



Jaakko Kivioja

PIENTALON TUOTANTOMENETELMIEN KUSTANNUS- VERTAILU

Pre-cut-menetelmän vertaaminen suurelementtimenetelmään



PIENTALON TUOTANTOMENETELMIEN KUSTANNUS- VERTAILU

Pre-cut-menetelmän vertaaminen suurelementtimenetelmään

Jaakko Kivioja
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Rakennusalan työnjohdon
koulutusohjelma
Oulun seudun
ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, talonrakennuksen suuntautumis-
vaihtoehto

Tekijä: Jaakko Kivioja
Opinnäytetyön nimi: Pientalon tuotantomenetelmien kustannusvertailu
Työn ohjaaja: Martti Hekkanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012
Sivumäärä: 33 + 34 liitesivua

Sikla-talot Oy on Oulun seudulla toimiva puurakenteisten pientalojen valmistaja. Pientalot valmistetaan pre-cut-menetelmällä paikalla rakentaen. Pääsääntöisesti talot rakennetaan valmiiksi asti niin sanotulla avaimet käteen periaatteella.

Yrityksen kehittämisen ja kannattavuuden parantamisen myötä tuli ajan-kohtaiseksi miettiä, kumpi rakennusmenetelmistä olisi tehokkaampi vaihtoehto: nyt käytössä oleva pre-cut menetelmä vai suurelementtimenetelmä. Tämän vuoksi Sikla-talot Oy tilasi tämän opinnäytetyön, jossa vertaillaan näitä kahta rakennusmenetelmää.

Opinnäytetyö toteutetaan jo rakennetun ja rakenteilla olevan pientalon kustannusvertailulaskelmalla. Laskennan laadukkaan lopputuloksen aikaansaamiseksi otettiin vertailuun yksikerroksinen omakotitalo ja kaksikerroksinen omakotitalo. Molemmista taloista tehtiin kustannusvertailu molemmilla rakentamismenetelmillä.

Työssä saavutettiin erinomaisia tuloksia todellisen kannattavuuden arvioimiseksi. Yrityksen tavoite oli saada laskettua, kumpi menetelmä on kustannus-tehokkaampi vaihtoehto vuositasolla tarkasteltuna.

Yksikerroksisissa taloissa kannattavuudeltaan parempi rakentamismenetelmä on suurelementtimenetelmä. Yhdessä talossa kustannusero on hyvin pieni, mutta nopeamman aikataulun johdosta tuottoa kertyy yhdellä rakennusmiesryhmällä vuodessa noin 12 100 euroa suurelementtitekniikan hyväksi. Parempi tuotto muodostuu nopeamman aikataulun ansiosta ja sitä kautta useamman kohteen valmistuksesta vuoden aikajaksolla.

Kaksikerroksisessa talossa tulosero jää hyvin pieneksi. Yhdellä rakennusmiesryhmällä tuottoa kertyy noin 3 400 euroa enemmän pre-cut-menetelmän hyväksi. Tulosero johtuu kaksikerroksisen talon kalliimmista kustannuksista suurelementtitekniikassa.

Asiasanat: Puurunko, pientalo, pre-cut, suurelementti, ulkoseinä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO.....	5
2 JÄRJESTELMÄRAKENTAMINEN.....	7
2.1 Paikalla rakentaminen kappaletavarasta	7
2.2 Pre-cut-järjestelmä	9
2.3 Pienelementtijärjestelmä	11
2.4 Suurelementtijärjestelmä.....	13
2.5 Tilaelementit.....	16
3 RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUSLASKENTA.....	17
4 RAKENNUSMENETELMIEN KUSTANNUSVERTAILU.....	19
4.1 Rakennettavat kohteet	19
4.2 Kustannuslaskelmat	22
5 TULOKSET	25
5.1 Yksikerroksinen talo pre-cut-menetelmällä.....	25
5.2 Yksikerroksinen talo suurelementtimenetelmällä.....	25
5.3 Kaksikerroksinen talo pre-cut-menetelmällä.....	26
5.4 Kaksikerroksinen talo suurelementtimenetelmällä	26
6 TULOSTEN VERTAILU	28
7 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	32
LIITTEET	33

1 JOHDANTO

Valmistusmäärien kasvaessa on syytä huomioida järkevin ja kustannustehokkain tapa valmistaa omakotitaloja. Pienikin ylimääräinen kustannuserä yhdessä kohteessa on vuositasolla mitattuna merkittävä tekijä kannattavuutta parannettaessa. Opinnäytetyöni tarkoitus on verrata kahta eri valmistusmenetelmää ja pohtia, kumpi on kustannustehokkaampi tapa valmistaa pientaloja. Menetelminä ovat nykyisin käytettävä pre-cut-menetelmä ja suurelementti-menetelmä. Kustannuksia verrataan vuositasolla, jotta saadaan kannattavuudeltaan parempi vaihtoehto selville.

Opinnäytetyöni päätavoite on saada selville, kumpi rakentamismenetelmä on kustannustehokkaampi. Laskelmien avulla saadaan selville kustannukset, mutta lopputulosta arvioitaessa täytyy ottaa huomioon myös välilliset kustannukset ja ulkopuoliset vaikuttavat tekijät. Suurin merkittävä ulkopuolinen tekijä on laatu. Laadun pitää pysyä vähintään ennallaan kustannustehokuutta parannettaessa.

Rakennusliike Sikla-talot on kasvava yritys, joka valmistaa pientaloja Oulun seudulla. Yritys on perustettu vuonna 2007 toiminimen muotoisena yrityksenä. Liiketoiminnan laajetessa ja keskittyessä pientalojen valmistukseen yritys muuttui osakeyhtiön muotoiseksi yritykseksi. Sikla-taloilla on neljä omistajajäsentä, joista kolme on perustajajäseniä. Henkilöstöä yrityksellä on kaikkiaan 33 henkilöä.

Sikla-talot valmistaa tällä hetkellä noin neljäkymmentä omakotitaloa vuodessa. Tavoitteena on vuonna 2012 valmistaa kuusikymmentä omakotitaloa. Omakotitalot valmistetaan yleensä valmiiksi asti toteutettuna niin sanotusti avaimet käteen -periaatteella. Noin kymmenen prosenttia taloista jää valmiusvaiheeltaan pienempään kokonaisuuteen esimerkiksi säävalmiiksi, lämpövalmiiksi tai räätälöidysti tehdyiksi.

Opinnäytetyö rajataan rakennusmiestöihin. Työt alkavat perustusvaiheen jälkeen alaohjauspuun asennuksesta. Ulkoa tehdään kaikki kirvestyöt valmiiksi. Sisältäpäin rakennetaan kipsilevyypinnalle. Saunan panelointi ja koolaus jäävät

pois laskelmasta.

