

# RAKENNUSHANKKEEN ALOITUSAJANKOHDAN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN JA AIKATAULUUN

Matti Paananen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) PAANANEN, Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 4.4.2012
	Sivumäärä 55	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi RAKENNUSHANKKEEN ALOITUSAJANKOHDAN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN JA AIKATAULUUN		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) LÄHDESMÄKI, Pekka, lehtori		
Toimeksiantaja(t) Lujatalo Oy FORSBERG, Tommi, työpäällikkö		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää konkreettisesti, mitä kustannuksia ja säästöjä työmaan aloitusajankohdan muuttumisesta kolmella kuukaudella aiheutui sekä yleisesti tarkastella aloitusajankohdan vaikutusta kustannuksiin. Lisäksi työssä pyrittiin tutkimaan aloitusajan vaikutusta yleisaikatauluun ja selvittämään siihen liittyviä ongelmia sekä mahdollisia aikatauluviiveitä.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimustyön kohteena oli Lujatalon työmaa Kinkomaalla. Kyseiseen paikkaan se urakoi vanhusten käyttöön tulevan hoivakodin, johon tuli 61 asukaspaikkaa. Alunperin tutkittavan työmaan piti alkaa marraskuussa 2010, mutta erinäisten tilaajasta johtuvien syiden takia aloitus siirtyi helmikuulle 2011. Tutkimuksessa selvitettiin litterakohtaisesti kohteen kustannusten muuttamista aloituksen siirryttyä kolmella kuukaudella. Aikataulullisessa tarkastelussa verrattiin toteutunutta yleisaikataulua hankkeen alussa hyväksytyyn yleisaikatauluun.</p> <p>Aloitussajankohdan vaikutus kustannuksiin on hyvä tiedostaa jo hankkeen tarjouslaskentavaiheessa, jolloin vuodenajan vaikutus eri rakentamisen vaiheissa pystytään huomioimaan taloudellisesti. Talvi hankaloittaa rakentamista, mistä aiheutuu lisäkustannuksia. Aikataulullisesti talvi aiheuttaa työnopeuden hidastumista, ja työn keskeytyksiä tulee suhteessa kesään huomattavasti enemmän johtuen heikommista sääolosuhteista. Toisaalta esimerkiksi betonirakenteiden kuivaminen muuttuu ongelmalliseksi kesäaikaan.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin arvio, josta ilmenee, kuinka paljon kustannukset ovat muuttuneet aloitusajankohdan siirtymisen seurauksena. Tuloksista käy ilmi, että säästöjä aiheutui talvirakentamisen oleellisesta vähentymisestä, mutta kesäaika taas vastaavasti aiheutti joitain kustannuksia. Opinnäytetyön lopputulosten perusteella toimeksiantaja pystyy paremmin kiinnittämään huomioita aloitusajankohdan vaikutuksesta aiheutuviin kustannuksiin ja ongelmiin aikataulutuksessa.</p>		
Avainsanat (asiasanat)  Kustannukset, aikataulu, talvirakentaminen, betonilattiarakenteet		
Muut tiedot  Opinnäytetyön liitteet 2 ja 3 ovat salaisia 1.4.2017 saakka.		



Author(s) PAANANEN, Matti	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 4.4.2012
	Pages 55	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title EFFECTS OF STARTING DATE TO COSTS AND SCHEDULE IN BUILDING PROJECT		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) LÄHDESMÄKI, Pekka, Senior Lecturer		
Assigned by Lujatalo Inc. FORSBERG, Tommi, Works Manager		
Abstract <p>The purpose of this bachelor's thesis was to find out concretely what cost and savings are caused because of a three-month change in the starting date of construction site. The second purpose was to find out in general how starting date effects to the costs and schedule in a building project. In addition to this, there is a strive to find out the starting date effects to the general schedule and to find out the problems and possible delays in a project schedule.</p> <p>The research object was the construction site of Lujatalo in Kinkomaa where it a hospice for aged people was built with 60 small accommodations. Originally the researched construction site should have been begun in November 2010, but by reasons of the commissioner the start of the construction site was postponed to February 2011. The research was made by founding out the changes of every cost in particular due to the tact that the start was postponed by three months. The research on the schedule was made by comparing the realized general schedule to the planned general schedule, which had been accepted in the beginning of building project.</p> <p>It is good to be aware of the effects of the starting date in costs already when writing/drafting the tender. Then contractor can economically take the effects of seasons in different stages of building into consideration. It is difficult to affect these cost during building time. Winter makes building more difficult and that causes additional costs and also problems in schedule. For example, the working speed slows down and working stops occurs significantly more than in summer time because of bad weather conditions. On the other hand, summer also causes problems since drying of concrete structures is then very slow.</p> <p>The result of the research was an estimate, which shows how much costs have been changed because of moving of the starting date. The results shows that building in winter caused savings but summer caused some additional costs. In the future the contractor can prepare better to meet the changing costs and schedule problems caused by the starting date of a building project.</p>		
Keywords Building costs, schedule, building in winter, concrete floor structures		
Miscellaneous Bachelor's Thesis attachments 2 and 3 are hidden until 1.4.2017.		

# SISÄLTÖ

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	4
1.1 Opinnäytetyön tausta .....	4
1.2 Tavoitteet .....	4
1.3 Opinnäytetyön toimeksiantaja .....	5
2 RAKENNUSHANKKEEN RAKENNUSTEKNISTEN TÖIDEN KUSTANNUKSET	6
2.1 Kustannusten muodostuminen .....	6
2.2 Kustannuslaskenta .....	7
2.3 Budjetointi .....	10
2.4 Kustannusten hallinta .....	10
2.5 Kustannusvalvonta.....	11
2.6 Jälkilaskenta.....	11
3. RAKENNUSHANKKEEN AJALLINEN SUUNNITTELU .....	13
3.1 Yleisaikataulu.....	13
3.2 Rakentamisvaihe– ja viikkoaikataulut .....	14
3.3 Aikataulujen valvonta ja toteutumisen seuranta .....	15
4 KUSTANNUKSIIN JA AIKATAULUUN VAIKUTTAVIA SEIKKOJA .....	16
4.1 Talvirakentaminen .....	16
4.1.1 Talvirakentamisen lisäkustannusten muodostuminen .....	16
4.1.2 Talvirakentamisen lisäkustannuksiin vaikuttaminen .....	17
4.1.3 Talven huomioiminen aikataulutuksessa .....	19

	2
4.2 Betonilattiarakenteet.....	20
4.2.1 Yleistä.....	20
4.2.2 Betonin kosteus.....	21
4.2.3 Betonilattiarakenteiden kuivuminen .....	21
4.2.4 Päällystemateriaalien vaikutus .....	22
4.2.5 Kosteusmittaus.....	23
5 TUTKIMUSTYÖ.....	24
5.1 Tutkittava kohde .....	24
5.2 Tutkimustyön toteutus .....	26
6 TULOKSET.....	29
6.1 Aloitusajankohdan vaikutus kustannuksiin.....	29
6.2 Aloitusajankohdan vaikutus aikatauluun.....	30
7 TULOSTEN ANALYSOINTI .....	31
8 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET.....	38
LIITTEET.....	40
Liite 1. Vuorokauden keskilämpötila tilastot 2010 ja 2011 .....	40
Liite 2. Kustannustarkastelu litteroittain .....	41
Liite 3. Yleisaikataulun toteutuminen.....	55

## KUVIOT

KUVIO 1. Urakoitsijan kustannuslaskennan eteneminen.....	8
KUVIO 2. Työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden prosentteina hankkeen laajuuden mukaan.....	18

# 1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Idea opinnäytetyön aiheeseen lähti siitä, kun pohdimme vastaavan mestarin kanssa silloisessa työpaikassani kesäaikaan betonilattiarakenteiden kuivattamisesta syntyviä kustannuksia aikataulussa pysymiseksi. Siinä samalla tuli myös esille, ettei lattiarakenteiden kuivatus ollut ainoa aloitusajankohdasta riippuva kustannus. Aikaisemmin kevättalvella oli kertynyt kustannuksia töiden suorittamisesta talviaikaan. Heräsi kiinnostus selvittää aloitusajankohdan vaikutuksia rakentamisen kustannuksiin ja hankkeen toteutus aikatauluun. Tarvetta selvitykselle oli myös siksi, että työmaan piti alkaa aikaisemmin edellisenä syksynä ja näin aloituksen myöhästyminen aiheutti mahdollisesti lisäkustannuksia mutta myös säästöjä.

## 1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää konkreettisesti, mitä kustannuksia ja säästöjä työmaan aloitusajankohdan muuttuminen kolmella kuukaudella keskitalvelle on aiheuttanut sekä yleisesti tarkastella aloitusajankohdan vaikutusta kustannuksiin. Toisena tavoitteena oli tarkastella aloitusajan vaikutusta yleisaikataulun ja selvittää siihen liittyvät ongelmat sekä mahdolliset aikatauluviiveet eri tehtävien osalta. Alunperin tutkimuksen kohteena olevan työmaan piti alkaa marraskuussa 2010, mutta erinäisten syiden takia aloitus siirtyi helmikuulle 2011. Oletuksena merkittävimmät ja selvästi erotettavat kustannukset liittyvät lattiarakenteiden kuivattamiseen. Tarkoituksena oli myös selvittää, mitä muita kustannuksia ja säästöjä lähinnä talvirakentamisesta on aiheutunut. Lisäksi selvityksestä oli tarkoitus ilmetä, mitä muita kuin talvirakentamisesta aiheutuvia mahdollisia kustannuksia ja säästöjä on kertynyt ja jäänyt pois aloitusajankohdan vaikutuksesta. Yleisesti tavoitteena oli siis tuottaa eräänlaista jälkilaskenta tietoa yritykselle tutkittavan hankkeen taloudellisesta toteutumisesta.

Työ oli tarkoitus rajata siten, että tarkastellaan vain selvimmät kustannukset ja säästöt. Oletusarvoisesti kustannuksia aiheutti esimerkkinä lattiarakenteiden kuivattami-

nen kesäaikaan, jossa huomioidaan kyseiseen tehtävään liittyvät työ- ja materiaali-kustannukset sekä erilaisten koneiden ja laitteiden vuokrakustannukset. Työhön pyrittiin ottamaan myös mukaan selvimmät muut kustannukset ja säästöt, joiden aloitusajankohta on aiheuttanut. Tulkinnanvaraiset kustannusvaikutukset, joita ei voi tarkasti osoittaa johtuvan aloitusajankohdasta, pyrittiin jättämään työn ulkopuolelle virhe mahdollisuuden lisääntyessä. Aikataulullisesti työ rajataan koskemaan vain yleisaikataulussa esiintyviä tehtävänimikkeitä, joiden suoritukseen aloitusajankohta on aiheuttanut ongelmia tai aikatauluviivettä.

### **1.3 Opinnäytetyön toimeksiantaja**

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Lujatalo Oy. Lujatalo kuuluu Luja-konserniin, joka on perustettu vuonna 1953. Konserniin kuuluvat myös Lujabetoni Oy ja Fescon Oy. Rakennusliike Lujatalo toimii koko Suomessa, ja toiminta on jaettu seitsemään toiminta-alueeseen, jotka ovat Uusimaa, Häme, Pirkanmaa, Kaakkois-Suomi, Itä- ja Keski-Suomi, Pohjanmaa sekä Pohjois-Suomi. Työntekijöitä Lujatalolla on yli 900 (Jyväskylässä noin 60) ja liikevaihto oli vuonna 2010 noin 274 M€. (Luja yhtiömme n.d. ; Lujatalo yrityksenä n.d.)

Rakennusliike tarjoaa rakentamisen palveluja julkiselle ja yksityiselle sektorille sekä yksittäisille kuluttajille Lujakotien muodossa. Se rakentaa vuosittain kerrostaloja, vierastorakennuksia, sairaaloita, tuotantotiloja, kauppapaikkoja ja päiväkoteja. Myös korjausrakentaminen kuuluu Lujatalon tarjoamiin palveluihin. Vuonna 2009 Lujatalo oli kolmanneksi suurin korjausrakentaja Suomessa. Korjausrakentamisen liikevaihto oli vuonna 2010 100,1M€. Rakennusliike järjestää työntekijöilleen myös erilaisia koulutuksia, kuten tulityö- ja työturvallisuuskorttikoulutusta, ensiapukoulutusta ja TR -mittaukseen liittyvää koulutusta. Tämän lisäksi toimihenkilöille on tarjolla erilaisia koulutuksia liittyen aikataulutukseen, kustannusten hallintaan ja työmaan johtamiseen. (Lujatalo yrityksenä n.d. ; Piirainen 2012.)

