



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **VUODENAJAN VAIKUTUS RAKENTAMIS- KUSTANNUKSIIN TÄYSELEMENTTIASUIN- KERROSTALOTYÖMAALLA**

Oskari Yli-Hietanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Rakennustekniikka  
Rakennustuotanto



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

YLI-HIETANEN, OSKARI:

Vuodenajan vaikutus rakentamiskustannuksiin täyselementtiasuinkerrostalotyömaalla

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 12 sivua

Toukokuu 2018

---

Työn aiheena oli vertailla eri vuodenaikoina toteutettujen kolmen viisi kerroksisen kerrostalon runkovaiheiden kustannuksia. Vertailu toteutettiin yhdessä Rakennustoimisto Arkta Oy:n kanssa. Vertailulla on tarkoitus selvittää, kuinka paljon vuodenaajat vaikuttavat kustannuksiin, jotta näihin pystyttäisiin varautumaan jatkossa paremmin.

Kohde sisälsi kolme kerrostaloa: Option, Ration ja Fuusion. Jokaiseen rakennukseen tulee 53 asuntoa ja kuusi autotallia. Kohteen asunnot ovat pääsääntöisesti 21,5 neliön yksioita. Jokaisessa talossa kahta saunallista kylpyhuonetta lukuun ottamatta kaikki kohteen kylpyhuoneet toimitettiin elementteinä. Fuusio on peilikuva Option ja Ration nähden, muuten kerrostalot ovat rakenteeltaan ja muodoltaan samanlaisia.

Opinnäytetyössä kerättiin aineistoa materiaalien hinnoista ja menekeistä. Samalla vertailtiin, paljonko vuodenaajat lisäävät tarvittavaa työresurssien määrää. Työ rajattiin rakennusten runkovaiheisiin. Option runkovaihe ajoittui alkusyksyyn. Ration runkovaihe sijoittui loppusyksyyn ja alkutalveen. Fuusion runkovaihe toteutettiin keskitalvella.

Vuodenajoilla on kohtalaisen suuri merkitys ammattimaisessa rakentamisessa. Huolellisella ennakkosuunnittelulla ja rakenneratkaisuilla haittoja pystytään vähentämään, mutta verrattaessa samanlaisia kohteita ammattimaisessa rakentamisessa, talviaikaan kustannukset ovat korkeammat. Työmaan kannalta tärkeintä on varautua kohonneisiin käyttö- ja yhteiskustannuksiin, erityisesti lämmityksen ja suojausten osalta. Lämmitystä ja suojausta tarvitaan riippumatta rakenneratkaisusta. Kustannusten nousulle ei kuitenkaan voida antaa liian isoa merkitystä, koska kohteiden aloituspäätökset riippuvat täysin myynti-/urakkatilanteesta.

---

Asiasanat: vuodenaajat, kustannukset

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Bachelor of Engineering  
Building Production

Yli-HIETANEN, OSKARI:

Seasons Influence to the Building Costs at the Fully Prefabricated Block of Flats Worksite

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 12 pages  
May 2018

---

Works theme was to compare the costs of frame erections in the building of three five-floor fully prefabricated block of flats. The comparison was implemented along with Rakennustoimisto Arkta Oy. The goal of the comparison was supposed to clarify how much seasons of the year affect the costs so that it would be possible to allocate resources better in future.

This study included three blocks of flats: Optio, Ratio and Fuusio. Fuusio is mirror image of Optio and Ratio, otherwise the buildings have the same structures and shapes. Each building will have 53 flats and six garages. The flats are in general 21,5 square studio apartments. In each house, except for two flats with saunas, every bathroom was supplied as elements.

Data on the sales and prices of materials were collected on this study. At the same time a comparison was made on how much seasons increase the amount of required work resources. Furthermore, the prices of different material deliverers and tool rental agencies were also compared.

Work was delimited to buildings frame erections. Optio's frame erection took place in early fall. Ratio's frame erection was done at the end of the fall and in early winter. Fuusio's frame erection was conducted in the middle of winter.

---

Key words: seasons, costs

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	RAKENTAMISEN KASVU.....	7
	2.1 Vuodenajan ja olosuhteiden vaikutus rakentamiseen .....	7
	2.2 Talvibetonointi suunnitelma .....	8
3	YRITYS.....	9
	3.1 Arkta .....	9
	3.2 Rakennustoimisto Arkta Oy.....	9
	3.3 Rakennusliike Reponen Oy .....	9
4	RAKENNUSKOHDE .....	10
	4.1 Rakenneratkaisut.....	10
	4.2 Urakoitsijat ja sopimussuhteet .....	11
5	TYÖMAAN RUNKOVAIHEEN LÄMMITTYS.....	13
	5.1 Runkovaiheen lämmityskalusto .....	13
	5.1.1 Kaasulämmitin .....	13
	5.1.2 Kuumavesikiertolämmitin.....	14
	5.1.3 Sähkölämmitin .....	14
6	RUNKOVAIHEET AJANKOHDAT .....	16
	6.1 Optio .....	16
	6.2 Ratio.....	16
	6.3 Fuusio.....	17
7	KUSTANNUSVERTAILU .....	19
	7.1 Elementtiasennus .....	20
	7.1.1 Optio.....	20
	7.1.2 Ratio .....	20
	7.1.3 Fuusio.....	20
	7.2 Rakenteiden kuivatus .....	21
	7.3 Ikkuna ja parvekeoviasennus .....	22
	7.4 Talvitöistä aiheutuneet kustannukset .....	23
	7.4.1 Ration talvikustannukset .....	25
	7.4.2 Fuusion Talvikustannukset.....	25
8	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET .....	29
	Liite 1. Talvibetonointiohje Rudus.....	29
	Liite 2. Kohteen aikataulut .....	39

**ERITYISSANASTO**

Täyselementtikerrostalo    Ulkoseinien ja parvekerakenteiden lisäksi väliseinät, välipohjat ja kylpyhuoneet toteutetaan elementteinä.

Thermon                      Kuumavesikiertoinen lämmitin

## 1 JOHDANTO

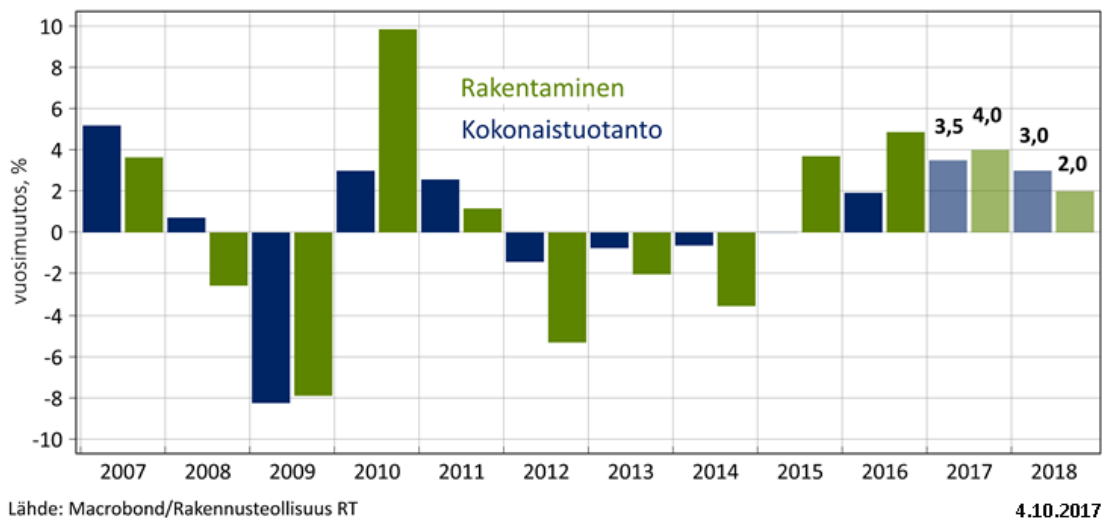
Talvikausi on se aika vuodesta, jolloin vuorokautinen keskilämpötila on nolla celsiusasteen alapuolella. Etelä-Suomessa talven pituus on keskimäärin viisi kuukautta, kun tähän lisätään vuotuiset kylmät jaksot syksyisin ja keväisin, koskevat talvityöjärjestelyt noin puolta vuotuisesta rakennusajasta. Siksi Suomessa on hallittava keinot ja menetelmät, sekä materiaalit, joilla laadukas ja kustannuksiltaan kilpailukykyinen rakennus pystytään tekemään myös talviolosuhteissa. Talvirakentaminen lisää pääsääntöisesti rakennusmateriaalien kulutusta ja työmenekkiä. Tästä huolimatta hankkeen kokonaiskustannukset voivat olla samansuuruiset vastaavan hankkeen kanssa, joka on toteutettu kesäaikaan. Tämä johtuu pientalojen kysynnän vähenemisestä ja resurssien vapautumisesta.

Tärkeintä talvirakentamisessa on riittävä suunnittelu, jolla talvirakentamisesta johtuvat lisäkustannukset, materiaalihukat, työmiesten kasvaneet energiankulutukset kylmän sään osalta ja varata riittävästi resursseja työvaiheiden yhteydessä tapahtuvaa suojausta varten. Hyvällä rakenneteknisellä suunnittelulla pystytään minimoimaan talvesta aiheutuneet haitat.