2 JÄRJESTELMÄRAKENTAMINEN

Järjestelmärakentamisen peruseräite on, että rakentaminen käsittää suunnittelun, valmistuksen, ainesosien hallinnan (logistiikan) ja työmaatoimintojen muodostaman hallitun kokonaisuuden. Oppimista, kehittämistä ja olosuhdetekijöitä hyväksi käyttäen voidaan tulosta parantaa suhteessa panostukseen. Tämä edellyttää voimakasta kehittämistä kyseisessä järjestelmässä. Tuloksena saavutetaan yleensä sekä parempi rakentamisen laatu että mahdollisuus käyttää hyväksi jo kertaalleen tehtyä työtä. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Puusta rakennettaessa voidaan käyttää hyväksi materiaalin hyviä ominaisuuksia. Esimerkiksi puulla on hyvä lujuus ja paino suhde. Tämä tekee puusta edullisen kuljettaa. Merkittävä on myös puun ympäristöystävällisyys ja uusiutuvan luonnonvaran käytöstä saatava etu. Puu on tässä mielessä tulevaisuuden rakennusmateriaali. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

2.1 Paikalla rakentaminen kappaletavarasta

Paikalla rakentaminen on rakentamismenetelmistä perinteisin. Paikalla rakentaminen käsittää monta eri osa-aluetta. Paikalla rakentamista ovat myös esimerkiksi pre-cut-järjestelmä ja platform-järjestelmä, joissa puutavaran esivalmistusaste on korkeampi.

Perinteisin ja jo enemmässä määrin pois jäävä paikallarakentamismenetelmä on rakentaminen sahatavarasta suoraan ilman jatkokäsittelyä. Sahaus voidaan tehdä suoraan työmaalla. Tämä on jäänyt pois omakotirakentamisesta rakennusmääräysten myötä. Rakennusmääräysten mukaan puutavaran tulee olla lujuusluokiteltua puutavaraa. Lujuusluokka tulee olla vähintään luokkaa C18.

Yleisin menetelmä on paikalla rakentamisessa puutavaran hankkiminen rautakaupasta tai suoraan sahatehtaalta tasamittaan katkottuna, höylättyinä ja lujuusluokiteltuna. Puutavara on parempi laatuista, koska sen täytyy täyttää sille asetetut lujuus- ja laatuominaisuudet. Puutavaran koot ovat yleensä höylätyssä tavarassa leveys 45 - 48 mm ja korkeus 100 - 200 mm. Puutavaran mitta

vaihtelee tilauskannan tarpeen mukaan kolmesta metristä kuuteen metriin. Rakentamisen kustannuksiin voi vaikuttaa tilaamalla oikean mittaista puutavaraa, ja näin hukkaprosentti jää pienemmäksi. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Ennen puurungon pystytystä on perustukset ja perustusten ulkopuoliset rakennustyöt ja vierustäytöt tehty. Rakennuksen rungon pystytys alkaa kiinnittämällä alaohjauspuu perustukseen. Alaohjauspuu eristetään perustuksesta bitumikaistalla ja solumuovikaistalla. Solumuovi on tarkoitettu tasaamaan alustan epätasaisuudet ja eristämään. Bitumikaistalla estetään kosteuden nousu rakenteisiin. Alasidepuuhun merkitään rungon tolppajako ja ovien ja ikkunoiden paikat. Seuraavaksi merkitään yläpalkkiin tai yläohjauspuuhun sama runkojako kuin alaohjauspuuhun. Palkki on yleensä kertosuuta sen hyvän kuormituksen kestävyuden ansiosta. Suurempien aukkojen kohdalla käytetään yleensä tuplapalkkia. Jos esimerkiksi palkki on kertopuu 45 mm x 200 mm, se on aukon kohdalla 2 x 45 mm x 200 mm. Pilareissa ja palkeissa käytetään liimapuuta. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Rungon pystytykseen on monia vaihtoehtoja, mutta runko kannattaa kasata maassa ja nostaa kokonaisuudessaan pystyyn joko käsivoimin tai konevoimaa apuna käyttäen. Kuvassa 1 on rungon kasausta ja pystytystä. Ennen rungon pystytystä laitetaan nurkkatolpat paikoilleen ja tuetaan pystyyn. Näin on helppo tukea valmis runkoelementti nurkkatolppien väliin ja linjata se suoraan esimerkiksi linjalangan avulla. Kun kaikki kantavat rungot ovat pystytetty, voidaan nostaa kattoristikot tai palkit paikoilleen. Ristikoiden asennuksen jälkeen asennetaan muut kevyet rungot pystyyn. Esimerkiksi päätyseinän runko voidaan suoraan tukea kattorakenteeseen eikä tarvita väliaikaista tuentaa.

Pitkä puutavara tai tasamittaan katkottu puutavara soveltuu hyvin omakoti- ja rivitalorakentamiseen. Rakentaminen ei rajoita arkkitehtuuria juuri ollenkaan verrattuna esituotanto perusteisiin menetelmiin. Menetelmä on erittäin monipuolinen, ja laadultaan se täyttää hyvin lämmöneristys- ja tiiveysvaatimukset.



KUVA 1. Pientalon rungon kasaus ja pystytys

2.2 Pre-cut-järjestelmä

Pre-cut-järjestelmässä esivalmistuksen osuus on vähäistä. Nimensä mukaan puutavara on ainoastaan esikatottua ja lovettua ennen rakennustyömaalle tuontia. Poikkeuksena ovat kattoristikot ja muut niihin verrattavat rakenneosat. Työmaalle tulevan esivalmistetun puutavaran määrään vaikuttaa toimittajan ohella rakennuksen poikkeavuus esimerkiksi standardimitoista. Määrämittaan katkottuna työmaalle tulevat etupäässä kantavan ja ei-kantavan rungon osat ja valmiiksi pohjamaalatut ulkoverhouslaudat, jotka ovat määrämittäisiä esimerkiksi pystyverhouksessa. Tasaustavaraan katkottua puutavaraa ovat yleensä väliseinien runkotolpat, aukkojen sisäpuoliset listat, räystäspohjalaudat, koo-laustavarat ja paneelit. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Pre-cut-järjestelmä on helppo menetelmä työmaalla, mikäli rakennepiirustukset, osaluettelot ja työselitykset ovat riittävän tarkat ja selkeät. Ammattirakentajille riittävät standardipiirustukset ja työselitykset. Työn joustavuutta ja nopeuttamista ajatellen on suunnittelumallisella paketoinnilla ja paketeiden sisältöluetteloilla suuri merkitys. Pakettien purkuun ja varastointiin työmaalla on syytä

kiinnittää erityistä huomiota työmaalla. Usein ahtailla tonteilla joudutaan paketteja pinoamaan päällekkäin. Näin ollen paketteja, joita käytetään ensin, varastoidaan päällimmäisiin nippuihin. Rungon pystytys tapahtuu samalla periaatteella kuin pitkästä tavarasta rakennettaessa. Hyvät työniksit ovat tarpeen runkoa pystyttäessä. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Pre-cut-järjestelmä on yhtä joustava kuin tasamittaan katkotusta puutavarasta rakentaminen. Menetelmä antaa arkkitehtuurille lähes rajattomat mahdollisuudet. Tosin joustavuus heikentää menetelmän kannattavuutta, koska suunnittelutyöt lisääntyvät. Pre-cut-menetelmä on taloudellisimmillaan, kun arkkitehtuurin ja rakennustekniikan tavoitteet yhdistetään. Silloin kantavat linjat johdetaan vesikattoon perustuksista vesikattoon ja standardimittaiset valmisteet sopivat runkoon ilman erikoisrakenteita. Pre-cut-järjestelmän taloudellisuus perustuu tarkkaan määrälaskentaan, laskettuun tavaramenekkiin ja tehokkaaseen asennustyöhön. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Pre-cut-järjestelmä on työmaapainotteinen, joten rakenteita suunniteltaessa ja materiaalivalintoja tehtäessä parhaan ratkaisun saattaa määrätä ennemminkin rakennustyötä helpottava tekijä kuin taloudellisempi materiaali. Pre-cut-järjestelmällä talo nousee huomattavasti nopeammin pystyyn kuin tavanomainen paikalla rakennettu talo. Nopeuden ja oikean rakennusjärjestyksen ansiosta rakennuksen kosteuden hallinta työmaalla on helpompaa. Kuvassa 2 on pre-cut-menetelmällä kasattu runko. Kuvasta voidaan huomata työmaan siisteys ja järjestelmällisyys.

