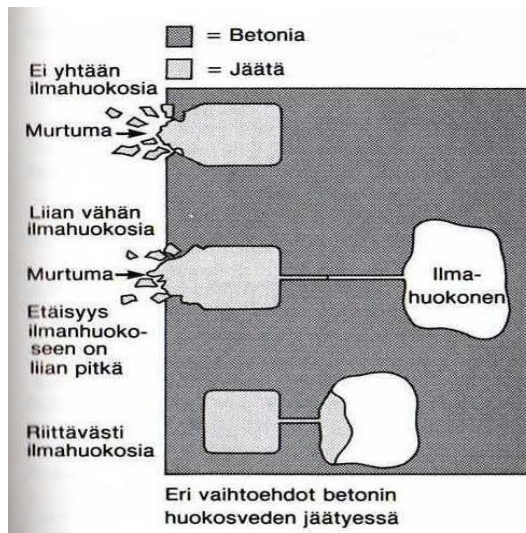
Pakkasbetoni

Pakkasbetoni kovettuu 0... -15 °C:n lämpötilassa ilman että tarvitsee minkäänlaista lisälämmitystä, koska betonin valmistuksessa on lisätty lisäaineita, jotka alentavat veden jäämispistettä. Pakkasbetoni soveltuu betonielementtien saumauksiin ja pieniin valuihin, joiden lämmitys on erittäin vaikeaa ja kallista. Lumi ja jää on kuitenkin puhdistettava ennen valua, ja valun jälkeen suoritettava suojaus ja jälkihoito, kuten normaalibetonillakin. Työstettävyyksensä on joillakin pakkasbetoneilla pienempi verrattaessa normaalibetoneihin. Lämpötilan ollessa -15 astetta valun jälkeen saattaa syntyä lujuuskatoa. Jäätymislajuuden 5 MPa saavuttamiseen kuluu -15 °C:een lämpötilassa 2... 7 vrk, mikä riippuu lujuusluokasta ja pakkasbetonityypistä. Muovikalvo ja eristysmatto ovat hyviä suojausmenetelmiä, jotta betoni ei kuivaisi liian nopeasti. (Mannonen ym. 2004, 390.) Pakkasbetoni soveltuu pieniin valuihin, koska se on huomattavasti normaalia betonia kalliimpaa (ks. liite 3).

Pakkasenkestävä betoni

Käsitteet "pakkasenkestävä betoni" ja "pakkasbetoni" usein sekoitetaan keskenään, mutta pakkasbetonikin voi olla pakkasen kestävä betonia. (Koski 1992, 102.) Pakkaskestävyydellä tarkoitetaan kovettuneen betonin kykyä kestää toistuvien jäätymisten ja sulamisten aiheuttamat rasitukset. (Uusitalo, Ihanamäki, Rajala & Vallin 1990, 37).

Betonin pakkasenkestävyyttä parannetaan muodostamalla lisäaineiden avulla suojahuokosia betonimassaan sen valmistuksen yhteydessä. Näin ollen pakkasvaurioita ei pääse syntymään, koska jäätyessään vesi laajenee huokosiin (ks. kuvio 10). Pakkaskestävää betonia käytetään rakenteissa, jotka ovat ulkotiloissa, kuten julkisivut, sillat ja vesirakenteet. (Uusitalo ym. 1990, 37.)



KUVIO 10. Pakkasen kestävä betonin toimintaperiaate (Uusitalo ym. 1990, 37).

5.4 Betonin valinta

Betonimassan ominaisuuksilla ja niiden oikealla valinnalla päästään haluttuun lopputulokseen betonityön ja kovettuneen betonin ominaisuuksien kannalta. Betonin tulee olla työtapaan ja rakenteeseen sopivaa. (Punakallio 1986, 7.) Betonin valinnassa on syytä ottaa huomioon myös betonointiin liittyvät kustannukset ja näin on oleellista tarkastella kokonaiskustannuksia (Vuorinen 1999, 9).

Rakenteita suunniteltaessa valitaan kullekin rakenteelle sopiva betoni, mutta sitä yleensä tarkennetaan ennen valua varsinkin talviolosuhteissa. Ulkolämpötila on yksi lujuuden kehityksen kannalta tärkeimmistä tekijöistä, joka pitää ottaa huomioon betonin valinnan yhteydessä (ks. kuvio 11). Ennen lopullisen betonin valintaa on syytä selvittää seuraavat asiat:

- muottikierron vaadittu nopeus
- muottijärjestelmä ja etenkin siihen liittyvä jälkituenta
- lämmitysmenetelmä ja betonin lämpösuojaus
- sääolosuhteet valuaikana ja sitä seuraavina vuorokausina. (Vuorinen 1999, 9.)

Betonin valinta voidaan tehdä myös tietokone ohjelmalla, kuten BetoPlus, joka on Windows-pohjainen suunnitteluohjelma. BetoPlus ohjelmalla voidaan laskea betonirakenteiden lämmön – ja lujuudenkehitys erilaisissa betonointiolosuhteissa. (Vuorinen 1999, 9.)

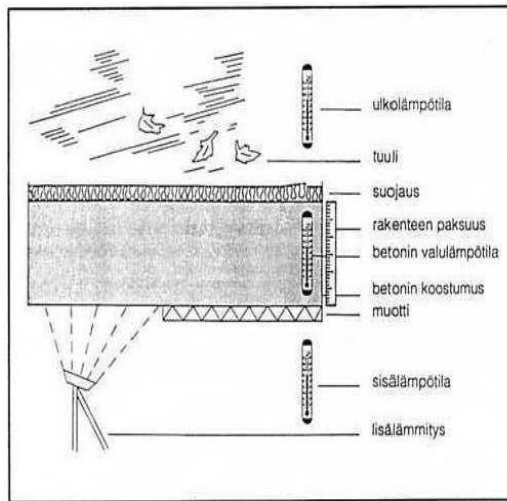
Betonimassan valinnassa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Käytetään maksimiraekooltaan suurta ja jäykkää massaa.
- Valitaan oikeanlainen siirto- ja tiivistystapa.
- Huomioidaan olosuhteet.
- Huomioidaan rakenteesta, raudoituksesta ja muoteista johtuvat erityisvaatimukset.
- Valitaan notkistettu massa, jos tarvitaan notkeaa massaa.
- Vältetään veteliä massoja. (Mannonen ym. 2004, 302; Punakallio 1986, 8.)

