

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Juha-Matti Airola

RIVITALON RUNGON TOTEUTUSTAPOJEN KUSTANNUSVERTAILU:  
PAIKALLA RAKENTAMINEN VS. ELEMENTTIRAKENTAMINEN

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Rakennustekniikan koulutusohjelma

AIROLA, JUHA-MATTI	Rivitalon rungon toteutustapojen kustannusvertailu: paikalla rakentaminen vs. elementtirakentaminen
Opinnäytetyö	33 sivua + 12 liitesivua
Työn ohjaajat	yliopettaja Tarmo Kontro lehtori Ilkka Paajanen
Työn toimeksiantaja	Kaakon Rakennus Oy
Kesäkuu 2010	
Avainsanat	rivitalo, elementtirakentaminen, paikalla rakentaminen, kustannusvertailu

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia tilaavan yrityksen mahdollisuutta käyttää elementtitekniikkaa osana rivitalorakentamista. Pää tavoite oli tutkia elementtitekniikan ja paikalla rakentamisen taloudellisia eroja ja määrittää kumpi tuotantotavoista olisi yrityksen kannalta kustannustehokkaampi ja sopiva vaihtoehto.

Tuotantotavan valinnalla voidaan vaikuttaa rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin mm. rakennushankkeen kokonaiskeston lyhenemisen ansiosta. Tutkin molempia tuotantotapoja mahdollisimman todenmukaisilla keinoilla päivänhinnassa.

Tuotantotapoja vertailtiin laskelmien avulla. Elementtitekniikan kustannukset saatiin suoralla tarjouksella elementtitehtaalta, joten sen todenmukaisuus on taattu. Paikalla rakentamisen kustannukset laskettiin käytössä olevien kustannustaulukoiden avulla ja todenmukaistettiin työn tilaavan tahon ammattitaidon avulla. Kustannustaulukoiden hinnastoja korjattiin varmistaen työhön käytettävät ajat, tuntiansiot vaihdettiin yrityksen omiksi ja rakennusmateriaaleista pyydettiin tarjous paikalliselta yritykseltä.

Tuloksia tarkastellessa voidaan huomata paikalla rakentamistekniikan olevan kustannustaloudellisempi vaihtoehto työn tilaavalle yritykselle kustannusten sekä maailman talouden takia.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSO AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Business Administration

AIROLA, JUHA-MATTI

The cost comparison of framework methods for terrace houses: Building on site versus Prefabricated Unit Construction

Bachelor's thesis

33 pages and 12 pages of appendices

Supervisor

Tarmo Kontro, M.Sc (Civ.Eng.)

Ilkka Paajanen, lecturer

Comissioned

Kaakon Rakennus Oy

June 2010

Keywords

A terrace house, Prefabricated unit, Building on site, A cost comparison

The purpose of this thesis was to examine the possibilities of using prefabricated units in construction of terrace houses. The main objective was to study the financial differences between the use of prefabricated units versus on-site construction. Moreover, the aim was to define which of these production methods would be the most suitable and cost-effective alternative for a construction company.

The choice of production method has an effect on the total costs of the construction project, for example when successfully reducing the overall duration of the project. Therefore both production methods were studied by using the current actual rates and cost components.

The production methods were compared with calculations. To ensure the accuracy of the costs for using prefabricated units, the cost components were acquired with a direct offer from prefabrication factory. The costs for the on-site construction were calculated using cost tables and the expertise of the principal. The rates in the cost tables were adjusted to reflect company's own project durations and earnings per hour. In addition, an offer for the required construction materials was acquired from a local company.

The results of this thesis show that on-site construction is the most cost effective choice of construction method for terrace houses for the principal both cost wise and also under the current economic situation.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 RIVITALON RUNGON MAHDOLLISET RAKENNUSTAVAT	7
2.1 Paikalla rakentaminen	7
2.1.1 Määrämittainen puutavara	7
2.1.2 Pre cut -järjestelmä	8
2.2 Elementtirakentaminen	10
2.3 Yhdistelmät	14
3 RAKENTAMISEN LAATU	15
3.1 Laatutason määrittely	15
3.2 Rakentamisen laadunvalvonta ja sen edistäminen	16
4 RAKENNUSHANKKEEN RAKENNUSAIKAISET KUSTANNUKSET	17
4.1 Kustannusten muodostuminen	18
4.2 Rakennustapojen vaikutus kustannuksiin	20
4.3 Esimerkkikohteen kustannusten syntyminen	21
5 TYÖN SUORITUS	22
5.1 Kohde	22
5.2 Vertailulaskelmat	23
6 TULOKSET	25
6.1 Paikalla rakentaminen	25
6.2 Elementtirakentaminen	26
6.3 Rakennustapojen vertailu	26
6.4 Työmaateknisten kustannusten vaikutus	28
7 TULOSTEN TARKASTELU	28
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	31

## LIITTEET

1. Rakennuksen n:o1 pohjapiirros
2. Rakennuksen n:o2 pohjapiirros
3. Rakennusleikkaus
4. Rakennuksen n:o1 paikalla rakentamisen kustannukset
5. Rakennuksen n:o2 paikalla rakentamisen kustannukset
6. Rakennuksen n:o1 elementtirakentamisen kustannukset
7. Rakennuksen n:o2 elementtirakentamisen kustannukset
8. Ulko- ja väliseinien massalaskelmat (luottamuksellinen)
9. Materiaalien tarjouspyyntö (luottamuksellinen)
10. Materiaalien tarjous (luottamuksellinen)
11. Puuelementtien tarjouspyyntö (luottamuksellinen)
12. Puuelementtien tarjous (luottamuksellinen)

## 1 JOHDANTO

Rivitalo on asumismuoto, jossa asunnot on kytkettyinä toisiinsa joko suoraan riviin tai tontin suomien mahdollisuuksien mukaiseen muotoon. Rivitalossa on aina vähintään kolme asuntoa. Rivitalot ovat yleensä yksi- tai kaksikerroksisia, vaikka talotyyppi ei aseta rajoituksia kerrosluvulle. Useampikerroksisessa rivitalossa asunnot eivät ole päällekkäin vaan yksi asuinhuoneisto on monessa kerroksessa. (1.)

Rivitalojen historia juontaa juurensa toisen maailmansodan jälkeen rakennettuihin pikataloihin. Pikataloja rakennettiin sodan jälkeen vallinneen asuntopulan helpottamista varten. Pikatalojen etuus oli rakennuksen nopea valmiiksi saattaminen ja rakenteen pienet kokonaiskustannukset. (2.)

Opinnäytetyöni tilaaja, Kaakon Rakennus Oy, on pieni haminalainen perheyritys, joka on monipuolinen pientaloja ja rivitaloja rakentava ja kunnostava yritys. Yritys on aina toteuttanut kohteet paikalla rakentamalla. Rivitaloasuntojen kiihtynyt kysyntä alueella on nyt kuitenkin herättänyt kysymyksen elementtirakentamisen kannattavuudesta.

Rakentamiseen kulutetulla ajalla on suora vaikutus tiettyihin rakennushankkeen kustannuksiin kuten työmaateknisiin kustannuksiin, eli kuinka kauan työmaata joudutaan pitämään käynnissä. Kun aika lyhenee, pystytään samassa ajassa tuottamaan useampia rakennushankkeita ja näin tuotto paranee. Rakennusaikaa voidaan lyhentää valitsemalla hankkeeseen parhaiten sopiva rakentamismuoto.

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää, onko rivitalon puurungon paikalla rakentaminen näissä olosuhteissa kaikkein kustannustehokkain ja nopein muoto vai voidaanko elementeillä aikaansaada huomattavia aika- ja kustannussäästöjä.

Opinnäytetyössäni vertailen kahta tilaajalleni mahdollista rivitalorungon tuotantotekniikkaa, paikalla rakentamista ja elementtirakentamista laskelmien avulla. Lähtötiedot perustuvat omiin määrälaskelmiin, elementtitehtaan tarjoukseen ja RATU -kortiston menekkitietoihin. Tavoitteena on valita kustannustehokkain tuotantotekniikka Haminan Faluninkadulle rakennettaviin kahteen rivitaloon.

Käsittelen opinnäytetyössäni ainoastaan edellä mainittuja rakentamismuotoja ja työn tuloksia voidaan hyödyntää vain rivitalokohteissa. Olen rajannut työni esimerkkikohteen puurunkoon tuulensuojan ulkopintaan asti. Ikkunat ja tuleva tiilivuoraus tehdään myöhemmin, joten niiden vaikutusta kustannuksiin ei oteta huomioon. Myöskään perustuksia ei ole otettu huomioon, koska ne ovat samanlaiset molemmissa tuotantotavoissa.

## 2 RIVITALON RUNGON MAHDOLLISET RAKENNUSTAVAT

Rivitalon rungon mahdollisia rakennustapoja ovat paikalla rakentaminen eri muodoissaan tai elementtirakentaminen eri muodoissaan. Näitä kahta rakennustapaa voidaan myös yhdistää.

### 2.1 Paikalla rakentaminen

Arkkitehtisuunnitelmien pohjalta rakennesuunnittelija suunnittelee kantavan rungon rakenteet ja piirtää rakennesuunnitelmat (3). Paikalla rakentaminen voidaan toteuttaa perinteisesti pitkistä puutavarasta tai ns. Pre cut -järjestelmää käyttäen.

#### 2.1.1 Määrämittainen puutavara

Paikalla rakentaessa rakennuksen runko tehdään työmaalla dimensioiltaan ja pituudeltaan erimittaisista puutavarasta eli ns. pitkistä tavarasta. Puutavara tuodaan työmaalle määrämittaisena, jossa se joudutaan itse sahaamaan suunnitelmien mukaisiin mittoihin. Työ on hidasta, koska rakentaja joutuu tutkimaan suunnitelmia ja mittaamaan jatkuvasti. Rungon pystytyksen edellytyksenä on, että perustukset ovat valmiit. (3.)

Talo rakennetaan piirustusten ja selostuksen mukaan. Rungon rakentaminen alkaa sidepuun kiinnittämisestä perusmuuriin. Alasidepuun koko määräytyy käytettävän runkotolpan koosta. Runko rakennetaan yleensä 50 mm paksusta ja 100 - 200 mm:n levyisestä puutavarasta. Vuoden 2010 alusta 200 mm leveän puutavaran suoma 200 mm mineraalivillaa ei enää yksistään riitä uusien U-arvojen määrittelemään raja-arvoon, joten runkoon täytyy tehdä lisäkoolaus esimerkiksi 50 mm x 50 mm:n kokoisesta puutavarasta. Kaiken rungossa käytettävän sahatavaran on oltava lujuusluokiteltua. Liitokset tehdään lähes aina naulaamalla. (3, 46–52.)

Paikalla rakennettaessa kustannuksia pystyy hallitsemaan materiaaleja hankittaessa. Tämä edellyttää tarkkaa materiaalien menekkilaskentaa ja tilauksien kilpailuttamista. Myös materiaaleja tilattaessa on hyvä tarkastella suunnitelmia. Puutavara kannattaa tilata mahdollisimman oikeaan mittaan toimitettuna, jotta työmaalla syntyvä hukka pienenee. Työmaalle olisi hyvä rakentaa tai tuoda sopivia välivarastoja materiaaleille, koska kastuneet materiaalit eivät sovellu rakentamiseen. (3, 18.)

Paikalla rakentamisen monipuolisuus soveltuu hyvin pien- ja rivitalorakentamiseen. Koska kaikki tehdään paikalla, jokainen rakennus voidaan suunnitella omanlaisekseen ja muutoksia voidaan tehdä vielä hyvin myöhäisessäkin vaiheessa. Paikalla rakennettaessa rakenteen tiiveys ja lämpövaatimukset ovat usein helpompi saavuttaa kuin elementtirakentamisessa. (3.)

