

Juuso Pohjonen

## **VÄLIPOHJAN TALVIBETONOINTI**

# VÄLIPOHJAN TALVIBETONOINTI

Juuso Pohjonen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2014  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

---

Tekijä(t): Juuso Pohjonen  
Opinnäytetyön nimi: Välipohjan talvibetonointi  
Työn ohjaaja(t): Martti Hekkanen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2014      Sivumäärä: 36 + 4 liitettä

---

Opinnäytetyössä perehdyttiin välipohjan talvibetonointiin. Työn tavoitteena oli luoda apuväline Rakennusliike Häyrynen Oy:lle, jotta mahdollisiin talvibetonointivirheisiin pystyttäisiin puuttumaan. Talvella suoritettavat betonityöt ovat haastavia, koska siinä tulee ottaa huomioon monia asioita. Sen takia työn suunnittelu on vaikeaa.

Opinnäytetyössä pyrittiin käymään läpi välipohjan talvibetonointiin liittyviä asioita mahdollisimman monipuolisesti. Työn alussa käytiin läpi asioita, mitkä tekevät talvella suoritettavista betonitöistä haastavia. Niitä ovat talvella vallitsevat sääolosuhteet sekä niistä aiheutuvat lisäkustannukset. Talvibetonoinnin yksi tärkeimmistä asioista on turvata betonin lujuudenkehitys. Tämän johdosta opinnäytetyössä käytiin läpi niitä asioita, millä tavoin se saadaan turvattua. Niitä olivat betonille suoritettavat erilaiset toimenpiteet, kuten sen lämmitys ja suojaaminen. Työssä selvitettiin paikalla valettavan välipohjan eri työvaiheet ja siihen käytettäviä erilaisia holvimuottijärjestelmiä.

Opinnäytetyössä käsiteltiin myös talvibetonoinnin yleisimpiä virheitä ja niiden aiheuttajia, jotta ne saataisiin minimoitua. Sen lisäksi käytiin läpi työturvallisuuden liittyviä asioita.

Työssä tehdyn teorian pohjalta havaittiin, että Rakennusliike Häyrynen Oy:n työmaalla betonin lujuudenkehityksen turvaamisessa tehdään oikeita asioita. Niiden avulla päästään haluttuun lopputulokseen myös talvella.

---

Asiasanat: talvibetonointi, talvirakentaminen, betoni, holvimuotti, välipohja

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, Production Engineering

---

Author(s): Juuso Pohjonen

Title of thesis: Concreting Intermediate Floors in Winter

Supervisor(s): Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2014 Pages: 36 + 4  
appendices

---

The subject of this thesis is concreting intermediate floors in winter. The purpose is to create a utility to Häyrynen Construction Company so that potential mistakes could be avoided in cold weather concreting. Concreting in winter is challenging because you have to consider many factors. This makes planning difficult.

In this thesis, the factors that affect concreting intermediate floors in winter were addressed as versatile as possible. At first, the issues that were considered were what makes concreting in winter so challenging. Those factors are weather conditions and costs because of them. The most important factor when concreting intermediate floors in winter is to secure that the strength of concrete can develop normally. Thus factors that develop the strength of concrete was a big part of this thesis, including heating and protecting the concrete for example. Different stages that include in concreting intermediate floors were discussed in this thesis. Also different kind of vault forms was addressed in this thesis.

In addition, the mistakes that could happen in concreting in winter were included in this thesis. It is easier to minimize the mistakes when you know what causes them. Safety at work is also an important factor on construction site.

Conclusions from this thesis include that right measures is done in Häyrynen Construction Company when developing the strength of concrete. With these measures the result of the work is success also in winter.

---

Keywords: concreting in winter, building in winter, concrete, vault form, intermediate floor

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 RAKENTAMINEN TALVIAIKANA	8
2.1 Sääolosuhteet	8
2.1.1 Lämpötila	8
2.1.2 Sade- ja lumiolot	9
2.1.3 Tuuli	10
2.2 Lisäkustannukset	11
2.2.1 Materiaali	12
2.2.2 Kalusto	12
2.2.3 Työkustannukset	13
3 HOLVIMUOTTIJÄRJESTELMÄT	15
4 PAIKALLA VALETTAVAN VÄLIPOHJAN TYÖVAIHEET	18
4.1 Muottityö	18
4.2 Raudoitus	19
4.3 LVV- ja sähkötyöt	20
4.4 Betonointi	20
4.5 Muotin purku ja puhdistus	22
5 TALVIBETONOINTI	23
5.1 Betonin valinta	23
5.2 Betonin kuljetus ja siirrot	24
5.3 Betonin lämmitys	25
5.3.1 Kuumailmalämmitys	25
5.3.2 Lankalämmitys	26
5.4 Betonin suojaaminen	27
6 BETONIN LUJUUDENKEHITYS	29
7 TALVIBETONOINNIN YLEISIMMÄT VIRHEET	32
8 TYÖTURVALLISUUS	33
9 POHDINTA	34

LÄHTEET

35

LIITTEET

Liite 1 Betonointisuunnitelma

Liite 2 Putoamissuojaussuunnitelma

Liite 3 Betonin lujuudenkehityksen laskentataulukko

Liite 4 Holvimuottisuunnitelma

# 1 JOHDANTO

Talvella suoritettavat betonityöt vaativat erityistoimenpiteitä, jotta kylmällä säällä tehtävät betonoinnit saadaan onnistumaan. Talvibetonoinnin oleellisin ero lämpimässä olosuhteessa tehtävään betonointiin on se, että talvella tulee ylläpitää tarvittava lämpötila betonin kovettamiseksi erilaisilla betoniin soveltuvilla lämmitystoimenpiteillä. Betonin lämmitys on talvella suoritettavissa betonoinneissa välttämätöntä, jotta lujuudenkehitys on tasaista ja hallittua. Sen avulla betoni saavuttaa nopeammin halutun lujuuden ja se voidaan purkaa suunniteltuna ajankohtana. (RIL 149-1995. 1995, 161.)

Opinnäytetyö tehdään Rakennusliike Häyrynen Oy:lle. Kohde on Oulun Tervatalot Oy:n rakennuttama palvelutalo Merikotka, joka sijaitsee Oulun Kaukovainiolla. Kohteen pääurakoitsijana toimi Rakennusliike Häyrynen Oy. Palvelutalo valmistui joulukuussa 2013.

Opinnäytetyössä tarkastellaan talvella suoritettavia välipohjan betonitöitä. Tarkastelussa pyritään ottamaan huomioon kaikki ne seikat, joilla varmistetaan, että haluttuihin tavoitteisiin päästään mahdollisimman nopeasti ja turvallisesti. Näitä seikkoja ovat oikeanlaiset olosuhteet, materiaalit, kalustot ja kustannukset.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toimia apuvälineenä Rakennusliike Häyrynen Oy:n työmailla suoritettavissa talvibetonointitöissä. Opinnäytetyön tarkoituksena on auttaa ehkäisemään mahdollisia talvibetonointivirheitä.

## **2 RAKENTAMINEN TALVIAIKANA**

Suomessa lämpimäksi ajaksi voidaan katsoa vain 4-5 kuukautta vuodesta. Tämä tarkoittaa sitä, että 7-8 kuukautta vuodesta on aikaa, jolloin joudutaan varautumaan talvibetonointitoimenpiteisiin. Rakennetaan sitten talvella tai kesällä, betonin ja rakenteen lopullisen laadun on oltava sama. Tämä edellyttää, että talvibetonoinnissa käytettävät toimenpiteet ovat hyvin hallussa aina työnjohdosta työntekijöihin. (RIL 149-1995. 1995, 161.)

### **2.1 Sääolosuhteet**

Pakkanen, tuuli sekä lumi- ja vesisade hidastuttavat rakennustyötä. Niistä voi aiheutua myös keskeytyksiä. Sään aiheuttamiin haittoihin pystytään kuitenkin puuttumaan hyvällä suunnittelulla ja sääolojen seurannalla. (Kivimäki - Koskenvesa – Lahtinen – Lindberg – Palolahti – Sahlstedt 2013, 28.)

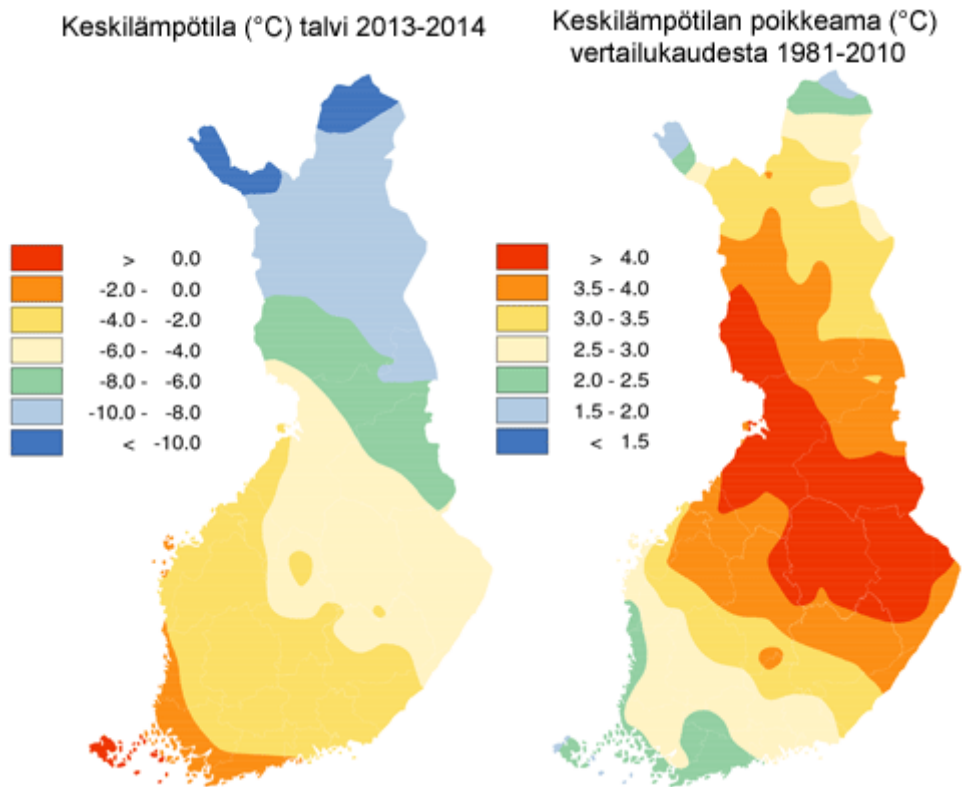
Säätietoja voi seurata radion ja television säätiedotuksista. Lisäksi säätietoja löytyy myös sanomalehdistä ja internetistä. Rakentajille on olemassa myös rakentajan sääpalvelu, joka päivittyy tunnin välein ja on kohdennettu sellaisille tiedoille, joilla on merkitystä rakennustyössä (Rakentajan sääpalvelut).