Opinnäytetyön tutkimuksen kohteena oli Lujatalon työmaa Kinkomaalla. Kyseiseen paikkaan se urakoi vanhusten käyttöön tulevan hoivakodin, johon tuli 61 asukaspaikkaa. Valmistuttuaan siihen tuli tiloja kahteen kerrokseen, joissa molemmissa kolme-

kymmentä reilun 20 m<sup>2</sup> huonetta ja yhteisiä tiloja sekä asukkaiden että henkilökunnan käyttöön. Kohde sijaitsee Päijänteen rannalla ja osasta huoneista aukeaa näkymä järvelle. (Piirainen 2012.)

Hankkeen tilaajana toimi Vitapolis Asunnot Oy ja rakennuttajana Jykes Kiinteistöt Oy. Pääurakoitsijana edellä mainitulla työmaalla toimi siis Lujatalo Oy. Urakkamuoto oli jaettu-urakka alistamisedoin eli kohteessa maanrakennus- ja perustusurakka oli erikseen, ja sen suoritti Suomen Maastorakentajat. Lujatalon urakka alkoi helmikuun ensimmäinen päivä 2011, jolloin perustusurakoitsija oli saanut tehtyä perustukset omaan urakkarajaansa asti. Rakennusurakka oli jaettu osaksi Lujatalon aliurakoitsijoille. Työt kohteessa päättyivät 16. päivä joulukuuta 2011, jolloin valmis rakennus luovutettiin käyttäjälle. (Piirainen 2012.)

## **2 RAKENNUSHANKKEEN RAKENNUSTEKNISTEN TÖIDEN KUSTANNUKSET**

### **2.1 Kustannusten muodostuminen**

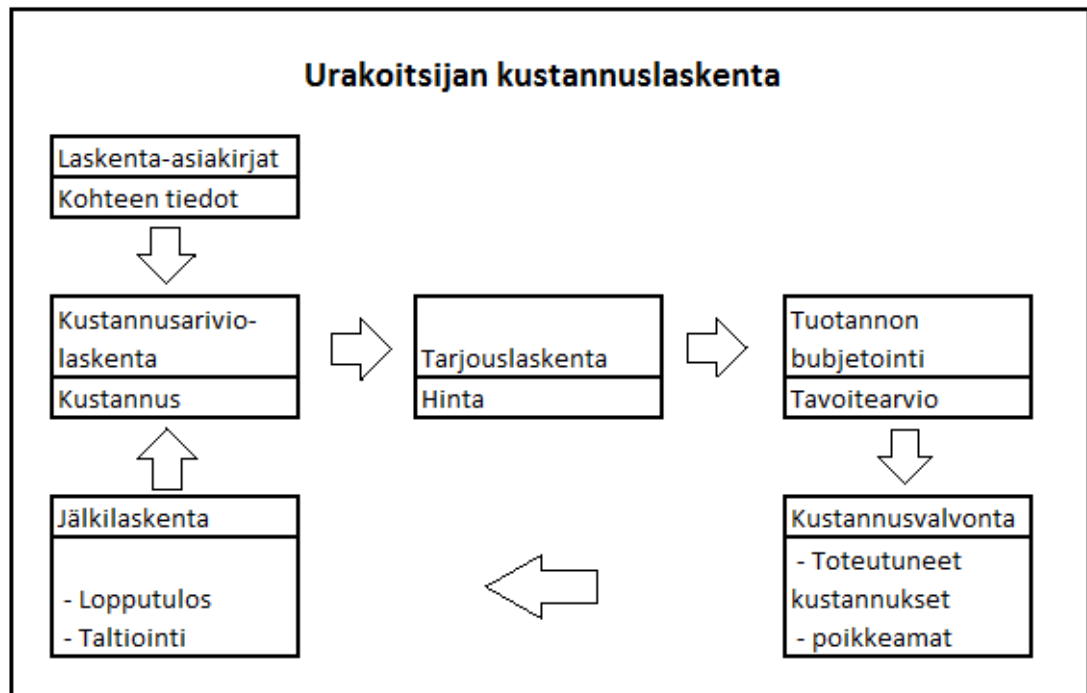
Koko hankkeen rakennuskustannukset koostuvat useasta eri osasta, joita ovat rakennuttajan kustannukset, rakennustekniset työt, LVI-työt, sähkö- ja automaatiotyöt ja erillishankinnat. Tässä tapauksessa käsitellään vain rakennusteknisten töiden kustannuksia. (RT 10-10387 1989, 22.)

Rakennusteknisten töiden kustannukset koostuvat laajemmalti katsottuna työmaalla rakennettavista rakennusosista, hanketehtävistä ja hankevarauksista. Rakennusosien kustannukset koostuvat työkustannuksista ja materiaalikustannuksista. Hanketehtäviin sisältyvät laskenta- ja hankintatehtävät, vastaava työnjohto, työmaan turvallisuus, työmaarakennukset ja työmaakalusto. Hankevaraukset pitävät sisällään suunnitelma- ja hintamuutokset, muut varaukset ja riskit. (Palolahti, Koskenvesa, Lindberg & Penttilä 2008, 16.)

## 2.2 Kustannuslaskenta

Urakoitsijan kustannuslaskenta käsittää kustannusarvio- ja tarjouslaskennan, tuotannon budjetoinnin, kustannusten valvonnan ja jälkilaskennan. Kustannusarvio- ja tarjouslaskenta tehdään tarjousvaiheessa rakennuttajalta saatujen suunnitelma-asiakirjojen perusteella. Näitä asiakirjoja ovat urakkaohjelma, urakkarajaliite ja tekniset asiakirjat. Tuotannon budjetoinnissa urakoitsija määrittelee eri töille ja hankinnoille budjetin kustannusarvion perusteella. Kustannusten valvonta tarkoittaa jatkuvaa kustannustietojen keräämistä toteuman perusteella ja niiden vertaamista tavoitteeneseen. Jälkilaskennan tarkoituksena on selvittää rakennetun kohteen taloudellinen toteutuminen ja antaa työ- ja materiaalikustannustietoa seuraavien kohteiden laskentaan. (Lindholm 2009, 20-21.)

Kuviossa 1 on esitetty urakoitsijan kustannuslaskentaan kuuluvat tärkeimmät eri osat alueet. Kustannusarviolaskennassa kohteentietojen ja aikaisempien viitekohteiden avulla hankkeelle lasketaan kustannukset. Tarjouslaskentavaiheessa muodostetaan kustannuksista kohteelle lopullinen tarjoushinta, lisäämällä kustannuksiin hanketehävistä- ja varauksista aiheutuvat kustannukset. Rakennushankkeen alkaessa kustannusarvion ja tarjouslaskenta vaiheen hintojen perusteella muodostetaan kohteelle budjetti, josta käytetään nimitystä tavoitearvio. Kustannusvalvontaa toteutetaan hankkeen aikana keräämällä tietoa toteutuneista kustannuksista ja poikkeamista. Näistä saatu tieto huomioidaan jälkilaskennassa, jossa selvitetään hankkeen lopputulos. Jälkilaskenta tuottaa tietoa seuraavien kohteiden laskentaa ja sen avulla yrityksen laskentatoimi pysyy ajan tasalla. Tässä esitettyjen keskeisten kustannuslaskentaan kuuluvien osioiden tarkalla huomioinnilla saadaan kohteelle realistinen ja riskit huomioon ottava tarjoushinta, jolla kohde voidaan toteuttaa suunnitelmallisesti ja taloudellisesti.



KUVIO 1. Urakoitsijan kustannuslaskennan eteneminen (ks. alkuperäinen kuvio: Lindholm 2009, 20.)

Kustannusarvion laadinnassa käytetään standardikustannuslaskentaa ja kohdekohtaista kustannuslaskentaa. Standardikustannuslaskennassa käytetään vakioituneita tietoja ja tuotantotekniikoita siihen saakka, kunnes tietojenkäyttö tarkentuu kohdekohtaiseksi. Kohdekohtaisessa kustannuslaskennassa käytetään hankkeen tietoihin perustuvia määrä-, hinta- tai panostietoja, jotka perustuvat laskettavan kohteen suunniteltuihin tuotantomenetelmiin. (Lindholm 2009, 22-23.)

Kohteen kustannusarviota laadittaessa käytetään suoritelaskentaa, jonka nimi perustuu Talo80-nimikkeistöön. Nykyään käytetään vielä nimitystä suoritelaskenta, vaikka suoritteiden laskenta tehdään käyttäen joko Talo90-työlajinimikkeistöä tai Talo2000-tuotantonimikkeistöä. Suoritelaskennassa rakennusosat on jaettu määräluetteloon käytössä olevan nimikkeistön perusteella ja siinä esitetään lisäksi hinnoitellut suoritteet. (Lindholm 2009, 25.)

Määrälaskennassa lasketaan kohteen eri rakennusosien määrät teknisten asiakirjojen perusteella. Tilaaja voi myös antaa valmiin määräluettelon, jonka urakoitsija vain hinnoittelee. Määrälaskentaluettelossa rakennusosat on jaettu osiin urakoitsijan

käyttämän nimikkeistön mukaan. Nykyisin määrälaskennan voi suorittaa ulkopuolinen yritys, joka on siihen erikoistunut. (Lindholm 2009, 26; Piirainen 2012.)

Rakennusosien hinnoittelussa määritetään kukin rakennusosan kustannus työpanoksen, materiaalimenekin ja alihankinnan perusteella. Työkustannusten määrittäminen tapahtuu työmenekin perusteella, joka lasketaan käyttämällä työvaiheaikaa (T4-aikaa), joka sisältää kaikki tauot ja työssä esiintyvät keskeytykset. Materiaalimenekien kustannukset määritetään hukallisen materiaalimenekin ja yrityksen oman hinnoittelun perusteella. Alihankintojen hinnoittelu perustuu ennakkotarjouskyselyjen perusteella urakoitsijoilta ja materiaalitoimittajilta saatuihin hintoihin. Jokaisella yrityksellä on myös yleensä edelliseen liittyen omia tietoja oman työn suoritenopeudesta, materiaalimenekeistä ja alihankintojen kustannuksista, joiden avulla voidaan määritellä hyvinkin tarkkaan rakennusosalle tuleva hinta. (Lindholm 2009, 26-28.)

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin luetaan työnjohdosta, työmaan kalustosta, käyttötarvikkeista ja työmaarakennuksista aiheutuvat kustannukset. Nämä määräytyvät pääosin kohteen laajuuden ja keston perusteella. Hinnoittelussa käytetään yrityskohtaisia tietoja, jotka perustuvat aikaisempien hankkeiden toteutuneisiin kustannuksiin. (Lindholm 2009, 28.)

Tarjouslaskentavaiheessa kustannusarvioon lisätään työmaan kate ja riskivaraus. Kate koostuu yrityksen keskushallinnon kuluista, muista hankkeelle kohdistamattomista kuluista, koroista, veroista, poistoista sekä voitosta. Riskivaraus on kohdekohtainen lisä, jonka perusteena on kohteen tekniset ratkaisut ja toteutustapa, mahdollinen kustannustason nousu ja vaikeasti hinnoiteltavat urakkaehdot. Kohteen tekniset ratkaisut ja toteutustapa tarkoittaa varautumista tavallisesta poikkeaviin työtapoihin ja menetelmiin sekä rakenneratkaisuihin. Kustannustason muutokseen tulee varautua erityisesti, kun hanke on pitkäkestoinen, ja näin yleinen hintatason nousu on mahdollinen. (Lindholm 2009, 31-35.)

## 2.3 Budjetointi

Rakennettavan kohteen budjetin laadinnassa urakoitsija muuttaa tarjousvaiheessa laadittua kustannusarviota siten, että siitä saadaan tavoitteelliset hinnat hankinnoille ja suoritteille. Tästä käytetään nimitystä tavoitearvio. Tavoitearviota varten kustannusarvion laadinnassa saatuja tuloksia tarkennetaan ja yksilöidään siten, että saadaan jokaiselle rakennusosalle hankintojen ja työn tavoitehintaa. Tavoitearvio tulee olla sidottu mahdollisimman oikeaan kustannustasoon. (Lindholm 2009, 38; RATU S-1229 2011, 14.)

Tavoitearviossa kustannukset on jaettu litteroihin hankintakokonaisuuksien ja työtehtävien mukaan. Litterointi tarkoittaa hankkeen jakamista luetteloon rakennusosakohtaisesti, joka perustuu Talo80-, Talo90- tai Talo2000-nimikkeistöön. Yrityksellä voi olla myös oma nimikkeistö, ja sitä muokataan hankekohtaisesti. (Lindholm 2009, 38.)

Budjetointiin liittyvät myös kiinteästi tilaajan maksuerät. Urakoitsijan tulot hankkeessa koostuvat tilaajan maksamista maksueristä maksuerätaulukon mukaisesti. Maksuerät on sidottu rakennuksen valmistumiseen, eli tietyn rakennusosan valmistuttua tilaaja maksaa sovitun summan urakoitsijalle. (Lindholm 2009, 39.)