## 2 RAKENTAMISEN KASVU

Suomen talous kääntyi pieneen nousuun vuonna 2016, joka kiihdytti rakentamisen kasvua 6,5 prosenttiin. Suomen talouskasvu oli tuolloin rakentamisen harteilla. Rakentamisen kasvu jatkui vuonna 2017 noin neljän prosentin vauhtia ja rakentamisen määrä ylitti vuoden 2008 finanssikriisisiä edeltäneen tason. Suomen talous kasvoi 3-4 prosenttia vuonna 2017, joten talouskasvu siirtyi rakentamisen harteilta. Vuonna 2017 aloitettiin 43 000 asunnon rakentaminen, joka on 7000 asuntoa enemmän vuoteen 2016 verrattuna. (RT suhdannekatsaus.) Kuvassa 1. käy ilmi Suomen rakentamisen kehitys.

### Kokonaistuotannon ja rakentamisen määrän kehitys



Kuva 1. Kokonaistuotannon kehitys rakennusallalla (Rakenneteollisuus RT)

### 2.1 Vuodenajan ja olosuhteiden vaikutus rakentamiseen

Vuodenajoilla on suuri vaikutus rakennusalan resursseihin. Talvirakentaminen lisää resursien tarvetta pidempien rakennusaikojen ja haastavien olosuhteiden takia, mutta resursseja on enemmän saatavilla pientalorakentamisen vähennyttä. Tämän takia materiaalitointajat laskevat hintojaan korjataksees talvikauden tulosta. Vuodenaikojen vaihtelu vaikuttaa rakentamiseen huomattavasti, ja syys- ja talvikausi lisäävät rakentamisen häiriötekijöitä. Valon tarve lisääntyy, lumen tulo ja kylmyys vaikeuttavat työvaiheiden toteutusta, suojauskien tarve kasvaa ja jäätymisen estämiseksi tarvitaan lisälämmitystä. Myös työmaan sähkönkulutus nousee merkittävästi talvikautena. Työjärjestelyt ja niiden toteutukset pyritään suunnittelemaan sellaiselle ajankohdalle, jotta suurilta työnaikaisilta

järjestelyiltä säästytäisiin, esim. rakennuksen valutyöt pystyttäisiin toteuttamaan normaaleilla massoilla ilman talvibetonointia. (VTT tutkimus ilmastonmuutos)

## 2.2 Talvibetonointi suunnitelma

Talvirakentamisessa tulee varautua suuriin häiriötekijöihin, kuten myrskyihin, pakkasiin ja vesi- ja lumisateisiin, jotka hidastuttavat rakentamista huomattavasti. Tavanomaisella rakennustyömaalla voidaan varautua ns. suurhäiriötekijöihin suunnitelmalla aikataulut ilman häiriötekijöitä ja varaudutaan aikataulusuunnittelussa suurhäiriövarausta kokonaisajasta laskettuna:

- Perustusvaiheen työt 5 %
- Runkovaiheentyöt 10 %
- sisävalmistusvaiheentyöt 2 %

Talvirakentaminen aiheuttaa vaaraa myös työntekijöille. Talviolosuhteet lisäävät muun muassa liukkautta, mahdollisia kylmäästä säästä aiheutuneita paleltumia ja heikentävät näkyvyyttä. Talvirakentamisessa on syytä toteuttaa talvityösuunnitelma, jota noudattamalla pystytään minimoimaan talvesta aiheutuneet haitat. Suunnitelmassa tulisi käsitellä seuraavat asiat:

- vastuuhenkilöt
- ajanjaksot, jolloin säähaitat ovat todennäköisiä
- suojausten tarve ja tarvittava kalusto suojaamiseen
- lisälämmityksen tarve ja tarvittava lämmityskalusto
- valaistuksen tarve
- herkät työvaiheet, esimerkiksi betonointityöt ja huopatyöt
- liukkauden torjunta erityisesti kulkuteillä
- riittävästi suojatut varastointialueet herkästi vahingoittuvalle materiaalille
- mahdolliset materiaalihukat

Talvisuunnitelman teossa on hyvä käyttää jo olemassa olevia pohjia ja liitteenä 1. on Rukduksen talvisuunnitelmapohja.

Materiaalikustannuksia nostavat käytettävän materiaalin vaihto talviolosuhteisiin sopivaksi. Esimerkiksi talvirakentamisessa käytettävän pakkasbetonin hinta on lähes kaksinkertainen normaalisti kovettuvaan nähden. (Ratu talvityöt 2010)



### **3 YRITYS**

Arkta Oy on pirkanmaalainen perheyriutus, joka on perustettu vuonna 1988. Arkta on ollut perustamisestaan saakka Kiiverin perheen omistuksessa ja johdossa. Rakennusneuvos Esa Kiiveri toimii tällä hetkellä toimitusjohtajana Arkta konsernissa. Wiola Kiiveri toimii markkinointipäällikkönä Arkta-kotien puolella. Konserni jakautuu urakoinnin suorittamaan Rakennustoimisto Arktaan ja kohteet rakennuttavaan Arkta rakennuttajiin.

#### **3.1 Arkta**

Arkta Oy tuottaa tarvittavat tukipalvelut tytäryrityksille. Emoyhtiö hoitaa muun muassa palkanlaskennan kirjanpidon järjestämisen. Arkta Rakennuttajat Oy:n toimitusjohtajana on Ismo Penttilä. Rakennuttajien tehtäviin kuuluu kohteiden suunnittelu ja projektin johtaminen.

#### **3.2 Rakennustoimisto Arkta Oy**

Rakennustoimisto Arktan toimitusjohtajana toimii Jukka Pääkkönen. Rakennustoimiston puolella työskentelee projektiorganisaation toteuttava osa sekä hankinta ja laskenta. Tällä hetkellä Työmaatoimihenkilöitä on 24 ja työntekijöitä on 27. Rakennustoimisto Arkta on urakoitavien kohteiden päätoteuttaja. Rakennustoimisto Arktan liikevaihto oli noin 30 miljoonaa euroa vuonna 2017.

#### **3.3 Rakennusliike Reponen Oy**

Loppuvuodesta 2017 Arkta Oy laajensi toimintansa yritysostolla pääkaupunkiseudulle. Arkta Oy osti Rakennusliike Reponen tytäryhtiöineen. Reposella on vahva taito kilpailu- ja neuvottelu-urakoissa sekä etenkin puu- ja passiivirakentamisessa. (Lehdistötiedote 2017 Arkta.)

## 4 RAKENNUSKOHDE

Tämän opinnäytetyön kohteen oleva rakennustyömaa käsittää kolme erillistä asuntosakeyhtiötä, As Oy Tampereen Vuoreksen Optio, As Oy Tampereen Vuoreksen Ratio sekä As Oy Tampereen Vuoreksen Fuusio. Kohde rakennetaan Tampereen kaupungin omistamalle tontille, joka on jaettu hallinnanjakosopimuksella eri yhtiöille. Optio on Arktalle perustajaurakointikohde eli ns. gryndikohde. Seuraavat kohteet Ratio ja Fuusio on myyty kokonaisina yhtiöinä Suomen Asuntoyhtymälle.

Kohteet ovat viisikerroksisia asuinkerrostaloja. Pääosa asunnoista on yksiöitä ja kaikkiaan jokaisessa talossa on 53 asuntoa. Pohjaratkaisut ovat taloissa lähes identtiset, joten toteutuvat kustannukset ovat vuodenaikaa lukuun ottamatta vertailukelpoisia. Kuvassa 2. nähdään arkkitehdin näkemys kohteesta sen valmistuttua.



Kuva 2. Havainnekuva kohteesta sen valmistuttua. (Kari Airtto 2017)

### 4.1 Rakeneratkaisut

Kohteessa on pääosin pieniä asuntoja ja suunnitteluvaiheessa on päätetty toteuttaa huoneistojen väliset seinät teräsbetonelementteinä. Tästä syystä välipohjaelementteinä käytetyt ontelolaatat ovat erittäin lyhyitä. Lyhyt jänneväli aiheuttaa ison määrän laattojen välisiä päätysaumoja ja asennettavien elementtien suuren määrän suhteessa huoneistoalaan. Tämä pidentää rungon kiertoa ja vaikeuttaa talvitöiden toteutusta. Asuntojen

kylpyhuoneet ovat Parmarisen toteuttamia täyselementtejä. Ratkaisu lyhentää kokonaisrakennusaikaa, kun aikaa vievät märkätilatyöt tehdään suojatuissa tehdasolosuhteissa, mutta pidentävät hieman rungon kiertoa elementtimäärän lisääntyessä. Väestönsuojan yläpuolisen lattiat täytettiin leca-soralla. Lattiarakenteen tuuletus hoidetaan tarvittaessa 110mm salaojaputkilla, jos rakenteen sisään pääsee kosteutta. Päälle laitetaan kaksinkertainen EPS-eristelevy ja tämän jälkeen valetaan huoneiston lattia. Lattiarakenne nähdään kuvassa 3. Tällä rakenneratkaisulla saadaan lattiarakenne irtonaiseksi väestönsuojan katoista. Yläpohja on verrattain yksinkertainen rakenne, jonka ansiosta rakennus saatiin sääsuojan alle nopeasti. Vesikatto toteutettiin valmiiksi kootuilla nr-pukeilla ja vesikatteenä toimii raakaponttilaudoituksen päälle asennettu kaksinkertainen huopakate.