Pre-cut-järjestelmä antaa arkkitehtuurille enemmän mahdollisuuksia, jos suunnittelun esteenä ei ole standardoidut osat. Suomalainen pre-cut-järjestelmä eroaa sen alkuperäismaasta Amerikasta siten, että Amerikan mallissa taloa lähdetään suunnittelemaan standardoiduilla osilla. Suomessa rakentamiskulttuuri on monipuolisempaa, ja täällä suunnitellaan ensin talo ja sen jälkeen siihen sopivat pre-cut-osat. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)



KUVA 2. Pre-cut-järjestelmällä valmistettu runko

2.3 Pienelementtijärjestelmä

Pienelementtijärjestelmässä rakennuksen ulkoseinät kootaan pienelementeistä. Myös väliseinät, ylä- ja alapohjat ja niiden osat voidaan pienelementoida. Pienelementtijärjestelmän lähtökohtana on, että elementit voidaan asentaa miesvoimin. Siksi pienelementin suurin leveys on 1 200 mm. Kevyemmät rakenteet, esimerkiksi väliseinät, voivat olla joskus jopa 2 400 mm leveitä. Elementtien leveydet ovat yleensä 3M-moduulissa (300, 600, 900 ja 1200 mm). Nykyään talojen monipuolisuuden kasvaessa on saatavilla 10M-moduulissa olevia elementtejä. Elementit ovat lähes aina seinän korkuisia. Kantavana rakenteena toimivat ulkoseinät ja tarvittaessa myös väliseinät ja pilari-palkkilinja. Pienelementtijärjestelmän rakenteet ovat yleensä hyvin samanlaisia kuin muutkin puurakenteet. Ulkoseinät poikkeavat ainoastaan suuren saumamääränsä vuoksi muista rakenteista. Ulkoverhousta ei voida tehdä vaakaverhouksena tehdasvalmisteisena, vaan se on tehtävä työmaalla. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Pienelementoidun ulkoseinän rakenne muodostuu kantavasta rungosta, sisä- ja

ulkopuolen verhouksesta, höyrynsulusta, tuulensuojasta ja täydentävistä rakennekomponenteista. Puurakenteisen pienelementin kantavana rakenteena käytetään joko massiivipuuta tai kevytpilaria. Puurunko voidaan tehdä joko läpi seinän ulottuvalla rungolla tai ristirunkoisena, jolloin pystyrunkoon kiinnitetään vaakarunko. Vaakarunko on yleensä 50 mm, jolloin kiinnitys voidaan tehdä naulaamalla. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Kevytpilarin muodostavat joko kevytuumalla tai metallisitein yhdistetyt puupaarteet nimeltään titaniitti tai Ratro-kevytpilari (kuva 3). Kevytuumapilarilla tehtäessä ei yleensä käytetä vaakarunkoa, koska pilarin leveyttä voidaan helposti säädellä kasvattamalla uumaa, ja näin saadaan riittävät eriste-paksuudet saavutettua. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Elementin sisäverhouslevynä käytetään lastu-, kipsi- tai kuitulevyä. Höyrynsul-kuna yleensä muovikalvoa ja lämmöneristeenä mineraalivillaa. Tuulensuojaus hoidetaan tähän tarkoitukseen valmistetulla kipsi- tai kuitulevyllä. Jotkut valmis-tajat käyttävät myös tuulensuojana tuulensuojapaperia, joka on huonompi kuin levy elementin jäykistyksen kannalta. Elementtiin tulee ulkopuolelle pysty-runkojen kohdalle tuuletuskoolausrimat. Rimat ovat yleensä 25 mm - 50 mm. Elementtiin voidaan myös asentaa pystyverhoukset valmiiksi tehtaalla. (Teol-linen puurakentaminen. 1995.)

Ulkoseinien pystysaumojen runsaus on pienelementtijärjestelmälle tyypillistä. Tämä aiheuttaa haasteita nykymääräysten vaatiessa taloilta erityistä tiiveyttä. Eri valmistalojen valmistajien ratkaisut eroavat toisistaan ainoastaan yksityis-kohdissa, joilla saadaan aikaan rakenteen tiiviys. Yleisimpiä saumaratkaisuja on ponttiliitos ja erilaisten ura- ja saumalistojen käyttö. Saumassa käytetään tiivis-teenä mineraalivillaa ja kumitiivisteprofiilia tai vaahtoeristettä. (Teollinen puu-rakentaminen. 1995.)

Pienelementtijärjestelmän etuna on, että pienelläkin elementtivalikoimalla pääs-tään suureen pohjaratkaisujen ja julkisivusuunnittelun vapauteen. Pienin elementtikoko on 3M (300 mm). Elementtikoot on vakioitu, ja rakennesuunnitte-lun toteuttaa yleensä elementtitoimittaja. Vakioiduilla rakenneratkaisuille

nopeutetaan kohteiden rakennesuunnittelua ja määrälaskentaa. Kun elementit ovat vakioituja, valmistavalle tehtaalle ei tarvitse tehdä elementtisuunnitelmaa, vain määrälaskelma elementtinimikkeineen. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)



KUVA 3. Titaniittipalkki

2.4 Suurelementtijärjestelmä

Suurelementillä tarkoitetaan eri valmiusasteista koko seinän suuruista tai tuotannon maksimisuuruista rakennetta. Suurelementtijärjestelmään perustuvassa rakentamisessa käytettävät rakenneosat ovat ulko-, väli- ja huoneistojen väliset seinät, ylä-, ala- ja välipohjat sekä näitä täydentävät osat kuten päätykolmiot, palokatkot ja muut täydentävät rakenteet. Suurelementtityö vaatii poikkeuksetta nosturia elementtien asennuksessa niiden suuren painon ja koon vuoksi. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Ulkoseinien pituus vaihtelee 0,3 metristä 14 metriin asti. Korkeus on 0,3 metristä 3,5 metriin. Suurempien elementtien esteenä on yleensä vain kuljetus tehtaalta asennuspaikalle. Elementin paino vaihtelee rakenteesta ja valmiusasteesta riippuen 20 kg/m²:sta aina 160 kg/m²:iin. Maksimipaino elementtiä kohden on noin 3,5 - 4,0 tonnia/kappale. Ulkoseinäelementit voivat olla joko kantavia tai niin sanottuja kevyitä rakenteita. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Elementtirakenteisen pientalon tai rivitalon suunnittelu ei poikkea juuri lainkaan paikallaan rakennetuista perinteisistä puutaloista. Pientalon kantava runko muodostuu taloudellisimmin ulkoseinistä sekä niihin liittyvistä pilareista ja palkeista. Kantavina rakenteina voivat toimia myös väliseinät. Yleensä kaksikerroksinen pientalo vaatii välipohjan kannattamiseen kantavia väliseiniä. (Teollinen puura-

kentaminen. 1995.)