## 2.4 Kustannusten hallinta

Työmaan tulisi toimia omilla rahoillaan, mikä onnistuu toimivan maksuerätaulukon ja toimitusten oikea-aikaisuuden avulla. Kustannusten hallinnan pääpainon on kohdistuttava ennen hankintoja ja töitä tehtäviin suunnitelmiin ja toteutusvaihtoehtoihin. Siinä vaiheessa pystytään suunnitelmien tarkentamisella ja eri toteutusvaihtoehtoilta vaikuttamaan rakennusosan tekemiseen taloudellisesti ja kannattavasti. Kustannusten hallinnassa on myös tärkeä ottaa huomioon rakennuspaikan olosuhteet, joihin ei pystytä muuten vaikuttamaan kuin suunnittelemalla työt tarkasti etukäteen. Oikeanlaisten työmenetelmien ja tuotantotekniikan sovittamisella kohdekohtaisesti voidaan ohjata rakentamisessa resurssien käytöstä kertyviä kustannuksia. (RATU S-1229 2011, 14; Palolahti, Koskenvesa, Lindberg & Penttilä 2008, 17.)

## 2.5 Kustannusvalvonta

Kustannusten valvonta toteutetaan keräämällä tietoa toteutuneista kustannuksista ja näin pystytään tarpeen mukaan tekemään muutoksia suunnitelmiin tavoitteeseen pääsemiseksi. Valvottavia kohteita ovat työkustannukset, hankinnat ja yhteiskustannukset. Valvonta voidaan jakaa kolmeen eri osaan, joita ovat ennakkovalvonta, työaikaisten kustannuspoikkeamien valvonta ja kohteen lopullisten kustannusten ennustaminen. (Lindholm 2009, 40-42.)

Ennakkovalvonta tarkoittaa yksittäisten tehtävien ja hankintojen suunnittelemista siten, että niissä päästään tavoitteeseen. Työstä vastaava henkilö suunnittelee työn yksityiskohtaisesti ennen sen toteutusta ja vertaa laskemaansa kustannusta tavoitearvioon. Suunnittelusta käytetään nimitystä tehtäväsuunnitelma, jossa selvitetään käytettävät resurssit, siihen kuuluvat eri työtehtävät ja toteutusaikataulu. (Lindholm 2009, 41.)

Työaikainen valvonta toteutetaan vertaamalla toteutuneita kustannuksia tavoitearvioon. Kohteen lopputuloksen ennustaminen suoritetaan kuukausittain ja siitä käytetään nimitystä loppukustannusennuste. Tässä saadaan selvitettyä työtehtävien edistymistä, tuottavuutta ja taloudellisuutta. Siinä selvitetään tehtäväkohtaisesti tiedot käytetyistä tunneista, aineista ja hankinnoista tuotannonarvon valmiusasteen perusteella, minkä jälkeen verrataan näitä tavoitearvioon. Poikkeamiin pystytään näin reagoimaan aikaisessa vaiheessa työn aikana ennen pidemmän työvaiheen päättymistä. Poikkeamissa tulee kuitenkin huomioida lisä- ja muutostöiden vaikutus työn kustannuksiin ja aikataululliseen etenemiseen. (Lindholm 2009, 42.)

## 2.6 Jälkilaskenta

Jälkilaskennan avulla selvitetään kohteen taloudellinen onnistuminen. Siinä tarkistetaan myös eri työtehtävien suoritemäärät, materiaalimenekit ja hinnat. Jälkilaskennan tuloksista saadaan tietoa vastaavanlaisten kohteiden laskentaan, pidetään yrityksen kustannustiedostot ajan tasalla. Tällä tavoin pystytään kiinnittämään huomio-

ta jatkossa, missä hankkeen kustannuksissa oli eroja tavoitteen ja toteutuman välillä. (Lindholm 2009, 45-46.)

Jälkilaskentaa toteutetaan jo hankkeen aikana sekä päätyttyä, mutta siinä on itse kohteen rakentamisen jälkeen vielä huomioitava takuutöiden vaikutus. Vaikka yksittäinen työtehtävä on taloudellisesti onnistunut hankkeen aikana, voi sen huono laatu aiheuttaa kustannuksia vielä takuuajana, jotka tulee ottaa huomioon jälkilaskennassa. Jälkilaskenta suoritetaan yrityksen jälkilaskentaohjeen perusteella ja kohteen vaatimalla tarkkuudella. (Lindholm 2009, 47.)

Jälkilaskentaa voidaan suorittaa jo yksittäisen tarkkailunimikkeen (littera) työn valmistuttua. Valmistumisen jälkeen varmistetaan, että kaikki tälle litteralle tulevat kustannukset on laskutettu. Seuraavaksi varmistetaan, että litteralle kohdistettujen palkat, materiaalit, alihankinnat ja muut toteutuneet kustannukset on kohdistettu oikein. Tämän jälkeen korjataan suunnitelmien määrätiedot vastaamaan toteutunutta ja pyritään selvittämään määräerot. Lopuksi pyritään selvittämään tavoitearvion kustannusten poikkeavuuden syy toteutuneisiin kustannuksiin. Kohteen valmistuttua kyseinen jälkilaskenta suoritetaan jokaiselle litteralle edellä mainitulla tavalla. (Lindholm 2009, 47.)

Jälkilaskennan suorittamisen jälkeen pidetään työmaan lopetuspalaveri, johon osallistuu yrityksen tuotanto- ja kustannuslaskentahenkilöstö. Palaverisessa käydään läpi hanke litteroittain ja kiinnitetään erityishuomiota tavoitteista poikenneisiin litteroihin. Tällä menettelyllä työmaanjohto pystyy antamaan omat näkemyksensä mahdollisiin kustannusylityksiin. Palaverisessa käydään myös läpi, mikä hankkeessa onnistui ja mikä ei. Palaverisessa ilmi tulleiden poikkeamien avulla laskenta pystyy jatkossa kiinnittämään huomiota näiden mahdollisiin syihin, jotka voivat olla esimerkiksi määräero materiaaleissa tai työmenekissä. (Lindholm 2009, 48.)

## 3. RAKENNUSHANKKEEN AJALLINEN SUUNNITTELU

### 3.1 Yleisaikataulu

Yleisaikataulussa esitetään koko hankkeen suunniteltu kulku. Se toimii pohjana tarkemmalle ajalliselle suunnittelulle, ja sen määrittämien reunaehtojen perusteella laaditaan rakentamisvaihe- ja viikkoaikataulut. Yleisaikataulu toimii työnaikaisena töiden sovittamis- ja informaatiovälineenä työmaalla eri toimijoiden välillä. (Mäki & Koskenvesa 2008, 27.)

Pääurakoitsija laatii yleisaikataulun. Se laaditaan jo urakkalaskentavaiheessa ja tarkennetaan sekä urakkasopimusvaiheessa että juuri ennen rakentamisen alkamista. Laadinnan suorittavat työpäällikkö, mahdollinen työmaainsinööri ja vastaava mestari. Aikataulu esitetään yleensä jana-aikataulumuodossa. (Mäki & Koskenvesa 2008, 27.)

Alustavan yleisaikataulun laaditaan tarjouslaskentavaiheessa. Tällöin siinä esitetään vain tärkeimmät työvaiheet suurempina kokonaisuuksina, jotta saadaan vertailtua eri toteuttamisvaihtoehtoja ja suunniteltua kustannusten jakautumista rakentamisajalle. Alustava yleisaikataulu perusteella saadaan myös tarkistettua, että hanke voidaan toteuttaa rakennuttajan antamassa ajassa ja kuinka kireä kokonaisrakentamisaika on. Kyseisen aikataulun perusteella saadaan myös käsitys töiden ajoittumisesta eri vuodenaikoihin, rakennusajasta riippuvista käyttö- ja yhteiskustannuksista, tärkeimpien resurssien ja kaluston ajallisesta tarpeesta sekä eri hankintojen ajoittumisesta. Alustava yleisaikataulu laaditaan tarjouspyyntöasiakirjojen tietojen perusteella. Teknisten asiakirjojen pohjalta määritetään eri työvaiheiden kestot perustuen määrälaskennan tietoihin. Muut urakoitsijan toimintaa velvoittavat tehtävät saadaan kaupallisista asiakirjoista. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 43.)

Rakennuttajan ja urakoitsijan välisissä sopimusneuvotteluissa alustava yleisaikataulu tarkennetaan sopimusyleisaikatauluksi. Tässä vaiheessa tarvittaessa aikatauluun tarkennetaan lopulliset aloitus- ja valmistumispäivämäärät sekä välitavoitteet. Urakkasopimuksen allekirjoitettuaan urakoitsija on velvollinen toteuttamaan työt sopimusyleisaikataulun mukaisesti. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 45.)

Sopimusyleisaikataulu tarkennetaan edelleen työmaan suunniteltua etenemistä kuvaavaksi yleisaikatauluksi (työaikataulu) ennen rakennustöiden aloittamista. Muut urakoitsijat tahdistavat omat työnsä pääurakoitsijan yleisaikataulun mukaan. Tällöin aikatauluun liitetään myös talotekniikkatöiden tehtävät, jotka LVISA-urakoitsijat määrittelevät. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 45; RT 16-10660 1998, 4.)

Lopullinen yleisaikataulu laaditaan alustavan yleisaikataulun pohjalta tarkentaen sen yleisellä tasolla esitettyjä nimikkeitä ja määrittämällä näiden kestot perustuen tehollisiin työvuoroaikoihin ja riittäviin häiriöpelivaroihin. Laadinnassa käytetään yrityksen omia sekä RATU-työmenekkitiedostoja. Huomioon otettavia seikkoja ovat myös rakennuspaikan olosuhteet, käyttö- ja toimintakokeiden vaatima aika sekä vuosittaiset loma- ja vapaapäivät. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 47.)

### **3.2 Rakentamisvaihe- ja viikkoaikataulut**

Rakentamisvaihe- ja viikkoaikataulujen avulla varmistetaan yleisaikataulun toteutuminen. Rakentamisvaiheaikataululla tarkoitetaan nimikkeiltään ja työvaiheiltaan yleisaikataulua tarkempaa aikataulua, joka laaditaan tietyille ajanjaksolle kuten esimerkiksi runkovaiheelle. Se laaditaan yleisaikataulun pohjalta käyttäen tarkempia työvaiheiden kestoja ja tehtäväsuunnitelmia. Siinä esitetään myös töiden keskinäinen riippuvuus sekä sivu- ja aliurakoitsijoiden työt. Rakentamisvaiheaikataulun laatii työmaa, ja se esitetään joko jana-aikataulu tai paikka-aikakaavio muodossa. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 55-56.)

Viikkoaikataulu on 1-3 viikon ajalle rakentamisvaihe- ja yleisaikataulun pohjalta tehty aikataulu. Siinä kuvataan päivän tarkkuudella suoritettavat työt ja resurssien käyttö. Viikkoaikataulun avulla varmistetaan resurssien tehokas käyttö ja se, että töiden tekemiselle ei ole esteitä ja materiaaleja on saatavilla ajoissa. Viikkoaikataulu toimii myös eri työvaiheiden yhteensovittamisen työkaluna. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 58-59.)

### 3.3 Aikataulujen valvonta ja toteutumisen seuranta

Ajallista valvontaa tehdään työtehtävien suunnitteluvaiheessa sekä itse tehtävien toteutusvaiheen aikana. Suunnitteluvaiheessa pyritään varmistamaan tehtävien toteutuminen suunnitellun mukaan tekemällä erilaisia tehtäväsuunnitelmia ja varautumalla riskeihin. Työnaikaisella valvonnalla tarkkaillaan tehtävien suunnitelmien mukaista toteutumista keräämällä tietoa toteutuneista tuotantomääristä. Poikkeuksiin pyritään reagoimaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa vaikuttamalla esimerkiksi resursseihin ja tehtävän työsisältöön ja toteutusaikaan. (Vuorela, Urpola & Kanainen 2001, 136.)

Paikka-aikakaaviolla tai tuotantoaikakaaviolla valvotaan kriittisten tehtävien toteutumista rakentamisen aikana. Aikataulussa vaaka-akselilla on aika ja pystyakselin muodostaa paikka-aikakaaviossa osakohte ja tuotantoaikakaaviossa suoritemäärä. Tehtävät aikatauluun merkitään vinoviivoin, jotka kuvaavat tuotantonopeuden. Valvonta toteutetaan piirtämällä suunniteltuun paikka-aikakaavioon valmistuneet osakohteet viikoittain omina vinoviivoina. Toteutuneen perusteella voidaan todeta valvontahetken tuotantonopeus, valmistumisprosentti ja työn aikataulussa pysyminen. Paikka-aikakaavion avulla tapahtuvan valvonnan avulla nähdään myös, valmistuvatko työkohteet ajallaan vai tarvitaanko mahdollisesti toimenpiteitä tavoitteiden saavuttamiseksi. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011, 25; Vuorela ym. 2001, 136.)