Kuva 3. Väestönsuojan yläpuolinen lattiarakenne

#### 4.2 Urakoitsijat ja sopimussuhteet

Kohteen pääurakoitsijana toimii Rakennustoimisto Arkt Oy. Arkt toimii myös työmaapalveluista vastaavana urakoitsijana. Arkt tekee omana työnä mm. elementtiasennuksen aputyöt, kaidetyöt, raudoitukset ja betonointityöt. Myös kohteen työnjohto on Arktan palveluksessa. Maanrakennusurakoitsijalle kuuluu louhinta, kaivuu ja täyttötöyt koko rakennusalueella. Maanrakentajan rooli on erityisen iso työmaan alkuvaiheessa, mutta vähenee merkittävästi runkovaiheeseen siirryttäessä.

Kohteen asennusurakoitsijana toimii Lamminsivu Oy. Lamminsivun urakkasisältöön kuuluu elementtiasennuksen suunnittelu ja aikatauluttaminen, elementtitilaukset, nostosekä asennuskaluston hankinta ja itse elementtiasennus. Huoneistojen välisten elementtien saumavalun toteutti Betoco. Lvis-urakoitsijat tahdistavat runkoon liittyvät asennukset pääurakoitsijan tekemän runkoaikataulun mukaisesti. Rungon edetessä urakoitsijat jatkavat omia asennuksiaan alemmissa kerroksissa, esim. patteriasennukset ja elementtien kaapeloinnit. Putki- ja sähköurakoitsijalle on sisällytetty työnaikaisia asennuksia, kuten väliaikaisten lämmitysten asennukset ja työmaasähköjen kytkentä.

## 5 TYÖMAAN RUNKOVAIHEEN LÄMMITTYS

Kuivatusta suunniteltaessa täytyy aina ottaa huomioon vuodenajat. Talvella rakenteet pystytään parhaiten kuivamaan nostamalla rakennuksen sisälämpötilaa. Lämpötilan nosto pitää suhteellisen ilmankosteuden matalana ja korkea lämpötila siirtää kosteutta pois rakenteista. Keväisin ja loppusyksyisin rakenteiden kuivumista pystytään nopeuttamaan lisäämällä ilmanvaihtoa. Yleiset rakenteiden kuivatus menetelmät ovat rakenteiden luonnollinen kuivaminen, lämpötilan nostaminen, ja ilmavirran lisääminen. Rakenteita on kuivatettava, jotta kosteus poistuu rakenteista ja pintamateriaalit voidaan asentaa. (Kosteudenhallinta)

### 5.1 Runkovaiheen lämmityskalusto

Työmaalla käytettiin sähkölämmittimiä, kuumavesikiertolämmittimiä ja pieniä sähköpuhaltimia. Rungon lämmitys hoidettiin pääsääntöisesti Remkon kaasulämmittimillä, joka nähdään kuvassa 4.



Kuva 4. Remkon kaasupoltin.

#### 5.1.1 Kaasulämmitin

Remkon nestekaasukäyttöiset lämpöpuhaltimet ovat tehokkaita ja nopeita lämmöntuottajia. Puhaltimia on saatavilla 10 kW:n tehoisista aina 100 kW:iin saakka. Lämmittimissä on tehokas puhallin, jonka avulla saadaan suuriakin tiloja lämmitettyä tehokkaasti.

Laitteen huonoja puolia on suuri kaasunkulutus ja laitetta voi käyttää vain hyvin tuuletuissa tiloissa. (polartherm)

### 5.1.2 Kuumavesikiertolämmitin

Rakenteiden kuivatukseen käytimme työmaalla kuumavesikiertolämmittimiä. Työmaalla oli käytössä kuvan 5. mallinen El-björn lämmitin. Lämmittimissä on kuudella ilmanpoistaukolla varustettu tekstiili-ilmanjakaja, jolla ilma pystytään jakamaan tehokkaasti. Tällä pystytään lämmittämään jopa 600 neliön tilat. Kylmyys on kuumavesilämmittimien haittapuolia. Jos tilan lämpötila putoaa alle viiden asteen ja lämmittimen teho ei yksinään riitä ylläpitämään sitä, niin kone sammuttaa itsensä. Tämä johtuu lämmittimien automaattisesta katkaisusta, joka estää koneen jäätyksen. Myös suodattimet tukkiutuvat helposti ja niitä joudutaan vaihtelemaan usein. (elbjorn kuivatusjärjestelmä)



Kuva 5. Kuumavesilämmitin eli ns. thermon.

### 5.1.3 Sähkölämmitin

Lämmityksessä käytimme myös 3 kW:n sähköpuhaltimia kohteiden autotalleissa. Sähköpuhaltimiin päädyttiin, koska nämä olivat helppo kiinnittää rakennuksen kattoon lattiavalojen ajaksi. Sähkölämmittimet ovat varmoja ratkaisuja pienien tilojen tilapäisiin

lämmityksiin, mutta aiheuttavat taas suuren rasituksen työmaa-aikaiselle sähkönkulutukselle. Kuvassa 6. nähdään työmaalla käytettävä sähkölämmitin.



Kuva 6. Rakentamisen aikainen sähköpuhallin.

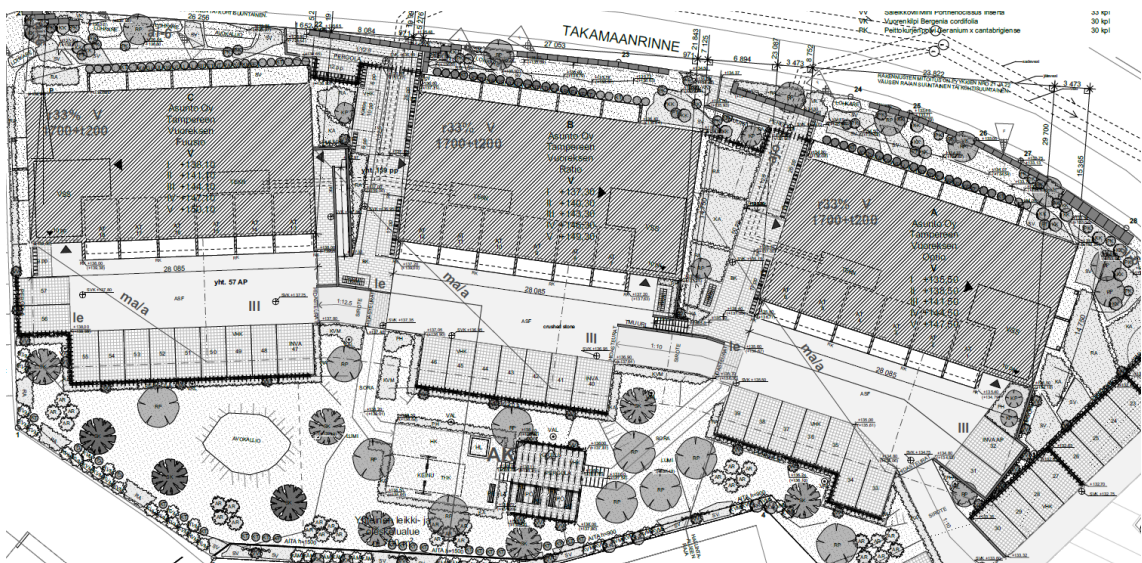


## 6 RUNKOVAIHEET AJANKOHDAT

Työn vertailu rajattiin runkovaiheeseen, koska kohteen perustukset ehdittiin rakentaa ennen talvitöitä, ja sisävaiheessa vuodenaikojen vaikutus on hyvin pieni ja se näkyy ainoastaan kasvaneina materiaalikustannuksina.

### 6.1 Optio

Option runkovaihe alkoi vuoden 2017 loppukesästä ja ajoittui säiden kannalta kohtalaisen hyvään aikaan. Koko runkovaihe voitiin tehdä ilman rungon lisälämmitystä ja erittäin vähäisillä suojuuksilla. Betonointi voitiin toteuttaa tavanomaisilla rakennemassoilla eikä nopeasti kovettuville massoille ollut tarvetta. Märkä alkusyksy aiheutti isoja haasteita kosteuden hallinnalle. Option runkovaihe oli haasteellinen toteutuksen osalta virheiden vuoksi. Suunnitelmat pystyttiin korjaamaan Ration ja Fuusion runkovaiheessa. Kuvassa 7. on kohteen asemapiirros, josta nähdään kohteen sijainti.



Kuva 7. Kuvassa on kohteen asemapiirros

### 6.2 Ratio

Ration runkovaihe alkoi syksyllä 2017 heti Option runkovaiheen perään. Ration runkovaihetta haittasi kostea syksy, mutta muutoin sääolosuhteet olivat suotuisat. Rungon loppuvaiheessa käytettiin betonimassoissa rapidsementtiä ja massan lujuusluokkaa nostettiin viileistä öistä johtuen. Kehnojen sääolosuhteiden takia Ration autotallien lattiat



jouduttiin jättämään valamatta, jotta MasterTop-lattiat säilyisivät hyvinä. Tämän lisäksi otettiin käyttöön nestekaasukäyttöiset lämmittimet. Työmaa sijaitsee juuri kaavoitetulla alueella, eikä kaukolämpörunkolinjoja oltu tehty valmiiksi tonttirajalle. Tästä johtuen kaasulämmittimiä jouduttiin käyttämään myös alempien kerrosten lämmittämiseen. Myös työnaikaiseen suojaukseen jouduttiin käyttämään merkittävästi isompaa työpanosta kuin Optiossa. Kuvassa 8. nähdään työmaan sisäpiha huhtikuussa 2018.