#### **2.1.1 Lämpötila**

Talvibetonointikausi alkaa, kun ilman lämpötila laskee alle +5 °C:een. Alhaisissa lämpötiloissa sementin reaktiot veden kanssa hidastuvat ja näin ollen muotinpurkulujuus siirtyy myöhemmäksi. Ilman lämpötiloihin tulee varautua tarpeeksi ajoissa, sillä betonin lujuudenkehitys hidastuu huomattavasti lämpötilojen laskiessa. Se tarkoittaa, että työmaalle hankitaan tarvittava lämmitys- ja suojauskalusto riittävän ajoissa. (Kivimäki ym. 2013, 5.)

Talven keskilämpötilat antavat tietoa, milloin talvibetonointiin kannattaa varautua (kuva 1). Kun tiedetään valupäivät, on syytä katsoa tarkemmin sääennusteista sääolosuhteet.



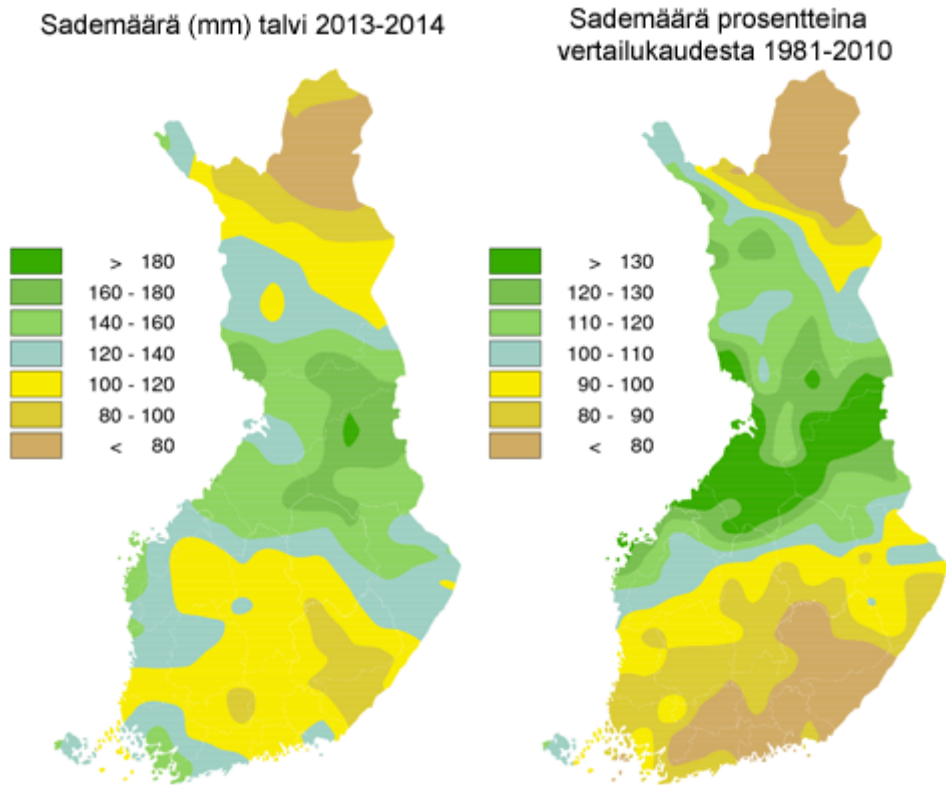


KUVA 1. Talven keskilämpötila (Talven 2013-2014 sää)

### 2.1.2 Sade- ja lumiolut

Lumentulo tuo yleensä aina lisätöitä talvibetonoinnille, koska lumi on poistettava työtasoilta sekä muoteista. Lumen aiheuttaman haitan suuruus riippuu siitä, missä työvaiheessa ja kuinka usein sitä sataa (kuva 2). Lumentuloon tulee varautua varsinkin kriittisissä työvaiheissa seuraamalla tarkasti säätiedotuksia. (RIL 149-1995. 1995, 199.)

Rakenteet kannattaa suojata lumisateilta. Lumi ja jää tulee poistaa rakenteista siltä osin kuin se on mahdollista. Lumen ja jään poistamiseen tulee työmaalla olla tarvittava kalusto. (Kivimäki ym. 2013, 31.)



KUVA 2. Talven sademäärä (Talven 2013-2014 sää)

### 2.1.3 Tuuli

Talvella kylmä tuuli lisää lämmön siirtymistä ja kosteuden haihtumista betonipinnoilta. Kova tuuli voi myös muuttaa betonointiolosuhteet todella vaikeiksi. Talvisäällä tuuli jäädyttää betonimassaa ja sen vaikutuksesta myös kovettuvan betonin lämpötila voi jäädä helposti suunniteltua alhaisemmaksi. (RIL 149-1995, 1995, 200.)

Tuulen voimistuessa ulkoilman lämpötila tuntuu todellista kylmemmältä. Esimerkiksi talvella  $-5\text{ °C}$ :n lämpötilassa tuulen ollessa 13 m/s ihminen tuntee lämpötilan samana kuin  $-15\text{ °C}$ :n lämpötilan tyynessä säässä. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Pakkasen purevuus riippuu ilman lämpötilasta ja tuulen nopeudesta (Ratu C8-0377. 2010, 2)

		Ilman lämpötila °C						
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
Tuulen nopeus m/s	2	-3	-8	-14	-20	-26	-32	-38
	4	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41
	7	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45
	10	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47
	13	-8	-15	-22	-28	-35	-42	-48

- Erittäin kylmä: Paleltumat todennäköisiä pitkähkön ulkona olon seurauksena.  
 Paleltumisvaara: Paleltumat mahdollisia 10 minuutin ulkona olon seurauksena.

## 2.2 Lisäkustannukset

Talvi aiheuttaa rakentamisessa ylimääräisiä kustannuksia (taulukko 2). Työmenekit ja rakennusmateriaalien kulutus ovat suurempia. Lisäksi kalustoa ja koneita tarvitaan enemmän, mikä lisää myös kustannuksia. Energiankulutus on myös talviaikaan suurempaa kuin muina vuodenaikoina. Lisäkustannuksiin on syytä varautua tekemällä hyvät talvirakentamiseen liittyvät suunnitelmat.

TAULUKKO 2. Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset (Ratu C8-0377. 2010, 1)

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6...2,9	0,6...0,7	–
Materiaalilisä	1,7...3,7	0,6...1,9	–
Energialisä	0,9...1,0	1,2...1,4	2,8...3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8...2,2	1,2...1,4	0,1...0,2
Talvilisätyöt	1,6...1,8	0,7...0,9	0,2...0,4
Aikakustannuslisä	2,0...2,2	1,0...1,2	–
Yhteensä	13...15	5,5...7,5	3,3...3,7

Talvi tuo mukanaan lisäkustannuksia perustustyövaiheeseen 13-15 %, runko-työvaiheeseen 5,5-7,5 % sekä sisävalmistusvaiheeseen 3,3-3,7 % (taulukko 2). Olisi siis edullisinta, jos perustustyöt saataisiin tehtyä lämpimimmillä vuodenaajoilla. Merikotkan kohteessa se ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä urakan aloitusajankohta oli alkutalvesta.

### **2.2.1 Materiaali**

Talvella rakennuksilla käytettävien rakennusmateriaalien kustannukset nousevat, sillä materiaalihukkaa syntyy enemmän. Tämä johtuu työvaihelisän sekä työmaalisän johdosta. Työvaihelisää tulee muottien purussa, jolloin rakentamiseen jäänyt muottitavara rikkoontuu. Materiaalin pilaantumisesta ja katoamisesta aiheutuu työmaalisä. Talviolosuhteet aiheuttavat suoranaista materiaalihukkaa. Lisäksi osa materiaaleista hautautuu lumen ja jään alle, mikä omalta osaltaan lisää materiaalikustannuksia. (Ratu C8-0377. 2010, 3.)

Talvella tarvittavien suojaus- ja lämmöneristysmateriaalien hankkimiset lisäävät myös materiaalikustannuksia. Lisäksi myös erilaisten suojapeitteiden ja sääsuojien mahdolliset vuokratulot tuovat lisää kustannuksia kesään verrattuna. (Ratu C8-0377. 2010, 3.)

Materiaalihinnoissa ei ole havaittavissa merkittävää vaikutusta eri vuodenaajoilla. Kuitenkin materiaalikustannuksia lisää se, että käytettävät materiaalit on vaihdettava talviolosuhteisiin sopiviksi. Talvella käytettävän pakkasbetonin hinta on lähes kaksinkertainen normaalisti kovettuvan betonin hintaan nähden. Kuuma- betoni tuo lisäkustannuksia 5-10 %. Nopeasti kovettuvan betonin hinta normaalisti kovettuvan betonin hintaan nähden on noin viidesosan suurempi. (Ratu C8-0377. 2010, 5.)

### **2.2.2 Kalusto**

Talvibetonoinnissa tarvitaan erityiskalustoa, johon vaikuttavat kohteen laajuus, muottikierron nopeus, käytettävä betoni ja odotettavissa olevat lämpötilat. Tällaista kalustoa ovat lämmityslaitteet, lämpötilan seurantalaitteet, lumen- ja jäänpoisto- ja sulatuslaitteet ja valaistukseen tarvittavat laitteet. (RIL 149-1995. 1995, 169.)

Taloudellisin vaihtoehto talvibetonoinnissa on nopean muottikierron saavuttaminen tehokkaan lämmityksen avulla. Se edellyttää, että betonin kovettumislämpötilaa nostetaan. Muotit on lämpöeristettävä hyvin ja reuna-alueet lämmitetään lankalämmityksellä. Betonin lämmitykseen on olemassa useita eri lämmitysmahdollisuuksia. Näitä ovat kuumailma- tai höyrylämmitys, infrapunalämmitys, muottilämmitys ja säteilylämmitys. Vaihtoehtolaskelmien perusteella voidaan valita edullisin lämmitysvaihtoehto. Laskelmissa on hyvä huomioida laitteiston energiankulutus (taulukko 3), lämmityslaitteiston vuokrakustannukset, energian hinta ja lämmityksen järjestämisen työkustannukset. (Ratu C8-0377. 2010, 5.)