Valvontavinjetillä seurataan, milloin työkohte on tietyn työryhmän käytössä ja milloin se vapautuu seuraavan työn käyttöön. Sen avulla nähdään nopeasti missä vaiheessa työt ovat missäkin osakohteessa. Valvontavinjetti on matriisimuotoinen taulukko, jossa vasemmassa laidassa ovat työvaiheet ja yläreunassa osakohteet. Näiden muodostamaan ruudukkoon merkitään töiden suunniteltu ajankohta esimerkiksi viikon tarkkuudella. Valvontavaiheessa töiden aloitus merkitään vinoviivalla ja valmistuminen toisella vinoviivalla, jolloin työn valmistuttua ruudussa on rasti. Näin nähdään, onko työ aloitettu ajallaan ja jos ei, voidaan puuttua työnohjaukseen. (Vuorela ym. 2001, 137.)

## **4 KUSTANNUKSIIN JA AIKATAULUUN VAIKUTTAVIA SEIKKOJA**

### **4.1 Talvirakentaminen**

Talvikaudella tarkoitetaan vuosittain sitä aikaa, jolloin vuorokauden keskilämpötila pysyy nollan alapuolella. Tämän ajanjakson pituus Etelä-Suomessa on keskimäärin 140 vuorokautta. Sää olosuhteet vaihtelevat kuitenkin suuresti vuosittain ja talvirakentamisen kustannusten laskeminen ja ennakoiminen on haastavaa. (RATU C8-0377 2010, 1.)

#### **4.1.1 Talvirakentamisen lisäkustannusten muodostuminen**

Talvirakentaminen aiheuttaa lisäkustannuksia, jotka syntyvät kokonaistyömenekin kasvamisesta, suuremmasta materiaalihukasta ja talvirakentamiseen sopivista materiaaleista, energian tarpeen kasvusta, muuttuneista kone- ja laitetarpeista ja rakennusajan kasvusta. Näitä kustannuksia aiheuttavat talviaikaan kovat pakkaset sekä lumi- ja räntäsateet. (RATU C8-0377 2010, 1.)

Työmenekin kasvun aiheuttavat töiden talvityöhaitat, erilaiset työn keskeytykset, talven lisätyöt ja lisääntyvät työnaikaiset asennukset. Talvityöhaittoja ovat pakkasen ja muuten heikkojen sääolojen aiheuttama työnopeuden hidastuminen. Kovat pakkaset voivat aiheuttaa työn keskeytymisen pitkäksikin aikaa. Talvilisätyöt tarkoittavat työn tekemisen lisäksi tehtäviä lisätöitä kuten lumitöitä ja jään poistoa. Työnaikaiset asennukset käsittävät esimerkiksi suojauksen. (RATU C8-0377 2010, 3.)

Lisääntynyt materiaalihukka käsittää muuttuneiden työmenetelmien aiheuttaman materiaalihukan ja sääolosuhteiden aiheuttaman materiaalien pilaantumisen ja häviämisen. Myös materiaalien lisääntyvä suojaus aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Talviaikaan voidaan joutua käyttämään alhaisen lämpötilan takia erilaisia materiaaleja kuten talvibetonia ja pakkasen kestäviä laasteja. Näiden hinnat ovat huomattavasti

normaali olosuhteissa käytettäviä materiaaleja korkeammat. (RATU C8-0377 2010, 3.)

Energian tarpeen kasvulla tarkoitetaan ylimääräistä lämmitykseen ja sulatukseen käytettävää energiaa. Energiaa tarvitaan esimerkiksi betonivalujen jäätyksen estämiseksi, itse rakennuksen lämmittämiseen sekä lumen ja jään sulatukseen. Talvi aiheuttaa myös lisääntyneen koneiden ja laitteiden tarpeen, joita käytetään esimerkiksi lumen ja jään poistoon sekä sulatukseen. Myös erilaisia lämmittämiä tarvitaan huomattava määrä, joka tarkoittaa myös lisääntyvään työmaan sähkökeskusten tarvetta. (RATU C8-0377 2010, 4.)

Valaistuksen tarve kasvaa myös talviaikaan, mikä lisää siten sähköenergian kulutusta. Syksyllä ja talvella valaistuksen tarve sisätiloissa on jatkuvaa ja ulkonakin valaisimia on pidettävä päällä useita tunteja vuorokaudessa. Hyvällä valaistuksella on merkittävä vaikutus työturvallisuuteen kuten myös työn laatuun. Varkauksien estämiseksi ulkoalueiden valaistusta pidetään päällä myös ilta- ja yöaikaan. (Talvirakentaminen 1989, 17-21.)

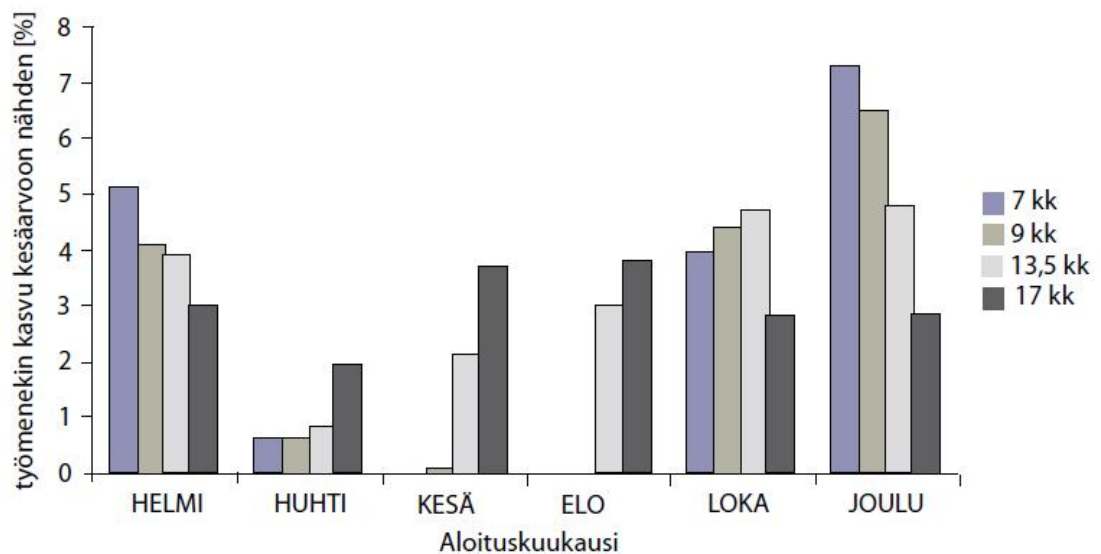
Rakennusajan kasvu aiheutuu jo edellä mainituista asioista ja pakkaspäivistä, talvilomista sekä arkipyhistä. Kovilla pakkasilla työt keskeytyvät kokonaan tai joidenkin materiaalien asentaminen on mahdotonta. Myös tiettyjen työkoneiden käyttö estyy pakkasten takia. Erityisesti erilaiset työn keskeytykset pidentävät rakennusaikaa talvella. (RATU C8-0377 2010, 4.)

#### **4.1.2 Talvirakentamisen lisäkustannuksiin vaikuttaminen**

Rakennushankkeen ajoituksella voidaan vaikuttaa hyvinkin paljon talven aiheuttamiin lisäkustannuksiin. Tämä tarkoittaa kuitenkin vain sellaisia hankkeita, joiden ajoitukseen voidaan vaikuttaa. Tarkoituksena on pyrkiä siirtämään säälle alttiit työvaiheet mahdollisuuksien mukaan pois talvikuukausilta. Pienemmät hankkeet voidaan toteuttaa pelkästään talvikauden ulkopuolella, mutta osa suurempien hankkeiden töistä ajoittuu väkisin talvelle. Kun koko hankkeen ajoitusta on yleensä vaikeampi siirtää edullisempaan suuntaan, on hankkeen sisäisellä ajoituksella mahdollisuus vaikuttaa

talvella tehtäviin töihin. Tämä onnistuu kylläkin vain suurissa hankkeissa sekä osakohteisiin jaetuissa kohteissa. (RATU C8-0377 2010, 9-10.)

Kuviossa 2 on esitetty eri mittaisten hankkeiden työmenekin vaihtelu prosentteina kesällä tehtävään työhön nähden. Lyhyissä hankkeissa, kun aloitusajankohta ajoittuu talviaikaan, työmenekin kasvusta aiheutuvat kustannukset ovat huomattavasti suuremmat verrattuna pidempiin hankkeisiin.



KUVIO 2. Työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden prosentteina hankkeen laajuuden mukaan (Saarikivi & Kankainen 1989, 101.)

Tuotantotekniikkaa muuttamalla pystytään vaikuttamaan jonkin verran lisäkustannuksiin lähinnä runkovaiheessa. Runkovaiheessa talven lisäkustannuksia aiheutuu suurimmaksi osaksi paikalla valettavien rakenteiden tekemisestä. Tuotantotekniikkaa muuttamalla ja käyttämällä elementtiratkaisua paikalla valettavien rakenteiden sijaan, pystytään vähentämään talven aiheuttamia lisäkustannuksia. Myös eri suunnitteluratkaisuilla on huomattava vaikutus. (RATU C8-0377 2010, 9.)

Lumen ja jään poisto tulisi pyrkiä aina tekemään mekaanisesti, koska sulanut lumi kastelee rakenteita. Näin ollen siitä aiheutuu myöhemmin haittaa rakenteita kuivaettaessa päällystystä varten. Säsuojauksen tarve tulisi aina miettiä monelta kannalta, sillä jatkuvasti työn alla olevien paikkojen suojaaminen säsuojalla on monesti

edullisempaa kuin toistuvat lumityöt. Sääsuojaus myös parantaa työolosuhteita ja näin nopeuttaa työn suorittamista sekä parantaa työturvallisuutta. Rakennuksen lämmittämisen ja kuivattamisen kustannuksiin pystytään vaikuttamaan ennakoinnilla sekä lämmityksen aikaisella seurannalla. Oikein mitoitetuilla lämmittimillä, niiden käytön suunnittelulla ja rakenteiden tiivistämisellä on suuri vaikutus energian kulu- tukseen. Lämmittimet tulisi suunnata niin, että ne levittävät lämmön mahdollisim- man hyvin koko lämmitettävään tilaan. Rakenteiden tiivistämisellä ja osastoinnilla estetään lämmön karkaaminen lämmittämättömiin tiloihin ja ulos. Lämmityksen ai- kaisella seurannalla pyritään pitämään rakennuksessa vain juuri se tarvittava lämpöti- la, koska liika lämmitys vain kuluttaa ylimääräistä energiaa. (RATU C8-0377 2010, 10.)

Sääsuojauksen eri toteutusvaihtoehdoilla pystytään pienentämään myös talven lisä- kustannuksia. Erilaisten sääsuojaustapojen käyttö riippuu kohteen laajuudesta ja työmaatekniikasta. Hyvällä suojauksen suunnittelulla pystytään käyttämään eri työ- kohteissa edullisinta ratkaisua. Sääsuojauksen avulla vaikutetaan talven aiheutta- maan työmenekin kasvuun alentavasti, vähennetään pakkaspäivien määrää ja kal- liimpien materiaalien kuten talvibetonin käyttöä. Mahdollisen isomman sääsuojan käyttöä ja toteutusta tulisi miettiä jo rakennuksen toteutuksen suunnitteluvaiheessa. (RATU C8-0377 2010, 11.)

#### **4.1.3 Talven huomioiminen aikataulutuksessa**

Talven aiheuttamat työn keskeytykset ja hidastuminen vaikuttavat hankkeen ajalli- seen toteutukseen, ja siten näille häiriöille on varattava aikaa jo aikataulujen teko- vaiheessa. Näin varmistetaan hankkeen ajallinen ja sitä kautta laadullinen toteutumi- nen. Tästä ajasta, joka varataan työssä aiheutuville häiriöille, käytetään nimitystä vapaa pelivara. Tätä häiriöpelivaraa on vaikea määrittää tarkasti johtuen vaihtelevis- ta sääoloista. Kuitenkin esimerkiksi pakkasen aiheuttaman työn keskeytymiseen va- rataan 16 työvuoroa. Nämä jakaantuvat talvelle siten, että joului- ja maaliskuulle va- rataan 2 päivää kuukautta kohti ja tammi- ja helmikuulle 6 päivää. Vapaa pelivara merkitään aikatauluun eri rakennusvaiheiden loppuun. (RATU C8-0377 2010, 12.)