Kuva 8. Kohteen tilanne huhtikuussa 2018.

### 6.3 Fuusio

Fusion runkovaihe ajoittui kelien puolesta haastavaan ajankohtaan. Runkovaiheessa haittaa aiheuttivat vesisateiden lisäksi voimakkaat tuulet, lumisateet ja kiristyneet pakkaset. Kaikissa valuissa jouduttiin käyttämään lämmitettyjä, nopeasti kovettuvia -ja lujuusluokaltaan lujempia massoja. Myös lämmitykseen jouduttiin kiinnittämään paljon resursseja. Työnaikaista rungon lämmitystä helpotti lämmönvaihtimen käyttöönotto, jolloin osa alempien kerrosten lämmöntarpeesta pystyttiin tuottamaan kaukolämpöä hyödyntäen vesikiertoisilla kuumavesilämmittimillä. Oman haasteensa aiheutti vuodenvaihteen toimitusviiveet kylpyhuone-elementeissä ja siitä seurannut runkovaiheen pidentyminen. Myös

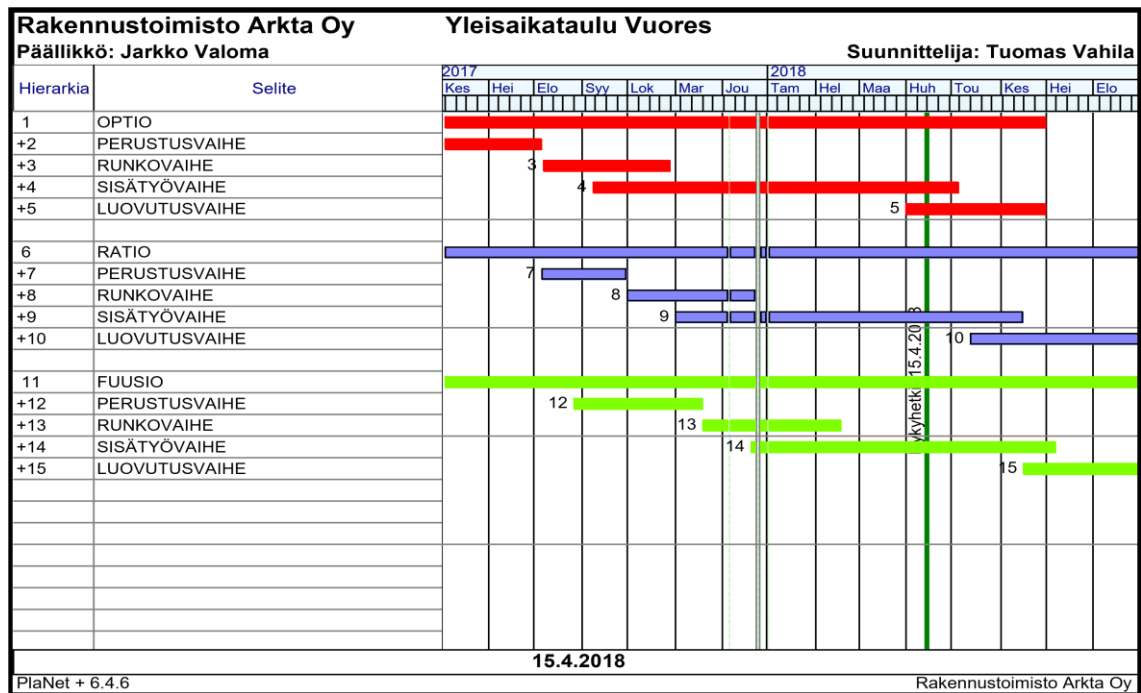
joulun välipäivät ja uusivuosi aiheuttivat merkittävästi isomman suojaustarpeen pitkien pyhien vuoksi. Kuvassa 9. nähdään kohde tammikuussa 2018. Tällöin Fuusion runko-  
vaihe oli neljännessä kerroksessa.



Kuva 9. Kuvassa nähdään rakennuskohde Fuusion rungon ollessa rakennusvaiheessa.

## 7 KUSTANNUSVERTAILU

Kustannusvertailussa huomioitiin rakennusten rakentamisajankohdat, joiden avulla tuloksista saatiin vertailukelpoisia. Runkovaiheet toteutettiin jokaisella talolla eri vuodenaikaan. Option runkovaihe toteutettiin kesällä, Ration runkovaihe toteutettiin syksyllä ja Fuusiolla ajankohta sijoittui talveen. Kuvassa 10. on kohteen karkea aikataulu. Liitteenä 2. on kohteen tarkemmat aikataulut.



Kuva 10. Kuvassa nähdään kohteen karkea aikataulu.

Taulukossa nähdään kooste, kuinka paljon talvikustannuksia aiheutui yhteensä Ratiolle ja Fuusiolle (taulukko 1). Optiossa runkovaihe ehdittiin toteuttamaan ennen talven tuloa.

Taulukko 1. Rakennuksille aiheutuneet talvikustannukset yhteensä.

Aiheutuneet talvikustannukset taloittain	
Option kustannukset yht.	0,00 €
Ration kustannukset yht.	31 266,18 €
Fusion kustannukset yht.	37 705,05 €

## 7.1 Elementtiasennus

### 7.1.1 Optio

Option runkovaihe ajoittui kesään ja alkusyksyyn. Runsaat sateet aiheuttivat ongelmia kosteuden hallinnassa, mutta lämpötilat pysyivät 10 celsiusasteen yläpuolella koko runkovaiheen ajan. Tämän ansiosta työnaikaisia suojuuksia runkovaiheen aikana ei tarvittu. Elementtiasennuksessa pystyimme käyttämään pelkästään kesämallin elementtien asennusmassoja ja lämmitystä ei tarvittu ollenkaan.

### 7.1.2 Ratio

Ration runkovaihe sijoittui loppusyksyyn ja alkutalveen. Lämpötila putosi öisin nolla celsiusasteen alapuolelle ja tämän takia sementti vaihdettiin rapidsementtiin. Suunnitelmissa ilmoitettuja betonin lujuusluokkia nostettiin rungolla C25/30:stä isompaan C30/37:ään, jotta tarvittava nimellislujuus  $5 \text{ MN/m}^2$  saavutettaisiin mahdollisimman nopeasti. Elementtiasennuksessa kolme ensimmäistä kerrosta pystyttiin toteuttamaan kesämassoilla ja kaksi ylintä kerrosta tehtiin talvimassoilla. Ratiolla otettiin käyttöön runkovaiheen aikaiset Remco-merkkiset kaasulämmittimet. Kaasulämmittimillä ylläpidettiin ontelokentän alapinnan lämpötilaa, jolla saatiin jäätyminen estettyä ja jäätymslujuus  $5 \text{ MN/m}^2$ :n kehitys varmistettua. Kaasulämmittimillä pystyttiin aloittamaan rakenteiden kuivaus ennen kaukolämmön kytkentää ja kuumavesilämmittimien asennusta. Ratiolla käytettiin väliaikaisia ikkuna- ja parvekeovisuojia lämpötilan ylläpitämisen vuoksi.

### 7.1.3 Fuusio

Fuusion runkovaihe ajoittui keskitalveen. Fuusion runkovaiheella päivän keskilämpötila oli nolla celsiusasteen alapuolella. Tämä lisäsi suuresti runkovaiheen työn haastavuutta kylmien tuulten ja lumisateiden takia. Fuusiolla holvin juotoksissa otettiin käyttöön pakasbetoni, jonka avulla pystyimme juottamaan ontelokentän kylmemmällä säällä. Pakasbetonin käyttö on kaksinkertaisesti kalliimpaa kuin normaalisti kovettuvan betonin ja sitä joudutaan toimittamaan pienemmissä erissä normaalisti kovettuvaan betoniin nähden. Kaukolämpö saatiin kytkettyä ja lämmönvaihdin asennettua rungon aikana, joten alempia kerroksia lämmitettiin kaukolämmön ja vesikiertoisten termonien avulla. Kylmien pakasjaksojen vuoksi kaasulämmittimiä pidettiin täydellä teholla ja tämä lisäsi kaasun

kulutusta huomattavasti. Lumisateiden takia suojausta lisättiin holvin elementtiasennuksessa. Toisessa ja kolmannessa kerroksessa suojasimme koko ontelokentän, mutta suurten lumisateiden takia kevytpeitteiden nostaminen lumesta osoittautui haasteelliseksi ja työlläksi raskaan lumen vuoksi. Kevytpeitteet eivät kestäneet lumesta aiheutunutta kuormaa nostamisen aikana. Rungolla jouduimme käyttämään myös ulkopuolista urakoitsijaa, joka höyrytti ontelosaumat sulaksi ennen juotosvalua. Höyrytyksestä aiheutuneet kosteudet haittasivat sisävaiheen töitä, koska höyrytyksen aikana kosteutta oli päässyt onteloiden sisälle ja kovien pakkasten vuoksi kosteus oli jäänyt sinne. Kuvassa 11. nähdään Fuusion ylimmän holvin höyrytys ennen höyrynsulkukermin asennusta.