*TAULUKKO 3. Eri lämpökäsittelymenetelmien energiankulutus (Ratu C8-0377. 2010, 5)*

Menetelmä	Energiankulutus kWh/betoni-m <sup>3</sup>	Betonin kovettumisaika vrk
Lankalämmitys	60...100	1...3
Kuumailmalämmitys	150...500	2...5
Infrapunalämmitys	90...180	1...3
Muottilämmitys	50...100	1...3

### 2.2.3 Työkustannukset

Kokonaistyömenekki kasvaa talvella, koska talvella on hidastava vaikutus työntekoon. Kylmemmät lämpötilat, lumisateet, työskentelyalueella oleva jää ja lumi hidastavat työntekoa. Lisäksi talviolosuhteet lisäävät pakkasen purevuutta tai voivat estävää nostokoneiden käytön yhdessä lumisateen kanssa. Näiden johdosta työsaavutukset pienenevät ja työn keskeytykset lisääntyvät, mikä omalta osaltaan lisää kustannuksia. Edellä olevia häirtatekijöitä kutsutaan talvityöhaittoiksi (taulukko 4). (Ratu C8-0377. 2010, 3.)

Talvella työn tekemiseen sisältyy talven johdosta lisätöitä, joita kutsutaan töiden talvityölisiksi. Esimerkiksi talvibetonoinnissa työhön sisältyy myös suojaus-, lumi- ja jäätöitä. Talvella myös tuotantokatkot lisääntyvät esimerkiksi työkoneiden käyttövaikeuksista tai pakkasen rikkomista koneista. (Ratu C8-0377. 2010, 3.)

TAULUKKO 4. Töiden talvityöhaitta- ja lisäprosenttiedosto (Ratu C8-0377. 2010, 6)

Talo 90 Nro	Työlaji Nimi	Töiden talvityöhaitta- ja lisäprosentit (%)			
		Lämpötilaluokat			
		0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...-12,5	alle -12,5
1	Maarakennustyöt				
21	Muottityö				
	lautamuottityö	7	10	15	20
	levymuottityö	7	10	15	20
	kasettimuottityö	7	10	15	20
	suurmuottityö	3	5	10	20
	pöytämuottityö	3	5	10	15
	kulmamuottityö	3	5	10	15
	erikoismuottityö	7	10	15	20
	muottien purku ja puhdistus	7	10	15	20
22	Raudoitus	7	15	25	35
23	Betonointi				
	nostoastiabetonointi				
	- anturat	15	15	40	50
	- seinät ja pilarit	15	15	40	50
	- laatat ja palkit	10	10	35	45
	pumppubetonointi				
	- anturat	15	40	50	60
	- seinät ja pilarit	15	30	40	50
	- laatat ja palkit	15	40	50	60
25	Betonielementtityö				
	laattaelementti	10	20	30	40
	ulkoseinäelementti	10	20	30	40
	kappale-elementti	7	15	25	35
	elementtien jälkityöt	-	5	25	35
	kevytbetonielementti	7	15	25	35
26	Betonipintojen etuoikaisu	7	10	15	20
3	Metallirakennetyöt				
41	Tiilimuuraus	10	25	35	45
42	Harkkomuuraus	10	25	35	45
51	Puurunkotyö	3	5	8	15
52	Levytyö	3	5	8	15
53	Puuelementtityö	3	5	8	15
61	Lämmöneristys	3	5	8	15
63	Vedeneristys				
64	Saumaus				
7	Pintatyöt				

### 3 HOLVIMUOTTIJÄRJESTELMÄT

Holvimuotit ovat välipohjien valuun tarkoitettuja muotteja. Niitä ovat pöytämuotti, holvin kasettimuotti, riippalaattamuotti, kupumuotti sekä vakio-palkit ja muottilevyt. Muottityypin valintaan vaikuttavat sen soveltuvuus, rakenneratkaisut, valupinnan laatuvaatimukset sekä työmaalla oleva nostokalusto. Suuria muottiyksiköitä on hyvä käyttää, kun rakenteet ovat mitoiltaan toistuvia. Pieniä muottiyksiköitä sekä kertakäyttöisiä lauta- ja levymuotteja on perusteltavaa käyttää, kun paikallavalujen määrä on vähäinen. (Ratu 06-3021. 1991, 7.)

Pöytämuotti on koneellisesti siirrettävä kiinteämittainen muotti. Sen osia ovat muottipinta, koolaus ja niskat, pysty- ja vinotuet, kaiteet, eristys ja lämmitysjärjestelmä sekä siirtopyörät. Muottipintana käytetään terästä tai muottivaneria. Koolauksena käytetään sahatavaraa tai vakio-puupalkkeja. Koolauksen alla olevat niskat siirtävät kuormat pystysuorille tukijaloille. (Ratu 06-3021. 1991, 1.)

Holvin kasettimuotit ovat teräs- tai alumiinirunkoisia. Sen osia ovat muottipinta, runko, pystytuet tai tukitelineet sekä liitososat ja jäykisteet. Muotit kootaan määrämittäisistä kaseteista tukien varaan. Holvikasettimuotit ovat kevyitä, joten niitä pystyy liikuttelemaan käsin. Kasetit ladotaan yläpuolelta kannatinjärjestelmän päälle. Pystytuet on varustettu pudotuspäillä, mikä helpottaa ja nopeuttaa purkutyötä. (Ratu 06-3021. 1991, 1.)

Ripalaatta- ja kupumuottien käyttökohteita ovat julkisten rakennusten ja teollisuusrakennusten välipohjien tekeminen. Niitä käytetään kevennettyjen laattojen muotteina. Ripalaattamuotit valmistetaan teräksestä ja lujitemuotista. Valmis profiilimuotti jää osaksi valmista rakennetta. Kupumuotti valmistetaan lujitemuovista. Se on lämpöeristetty tai eristämätön kuppimainen muotti. Kupumuotit asennetaan tukijärjestelmän päälle. Se voi olla paikalla rakennettu tukirunko, kannatinpalkkijärjestelmä tai pöytämuotti. (Ratu 06-3021. 1991, 2.)

Vakio-palkit ja muottilevyt -järjestelmä sopii muunneltavuutensa ansiosta monimuotoisiin tiloihin (taulukko 5). Se koostuu pystytuista tai tukitorneista ja niihin kiinnitettävistä pudotuspäistä sekä kannatinpalkkeista. Muottilevynä voi käyttää esimerkiksi vaneria.

TAULUKKO 5. Muottityyppien soveltuvuudet (Ratu 06-3021. 1991, 6)

Muottityyppi	Seinä	Laatta	Pilari	Palkki	Perustus	Väestön- suoja	Porras- ja hissikuilut
Pöytämuotti	○	XX	○	○	○	○	○
Holvin kasettimuotti	○	XX	○	X	○	XX	○
Lauta- ja levymuotti	X	X	X	X	XX	XX	XX
Vakiopalkit ja muottilevyt	XX	XX	XX	○	X	X	X
Kupu- ja ripalaattamuotti	○	XX	○	○	○	X	○
Kulma- ja tunnelimuotti	XX	XX	○	○	○	○	○
Palkkimuotti	○	○	○	XX	○	○	○
Pilarimuotti	○	○	XX	○	○	○	○

XX soveltuu hyvin  
X soveltuu  
○ ei sovellu

### Peri Multiflex –holvimuottijärjestelmä

Peri Multiflex on vakiopalkkeista ja muottilevyistä koostuva holvimuottijärjestelmä. Merikotkan kohteessa tämän järjestelmän vuokraukseen päädyttiin sen muunneltavuuden sekä nopean asentamisen ja purkamisen ansiosta. Periltä saatiin myös valmis holvimuottisuunnitelma, jonka avulla asentaminen oli helpompaa eikä työnjohdolla tarvinnut tehdä erillistä holvimuottisuunnitelmaa (liite 4).

Peri Multiflex –holvimuottijärjestelmässä on kaksi erilaista palkki- sekä holvituki- vaihtoehtoa. Palkkivaihtoehtoja ovat puuristikkopalkki GT 24 ja levyuumainen palkki VT 20 ohuemmille holveille. Holvitukivaihtoehtoja ovat puolestaan Multiprop-holvituki tai PEP-holvituki. Holvimuottijärjestelmään kuuluu myös ST 100 –tukitorni, jota käytetään suurissa tuentakorkeuksissa. (Peri Multiflex monikäyttöinen holvimuottijärjestelmä.)

Merikotkan kohteessa käytettiin GT 24 –puuristikkopalkkia niskoissa sekä koolauksessa. Holvitukena oli käytössä PEP-holvituet ja korkeammissa tuentakorkeuksissa ST 100 –tukitorneja (kuva 3). GT 24 –puuristikkopalkin avulla päästiin



suurempiin jänneväleihin. Se helpotti ja nopeutti työntekoa, sillä holvitukien määrä on vähäisempi. (Liite 4.)



*KUVA 3. Peri Multiflex –holvimuottijärjestelmä ST 100 –tukitorneilla*

Muottilevynä käytettiin 21 millimetristä kolmikerrosmuottilevyä, joka ostettiin Periltä. Tämän avulla saatiin laadultaan halutunlainen valupinta. Levy on kestävä, minkä johdosta sen käyttökertojen määrä valuissa on suuri.

## 4 PAIKALLA VALETTAVAN VÄLIPOHJAN TYÖVAIHEET

Paikalla valettava välipohja koostuu monesta eri työvaiheesta. Näitä ovat muottityö, raudoitus, LVV- ja sähkötyöt, betonointi sekä muotin purku ja puhdistus. Jokaista työvaihetta täydentää työnjohdon tekemät tarkastukset, jotta ne tulee tehtyä oikein. Koska paikallavaluvälipohja koostuu monesta työvaiheesta, tulee jokaisessa työvaiheessa olla ammattitaitoiset ja osaavat työntekijät, jotta työn lopputulos on halutunlainen. (Pohjonen 2014.)

### 4.1 Muottityö

Holvimuottijärjestelmän asentaminen alkaa päätukien pystyttämällä. Päätukiin asennetaan tukihaarukat, mikä helpottaa niskapalkkien asennusta. Päätuet pystytetään asennustukien avulla, jotta ne pysyvät pystyssä ennen palkkien asentamista. Kun päätuet on pystytetty, niskapalkit nostetaan paikoilleen tukihaarukoihin. Tukihaarukka pitää niskapalkin pystyssä. Tämän jälkeen niskapalkit tarkistetaan vielä oikeaan korkoon tasolaserin avulla. Kun niskapalkit on katsottu oikeaan korkoon, asennetaan koolauspalkit paikoilleen. Tämän jälkeen asennetaan muottilevyt naulaamalla ne koolauspalkkeihin. Muottilevyt on saatava nopeasti paikalleen, jotta seuraava työvaihe pääsee alkuun. Viimeisenä asennetaan välituet välituen haarukan avulla. Näin ollen välitukea ei tarvitse naulata niskapalkkiin. (Kuva 4; Tuominen 2014.)



*KUVA 4. Peri Multiflex –holvimuottijärjestelmä asennettuna*

Mittamies pääsee mittamaan ja piirtämään seinien, oviaukkojen ja varausten paikat, kun muottilevyt on asennettu. Niiden avulla LVI- ja sähköasentajat saavat vietyä omat asennuksensa oikeille paikoille. Mittaamisen jälkeen muottilevyt öljytään muottiöljyllä. (Pohjonen 2014.)