Jos hankkeen toteutusvaiheessa sääoloista johtuen urakoitsija ei pysty toteuttamaan hanketta sovitussa aikataulussa, on hänellä oikeus saada pidennystä urakka-aikaan. Tämän voivat yleensä aiheuttaa pitkät pakkasjaksot. Tällöin pakkaspäivien lukumäärä ylittää kuukauden vertailuarvon ja urakka-ajan pidennys määräytyy tämän mukaan. (RATU C8-0377, 2010, 12)

## **4.2 Betonilattiarakenteet**

### **4.2.1 Yleistä**

Betonilattiarakenteiden kuivuminen on keskeisessä roolissa koko hankkeen toteutuksen kannalta. Jos lattiaa ei päästä päällystämään aikataulussa, tämä vaikuttaa kaikkiin loppuvaiheen töihin, joita ei voida toteuttaa ennen lattiapäällysteen asentamista. Jo tuotannon suunnitteluvaiheessa selvitetään päällystemateriaalien vaatimat kosteusraja-arvot betonilattioissa ja näiden avulla laaditaan kuivumisaika-arviot. Rakentamisvaiheessa tulee käyttää sopivaa betonia, luoda hyvät kuivumisolosuhteet, minimoida lattiarakenteiden kastuminen ja suunnitella kosteusmittausten toteutus. Kun tiedostetaan betonin kuivumisen ongelmallisuus, eri päällysteiden aiheuttamat vaatimukset ja kosteusmittauksien tärkeys, pystytään rakennushankkeen betonilattiarakenteet toteuttamaan aikataulussa ja taloudellisesti. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 94-95.)

Myös tämän tutkimuksen kannalta betonilattiarakenteet ovat erittäin oleellisessa roolissa sekä kustannusten että aikataulun toteutumisen kannalta. Talviaikaan betonilattiarakenteiden kuivumisolosuhteet on paljon helpompi toteuttaa kuin kesäaikaan. Talvella ulkoilman sisältää hyvin vähän kosteutta lämmitessään, ja näin kuivumisolosuhteiden ylläpitämiseksi riittää lähes pelkästään se, että ilma rakennuksen sisällä pääsee vaihtumaan riittävästi. Kesällä kuivumisolosuhteita ei voida parantaa pelkästään ilmanvaihdon parantamisella, koska ulkoa tuleva ilma on jo valmiiksi lämmintä ja kosteaa. Betonilattiarakenteet ovat erittäin haasteellinen osa rakentamista kesäaikaan ja varsinkin niiden kuivuminen on erittäin ongelmallista.

## 4.2.2 Betonin kosteus

Betoniin tulee kosteutta sekä sen valmistusvaiheessa että itse rakentamisvaiheessa. Lisäksi se pystyy hygroskooppisena materiaalina sitomaan ilmasta kosteutta ja pyrkii asettumaan kosteustasapainoon ympäröimän ilman kanssa. Valmistusvaiheessa betonissa oleva vesi reagoi sementin kanssa, ja näin valmistuksessa käytettävästä vedestä sitoutuu kemiallisesti betoniin noin 20 painoprosenttia sementin massasta. Loput vedestä sitoutuu betonin huokosrakenteeseen fysikaalisesti, joka tarkoittaa, että osa tästä vesimäärästä pystyy haihtumaan ympäröivään ilmaan. Kemiallisesti sitoutunut vesi ei voi haihtua pois betonista. Valmistuksen jälkeen betoniin siirtyy ja siitä poistuu kosteutta ympäröivään ilmaan riippuen ilman suhteellisesta kosteudesta. Tämän lisäksi betoni voi kastua rakentamisvaiheessa tai myöhemmin esimerkiksi putkirikon seurauksena. (Merikallio ym. 2007, 13,19.)

## 4.2.3 Betonilattiarakenteiden kuivuminen

Betonilattiarakenteiden kuivuminen on yksi tärkeimmistä huomioon otettavista asioista aikataulua laadittaessa. Kuivumisaika arvioidaan jo alustavan yleisaikataulun laadintavaiheessa, jotta pystytään toteutusvaiheessa valitsemaan oikeat toimenpiteet aikataulussa pysymiseksi ja ajoittamaan muut työt lattiarakenteiden kuivumisen kanssa yhteen. Sopivan betonivalinnalla ja kuivumisolosuhteiden parantamisella pystytään vaikuttamaan betonin kuivumisnopeuteen. Kuivumisajan arviointi voi perustua esimerkiksi Suomen Betonitieto Oy:n julkaisuun "Betonirakenteiden kosteudenmittaus ja kuivumisen arviointi". (Merikallio ym. 2007, 23.)

Vasta valetun betonin suhteellinen kosteus on 100 %. Tämä tarkoittaa, että betonin huokosrakenne on täynnä vettä. Betonin kovettuessa osa vedestä sitoutuu betoniin kemiallisesti. Tällöin betonin suhteellinen kosteus laskee 90-98 %:iin betoni laadun mukaan. (Merikallio ym. 2007, 20.)

Betonin kuivuminen sitoutumisen jälkeen on haihtumiskuivumista. Alkuvaiheessa rakenteen pinnan ollessa vielä märkä haihtuminen tapahtuu nopeasti ja lisää kosteutta siirtyy betonin pintaosiin kapillaarisesti. Tämä kuivumisen vaihe kestää suhtees-

sa vähän aikaa, ja kosteuden siirtymin kapillaarisesti pintaan estyy. Kuivuminen jatkuu sen jälkeen diffuusiona, joka on erittäin hidasta. (Merikallio ym. 2007, 21.)

Betonin kuivumisnopeuteen vaikuttavat betoninlaatu, betonin sisältämä vesimäärä ja betonin lämpötila. Betoninlaatu vaikuttaa betonin tiiveyteen ja näin vesihöyryn läpäisevyyteen sekä kapillaarisuuteen. Betonin lämpötilaa nostamalla aiheutetaan sen huokostilaan suurempi vesihöyryn osapaine, ja näin se nopeuttaa kosteuden siirtymistä. Näiden lisäksi kuivumisnopeuteen vaikuttavat rakenteen paksuus sekä mahdolliset kuivumissuunnat. Paksummassa rakenteessa kosteus joutuu siirtymään pidemmän matkan betonin pintaan haihtuakseen ympäröivään ilmaan. Jos betonirakenne pääsee kuivamaan molempiin suuntiin, se nopeuttaa kuivumista huomattavasti. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi massiiviset välipohjat ja ontelolaattavälipohjat. Jälkimmäisessä kuivuminen alaspäin on kuitenkin erittäin hidasta johtuen ontelolaattabetonin tiiveydestä. Yhteen suuntaan kuivuvia rakenteita ovat esimerkiksi maanvaraiset betonilaatat. (Merikallio ym. 2007, 22.)

Kovettunutta betonirakennetta ei tulisi päästää kastumaa rakennusaikana. Kovettuessaan betonin huokosrakenne tiivistyy ja näin vaikeuttaa kosteuden poistumista betonista. Huokosrakenteen tiivistyminen ei kuitenkaan estä veden pääsyä rakenteen sisään. Jo osittain kuivuneen betonirakenteen kastuminen koko rakenteen paksuudelta voi aiheuttaa lopullisen kuivumisajan pidentymisen useilla viikoilla jopa muutamalla kuukaudella. Tältä kannalta yhtenä ongelmallisena rakenteena voidaan pitää ontelolaattoja, joiden tiiveys on sitä luokkaa, että onteloihin rakennusaikana päässyt vesi poistuu niistä erittäin hitaasti. (Merikallio ym. 2007, 22-23.)

#### **4.2.4 Päälystemateriaalien vaikutus**

Yleisempiä betonilattioiden päälystemateriaaleja ovat erilaiset muovimatot ja -laatat, parketit, laminaatit, linoleum, tekstiilimatot ja keraamiset laatat. Muita lattian käsittely vaihtoehtoja ovat lattiapinnoitteet kuten maalit, lakat ja erilaiset massapinnoitteet. Päälystymateriaalien kiinnityksessä käytetään joko liimaa tai laastia. Päälysteiden ominaisuudet vaikuttavat huomattavasti rakenteen kosteustekniseen toimintaan ja asettaa vaatimuksia betonin suhteelliselle kosteudelle ennen päälystämistä.

mistä. Tämän takia myös päällystemateriaalilla on vaikutusta rakennushankkeen aikataululliseen suunnitteluun. Heikosti vesihöyryä läpäisevät päällystemateriaalit, kuten muovimatot, vaativat alustana olevalta betonirakenteelta pienempää kosteuspitoisuutta kuin esimerkiksi keraamiset laatat. Sen seurauksena muovimatot vaativat myös huomattavasti pidemmän kuivumisajan alusrakenteena toimivalta betonilta. (Merikallio ym. 2007, 45.)

Betonirakenteen kuivuminen vaikeutuu päällystämisen jälkeen varsinkin kun käytettävä päällystysmateriaali on huonosti vesihöyryä läpäisevä. Vielä rakenteen päällystysvaiheessa sen sisäosat ovat pintaosia kosteampia ja tämä kosteus pyrkii siirtymään kohti pintaa. Jos päällystemateriaali vesihöyrynläpäisevyys on pieni ja sen läpi pääsee haihtumaan vähemmän kosteutta mitä rakenteen sisäosista siirtyy kohti pintaosia, voi kosteus alkaa tiivistyä päällysteen alle. Tästä johtuen betonirakenteen täytyy olla riittävän kuiva myös sisäosistaan, jotta sieltä siirtyvä kosteuden määrä on pienempi kuin päällysteen vesihöyrynläpäisevyys. (Merikallio ym. 2007, 45-47.)

Jotta betonirakenne voidaan päällystää, täytyy sen suhteellisen kosteuden olla riittävän pieni rakenteen pintaosista sekä sisäosista arviointisyvyydellä. Eri materiaaleille on asetettu omat betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvot, jotka rakenteen tulee alittaa ennen päällystämistä. Rakenteen ollessa riittävän kuiva, sisäosista siirtyvän kosteuden määrä on pienempi suhteessa päällystysmateriaalin vesihöyrynläpäisevyyteen ja ei näin aiheuta riskiä kosteuden tiivistymisestä päällysteen alapintaan. Esimerkiksi yleisimmillä muovimatoilla suhteellisen kosteuden täytyy olla arviointisyvyydellä alle 85 % ja pinnassa alle 75 %. (Merikallio ym. 2007, 50.)

#### **4.2.5 Kosteusmittaus**

Suorittamalla suhteellisen kosteuden mittaus betonirakenteelle voidaan varmistaa, että rakenne on riittävän kuiva päällystystä varten. Mittaus suoritetaan yleisimmin porareikämittauksena mutta sama asia voidaan tehdä myös näytepalamenetelmällä. Molemmissa menetelmissä mitataan suhteellisen kosteuden arvo suoraan siihen soveltuvalla mittalaitteella. Pintakosteudenosoitin ja karbidimittari eivät sovellu tark-

kaan suhteellisen kosteuden mittaamiseen vaan niitä voi käyttää haettaessa esimerkiksi lattiarakenteen kosteinta kohtaa. (Merikallio ym. 2007, 81.)

Kosteusmittauksia tulee suorittaa jo riittävän aikaisin ennen varsinaista päällystystyöhön ryhtymistä. Ensimmäisiä mittauksia tulee suorittaa jo siinä vaiheessa kun ollaan varmistettu ettei rakenne pääse enää kastumaan. Seurantamittauksilla, joita suoritetaan 2-4 viikon välein, varmistetaan rakenteen suunniteltu kuivuminen. Mittauksilla nähdään, onko rakenne kuivunut aikataulussa ja pystytään tarpeen vaatiessa vaikuttamaan kuivumisolosuhteisiin. Lopulliset kosteusmittaukset suoritetaan muutamasta päivästä kahteen viikkoon ennen päällystystöiden aloittamista. (Merikallio ym. 2007, 85.)

Mittausten määrä ja paikat vaihtelevat tapauksesta riippuen, johon vaikuttaa rakenteen valupäivä, eri paikkojen erialaiset kuivumisolosuhteet ja rakenteen kastuminen. Mittaukset tulisi suorittaa ainakin arvioidusta kosteimmasta ja kuivimmasta paikasta. Lattiarakenteilla suhteellinen kosteus tulisi mitata vähintään kahdesta kohtaa joka kerroksessa. Näiden lisäksi useasti kastuneet kohdat pitää tarkastaa erikseen. Jokaisessa mittauskohdasta mitataan kolme arvoa. Kaksi tulosta arviointisyvyydeltä ja yksi pinnasta. Arviointi syvyys määräytyy rakennetyypin mukaan ja pintaosien mittaus syvyys on 40% arviointi syvyydestä. (Merikallio ym. 2007, 86.)

## **5 TUTKIMUSTYÖ**

### **5.1 Tutkittava kohde**

Työssä tutkittavana kohteena oli Lujatalon rakentama hoivakoti Kinkomaalle. Kohde on kaksikerroksinen suurimmaksi osaksi betonielementeistä koostuva rakennus, johon rakennuksen keskiosaan tuli kolmanteen kerrokseen iv- konehuone. Rakennus koostuu neljästä suorakulmion muotoisesta osasta, jotka yhdistyvät muodostaen ristikuvion. Pohjan pinta-ala on noin 1300 m<sup>2</sup> ja tilavuutta rakennuksella on noin 12000 m<sup>3</sup>. Rakennuksen runkojärjestelmänä on kantavat seinät ja laatta, mutta osassa rakennuksessa on myös pilari-palkki-laatta järjestelmä. Väli- ja yläpohja koostuvat ontelolaatoista ja ensimmäisen kerroksen lattia on maanvarainen betonilaatta. Julki-

sivut ovat suurimmaksi osaksi tiilistä muurattuja mutta osa julkisivusta on verhottu alumiini kaseteilla. Vesikaton muodostaa ontelolaattojen päälle tulevat NR-ristikot ja huopakate.