Suurimman raekoon määrittäminen on betonin valinnassa yksi keskeisimmistä asioista. Betoninormeissa edellytetään, että raudoituksen vapaa väli on vähintään 1,2 kertaa suurin raekoko. Lisäksi suurin raekoko saa olla korkeintaan 40 % rakenteen paksuudesta. Pyrittävä kuitenkin välttämään tarpeettoman pientä raekokoa, jonka seurauksena sementtiliiman määrä kasvaa, mikä johtaa

- massan kutistumaan ja halkeilutaipumuksen lisääntymiseen
- muodonmuutoksiin
- viruman kasvuun
- sementtipitoisuuden kasvuun ja hinnan nousuun. (Mannonen ym. 2004, 302; Punakallio 1986, 8.)

Talviolosuhteissa joudutaan usein käyttämään nopeasti kovettuvaa-, kuuma- tai pakkasbetonia, jotta saavutetaan jäätymislujuus, 5 MPa, ennen rakenteen jäätymistä. (Mannonen 2004, 303.)



KUVIO 11. Betonirakenteen lujuuden kehitykseen vaikuttavat tekijät (Vuorinen 1999, 9).

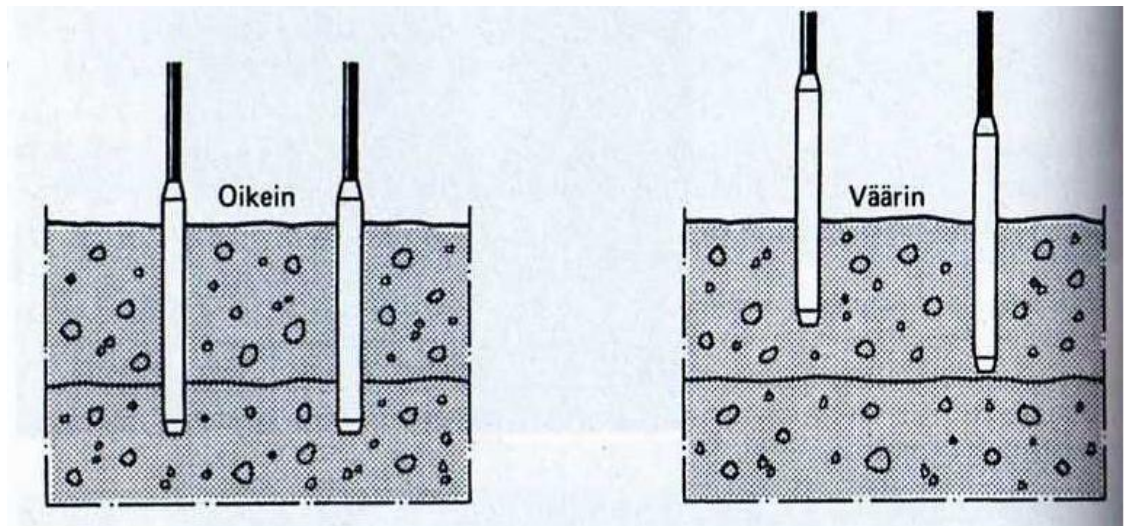
5.5 Tiivistys ja jälkihoito

Betonin tiivistys

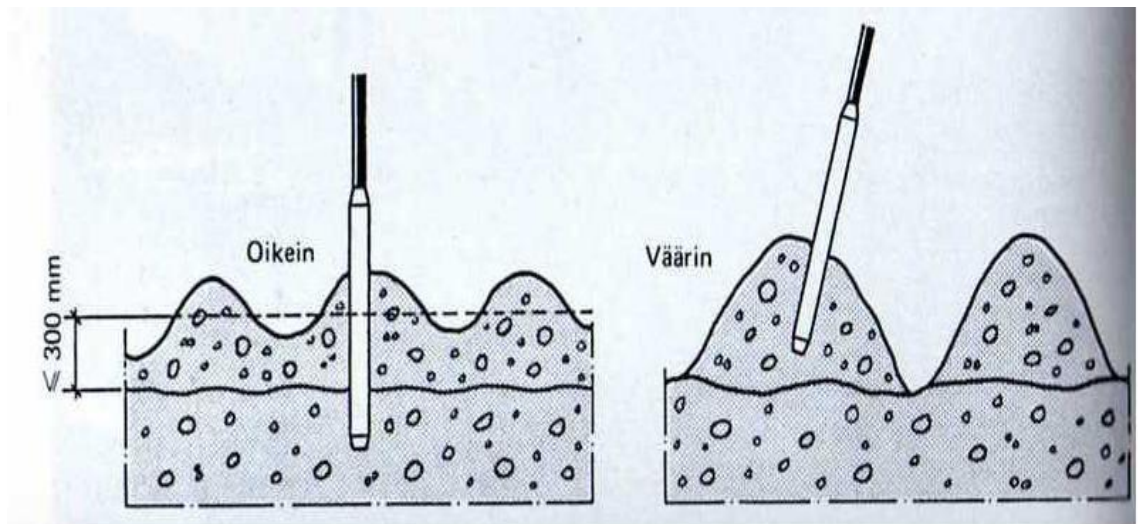
Betonin tiivistämisellä saadaan betoni täyttämään muotit ja ympäröimään raudoitus täydellisesti. Tiivistämisellä poistetaan ylimääräinen ilma betonimassasta sekä saadaan betonin kiviaineksen osat hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. (Mannonen ym. 2004, 322.)

Sauvatärytin on yksi tiivistystyökalu, joka koostuu kahdesta osasta käyttömoottorista ja tärysauvasta. Tärysauvan läpimitat vaihtelevat 25... 100 mm ja pituudet 300... 1000 mm. Käyttömoottori voi olla, joko sähkö-, paineilma- tai, polttomoottorikäyttöisiä. (Mannonen ym. 2004, 323.) Sauvatärytin on omakotityömaalla paljon käytetty tiivistystyökalu, joka soveltuu erinomaisesti valuharkkorakenteisten omakotitalojen seinävalujen, ontelolaattojen saumavalujen sekä erilaisien pilareiden ja palkkivalujen tiivistykseen. Nykyään sauvatäryttimiä valmistetaan myös akkukäyttöisinä.