### 2.1.2 Pre cut -järjestelmä

Pre cut -järjestelmä on nykyaikainen muoto paikalla rakentamiselle. Pre cut -järjestelmässä kaikki alkaa tehtaalta, jossa rakentamiseen tarvittava puumateriaali katkotaan ja lovetaan tarkkojen suunnitelmien avulla oikeisiin mittoihin. Työmaalle tuleva rakennusmateriaali on valmiiksi oikean mittaista, eikä sitä tarvitse katkoa tai loveta uudestaan. Valmiilla paloilla pystytään rakentamaan runkorakenteet nopeasti ja aikaa säästyy muihin työvaiheisiin. Pre cut -järjestelmä antaa mahdollisuuksia monenlaisien runkorakennusratkaisujen ja rakennetyyppien toteutukseen. (4, 57.)

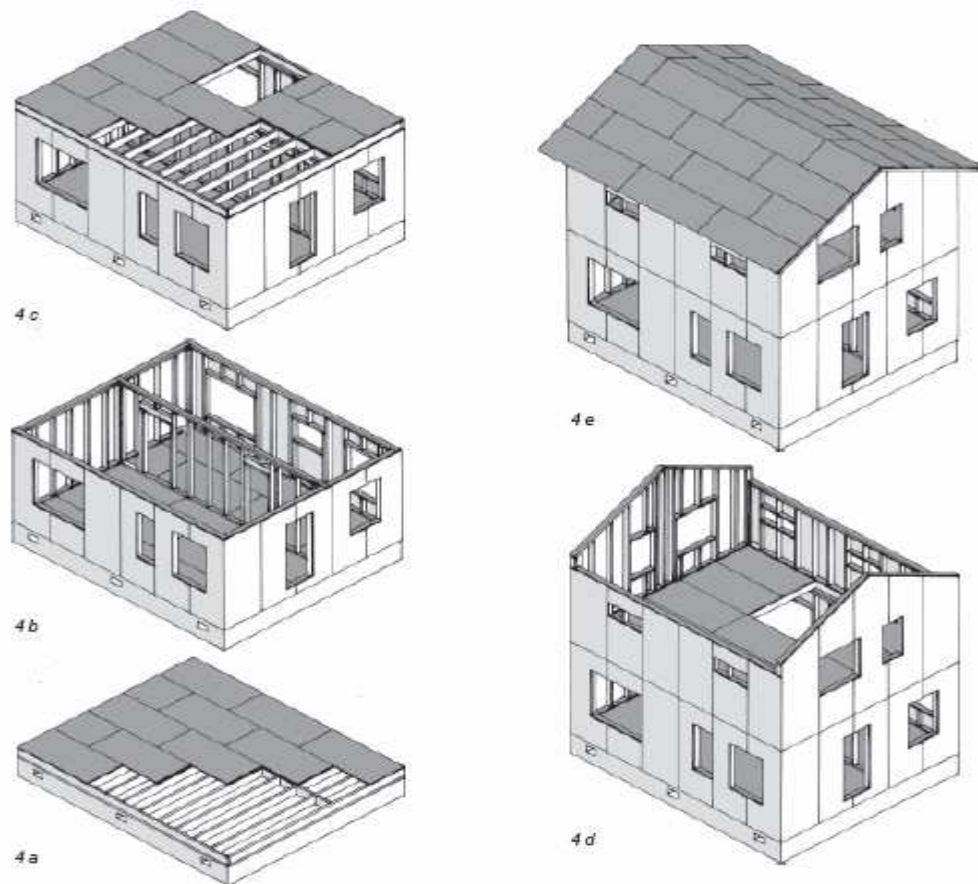
Hyvä suunnittelu on hyvin tärkeässä asemassa Pre cut -järjestelmän onnistumisen takaamisessa. Suunnitelmien tulee olla niin tarkat, että niistä pystytään laskemaan kaikki tarvittava materiaali, näkemään yksittäisten osien dimensiot, näkemään tarkasti lovet ja mahdolliset reiät sekä laskemaan lopulliset menekit. Käytännössä suunnittelu on työpiirustusten piirtämistä ja menekkilaskentaa. Suunnitelmien kattavuus määräytyy menekkilaskennan tarpeiden mukaan. (4, 57.)

Esivalmistusasteena Pre-cut -järjestelmässä pidetään määrämittäiseksi katkottua ja lovetta puutavaraa. Työmaalle voidaan kuitenkin toimittaa myös tasausvaraana katkottua puutavaraa. Kantavan rungon materiaali on aina katkottu määrämittaan. Tasausvaraana katkottuja ovat esimerkiksi väliseiniä runkomateriaalit. Tasausvara mahdollistaa



pienet mittapoikkeamat. Rakentamiseen käytettävä puutavara kannattaa tilata enemmän pituuspaketoituna kuin määrämittaisena, koska se antaa mahdollisuuksia vielä jonkinasteisille muutoksille. (4, 57.)

Käytännössä rakentaminen tapahtuu aivan samalla tavalla kuin paikalla rakennettaessa, mutta mittaamisen ja sahaamisen tarve on vähäisempää. Rakentamisessa voidaan käyttää myös tekniikkaa, joka on tutumpi amerikkalaisessa rakentamisessa. Talo pystytetään kerroksittain niin, että ala- ja välipohjat ovat alustoja, joiden päälle seinät kootaan vaakatasossa ja nostetaan pystyyn paikalleen. Järjestelmä ei ole kovin vaativa, joten se soveltuu niin ammattirakentamiseen kuin omatoimiselle rakentajalle. (5, 10.)



Kuva 1. Pre cut järjestelmän vaiheet (5, 12.)

Pre cut -järjestelmä toteutettuna itse paikalla tehdyillä elementeillä etenee vaiheittain (kuva 1). Runko kootaan kerroksittain. Ensimmäisenä rakennetaan alapohja, jonka päällä kasataan ensimmäisen kerroksen seinän runko valmiiksi elementeiksi, elementit nostetaan pystyyn tukia vasten ja kiinnitetään paikalleen. Pystytyksen jälkeen seinärungon päälle asennetaan välipohjapalkit ja aluslattialevyt. Tämän ansiosta syntyy taas

uusi työalusta toisen kerroksen seinäelementtien valmistamiseen. Kun toisen kerroksen seinärungot on asennettu, kiinnitetään kattokannattajat seinärungon päälle. Tämän jälkeen siirrytään normaaliin tapaan vesikaton, ikkunoiden ja ulkoverhouksen asentamiseen. Oikein toteutetun Pre cut -järjestelmän etu on sen nopeus. Rakennus on nopeammin pystyssä kuin paikalla rakennettu. (5, 12–17.)

Pre cut -järjestelmää käytetään Suomessa eniten pientaloissa niiden yhtenäisten rakenteiden takia. Tällä järjestelmällä rakennettu rakennus täyttää oikein tehtynä kaikki tiiviys- ja lämmönjohtavuusvaatimukset aivan kuten paikalla rakennettukin.

Pre-cut -järjestelmä on hyvin avoin ja joustava tapa rakentaa. Monimutkaisemmat suunnitelmat tuovat lisäkustannuksia. Järjestelmä on taloudellisimmillaan silloin kun rakennuksen kerroskorkeudet pysyvät samana eikä rakenteessa ole erikoisia aukkoja. Tällöin selvittää rakennuksen runkoa tehdessä muutamalla standardimitalla - eli mitä enemmän on samanmittaisia palikoita, sitä halvempaa on niiden teettäminen. (4, 59.)

Vaikka Pre cut -järjestelmää suositaankin pientalorakentamisessa, voitaisiin sitä käyttää yhtä hyvin rivitalokohteissa, koska teknisesti ne eivät eroa oleellisesti toisistaan. Järjestelmä voisi sopia myös Kaakon Rakennus Oy:lle pienellä muokkauksella, koska sillä saataisiin lisää nopeutta ja muokkauksen ansiosta kustannussäästö voisi olla mahdollinen. Rakennesuunnittelijan saadessa kuvat valmiiksi yritys tilaa kuvien mukaisesti mahdollisimman oikeanmittaista puutavaraa varastoilleen, jossa työmiehet muokkaavat niitä lähemmäksi tarvittavia mittoja. Samaan aikaan työmaalla on käynnissä maanrakennus- ja perustustyöt. Kun edelliset työvaiheet ovat valmiit, on suurin osa runkomateriaalista valmiina oikeissa mitoissa ja työmaalle jää enää rungonkasaus.

## 2.2 Elementtirakentaminen

Elementti on rakentamisessa käytettävä tehdasvalmisteinen valmisosa. Yhdistämällä elementit saadaan valmis rakennus. Elementtituotanto mahdollistaa rakenteiden valmistuksen siellä, missä työvoimaa ja materiaaleja on helposti saatavilla. Elementtirakentamisessa työmaalle jää eri valmiusasteisten ja mahdollisesti eripituisten rakenteiden yhteen liittämistä. Elementtituotantoon kuuluvat suurelementit, pienelementit ja tilaelementit. (4, 52–71.)

**Suurelementeillä** voidaan rakentaa niin yksi- kuin kaksikerroksisia rivitaloja. Suurelementtijärjestelmään kuuluvat ulkoseinät, huoneistojen väliset seinät, palokatkot, päätykolmiot sekä ylä- ja välipohjat. Elementtejä tuottavat yritykset myyvät elementtejään useassa eri valmiusasteessa. Pitkälle esivalmistetussa ulkoseinäelementissä voi olla asennettuna ikkunapellitykset ja pielilaudat. (6.)

Suurelementtijärjestelmässä elementtien koot voivat vaihdella paljon, mutta usein elementtien kuljetus työmaalle on kokoa rajoittava tekijä. Elementti voi olla vain niin suuri kuin sen työmaalle kuljettavan kuorma-auton kuljetuskapasiteetti on. Painavien elementtien siirtelyyn tarvitaan työmaalle nosturi (kuva 2).



Kuva 2. Suurelementin asentaminen vaatii nosturia (7.)

Elementtirakentaminen ei vaikuta rakenteiden kantavuuteen tai palo- ja äänieristävyyteen, vaan ne voidaan tehdä aivan yhtä tiiviiksi rakenteiksi kuin paikalla rakentaessa. Elementtien saumoissa on oltava tarkkoja, että saumat eivät koidu rakenteen heikoksi lenkiksi. (4, 68.)

**Pienelementtien** siirtelyyn ei tarvita välttämättä nosturia, vaan siirtely onnistuu miesvoimin. Pienelementit ovat yleensä parvekkeita, terassi- ja parveketasoja sekä pieniä varastoja. Pientalorakentamisessa käytettäviä elementtejä kutsutaan pienelementeiksi. Tällöin ky-

seessä on 0,3–1,2 metrin levyisestä tuulensuojalevyypinnalle asti rakennetusta kokonaisuudesta. Ulkoverhous koolauksineen, pellityksineen ja pinnoitteineen on vielä tekemättä. (4, 63.)

**Tilaelementti** on kokonainen rakennuselementti, jossa on valmiina vähintään ylä- ja alapohja sekä päätyseinät. Tilaelementti muodostaa joko itsessään tai yhdessä muiden kaltaistensa kanssa toiminnallisen kokonaisuuden. Tilaelementtejä on muutamaa erilaista perustyyppiä. Yksittäinen elementti muodostaa itse rakennuksen tai huomattavan osan siitä, elementti on viipaleinen osa rakennusrunkoa tai se on itsenäinen rakennusosa.