Työnjohdon tehtävänä ennen muottityön aloitusta on suunnitella mahdolliset työsaumat, jos valupinta-ala on suuri. Lisäksi heidän on tarkastettava, että muottijärjestelmä on asennettu oikein, jotta valun aikana ei pääse syntymään minkäänlaisia vaaratilanteita. (Tuominen 2014.)

## **4.2 Rauditus**

Paikalla valettavan välipohjan raudoitustyöt tehdään kahdessa osassa. Ensimmäinen työvaihe suoritetaan heti mittamiehen tekemien mittauksien jälkeen. Ensimmäisenä työvaiheena asennetaan alapinnan rauditus. Alapinnan rauditus asennetaan holvi-siltavälikkeiden päälle, jotta rauditus jää irti muottipinnasta. Ennen yläpinnan raudoituksien asennusta asennetaan talotekniset asennuk-

set LVI- ja sähköasentajien toimesta. Taloteknisten asennusten jälkeen raudoittajat asentavat yläpinnan raudoitukset. Tässä työvaiheessa asennetaan pintaverkot tehtyjen työrautojen päälle. Lisäksi raudoittajat asentavat holvin reunahaat. Reunahakoihin sidotaan tämän jälkeen mahdollisten parvekkeiden tartuntateräksiset. (Pohjonen 2014.)

### **4.3 LVV- ja sähkötyöt**

Paikalla valettavan välipohjan talotekniset asennukset tehdään alapinnan raudoitustöiden jälkeen. LVI-asentajan työvaiheita ovat viemärien haaroitusten sekä kylpyhuoneiden lattialämmitysputkien asennus. Lattialämmitysputket sidotaan yläpinnan raudoitukseen sen jälkeen, kun ne on asennettu. Viemärien haaroitukset tulee tukea kunnolla oikeaan korkoon, jotta ne eivät betonoinnin johdosta pääse liikahtamaan merkittävästi. Viemäriputkien liitoskohdat tulee myös tarkistaa, että ne ovat kunnolla asennettuja. (Tuominen 2014.)

Sähköasentajan työvaiheita paikallavaluvälipohjassa ovat sähköputkituksien asennukset. Ne on nopeita toteuttaa, sillä ne pystytään asentamaan suoraan pisteestä toiseen. Sähköputket kiinnitetään sieltä täältä sidelangoilla alapinnan raudoitukseen. Kattorasiat kiinnitetään suoraan muottipintaan. (Tuominen 2014.)

### **4.4 Betonointi**

Ennen betonitöiden aloitusta työnjohto tarkistaa, että raudoitus- ja talotekniset asennukset (kuva 5) on tehty kunnolla ja suunnitelmien mukaisesti. Lisäksi kylpyhuoneiden kulmat merkataan, sillä kylpyhuoneiden lattioihin tulee kaadot.



*KUVA 5. Välipohjan raudoitukset ja talotekniset asennukset valmiina*

Paikalla valettavan välipohjan betonointi suoritetaan joko pumppubetonointina tai nostoastiaa käyttäen. Pumppubetonoinnissa betoni pumpataan pumppuauton puomistoa pitkin välipohjalle. Betonointi nostoastiaa käyttäen on hitaampaa, joten se ei ole talviolosuhteissa hyvä vaihtoehto. Tällöin betonin lämpötila laskee enemmän hitaamman betonin siirron johdosta. Betoni tiivistetään sauvatäryttimellä (kuva 6). Työmaalla on hyvä olla varakalustona toinen sauvatärytin, jos toinen lakkaa toimimasta. Holvi tasoitetaan linjaarilla oikeaan korkoon tasolaserin avulla. Samalla kylpyhuoneisiin tehdään tarvittavat kaadot. (Tuominen 2014.)



*KUVA 6. Betonin tiivistystä sauvatäryttimellä*

#### **4.5 Muotin purku ja puhdistus**

Holvimuottijärjestelmä voidaan purkaa, kun betoni on saavuttanut vähintään muotinpurkulujuuden. Muotinpurkulujuus on 60 % betonin nimellislujuudesta. Muotit puretaan huoneistoittain. Purkamisen jälkeen muottilevyt puhdistetaan, jotta ne ovat heti valmiita seuraavaa käyttökertaa varten. Muottikalusto niputetaan ikkuna- tai parvekkeen oviaukolle, josta se on helppo kuljettaa pois torinosturilla. Huoneistoihin jätetään jälkituentatolppia, mikä pienentää betonin virumasta aiheutuvia taipumia. (Tuominen 2014.)

## 5 TALVIBETONOINTI

Talvella suoritettavissa betonitöissä on tärkeää, että betonin lujuudenkehitys turvataan riittäväillä toimenpiteillä. Betonin lujuudenkehitykseen vaikuttavat betonin valinta, kuljetus ja siirrot, lämmitys sekä suojaaminen. (Tuominen 2014.) Niinpä näitä asioita käsitellään tarkemmin luvuissa 5.1 – 5.4.

### 5.1 Betonin valinta

Talvella suoritettavissa betonitöissä betonilaadulla on suuri merkitys työn onnistumisen kannalta. Betonilaadun valinnassa on tärkeää huomioida kohteessa kirjatut rakenneominaisuudet, tavoitteet toteutukselle, suojaus ja lämmitys sekä olosuhteet. Ennen betonilaadun valitsemista tulee tietää muut tekijät, jotka vaikuttavat betonin lämpötilaan ja lujuudenkehitykseen. Näitä ovat muottikierron vaadittu nopeus, muottijärjestelmä, lämmitysmenetelmä, muottien ja betonin lämpösuojaus, sääolosuhteet sekä sääsuojauksien käyttö. Kun nämä tekijät ovat tiedossa, voidaan valita lopullinen betonilaatu. (Kivimäki ym. 2013, 19.)

Talvibetonoinnissa tavallisesti käytetään nopeasti kovettuvaa betonia tai kuumabetonia, sillä niiden avulla muottikierto nopeutuu. Muita käytettäviä betonilaa- tuja ovat normaalisti kovettuva rakennebetoni, pakkasbetoni ja itsetiivistyvä be- toni. Pakkasbetonin käyttö kohdistuu elementtien saumavaluihin. (Kivimäki ym. 2013, 22.)

Normaalisti kovettuvaa rakennebetonia käytetään, kun betonilta ei vaadita säänkestävyyttä tai muita erikoisominaisuuksia. Se on perusbetonilaatu eikä siinä ole erikoisbetonien ominaisuuksia. Normaalisti kovettuva betoni soveltuu käytettäväksi talvibetonoinnissa, kun kovia pakkasia ei ole odotettavissa. Lisäk- si betonin lämmityksen ja suojauksen on oltava tehokasta. (Kivimäki ym. 2013, 20.)

Nopeasti kovettuva betoni saavuttaa nimellislujuutensa seitsemän vuorokauden ikäisenä. Se kehittää runsaasti lämpöä kovettuessaan, mikä nostaa rakenteen lämpötilaa. Tämän avulla lujuudenkehitys nopeutuu ja muotinpurkulujuus saa- vutetaan nopeammin. (Kivimäki ym. 2013, 20.)

Kuumabetonimassan lämpötila on korkeampi normaaliin betonimassaan verrattuna niiden lähtiessä tehtaalta. Kuumabetonin lämpötila kannattaa valita tilanteen mukaan. Sen käyttö nopeuttaa ensimmäisten tuntien lujuudenkehitystä ja sitoutumista. Korkean lämpötilan ansiosta sen työstettävyytsaika on lyhyempi kuin normaalilla betonilla. Tämän johdosta valun täytyy tapahtua mahdollisimman nopeasti. Tällöin myös betonin lämpötila saadaan parhaiten hyödynnettyä. Kuumabetonin käyttö massiivisissa valuissa ei ole suotavaa, koska lämpötilan nousu voi olla liian voimakasta. (Kivimäki ym. 2013, 20-21.)

Itsetiivistyvä betoni eli IT-betoni tiivistyy painovoiman avulla eikä se tarvitse erikseen mekaanista täryttämistä. IT-betonin käyttökohteita ovat tiheästi raudoitettut sekä vaikeapääsyiset rakenteet. Talvibetonoinnissa itsetiivistyvän betonin käyttö ei ole järkevää, sillä kylmissä oloissa sen lujuudenkehitys hidastuu voimakkaasti. Tämä johtuu siitä, että se sisältää runsaasti lisäaineita. (Kivimäki ym. 2013, 22.)

Merikotkan kohteessa välipohjien betonoinneissa käytettiin nopeasti kovettuvaa betonia. Nopeasti kovettuvan betonin, suojauksen ja lämmityksen avulla kävi ilmi, että niiden avulla päästiin nopeampaan muottikiertoon.

## **5.2 Betonin kuljetus ja siirrot**

Kylmissä olosuhteissa betonoitaessa on tärkeää, että betonin kuljetukset ja siirrot ovat nopeita sekä mahdollisimman lyhyitä. On myös huomioitavaa, että siirtoja kuljetuslaitteesta toiseen on mahdollisimman vähän. Lämpötilan laskua voitulla 5-7 °C, vaikka betonimassa saataisiin ilman turhia viiveitä betonitehtaalta muottiin. Lisäksi hidas betonointi lisää betonin jäähtymistä entisestään. (Kivimäki ym. 2013, 57.)

Suurissa valuissa valupäivän varmistuttua tulee työmaan työnjohdon tilata betoni sekä tarvittava kalusto hyvissä ajoin betonitehtaalta. Tällöin saadaan varmistettua ja sovittua betonitehtaan kanssa, että valu saataisiin läpivietyä mahdollisimman pienillä viiveillä. Tämän johdosta betonin kuljetus on oikea-aikaista ja lämpöhäviöt saadaan pienennettyä. (Tuominen 2014.)



Merikotkan kohteessa välipohjien betonoinnit suoritettiin pumppuvaluina, jotta valut saatiin suoritettua nopeammin verrattuna valamiseen nostoastiaa käyttäen. Nopeamman valamisen johdosta havaittiin, että lämpötilan alenemista tapahtui vähemmän ja lisäksi siirtoja kuljetuslaitteesta toiseen tuli vähemmän.

### **5.3 Betonin lämmitys**

Kylmillä olosuhteilla betonin suojaaminen ja oikeanlaisen betonilaadun valitseminen eivät välttämättä pelkästään riitä turvaamaan lujuudenkehitystä. Tämän johdosta betonia joudutaan lämmittämään siihen soveltuvilla lämmitysmenetelmillä. Betonia voidaan lämmittää lämmittämällä betonoitavan rakenteen ympäröivää ilmaa, lämmittämällä muotteja tai lämmittämällä betonimassaa. (Betoni-tekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005, 379.)