Betonointia ei saa suorittaa liian paksuina kerroksina, jotta tiivistys tulee tehtyä huolella. Maksimi kerrospaksuus tulisi olla korkeintaan 500 mm tai 300 mm. Massan pudotuskorkeus ei saisi ylittää 1000 mm. (Uusitalo ym. 1990, 71.) Tärysauvan pistojen etäisyys vaihtelee 200... 600 mm:n riippuen sauvan tehosta ja pistoväljen tulee olla tasaisia ja järjestelmällisiä. Pisto tulee ulottua 100... 200 mm alempaan valukerrokseen ja piston keston pituus tulee olla 5... 20 s riippuen rakenteen muodosta ja raudoituksesta (ks. kuvio 12). Sauva lasketaan valuun omalla painollaan ja vedetään hitaasti pois, eikä sitä jätetä pitkäksi aikaa valuun, mikä voi vaurioittaa muottia. Sauvatäryttimen pitää olla koko ajan pystyasennossa (ks. kuvio 13). (Mannonen ym. 2004, 325.)



KUVIO 12. Tärytys ulotetaan noin 150 mm edelliseen valukerrokseen (Mannonen ym. 2004, 322).



KUVIO 13. Täryttimen pitää olla pystyasennossa (Mannonen ym. 2004, 322).

Betonin jälkihoito

Betonin jälkihoidolla saadaan aikaan olosuhteet, joissa valettu rakenne kovettuu moitteettomasti saavuttaen suunnitellun loppulujuuden ja muut betonin tavoitteeksi asetetut ominaisuudet. (Mannonen ym. 2004, 331.)

Jälkihoitoon kuuluu suojaaminen, veden haihtumisen estäminen, rakenteen kastelu ja oikeasta kovettumislämpötilasta huolehtiminen. Talviolosuhteissa pyritään välttämään kastelua ja kiinnitetään enemmän huomiota suojaukseen ja rakenteen lämpimänä pitämiseen. Peittämätön laatan lämpötila putoaa 5... 10 °C/h talviolosuhteissa, joten suojaus on aloitettava välittömästi betonoinnin jälkeen. (Mannonen ym. 2004, 332, 369.)

Suojausmateriaalin tulee olla kauttaaltaan tiivis ja hyvin lämpöä eristävää. Hyviä suojausmateriaaleja ovat lämpösuojamatot, suojapeitteet ja lämpöeristetyt muotit. (Mannonen ym. 2004, 370.)

6 TALVIMUURAUUS

Talviolosuhteissa tehtäviä muuraustöitä kutsutaan talvimuuraukseksi. Lämpötilan laskiessa -15 °C:n alapuolelle ei muuraustöitä saa enää tehdä (Kavaja 1990, 84).

Talvimuurauksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota seuraaviin asioihin:

- työn suoritukseen vaativissa olosuhteissa
- ilman ja rakenteen lämpötilan tarkkailuun
- rakennustarvikkeiden säilytykseen ja varastointiin
- muuratun rakenteen suojaukseen
- työn järjestelyyn. (RakMK B5 2007, 11)

Muuraukappaleet eivät saa olla märkiä, jäisiä tai lumisia ja tarvittaessa niitä voidaan lämmittää. Talviolosuhteissa käytetään niihin tarkoitettuja muurauslaasteja, jolloin laastin sekoituksessa käytetään lämmitettyä vettä. Veden lämpötila ei saa ylittää +60 astetta ja laastin lämpötila tulee olla alle +40 astetta. Muurauslaastissa ei saa olla jääpaloja tai jäisiä osa-aineita. (RakMK B5 2007, 11.)

Käytettäessä lämmitettäviä laasteja tulee rakenne suojata nopeasti ja tarvittaessa lämmittää niin että lämpötila pysyy 0 °C:n yläpuolella. Jos laastissa oleva vesi pääsee jäätymään se vaurioittaa laastia ja laastin ja muuraukappaleen välistä tartuntaa. (RakMK B5 2007, 11.)

Muurauslaasti saa jäätyä vasta kun muuraukappaleen imu on pienentänyt laastin vesipitoisuuden riittävän alhaiseksi, tällöin vesipitoisuus on vain 6 % laastin kuivapainosta. Laastin on myös saavutettava riittävä lujuus ennen jäätymistä, joka on noin 40 % laskentalujuudesta. Nämä edellä mainitut asiat voidaan katsoa toteutuneeksi, kun rakenne on kovettunut 0 °C:een lämpötilassa vähintään 3 vuorokautta tai ne voidaan suorittaa myös kokeellisesti mittaamalla. Jos rakenne jäätyy 3 vuorokauden kuluttua, on sen lujuus sulaessa 60 % nimellislujuudesta. (RakMK B5 2007, 11.)

Muurauslaastina on kuitenkin suositeltavaa käyttää pakkaslaastia, jolloin vettä ei tarvitse lämmittää. Pakkaslaasteilla voidaan muurata ilman lämpötilan ollessa -15...+5 °C:een välillä. Laasti tulee sekoittaa veteen, jonka lämpötila on +10...+30 °C. (Talvimuurausohje 2007, 3.)

Lumisateella muuraamista tulee välttää, koska lumi haittaa laastin ja muurattavan kappaleen välistä tartuntaa. Myös vesisade aiheuttaa laastin notkistumista, jolloin hyvään lopputulokseen on mahdotonta päästä ilman rakenteen suojaamista.

Talvella muurattaessa on myös syytä huolehtia seuraavista asioista:

- harkot eivät saa olla lumisia, märkiä tai jäisiä
- laastissa ei saa olla jäätä tai jäisiä osia
- rakenteisiin tulevat raudat eivät saa olla lumisia tai jäisiä
- raudoitteet tulee upottaa kauttaaltaan laastiin, näin raudoitteille tulee vaadittava korroosiosuojaus
- käytetään talvimuuraukseen tarkoitettua laastia
- varataan suojaus- ja lämmityskalustoa riittävästi
- varaudutaan lumenpoistoon tai sulatukseen
- suojataan kaikki jäätymiselle altis materiaali ja kalusto
- käytetään nopeaan jään ja lumen sulattamiseen höyryä tai kaasua.

7 SÄÄSUOJAT

Työpaikan suojaus voidaan toteuttaa, joko suojapeitteillä tai koko rakennuksen kattavalla sääsuojalla (ks. kuvio 14). (Kokki 1990, 24.)