Tilaelementti rakennetaan aina valmiiksi tehtaassa, josta se kuljetetaan kokonaisena rakennuspaikalle. Työmaalla on rakennettu valmiiksi perustukset ja tarvittavat talotekniset liitännät. Tavoitteena on yleensä rakentaa elementit mahdollisimman valmiiksi tehtaalla, jotta työmaalle ei jäisi enää kuin elementtien asennus ja liitännöiden tekeminen. Tämän ansiosta tilaelementtien asennus on nopeaa ja rakennus on nopeasti vesitiivis. Kun tilaelementin esivalmistusaste on suuri, on siinä sisällä ja ulkona valmiina pintamateriaalit, ovet, ikkunat, laatoitukset ja kiintokalusteet. (4, 76.)

Tilaelementtien vahvuuksia ovat samat tekijät kuin muussakin elementtituotannossa. Valmistus valvotussa sisätilassa vähentää rakennusvirheitä ja kosteuden joutumista rakenteisiin. Hankkeen kustannukset ovat myös tarkemmin tiedossa tehtaalla antaessa elementtirakalle kiinteän hinnan.

Tilaelementtirakentaminen kärsii kuitenkin rajallisista kuljetusmahdollisuuksista ja kuljetuskustannusten suuruudesta. Niin rakenteen kuljetus työmaalle kuin sen asentaminen paikalleen vaatii rakenteelta tavanomaista parempaa lujuutta muodonmuutoksia vastaan. Kuljetus ja paikalleen nostaminen vaativat erikoisjärjestelyjä ja -kalustoa. (4, 76.)

Suomessa tilaelementtejä käytetään eniten puurakenteisten omakotitalojen rakennettaessa. Tilaelementtejä käytetään myös kerrostaloihin asennettavissa teräsrunkoisissa kylpyhuoneissa ja saunoissa. Tilapäiset ja siirrettävät rakennukset kuten työmaakopit on lähes aina rakennettu tilaelementteinä. (4, 76.)

Elementtirakentamisessa suunnittelu ei poikkea paljoa paikalla rakentamisesta. Ainoana

muutoksena on elementtisuunnittelu, mikä kasvattaa suunnitelmien määrää huomattavasti. Jokaisesta elementistä on tehtävä omat piirrokset. Usein elementtitehdas tarjoaa elementtisuunnittelun. Jos rakennuksesta haluaa tehdä todella taloudellisen, kannattaa rakennuksesta tehdä itseään muodollisesti toistava, niin että samanlaista elementtiä käytetään useaan otteeseen. (4, 54.)

Suur- ja pienelementtien erona voisi koon lisäksi myös olla valmiusaste. Suurelementit ovat usein pidemmälle viimeistelyjä kuin pienelementit. Esimerkiksi sähköputket ja rasiat ovat usein suurelementissä mukana. (4, 53.)

Elementit rakennetaan elementtitehtaalla. Tämän ansiosta rakenteiden pilaantumiseen uhka on pienempi kuin paikalla rakentaessa, koska tehtaalla sisällä rakentamisolosuhteet ovat aina tasalaatuiset. Suomessa sääolot ovat suuri riski rakennuksen laadun kannalta. Sateet voivat tulla yllätyksenä rakentajalle ja kastella huonosti varastoidut tai jopa paikalleen asennetut, mutta peittämättömät rakennusmateriaalit. Jos kastuneita rakenteita tai rakennusmateriaaleja ei vaihdeta uusiin tai kuivata kunnolla, lisääntyy mahdollisuus homeongelmiin huomattavasti. Koska suurin osa rakenteen runkotöistä tehdään hallin suojissa, rakenteiden kosketus haitallisiin sääolosuhteisiin voidaan minimoida. Elementtirakentaminen helpottaa myös talvirakentamista ja täten pienentää kausivaihtelua. (4, 53.)

Elementtitehtaalla valvotuissa olosuhteissa valmistetuilla rakennusosilla edesautetaan rakenteiden mittatarkkuutta sekä tasaista ja korkeaa laatua. Valvotuissa tehdastiloissa pystytään minimoimaan rakennusvirheet, lämpövuodot sekä varmistamaan rakenteiden kuivuus. (4, 53.)

Elementtien asennus kuuluu pientalokohteissa usein sopimukseen ja näin ollen elementtitehtaalta tulee oma henkilöstö asentamaan elementit, mutta elementtien asennus onnistuu myös rakennusliikkeen omalta henkilöstöltä. Ennen elementtien toimitusta työmaalle on rakennuksen perustusten oltava valmiit. Elementtirakentamisessa perustuksien täytyy olla suorassa ja oikeissa mitoissa, jotta elementit sopivat hyvin paikoilleen. Asennuksen onnistumisen takaamiseksi on syytä varata työmaantontille riittävästi tilaa ajoneuvonosturille ja elementtien välivarastoinnille. Asennustyön nopeuteen vaikuttaa mm. kohteen haastavuus, elementtien yhteen sopivuus sekä asennusryhmän kokemus. (4, 71.)

Suuremman esivalmistusasteen tavoitteena on rakennustyön tuottavuuden ja laadun parantaminen. Kaikessa rakentamisessa työkustannusten osuus on merkittävä osuus kokonaiskustannuksista. Kokonaistyöpanosta pienentämällä saavutetaan helposti säästöjä. Kun tuotantoa siirretään tehdashallien hallituimpiin olosuhteisiin, voidaan rakentamisprosessin järjeistämällä ja tehostamalla saavuttaa monenlaisia etuuksia. Ilmeisin säästö on rakennusajan lyheneminen, minkä ansiosta saavutetaan säästöjä muun muassa työmaan yleiskustannuksissa ja rakennusajan pääomakustannuksissa. (4).

Avoimessa elementtijärjestelmässä rakennus voidaan tehdä useiden eri valmistajien keskenään yhteensopivista valmisosista. Elementtien yhteensopivuus varmistetaan yhteisesti sovittujen reunamuotojen sekä mitta- ja liittymäsääntöjen avulla. Avoimen elementtijärjestelmän tavoitteena on helpottaa ja nopeuttaa rakenne- ja elementtisuunnittelua. Järjestelmässä on esitetty valmiit liitos- ja rakenneratkaisut, joita suunnittelijat voivat käyttää vapaasti suunnitelmissaan. Tämä nopeuttaa suunnittelijoiden työtä, koska päällekkäisten töiden määrä pienenee. Liitos- ja rakenneratkaisujen yhtenäisyys helpottaa eri osapuolten välistä yhteistyötä ja antaa rakentajille ja rakennuttajille mahdollisuuden erilaisten runkotoimitusvaihtoehtojen valitsemiseen. (8, 13.)

Nykyaikaisilla elementtien asennusmetodeilla voidaan päästä kuiviin sisätöihin jo muutamassa päivässä elementtien asennuksesta alkaen. Elementtirakentamisen vahvuudet ovat siis lyhentynyt rakennusaika sekä kastumisriskin pieneminen. (4).

### 2.3 Yhdistelmät

Edellisiä rakennustapoja yhdistelemällä voidaan saada aikaan hyvinkin toimivia vaihtoehtoja. Esimerkiksi rakennus voitaisiin toteuttaa tilaamalla kantavat ulkoseinät ja kattoristikot elementteinä ja tehdä väliseinät paikalla rakentamalla. Tällä tavalla saataisiin rakennus mahdollisimman nopeasti tiiviiksi sateelta ja rakenteiden kastumisen riski voitaisiin minimoida.

### 3 RAKENTAMISEN LAATU

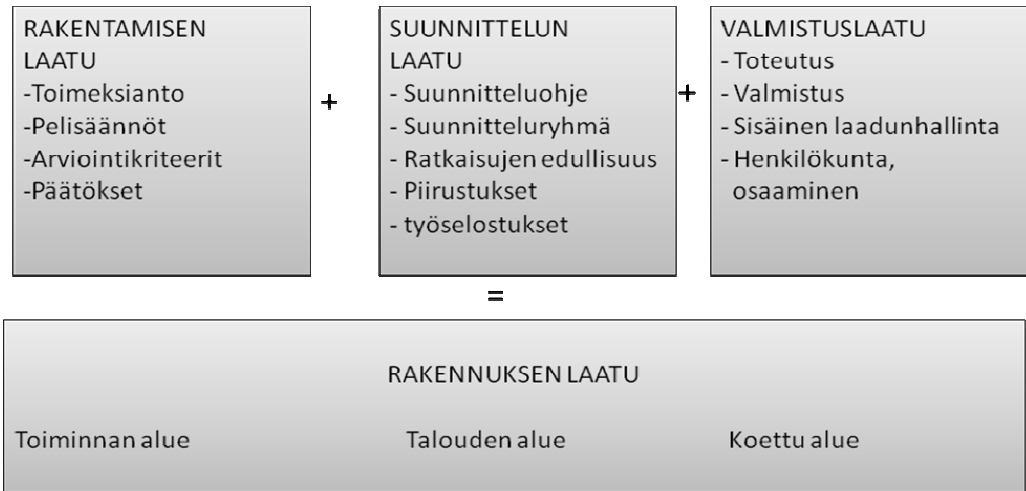
Rakennustuotannossa pyritään mahdollisimman tasaiseen lopputulokseen, jotta jokainen rakennus tai pelkistettynä jokainen huoneisto täyttäisi sille asetetut laatu- ja rakentamismääräyskriteerit. Uutta rakennettaessa tai vanhaa korjattaessa noudatetaan Suomen rakennusmääräys -kokoelman ohjeita. Maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä -asetuksissa määritellään kaikki rakentamista koskevat vähimmäisvaatimukset ja luvanvaraisuudet. Yksityiskohtaiset laatu- ja rakentamismääräyskriteerit sekä rakennusohjeet on kirjattu Suomen rakentamismääräys -kokoelmaan. (9.)

Tilaajalla on aina ennakko-odotuksia hänen tilatessaan rakennuksen tai rakennuspalveluja. Rakennusta tai rakennuspalveluja voidaan pitää laadukkaana, jos tilaaja on tyytyväinen ja näkee saaneensa rahoilleen vastinetta. Laadun määrittelyssä tilaajan kannalta on aina kyse siitä, vastaako valmistunut rakennus niitä odotuksia ja täyttääkö se ne tarpeet, joita tilaaja on siltä etukäteen tarvinnut. (9.)

#### 3.1 Laatutason määrittely

Valmiiden rakenteiden ja rakennusten laatutasoille on määritelty kriteerit, jotta valmistaja tietää mitä tekee ja tilaaja tietää mitä ostaa. Kriteerit ovat vähimmäisvaatimuksia, jotka rakennusten ja rakenteiden on vähintään täytettävä niin ulkonäöllisesti kuin turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta. Useissa asioissa laatumääritykset tekee viranomainen, useimmiten turvallisuuteen liittyvissä asioissa. Rakentamisessa tällaisia asioita ovat esimerkiksi rakenteiden perustukset, palo-ovet ja kattoristikot. Muita lievempiä laatuominaisuuksia rakentamisessa ovat mm. sahatavaran laatuluokitukset. Yrityksessä toimintaohjeet kootaan yhtenäiseksi kokoelmaksi laatukäsikirjaksi. (9.)

Rakennuksen laatu ilmenee toiminnan, talouden ja koetun laadun alueilla. Rakennuksen laatu sisältää rakennuttamisen laadun, suunnittelulaadun ja valmistuslaadun. Laatu määritetään johdonmukaisena ketjuna rakennushankkeen kaikissa vaiheissa (kuva 3).



Kuva 3. Rakennuksen laadun syntyminen (10.)