Kuva 11. Holvin sulatus ja kuivaus. (Kuva: Kimmo Salonen 2018)

## 7.2 Rakenteiden kuivatus

Rakenteiden kuivatus tapahtui Optiossa kaukolämpöön kytketyillä kuumavesikiertolämmittimillä. Kerrokseen lisättiin simpukkamallin puhaltimia varmistamaan riittävä ilmankierto.

Ratiossa rakenteiden kuivatus aloitettiin ensimmäisissä kerroksissa pelkästään kaasupuhaltimilla, joilla lämmitettiin useampaa kerrosta yhtäaikaisesti. Tämä lisäsi lämmityskustannuksia kaasun suuren menekin vuoksi. Kaukolämpö saatiin käyttöön vasta marraskuussa, jonka jälkeen kytkettiin kuumavesikertoiset puhaltimet.

Fuusiossa kaukolämpö kytkettiin hyvissä ajoin runkovaiheen aikana, joten rakenteiden kuivaus päästiin aloittamaan jo runkovaiheessa-. Koviin pakkasten vuoksi kaasun kulutus ei vähentynyt, koska kuumavesilämmittimien teho ei yksin riittänyt ylläpitämään runkovaiheen tarvittavaa lämpötilaa.

### 7.3 Ikkuna ja parvekeoviasennus

Ikkunatoimittajan toimitusvaikeudet vuoden 2017 lopusta vaikeutti Ration runkovaiheen toteutusta erityisesti lämmityksen osalta. Option ja Ration kaikki ikkunat haalattiin erikseen kerrokseen runkovaiheen päätyttyä. Ikkunatoimittaja korvasi ikkunasuojauksesta syntyneet kustannukset, jotka ovat nähtävissä taulukossa (taulukko 2).

Taulukko 2. Ikkunatoimittajalle aiheutuneet kustannukset

Mitä tehty	Materiaali	Kustannus	Työkustannus		Yhteensä
Ikkunasuojat Juha 16h	Lautaa muovia sinkilä	325€, 236,6€, 8,95€	40€/h*16=640€		1 210,55 €
Haalauksen jäljiltä korjaus 2h Juha			40€/h*2=80€		80 €
Ikkunasuojat Janne ja Kari 20h	Lautaa muovia sinkilä		40€/h*20h*2=1600€		1 600 €
Ikkunasuojaus Juha ja Hanno 32h	Lautaa muovia sinkilä		40€/h*32h+35€/h*32h = 2400€		2 400 €
			Yhteensä + 12 % yhteiskulu		5 290,55 €
			<b>Yhteensä</b>		<b>5 925,42 €</b>

Fuusiolle ikkunatoimittaja pystyi toimittamaan ikkunat ja parvekeovet aikataulussa. Rungon kiertoon nähden saimme rakenteet tiiviiksi, jotta päästiin aloittamaan rakennuksen lämmitys ja kuivaus mahdollisimman alussa. Ennen ikkunoiden toimitusta asensimme lämmityksen vuoksi väliaikaisia ikkuna- ja parvekeovisuojia, joiden ansiosta rakennuksessa pystyttiin pitämään tarvittava lämpötila yllä. Lämpötila oli erityisen tärkeä



runkovaiheen betonointitöiden ja kosteudenhallinnan kannalta. Kuvassa 12. nähdään väliaikaisten parvekeovi- ja ikkunasuojien mallit.



Kuva 12. Kuvassa nähdään väliaikaisia ikkuna- ja ovisuojia

#### **7.4 Talvitöistä aiheutuneet kustannukset**

Materiaalikustannuksissa on runkovaiheen aikaisen materiaalien ja tarvikkeiden määrät ja hinnat. Taulukoissa on huomioitu työkalut, jotka ovat välttämättömiä hankkia rakennustyömaalle kuten lumikolat, lumilapiot ja hiekoitussepelit (taulukko 3). Runkovaiheelle tilasimme monelta eri toimittajalta materiaaleja ja samalla pystyimme helposti vertailemaan hintoja. Vuokraamoiden taulukoissa on huomioitu runkovaiheen aikaisen lämmityksen aiheuttamat kustannukset. Näitä kuluja ei ollut ollenkaan Optiossa, joten runkovaiheen ajoitus kesälle ja keväälle vähentäisi huomattavasti resursseja.

Taulukko 3. Tarviketoimittajien materiaalikustannuksia ja vuokraamon kustannukset.

Kiinnikekolmio:	kpl
Poltinsarja 50mm	1
Poltinsarjan letku	1
Lehtipuhallin stiga	1
Lumilapio	3
Kaasupullo + täyttö	2
Korkeapainesäädin kierettävä murtoventtiili	1
Bet kaapeli 3,3m	25
Bet kaapeli 10m	15
Bet kaapeli 20m	15
Bet kaapeli 35m	10
Yht.	2508,49€

Stark	Kpl
Lumilapio	3
Valueriste 100m2	2
Mökkiovi	13
Lumikola masi	2
Lumentyönnin	3
Hiekoitussepele lava 3,5e/säkki	4
Kevytpeite	50
raskaspeite 600g	15
Yht.	3918,40€

Promart:	kpl
Lumikola	4
Sulatusaine 25 kg	2
Bet kaapeli 3,3m	10
Bet kaapeli 10m	10
Bet kaapeli 20m	10
Bet kaapeli 35m	10
Lumen työnin	5
Nestekaasu 11 kg	2
Poltinsarja	1
Yht.	2040,60€

Ts el	kpl
Betonilämpöanturi	100
Mittari	1
Bet kaapeli 3,4m	10
Bet kaapeli 10m	10
Yht.	536,60 €
Kustannukset yht.	9004,09€

Ramirent	kpl	Hinta yht
Kaasulämmityksen asennus	1	586,50 €
Neskaasupullo	5	5 700,00 €
Pullojen täyttö	9	14 985,00 €
Kuumailmapuhallin remko	12	5 040,00 €
Paineensäädin	4	312,00 €
Jakoletku	4	312,00 €
Jakotukki	2	264,00 €
Lämpöpuhallin el-björn	6	1 173,60 €
Yht.		28 373,10 €

Cramo	kpl	Hinta yht
Kuumavesilämmitin	7	3 368,40 €
T haara, sulku, letkut	7	3486,00€
Yht.		6 854,40 €



### 7.4.1 Ration talvikustannukset

Ration runkovaiheen aikana talvi alkoi tehdä tuloaan. Yöt alkoivat olemaan pakkasen puolella. Sää aiheuttivat haasteita lämpötilan vaihdellessa suuresti nolla celsiusasteen molemmin puolin. Tästä syystä Ratiolla kustannuksissa vaikutti suurimmilta osin lumi- ja jäätyöt. Tämä nähdään taulukossa, jossa lumi- ja jäätyöt aiheuttavat erittäin suuren osan talvesta aiheutuneista kustannuksista Ratiolla (taulukko 4). Taulukossa on nähtävissä myös kaasujen täytöstä ja siirroista aiheutuneet kustannukset. Kaasun kulutus oli Ratiossa erittäin suurta, koska kaasulla lämmitimme myös alimman kerroksen tiloja.

Taulukko 4. Talvikustannukset Ratiossa

Ratiossa aiheutuneet talvikustannukset			
Lumi ja jäätyöt			
h	€/h	Yht.	
339	25,10 €	8 508,90 €	
Runkovaiheen aikaisen lämmityksen siirto		Yht.	
300 €/kerta	2	600,00 €	
Kaasujen täyttö	kerta	Yht.	
5 kertaa/5 pulloa	1665,00€	9 990,00 €	
Betonointi	€/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	yht
Juotosbetoni rapid	79,14 €	67	5 302,38 €
Rakennemassa rapid	67,51 €	35	2 362,85 €
		Yht.	26 764,13 €

### 7.4.2 Fuusion Talvikustannukset

Fuusiossa talvikustannukset pysyivät samassa suuruusluokassa kuin Ratiossa. Fuusiossa lumi- ja jäätyöt olivat huomattavasti pienemmät Ratiioon nähden. Fuusiolla käytettiin kolmessa kerroksessa höyrytystä, mikä aiheutti lisätöitä suojauksen ja kuivauksen osalta. Tämä oli välttämätöntä, jotta ontelosaumat saatiin tyhjäksi tamppaantuneesta lumesta ja jäästä. Betonointi aiheutti Fuusiossa ison osan talvikustannuksista (taulukko 5).