Suurelementtijärjestelmän helppo muunneltavuus tarjoaa arkkitehtuurille ja rakentamiselle useita eri vaihtoehtoja. Toisin kuin pienelementtijärjestelmä suurelementtijärjestelmässä on runkorakenteen muunneltavuus helpompaa. Suurelementit ovat yleensä 3M-moduuliverkossa, mutta sallii helposti myös 1M-verkon hyödyntämisen. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Suurelementtijärjestelmä eroaa eniten pienelementtijärjestelmästä valmiusasteeltaan. Ulkoseinäelementit ovat ulkoapäin yleensä valmiiksi asti viimeistelyjä. Sisäpuolelta ovat yleensä levytuspinnalla. Valmiusasteessa on paljon valmistajakohtaisia eroja johtuen erilaisista työmaatekniikoista ja kiinnitysmekanismista. Valmiuaste lisää haastetta tuotantoon, kun jokainen elementti on erilainen ja erilaisella valmiusasteella. Varastoon valmistaminen ei näin ollen ole mahdollista. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Suurelementti valmistetaan pääsääntöisesti elementtilinjoilla tai elementtiasemillä. Valmistus jakaantuu eri vaiheisiin, jotka ovat osien valmistus, esikasaus, rungon kasaus, viimeistely, pakkaus ja lähetys. Elementti kasataan valmiuosista, jotka tuodaan elementin eri kasauspaikoille. Näitä ovat puusepäntuotteet, runkotavara, eristemateriaalit, verhousmateriaalit ja sisäverhousmateriaalit. Esikasauksessa tehdään lähinnä vain puusepäntuotteista esimerkiksi ikkunoiden kiinnitys runkomateriaaleihin ennen rungon kasausta. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Runko kasataan rakennepiirustusten mukaisesti. Esikasatut osat liitetään runkoon, ja rungosta muodostuu seinän kokoinen runkoelementti. Tämän jälkeen runkoon laitetaan eristeet, höyrynsulkumuovi ja sisäverhouslevyt. Elementti käännetään toisinpäin tuulensuojalevyn asentamista varten. Ennen tuulensuojalevytystä on syytä tarkistaa eristeen hyvä asentuvuus. Levytyksen jälkeen elementti siirretään panelointiasemalle, jossa elementtiin asennetaan tuuletuskoolaus ja pohjamaalattu ulkoverhous. Sitten elementti siirtyy viimeistelyasemalle, jossa elementin ulkonäkö tarkistetaan ja kiinnitetään mahdolliset ikkunanpielet ja vesipellit. Elementit kasataan sopiviin nippuihin ja

kiinnitetään paketeiksi. Elementit siirretään kuljetusnipuissa odottamaan kuljetusta, joka olisi ihannetapauksessa mahdollisimman pian kasauksen jälkeen. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Elementit asennetaan yleensä talo- tai elementtitoimittajan toimesta. Suurelementtijärjestelmän mukainen toimitus edellyttää, että perustukset on tehty suunnitelmien mukaisesti ja mittapoikkeavuus on vaakamitoituksen osalta alle viisi millimetriä. Kuvassa 4 asennetaan suurelementtejä. Kuvan elementit ovat valmiusasteeltaan lähes täysin valmiita. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Perustusten ulkopuoliset täytöt on tehty ja tasattu riittävän tasaiseksi asennuksen onnistumisen kannalta. Työmaalle on varattava tila nosturille ja elementeille sekä varmistettava nosturin ylettyvyys asennuspisteeseen. Elementtiasentajilla on tarvittavat asennusvälineet ja kalusto asennusta varten. Elementtien asennusaika vaihtelee kohteen koon ja elementtien määrän mukaan. Yleensä voidaan olettaa, että normaalissa suomalaisessa tyyppitalossa elementtiasennus kestää noin yhden päivän. Asennuksen jälkeiseen viimeistelyyn käytetään aikaa noin yksi työviikko. Asennetun elementtikohteen valmiusaste koko rakennusprojektista vaihtelee 20 prosentin ja 50 prosentin välillä. Asennustyö on tärkeimpiä työvaiheita suurelementtijärjestelmässä. Tästä syystä kannattaa asennustyö antaa ammattilaisille. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)



KUVA 4. Suurelementtien asennusta

2.5 Tilaelementit

Tilaelementillä tarkoitetaan seinät, katon ja lattian sisältämää rakennuksen osaa. Tilaelementissä on usein valmiina teknisiä asennuksia ja viimeistelyä. Tilaelementtiä käytetään esimerkiksi kylpyhuoneiden tai hissikoneistohuoneiden sekä koulujen, päiväkotien ja asuntojen rakentamisessa. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Tilaelementtirakentamisessa on perusajatuksena, kuten kaikissa muissakin tehdastyöhön keskittyvissä rakentamisissa yleensä, työskentelyolosuhteiden parantaminen taivasallarakentamiseen verrattuna, materiaalitoimintojen keskittäminen, vakioinnin avulla toistuvuuden aikaansaaminen ja sitä kautta paremman tuoton kehittyminen. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Suomessa tilaelementit valmistetaan tilausten mukaan. Välivarastointia ei suoriteta kuin kuljetuksen aiheuttamissa jonotuksissa. Suomessa valmistussarjat ovat pieniä. Asuntotuotannossa samanlaisia elementtimoduuleita on vain muutamia. Kylpyhuoneelementeissä valmistussarjoja voi olla paljonkin esimerkiksi kerrostaloryhmiä tehtäessä. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

Tilaelementtirakentamisessa pyritään asuntotuotannossa siihen, että työmaalle jää mahdollisimman vähän työtä. Esimerkiksi kylpyhuoneelementit on mahdollista sinetöidä tehtaalla ja avata vasta käyttöönoton yhteydessä työmaalla. Rakentamisaika on esimerkiksi omakotitalolla 5 - 7 työpäivää asennuksen alkamisesta muuttamiseen. Pientaloissa elementit ovat koko talon levyisiä ja noin 3 metriä pitkiä moduuleita. Asennus suoritetaan nostamalla moduulit suoraan kuljettavasta kuorma-autosta perustuksien päälle. Asennuksen jälkeen hoidetaan saumojen tiivistystyöt ja liittymien kytkemiset. Asunto on kasauksen jälkeen muuttovalmis. (Teollinen puurakentaminen. 1995.)

3 RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUSLASKENTA

Kustannuslaskelma on keskeinen suunnittelun ohjauksen, tarjouslaskennan ja tuotannon tavoitelaskelmien lähtötieto. Kustannuslaskelma on kustannuslaskennan tuloste. Kustannuslaskentamenetelmiä ovat suoritelaskenta, rakennusosalaskenta, tuoteosalaskenta ja tilalaskenta.