Betonilattiarakenteet kohteessa muodostivat ensimmäisen kerroksen maanvarainen laatta ja plaano-tasoite sekä toisessa kerroksessa ontelolaatta ja plaano-tasoite. Märkätilojen kohdalla toisessa kerroksessa on kololaatta, jonka täyttö tehtiin betoimalla viemäriasennusten jälkeen. Lähes kaikkien tilojen lattioiden päällystämateriaalina käytettiin muovimattoa pois lukien sisääntulo aula, valmistuskeittiö ja iv-konehuone. Suurin osa ei-kantavista väliseinistä on kipsilevyä, mutta märkätilat ja henkilökunnan tilat ovat muurattuja.

Kyseisen kohteen rakentaminen Lujatalon osalta piti alkaa jo vuonna 2010, mutta erinäisistä tilaajasta johtuvista syistä hankkeen aloitus siirtyi kevättalvelle 2011. Alkuperäisellä toteutuksella Lujatalon piti aloittaa työt kohteessa marraskuun toisella viikolla vuonna 2010 ja urakan piti olla valmis syyskuun puolessa välissä vuonna 2011. Nyt urakka toteutettiin siten, että työt aloitettiin helmikuun ensimmäinen päivä 2011 ja kohde luovutettiin joulukuun puolivälissä 2011. Luovutus ajankohta siirtyi hankkeen aikana viikolla eteenpäin, kun se alunperin oli 9.12.2011. Tämä johtui tilaajan omista aikataulumuutoksista ja se helpotti Lujatalon urakan toteuttamista aikataulullisesti.

Oma tutustumiseni hankkeeseen alkoi maaliskuun puolivälissä 2011, jolloin menin työmaalle kolmannen vuosikurssin opintoihin liittyvään työharjoitteluun. Työharjoittelun aikana toimin työnjohtoharjoittelijana suorittaen erilaisia työjohdon tehtäviä rakennustyömaalla. Harjoittelun päätyttyä toukokuussa, työt jatkuivat samantyyppisissä tehtävissä kesätöiden muodossa aina elokuun lopulle saakka. Tämänkin jälkeen työskentelin vielä mukana hankkeessa opiskelujen ohella rakennuksen luovutukseen asti. Oma näkemykseni hankkeen toteutumisesta perustuu siis jatkuvaan työmaan etenemisen seurantaan lähes koko hankkeen ajalta pois lukien ensimmäinen rakentamiskuukausi helmikuussa 2011.

## 5.2 Tutkimustyön toteutus

Tutkimuksen tavoitteena oli siis määrittää aloitusajankohdan vaikutuksia kustannuksiin. Koska hankkeen aloitusajankohta oli siirtynyt kolmella kuukaudella, aiheutti tämä sekä kustannuksia että säästöjä. Toisena tavoitteena oli määrittää nyt toteutuneesta aloitusajankohdasta syntyneitä ongelmia ja viiveitä eritehtävien osalta työmaan yleisaikataulussa.

Myöhemmin tekstissä käytetään seuraavia käsitteitä: alkuperäinen aloitusajankohta ja nykyinen aloitusajankohta. Alkuperäisellä aloitusajankohdalla tarkoitetaan hankkeen toteuttamista aikavälillä 8.11.2010 - 16.9.2011. Nykyisellä aloitusajankohdalla tarkoitetaan hankkeen toteuttamista aikavälillä 1.2.2011 - 16.12.2011.

Tutkimustyössä hankkeen kustannukset käytiin läpi litterakohtaisesti käyttäen lähteenä hankkeen toteutunut kustannuseurantaa sekä aikaisempien kohteiden toteutuneita kustannuksia. Jokaisen litteran kohdalla arvioitiin, miten kyseiset työt olisi toteutettu alkuperäisellä aloitusajankohdalla ja sitten verrattiin tätä arviota nykyiseen aloitusajankohdan mukaiseen töiden suorittamiseen. Litterakohtaisessa tarkastelussa pyrittiin huomioimaan ainoastaan aloitusajankohdasta riippuvat selvästi erotuvat kustannukset. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin pienet merkityksettömät ja vähänkin epäselvät kustannukset, joita ei voitu tarkasti osoittaa johtuvan aloitusajankohdasta.

Töiden toteuttamisjärjestyksen oletettiin olevan kutakuinkin sama alkuperäisellä aloituksella kuin nyt toteutuneella. Joitain pieniä muutoksia toteutusjärjestyksessä ja sisäisessä ajoituksessa voisi todellisuudessa tulla talven vaikutuksesta, mutta näitä ei huomioitu tutkimusta tehdessä tai niiden vaikutuksella ei olisi ollut suurta merkitystä. Arvioitaessa talvirakentamisen kustannuksia, sääoloina käytettiin vuoden 2010 lopun ja vuoden 2011 alun osalta ilmatieteenlaitoksen vuorokauden keskilämpötilatilastoja (ks. Liite 1). Tilastojen avulla voitiin todeta talvikauden alku ja päättyminen sekä pakkasen vaikutus töiden suorittamiseen. Näiden avulla pystyttiin myös arvioimaan talvilisätöiden määrää talvella 2010-2011.

Työsuoritteiden kustannukset on määritelty käyttäen rakennusmiehen ja rakennusammattimiehen tuntipalkan keskiarvoa, joka arvioitiin olevan noin 15 €/h. Tähän on

vielä lisätty sosiaalikulut kertomalla kyseinen tuntipalkka 1,65. Tällöin kokonaiskustannukseksi saatiin Lujatalon oman työn osalta 25 €/h. Koneiden ja laitteiden, kuten valaisimien ja sähkökeskusten, vuokrahinnat perustuvat Lujatalon kalustokeskuksen päivävuokriin. Muut tutkimuksessa esitetyt yksittäiset kustannukset perustuvat materiaalityömittajien laskuihin, josta esimerkkinä betoninlämmityslisä 5,96 €/m<sup>3</sup>. Osassa arvioista kustannukset perustuvat vastaavan mestarin näkemyksiin.

Jokaisen litteran kohdalla tarkastelu suoritettiin seuraavasti:

1. Tutkitaan, mitä töitä ja materiaaleja kyseinen littera sisältää.
2. Tutkitaan, onko aloitusajankohdalla vaikutusta litteran kustannuksiin.
3. Arvioidaan, mihin vuodeaikaan kyseisen litteran työt ja kustannukset olisivat sijoittuneet alkuperäisellä aloitusajankohdalla.
4. Tarkastetaan yleisaikataulusta, mihin vuodeaikaan kyseisen litteran työt ja kustannukset toteutuivat nykyisellä aloitusajankohdalla.
5. Arvioidaan alkuperäisen toteutuksen mukaan aloitusajankohdasta aiheutuvien säästöjen/kustannusten määrä.
6. Tutkitaan nykyisen toteutuksen mukaan aloitusajankohdasta aiheutuvien säästöjen/kustannusten määrä.
7. Verrataan arvioita keskenään.
8. Tuloksena saadaan litterakohtainen tulos säästöistä tai lisäkustannuksista.

## **Esimerkki**

Littera 86300 KAASU

1. Sisältää lähinnä rakennuksen runkovaiheessa ja ensimmäisten sisätyövaiheiden (väliseinämuuraus) aikana tarvittavien nestekaasulämmittimien nestekaasun ainekustannukset.
2. Runkovaiheen ajoittuminen kylmään vuodenaikaan vaikuttaa nestekaasulämmittimien käyttöön, joten aloitusajankohdalla on vaikutuskustannuksiin.
3. Runkovaihe talvella ja väliseinämuuraus alkaa helmi-maaliskuussa.
4. Runkovaihe loppupalvesta ja väliseinämuuraus alkaa huhtikuussa
5. Kustannuksia 1150 €

6. Kustannuksia 495 €

7. Nykyisellä aloitusajankohdalla kustannuksia 655 € vähemmän

8. Aloitusajankohdan muuttumisella saadaan säästöä 655 €

Liitteessä 2 on litterakohtainen kustannustarkastelu koko hankkeelle suoritettu edellä mainitulla tavalla ja sen perusteella on laskettu lopulliset tulokset.

Epätarkkuutta tarkastelussa aiheuttaa alkuperäisen aloitusajankohdan kustannusten perustuminen osassa litteroista arvioon. Eräissä litteroissa kyseiset kustannukset jouduttiin arvioimaan ilman tarkkaa vertailu arvoa, mutta näissäkin pyrittiin vertaamaan saatuja kustannuksia aikaisemmin toteutuneisiin hankkeisiin, joiden ajoitus osui talviaikaan. Suurimmaksi osaksi litteroiden kustannukset pystyttiin tarkasti määrittämään, koska vertailuarvona oli tavoitearvion lasketut kustannukset tai aloitusajankohdan vaikutuksesta aiheutuneet kustannuksille oli selvästi osoitettavissa. Selvimmillään kustannuksista oli yksittäiset laskut työn ja materiaalien osalta. Itse suorittamani tarkastelun lisäksi oman arvionsa kustannusten oikeellisuuteen antoi hankkeen vastaava mestari ja osaa arvioista tarkennettiin hänen näkemyksensä perusteella.

Yleisaikataulussa esiintyviä aloitusajankohdasta johtuvia mahdollisia aikatauluviiveitä ja ongelmia tutkittaessa verrattiin toteutunutta yleisaikataulua hankkeen alussa laadittuun ja työmaakokouksessa 22.3.2011 hyväksytyyn yleisaikatauluun. Tutkimuksessa tarkastelu tehtiin jokaiselle tehtävänimikkeelle erikseen, joihin aloitusajankohdan seurauksena aiheutui ongelmia ja tehtävän aloituksessa tai toteutuksessa tapahtui viivästymistä. Muiden tehtävänimikkeiden toteutumisen seuranta jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska näiden toteutukseen aloitusajankohdan vaikutukset olivat merkityksettömät.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Aloitusajankohdan vaikutus kustannuksiin

Seuraavassa esitetyt tulokset koskevat ainoastaan Kinkomaan hoivakoti työmaata, eikä niitä voi suoraan käyttää arvioitaessa yleisesti rakennushankkeen aloitusajankohdan vaikutusta kustannuksiin. Tuloksiin johtaneita syitä ja tulosten hyödyntämistä seuraavissa hankkeissa on esitetty luvussa 7 Tulosten analysointi.

#### KUSTANNUKSET

81200	TYÖMAATIET JA VARASTORAKENNUKSET	4277 €
84100	TYÖKONEET	16 071 €
86500	KAUKOLÄMPÖ	4320 €
91400	TYÖMAAKOKEET JA KATSELMUKSET	900 €
<b>Yhteensä</b>		<b>25 568 €</b>

#### SÄÄSTÖT

26000	MAANVARAINEN LAATTA	620 €
37000	ULLAKKO- JA KATTORAKENTEET	6750 €
81600	RAKENNUSSUOJAUS	5000 €
81700	TYÖTURVALLISUUS	1250 €
82000	TYÖNAIKAISET ASENNUKSET	2372 €
86300	KAASU	695 €
86400	POLTTOAINEET	40 000 €
94000	TALVILISÄTYÖT	4 453 €
<b>Yhteensä</b>		<b>61 140 €</b>

#### LOPPUTULOS, Aloitusajankohdan vaikutus kustannuksiin

	KUSTANNUKSET	25 568 €
	SÄÄSTÖT	61 140 €
<b>Yhteensä</b>	<b>Säästöä</b>	<b>35 572 €</b>

Aloitusajankohdan muuttumisen seurauksena saatiin sekä kustannuksia että säästöjä. Merkittävimmät kustannukset aiheutuivat työmaateiden parantamiseen käyetyistä materiaaleista ja työstä, betonilattiarakenteiden kuivatuksesta kesäaikaan ja kasvaneesta kaukolämmön tarpeesta hankkeen loppuvaiheen siirtymisestä loppu syksyyn. Suurimmat säästöt aloitusajankohdan muutoksesta aiheutui vesikattorakenteiden tekemisestä keväällä, vähemmästä rakennussuojaus tarpeesta, runkovaiheen jälkeisen väliaikaisen lämmitystarpeen vähentymisestä ja talvilisätoista. Edellisten lisäksi maanvaraisten lattioiden teon myöhästyminen aikataulusta sekä betonilattiarakenteiden heikosta kuivumisesta aiheutuneet viivästykset myöhemmissä työvaiheissa aiheuttivat varmasti lisäkustannuksia. Tämän kustannusmäärän vaikeasta arvioimisesta johtuen sille ei ole laskettu konkreettista summaa.