Laadun määrittely alkaa rakennuttajan tekemästä toimeksiannosta ja tavoitemäärittelystä. Rakennerratkaisut ja materiaalien valinnat sisältyvät suunnitelmiin. Vaihtoehtoisia ratkaisuja vertaillaan teknisen kokonaisuuden ja kustannusten kannalta. Laatutavoitteet huomioidaan suunnitelmissa ja siirretään sopimukseen. Rakennuttamisen aikana laatutavoitteiden saavuttamista varmistavat valvonnan avulla rakennuttaja, urakoitsija ja valvontaviranomainen.

### 3.2 Rakentamisen laadunvalvonta ja sen edistäminen

Kaikkea luvanvaraista rakentamista valvoo kunnan rakennusvalvonta. Rakentamisen valvonnan tarkoituksena on varmistaa, että rakentaminen on turvallista, terveellistä ja esteettisesti korkeatasoista. Rakennuksen on sovelluttava tulevien käyttäjiensä tarpeisiin, ja suunnittelussa ja rakentamisessa korostuvat vastuu sekä hyvä ammattitaito. Kun kaikki nämä kohtaavat, on rakentamisen laatu korkeatasoista. (9.)

Rakentamisen laatua ja rakenteiden toimintaa voidaan varmentaa tutkimalla rakenteita erilaisilla mittausmenetelmillä. Mittausten tarkoituksena on määrittää rakennuksen kunnon ja laadunvalvonnassa ulkovaipan lämpötekninen kunto, lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys eli ilmanpitävyys sekä mahdolliset kosteusvauriot. (9.)

Rakenteiden lämpöteknistä toimivuutta voidaan arvioida sekä valmiissa rakennuksessa että rakennustyön aikana lämpökameralla ja useilla muilla toisiaan tukevilla menetelmillä.



Lämpökuvauksella voidaan määrittää lämpövuotokohdat rakenteita rikkomatta sekä havaita, onko kyseessä eristyspuute, ilmavuoto, kylmäsilta tai joissakin tapauksissa myös kosteusvaurio. Lämpökuvauksella voidaan määrittää nopeasti suurien pintojen pintalämpötilajakauma. Lämpökuvauksella voidaan hyväksikäyttää niin uudisrakennusten kuin vanhojen rakennusten laadunvalvontamittauksissa ja kuntotutkimuksissa. Lämpökuvauksen suorittajalla täytyy olla VTT:n myöntämä henkilösertifikaatti, jotta lämpökuvauksen tulosta voidaan pitää luotettavana. (11.)

Rakennusten sisäpinnat eivät ole koskaan tasalämpöisiä, eli kaikki lämpökuvauksessa havaittavat pintalämpötilaerot tai ympäristöstään poikkeavat pintalämpötilat eivät merkitse rakenteellisia tai eristeessä olevia virheitä. Rakenteissa on kylmäsiltoja, jotka luonnostaan laskevat pintalämpötilaa. Tyypillisiä kylmäsiltoja löytyy ulkonurkista ja lattianrajasta. Kun tehdään sisäpuolinen lämpökuvauks, nurkkien, katon sekä seinän liitokset ja läpiviennit näkyvät kuvauksessa aina pintalämmöltään pienemmiltä. Myös rakennusvirheet, kuten eristysvirheet ja kastuneet rakenteet näkyvät paikallisena pintalämpötilan laskuna. (11.)

#### 4 RAKENNUSHANKKEEN RAKENNUSAIKAISET KUSTANNUKSET

Rakentamisessa syntyy kustannuksia omasta työstä, ainekustannuksista ja alihankintakustannuksista. Muita kustannuksia ovat esimerkiksi ulkopuoliset vuokra- ja kuljetuspalveluista syntyvät kustannukset. (12.)

Rakentamisen aikana kustannuksia kertyy seuraavista alueista ja niiden alaryhmistä:

1. Rakennuttajan kustannukset
2. Maa- ja pohjarakennus
3. Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet
4. Runko- ja vesikattorakenteet
5. Täydentävät rakenteet
6. Pintarakenteet
7. Kalusteet, varusteet ja laitteet
8. Konetekniset työt
9. Työmaan käyttökustannukset
10. Työmaan yhteiskustannukset (12).

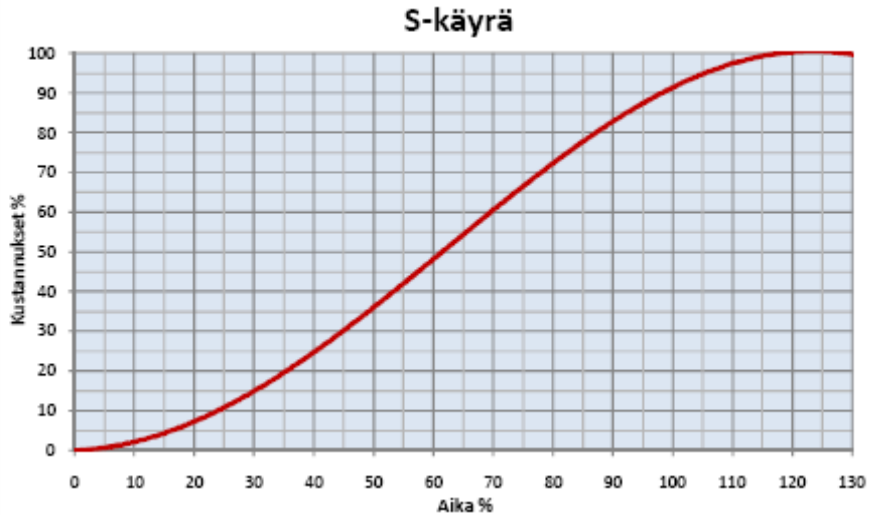
#### 4.1 Kustannusten muodostuminen

Rakennusosien ja -materiaalien kustannukset pitävät sisällään oman työn osuuden, materiaalihankinnat, alihankinnat sekä työssä tarvittavan kaluston. Omalla työllä tarkoitetaan yrityksen työntekijöiden tekemää työtä kuten rakennusammattityötä ja avustavia töitä, joita ovat materiaali- ja jätesierrot, suojaus ja siivous. Näitä tehtäviä varten työmaalla on rakennusammattimiehiä kuten timpureita vaativimpiin töihin sekä rakennusapumiehiä aputehtäviin. Materiaaleihin kuuluvat kaikki työssä tarvittavat materiaalit kuten valmisosat, rakennusmateriaalit ja tarvikkeet. Alihankintoja voivat olla esimerkiksi sähkö-, putki- ja ilmastointityöt, materiaalien toimitus ja loppusiivous. Kalustoon kuuluvat kaikki työssä tarvittavat työkoneet maansiirtoon käytettävistä kaivinkoneista runkonaulaimiin. (12.)

Hankeosien kustannuksiin kuuluvat kaikki toimihenkilötyöt kuten työnjohto, ohjaus- ja valvontatyöt, työmaan ylläpitoon tarvittavat työmaatilat ja vesi- sekä sähköliittymät.

Rakennushankkeen rakennusaikaiset kustannukset kertyvät normaalissa tapauksessa ns. s-käyrän mukaisesti. S-käyrä on graafinen esitystapa kumulatiivisista kustannuksista, käyetyistä työtunneista tai muista suurista asioista mitattuna kustannusten ja ajan suhteen. Käyrän nimi tulee s-kirjaimen muotoisesta käyrästä (litteä alussa ja lopussa, mutta jyrkkä keskivaiheessa). Muoto kuvastaa projektia, joka käynnistyy hitaasti, kiihtyy ja lopuksi hidastuu. (13, 169.)

S-käyrän idea perustuu tietyn ajanjakson aikana syntyneiden kustannusten lisäämisestä aiemmin ilmaantuneiden kustannusten summaan eli kustannusten kertymiseen, joka tunnetaan myös termillä kumulatiiviset kustannukset. S-käyrän jyrkkyydestä voidaan nähdä, että sillä hetkellä on syntynyt enemmän kustannuksia. (13, 169.)



Kuva 4. S-käyrä (13, 169.)

Kuvassa 4 on esitetty rakennushankkeelle tyypillisen s-käyrän muoto. Taulukon piste (0,0) on rakennustyön aloitusajankohta. Ajankohdassa 100 % suoritetaan vastaanottotarkastus eli se on kohteen virallinen valmistumisajankohta. Kuvaajan aika-akseli loppuu vasta 130 %:ssa, eli rakennusaika +30 %, koska taloudelliset loppuselvitykset tehdään ja viimeiset maksuerät maksetaan yleensä urakka-ajan jälkeen.

Rakennusprojektin kustannukset lähtevät normaalisti kertymään jo suunnittelu- ja valmisteluvaiheessa ja päättyvät vasta paljon rakennuksen valmistumisen jälkeen elinkaarikustannuksina. Ennen rakennustyön aloitusta kustannuksia syntyy mm. seuraavista vaiheista: hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu ja rakentamisen valmistelu. Näissä vaiheissa tehdään tulevan rakennuksen laajuuteen ja laatutasoon liittyvät päätökset, jotka vaikuttavat huomattavasti kustannuksiin. (14, 23.)

Erityyppisiä rakennushankkeita on paljon ja lähes kaikissa kustannukset kertyvät yksilöllisellä tavalla. Rakennushankkeiden käynnistyttyä alkaa syntyä varsinaisia rakennuskustannuksia. Syntyneet kustannukset voidaan lajitella ja eritellä toisistaan eli litteroida. Litteroinnin avulla saadaan kohdistettua syntyneet kustannukset ja voidaan seurata kustannuksia litteralle varatun budjetin avulla. (14.)

Opinnäytetyössä huomioin ainoastaan rakennusaikana kertyneet kustannukset, eli ennen työmaan aloitusta syntyneet suunnittelukustannukset ja hankkeen kehityskustannukset jätetään tarkastelun ulkopuolelle, koska ne eivät muuta oleellisesti tulosta.

Esimerkkikohteessa on samat suunnitelmat paikalla rakennettaessa ja elementtirakentamisessa. Tämän ansiosta voidaan keskittyä rajatusti ulkoseinän runkorakenteisiin ja jättää vertailussa muut kohdat huomioimatta, koska kumpikaan rakentamistapa ei aiheuta niihin lisätoimenpiteitä.

#### 4.2 Rakennustapojen vaikutus kustannuksiin

Kaikki rakennukset voidaan toteuttaa pienellä budjetilla. Hinnan ei tarvitse aina olla korkea, jotta saadaan laadultaan hyvä rakennus. Esimerkiksi pintamateriaalien valinnoilla voidaan vaikuttaa suuresti kustannuksiin. Taloudellinen valinta tulee aina toteuttaa asiakkaan vaatimukset huomioon ottaen. Järjestelmällisessä arvojen, hyötyjen ja tuottojen vertailussa tuotosten ominaisuudet ja niiden tasoerot pisteytetään ja verrataan kustannuksiin.

Vertailu on ensisijaisesti kustannusvertailua, mutta sen rinnalla tarkastellaan vaihtoehtojen etuja, haittoja ja laadullisia asioita. Vertailumenetelmä muodostuu kahdesta pääosasta: rakennuskustannusten laskenta ja muiden vaikutusten arviointi.

Rakennuskustannusten laskenta tarkoittaa seinärakenteen investointikustannusten määrittelyä. Rakennusosien kustannukset ovat välttämättömiä kustannuksia, joiden suuruus määräytyy suoraan osien lukumäärästä. Muiden vaikutusten arvioinnilla tarkoitetaan esimerkiksi maailman talouden tilannetta sekä molempien tuotantotapojen vahvuuksien ja heikkouksien arviointeja. (15.)