Suoritelaskentaa käytetään kustannuslaskentamenetelmänä rakennussuunnitteluvaiheen lopulla ja rakentamisvaiheessa. Suoritelaskennassa määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan suoriteittain.

Rakennusosalaskentaa käytetään rakennussuunnitteluvaiheessa kustannuspuitteen tarkistamismenetelmänä, vertailulaskelmien laadinnassa ja tarjouksen perustaksi tehtävän kustannuslaskelman laatimisessa. Rakennusosalaskennassa määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan rakennusosittain.

Tuoteosalaskenta eroaa rakennusosalaskennasta siten, että tuoteosalaskennassa lasketaan kokonaisuuksia, esimerkiksi ”rakennusrunko”, ja yksikkönä on kappalelukumäärä. Tuoteosalaskennassa määränimikkeet eritellään ja hinnoitellaan tuoteosittain.

Tilalaskenta on hankeohjelmavaiheen kustannuspuitteen ja laajuuspuitteen asettamismenetelmä. Puite määritetään rakennettavaksi aiottujen tilojen ja olosuhdetekijöiden perusteella. Määrätietona on pääosin tilojen hyötyala.

Kustannuslaskelma voidaan koota käyttäen vain yhtä kustannuslaskentamenetelmää, esimerkiksi suoritelaskentaa, tai yhdistämällä eri kustannuslaskentamenetelmillä hinnoiteltuja nimikkeitä samaan kustannuslaskelmaan. (Enko-vaara – Haveri – Jeskanen 1995.) Taulukosta 1 näkee esimerkin erilaisista laskentamenetelmistä.

TAULUKKO 1. Esimerkit erilaisista laskentamenetelmistä

Koodi	Nimike	Määrä	Yksikkö	euroa	
21 22	Anturan betonointi	100	m ³	xxxx	(Suoritelaskenta)
45 01	Levyväli-seinä	100	m ²	xxxx	(Rakennusosaelaskenta)
3 01	Rakennusrunko	1	kpl	xxxx	(Tuoteosaelaskenta)
	Pesuhuone	1	m ²	xxxx	(Tilalaskenta)

Kustannuslaskentamenetelmä valitaan laskelman tarkoituksen, käytössä olevien suunnitelmien, laskentaan varatun ajan ja yrityksessä sovitun toimintatavan perusteella. Kustannuslaskelma koostuu määrälaskennasta ja ”päivän hinnan” tiedustelusta. Kustannuslaskenta aloitetaan perehtymällä asiakirjoihin ja suunnitelmiin. Seuraavaksi valitaan sopiva laskentamenetelmä kohteen laskentaan. Sen jälkeen voidaan tehdä itse laskenta. Laskenta kootaan yhteen aloittamalla määrälaskenta ja hintatiedustelut. Suunnitelmien ristiriidat selvitetään yllätysten välttämiseksi. Lopuksi suoritetaan kustannuslaskelman tarkistus. (Enkovaara – Haveri – Jeskanen 1995.)

Kustannuslaskelmat tarkistetaan vertaamalla laskentaa aikaisemmin rakennettujen kohteiden jälkilaskentaan. Jälkilaskenta koostuu toteutuneista kustannuksista. Kustannuksia verrataan suorite- ja rakennusosalaskentamenetelmillä verrannollisuuden takia. Laskelman tarkistuksessa tarkistetaan määräluettelo, yksikköhintakerroin ja työmaan keskituntiansio. Lopputulosta verrataan jo toteutuneisiin kustannuksiin yksikköhintana.

4 RAKENNUSMENETELMIEN KUSTANNUSVERTAILU

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää kahden eri tuotantomallin kustannustehokkuus. Kustannusvertailu tehdään kahden eri rakennusmenetelmän kesken ja kahdelle erikokoiselle omakotitalolle. Talot on rakennettu kappaletavaramenetelmällä paikan päällä. Tarkoitus on selvittää, kumpi menetelmistä – paikan päällä tehty pre-cut-menetelmä vai suurelementtimenetelmä – on kustannustehokkaampi tapa toteuttaa talo.

4.1 Rakennettavat kohteet

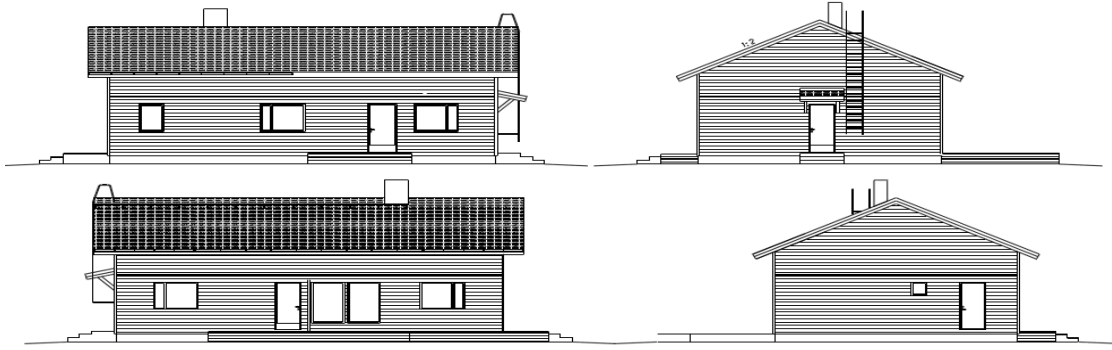
Opinnäytetyöni kohteeksi valittiin kaksi erilaista omakotitaloa. Tarjolla oli useita eri kokoisia vaihtoehtoja. Kohteista toinen on yksikerroksinen omakotitalo ja toinen kaksikerroksinen omakotitalo. Näillä kohteilla saadaan kattava vertailulaskelma nykyiselle tuotantomateriaalille tehtyä. Kohteet ovat molemmat kohtalaisen yksinkertaisia. Talot valittiin tarkoituksella yksinkertaisimmasta päästä, jotta saadaan rajattua laskennan lopputuloksen kannalta riippumattomat asiat laskennan ulkopuolelle. Laskenta suoritettiin rakennusosalaskentamenetelmällä.

Toinen rakennettavista kohteista Omakotitalo Huitula (kuva 5) rakennettiin Haukiputaalle. Talo on malliltaan suorakaiteen muotoinen, harjakattoinen ja huoneistoalaltaan 102 neliometriä. Talo rakennettiin perinteisesti paikan päällä tasamittaan katkotusta puutavarasta. Kohde laskettiin vertailulaskelmissa pre-cut-tuotanto-menetelmällä. Omakotitalo valmistui syksyllä 2011. Omakotitalon rakentamis-kustannuksia ja työaika verrattiin sekä laskettuun pre-cut-menetelmään että suurelementtimenetelmään.

Kaksikerroksinen talo Omakotitalo Sikala (kuva 6) rakennettiin Liminkaan. Talo on kaksikerroksinen suorakulmion muotoinen lukuun ottamatta etupihan ja päädyn terasseja. Talossa on neliöitä alakerrassa 123 huoneistoalaneliometriä ja ylä-kerrassa 68,5 huoneistoalaneliometriä. Talo rakennettiin pre-cut-järjestelmällä. Talon rungon pystytys tehtiin tyypillisellä ratkaisulla kaksikerrostaloissa: Ensiksi tehdään katto perustusten päälle valmiiksi asti.