## **6.2 Aloitusajankohdan vaikutus aikatauluun**

Seuraavassa on esitetty aloitusajankohdan vaikutuksesta esiintyviä ongelmia yleisaikataulussa niissä tehtävänimikkeissä, joissa aloitusajankohdalla oli vaikutusta töiden toteutumiseen. Liitteessä 3 on esitetty kohteen työmaakokouksessa 22.3.2011 hyväksytty alkuperäinen yleisaikataulu, johon on merkitty niiden tehtävien toteutuminen, joihin aloitusajankohdalla oli vaikutusta. Liitteessä 3 on myös esitetty betonilattiarakenteiden kuivumisajat. Aikataulu viiveisiin ja ongelmiin on esitetty tarkempia syitä ja tulosten hyödyntämistä seuraavissa hankkeissa on käsitelty luvussa 7 Tulosten analysointi.

### **Ongelmia esiintyi seuraavissa yleisaikataulun tehtävänimikkeissä:**

#### **3. VSS -rakenteet**

Työt keskeytyivät kovien pakkasten takia 17.2 - 22.2.2011 , mutta valmistuivat tästä huolimatta aikataulussa.

#### **4. Maanvaraiset lattiat**

Töiden aloitus myöhästyi kaksi viikkoa ja työt valmistuivat neljä viikkoa myöhässä aikatauluun nähden. Perimmäinen syy maanvaraisten lattioiden myöhästymiseen oli täyttökerrosten jäätyminen runkovaiheen aikana talvella, jonka seurauksena töitä ei päästy aloittamaan aikataulussa.

#### **14. Plaano**

Ensimmäinen toisen kerroksen ontelolaatastoa päälle tulevan plaano-tasoiheen pumppaus neljä viikkoa myöhässä aikataulusta. Myöhästymisen syynä tietoisesti tehty työvaiheen siirtäminen eikä aloitusajankohdalla ollut vaikutusta tämän tehtävän viivästymiseen toisen kerroksen lattiarakenteiden osalta. Maanvaraisten lattioiden heikon kuivumisen takia kyseisten lattiarakenteiden plaano-tasoiheen pumppaus voitiin suorittaa vasta lokakuun lopulla.

#### **20. Mattotyöt**

Töiden aloitus myöhästyi kaksi viikkoa, joka aiheutti ongelmia kaikkiin työvaiheisiin, jotka vaativat muovimattojen asennuksen ennen työn aloittamista. Syy mattotöiden siirtymiseen oli betonilattiarakenteiden heikko kuivuminen kesäaikaan. Jotta mattotyöt pystyttiin aloittamaan edes tuolloin, jouduttiin betonilattiarakenteita kuivattamaan koneellisesti.

#### **23. Puu- ja liukuovet, 25. Listoitus, 26. Kalusteet ja varusteet ja 27. Loppusiivous**

Mattotöiden aloituksen viivästyminen aiheutti puu- ja liukuovissa noin viikon myöhästymisen aloituksessa. Listoitus ja kalusteasennus pääsi alkamaan noin kolme viikkoa suunniteltua myöhemmin. Mattoasennuksen aloituksen siirtyminen muutti myös loppusiivouksen aloitusta noin kuukaudella.

## **7 TULOSTEN ANALYSOINTI**

Tutkimuksen lopputuloksena saatiin kustannustarkastelussa enemmän säästöjä kuin lisäkustannuksia eli hankkeen aloitusajankodan muutos vaikutti positiivisesti kustan-

nuksiin ja sitä kautta hankkeen lopputulokseen. Suurin vaikutus tuloksiin oli hankkeen toteuttaminen suurimmaksi osaksi lämpimään vuodenaikaan, joka aiheutti huomattavat säästöt. Toisaalta hankkeen toteutuksen siirtyminen kesää kohden aiheutti myös kustannuksia.

Betonilattiarakenteiden kuivattaminen aiheutti suurimmat kustannukset nykyisellä aloitusajankohdalla. Näitä kustannuksia ei olisi aiheutunut ollenkaan, jos aloitusajan kohta olisi ollut aikaisempi ja lattioiden kuivuminen olisi ajoittunut loppupalvelle ja keväälle. Tuolloin ilman suhteellinen kosteus on muihin vuoden aikoihin verrattuna pienin ja olosuhteet otolliset rakenteiden kuivamiselle. Lämmityskauden aikana kuivatus onnistuu varsin hyvin, vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus on hyvin korkea. Tällöin rakennuksen sisälle tulevan korvausilman suhteellinen kosteus pienenee oleellisesti lämmitessään, ja ilma on hyvin kuivaa. Kesä aikaan ongelman aiheuttaa korkea ilman absoluuttinen kosteus, jolloin betonirakenteet eivät kuiva ilman kuivatusolosuhteiden parantamista. Betonille sopivat kuivamisolosuhteet ilman suhteellisen kosteuden puolesta on alle 50 % ja lämpötilan pitäisi olla yli 20 astetta.

Seuraavia hankkeita ajatellen, joiden aloituksesta johtuen betonilattiarakenteiden kuivuminen ajoittuu kesälle, tulisi kuivumisolosuhteiden luomiseen kiinnittää erityistä huomiota. Lattioiden kuivumisen seuranta kosteusmittauksilla tulisi aloittaa hyvin varhaisessa vaiheessa, mieluiten alle kuukauden kuluttua valupäivästä. Näin voidaan riittävän ajoissa parantaa kuivamisolosuhteita ja seurata kuivumisen edistymistä. Tutkittavassa kohteessa ei ongelmaa aiheuttanut lattioiden kastuminen betonoinnin jälkeen, mutta tämäkin tulisi huomioida sekä muutenkin minimoida valun jälkeinen veden pääsy rakenteeseen.

Toinen merkittävä aloitusajankohdasta johtuva kustannus oli työmaateiden parantaminen keväällä kelirikon aikaan, jolloin autonosturin käyttö vaati rakennuksen ympärille lisätäyttöjä maapohjankantavuuden parantamiseksi. Rakennuspaikkana kyseinen tontti oli haastava maapohjankantavuuden osalta, koska se oli vanhaa peltomaata ja suurimmaksi osaksi savikkoa. Työmaateiden parantamisesta aiheutuvat kustannukset johtuivat osin myös siitä, että elementti asennus toteutettiin ajoneuvonosturilla. Torninosturin käytöllä vastaavanlaisella työmaalla voisi vähentää näitä kustannuksia, mutta asia täytyisi tutkia tapauskohtaisesti erikseen, jotta saadaan kokonai-

suuden kannalta edullisin vaihtoehto. Työmaateiden parantaminen on kohdekohtainen hankkeen laajuudesta ja rakennuspaikasta johtuva kustannuserä, jota on hankala yleistää ja se on määriteltävä hankekohtaisesti. Tässä tutkimuksessa saadut kustannukset johtuivat kyllä aloitusajankohdasta, mutta työmaateiden parannukseen käytettävää aine- ja työkustannuksia ei voida pitää yleisesti aloitusajankohdasta riippuvina, vaan ennemminkin sen määrittelee rakennuspaikka.

Kolmas selvästi erottuva kustannuserä oli kaukolämmön menekin lisääntyminen, joka johtui hankkeen viimeisen kolmen kuukauden siirtymisestä syksyyn ja alkutalveen. Kyseinen kustannus olisi pienentynyt huomattavasti aikaisemmalla aloitusajankohdalla, mutta vastaavasti muut lämmityskulut olisivat kasvaneet huimasti. Kaukolämmön kulutus olisi ollut vielä jonkin verran suurempi nykyisellä aloitusajankohdalla, jos vuoden 2011 syksy ei olisi ollut tavallista lämpimämpi (ks. Liite 1). Tämä kustannus riippuu hyvin paljon hankkeen pituudesta ja ajoituksesta. Siihen on hyvin hankala vaikuttaa rakentamisen aikana, mutta se tulee ottaa huomioon laskentavaiheessa.

Yksi suurimmista säästöistä aloituksen siirtymisen vaikutuksesta oli ullakko- ja kattorakenteiden toteuttaminen keväällä, kun se alkuperäisellä aloitusajankohdalla olisi jouduttu toteuttamaan keskitalvella. Pelkästään työnopeuden hidastumisesta aiheutuvat merkittävät kustannukset pystyttiin välttämään ja työ pystyttiin toteuttamaan huomattavasti suunniteltua nopeammin. Jatkossa talviaikaan tehtävän vesikattorakenteiden työolosuhteiden parantamiseksi ja työn nopeuttamiseksi sääsuojan käyttö voisi olla yksi potentiaalinen vaihtoehto. Sääsuojan avulla päästäisiin eroon lumen ja jään aiheuttamista ongelmista ja lisätöistä sekä pystyttäisiin työskentelemään kovempien pakkasten aikaan. Sääsuojan käytöllä välttyttäisiin myös alapuolisten rakenteiden kastumiselta ja vesikattoa vaativat työt, kuten väliseinälevytys, voitaisiin aloittaa aikaisemmassa vaiheessa. Taloudellisesti edullisimman vaihtoehdon löytämiseksi olisi tehtävä tarkempia laskelmia, eikä tämän tutkimuksen tarkkuus riitä osoittamaan, että sääsuojan käyttö olisi edullisempi vaihtoehto.

Toinen merkittävä säästö aiheutui vähentyneestä rakennussuojaus tarpeesta. Talvella keskeneräisiä rakennusosia sekä materiaaleja olisi jouduttu suojaamaan huomattavasti enemmän, kuin nyt kesäaikaan. Isoimpia suojaustarpeita olisi ollut maanvaraisen laatan suojaaminen jäätymiseltä, koska sen tekeminen olisi ajoittunut alkupe-

räisellä aloitusajankohdalla keskitalvelle. Säästöjä maanvaraiseen laattaa koskien aiheutui myös, kun betonointi voitiin tehdä kesälaadulla.

Suurin säästö koko hankkeessa saatiin rakennuksen työnaikaisissa lämmitys kuluissa. Runkovaiheen ja sisätyövaiheen aikaiseen lämmitykseen tarkoitettuja polttoaine kustannuksia ei tullut nykyisellä aloitusajankohdalla ollenkaan. Yksinomaan lämmityksen aiheuttamat kustannukset ovat huomattava osa rakentamisessa. Jos hanke joudutaan aloittamaan niin sanotusti pahimpaan mahdolliseen aikaan eli loppu syksystä, hankkeen laajuudesta riippuen, joudutaan lämmittämään rakennusta usean kuukauden ajan väliaikaisilla lämmittimillä ennen lopullisen lämmitysjärjestelmän käyttöönottoa. Lämmityskustannuksiin pystytään vaikuttamaan kiinnittämällä huomiota rakennuksen vaipan tiiveyteen ja osastoimalla rakennus sopivan kokoiisiin lämmitettäviin alueisiin.

Myös talvilisätöiden aiheuttamien kustannusten kertyminen vain kahdelta kuukaudelta sai aikaan huomattavat säästöt. Alkuperäisellä aloitusajankohdalla esimerkiksi rakennuspaikan lumen ja jään poistoon olisi kulunut huomattavan paljon aikaa ja sitä myöten myös kertynyt kustannuksia. Myös lämmityskaluston tarve olisi ollut moninkertainen verrattuna nyt toteutuneeseen. Talvilisäkustannusten määrään voidaan vaikuttaa jonkin verran työmaalla suunnittelemalla esimerkiksi lämmityskaluston tehokas käyttö, jolloin käytetään sopivan tehoisia lämmittimiä. Tällöin vältetään ylimääräisistä vuokratukustannuksista, joita kertyisi liian tehokkaiden tai tehottomien lämmittimien käytöstä. Yleisesti talvilisätöitä kertyy hankkeen ajoituksen perusteella talvikuukausilta ja niihin varaudutaan hankkeen laskenta vaiheessa.

Aikataulullisesti suurin ongelma tutkittavassa kohteessa aloitusajankohdasta johtuen muodostui maanvaraisten lattioiden tekemisestä ja niiden kuivumisesta. Betonilattiarakenteiden osalta myös kohteen toisen kerroksen lattiarakenteen muodostavan ontelolaatan ja sen päälle tulevan tasoitekerroksen kuivuminen aiheutti ongelmia. Kuivumisen ongelmien seurauksena muovimattoja ei päästy asentamaan aikataulusa ja sen seurauksena myös mattotöiden jälkeisten työvaiheiden aloitus siirtyi.

Ongelman lähtökohtana oli maapohjan jäätyminen kovien pakkasten takia talvella. Runkovaiheen aikana paljaana ollut maapohja jäätyni yli puolen metrin syvyyteen sisäpuolen täyttökerrosten osalta, eikä lopullista betonilaatan alle tulevaa reilun 30 cm

sepelitäyttöä voitu tehdä jäätyneen maan päälle. Jäätyneiden täyttökerrosten sulattaminen ei olisi ollut taloudellisesti järkevää, joten töiden aloitusta jouduttiin siirtämään reilulla kahdella viikolla. Lattiarakenteiden betonoinnin siirtyminen kesää kohden kiristi jo valmiiksi tiukkaa kuivumisaikataulua. Näin ollen, jos lattioiden betonointi olisi voitu suorittaa aikataulussa, kuivumisolosuhteet olisivat olleet paremmat aikaisemmin keväällä. Nyt toukokuun alussa betonoitujen lattioiden osalta sopivat kuivumisolosuhteet kestivät vain kesäkuun alkuun, jonka jälkeen kuivuminen oli erittäin hidasta.