Taulukko 5. Talvikustannukset Fuusiossa

Fuusiossa aiheutuneet talvikustannukset			
Lumi ja jäätyöt			
h	€/h	yht.	
116	25,10 €	2 911,60 €	
Höyrytyskustannukset		yht.	
Kaivopumppu	1 kerta	482,00 €	
Kaivopumppu	1 kerta	592,00 €	
Viialan vesi ja sähkö	1 kerta	871,00 €	
Höyrytksen aikainen kuivaus ja suojaus			
h	€/h	yht.	
7	75,00€	525,00€	
Holvin sääsuojaus		yht.	
512 €/kerros	6	3072,00€	
Runkovaiheen aikaisen lämmityksen siirto		yht.	
300 €/kerta	5	1 500,00 €	
Kaasujen täyttö	kerta	yht.	
4 kertaa/5 pulloa	1665,00€	6 660,00 €	
Ulkopuolinen aurauspalvelu			
1 487,90 €			
Talvesta aiheutuneet lisäkustannukset betonoinnissa	€/m3	m3	yht
Juotosbetoni pakkas rapid	194,25€	57	11 072,25€
Juotosbetoni rapid	79,14€	10	791,40€
Rakennemassa rapid	67,51€	35	2 362,85€
Betononin kuljetuksesta aiheutuneet lisäkustannukset			
35 €/kerros	5 kertaa		175,00 €
Betonin lämmitys	11,65 €	60	699,00 €
		Yht.	33 202,00 €

## 8 POHDINTA

Vuodenajoilla on kohtalaisen suuri merkitys runkorakentamisvaiheen kustannuksille. Huolellisella ennakkosuunnittelulla ja hyvillä rakenneratkaisuilla haittoja voidaan vähentää, mutta verrattaessa samanlaisia kohteita ammattimaisessa rakentamisessa, talviaikaan kustannukset ovat korkeammat. Kustannusten nousulle ei voida antaa liian isoa merkitystä, koska kohteiden aloituspäätökset riippuvat täysin myynti-/urakkatilanteesta. Mikäli tilaaja ostaa kohteen, sen rakentaminen aloitetaan vuodenaikaa huomioimatta. Työmaan kannalta tärkeintä on varautuminen kohonneisiin käyttö- ja yhteiskustannuksiin, erityisesti lämmitysten ja suojausten osalta. Lämmitystä ja suojauksia tarvitaan riippumatta rakenneratkaisuista, mutta toki täyselementtitalossa talvityöt ovat huomattavasti lyhytaikaisempia, kuin paikalla tehdyissä rakenteissa. Tässä kohteessa talvi aiheutti alle prosentin kulut Ratiolla ja Fuusiolla, joten työmaan aloitusta näiden kustannukset takia ei kannata siirtää.

Talvi aiheuttaa kustannuspaineiden lisäksi laadullisia puutteita haastavien olosuhteiden vuoksi. Tästä syystä talvirungolla jää usein huomattavasti enemmän jälkitöitä. Osa jälkivaluista ja paikkauksista on järkevämpää tehdä vasta runkovaiheen jälkeen, mutta tällöin näistä aiheutuu aikataulupainetta muiden töiden edetessä samanaikaisesti.

Turvallisuussuunnitteluun tulee panostaa talvitöissä enemmän, kuin kesällä toteutettavissa kohteissa. Muutoinkin haastavasta runkotyövaiheesta tulee entistä haastavampaa pimeyden, liukkauden ja kylmyyden vuoksi. Erityisesti hyvään valaistukseen sekä liukkauden torjuntaan tulee olla riittävästi kalustoa ja oikea-aikaiset resurssit. Tavoitearviossa varataan rahat turvallisuuteen. Talviaikaan rakennettava hyvin suunniteltu kohde pystytään toteuttamaan kilpailukykyiseen hintaan turvallisesti myös huonoissa olosuhteissa.

## LÄHTEET

El-björn. Kuivatusjärjestelmä. Luettu 14.4.2018

[https://www.elbjorn.com/fi-fi/lampo/tvs-kuivaus-ja-lammitysjarjestelma/e8726403\\_1%C3%A4mitt%C3%A4%C3%A4\\_jopa\\_600\\_m%C2%B2\\_tilat/](https://www.elbjorn.com/fi-fi/lampo/tvs-kuivaus-ja-lammitysjarjestelma/e8726403_1%C3%A4mitt%C3%A4%C3%A4_jopa_600_m%C2%B2_tilat/)

Rakentamisen kosteudenhallinta. Luettu 3.5.2018

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/rakenteiden-kuivatus>

Lehdistötiedote Arkta 30.10.2017 tulostettu 25.3.2018

Rakenneteollisuus. Suhdanekatsaus. Luettu 10.1.2017

<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdanekatsaukset/2017/syyskuu-2017/rt-syksyn-2017-suhdanne.pdf>

Polartherm Oy. Nestekaasulämmittimet. Luettu 14.4.2018

<http://www.polartherm.fi/fi/civ-/tuotteet/rakentaminen---saneeraus/nestekaasulammitimet/info-.html>

Ratu. Talvityöt ja kustannukset C8-0377 Luettu 25.3.2018

Ratu. Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa S-1234 Luettu 25.3.2018

Suomen Betoniyhdistys r.y 2004 Betonitekniiikan Oppikirja. 7 painos

VTT tutkimus. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. Luettu 10.1.2018. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>

## LIITTEET

### Liite 1. Talvibetonointiohje Rudus

<http://www.rudus.fi/Haku?term=talvibetonointi>

1(10)

### TALVIBETONOINTISUUNNITELMA

Betonin kovettumisnopeuteen vaikuttaa aina merkittävästi lämpötila ja siksi talvisin tulee varmistaa, että betonivalu tehdään olosuhteissa, joissa taataan riittävä kovettumislämpötila kunnes oikea lujuustaso (esimerkiksi muotinpurkulujuus) on saavutettu. Mikäli ohut betonivalu jäähtyy nopeasti, lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi. Talviaikaan betonivalua tulisi aina ensimmäisten vuorokausien aikana suojata ja tarvittaessa lämmittää, jotta betonimassan lämpötila ei ennen sitoutumisen alkua laske alle +10 C:n. Tällä varmistetaan, että sementin alkaessa reagoida, betonin oma lämmönkehitys käynnistyy ja nopeuttaa lujuuden kasvua. Mikäli talvibetonointia ei tehdä oikein, voi seurauksena olla betonin huono säilyvyys ja kantavuus, joko pakkasvaurioiden tai liian aikaisen muotin ja tukirakenteiden purun takia. Lämmön- ja lujuudenkehityksen arviointiohjelmilla, kypsyyshakemistoilla tai -käyrillä kannattaa aina varmistaa betonirakenteiden riittävä lujuustaso ennen muotin purkua.

#### Talvibetonointisuunnitelman tekeminen

Talvibetonointitoimenpiteisiin tulee jo ryhtyä, kun vuorokauden keskilämpötila laskee +5 °C:een. Muutoinkin, jos on epäily, että osa valutyöstä ajoittuu kylmään säähän, kannattaa siihen varautua talvibetonointisuunnitelmilla. Kylmissä oloissa työsuoritukset voivat hidastua ja siksi tulee varata enemmän aikaa valutöihin ja rakenteiden lujuuden kehitykseen.

Talvibetonoinnit tulee suunnitella riittävästi etukäteen, jotta rakenteen tavoitellut ominaisuudet saavutetaan. Valun toteutuksessa on huomioitava kaikki valuun vaikuttavat tekijät (muotti, suojaus, lämmitys, betonilaatu, valutekniikka, jälkihoito), jotta haluttu tulos saavutetaan. Käyttämällä nykyaikaisia laskentamenetelmiä (BetoPlus) voidaan arvioida luotettavasti valettavan rakenteen lämmön- ja lujuudenkehitystä eri betonilaaduilla sekä suojaus- ja lämmitysvaihtoehdoilla. Vertailemalla eri vaihtoehtoja voidaan valita halutun lopputuloksen antava, työmaatekniikaltaan toimiva ja taloudellinen vaihtoehto.

Talvibetonointi tulee toteuttaa siten, että ensin tehdään ennakkosuunnittelu (lämmön- ja lujuudenkehityksen laskelmat), joka varmennetaan valetusta rakenteesta tehdyllä työnaikaisella lämpötilan seurannalla. Koska olosuhteet voivat muuttua peräkkäisissä valuissa, on hyvä mitata valujen lämpötiloja automaattisesti tallentavilla loggereilla ja tarkastaa lujuudenkehitys mitattujen lämpötilojen avulla. Mikäli haluttua lujuustasoa ei saavuteta riittävän nopeasti, valitaan nopeammin kovettuva betonilaatu tai tehostetaan lämmitystä ja suojausta.

Talvibetonointivaluissa kannattaa huomioida seuraavia tekijöitä:

1. Betonivalu ei saa jäähtyä alle 0 °C:een ennen kuin se on saavuttanut vähintään 5 MPa:n lujuustason. Jäätyessään betoniin tulee mikrohalkemia, jotka aiheuttavat rakenteen lujuuden pysyvän alenemisen sekä lyhentävät käyttöikä.