Katosta jää ainoastaan harja-pellit asentamatta. Seinät tehdään koko seinän kokoiseksi elementiksi maassa valmiusasteeltaan mahdollisimman valmiiksi. Talo pystytetään nostamalla katto sivuun, asentamalla seinäelementit paikoilleen ja lopuksi nostetaan katto seinien päälle.

Vertailtavissa kohteissa suurelementtimenetyksessä elementit tulevat ulkopuoliselta elementtitehtaalta. Elementtien valmiusasteeseen kuuluu, että perusverhoukset on ulkoapäin asennettuna, ei pieliä eikä nurkkalautoja. Sisäpuolelta elementti on eristettynä, höyrynsulkumuovi asennettuna ja sisäkoolaukset asennettuna. Kuitenkin elementin koolaukset jätetään elementin päädyistä asentamatta ensimmäiseen runkotalppaan asti, jotta elementti saadaan kiinnitettyä toiseen ja höyrynsulkumuovi limitettyä ja teipattua tiiviisti toisiinsa. Tämä poikkeaa monesta käytössä olevien elementtivalmistajien ja talotehtaiden menetelmistä. Elementtitekniikalla rakennettaessa olisi kustannustehokasta tehdä elementit mahdollisimman valmiiksi jo tehtaalla. Tehtaassa tehtäessä tehokkuus on huomattavasti parempi kuin työmaalla tehtäessä. Tämä heikentää suurelementin kustannustehokkuutta. Elementtien maksimipituus on 12 metriä ja maksimikorkeus 2.8 metriä.



KUVA 5. Omakotitalo Huitula



KUVA 6. Omakotitalo Sikala

	Ulkoseinä
	Kipsilevy 13 mm
	Vaakarunko 48x48 k600 + Mineraalivilla 48 mm
	Muovikalvo 0.2 mm
	Puurunko 48x198 k600 + Mineraalivilla 200 mm
	Tuulensuojakipsilevy 9 mm
	Tuuletettu ilmarako, pystykoolaus 22x50 k600 22 mm
	Tuuletettu ilmarako, pystykoolaus 22x50 k600 22 mm
	Ulkoverhous 28 mm
	Kokonaispaksuus : 340 mm
Lämmönläpäisykerroin (U): 0.162 W/(m²K)	

KUVA 7. Molemmissa taloissa on sama seinärakenne sekä elementtiteknikalla että pre-cut-menetelmällä rakennettaessa

4.2 Kustannuslaskelmat

Rakennettavien kohteiden kustannustehokkuus selvitettiin kustannuslaskelmien avulla. Kustannuslaskelmat ovat tehty tuoterakenneosalaskentamenetelmällä. Kustannuslaskenta aloitettiin valitsemalla rakennetuista kohteista kaksi erilaista ja erikokoista omakotitaloa. Kohteiksi valittiin yksi- ja kaksikerroksiset omakotitalot. Rakennustekniikasta riippumatta yksi- ja kaksikerroksinen talo on rakennusteknisesti erilaisia rakentaa, ja tästä johtuen kustannuserot eri rakennusmenetelmillä voivat olla suuriakin. Määrälaskenta suoritettiin arkkitehti- ja rakennekuvien mukaan. Määrälaskentaa verrattiin myös jo rakennettujen kohteiden toteutuneeseen materiaalimenekkiin. Poikkeamat olivat pienet, koska laskelmissa käytettiin samaa laskentamenetelmää ja hukkaprosentteja kuin rakennetun kohteen määrälaskennassa aikaisemmin. Laskelmissa kuitenkin käytettiin teoriassa laskettuja määriä ja kustannuksia tasavertaisuuden vuoksi.

Laskenta on jaettu seitsemään pääryhmään, ja lisäksi on mukaan otettu materiaalikustannuksina kiinnikkeet. Pääryhmät koostuvat suurimmista rakennusmiestöistä. Ryhmät ovat selkeitä ja suuria työvaiheita työmaalla. Työjärjestys kuitenkin muuttuu esimerkiksi ulkoseinien sisälevytyksen osalta siten, että levyt asennetaan vasta väliseinälevytyksen yhteydessä. Levytys on yhdistetty ulkoseinä osioon, koska laskennan perusteena olevien rakennusalan työehtosopimuksen urakkahinnoitteluliitteen mukaan ulkoseinälevytys on eritelty väliseinälevytyksestä. Ryhmittely ei vastaa nimikkeistöjen ryhmittelyä, vaan ryhmittely on tehty pientalon rakennusmiestöiden loogisen järjestyksen mukaan. Mukana on esimerkiksi maanvarainen lattia, vaikka se kuuluisi perustustöihin. Maanvarainen lattia on laskettu mukaan, koska Sikla-talot Oy:n menetelmissä maanvaraisen lattian esivalmistelutyöt kuuluvat rakennusmiesryhmälle. Ainoastaan betonointi on aliurakoitettu. Laskennassa ei ole otettu huomioon betonointia, koska se ei vaikuta laskennan lopputulokseen eikä aikataulutukseen.

Hintatiedot olivat ”päivän hintoja”. Monet hankinnoista kuitenkin tulevat joko vuosi- tai osavuosisopimuksilla. Samoin elementtien hinta tiedusteltiin mahdollisen tulevan vuosisopimuksen mukaisesti. Hinnat ovat kaikki todellisia ostohin-

toja. Elementit hinnoitellaan neliö hinnalla. Määrämittaan katkottu ja lovettu runkotavara ja tasamittaan katkottu runkotavara hinnoitellaan kuutio hinnalla. Muut puutavarat kuten koolaus-, tuenta- ja verhouksmateriaalit hinnoitellaan juoksumetreinä.

Työntekijöiden kustannuksissa on käytetty keskituntiansiona 16 euroa/tunti. Keskituntiansiokerrointa ei käytetty, koska kaikki laskennassa tehdyt työt tehdään samalla työmiesryhmällä. Muut työt ovat aliurakoitettuja, ja laskennassa ne on kokonaishintoja, joihin sisältyy työmiespalkat. Sosiaalikuluprosenttina on käytetty 75 prosenttia.

Laskelmien työaikamenekit on otettu rakennusalan työehtosopimuksen urakkahinnoittelusta. Työaikamenekeissä on mukana TL3-lisäaikakerroin, jolla on otettu huomioon työssä aiheutuvat yli tunnin pituiset keskeytykset ja häiriöt.

Kustannuslaskelmassa on laskettu molemmat talot perustusvaiheesta eteenpäin sisustusvaiheeseen asti. Timpurityöt on talonrakennuksen keskeisin ja suurin työosa-alue. Laskentaa verrataan vuositasolla, jotta saadaan selville todellinen kustannustehokkuus. Kustannuslaskelman pohjana on määrälaskenta, TES:sin urakkahinnoitteluliite, yrityksen hankintasopimukset ja hinnat ja keskimääräinen keskituntiansio. Laskelmat on eroteltu osiin, jotta voidaan tarkastella pelkästään esimerkiksi ulkoseinän neliöhintaa.