Suurin ongelma aiheutui siis betonilattiarakenteiden huonosta kuivumisesta kesäaikaan. Vaikka lattiat pyrittiin pitämään vapaana ylimääräisestä rakennusmateriaalista ja ilma rakennuksen sisällä pääsi kiertämään, oli kuivumista tapahtunut ensimmäiseen kosteusmittauskertaan mennessä hyvin vähän. Vaikka osa latioista oli ehtynyt kuivua lähes kolme kuukautta, oli betonilattioiden suhteellinen kosteus pintaosissakin yli 90 % eli kuivumista oli tapahtunut hyvin vähän. Muovimatto aiheuttaa päällystämateriaalina myös tiukemmat rajat rakenteen suhteelliselle kosteuden maksimiarvolle ennen päällystys työhön ryhtymistä. Päällystys hetkellä betonin suhteellinen kosteus saa olla pintaosissa vain 75 % ja arviointisyvyydellä 85 %. Näiden arvojen saavuttamiseksi siten, että rakennus valmistuisi aikataulussa, oli kuivumisolosuhteita parannettava koneellisesti.

Toisen kerroksen lattiarakenteen muodostavan ontelolaatan ja sen päälle tulevan plaano-tasoitteen kuivuminen oli yhtä ongelmallinen asia, kuin maanvaraisten lattioiden. Ensimmäistä tasoitteen pumppauskertaa siirrettiin tarkoituksella aikataulussa esitettyä ajankohtaa myöhemmäksi, ja tällä menettelyllä aikataulussa varattu kuivumisaika lyheni oleellisesti toisen kerroksen osalta. Syynä tähän oli se, että toisen kerroksen väliseinätyöt haluttiin saada ensin valmiiksi. Seuraavia hankkeita ajatellen vastaavanlaisella rakenteella toteutetun lattiarakenteen plaano-tasointu tulisi suorittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, varsinkin, jos rakenteen kuivuminen ajoittuu kesään tai syksyyn. Myös tasoitekerroksen paksuudella on vaikutusta kuivumisnopeuteen.

Koneellisen kuivauksen avulla pystyttiin kirkittämään jo valmiiksi myöhässä olevaa aikataulua kiinni. Lopullisiksi kuivumisajoiksi toisen kerroksen tasoitelattioiden osalta

saatiin noin 15 viikkoa ja ensimmäisenä betonoitujen maanvaraisten lattioiden osalta noin 25 viikkoa. Kuivumisajat on esitetty liitteessä 3. Maanvaraisen laatan osalta kuivumisaikaan on laskettu mukaan myös plaano-tasoitteen kuivuminen. Kuivumisajat olisivat olleet huomattavan paljon pidemmät ilman koneellista kuivatusta. Seuraavia kohteita silmällä pitäen tulisi lattiarakenteiden kuivamiseen kesäaikana kiinnittää erityistä huomiota. Kuten jo kustannusten yhteydessä mainitsin, kuivumisajan arviointi ennen kohteen aloitusta ja hyvien kuivumisolosuhteiden luonti rakenteille rakennusaikana ovat ensiarvoisen tärkeitä hankkeen aikataulullisen onnistumisen varmistamiseksi.

## 8 YHTEENVETO

Valitsin kyseisen aiheen, koska olen työskennellyt kyseisellä työmaalla esimiestehtävissä melkein työmaan alusta alkaen. Muutenkin aihe kiinnosti, koska lopputulokset antavat mahdollisesti tietoa eri kustannusten kertymisestä työmaan aloittamisajan mukaan. Myös kiinnostus selvittää kesäaikaan betonilattiarakenteiden huonosta kuivumisesta aiheutuvia kustannuksia ja sen vaikutusta työmaan etenemiseen vaikuttivat aiheen valintaan. Aiheen haastavuus teki siitä myös erittäin kiinnostavan.

Tutkimisen arvoisen aiheesta teki se, että talven vaikutus aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia kesään verrattuna. Työmaan perustaminen, maanrakennus ja runkovaiheen työt vaikeutuvat huomattavasti talven pakkasten ja lumisateiden takia. Toisaalta kesä ja syksy ovat huonointa aikaa kuivattaa esimerkiksi betonilattiarakenteita, ja tämä vaikuttaa oleellisesti työmaan muiden töiden etenemiseen. Kyseinen asia tulisi huomioida jo yleisaikataulua luodessa ja myöskin hankkeen kustannuslaskennassa. Tutkittavassa kohteessa aikataulussa pysymiseen vaadittiin panostuksia lattioiden kuivatukseen, ja siitä aiheutui huomattavia kustannuksia, joita ei ollut laskentavaiheessa otettu ollenkaan huomioon. Myös työmaan alkuvaiheen talvirakentamisesta aiheutui kustannuksia, mutta toisaalta hankkeen ajoittuminen suurimmaksi osaksi keväälle ja kesään toi huomattavia säästöjä.

Aloitussajankohdalla on yllättävän suuri merkitys rakennushankkeen talouteen kuin myös aikatauluun. Suurin vaikutus kustannuksiin aiheutuu kestoiltaan lyhyissä hank-

keissa, jos työt ajoittuvat suurimmalta osin talveen. Pidemmissä hankkeissa töiden sisäisellä ajoituksella voidaan muuttaa mahdollisuuksien mukaan töiden aloitusta suotuisampaan aikaan. Suurimmat säästöt saadaan hankkeen perustus- ja runkovaiheen ajoittumisesta kesäaikaan. Talvi aiheuttaa lisäkustannuksia sekä kasvattaa rakentamisaikaa töiden hidastumisen ja keskeytysten takia. Toisaalta kesäaika aiheuttaa omat haasteensa, kuten tutkimuksesta kävi ilmi.

Kuten myös tutkimuksen perusteella voidaan todeta, kustannukset ja aikataulu ovat hyvin kiinteästi sidoksissa toisiinsa. Aikataulun pettäessä aiheutuu kustannuksia ja yleensä lisääntyneet kustannukset omalta osaltaan tarkoittavat aikataulun venymistä. Aloitusajankohdan vaikutukset kustannuksiin ja aikatauluun tiedostamalla riittävästi ajoissa vältytään monelta yllätykseltä, jolla on vaikutusta hankkeen tehokkuuteen ja taloudelliseen toteutumiseen.

## LÄHTEET

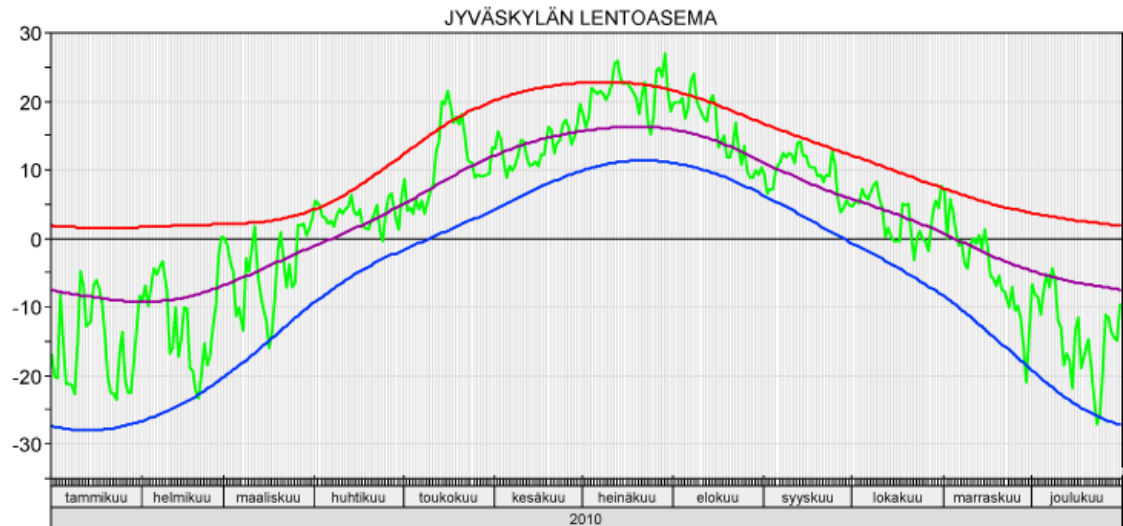
- Koskenvesa, A & Sahlstedt, S. 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS. Tampere: Tammerprint.
- Lindholm, M. 2009. Kustannustenhallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen rakennusmedia.
- Lujatalo yrityksenä. n.d. Lujatalon yritysesittely. Viitattu 16.12.2011.  
<http://www.lujatalo.fi/lujatalo-yrityksena>.
- Luja yhtiömme. n.d. Lähes 60 vuotta Lujaa yrittäjähänkeä. Lujakonsernin esittely. Viitattu 16.12.2011. <http://www.luja.fi/yhtiomme>.
- Merikallio, T. Niemi & S. Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteuden hallinta ja päällystäminen. Suomen Betonitieto Oy. Lahti: Esa Print.
- Mäki, T. & Koskenvesa, A. 2008. Aikataulukirja 2008. Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS. 11. p., uud. p. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino.
- Palolahti, T., Koskenvesa, A., Lindberg, R. & Penttilä, H. 2008. Rakennusosien kustannuksia. Rakennustieto Oy. Tampere: Tammerpaino.
- Piirainen, J. 2012. Vastaava mestari. Lujatalo Oy. Haastattelut 16.1.2012, 23.1.2012, 13.2.2012.
- RATU C8-0377. 2010. Talvityöt ja -kustannukset. RATU -ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS.
- RATU S-1229. 2011. Rakennustyömaan projektisuunnitelma. RATU -suunnitteluohje. Rakennustietosäätiö RTS.
- RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. RT -ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS.
- RT 16-10660. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998. RT -ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS.
- Saarikivi, J & Kankainen, J. 1989. Vuodenajan kustannusvaikutukset rakennustuotannossa. TKK Rakentamistalous. Espoo.
- Talvirakentaminen. 1989. Suomen Rakennusteollisuusliitto ry & Rakentajain Kustannus Oy. Tampere: Mäntän Kirjapaino.
- Vuorela, K. Urpola, J.& Kankainen, J. 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Otamedia.

Vuoden 2010 säät, Vuorokauden keskilämpötila tilastopohjalla. n.d. Ilmatieteenlaitos. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2010>.

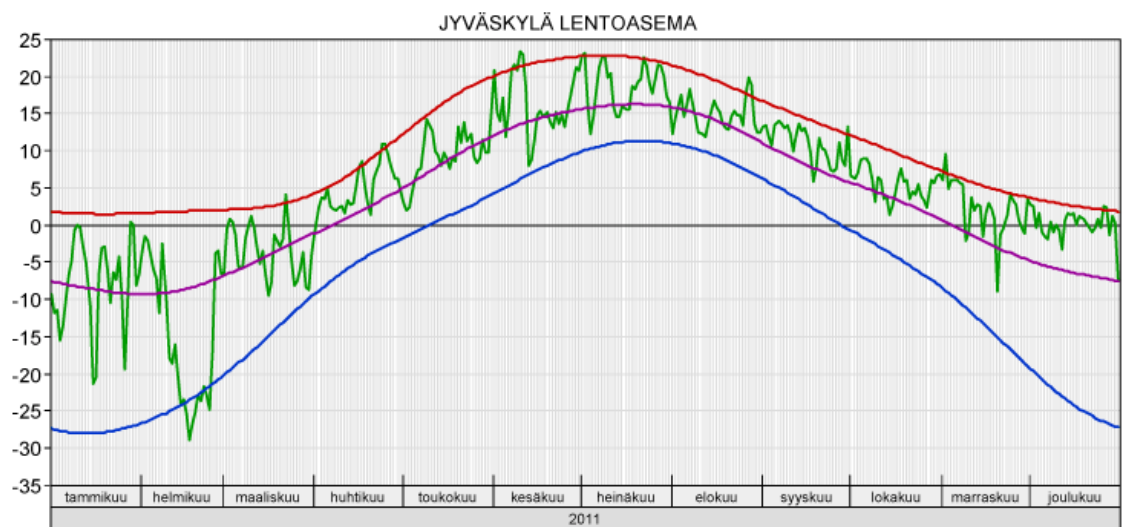
Vuoden 2011 säät, Vuorokauden keskilämpötila tilastopohjalla. n.d. Ilmatieteenlaitos. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2011>.

## LIITTEET

### Liite 1. Vuorokauden keskilämpötila tilastot 2010 ja 2011



(lähde: Vuoden 2010 säät)



(lähde: Vuoden 2011 säät)