Betonin lämmitykseen käytettäviä yleisiä lämmitysmenetelmiä ovat kuumailmalämmitys, lankalämmitys, infrapunasäteilylämmitys sekä lämmitettävät muotit. Lämmitysmenetelmien valintaan vaikuttavat betonoitavat rakenteet sekä käytettävä muottikalusto. (Kivimäki ym. 2013, 42.)

Merikotkan kohteessa betonoitavien välipohjien lämmitysmenetelminä käytettiin kuumailmalämmitystä sekä lankalämmitystä holvin reuna-alueilla. Havaittiin, että niiden avulla saatiin omalta osaltaan turvattua lujuudenkehitystä.

#### **5.3.1 Kuumailmalämmitys**

Kuumailmalämmityksen periaatteena on lämmittää ilmaa, joka taas lämmittää muottia ja betonia. Lämmitettävä tila tulee tiivistää ja eristää huolella, jotta se on taloudellisesti kannattavaa suuren energian tarpeen johdosta (taulukko 6). Lämmintä ilmaa tuotetaan öljy-, kaasu-, sähkö- tai kuumavesikäyttöisillä kuumailmapuhaltimilla. Lähes kaikissa tämän tyyppisissä kuumailmapuhaltimissa lämmönkehitys perustuu palamiseen. Tämän johdosta lämmitettävään tilaan tulee järjestää tuuletus, sillä palamisessa syntyy palamiskaasuja ja -hiukkasia, jotka voivat olla myrkyllisiä. Betonoitavissa kohteissa lämmittimet ovat yleensä kaasu- ja sähkökäyttöisiä. (Kivimäki ym. 2013, 43.)

TAULUKKO 6. Kuumailmalämmitys (Kivimäki ym. 2013, 43)

Hyötysuhde	Kuumailmalämmityksen todellinen hyötysuhde on noin 30 %:n luokkaa.
Lämmittimien teho-alue	Lämmittimien tehoalue on laaja. Pienimpien laitteiden tehot ovat 5...30 kW ja suurten jopa 150...3000 kW.
Energian tarve	150...500 kWh/betoni-m <sup>3</sup> . Betonin kovettumisaika 2...5 vrk. <sup>1)</sup>

Kuumailmalämmitys (kuva 7) riittää talvella suoritettavien holvivalujen lämmitykseen. Se vaatii kuitenkin useamman päivän lämmitysajan. Se vaatii, että valetavan välipohjan alapuolinen tila on hyvin suljettu sekä betonipinta eristetty. Samalla kuumailmalämmitys lämmittää myös aiemmin valettuja rakenteita. (Kivimäki ym. 2013, 43.)



KUVA 7. Betonin lämmitystä kaasukäyttöisellä kuumailmapuhaltimella

### 5.3.2 Lankalämmitys

Lankalämmityksen periaatteena on betonivaluun asennettava lämpölanka tai -kaapeli, joka lämmittää suoraan betonia. Lämmityskaapelit ovat suoraan verk-

kovirtaan kytkettäviä, mutta lämmityslankojen kanssa käytetään muuntajaa. Muuntaja alentaa työmaan jakokeskuksen kolmivaihevirran suojajännitteeksi (taulukko 7). Lankalämmitys voidaan helposti kohdistaa haluttuun rakenteen osaan. Rakenteen lämpötilaa saadaan nostettua kohtuullisella energiamäärällä, sillä lämpö tuodaan rakenteeseen sisältäpäin. Tällöin ei lämmitetä turhaan muita tiloja ja rakenteita. Lankalämmitystä on myös mahdollista käyttää muiden lämmitysmenetelmien täydentämiseen esimerkiksi reuna-alueilla. (Kivimäki ym. 2013, 45.)

TAULUKKO 7. Muuntajakäyttöinen lankalämmitys (Kivimäki ym. 2013, 47)

	Muuntajakäyttöinen lankalämmitys
<b>Kytkenä</b>	Verkkovirta johdetaan työmaalla sähkölämmitysmuuntajaan, joka muuntaa verkkojännitteen 9...42 V:n suojajännitteeksi. Suojajännitevirta johdetaan runkokaapeleita pitkin lämmitettävän rakenteen sisään.
<b>Teho</b>	Lankalämmityksessä tarvittava teho on 1...6 kW/m <sup>3</sup> ja energian tarve 50...100 kWh/betoni-m <sup>3</sup> . Suurin sallittu lankateho 2 mm:n teräslangalla on 120 W/m, mutta lämmityksen suunnittelussa käytetään maksimiarvona 100 W/m. Suojajännitettä muuttamalla voidaan lämmitysteho säätää halutun suuruiseksi.
<b>Energian tarve</b>	60...100 kWh/betoni-m <sup>3</sup> . Betonin kovettumisaika 1...3 vrk. <sup>1)</sup>

Lankalämmitystä käytettäessä rakenne tulee myös suojata huolella. Suurissa laajapintaisissa rakenteissa joita ei ole suojattu lämpötilaerot saattavat nousta suuriksi ja aiheuttaa halkeiluriskin. Tämä johtuu siitä, että avoin betonipinta luovuttaa lämpöenergiaa samalla, kun lämpölangan kohdalla oleva betoni lämpeenee. Myös liian nopea betonin kuivuminen lisää sen halkeiluriskiä. (Kivimäki ym. 2013, 46.)

#### 5.4 Betonin suojaaminen

Betonin suojaaminen on yksi monesta talvibetonointitoimenpiteistä. Yhdessä niiden päätarkoituksena on turvata riittävä betonin lujuudenkehitys. Betonin suojaamisella on myös muita tarkoituksia. Näitä ovat lumen ja jään kertymisen estäminen vasta valetun betonipinnan päälle. Tämän avulla myös lumen ja jään puhdistus- ja sulatustyöt vähenevät. (Kivimäki ym. 2013, 36.)

Vasta valetun rakenteen lämpösuojaus on välttämätöntä talvibetonoinnissa (kuva 8). Se on asennettava paikoilleen heti valun jälkeen, jotta varmistetaan riittävä lujuudenkehitys yhdessä muiden toimenpiteiden kanssa. Jos kylmissä talviolosuhteissa vasta valettu betonin pinta on suojaamatta pitkiä aikoja, niin sitä enemmän betonin lämpötila ehtii laskea ja sen reaktiot hidastuvat. (RIL 149-1995. 1995, 175.)



*KUVA 8. Vasta valetun holvin alapuolinen tila lämpösuojattu kuumailmalämmitystä varten*

Betonin suojaamisella saadaan talviolosuhteissa suoritettua myös jälkihoito. Vettä ei käytetä, koska vaarana on jäätyminen. Kunnollisilla suojuuksilla saadaan estettyä ennenaikainen veden haihtuminen betonin pinnasta ja turvattua lujuudenkehitys. (Kivimäki ym. 2013, 60.)

## 6 BETONIN LUJUUDENKEHITYS

Talviolosuhteissa betonin lujuudenkehitykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Jotta betonin lujuudenkehitys on oikeanlaista, se tarvitsee riittävän lämpötilan. Yleensä betonin lämpötilan tulee olla +20 °C tai korkeampi, jotta sen kovettuminen on riittävän nopeaa. Jos betonin lämpötila nousee yli +60 °C:n, tällöin vaarana on betonin lujuuskato (taulukko 8). Betonin lämpötila ei täten myöskään saa nousta liian korkeaksi. (Kivimäki ym. 2013, 15.)

*TAULUKKO 8. Lämpötilojen vaikutus betonin lujuudenkehitykseen (Kivimäki ym. 2013, 15)*

Lämpötila	Huomioita
> +60 °C	Seurauksena lujuuskatoa ja säilyvyyden heikentyminen. Lujuuskadon määrä selvitetään ja otetaan huomioon.
+50...60 °C	Yhden vuorokauden lujuudet nousevat, mutta valmiin betonin lujuusominaisuudet saattavat kärsiä (lujuuskato).
+30...40 °C	Betonimassan suositeltava kovettumislämpötila.
+20 °C	Betonin tavoitelujuus saavutetaan n. 28 vrk:n kuluttua.
+5 °C	Betonilla ei ole havaittavaa lujuutta vielä yhden vuorokauden iässä.
< 0 °C	Betonin lämpötilan laskiessa alle 0 °C:n lujuudenkehitys käytännössä lakkaa. Betonissa oleva vesi alkaa jäätyä.
-10...-15 °C	Lujuudenkehitys pysähtyy käytännössä katsoen kokonaan. Jäätäneellä betonilla saattaa olla valelujuutta.

Talviolosuhteissa suoritettavissa betonitöissä on kolme tärkeää betonin lujuuden tarkasteluhetkeä. Näitä ovat jäätymislujuuden saavuttaminen, muottien purkulujuuden saavuttaminen sekä nimellislujuuden saavuttaminen. On tärkeää, että betoni saavuttaa sille suunnitellun lujuuden vaurioitumatta missään vaiheessa. (Kivimäki ym. 2013, 17.)

Jäätymislujuus on kaikissa lujuusluokissa vähintään 5 MN/m<sup>2</sup>. Jos betoni pääsee jäätymään ennen jäätymislujuuden saavuttamista, se vaurioituu pysyvästi. Tämän johdosta betonin lopullinen lujuus jää vajaaksi ja betonissa olevan veden jäätymisestä aiheutuu muitakin sisäisiä vaurioita. Kun jäätymislujuus on

saavutettu, betoni voi jäätä ilman lujuuskadon syntymistä. (Kivimäki ym. 2013, 17.)

Muotteja ja tukirakenteita purettaessa yleisohjeena on, että betoni on saavuttanut vähintään 60 % nimellislujuudesta. Tätä pidetään yleisesti muotinpurkulujuutena. Tällöin betonin lujuus on riittävä kestämään siihen kohdistuvat rasitukset. Jälkijännitetyissä rakenteissa kuitenkin muotit voidaan purkaa vasta sen jälkeen kun jännitystyö on hyväksytty. Jännitystyö voidaan suorittaa vasta sitten, kun betonin lujuus on 80 % nimellislujuudesta. Nimellislujuus on betonin lujuusluokka, jonka mukaan rakenne on suunniteltu. (Kivimäki ym. 2013, 18.)

### **Lämpötilaseuranta**

Betonin lämpötilaseuranta sisältää betonin lämpötilatarkkailun sekä lämmityslaitteiden toiminnan seurannan. Näiden avulla saadaan kokonaisuus, sillä lämmityslaitteiden säädöt suoritetaan saatujen lämpötilamittausten perusteella. Tämän johdosta työmaalla tulee olla henkilö, joka hallitsee lämmityslaitteistojen käytön. (RIL 149-1995. 1995, 176.)