Hankkeen rakentamisajalla on suora verrannollisuus aikasidonnaisiin kustannuksiin ja tuottoihin. Lyhyempi rakentamisaika alentaa aikasidonnaisia kustannuksia ja aientaa rakennuksen käytöstä saatavia tuottoja. Aikasidonnaiset kustannukset ovat työmaan ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, joita syntyy niin kauan kun työmaa on käynnissä. Lyhyemmällä rakentamisajalla saavutetaan nopeammin tuottoja. Tällaisia tuottoja ovat esimerkiksi vuokra- tai myyntitulot ja rakentamisajan lyhentymisen ansiosta vähentyneet työmaan ylläpitokustannukset. (15.)

Vaihtoehtojen vaikutusten arviointi tarkoittaa tekijöitä, jotka tulee päätöksenteossa ottaa huomioon mutta joille ei määritellä kustannusta tai joiden kustannukset ovat ehdollisia.

Aikatauluvertailussa on syytä tarkastella niin rakentamisaikoja kuin tuotantoprosessien eroja. (15.)

#### 4.3 Esimerkkikohteen kustannusten syntyminen

Esimerkkikohteen kustannukset muodostuvat suoritteen hinnoittelusta ja työmaateknisistä kustannuksista. Suoritteet hinnoitellaan panoslajeittain kuitenkin siten, että suoritteen lopullinen yksikkökustannus sisältää kaikki ne työ- ja hankintakustannukset, joiden suuruuteen suoritemäärän muutokset vaikuttavat. Suoritteen yksikköhinta voidaan laskea suoraan suoritteen panosrakenteen avulla. Kokonaiskustannus saadaan kertomalla suoritemäärä suoritteen yksikköhinnalla. Tällöin suoritteen yksikkökustannus on suoritteen panosten yksikkökustannusten summa. Tavoitteena on, että työn ja hankintojen osuudet pystyttäisiin erottelamaan. Töiden ja hankintojen hintaosa ei sisällä arvonlisäveroa. Yksikkökustannusta laskettaessa käytetään avuksi seuraavia panoslajeja: työpanos, tarvikepanos, aliurakkapanos ja kalustopanos. (12, 59–60.)

Työpanokseksi lasketaan palkat ja sosiaalikulut, jotka rakennusliike maksaa työmaan tunti- ja urakkapalkkaisille työntekijöille. Työkustannuksia ovat kaikki palkanlaskennasta työmaalle kohdistuvat kustannukset. Kuukausipalkat käsitellään muuna panoksena.

Tarvikepanokseen lasketaan kaikki ne rakennusaineet ja tarvikkeet jotka tuodaan valmiina työmaalle. Tarvikepanokseen kuuluu tavaroiden rahtimaksut työmaalle. Aliurakkapanos sisältää niin aliurakkana tehdyn työn kuin siihen tarvittavat tarvikkeet. Kalustopanokseen lasketaan koneiden ja käytettävän kaluston kustannukset. Jos koneen mukana tulee koneenkuljettaja, se lasketaan mukaan kalustopanokseen. (12.)

Suoritteet hinnoitellaan saman hinnoittelukuukauden aikana, joten kaikki työt, hankinnat, tilaukset ja sopimuksen ovat samassa hintatasossa. Tämän ansiosta kaikki laskelmat ovat mahdollisimman vertailukelpoisia ja kustannusten muutos voidaan arvioida. (12, 60.)

Työmaatekniset kustannukset ovat suurimmalta osaltaan aikasidonnaisia kustannuksia eli rakentamisajan lyheneminen pienentää työmaateknisiä kustannuksia. Rakennettaessa ulkoseinät elementeistä lyhenee rakentamisaika ja tämän tulisi näkyä työmaateknisten kustannusten alenemisen. Hankkeen suuruudella, rakenne- ja tuotantotekniikalla, vuodenajal-

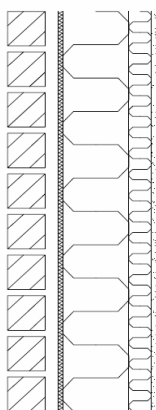
la ja rakentamisen kestolla on suora yhteys työmaateknikka kustannuksiin. Työmaateknisten kustannusten osuudeksi voidaan arvioida noin 15 – 20 % koko hankkeen rakennuskustannuksista. (12.)

## 5 TYÖN SUORITUS

### 5.1 Kohde

Opinnäytetyöni kohteena on Kaakon Rakennus Oy:n tuleva rivitalo. Tontti sijaitsee Haminaassa Hevoshaan kaupunginosassa Faluninkadulla. Työn tarkoituksena oli selvittää kumpi vaihtoehto, paikalla rakentaminen vai elementtirakentaminen, on taloudellisempi toteuttaa ja yrityksen toimintatavalle sopivampi.

Faluninkadulle rakennettavaan kompleksiin kuuluu kaksi erikokoista yksikerroksista rivitaloa. Rakennuksen n:o 1 kerrosala on 305 m<sup>2</sup> ja rakennuksen n:o 2 kerrosala on 128 m<sup>2</sup> (liite 1 ja 2). Tontille rakennetaan myös auto- ja jätekatos, jota ei kuitenkaan ole otettu huomioon laskelmissa. Molempien rakennusten ulkoseinät (kuva 5) ovat rakenteeltaan puurunkoisia (liite 3). Taulukossa 1 ja 2 on esitetty ulko- ja sisäseinien rakenne. Ulkoseinien ja väliseinien määrät on esitetty taulukossa 3.

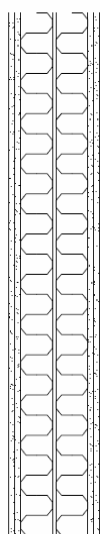


Taulukko 1. Ulkoseinärakenne

	US
85 mm	Tiiliverhous, muuraussiteet 4-5 kpl/ m <sup>2</sup>
30 mm	Ilmarako
9 mm	Tuulensuojalevy Gyproc TS9
200 mm	Puurunko + mineraalivillaeristys (50*150+50 k600)
0,2 mm	Höyrinsulkumuovi
13 mm	Kipsikartonkilevy

Kuva 5. Ulkoseinän rakenneleikkaus.

Taulukko 2. Väliseinärakenne



	HVS
	Pintamateriaali- ja käsittely
13+13 mm	Kipsikartonkilevy
68 mm	Puurunko + mineraalivillaeristys (68 mm k600)
8 mm	Ilmaväli
68 mm	Puurunko + mineraalivillaeristys (68 mm k600)
13+13 mm	Kipsikartonkilevy
	Pintamateriaali- ja käsittely

Kuva 6. Huoneistojen väliseinän rakenneleikkaus

Molempien rakennusten valmis julkisivupinta on tiiliverhottu eikä sitä ole otettu laskelmissa huomioon, koska se tehtäisiin molemmissa vaihtoehdoissa käsityönä. Huoneistojen väliset kantavat väliseinät ovat myös puurunkoisia (kuva 6).

Taulukko 3. Ulko- ja väliseinien määrät

	Puurunkoista ulkoseinää (m <sup>2</sup> )	Puurunkoista väliseinää (m <sup>2</sup> )
Rakennus 1	195	79
Rakennus 2	101	23

## 5.2 Vertailulaskelmat

Tuotantotapoja vertailtiin laskelmien avulla. Laskelmien pohjana olivat seuraavat tiedot:

- omat määrälaskelmat (liitteet 4, 5, 6, 7 ja 8)
- rakentajan antamat tiedot paikalla rakennetuista, toteutuneista kohteista
- elementtitehtaalla tehty tarjouspyyntö ja tarjous (liitteet 11 ja 12)
- Rakennusosien kustannuksia -kirjan (15) taulukot
- materiaalitoimittajan tarjous (liitteet 9 ja 10).

Vertailu aloitettiin **puurunkorakenteiden määrälaskelmalla** rakennesuunnitelmia apuna käyttäen. Tarkistin kuvista ulko- ja väliseinien mitat juoksumetreinä ja kerroin sen rakenteen korkeudella. Tästä vähensin ovien ja ikkunoiden vaatiman alan ja näin sain seinien neliömetrimäärät.

Materiaaleista tehtiin tarjouspyyntö paikalliselle puutavaraliikkeelle. Rakennekuvat lähetettiin elementtitehtaalle elementtitarjousta varten.

Laskettuani paikalla rakentamisen materiaalimenekit sijoitin ne Rakennustieto Oy:n julkaiseman kirjan Rakennusosien kustannuksia 2009 taulukoihin. Taulukon käyttämät arvot materiaalien hinnoille, tuntipalkoille ja työhön käytettävän ajan määrät käytiin läpi työn tilaajan kanssa. Kyseistä kirjaa ja sen käyttämää laskentatapaa voidaan pitää varsin luotettavana, sillä siinä käytettävät Ratu-työmenekkitiedot on kerätty pääasiassa ammattimaisesti toteutetuista isoista kohteista. (16, 7.)

**Työkustannukset** muodostuvat työmenekistä eli työntekijätunneista ja työtunnin yksikköhinnasta. Työmenekkiin vaikuttaa kohteen ominaisuus, suoritteiden kerrannaisuus ja työryhmä. Käytössäni olleeseen kirjaan on päivitetty työmenekkitiedot vastaamaan päivän tasoa. Työmenekki pitää sisällään itse työn tekemisen lisäksi työmaan sisäiset siirrot. Apu-työn osuus on myös merkitty taulukkoon. Työkustannukset pitävät sisällään tuntipalkan lisäksi sosiaalikulut. (16, 13.)

**Materiaalikustannukset** muodostuvat materiaalimenekeistä ja -hinnoista. Materiaalikustannukset pitävät sisällään teoreettiset kustannukset ja osan kokonaishukasta. Teoreettiset menekit ja materiaalihinnat on saatu materiaalivalmistajien, maahantuojien sekä puu- ja rautakauppojen antamista tiedoista sekä Ratu-tiedostoista.

Sijoitin tiedot, jotka sain omista laskelmistani, kyseisestä kirjasta, työn tilaajalta sekä puutavaraliikkeen materiaalitarkouksesta Excel-tilaukseen (liite 4 ja 5). Taulukon avulla pystyin erottamaan työ- ja materiaalikustannukset toisistaan ja laskemaan kokonaishinnan sekä hinnan ulkoseinäneliötä ja huoneistojenväliseinäneliötä kohden. Lopuksi rakennuttajan kanssa tarkastettiin vielä materiaalien hinnat, työhön vaadittavan ajan realismi ja tuntipalkat.



## 6 TULOKSET

Paikalla rakentamisen ja elementtirakentamisen rakennuskustannukset esitetään taulukoissa erikseen rakennukselle n:o 1 ja 2. Taulukoihin on koottu molempien rakennusten ulko- ja huoneistojen välisten seinien kokonaiskustannukset sekä neliömetrihinnat. Tulosten tarkastelussa huomioidaan myös työmaateknisten kustannusten vaikutus.

### 6.1 Paikalla rakentaminen

Haminan Faluninkadulle rakennettavien rivitalojen paikalla rakentamiskustannukset perustuvat määrälaskelmiini, Rakennusosien kustannuksia 2009 -kirjan kaavioihin, tilaajan toimittamiin tietoihin sekä saatuihin tarjouksiin. Tämän ansiosta hintatiedot ovat päivän hintoja eikä niitä tarvitse korjata rakennuskustannusindeksillä. Paikalla rakentamisen kustannukset on esitetty liitteissä 4 ja 5.

Molempien rakennusten ulko- ja väliseinien kustannukset on jaoteltu omiin paikallarakennuskaavioihin. Rakennuksen n:o 1 ulkoseinien paikalla rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli yhteensä 9 004,44 € (alv 0 %) eli 46,18 €/m<sup>2</sup>, ja rakennuksen n:o 2 ulkoseinien paikalla rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli yhteensä 4 663,84 € (alv 0 %) eli 46,18 €/m<sup>2</sup>. Rakennuksen n:o 1 huoneistojen välistenseinien paikalla rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli 4 782,34 € (alv 0 %) eli 60,54 €/m<sup>2</sup>, ja rakennuksen n:o 2 huoneistojen välistenseinien paikalla rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli 1 392,33 € (alv 0 %) eli 60,54 €/m<sup>2</sup>. Kustannukset sisältävät työn osuuden sekä materiaalikustannukset. Kustannukset on esitetty eriteltyinä taulukossa 4.