Suojapeitteet

Suojapeitteillä voidaan suojata lyhytaikaiset työkohteet, jolloin työt saadaan nopeasti käyntiin lumisateen jälkeen. Sää tiedotusta seuraamalla voidaan vähentää leivityskustannuksia. (Kokki 1990, 24-25.)

Sääsuojat

Sääsuojien käyttö on taas suotavaa pidempiaikaisissa työkohteissa, kuten sirkkeliapaikka, raudoitusten tekopaikka tai vaikeissa laudoitus – ja raudoituskohteissa. Lämmitettävänä sääsuojat pienentävät pakkaspäivien aiheuttamia kustannuksia huomattavasti. (Kokki 1990, 24 - 25.)



KUVIO 14. Koko rakennuksen kattava sääsuoja (Mannonen 2007, 56).

Väljällä tasamaatontilla pientalon sääsuojan hyödyt ovat selkeät, varsinkin jos on kylmä ja runsas luminen talvi. Sääsuojaus on kehittynyt hitaanlaisesti, koska pienet urakoitsijat siirtyvät talvella sisätöihin ja remontteihin. RATU-kortiston mukaan talvitöiden kustannuslisä runkotöissä on noin 40 prosenttia. (Tompuri 2007, Rakennuslehti)

Luja-kivitalot kokeilivat vuonna 2007 käytännössä sääsuojan toimivuutta ja kannattavuutta. Kohteena olivat kaksi identtistä 200 neliön kivitaloa, joista toinen rakennettiin sääsuojan alla. Sääsuojan alla työt veivät aikaa 10 - 15 viikkoa ja ilman sääsuojaa 30 - viikkoa. (Tompuri 2007, Rakennuslehti)

Sääsuojan pystytys ja lämmitys nostavat hankkeen kustannuksia, mutta pakkasella kokonaisenergiankulutus jää kuitenkin alhaisemmaksi, koska työt etenevät nopeammin ja betonivaluja jouduttaisiin joka tapauksessa lämmittämään ja suojaamaan. Myös vesisade on yhtä paha kuin pieni pakkanenkin. Tässä tapauksessa sääsuojan asennus ja vuokraus maksoivat 8000 euroa, mutta nopeutuneet työt toivat jopa säästöjä. (Tompuri 2007, Rakennuslehti)

Suoja pystytetään pientalotyömaalla perustamalla se liukukiskoille, jotta osia pystytään siirtämään käsivoimin. Suojan seinäkorkeus on kuudesta kahdeksaan metriä, jonka runko on alumiininen ja suoja PVC-kangasta (ks. kuvio 15). Suojakatos on mahdollista avata nostettaessa suuria rakennusosia tai kuormalavoja rakennuspaikalle. Tavallisin sääsuojan alla käytettävä lämmitin pientalokohteissa on öljypoltin. Lainapeite OY on yksi firmoista (ks. liite 2.), joka tarjoaa peitteitä paikalle kuljetettuna ja kasattuna. (Mannonen 2007, 56.)

Tällainen telttaratkaisu vaatii tilaa 5-7 metriä rakennuksen päädyissä talon ulkopuolella. Rinnetontille tämä kiskotetulla järjestelmällä asennettu sääsuoja ei ole kovinkaan järkevää. Sääsuojat hyviä puolia on myös, työturvallisuus, työskentelymukavuus, rakenteiden kuivana pysyminen ja työvoimaa voi hyödyntää ympärivuoden. (Tompuri 2007, Rakennuslehti)

Paiallavalurakenteisissa kohteissa sääsuojasta on eniten hyötyä ja sen hyviä puolia ovat

- suojaus lumisateelta, vesisateelta, tuulelta ja auringonpaahteelta
- välttyminen rakennusaikaisilta kosteusvaurioilta
- aikataulussa pysymisen varmistaminen
- työturvallisuutta parantaminen
- hyvien työskentelyolosuhteiden takaaminen
- lämmitettynä pakkaselta välttyminen (Mannonen 2007, 56).



KUVIO 15. Liukukiskoilla perustettu sääsuoja (Mannonen 2007, 56).

8 ALUESUUNNITELMA

Aluesuunnitelman tarpeellisuus korostuu huomattavasti talvella ja huomioitavia asioita on enemmän kuin kesäolosuhteissa. Talvella joudutaan usein varamaan tilaa lumen kasaamiselle, höyrykattiloille ja polttoaineille sekä ajoteitä joudutaan usein leventämään. Tarvikkeiden varastointipaikat tulisi suunnitella siten, että ne löytyisivät helposti rankan lumisateen jälkeenkin. Talvella olisi pyrittävä mahdollisimman lyhyisiin varastointiaikoihin, etteivät materiaalit pilaantuisi vaihtuvien sääolojen takia. Varsinkin elementtejä ei kannattaisi ottaa lainkaan varastoon, mutta jos se ei ole mahdollista on kiinnitettävä erityistä huolellisuutta niiden varastointiin. (Kokki 1990, 15.)

Aluesuunnitelma, joka on koko rakennushankkeen ajan etenevä ja muuttuva suunnitelma työmaa-alueen käytöstä, välittää tiedon työmaan sisäisistä ja ulkoisista logistiikkajärjestelyistä kaikille hankkeessa toimiville osapuolille. (Heiska 2007, 12.)

9 TYÖTURVALLISUUS TALVELLA

Työturvallisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, kun työskennellään talviolosuhteissa. Talviolosuhteissa erityishuomion kohteita ovat, työpaikan valaistus, säähäiriöt, telineet ja suojakaiteet, työpaikan sisäinen liikenne ja tavaroiden nostot, järjestys ja siisteys, sään aiheuttamat liukkaudet ja lumien alle hautautuneet esteet.

Elementtien asennustyöt vaativat talviolosuhteissa erityistä varovaisuutta ja silloin pitää kiinnittää huomiota

- oikeanlaiseen pukeutumiseen kylmää vastaan
- lumen ja jään aiheuttamaan liukkauteen
- liian kovaan pakkaseen, lumisateeseen tai tuuleen
- riittävään valaistukseen
- poikkeuksellisiin olosuhteisiin
- nostotöiden vaaroihin (Heiska 2007, 15).