Betonin lämpötilojen mittaaminen antaa perustan siitä, miten betonin lujuudenkehitys etenee. Niinpä se on suoritettava riittävän monesta kohtaa betonointiosasta. Mittauspisteitä on hyvä sijoittaa riittävästi rakenteen keski- ja reuna-alueille. Tämän avulla pystytään tarkkailemaan tärkeiden rakenneosien lämpötiloja sen kovettumisen aikana. (RIL 149-1995. 1995, 177.)

Merikotkan kohteessa lämpötilaseuranta suoritettiin lämpömittareiden avulla, jotka oli sijoitettu valetun välipohjan päälle suojapeitteiden alle. Lämpömittareita sijoitettiin riittävä määrä holvin keski- ja reuna-alueille. Lisäksi suljettuun holvin alapuoliseen tilaan sijoitettiin myös lämpömittareita, jotta pystyttiin seuraamaan kuumailmalämmityksen tuottamaa lämpöä. Lämpötilojen mittauskierroksella kaikki lämpömittarit käytiin tarkastamassa ja niiden pohjalta laskettiin betonin lämpötilan keskiarvo, sillä mitatuissa lämpötiloissa ei ollut huomattavia eroja.

Saatujen lämpötilojen avulla pystyttiin arvioimaan betonin lujuudenkehitystä yhdessä Ruskon betonilta saadun laskentataulukon kanssa (liite 3). Saadut lämpötilat syötettiin ohjelmaan ja se laski betonin lujuudenkehityksen lämpötilan ja

kuluneen ajan perusteella. Laskentataulukko määritti betonin lujuuden kypsyysajan perusteella Sadgroven menetelmällä (kaava 1).

Sadgroven menetelmässä betonin kypsyysikä  $t_{20}$  lasketaan kaavalla 1 (Betoni-tekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005, 352).

$$t_{20} = ((T+16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times t$$

*KAAVA 1*

$T$  = betonin lämpötila aikana  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t$  = kovettumisaika (d)

Tehtyjen lämpötilaseurantojen avulla huomattiin, että nopeasti kovettuva betoni saavutti 89 % nimellislujuudesta viidessä päivässä (liite 3). Muotteja ei purettu heti, kun betoni oli lämpötilamittauksien ja laskentataulukon perusteella saavuttanut muotinpurkulujuuden. Näin toimittiin siitä syystä, että lämpötilamittaukset eivät olleet aivan täysin luotettavia, sillä ne mitattiin betonin pinnasta. Muotit purettiin, kun tehtyjen mittausten perusteella betonin lujuus oli noin 80 % nimellislujuudesta. Tämän avulla varmisteltiin, että muotteja ei pureta missään tapauksessa liian aikaisin.

## 7 TALVIBETONOINNIN YLEISIMMÄT VIRHEET

Kylmällä säällä tehtävät betonityöt lisäävät mahdollisuuksia tehdä virheitä. Ne voivat aiheuttaa rakenteisiin vaurioita, jotka huomataan vasta muotteja purettaessa tai jonkin ajan kuluttua siitä. (RIL 149-1995. 1995, 196.) Mahdollisiin talvibetonointivirheisiin voidaan puuttua hyvällä suunnittelulla sekä valvonnalla. Tärkeä apuväline betonitöitä tehtäessä on betonointisuunnitelma, jonka avulla betonoitavien kohteiden mahdolliset työvirheet saadaan minimoitua (liite 1).

Muottityössä tyypillisimpiä talvibetonointivirheitä on se, että jäähän ja lumeen ei kiinnitetä tarvittavaa huomiota. Muotit voidaan tukea jäätyneen maan varaan ja lämpötilan noustessa muottien perusta sulaa ja alkaa painua. Tämän johdosta rakenteeseen voi tulla huomattavia painumia. Toinen laiminlyönti voi olla, että muotteja ei ole puhdistettu lumesta. Tästä seuraa, että rakenteessa voi olla suuria koloja ja onkaloita, mikä heikentää rakennetta. Muotit voidaan myös purkaa jäisinä, minkä johdosta betonin pinnan laatu kärsii sementtiliiman irrotessa muotin mukana. (Kivimäki ym. 2013, 69.)

Betonin lämmityksessä voi sattua yllämmitys, jolloin rakenteen pintaosat hilseilevät ja voi syntyä verkkohalkeilua. Lisäksi betonille aiheutuu lujuuskatoa ja sen säilyvyysominaisuudet voivat huonontua. Lisäksi betonin lämmitys voi olla epätasaista, jolloin lämpötilaerot ovat liian suuria ja tästä syystä betoni voi halkeilla. (RIL 149-1995. 1995, 197-198.)

Betonin huono lämpösuojaus aiheuttaa sen, että betonin lujuudenkehitys on hidasta. Tämä johtuu siitä, että betonin pintaosien lämpötilat ovat alhaisia ja pahimmassa tapauksessa päässeet paikoitellen jäätymään. Tällöin betonin lujuus jää nimellislujutta alemmaksi ja jäätyminen aiheuttaa vaurioita betonille. Puutteellisen lämpötilaseurannan johdosta betonin lämmitys voi jäädä alimitoitetuksi. Tästä seuraa, että muotteja purettaessa betoni voi lohkeilla ja vaakarakenteille voi aiheutua taipumia. Muotit voidaan myös purkaa liian aikaisin, koska lujuudenkehityksestä on saatu väärä käsitys. (Kivimäki ym. 2013, 69.)



## 8 TYÖTURVALLISUUS

Talviolosuhteet tuovat mukanaan vahinko- ja tapaturmariskiä rakennustöihin. Näitä tekijöitä ovat liukkaus, kylmyys, pimeys ja vaatetus. Ulkona tehtävät rakennustyöt keskeytetään, kun lämpötila alittaa pakkasrajan. Pakkasraja on paikkakunnasta riippuen -15 – -25 °C. (Kivimäki ym. 2013, 35.)

Keskeistä talvella suoritettavissa betonointitöissä on tiedostaa mahdolliset riskit. Tällöin työn suunnittelu sekä suoritus on helpompaa ja turvallisempaa. Yleisimpiä riskitekijöitä talvibetonoinnin työturvallisuuteen liittyen ovat muottipintojen ja kulkuteiden liukkaus, putoamissuojauksen laiminlyönti, huono valaistus, laitteiden toimintahäiriöt, huolimaton muottien pystytys lumen tai jään päälle, puutteellinen vaatetus, puutteellinen suojarustus sekä maapohjan tiiveys betonikaluston alla. Lisäksi lumen alle jätetyt liukkaat tavarat lisäävät riskejä työtapa-turmalle. (Kivimäki ym. 2013, 35.)

Muottityötä tehtäessä on otettava huomioon säätekijät. Lumi- ja vesisade, pakkasen, tuuli, liukkaus, pimeys ja kirkkaus vaikuttavat talvella suoritettaviin muottitöihin. Jos sääolosuhteet aiheuttavat huomattavan vaaratekijän, muottien nostotyö tulee keskeyttää. Tällaisia tilanteita voivat aiheuttaa kova tuuli, lumipyry tai rankkasade. Jos nostotyö keskeytyy, muottityötä voidaan jatkaa ylläpitävillä töillä. (Koskenvesa – Lindberg – Mittaviiva Oy – Palolahti – Sahlstedt 2009, 16.)

Muottityö on yksi vaarallisimmista rakennuksilla tehtävistä työvaiheista. Vakavia vammoja muottityössä voivat aiheuttaa muotin kaatuminen, muotin putoaminen noston aikana, muotin heiluminen nostossa, muotin ja rakenteiden väliin puristuksiin joutuminen sekä henkilöiden putoaminen. (Koskenvesa ym. 2009, 18.)

Työt tulee suunnitella niin, että niiden suorittaminen on turvallista. Nostoissa tulee käyttää riittävää nostokalustoa sekä nostoapuvälineitä. Putoamissuojaus tulee suunnitella rakennushankkeen päätoteuttajan toimesta. Putoamisriskit tulee kartoittaa ja sen pohjalta voidaan tehdä putoamissuojaussuunnitelma (liite 2). (Koskenvesa ym. 2009, 20.)

## 9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda apuväline Rakennusliike Häyrynen Oy:n talvibetonointitöihin. Tarkoituksena oli, että tämän avulla pystytään ehkäisemään mahdollisia talvibetonoinnissa esiintyviä virheitä. Opinnäytetyössä käytiin asioita läpi suurimmaksi osaksi teoreettiselta pohjalta. Tukena käytettiin kuitenkin koettuja kokemuksia käytännön puolelta.

Työssä pyrittiin käsittelemään välipohjan talvibetonointiin liittyviä asioita mahdollisimman monipuolisesti. Niiden avulla voidaan talvibetonoinnin kokonaisuus suunnitella helpommin ja paremmin, jotta mahdollisten virheiden määrä saataisiin minimiin.

Työn aikana saatiin tietoa, että betonin lujudenkehityksessä tehdään oikeita asioita. Betoni tulee lämmittää ja suojata oikeaoppisesti sekä lämpötiloja on seurattava tarpeeksi tiiviisti. Näiden asioiden avulla muottikierto saadaan pysymään nopeana. Suuria kehittämiskohteita ei talvella suoritettaviin betonitöihin ole. Kuitenkin työturvallisuuteen voidaan aina kiinnittää tarkempaa huomiota. Työturvallisuutta koskevia asioita tulee kuitenkin käsitellä tarkemmin työmaa- ja työkohtaisesti.

Talvibetonointi on aina haastavampaa suorittaa kuin kesällä tehtävät betonointityöt. Työmäärät ja -kustannukset nousevat sekä tarvitaan suurempaa kalustoa ja materiaaleja. Nämä seikat vaativat aina huolellista suunnittelua ja ammattitaitoisen työryhmän, jotta haluttuihin tavoitteisiin päästään. Toivottavasti tämän opinnäytetyön avulla talvibetonointitöiden suunnittelu helpottuu, jotta kaikkia tyydyttäviin ratkaisuihin ja haluttuun lopputulokseen päädyttäisiin.

## LÄHTEET

Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kivimäki, Christian – Koskenvesa, Anssi – Lahtinen, Matti – Lindberg, Rita – Palolahti, Tuomas – Sahlstedt, Satu 2013. Talvibetonointi. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Koskenvesa, Anssi – Lindberg, Rita – Mittaviiva Oy - Palolahti, Tuomas – Sahlstedt, Satu 2009. Muottityön turvallisuus. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Peri Multiflex monikäyttöinen holvimuottijärjestelmä. Saatavissa: [http://www.perisuomi.fi/files/pdf2/MULTIFLEX\\_Holvimuotti1.pdf](http://www.perisuomi.fi/files/pdf2/MULTIFLEX_Holvimuotti1.pdf). Hakupäivä 31.10.2014

Pohjonen, Jukka 2014. Mittakirvesmies, Rakennusliike Häyrynen Oy. Haastattelu 30.10.2014.