Taulukko 4. Paikalla rakentamisen kustannukset

	Rakennus 1		Rakennus 2	
	US	HVS	US	HVS
Työt	5 928,00 €	3 185,28 €	3 070,40 €	927,36 €
Materiaali	3 076,44 €	1 597,06 €	1 593,44 €	464,97 €
Yhteensä	9 004,44 €	4 782,34 €	4 663,84 €	1 392,33 €

Paikalla rakennettaessa suurin menoerä niin ulkoseinärakenteissa kuin huoneistojen välisten seinien rakenteissa on materiaalikustannukset. Mahdollista lisäsäästöä olisi vielä mah-

dollista saada, jos materiaalihankinnat kilpailutettaisiin useammassa eri yrityksessä ja ostot keskitettäisiin samaan ajankohtaan sekä samaan yritykseen.

## 6.2 Elementtirakentaminen

Halusin saada elementtirakentamiselle mahdollisimman todellisen kustannusarvion, joten lähetimme rakennesuunnitelmat elementtitehtaalle tarjouspyynnön kera. Pyysimme tarjoukseen puuelementtitoimituksesta eriteltyinä ulko- ja väliseinät sekä kuljetuksen työmaalle. Elementtirakentamisen kustannukset on esitetty liitteissä 6 ja 7.

Rakennuksen n:o 1 ulkoseinien kokonaiskustannukseksi elementtitekniikalla suoritettuna saatiin 11 935,88 € (alv 0 %) eli 61,21 €/m<sup>2</sup>. Huoneistojen välisten seinien kustannukseksi saatiin 5 972,14 € (alv 0 %) eli 75,60 €/m<sup>2</sup>. Rakennuksen n:o 2 ulkoseinien kokonaiskustannukseksi elementtitekniikalla suoritettuna tulee 5 858,49 € (alv 0 %) eli 58,00 €/m<sup>2</sup>. Huoneistojen välisten seinien kustannukseksi saatiin 1 729,59 € (alv 0 %) eli 75,20 €/m<sup>2</sup>. Edellä mainittuihin kustannuksiin sisältyy elementtien hankintakustannukset, kuljetus työmaalle, elementtien nostaminen Hiab -nosturilla sekä elementtien asentaminen ja siinä tarvittavat kiinnitysmateriaalit ja elementtien tuennat.

Elementtien hankintakustannukset ovat elementtitekniikassa suurin kustannustekijä. Lisäkustannuksia elementtitekniikalle syntyy elementtien kuljetuksesta työmaalle. Elementit valmistaa yritys Elimäeltä, josta ne kuljetetaan ajoneuvoyhdistelmällä Haminaan. Koska elementtejä on paljon, kuljetuskertoja tulee neljä. Yhden kuljetuksen kustannus on 295 €, joten kuljetusten kokonaiskustannukseksi tulee 1 180 €.

Elementtitekniikan vahvuus on työntekijätuntien vähäinen määrä työmaalla. Elementtitekniikalla työntekijätuntien määrä on 58 tuntia. Vastaavasti paikalla rakennettaessa työntekijätuntien määrä on 410 tuntia. Erotusta syntyy elementtirakentamisen puolesta 352 tuntia, mikä vastaa 44 henkilötyöpäivää.

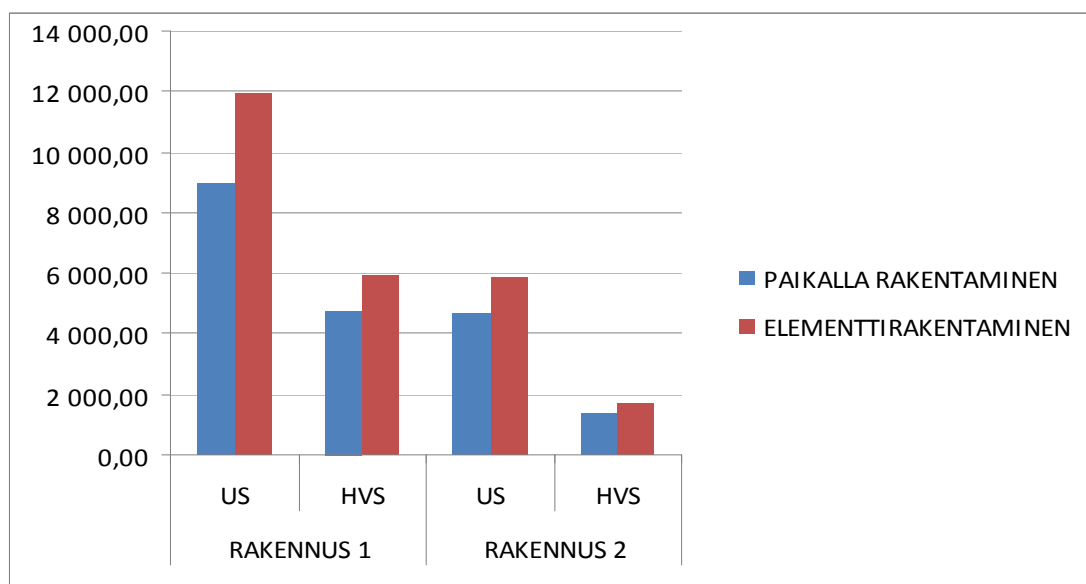
## 6.3 Rakennustapojen vertailu

Vertailulaskelmat perustuvat edellisissä kappaleissa esitettyihin tuloksiin ja liitteissä 4, 5, 6 ja 7 esitettyihin taulukoihin. Taulukoihin on koottu molempien rakennusten ulko- ja

huoneistojen välisten seinien kokonaiskustannukset sekä kustannukset neliömetreittäin.

Taulukko 5. Tuotantotapojen lopulliset kustannukset

	Rakennus 1		Rakennus 2	
	US	HVS	US	HVS
Paikalla rakentaminen	9 004,44 € 46,18€/ m <sup>2</sup>	4 782,34 € 60,54 €/ m <sup>2</sup>	4 663,84 € 46,18€/ m <sup>2</sup>	1 392,33 € 60,54€/ m <sup>2</sup>
Elementtitekniikka	11 935,88 € 61,21 €/ m <sup>2</sup>	5 972,14 € 75,60 €/ m <sup>2</sup>	5 858,49 € 58,00 €/ m <sup>2</sup>	1 729,59 € 75,20 €/ m <sup>2</sup>
Erotus	15,03 €/ m <sup>2</sup>	15,06 €/ m <sup>2</sup>	11,82 €/ m <sup>2</sup>	14,66 €/ m <sup>2</sup>



Kuva 7. Tuotantotapojen lopulliset kustannukset

Paikalla rakentaminen on huomattavasti elementtitekniikkaa halvempi vaihtoehto kyseisten rakennusten puurunkoisten ulko- ja huoneistojen välisten seinien rakentamisessa (taulukko 6 ja kuva 7). Elementtitekniikka on 22,2 % kalliimpi vaihtoehto, kun tarkastellaan pelkkiä rakentamiskustannuksia. On kuitenkin huomioitava elementtitekniikan mahdollistama lyhyempi rakentamisaika ja sen vaikutus rakennusten lopullisiin kustannuksiin.

#### 6.4 Työmaateknisten kustannusten vaikutus

Paikalla rakennettaessa työtä tehdään kolmen rakennusammattimiehen voimin. Yhden päivän aikana saavutetaan 24 työntekijätuntia. Koska työhön on laskettu kuluvan 410 työntekijätuntia, rungon pystytys kestää 13 työpäivää.

Elementit asennettaisiin samalla kolmen henkilön ryhmällä. Elementtien asentamiseen laskettu aika on 58 työntekijätuntia eli 2,5 työpäivää. Elementtitekniikalla saavutettaisiin kaksi viikkoa nopeampi rakennusaika. Rakennusajan lyheneminen on suoraan verrattavissa työmaateknisten kustannusten syntymiseen. Pidemmällä rakennusajalla työmaatekniset kustannukset ovat suuremmat.

Kaakon Rakennus Oy on pieni paikallinen yritys, jonka tavoitteena on työllistää omat työntekijänsä. Koska yrityksellä on vallitsevan taloustilanteen takia aikaisemmin rakennetuissa rivitaloissa vielä myymättömiä asuntoja jäljellä, yrityksellä ei ole kiirettä saada uusia asuntoja hiljaisille markkinoille makaamaan tyhjilleen, vaan pääprioriteetti on pitää yritys käynnissä ja kaikki miehet töissä. Pienellä yrityksellä aikasidonnaisten kustannusten vaikutus ei ole niin merkittävä asia, jotta sen takia kannattaisi siirtyä elementtirakentamiseen.

### 7 TULOSTEN TARKASTELO

Opinnäytetyön tulososuutta lukiessa täytyy ottaa huomioon rakennuskohteen luonne ja kohteen pienuus. Tuloksia pitää tarkastella kriittisesti ja miettiä niiden hyödynnettävyyttä toisissa kohteissa. Tuloksia hyödynnettäessä on huomioitava rakennushankkeen koko, rakennusmateriaalien hinnan muutokset, työntekijöiden tuntiansiot sekä maailman taloustilanne. Tulosten luotettavuutta vahvistaa kuitenkin elementtitehtaan tekemä tarjous, rakennuttajan kanssa läpikäyty kuhunkin prosessiin kuluvat työajat sekä palkkakustannukset ja päivänhinnassa oleva rakennusmateriaalitarjous.

Vertailun tuloksena paikalla rakentaminen on rakennustavoista kustannuksiltaan edullisempi vaihtoehto kyseiselle yritykselle, vaikkakin elementtitekniikalla saavutettaisiin nopeampi rakennusten valmistumisaika. Tässä tapauksessa rakennusten valmistumisella ei ole kiire.

Rakentamisessa laatu on aina tärkeä tekijä, mikä tulee huomioida koko rakennusprosessin ajan. Rakenteen laadun kannalta on tärkeää, että se saadaan mahdollisimman nopeasti säältä suojaan eli vesikatto saadaan nopeasti tehtyä. Tämän takia elementtitekniikalla tehtäessä jouduttaisiin huoneistojen välisiin seiniin tekemään omat perustukset tai valamaan alapohja ennen elementtien asentamista, jotta elementeistä valmistetut ulko- ja sisäseinät voitaisiin asentaa samaan aikaan ja kattorakenne rakentaa niiden päälle. Kun rakennus tehdään paikalla rakentamalla, sisäseinien rakentaminen voidaan suorittaa myöhemmin. Rakennusjärjestys olisi: ulkoseinät, vesikatto ja alapohja. Huoneistojen väliset seinät rakennettaisiin myöhemmin alapohjan päälle.

Elementeillä rakennettaessa työjärjestys taas määräytyy elementtitoimituksen ja asennuksen mukaan. Jos elementeillä rakennettava rakennus halutaan nopeasti säältä suojaan, on kaikille elementeille tehtävä omat perustukset, jotta ne saadaan pystytettyä ennen vesikaton asennusta.

Maanvaraisen teräsbetonilaatan valaminen tuottaa kovettuessaan huomattavasti kosteutta. Paikalla rakennettaessa lattia voidaan valaa kun ulkoseinät ja vesikatto on asennettu, mutta ovet ja ikkunat eivät ole vielä paikallaan. Näin kosteus tuulettuu ulkoilmaan. Rakenteet lämmöneristetään ja levytetään vasta lattiavalun kuivuttua, joten rakenteet eivät ole niin vaurioherkkiä kuin elementtirakenteet.