Suurimmat vaaratekijät elementtitoissa ovat

- työskentely korkealla
- nostot, koneet ja laitteet
- tikkaat, telineet ja työtasot
- kuilut ja aukot
- työvälineet
- tularityöt ja kaasupullot (Heiska 2007, 16-17).

Suuria aloja suojattaessa, kuten välipohjalaatasto, tulisi välttää liukkaiden suojaustarvikkeiden käyttöä, sekä estää putoamisvaara laatastoissa olevien aukkojen kohdalla (Vuorinen 2007, 114).

10 YHTEENVETO

Talvirakentamisessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota oikeisiin työtapoihin ja menetelmiin, jotka poikkeavat huomattavasti lämpimissä olosuhteissa tapatuista työtavoista. Säähäiriöt sekä lumi että pakkasen vaikeuttavat monia työvaiheita ja vaativatkin usein erikoistoimenpiteitä. Kovan pakkasen tai rankan lumisateen vuoksi joudutaan usein keskeyttämään työnteko, jolloin olisi hyvä suunnitella säähäiriöiden varalle korvaavia töitä, jotka eivät ole riippuvaisia olosuhteista. Talvi onkin syytä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa ja varauduttava talven tuomiin lisäkustannuksiin sekä pidempikestoisiin työvaiheisiin. Huolellisella suunnittelulla vältetään kalliilta virheiltiltä ja säästetään huomattavasti rahaa ja aikaa. Maanrakennustyöt, betonointi ja muuraustyöt ovatkin haastavimpia työvaiheita talviolosuhteissa, ja tällöin on varauduttava erilaisiin lämmitys- ja suojaustoimenpiteisiin.

Maanrakennustöissä on varauduttava roudan rikkomiseen, maansulattamiseen, maan sulana pitämiseen ja oikeanlaisiin materiaaleihin. Tärkeää olisi myös suunnitella tarkasti yhden päivän aikana tapahtuvat työt, jotta välttyttäisiin turhilta suojaustoimenpiteiltä. Pientalotyömaalla tulisikin pyrkiä suorittamaan yhden päivän aikana alkukaivu ja suojata maapohja yön ajaksi routamatoilla, jolloin maan oma lämpö pitää maansulana. Toisen päivän aikana tehtäisiin loppukaivu anturalinjojen osalta ja välittömästi levitetäisiin anturan alle tuleva mursketäyttö.

Täyttömateriaalien pitää olla kuivia karkeita maalajeja, joissa ei saa olla lainkaan hienoainesta joukossa. Tiivistystyö tulee suorittaa nopeasti, ennen kuin täyttömateriaali ennättää jäätyä, koska lämpölavoilla kuljetettu maa-aines on itsessään lämmintä. Tiivistetty ja oikeaan korkoon viimeistelty rakennuspohja suojataan yön ajaksi odottamaan seuraavan päivän antura-asennusta. Maapohjaa ei saa päästää jäätymään, ja tarvittaessa sitä voidaan joutua lämmittämään. Tämän

takia on tärkeää tehdä välittömästi lopullinen routasuojaus, mutta jos se ei ole mahdollista, on asennettava työnaikainen routasuojaus.

Rakenteita betonoitaessa olosuhteet on otettava huomioon valittaessa oikeaa betonilaatua ja lämmitysmenetelmää. Talvivaluja ei saa tehdä, jos lämpötila on alle -15 °C:ta. Talvivaluissa lujuudenkehitystä on seurattava aina, ja betonin on aina saavutettava vähintäänkin jäätymislujuus 5 MPa ennen jäätymistään. Pakkasbetonia voidaan käyttää ilman lämpötilan ollessa +5... -15 °C, ilman erillisiä lämmitysmenetelmiä. Pakkasbetoni on kuitenkin melkein kolme kertaa normaalia betonia kalliimpaa, joten sen käyttökohteita ovat pienet valut, kuten elementtien saumavalut. Kuumabetoni soveltuu hyvin talvivaluihin, jolloin lämmityksen tarve ei ole niin suuri kuin tavallista betonia käytettäessä. Anturavaluissa kuumabetonin käyttö on erinomainen vaihtoehto, jos valu suojataan välittömästi eristetyillä suojapeitteillä, mutta perustuksia ei saa valaa jäätyneen maan varaan. Valuharkkoseiniä valaessa tulisi betonimassa lämmittää lämmityslangoilla, mutta parempi vaihtoehto olisi lämmitettävä koko rakennuksen kattava sääsuoja.

Valuharkkorunkoisessa talossa olisi suositeltavaa tehdä koko runkotyövaihe lämmitetyn sääsuojan alla. Valuharkoista tehtävää runkoa voidaan nostaa korkeintaan 1,5 m:n korkeuteen, minkä jälkeen harkkojen ontelot on valettava betonilla. Näin ollen kaksikerroksisissa taloissa valukertoja tulisi vähintään viisi, perustukset mukaan lukien. Jokaisella valukerralla tulisi huolehtia betonin lämmityksestä lämmityslankojen avulla, joten lämmityslankojen asennukseen kuluisi huomattavan paljon aikaa. Lisäkuluja syntyisi myös lämmityslangoista, joita ei voi enää betonista valun jälkeen poistaa. Sääsuojan alla tehty runko valmistuisi huomattavasti nopeammin, jolloin hyvässä tapauksessa sääsuojan käyttö voisi tuoda jopa säästöä.

Elementtitoissa tulisi huomiota kiinnittää elementtien vastaanottoon, varastointiin, asennukseen ja saumaukseen. Elementit tulisi pyrkiä asentamaan suoraan työmaalle saapuvasta kuormasta ja välttää turhia välivarastointeja. Ennen asennusta tulisi asennettavat pinnat puhdistaa lumesta ja jäästä, esimerkiksi kaasuliekillä sulattamalla. Saumavaluissa olisi järkevintä käyttää pakkasbetonia seinäelementtejä

saumattaessa. Ontelolaatat voidaan saumata tavallisella betonilla, jos alapuolista tilaa voidaan lämmittää, mutta lämmityslankoja olisi hyvä käyttää reuna-alueilla ja pysty- ja vaakarakenteiden liittymäkohdissa.

Talvimuurauksessa tulee huolehtia, että muurattavat kappaleet eivät ole lumisia tai jäisiä ja muurattavat pinnat ovat sulia. Talvimuurauksessa on huolehdittava, että rakenteeseen tulevat raudotteet pitää olla puhtaita lumesta ja jäästä.