Kustannuslaskennassa on käytetty suoraan T4-työaikamenekejä, jossa on mukana kaikki työtä hidastavat tekijät. T4-työaikamenekeissä on myös mukana harjaantumiskerroin. Laskennassa ei ole mukana keskituntiaikerrointa, koska kaikki työt on tehty samalla työmiesryhmällä. Työryhmän koko on kaksi rakennusammattimiestä. Kaikki työt tehdään omilla rakennustyömiehillä. Näin ollen pitää mukaan laskea myös sosiaalikulutkin. Sosiaalikuluprosenttina käytetään 75 prosenttia.

Tehollisia työpäiviä kertyy vuodessa 202 päivää. Työpäivät on laskettu vähentämällä työpäivistä 25 lomapäivää, 16 pakkaspäivää, 12 arkipyhäpäivää ja mahdollisia sairaspäiviä 5 päivää. Pakkaspäivilukumäärä on arvioitu ja yleisesti rakennusalalla laskennoissa käytetty lukumäärä.

Kokonaisuudessa rakennusmiestyöt ovat talon valmistumisesta ajallisesti noin kolmanneksen ja kustannuksiltaan reilun kolmanneksen. Sikla-talot Oy:n toimintamallissa rakennusmiestyöt on suurin osa-alue, ja näin ollen myös merkittävä kustannustehokkuuden parantamisen osa-alue.

Aikasidonnaisista kustannuksista laskelmissa ei ilmene muita kuin aliurakoitettu nostotyö. Nostotyö on otettu vertailuun mukaan, koska se on merkittävä kustannustekijä verrattaessa suurelementti- ja pre-cut-järjestelmällä tehtyjä taloja. Työnjohto on otettu huomioon kustannuslaskelmien vertailua tehtäessä. Kustannusvertailussa ilmenee työnjohtajan vaikutus lisääntyvän kohdemäärän mukaan. Vertailussa on oletettu yhden työnjohtajan riittävän noin 30 kohteelle. Yhden työnjohtajan lisääminen ja sen kustannusvaikutus näkyy liitteen 7 kaaviossa 4.

5 TULOKSET

5.1 Yksikerroksinen talo pre-cut-menetelmällä

Laskelmassa on laskettu talon valmistaminen pre-cut-menetelmällä. Kohteen laskennassa on laskettu kaikki timpurityövaiheet. Laskenta on jaettu osaluokkiin vesikaton teko sokkelin päällä, ulkoseinien teko, maanvarainen lattia, ovet ja ikkunat, yläpohja, väliseinien teko, terassien teko ja materiaalikustannuksina kiinnikkeet. Laskennassa on otettu huomioon jätekustannuksien vaikutus. Jätekustannukset tulevat kipsilevyistä, mineraalivilloista, ulkoverhouksista ja muusta puutavarasta kuten tuentamateriaalista. Jätekustannukset on otettu huomioon, koska se on merkittävä tekijä paikalla rakentaessa. Materiaalien laskennassa on otettu huomioon hukkaprosentti suoraan neliöhintaa laskiessa.

Kohteen kokonaiskustannukseksi timpurityövaiheen osalta saadaan 41 057 euroa (alv 0 %). Kokonaistyöajaksi 389 työmiestuntia. Työ tehdään kahden miehen ryhmässä. Tällöin kokonaisajaksi saadaan 194,5 tuntia. Kestoksi saadaan 24 työpäivää, noin viisi viikkoa. Vuodessa kohteita valmistuisi yhdellä työryhmällä noin 8,3 kohdetta. Kohteen tarkka kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 1.

5.2 Yksikerroksinen talo suurelementtimenetelmällä

Laskennassa on laskettu talon valmistus suurelementtimenetelmällä. Laskennassa on laskettu kaikki työvaiheet timpurityön osalta. Laskenta on jaettu osaluokkiin vesikaton teko sokkelin päällä, ulkoseinien teko, maanvarainen lattia, ovet ja ikkunat, yläpohja, väliseinien teko, terassien teko ja materiaalikustannuksina kiinnikkeet. Laskennassa on otettu huomioon jätekustannuksien vaikutus. Materiaalien laskennassa on otettu huomioon hukkaprosentti suoraan neliöhintaa laskiessa.

Kohteen kokonaiskustannukseksi saadaan timpurityövaiheenosalta 41 656 euroa (alv 0 %). Kokonaistyöajaksi saadaan 291 työmiestuntia. Kohteen kestoksi saadaan kahdella työmiehellä 18 työpäivää eli noin 4 viikkoa. Vuodessa koh-

teita valmistuisi noin 11 taloa. Kohteen kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 2.

5.3 Kaksikerroksinen talo pre-cut-menetelmällä

Kaksikerroksisessa talossa käytetään rakennusmenetelmänä yrityksessä hyväksi havaittua ja paljon käytettyä menetelmää. Ensin tehdään katto valmiiksi sokkelin päälle ja seinät elementteinä maahan. Seinät ovat ulkoapäin verhottuja ja sisältä runkopinnalla. Eristeitä ei asenneta kosteusvaurioiden välttämiseksi. Laskennassa on otettu huomioon kohteen jätekustannukset ja materiaalien hukat. Hukkaprosentti on laskettu mukaan jo rakennusosan neliöhintaa laskettaessa.

Kohteen kokonaiskustannukseksi saadaan 78 298 euroa (alv 0 %). Kokonaistyöajaksi 858 työmiestuntia. Kohteen kestoksi saadaan kahden työmiehen ryhmällä 45 työpäivää, noin 9 viikkoa. Keskimäärin vuodessa saataisiin 4,6 kohdetta tehtyä. Kohteen kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 3.

5.4 Kaksikerroksinen talo suurelementtimenetelmällä

Kaksikerroksinen talo suurelementtimenetelmällä on rakennustekniikaltaan erilainen kuin paikalla rakentaen. Talossa tehdään vesikatto ensin sokkelin päälle. Elementtien saapuessa työmaalle katto nostetaan sivuun ja alakerran elementit asennetaan paikoilleen. Tämän jälkeen tehdään välipohjan runko. Välipohjan rungon päälle täytyy tehdä tukialusta, jotta yläkerran elementit saadaan asennettua turvallisesti. Yläkerran elementtien asennuksen jälkeen nostetaan valmiiksi tehty vesikatto elementtien päälle. Tällä menetelmällä tehtynä nostotyön kustannukset ovat merkittävät nosturiauton suuren työmäärän vuoksi. Elementit tulevat työmaalle ulkoapäin perusverhottuna ja sisältäpäin eristeet, höyrynsulkumuovi ja koolaukset asennettuna. Laskennassa on huomioitu rakennusosaneliöhintaa laskiessa hukkaprosentti.

Kohteen kokonaiskustannukseksi saadaan 111 277 euroa. Kokonaistyöajaksi 645 työntekijätuntia. Rakennuskohteen kokonaiskesto kahden miehen ryhmällä

on 32 työpäivää, 6,4 viikkoa. Vuodessa kohteita valmistuisi noin 6,5 kohdetta. Kohteen kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 5.