Elementtirakentamisessa suunnitelmien muuttaminen on lähes mahdotonta sen jälkeen kun elementit on valmistettu tehtaalla. Esimerkiksi sähköputkitukset sekä ikkuna- ja ovi-aukkojen paikat ovat sidottuja. Paikalla rakennettaessa muutoksia voidaan tehdä helpoilla toimenpiteillä viime hetkeen asti.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäyteyöni tuloksia voidaan pitää luotettavina tämän kokoisessa ja tyyppisessä rakentamisessa. Tuotantotapojen vertailu suoritettiin laskelmien avulla. Laskelmien pohjana käytetyt tiedot perustuvat tarjouksiin ja ammattitaitoisen rakentajan kanssa käytyihin keskusteluihin työtehoista ja -menekeistä. Tarjoukset on saatu vuoden 2010 alussa, joten suhdannevaihtelut eivät ole ehtineet niihin vielä vaikuttaa.

Rivitalojen paikalla rakentaminen on ainakin tällä hetkellä Kaakon Rakennus Oy:lle kokonaislaadun sekä taloudellisten ja tuotannollisten syiden vuoksi parempi vaihtoehto. Vaikka elementtirakentamisella voitaisiin saavuttaa aikataulusäästöjä, sen merkitys tämän kokoisessa kohteessa ja tämän kokoluokan yrityksessä ei ole merkittävää.

Paikalla rakentaminen sitoo Kaakon Rakennus Oy:n omia resursseja. Rakentaminen vaatii enemmän työtunteja työmaalla ja samalla työllistävä vaikutus lisääntyy. Pienellä paikkakunnalla asuntojen menekki on vähäistä eikä uusia kohteita ole tarkoituksenmukaista käynnistää tiheään. Toisaalta ammattitaitoisesta työvoimasta on pidettävä huolta. Urakoitsijan työntekijöiden monitaitoisuus tulee paremmin hyödynnettyä paikalla rakentamisessa. Työntekijöitä voidaan joustavasti siirtää eri työvaiheisiin ja rakennustekniset työt voidaan sovittaa LVIS -töiden kanssa.

Elementtitekniikka perustuu siihen, että suoritteita viedään työmaalta pois. Työllistävä vaikutus pienenee, mutta työmaan riippuvuus erilaisista alihankkijoista ja toimittajista kasvaa. Aikataulujen ja hankintojen yhteensovittaminen on haasteellista. Sääolosuhde- ja logistiset ongelmat ovat myös mahdollisia. Elementtitekniikan edut tulevat parhaiten näkyviin silloin kun elementtejä voidaan kopioida rakennusten kesken, eli rakennukset ovat itseään muodollisesti toistavia, niin että samanlaista elementtiä käytetään useaan otteeseen.

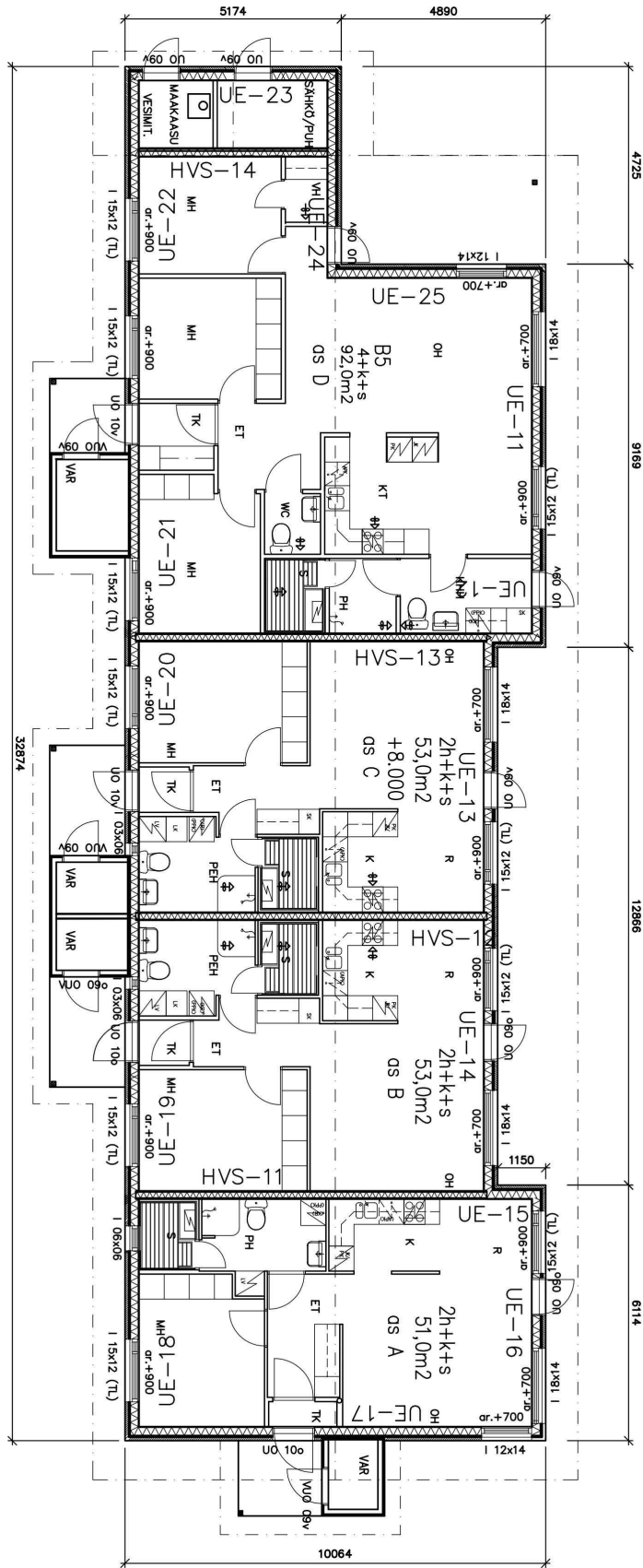
## LÄHTEET

1. Asuntorakentamissanasto. RT SA-40095. (1995). Helsinki: Rakennustieto Oy.
2. <http://www.uta.fi/koskivoimaa/kaupunki/1940-60/pikatalo.htm> (viitattu 23.1.2010).
3. Talonrakentajan käsikirja 1. Puutalon runkotyöt. (2006). Espoo: Rakentajan tietokirjat.
4. Tampereen teknillinen korkeakoulu (1995). Eero Laitinen (toim.). Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
5. Viljakainen, Mikko. (2004). Avoin puurakennusjärjestelmä - paikalla rakentaminen. Wood Focus Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/avoin-puurakennusjarjestelma-paikalla-rakentaminen> (viitattu 23.1.2010).
6. <http://www.teeri-kolmio.fi/suurelementit.html> (viitattu 23.1.2010).
7. <http://www.suomirakentaa.fi/pienrakentajasivut/omakotirakentaminen/ulkoseinaetja-julkisivut/talopaketti> (viitattu 23.1.2010).
8. Kilpeläinen, Mikko; Ukonmaanaho, Antti ja Kivimäki Marko (2001). Avoin puurakennusjärjestelmä – elementtirakenteet. Wood Focus Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/avoin-puurakennusjarjestelma-elementtirakenteet> (viitattu 23.1.2010).
9. Mäki, Tarja; Koskenvesa, Anssi ja Sahlstedt, Satu (2008). Rakennustöiden laatu 2009. Talonrakennusteollisuus ry. Rakennussäätiö, RTS. Helsinki: Rakennussäätiö.
10. Manninen, Ari-Pekka (2006). Laadunhallinta. Luento. Saatavissa: [http://www.rta.tkk.fi/Kurssit/240/Paperiversio\\_Infratuta\\_laatu\\_luento\\_syksy\\_2006.pdf](http://www.rta.tkk.fi/Kurssit/240/Paperiversio_Infratuta_laatu_luento_syksy_2006.pdf) (viitattu: 24.1.2010).
11. RT-kortti: RT 14-10850. (2005). Helsinki: Rakennustieto Oy.
12. Enkovaara, Esko; Haveri, Heikki ja Jeskanen, Pekka (2008). Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennusteollisuuden Keskusliitto.

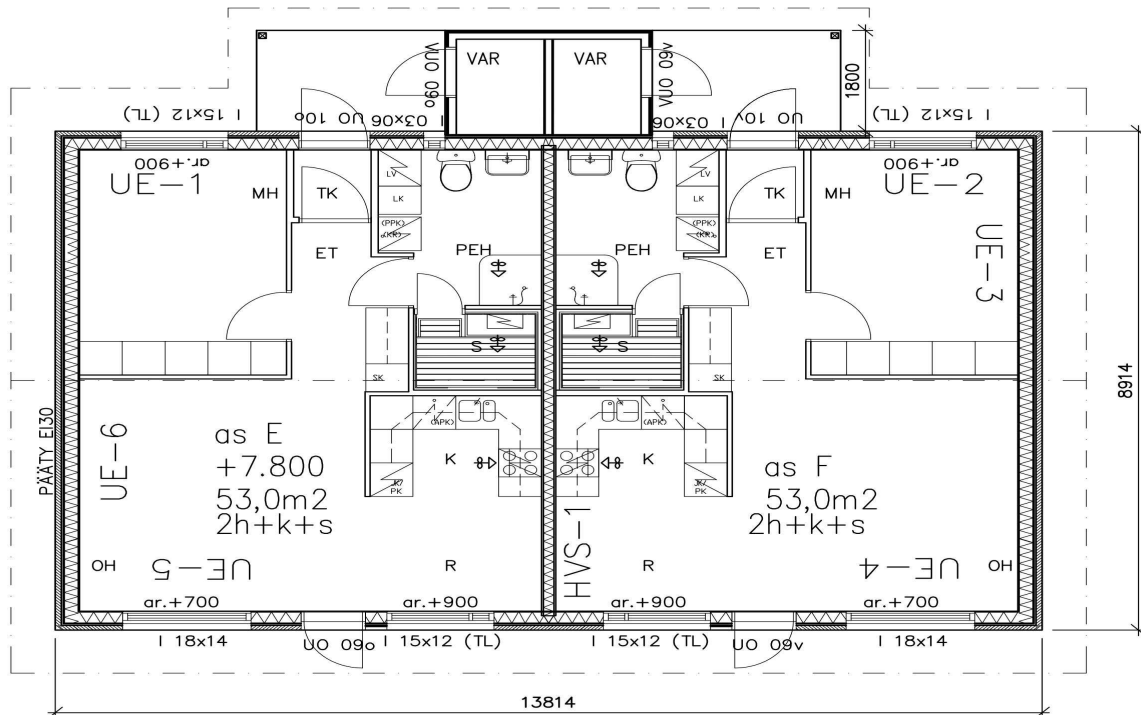
13. Duncan, William R. (2000). A Guide to The Project Management Body of knowledge. Project Management Institute. Newtown Square, USA.
14. RT-kortti: RT 10-10387. (1989). Helsinki: Rakennustieto Oy.
15. Kiviniemi, Markku (1996). Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. VTT Rakennustekniikka.
16. Penttilä, Hannu; Lindberg, Rita; Palolahti, Tuomas; Kivimäki, Christian; Koskenvesa, Anssi; Mäki, Tarja; Palomäki, Jenni ja Sahlstedt, Satu (2009). Rakennusosien kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.