Talvimuurauksessa on suositeltavaa käyttää pakkaslaastia, jolla voidaan muurata lämpötilan ollessa +5... - 10 °C, jolloin ei tarvita erillistä lämmitystä. Lumisateella tai rankalla vesisateella tulee muuraustyöt keskeyttää, jos muurattavaa työkohdetta ei pystytä suojaamaan.

Työturvallisuuden kannalta työmaalla tulee kiinnittää erityistä huomiota

- riittävään valaistukseen
- kulkuteiden siisteyteen ja esteettömyyteen
- telineiden ja kaiteiden kuntoon
- liukkauteen
- oikeanlaiseen pukeutumiseen
- nostotöiden aiheuttamiin vaaroihin
- olosuhteiden muutoksiin.

LÄHTEET

- Hartikainen, O. 2005. Maarakennustekniikka. 10. p., muut. p. Helsinki: Otatieto.
- Heiska, T & Koskenvesa, A. 2007. Betonielementtien turvallinen asennus. Helsinki: Suomen Betonitieto.
- Jääskeläinen, R. 2003. Pohjarakennuksen perusteet. Tampere: Tammertekniikka.
- Kavaja, R. 1991. Muuraustyöt. Helsinki: Rakentajain kustannus.
- Kivikoski, H. 2007. Talonrakennuksen routasuojausohjeet. 2. p., uud. p. Helsinki: Rakennustieto.
- Kokki, P. 1990. Talvirakentaminen. Helsinki: Rakentajain kustannus.
- Koski, H. 1992. Talonrakentamisen työmaatekniikka. 4. p. Tampere: Rakennusliitto.
- Mannonen, P. 2007. Sääsuoja hyödyllinen myös pientalorakentamisessa. *Betoni* 77, 4, 56 – 57.
- Mannonen, R., Suikka, A. & Mannonen, P. 2004. Betonitekniikan oppikirja by 201. 5. p., uud. p. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys.
- Mattila, P. 2002. Betonielementtien saumavalut. Helsinki: Suomen Betonitieto.
- Punakallio, E. 1986. Betonin valintaohje. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- RakMK B5. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa B5 kevytbetoniharkkorakenteet. Helsinki: Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.
- Rantamäki, M. & Tammirinne, M. 2006. Pohjarakennus. 13. p., muut. p. Helsinki: Otatieto.
- Talvimuurausohje. 2007. Työohje. Lakan Betoni
- Tompuri, V. 2007. Pientalon sääsuojaus nopeuttaa talvirakentamista. *Rakennuslehti* 41, 4, 18.
- Uusitalo, J., Ihanamäki, J., Rajala, R. & Vallin, O. 2007. Betonityöt by 205. 9. painos, Helsinki: Rakennustieto.
- Vuorinen, P. 1999. Talvibetonointi. Lahti: Suomen Betonitieto.

LIITTEET

Liite 1. Harkkotyypit

EH-240
240 mm x 590 mm x 190 mm



EH-300
300 mm x 590 mm x 190 mm



LTP-300 palkkiharkko
300 mm x 590 mm x 190 mm



EH-300 kulma
300 mm x 590 mm x 190 mm



Mitat: leveys x pituus x korkeus

EKO-350 grafit
350 mm x 590 mm x 190 mm



EKO-350 kulma grafit
350 mm x 590 mm x 190 mm



EKO-350 palkki grafit
350 mm x 590 mm x 190 mm



TEKNISET TIEDOT

	U-arvo (W/m ² K)	Kuivakevyys kuuti (kg/m ³)	Osat	Pakkaus- määrä kuuti (W/m ²)
EH-240	0,43	700	EPS 120	4
EH-300	0,24	700	EPS 120	4
EKO-350 grafit	0,16	700	EPS 150 grafit	6
EKO+ 400	0,16	1200	EPS 150	6
EMH-400 grafit	0,17	1200	EPS 150 grafit	6

HARKOT

MH-150

150 mm x 600 mm x 200 mm

**MH-200**

200 mm x 600 mm x 200 mm

**MH-250**

250 mm x 600 mm x 200 mm

**MH-300**

300 mm x 600 mm x 200 mm



Mitat: leveys x pituus x korkeus

RUH-200

200 mm x 500 mm x 100 mm

**RUH-240**

240 mm x 500 mm x 100 mm

**RUH-290**

290 mm x 500 mm x 100 mm

**RUH-340**

340 mm x 500 mm x 100 mm

**VSH-88**

88 mm x 508 mm x 108 mm

**ANTURAHARKOT****ANT-600 J (Kuvassa)**

600 mm x 500 mm x 200 mm

ANT-600 L

600 mm x 500 mm x 100 mm

Nimi kertoo valmistuspaikan

ANT-600 J valmistetaan Lakan Joensuun ja ANT-600 L Lopen tehtaalla.



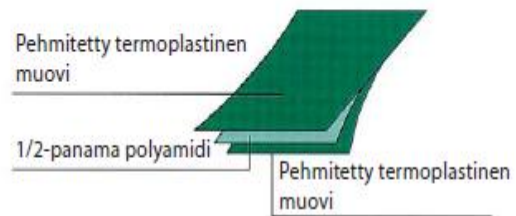
Liite 2. Suojapeitteet ja sääsuojat



Materiaalien suojaus

Siltatöiden suojaus

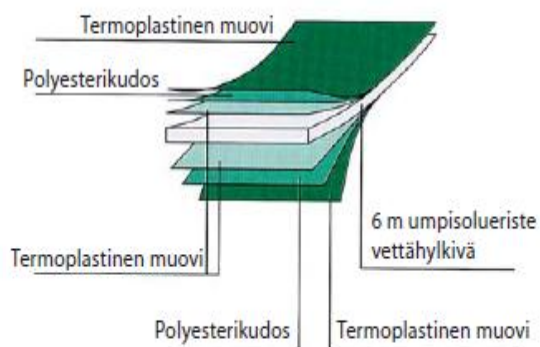
- Pehmitetty termoplastinen muovi n. 650 g/m²
- Pohjakangas 1/2-panama polyamidi 180 g/m²
- Päällystys pehmitetty termoplastinen muovi
- Repimislujuus 500N
- Lämmönkestävyys -35°C...+70°C