2(10)

2. Ellei suunnitelmissa muuta mainita, tulee betonin saavuttaa vähintään 60 % nimellislujudesta ennen tukirakenteiden purkua. Muottien ei-kantavat osat saadaan tarvittaessa purkaa kun betoni on saavuttanut keskimäärin 5 MPa:n puristuslujuuden. Jännitettäessä punoksia tulee betonin yleensä ensin saavuttaa vähintään 80 % nimellislujudesta.
3. Jälkihoitoaika tulee saavuttaa ennen muotinpurkua. Tarvittava jälkihoitoaika on 60 % - 80 % nimellislujudesta ja se riippuu rakenteen rasitusluokasta.
4. Betonilattiaa valettaessa vanhan betonilaatan päälle, tulee valualustan pintalämpötilan olla vähintään + 10C:ta. Kylmä alusta muodostaa muuten kylmäsilan ja hidastaa betonin sitoutumista. Jos betonointitilan lämpötila on selvästi korkeampi kuin alustan, valun pinta voi olla kuivunut/nahkoittunut vaikka pohjaosa on vielä vetelä. Ontelolaatastoa voidaan usein pintalattian valun aikana lämmittää alapuolelta, jolloin kylmäsiltaa ei muodostu betonivaluun.
5. Jos valettavaan rakenteeseen liittyy vanhoja kylmiä rakenteita, niistä muodostuu kylmäsiltoja, joissa lämpötila laskee ja lujuudenkehitys hidastuu. Erityisesti kantavat tuet (pilarit, seinämät, palkit, ei-kantavien seinien alapää) voivat aiheuttaa vaaratilanteita, jos lujuus on alempi kuin muussa rakenteessa muotteja purettaessa.
6. Ennen valua ovat muotit, raudoitus ja valualusta puhdistettava lumesta ja jäätstä. Vaikeissa olosuhteissa tulee harkita valuajankohtaa uudelleen.
7. Valettaessa viileissä olosuhteissa (+5 °C - +15 °C), kannattaa käyttää Rapidbetonilaatuja, joissa lujuudenkehitys on hyvin nopeaa ja nimellislujuus saavutetaan jo viikossa (7 vrk).
8. Kuumabetonin käyttö nopeuttaa erityisesti ensimmäisten tuntien sitoutumista ja lujuudenkehitystä. Kylmissä olosuhteissa (lämpötila < +5 °) kuumabetonin lämmönkehityksen kannalta nopea suojaus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää. Tällöin betoni saadaan kovettumaan mahdollisimman nopeasti ja haitalliset lämpötilaerot tasaantuvat rakenteessa. Kuumabetoni alentaa kuitenkin loppulujuustasoa ja pienentää ilmamäärää tuoreessa betonissa.
9. Mikäli kohdetta ei voida estää jäähtymästä alle 0 C:een, voidaan harkita pakkasbetonin käyttöä. Pakkasbetoni ei ole pakkasenkestävää, mutta kestää tuoreessa tilassa vaurioitumatta lämpötilan laskemisen aina -15C:een asti. Lujuus kehittyy hitaasti pakkasessa ja alkaa nousta nopeasti, kun lämpötila nousee yli 0 C:een .
10. Kun käytetään voimakkaasti notkistettuja laatuja, on erityisesti viileissä olosuhteissa syytä varautua hitaampaan sitoutumiseen ja alkulujuuksiin. Useat notkistimet hidastavat lujuudenkehitystä ja erityisesti isoilla annosmäärillä ja voimakkailla notkistuksilla.
11. Betoni sitoutuu kylmässä hitaasti ja tämä mahdollistaa kosteuden haihtumisen pitkään valun pinnalta. Mikäli kosteuden haihtumista ei estetä esimerkiksi suojapressuilla, voimakas haihtuminen aiheuttaa plastista kutistumaa joka kasvaa kuivumiskutistuman myötä.

3(10)

12. Ohuiden laattavalujen pinnat tulisi aina suojata eristelevyillä (-matoilla) nopeasti, koska iso pinta-ala jäähtyy nopeasti, ja lujuudenkehitys sekä sitoutuminen hidastuvat merkittävästi.

13. Kun työmaalla suojataan betonivalua lämpöeristeillä, tulee huolehtia, että lämpöeristeet pysyvät paikallaan. Voimakas tuuli voi heittää eristeet sivuun, jolloin betonin jäähtyminen nopeutuu tai betoni jopa jäätyy ennen jäätymislujutta.

14. Betonivalun kypsyttä (lämmitystarvetta, suojausta) voidaan arvioida kypsyysfunktiolla kuten Sadgroven kaavaa ( $t_{20} = ((T+16\text{ C})/36\text{ C})^2 * t$ ), missä  $t$  on kovettumisaika (vrk) ja  $T$  lämpötila (C) aikavälillä  $t$ . Kirjallisuudesta löytyy kypsyyskäyrästäjä eri sementtilaaduille. BetoPlus-ohjelmalla voidaan laskea tarkemmin kypsyysarvot Lohja Ruduksen betoneilla.

## TALVIBETONOINTISUUNNITELMA

**OHJE:** Täytetään vain ne kohdat, jotka koskevat kohdetta, mutta käydään jokainen kohta läpi, jotta kaikki tärkeät asiat tulevat huomioitua.

Työkohde: \_\_\_\_\_  
pvm: \_\_\_\_\_

Rakennusosa: \_\_\_\_\_

Talvibetonointisuunnitelman tekijä:

Pääurakoitsija: \_\_\_\_\_, vastaava mestari:

Suunnittelija: \_\_\_\_\_, betonimestari:

Betonin toimittaja: \_\_\_\_\_

Talvibetonointisuunnittelukokous: pvm \_\_\_\_\_, paikka

paikalla

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_

### 1. TAVOITTEET

Kirjaa ylös rakennusosan betonoinnin ja kovettuneen betonirakenteen tavoitteet eli mihin aikatauluun ja toteutustapaan halutaan pyrkiä. Tavoitteet on tarkistettava betonilaadun valinnan ja toteutustavan tarkastelun jälkeen.

Muottienpurkulujuus: \_\_\_\_\_, muottikiertotavoite:

\_\_\_\_\_

Jäätymislujuus (> 5 MPa) saavutettava: \_\_\_\_\_ vrk (lämpötila pidettävä > +0 C)

Varhaislujuudet

1 vrk: \_\_\_\_\_ MPa, 2 vrk \_\_\_\_\_ MPa, 7 vrk \_\_\_\_\_ MPa, 14 vrk \_\_\_\_\_ MPa

Nimellislujuus saavutettava: \_\_\_\_\_ vrk, lujuus 28 vrk \_\_\_\_\_ MPa

### 2. RAKENNE



5(10)

Kirjataan rakenteen mitat ja liittyvät rakenteet. Näitä tietoja tarvitaan laskettaessa lämmön- ja lujituksenkehitystä sekä arvioitaessa kylmäsiltoja.

Valettavan rakenteen mitat: pituus \_\_\_\_\_ mm, leveys \_\_\_\_\_ mm, korkeus \_\_\_\_\_ mm

Liittyvät rakenteet:

\_\_\_\_\_

Rakennekuva on liitteenä: \_\_\_\_\_

### 3. MUOTIT

Muottien valinnassa on huomioitava valukokonaisuus. Mikäli on kylmä sää, kannattaa valita muottijärjestelmä (materiaali), joka on eristävä (pieni lämmönsiirtokerroin) tai jota voidaan lämmittää sähköisesti. Muussa tapauksessa muottia joudutaan lisää eristämään tai käyttämään lisälämmittämiä.

Valitaan muottimateriaali tai muottisysteemi siten, että riittävä lämmöneristävyys saavutetaan:

Muotti 1: \_\_\_\_\_, muotti 2:

\_\_\_\_\_

Muotti 3: \_\_\_\_\_, muotti 4:

\_\_\_\_\_

Muottien (ja eristeen) riittävä suojauskyky on tarkistettu valettavalle rakenteelle:

\_\_\_\_\_

Muotien tuenta on tehty siten että maaperän sulaminen ja kuormitus ei aiheuta painumisia:

\_\_\_\_\_

Mietitään tarvitaanko lisätuenta tai varatukia valun suojauksen varalta:

\_\_\_\_\_

Muotit, rauditus ja valualusta puhdistetaan lumesta, jäädästä ja roskista (vesihöyryllä): \_\_\_\_\_

Kuka vastaa muottien tarkastuksista ja toimivuudesta ennen valua:

\_\_\_\_\_

### 4.1 OLOSUHTEET

Kirjaa ylös valupaikan olosuhteet (lämpötilat ajan suhteen, tuuli). Kannattaa miettiä voidaanko olosuhteisiin vaikuttaa. Tavoite tulisi aina olla, että tuoreelle betonille järjestetään hyvät kovettumisolosuhteet.

Valuolosuhteen lämpötila (ulkolämpötila): \_\_\_\_\_ °C, tuuli (maksimi): \_\_\_\_\_ m/s

Lämpötila ajan suhteen (muuttuva lämpötila päivän ja yön välillä):

6(10)

max päivä \_\_\_\_\_ ° C, min päivä \_\_\_\_\_ ° C, keskiarvolämpötila  
 \_\_\_\_\_ ° C

Kuka vastaa mittauksista ja mittalaitteista:

\_\_\_\_\_ Muu olosuhde vaikutus:

## 4.2 SUOJAUS

Kirjaa ylös kohteessa käytettävä suojausmenetelmät. Tavoitteena tulisi olla, että betonipinnat suojattaisiin jäätymistä vastaan siten, että nopea lujuudenkehitys mahdollistuu. Vähintään jäätymislujuus (5 MPa) tulee saavuttaa, ennen betonin lämpötilan laskemista alle 0 C. Mikäli halutaan saavuttaa nopeasti muotin purkulujuus/jäntänylisyys, kannattaa suojausta jatkaa, kunnes lujuustaso on varmistettu.

Valupinnan päälle levitettävä eristematto (vahvuus, tyyppi):

Tyyppi \_\_\_\_\_,  
 \_\_\_\_\_ mm

Suojauksen aloitus/lopetus:

Muottien sivut suojataa eristeellä: tyyppi \_\_\_\_\_,  
 \_\_\_\_\_ mm

Suojauksen aloitus/lopetus:

Liittyvät rakenteet suojataan eristeellä: tyyppi \_\_\_\_\_,  
 \_\_\_\_\_ mm

Muu suojaustoimenpide:

Kuka vastaa suojauksen toteutuksesta ja toimivuudesta:

## 4.3 LÄMMITYS

Kirjaa ylös kohteessa käytettävät lämmitysmenetelmät (muotin, betonimassan tai liittyvän "vanhan" rakenteen lämmitys). Mikäli rakenteessa on kylmäsiltoja, voidaan niitäkin lämmittää, jotta ne eivät johda betonimassan lämpöä pois.