Rakentajan sääpalvelut. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakentajan-saapalvelu>. Hakupäivä 28.10.2014.

Ratu C8-0377. 2010. Talvityöt ja -kustannukset. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/0377> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 21.10.2014.

Ratu 06-3021. 1991. Holvimuotti, palkkimuotit ja pilarimuotit. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/3021> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 21.10.2014.

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

Talven 2013-2014 sää. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/talvi-2013-2014>. Hakupäivä 28.10.2014.

Tuominen, Tapio 2014. Vastaava työnjohtaja, Rakennusliike Häyrynen Oy.  
Haastattelu 31.10.2014.

## Betonointisuunnitelma

### **Työmaan tiedot:**

Oulun Tervatalot Oy/ Merikotka

Osoite: Merikotkantie 1

Rakennuttaja: Oulun Tervatalot Oy

Pääurakoitsija: Rakennusliike Häyrynen Oy

## **Anturat**

Muottitekniikka: Lautamuotti

Betoni: K30 maksimi raekoko #32. Tarvittaessa käytetään kuumabetonia.

Lämmitys hoidetaan lankalämmityksellä (Bekomat 55) ja tarvittaessa myös puhaltimilla. Valun jälkeen huolellinen peittely.

Valut suoritetaan kippo/pumppuvaluna ja tiivistys sauvatäryttimellä.

## **Kantavat betoniseinät**

Muottitekniikka: Suurmuotit

Betoni: K30 maksimi raekoko #16-32. Tarvittaessa käytetään kuumabetonia tai nopeasti kovettuvaa betonia (Rapid-sementti).

Lämmitys hoidetaan muottien omalla lämmitysjärjestelmällä. Jos tarvetta, käytetään myös lankalämmitystä (Bekomat 55). Valun jälkeen huolellinen peittely.

Muottikierto 1-2 päivää. Muottien purku, kun betoni saavuttanut 60%:n lujuuden ominaislujuudesta.

Valut suoritetaan kippovaluna ja tiivistys sauvatäryttimellä.

## **Välipohjat**

Suoritetaan paikallavaluna (paksuus 270mm). Käytetään Peri Multiflex -holvimuottijärjestelmää.

Betoni: K30 maksimi raekoko #16-32. Nopeasti kovettava betoni (Rapid-sementti).

Lämmitys hoidetaan välipohjan alapuolella olevien kaasutoimisten lämpöpuhaltimien avulla ja reuna-alueille lankalämmitys (bekomat 55). Valun jälkeen välipohjan alapuolinen suojaus pressuilla. Holvin yläpuolinen suojaus kaksinkertaisella ”järeällä” suojapeitteellä ja tarvittaessa solumuovieristys.

Valut suoritetaan pumppuvaluna ja tiivistys sauvatäryttimellä. Holvin työsauma tehdään linjalle 5 karhealla saumalla ja saumaan työsaumaverkko.

Betonin lujuudenkehitystä seurataan lämpötilaseurannan avulla.

## **Paikalla valettavat pilarit ja palkit**

Betoni: K35 maksimi raekoko #16-32. P2:lla K-40

Muotit tehdään kappaletavarasta. Pilarit P1 ja P1,1 valetaan kahdessa osassa. Työsauma tehdään maanpinnan alapuolelle karheana saumana.

Lämmitys hoidetaan lankalämmityksellä (bekomat 55). Valun jälkeen huolellinen peittely.

Valu suoritetaan pumppuvaluna ja tiivistys sauvatäryttimellä.

## **Hissikuilun pohja**

Betoni: K35-2 vesitiivis betoni maksimi raekoko #16-32, Xypex-lisäainetta 5kg/m<sup>3</sup>

Hissikuilun pohjalaatan ja seinän työsaumassa käytetään saumanauhaa (Kumoko Top 6) vesitiiviyden varmistamiseksi

Laatijat: Tapio Tuominen, Vastaava työnjohtaja

Juuso Pohjonen, Työnjohtaja

## **Putoamissuojaussuunnitelma**

Rakennusliike Häyrynen Oy

Kohde: Merikotka

Suojakaiteet:

- Suurmuottitoissa muottien omat kaiteet
- Holvivalussa käytetään reunamuottia, jossa on kaiteet. Reunamuotit puretaan juuri ennen kuorielementin asennusta
- Reunamuottikaide toimii holvireunakaiteena suurmuottitöiden ajan
- Holvivalun jälkeen topparikaiteet puretaan uutta käyttöä varten ja tilalle asennetaan holvireunakaiteet
- Suurien aukkojen kohdalla käytetään holvireunakaiteita
- Vesikatolla käytetään harjakattokaiteita
- Parvekkeella käytetään holvireunakaiteita
- harjakatto- ja holvireunakaiteissa juoksuina käytetään 50x100 soiroa

Aukkojen kohdat peitetään vanerilla siten, ettei se pääse liukumaan ja näin ollen aiheuta vaaratilannetta.

Kun kuorielementtiasennus alkaa, reunakaiteet poistetaan ja elementtiasentajat käyttävät turvavaljaita, jotka kiinnitetään siten että kiinnityspiste kestää mahdollisesta putoamisesta aiheutuvan nykäisyn. Kuorielementeissä oleviin ovi- ja ikkuna-aukkoihin kiinnitetään lankusta tehtävät kaiteet.

Haki- ja muissa telineissä käytetään suojakaiteita jos/kun putoamiskorkeus on yli 2 m.

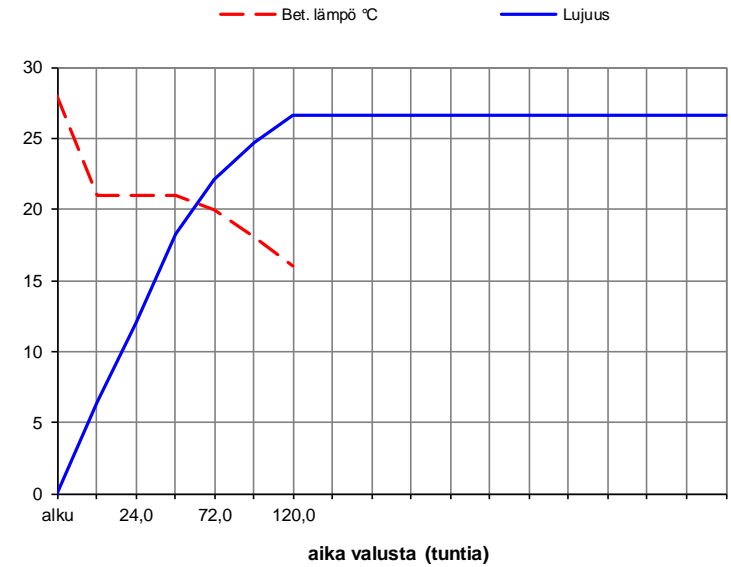
Laatijat: Tapio Tuominen, vastaava työnjohtaja