Valutöiden suojaus



Työmaa-aikainen väliseinä



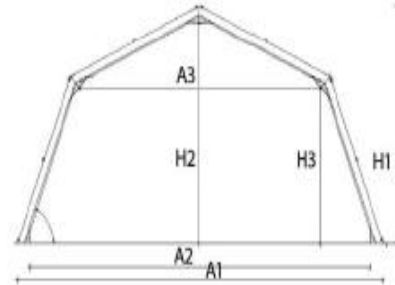
- Termoplastinen muovi
- Polyesterikudos
- Termoplastinen muovi
- 6 mm vettähytkivä umpisolueriste
- Lämmöneristekyky 0,037 kcal/m/h°C
- Lämmönkestävyys -35°C...+70°C

Lainapeite Oy

Sääsuojat 5-8,5 m



- Sinkitty teräsrunko, saatavana 5-8,5 m leveänä
- Pituus 6 m lohkoina. Lohkot voidaan pituussuunnassa jatkaa yhdistämällä toisiinsa
- Helppo ja nopea asentaa
- Palosuojattu PVC kate
- Soveltuu varasto- ja työmaakäyttöön
- Suojia voidaan siirtää nosturilla 6 m lohkoissa
- Mahdollisuus varustaa siirtopyörillä

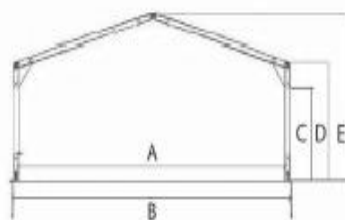


Mitat, mm	5 m	7 m	7,6 m	8,5 m
A1	5050	7000	7615	8500
A2	4595	6500	7125	8010
A3	4595	4595	4595	6106
H1	3795	3500	4250	3805
H2	3550	3250	4005	3558
H3	2600	2300	3050	2300
Paino/6m	400 kg	400 kg	440 kg	440 kg

Gibson sääsuojat



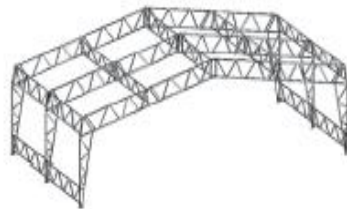
- Alumiinirunkoinen rakenne, saatavana 8-24 m leveänä, 5 m moduleina
- Seinäkorkeus 2-5 m
- Palosuojattu PVC kate
- Tarvitsee asennettaessa nosturin
- Soveltuu varasto-, työmaa- tai juhlaikäyttöön



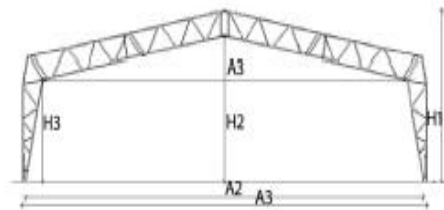
Mitat, mm	8m	10m	12m	16m	20m	24m
A	7782	9665	11760	15529	19296	23276
B	8164	10048	12144	15911	19678	23658
seinäkorkeus 2 m	C 1380	1380	1380	1380	1380	1380
	D 2325	2325	2325	2325	2325	2325
	E 3411	3665	3945	4449	4953	5486
seinäkorkeus 3 m	C 2355	2355	2355	2355	2355	2355
	D 3300	3300	3300	3300	3300	3300
	E 4386	4640	4920	5424	5928	6461
seinäkorkeus 4 m	C 3330	3330	3330	3330	3330	3330
	D 4275	4275	4275	4275	4275	4275
	E 5361	5615	5895	6399	6903	7436
seinäkorkeus 5 m	C 4305	4305	4305	4305	4305	4305
	D 5250	5250	5250	5250	5250	5250
	E 6336	6590	6870	7374	7878	8411

Lainapeite Oy

Sääsuojat 12-18 m

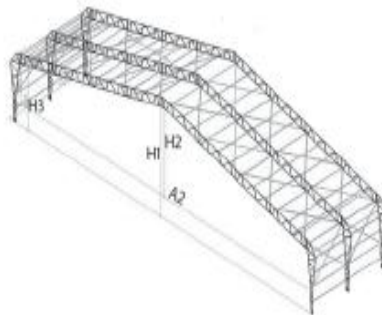


- Sinkitty teräsrunko, saatavana 12-18 m leveänä, 6 m moduleina
- Jalkakorkeus säädettävissä 0-4450 cm
- Palosuojattu PVC kate
- Tarvitsee asennettaessa nosturin
- Soveltuu varasto- ja työmaakäyttöön



Mitat, mm	12 m	15 m	17,5 m	18 m
A1	11980	15300	17439	17830
A2	11760	15080	17419	17630
A3	10700	13820	17239	16510
H1	4490	4530	5503	5210
H2	3850	3600	4650	4580
H3	2450	2450	2479	2450
Paino/6m	800 kg	1000 kg	1200 kg	1200 kg

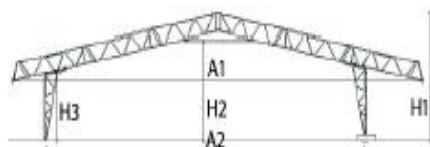
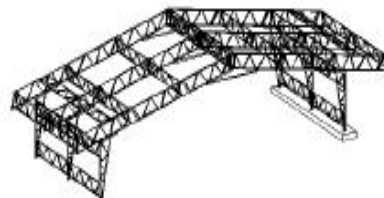
Sääsuojat 19, 22 ja 25 m



- Kuumasinkitty teräsrunko, saatavana 22 ja 25 m leveänä, 6 m moduleina
- Palosuojattu PVC kate
- Tarvitsee asennettaessa nosturin
- Soveltuu varasto- ja työmaakäyttöön tai pientalon kokonaissuojaksi

Mitat, mm	19 m	22 m	25 m
A 2	19300	22300	25500
H1	5500	6100	6500
H2	5060	5060	5860
H3	2600	2600	2600
Paino/6m	2400 kg	2700 kg	3000 kg

Sääsuojat 12, 15 ja 18 m, liukujalka



- Sinkitty teräsristikorunko
- Palosuojattu PVC kate
- Tarvitsee asennettaessa trukin, nosturin tai hiab -nostimen
- Soveltuu erittäin hyvin kattotyömaakäyttöön
- Säädettävä jänneväli