Lasketaan rakenteessa tarvittavaa lämmitystehoa (lämmitysenergiaa) ja valitaan kalusto.

Laskentaa voidaan tehdä kypsyyssfunctioilla tai BetoPlussalla:

Rakenteessa käytetään lankalämmitystä: kyllä \_\_ , ei \_\_ : teho/tiheys

Rakenteessa käytetään säteilylämmitystä: kyllä \_\_ , ei \_\_ : teho/sijoitus

Rakenteessa käytetään sähkölämmitteisiä suur- ja pöytämuotteja: kyllä \_\_\_\_\_ , ei \_\_\_\_\_ teho/sijoitus

Muu lämmitysmenetelmä:

---

Kuka vastaa lämmityksen toimivuudesta ja oikeasta ajoituksesta:

---

## 5. BETONILAADUN VALINTA

Kirjataan ylös betonilaadun valinta. Betonilaadun valinnassa tulee ottaa huomioon kohteessa kirjatut rakenneominaisuudet, tavoitteet toteutukselle, olosuhteet, suojaus ja lämmitys sekä valittava ne betonilaadut, joilla kohde voidaan toteuttaa. Mikäli tavoitteita on vaikea saavuttaa kohtuullisesti millään betonilaadulla, tulee miettiä voidaanko valutilanteen olosuhteisiin (lämpötilat, suojaus, lämmitys) vaikuttaa. Myös betonilaatua voidaan tarvittaessa modifioida valutilanteeseen sopivaksi, mikäli betonin valmistaja tämän tekee. Kannattaa miettiä ja arvioida onko järkevämpää saavuttaa haluttu lujuustaso (muotinpurku/jännityslujuus) nopeammalla betonilaadulla, tehokkaammalla suojauksella vai tehokkaammalla lämmityksellä. Sementtilaaduilla voidaan myös vaikuttaa lujuudenkehitykseen. Käyttämällä esimerkiksi lujuudenkehityksen arviointiohjelmaa (BetoPlus), voidaan valita taloudellisin vaihtoehto. Valinta tulee olla sellainen, joka voidaan toteuttaa luotettavasti.

Valittava betonilaatu: \_\_\_\_\_

Rakenteen käyttöikä: \_\_\_\_\_ vuotta, Rasitusluokat: \_\_\_\_\_

Lujuudenkehityksen arviointi: BetoPlus, kypsyysfunktiot tai kypsyyskäyrät:

Muotinpurkulujuus (60%): \_\_\_\_\_ vrk, muotinpurkulujuus ( \_\_\_\_\_ %):  
\_\_\_\_\_ vrk

Punosten jännityslujuus (80%): \_\_\_\_\_ vrk, jännityslujuus ( \_\_\_\_\_ %):  
\_\_\_\_\_ vrk

### **LUJUUSTIEDOT** (ennuste)

Jäätymislujuus (> 5 MPa) saavutetaan: \_\_\_\_\_ (lämpötila pidettävä > +0 C)

Varhaislujuudet

1 vrk: \_\_\_\_\_ MPa, 2 vrk \_\_\_\_\_ MPa, 7 vrk \_\_\_\_\_ MPa, 14 vrk  
\_\_\_\_\_ MPa

Nimellislujuus saavutetaan: \_\_\_\_\_ vrk, lujuus 28 vrk  
\_\_\_\_\_

### **LÄMPÖTILATIEDOT** (ennuste)

Maksimilämpötila valun jälkeen: \_\_\_\_\_ °C, minimi lämpötila  
\_\_\_\_\_ °C

Rakenteen lämmönkehityksen seuranta: Lämpötilat loggerilla \_\_\_\_\_, lämpömittarilla \_\_\_\_\_

Rakenteen lujuudenkehityksen seurannan toteutus: BetoPlus \_\_\_\_\_, kypsyyskäyrät \_\_\_\_\_

8(10)

Tarkistetaan muottikierron toimivuus muottivalinnan, lämmityssysteemin, suojausten ja betonilaadun valinnoista (esim. BetoPlus):

\_\_\_\_\_

Betoninvalmistajan kanssa on yhdessä varmistettu laadun toimivuus ja sopivuus kohteeseen: \_\_\_\_\_

Kuka vastaa valettujen rakenteiden lämpötilojen mittauksesta:

\_\_\_\_\_

Kuka vastaa, että saatu lujuustaso täyttyy ennen muotinpurkua:

\_\_\_\_\_

#### OHJE

- Vähän suojausta ja kylmää: sopivia betonilaatuja Rapid-betonit ja NP-Betonit, kuumabetoni - Hyvä suojaus ja lämmitys: sopivia betonilaatuja normaalit rakennebetonit, NP-betonit, IBbetonit
- Myös korkeampaa lujuusluokkaa voidaan käyttää nopeuttamaan lujuudenkehitystä

Talvibetonointisuunnitelman tekijä

Nimi: \_\_\_\_\_

Päiväys: \_\_\_\_\_

Liitteet

Rakenne kuva: Kyllä \_\_\_\_\_, Ei \_\_\_\_\_

BetoPluskäyrä(t): Kyllä \_\_\_\_\_, Ei \_\_\_\_\_

Muut liitteet: Kyllä \_\_\_\_\_, Ei \_\_\_\_\_

## 6. ONTELOLAATTOJEN SAUMAT

### TAVOITTEET

Nopea lujuudenkehitys →

betonimassan lämpötila valettuna > +10 °C (normaali- ja rapid saumabetoni) Hidas lujuudenkehitys →

betonimassan lämpötila valettuna +0 ... +10 °C (normaali- ja rapid saumabetoni) Hyvin hidas lujuudenkehitys →

betonimassan lämpötila voi laskea alle 0 °C:een lämpötilan (pakkasbetoni)

Muotinpurkulujuus/jälkihoitoaika 60 nimellislajuudesta saavutettava :  
\_\_\_\_\_ vrk

### OLOSUHDE

9(10)

Ulkolämpötila (valuolosuhde): \_\_\_\_\_ ° C, tuuli (maksimi):  
\_\_\_\_\_ m/s

Lämpötila ajan suhteen (muuttuva lämpötila päivän ja yön välillä):  
vrk max \_\_\_\_\_ °C, vrk min \_\_\_\_\_ °C, keskiarvolämpötila  
\_\_\_\_\_ °C

### **RAKENNE**

Ontelosauman: leveys \_\_\_\_\_ mm, paksuus \_\_\_\_\_  
mm

Ontelolaattojen lämpötila: \_\_\_\_\_ °C

Onteloiden alapuolisen tilan lämpötila: \_\_\_\_\_ °C

### **SUOJAUS**

Sauma suojataan eristelevyllä valun jälkeen \_\_\_\_ (kyllä/ei)  
Suojauksesta vastaa:

---

### **LÄMMITYS**

Saamaa \_\_\_\_\_ lämmitetään \_\_\_\_\_ alapuolelta:

(lämmitystapa)

Lämmitystä pidetään yllä/jatketaan:

\_\_\_\_\_ vrk

Lämmityksestä vastaa:

---

### **BETONILAATU:**

Saumabetoni K30 #8 S4 \_\_\_\_\_, rapidsaumabetoni K30 #8 S4 \_\_\_\_\_, pakkasbetoni  
K30 #8 S4 \_\_\_\_\_

Käytetään kuumabetonia: \_\_\_\_\_ (K3/4)

Lämmönkehitysarvio tehty: \_\_\_\_\_ (BetoPlus tai kyp-  
syyskäyrät)

Lujuudenkehitysarvio tehty: \_\_\_\_\_ (BetoPlus tai kyp-  
syyskäyrät)

Lämpötilojen \_\_\_\_\_ toteutumista \_\_\_\_\_ mitataan \_\_\_\_\_ loggerilla/lämpömittarilla:  
\_\_\_\_\_ (kyllä/ei)

Mittauksesta vastaa:

---

Talvibetonointisuunnitelman tekijä

Liitteet (kyllä/ei)

Nimi: \_\_\_\_\_

BetoPlus lämpötilakäyrä:

---

Päiväys: \_\_\_\_\_

BetoPlus lujuuskäyrä:

---

### **VAIHTOEHTOLASKELMIA**

#### **Olosuhde 1.**

Ulkolämpötila 1: ° \_\_\_\_\_ C, Betonilaatu: 10(10)  
Muotinpurkulujuus \_\_\_\_\_ saavutetaan:  
\_\_\_\_\_ vrk *BetoPlus* lämmön- ja  
*lujuudenkehityksenkäyrä*

**Olosuhde 2**

Ulkolämpötila 2: ° \_\_\_\_\_ C, Betonilaatu:  
Muotinpurkulujuus \_\_\_\_\_ saavutetaan:  
\_\_\_\_\_ vrk *BetoPlus* lämmön- ja  
*lujuudenkehityksenkäyrä*

**Olosuhde 3**

Ulkolämpötila 3: ° \_\_\_\_\_ C, Betonilaatu:  
Muotinpurkulujuus \_\_\_\_\_ saavutetaan:  
\_\_\_\_\_ vrk *BetoPlus* lämmön- ja  
*lujuudenkehityksenkäyrä*

## Liite 2. Kohteen aikataulut

## Option yleisaikataulu

1(3)