Juuso Pohjonen, työnjohtaja



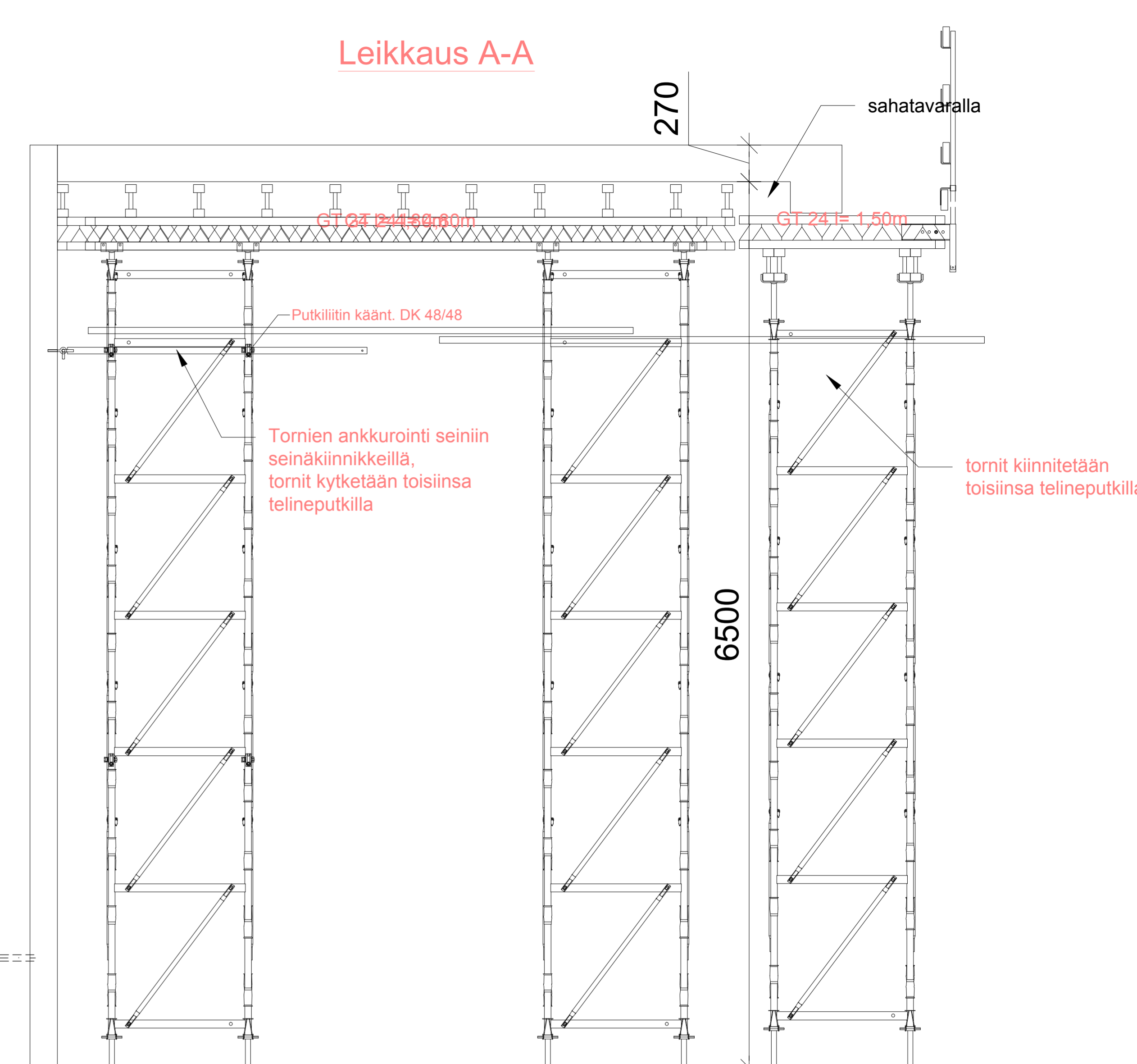
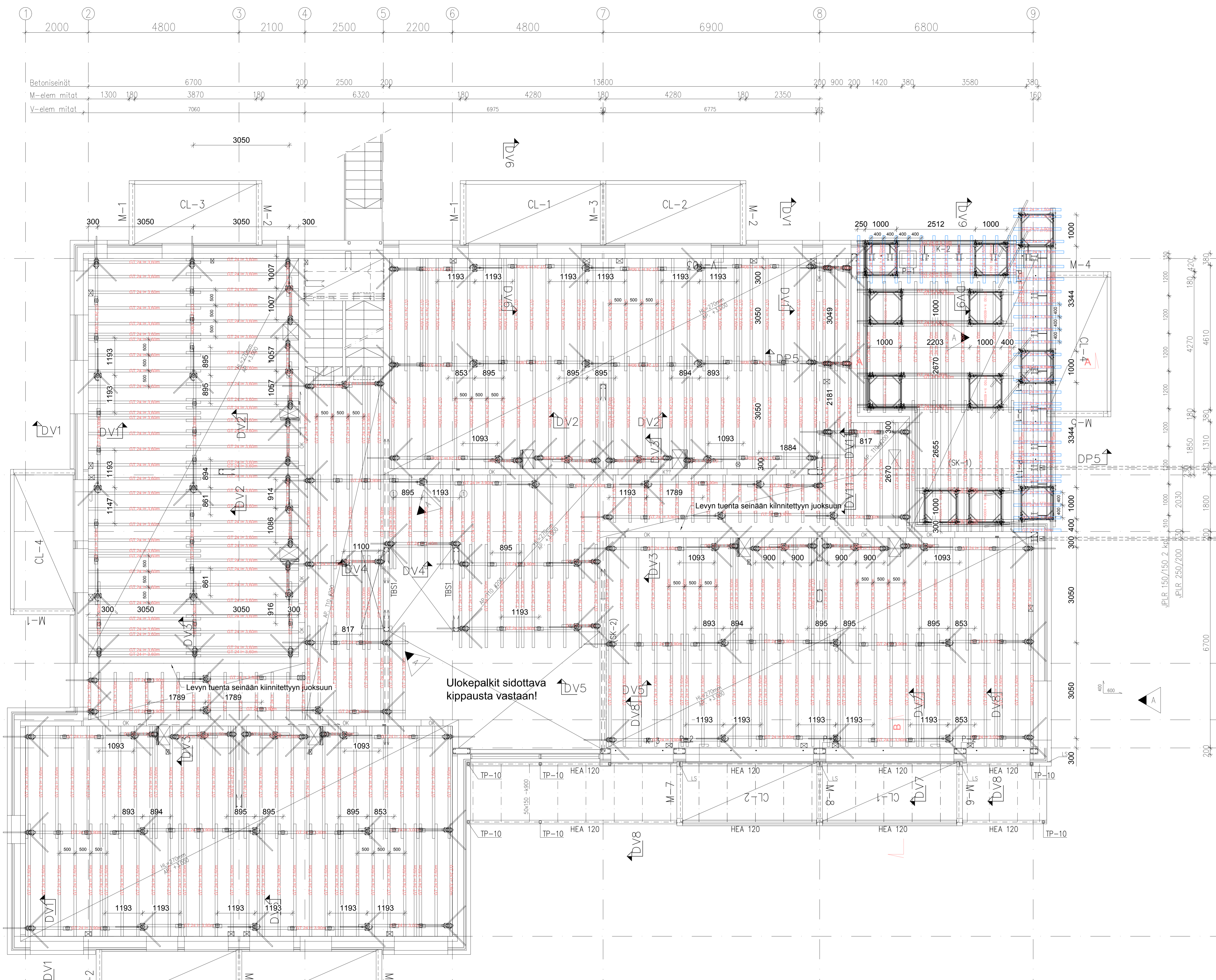
RUSKON BETONI OY - LASKELMA : BETONIN KYPSYYS						POI 30.11.2007		
$T_{20} = \text{Summa} [ ((T_i + 16) / 36)^2 \times t_i ]$ (Sadgrove)						Ti = Betonin lämpötila aikana ti (C) ti = ajanjakso [d] lämpötilassa Ti		
						<b>Tyhjennä tiedot</b>		
Laadunarv. ikä		3 d erittäin nopeasti kovettava betoni (3d = 100% lujuus) 7 d nopeasti kovettava betoni (7d = 100% lujuus) 28 d normaalisti kovettava betoni (28d = 100% lujuus)						
Työmaa		Merikotka						
Lujuusluokka K		30						
Betonilaatu		Rapid-betoni		7 d				
Kohde, valuosa		1. krs:n katto						
Valu pvm		28.03.2013						
aika [h]	Bet. lämpö °C	keskilämpö °C	vrk	yht. vrk	Kypsyyssikä T20	T20 yht	%K	MPa
alku	28,0	-	-	-	-	-	-	-
12,0	21,0	24,5	0,50	0,50	0,63	0,63	22 %	6
24,0	21,0	21,0	0,50	1,00	0,53	1,16	40 %	12
48,0	21,0	21,0	1,00	2,00	1,06	2,22	61 %	18
72,0	20,0	20,5	1,00	3,00	1,03	3,25	74 %	22
96,0	18,0	19,0	1,00	4,00	0,95	4,19	82 %	25
120,0	16,0	17,0	1,00	5,00	0,84	5,03	89 %	27
Mitattu maksimilämpötila 21 °C		Puristuslujuus mittauksen lopussa 27 MPa.						

Betonin lämmön- ja lujuudenkehitys



[Teoreettisen laskelman tulosten käyttö on aina työmaan vastuulla!](#)

02.04.2013 Laatija: Juuso Pohjonen  
nimi



Määrä	Yks	Tuotenumero	Tuote nro	Paino [kg]	Paino yht [kg]
2	kpl	GT 24 -palkki L=0,90m	075100	5,30	10,60
12	kpl	GT 24 -palkki L=1,20m	075120	7,10	85,20
92	kpl	GT 24 -palkki L=1,50m	075150	8,90	819,80
5	kpl	GT 24 -palkki L=2,40m	075240	14,20	71,00
39	kpl	GT 24 -palkki L=3,00m	075300	17,70	690,30
31	kpl	GT 24 -palkki L=3,30m	075330	19,50	604,50
262	kpl	GT 24 -palkki L=3,60m	075360	21,20	5554,40
43	kpl	GT 24 -palkki L=3,90m	075390	23,00	989,00
19	kpl	GT 24 -palkki L=4,20m	075420	24,80	471,20
8	kpl	GT 24 -palkki L=4,80m	075480	28,30	226,40
12	kpl	GT 24 -palkki L=5,10m	075510	30,10	361,20
29	kpl	Kaidetolpan pidike GT 24/VT 20	101290	5,67	164,43
22	kpl	Peruskehys ST 100, sirk.	019900	16,60	365,20
210	kpl	Laikokeliys ST 100, sirk.	019910	6,82	1432,20
210	kpl	Vinoidse ST 100, sirk.	019940	2,29	480,90
44	kpl	Säätöjalka TR 38-70/50, sirk.	019780	5,25	231,00
88	kpl	Säätöjalan sokki, sirk.	019800	0,06	5,54
44	kpl	Tukihaarukka TR 38-70/50, sirk.	019790	6,46	284,24
84	kpl	Putkiin kiinnitetään kaant. DK 48/48	017010	1,40	117,60
50	kpl	Putkiin kiinnitetään suorak. NK 48/48	017020	1,12	56,00
20	kpl	Telineputki 48,3x3,2 L=2,0m	026412	7,10	142,00
20	kpl	Telineputki 48,3x3,2 L=4,0m	026414	14,20	284,00
5	kpl	Multiprop MP 625	027305	34,60	173,00
239	kpl	Holvituki PEP 20-300	103058	16,10	3847,90
128	kpl	Asemustuski Universal, sirk.	028000	9,17	1173,76
129	kpl	Tukihaarukka 20/24 S	028890	3,19	411,51
115	kpl	Välituen haarukka 24 S, sirk.	028890	1,65	189,75
22	kpl	Kiilalukko HL	027790	2,46	54,12
29	kpl	Kaidetolppa SGP 1,75	061280	6,15	178,35
12	kpl	Seinäkinnike UW2 220	102954	9,05	108,60
12	kpl	Seinätalppu UFI 14/70	100696	0,01	0,08
12	kpl	Silmäkkäruuvi UFE 12/90	100693	0,17	2,03

Kokonaispaino: 19 584,82

**MULTIFLEX-HOLVITUENNAAN PERUSTIEDOT:**

TUENNAAN PINTA-ALA	564 m <sup>2</sup>
LAATAN PAKSUUS	270 mm
VAPAAN KORKEUS	3300 mm
MAKSIMI KUORMA HOLVITUELLE	25,0 kN
SÄÄLITTY KUORMA HOLVITUELLE	28,0 kN

HUOMIO VAAKAKUORMITUKSET!

Muuten ja toimitteen kasauksessa on noudatettava PERI Suomi Ltd Oy:n suunnitelmia sekä järjestelmäkohtaisia käyttöohjeita. Tilaja huolehtii rakennustyön mukaisesta pyytämästään, suojalohden, suojakuorusten ja kulkuteiden järjestämisestä ja monikohteisesta sekä vikkoarkistuksesta muutoksen aikana. Suunnitelmissa ja käyttöohjeissa esitellyt sallitut kuormat sekä seinämien vinkkausten ja työntövoimien maksimivälit ei saa ylittää. Huostajavastuun käyttökäytöt toimitaan tilaajalle esittämällä toimituksen yhteydessä. Tilajan vastuus on ohjeesta asennusohjeistosta em. ohjeita. Tilaja vastaa tuennan/tehteen perustamisen suunnittelusta.

Revisio D  
Revisio C  
Revisio B  
Revisio A

14.3.2013/KM Poistettu linjat F palkkiituista

**PERI** PERI Suomi Ltd Oy  
Hakkalaentie 5  
00620 Hyvinkää  
Finland  
puh: 010 8370 723  
fax: 010 2664 666  
email: jouni.kuikka@peri.fi

Yht. J. Kuikka	Päivämäärä 1.3.2013
Projekti Merikotka	Tarkastaja
Selitys 1. kerroksen holvin tuenta	Perustuksen ja siihen liittyvien dokumenttien tekijäkuoleman vuoksi PERI:n omasta.
Järjestelmä Multiflex	Näitä ei saa kopioida tai antaa kolmannelle osapuolelle ilman tekijän suostumusta.
Mittakaava 1:20	Projekti nro 34-2642-B
	Piirustuksen nro 003
	Asiakasto