Mitat, mm	12 m	15 m	18 m
A1	12165	15160	15000
A2	6850-11900	9850-14900	12820-17805
H1	3550-4000	3850-4300	4110-4565
H2	2950-3400	2950-3400	3185-3625
H3	2360	2360	2360

Liite 3. Valmisbetoninhinnasto (Laukaan Betoni Oy)

3

1.8.2008

NORMAALIT VALMISBETONIT (ei lisäaineita)
Hinnat vapaasti autossa tehtaalla EUR/m³

Lujuus- luokka MN/m ³	Max raekoko # mm	Notkeusluokka S					
		S3 10...15 cm vetelä €/m ³		S2 5...9 cm notkea €/m ³		S1 1...4 cm plastinen €/m ³	
		ALV 0 %	ALV 22 %	ALV 0 %	ALV 22 %	ALV 0 %	ALV 22 %
Täyttää rasitusluokan vaatimukset; X0, XC1							
K 25	0 - 8	108,92	132,88	105,33	128,50	102,61	125,18
C20/25	0 - 16	100,55	122,67	96,39	117,60	93,51	114,09
	0 - 32	97,36	118,77	93,87	114,52	91,33	111,42
Täyttää rasitusluokan vaatimukset; X0, XC1, XC2, XC3							
K 30	0 - 8	115,61	141,04	111,76	136,35	109,35	136,35
C25/30	0 - 16	107,09	130,65	103,35	126,09	100,75	126,09
	0 - 32	104,83	127,90	101,27	123,55	98,18	123,55
Täyttää rasitusluokan vaatimukset; X0, XC1, XC2, XC3, XC4							
K 35	0 - 8	131,83	160,83	123,76	150,99	121,22	147,89
C28/35	0 - 16	120,69	147,24	116,79	142,49	112,31	137,02
	0 - 32	117,36	143,18	113,27	138,19	109,67	133,80
K 40	0 - 8	137,53	167,79	132,28	161,38	129,03	157,42
C32/40	0 - 16	130,14	158,77	124,16	151,48	120,84	147,43
	0 - 32	124,88	152,35	120,03	146,43	115,11	140,44
K 45	0 - 8	142,32	173,63	138,74	169,26	135,54	165,36
C35/45	0 - 16	141,29	172,37	137,66	167,94	134,41	163,98
> K45 ERILLISEN TARJOUKSEN MUKAAN							

Nopeammin ja hitaammin kovettuvat betonit (rapid- ja SR-sementti),
lisähinta edellisiin hintoihin 20 %. Lujuuden arvosteluiät
7 vrk ja 91 vrk.

1.8.2008

JUOTOSBETONI

Kiviaines 0 - 8 mm, sisältää perusnesteytyksen.
Hinnat vapaasti autossa tehtaalla EUR/m³

lujuus MN/m ³	alv 0 %	alv 22 %
		Täyttää rasitusluokat XO, XC1, XC2, XC3
K30	133,84	163,28
	Täyttää rasitusluokat XO, XC1, XC2, XC3, XC4	
K35	141,99	173,23
	Täyttää rasitusluokat XO, XC1, XC2, XC3, XC4, XD1, XD2	
K40	152,12	185,59

Nopeammin kovettava saumausbetoni (rapid-sementti) lisähinta
yllämainittuihin hintoihin 20 %. Lujuuden arvosteluikä 7 vrk.

PAKKASBETONI, lisäaineinen
Hinnat vapaasti autossa tehtaalla EUR/m³.
Käyttölämpötila 0 - 15 °C

lujuus MN/m ³	alv 0 %	alv 22 %
		Täyttää rasitusluokat XO, XC1, XC2, XC3
K30	226,10	275,84

Hinta sisältää talvilisän, jäätymisen estoaineen, rapid-sementin sekä nesteyttimen.

1.8.2008

ERILLISVELOITUKSET

AIHE	Lisähinta €/m ³	
	ALV 0%	ALV 22%
Pumppaukseen suhteutettu betoni	2,73	3,33
Pumpun voiteluainet EUR/kerta	45,47	55,47
Vesitüvis betoni	6,83	8,33
Maakuiva betoni	8,82	10,76
P-lukubetoni	Racitusluokka P-luku Min.lujuus	Käyttökohteet
	XF2 P-25 K 30	Pakkas- ja
	XF 2 P-30 K 35	pakkasuolarasituksen
	XF2, XF4 P-40 K 40	alaiset
	XF2, XF4 P-50 K 50	rakenteet
	XF2, XF4 P-70 K 50	
		19,53 23,83
		24,05 29,33
		30,03 36,64
		33,18 40,48
		35,81 43,68
Säänkestävä betoni ilman suolarasitusta	Racitusluokka F-luku Min.lujuus W/s-suhde	Pakkasrasitetut pystyrakenteet
	XF1 >1,0 K35 0,60	
	XF3, (XF1) >1,5 K40 0,50	Pakkasrasitetut vaakarakenteet
		13,55 16,52
		17,43 21,26
Kloridin aiheuttama korrosio ei merivesi	Racitusluokka Lujuus W/s-suhde	
	XD1, XD2 K35 0,55	15,54 18,96
	XD3 K45 0,45	19,85 24,21
Kemiallisesti aggressiiviset ympäristöt	Racitusluokka Lujuus W/s-suhde	Käyttökohteet
	XA1 K40 0,50	
	XA2 K45 0,45	Sulfatitkestävä betoni
	XA3 K50 0,40	Vaatimukset tap.kohtaisesti
		18,69 22,80
		hin noitellaan erik teen
Hidastin	tärytyeraja tuntia	2 - 4 h
		4 - 8 h
		6 - 12 h
		max 24 h
		9,45 11,53
		10,50 12,81
		14,70 17,93
		18,80 22,93
Talvibetonilisa 15.10 - 30.4.		5,36 6,22
Notkistettu ja tehonotkistettu betoni	1 notkeushuokka	6,93 8,45
	2 notkeushuokka	13,97 17,04
	3 notkeushuokka	21,00 25,62
NOTKISTUS TYOMAALLA eur/litra		5,57 6,79
Huokoistettu betoni		3 - 4 %
BY15/2000 kokonaisilmamäärä		8,93 10,89
K30-K45		4 - 5 %
		11,03 13,45
		5 - 6 %
		14,70 17,93
Paisutettu	vähentää betonin kutistumista	68,25 83,27