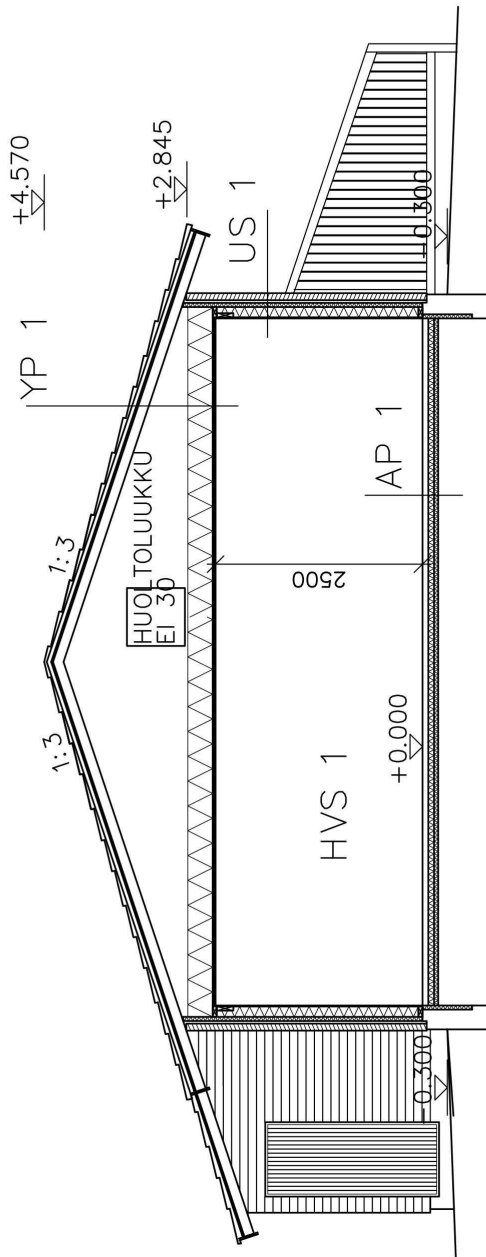
Liite 1. Rakennuksen n:o 1 pohjapiirros



## Liite 2. Rakennuksen n:o 2 pohjapiirros



## Liite 3. Rakennusleikkaus

LEIKKAUS

US 1  
TILIVERHOUS, MUURAUSSITEET 4-5kpl/m<sup>2</sup>  
ILMARAKO

85 mm  
30 mm  
9 mm  
200 mm  
0,2 mm  
13 mm

TUULENSUOJAKIPSILEVY TS9  
PUURUNKO JA MINERAALIVILLAERISTYS  
(puurunko 50\*150+50 k 600)

HÖYRYNSULKUMUOVI  
KIPSIKARTONKILEVY  
k-arvo 0.22 W/m<sup>2</sup>K

HVS 1  
PINTAMATERIAALI- JA KÄSITTELY  
KIPSIKARTONKILEVY  
PUURUNKO JA MINERAALIVILLAERISTYS  
(puurunko 68 k 600)

13+13 mm  
68 mm  
8 mm  
68 mm  
13+13 mm

ILMAVÄLI  
PUURUNKO JA MINERAALIVILLAERISTYS  
(puurunko 68 k 600)  
KIPSIKARTONKILEVY  
PINTAMATERIAALI- JA KÄSITTELY

ÄÄNENERISTÄVYYS R'<sub>w</sub>=55 dB  
PALOLUOKKA EI 30

## Liite 4 Rakennuksen n:o1 paikalla rakentamisen kustannukset

6.2.2010												
RAK 1 paikallatehty kustannusarvio												
Faluninkatu 49400 Hamina												
Nimike	Materiaalimenekki	Määrä	yks.	aineet eur./yks.	työt h./yks	eur./h	h./yht	eur./yht	aputyöosuus %	yliteensä eur	osa-alueet yliteensä	
<b>Ulkoseinät RAK 1</b>												
Tuulensuojalevy 9mm kipsilevy	1,04	202,8	m <sup>2</sup>	1,94	0,15	32,00	29,25	936,00	10	936,00	1399,63	
- Ruuvi, kipsilevyruuvi 32mm	0,05	9,75	kg	0,36				393,43		393,43		
<b>Puurunko 50*150+50 k600</b>								70,20		70,20		
- Soiro 50*50mm	1,79	349,05	jm	0,56	0,66	32,00	128,7	4118,40	25	4118,40	5242,66	
- Soiro 50*150mm	2,14	417,3	jm	1,63				195,47		195,47		
- Soiro 50*150mm alajuoksu kestopuu	0,39	76,05	jm	2,12				680,20		680,20		
- Kuumasinkitty lankanaula 3,4*100	0,05	9,75	kg	0,1				161,23		161,23		
- Fibrynsukunuuvi	1,2	234	m <sup>2</sup>	0,29				19,50		19,50		
<b>Lämmöneriste 150*50mm, mineraalivilla</b>								67,86		67,86		
- lämmöneriste 150mm	1,04	202,8	m <sup>2</sup>	5,16	0,14	32,00	27,3	874		873,60	2362,15	
- lämmöneriste 50mm	1,04	202,8	m <sup>2</sup>	2,18				1046,45		1046,45		
<b>Ulkoseinä yhteensä</b>								5928,00			9004,44	
<b>Väliseinät RAK 1</b>												
<b>Sainälevytys, kipsilevy 13mm, 2-kertainen levytys</b>												
- Kipsikartonkilevy 13*1200*2600mm	1,1	86,9	jm	1,95	0,33	32,00	26,07	834,24	834	834,24	1196,85	
- Ruuvi, kipsilevyruuvi 25mm	0,03	2,37	kg	0,3				169,46		169,46		
<b>Puurunko 68mm k600</b>								23,70		23,70		
- Soiro 50*68mm	2,58	203,82	jm	1,06	0,23	32,00	18,17	581		581,44	805,39	
- Kuumasinkitty lankanaula 3,4*100	0,05	3,95	kg	0,1				7,90		7,90		
<b>Lämmöneriste 70mm, mineraalivilla</b>								176,96		176,96		
- Mineraalivilla 70mm	1,04	82,16	m <sup>2</sup>	2,58	0,07	32,00	5,53	177		176,96	388,93	
<b>Sainälevytys, kipsilevy 13mm, 2-kertainen levytys</b>												
- Kipsikartonkilevy 13*1200*2600mm	1,1	86,9	jm	1,95	0,33	32,00	26,07	834		834,24	1196,85	
- Ruuvi, kipsilevyruuvi 25mm	0,03	2,37	kg	0,3				169,46		169,46		
<b>Puurunko 68mm k600</b>								23,70		23,70		
- Soiro 50*68mm	2,58	203,82	jm	1,06	0,23	32,00	18,17	581		581,44	805,39	
- Kuumasinkitty lankanaula 3,4*100	0,05	3,95	kg	0,1				7,90		7,90		
<b>Lämmöneriste 70mm, mineraalivilla</b>								176,96		176,96		
- Mineraalivilla 70mm	1,04	82,16	m <sup>2</sup>	2,58	0,07	32,00	5,53	177		176,96	388,93	
<b>Väliseinä yhteensä</b>								3185,28			4782,34	
<b>yhteensä</b>				<b>materiaali</b>	<b>tunnit</b>	<b>työkust</b>						
				4673,50	285	9113,28					13786,78	

## Liite 5. Rakennuksen n:o 2 paikalla rakentamisen kustannukset

RAK 2 paikallatehty kustannusarvio												6.2.2010	
Faluninkatu 49400 Hamina													
Nimike	Materiaalimenekki	Määrä	yks.	aineet		työt		aputyöosuus		yhteensä eur	osa-alueet yhteensä		
				eur / yks	eur / yhti	h / yks	eur / h	h / yhti	eur / yhti			%	
<b>Ulkoseinät RAK 2</b>													
Tuulensuojalevy 9mm kipsilevy	1,04	105,04	m <sup>2</sup>	1,94	203,78	0,15	32,00	15,15	485	10	484,80	724,94	
- Ruuvi, kipsilevyruuvi 32mm	0,05	5,05	kg	0,36	36,36						36,36		
<b>Puurunko 50*150+50 k600</b>						0,66	32,00	66,66	2133	25	2133,12	2715,43	
- Soiro 50*50mm	1,79	180,79	jm	0,56	101,24						101,24		
- Soiro 50*150mm	2,14	216,14	jm	1,63	352,31						352,31		
- Soiro 50*150mm alajuoksu kestopuu	0,39	39,39	jm	2,12	83,51						83,51		
- Kuumasinkitty lankanaula 3,4*100	0,05	5,05	kg	0,1	10,10						10,10		
- Höyrynsulkumuovi	1,2	121,2	m <sup>2</sup>	0,29	35,15						35,15		
<b>Lämmöneriste 150+50mm, mineraalivilla</b>						0,14	32,00	14,14	452		452,48	1223,47	
- lämmöneriste 150mm	1,04	105,04	m <sup>2</sup>	5,16	542,01						542,01		
- lämmöneriste 50mm	1,04	105,04	m <sup>2</sup>	2,18	228,99						228,99		
<b>Ulkoseinä yhteensä</b>					<b>1593,44</b>				<b>3070,40</b>			<b>4663,84</b>	
<b>Väliseinät RAK 2</b>													
Seinälevytys, kipsilevy 13mm, 2-kertainen levytys			23	m <sup>2</sup>									
- Kipsikartonkilevy 13*1200*2600mm	1,1	25,3	jm	1,95	49,34	0,33	32,00	7,59	243		242,88	348,45	
- Kipsikartonkilevy 13*1200*2600mm	1,1	25,3	jm	1,95	49,34						49,34		
- Ruuvi, kipsilevyruuvi 25mm	0,03	0,69	kg	0,3	6,90						6,90		
<b>Puurunko 68mm k600</b>						0,23	32,00	5,29	169		169,28	234,48	
- Soiro 50*68mm	2,58	59,34	jm	1,06	62,90						62,90		
- Kuumasinkitty lankanaula 3,4*100	0,05	1,15	kg	0,1	2,30						2,30		
<b>Lämmöneriste 70mm, mineraalivilla</b>						0,07	32,00	1,61	52		51,52	113,23	
- Mineraalivilla 70mm	1,04	23,92	m <sup>2</sup>	2,58	61,71						61,71		
<b>Seinälevytys, kipsilevy 13mm, 2-kertainen levytys</b>						0,33	32,00	7,59	243		242,88	348,45	
- Kipsikartonkilevy 13*1200*2600mm	1,1	25,3	jm	1,95	49,34						49,34		
- Kipsikartonkilevy 13*1200*2600mm	1,1	25,3	jm	1,95	49,34						49,34		
- Ruuvi, kipsilevyruuvi 25mm	0,03	0,69	kg	0,3	6,90						6,90		
<b>Puurunko 68mm k600</b>						0,23	32,00	5,29	169		169,28	234,48	
- Soiro 50*68mm	2,58	59,34	jm	1,06	62,90						62,90		
- Kuumasinkitty lankanaula 3,4*100	0,05	1,15	kg	0,1	2,30						2,30		
<b>Lämmöneriste 70mm, mineraalivilla</b>						0,07	32,00	1,61	52		51,52	113,23	
- Mineraalivilla 70mm	1,04	23,92	m <sup>2</sup>	2,58	61,71						61,71		
<b>Väliseinä yhteensä</b>					<b>464,97</b>				<b>927,36</b>			<b>1392,33</b>	
<b>yhteensä</b>					<b>2058,40</b>			<b>125</b>	<b>3997,76</b>			<b>6056,16</b>	





Liite 8. EI JULKAISTAVAT SALAISET LÄHTÖTIEDOT



Liite 9. EI JULKAISTAVAT SALAISET LÄHTÖTIEDOT

Liite 10. EI JULKAISTAVAT SALAISET LÄHTÖTIEDOT

Liite 11. EI JULKAISTAVAT SALAISET LÄHTÖTIEDOT

Liite 12. EI JULKAISTAVAT SALAISET LÄHTÖTIEDOT