6 TULOSTEN VERTAILU

Kohteiden laskelmat tehtiin kaikki samoilla laskentaperusteilla, yksikköhinnoilla ja menekkikertoimilla vertailtavuuden takia. Vertailussa täytyy ottaa huomioon käytetyt menetelmät ja tuloksiin vaikuttavat tekijät. Toisenlaisilla rakennusmenetelmillä tehtäessä voi tulokset muuttua merkittävästi ja näin ollen eivät ole verrattavissa keskenään. Vertailulaskelmien päätavoite on kuitenkin selvittää tuottoisampi työmenetelmä näistä kahdesta vaihtoehdosta.

Kohteiden verrattavuus pelkästään seinäneliöhinnoinnoin on harhaanjohtavaa, ellei kohteita verrata pidemmällä aikajaksolla. Tässä aikajaksoksi on otettu yksi vuosi. Kohteiden neliöhinta saattaa olla halvempi toisella menetelmällä, mutta toisella menetelmällä tehdään vuodessa enemmän kohteita. Vuoden kokonaistuotto peittoaa kalliimman menetelmän lisäkustannukset ja on näin ollen yritykselle tuottoisampi vaihtoehto.

Tuloksista voidaan huomata, että yksikerroksinen talo, kun talon muoto ja malli on yksinkertainen, on tuottoisampi valmistaa suurelementtimenetelmällä, vaikka valmistusmäärä olisi vähäinen. Kaksikerroksinen talo on kannattavampaa tehdä paikalla rakentaen, koska elementtien koon rajoituksessa elementtejä tulee paljon ja pystytyskustannukset nousevat korkeaksi. Toinen vaikuttava tekijä on välipohjan runko. Rungon tullessa elementtien väliin täytyy välipohja tehdä elementtien asennuksen yhteydessä ja nosturiauto joutuu käymään useasti työmaalla tai odottamaan välipohjan tekemisen ajan työmaalla. Laskelmissa on oletettu nosturiauton odottavan työmaalla. Kustannuslaskelmien vertailu on esitetty liitteessä 7.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni aiheena oli pientalon tuotantomenetelmien kustannusvertailu. Työssä verrattiin kahden pientalon rakentamista kahdella eri rakentamismenetelmällä. Menetelminä käytettiin pre-cut-menetelmää ja suurelementtimenetelmää. Vertailu tehtiin kustannuslaskelmien avulla. Laskelmien pohjana oli kohteiden määrälaskelmat ja rakennusalan työehtosopimuksen urakkahinnoitteluliite.

Työni tavoitteena oli saada laskelmien avulla selvitettyä kustannustehokkaampi työtapana näistä kahdesta eri rakentamismenetelmästä. Laskelmien lisäksi tavoitteena oli selvittää ulkopuolisten tekijöiden, kuten laadun ja välillisten kustannusten vaikutus rakennustapaan. Tavoitteena oli laadun säilyttäminen ennallaan rakennusmenetelmästä riippumatta.

Tuloksia tarkasteltaessa voidaan huomata erot vuositasolla ja yksittäistapauksittain. Tarkasteltaessa laskentaa yksittäin on tulosten perusteella kannattavampaa tehdä talot paikalla rakentaen. Kun tarkastellaan laskentaa vuositasolla, on kannattavampaa tehdä yksikerroksiset talot suurelementtitekniikalla ja kaksikerroksiset talot edelleen paikallarakentaen. Kaksikerroksisen talon valmistamisessa ei saada suuremman määrän tuomalla tuotolla katettua suurelementtijärjestelmän kalliimpia kustannuksia.

Laskennassa ei ole otettu huomioon muita välillisiä kustannuksia kuin työnjohdosta aiheutuvat lisäkustannukset. Välillisiä kustannuksia tulee esimerkiksi suunnittelusta, työnjohdosta ja hankinnasta. Nämä tekijät lisäävät kustannuksia edelleen suurelementtitekniikalla rakennettaessa ja heikentävät sen kannattavuutta. Kaksikerroksisessa talossa lopputulos ei muutu, koska se on jo entisestään kustannuksiltaan kalliimpi tapa toteuttaa talo. Yksikerroksisessa talossa suurelementtitekniikalla rakennettaessa kustannuserot vähenevät näiden kahden rakennustavan välillä.

Vertailussa täytyy ottaa huomioon myös elementtitekniikan tuomat edut. Suurin etu on nopeampi tapa rakentaa. Pientalojen rakentamisessa sesonkiaikainen rakentaminen tuo lisäetua elementtirakentamiselle, kun saadaan nopeammin ja sitä kautta enemmän taloja tehtyä samaan aikaan verrattuna paikalla rakentamiseen. Tämä on etu vain silloin, jos rakentaminen keskittyy sesonkiaikaan. Mutta jos rakentamista riittää tasaisesti ympäri vuoden, ei merkittävää etua saada elementtirakentamisesta. Tämä perustuu näillä laskelmilla siihen, että elementtitekniikalla tehtäessä työtä siirretään aliurakoitsijalle, joka tekee elementit omassa tuotantopaikassaan. Aliurakoitsija on myös yritys, joka tekee tulosta työssään, ja näin ollen aliurakoitsija tuo tuotantoketjuun yhden ”välikäden” lisää. Jos talon tekijällä on oma elementtitehdas ja kaikki työ on omavaraista, voi tulos olla huomattavasti kannattavampaa elementtirakentamisella.

Pre-cut-järjestelmällä paikalla rakentamisen merkittävin etu on kannattavuutta huomioimatta rakennuksen hyvä rakennusjärjestys. Esimerkiksi jos kaksikerroksisessa talossa ei voida tehdä kattoa etukäteen valmiiksi sokkelin päälle, vaan se täytyy monimutkaisuuden vuoksi tehdä paikalla rakentaen, on elementtien kosteuden hallinta vaikeaa ja riskinä on elementtien kastuminen. Paikalla rakentaen seinät tehdään runkopinnalle, jonka jälkeen tehdään vesikatto päälle. Vasta rakennuksen ollessa sateen suojassa aletaan seiniä rakentaa.

Yksikerroksinen talo on kannattavampaa rakentaa suurelementtimenetelmällä. Kustannukset ovat kalliimmat suurelementtimenetelmällä, mutta nopeamman menetelmän ansiosta se on kannattavampaa, koska vuodessa kohteita kertyy noin kolme taloa enemmän yhtä rakennustyömiessyhmää kohden. Tuottoa kertyy suurelementtimenetelmällä 10 434 euroa enemmän vuodessa, jos vuositahti on 60 kohdetta.

Kaksikerroksinen talo on kannattavampaa tehdä paikallarakentaen pre-cut-menetelmällä. Ero muodostuu kalliimpien pystytyskustannuksien ja useamman elementin asennuskustannuksista. Kohteita tehdään yhdellä työmiessyhmällä noin kaksi taloa vuodessa enemmän suurelementtimenetelmällä. Kahden kohteen tuotto ei riitä kattamaan korkeampia kustannuksia verrattuna pre-cut-menetelmällä valmistettuihin taloihin. Tuottoa kertyy pre-cut-menetelmällä

rakentaessa 289 135 euroa enemmän kuin suurelementtimenetelmällä 60 talon vuositahdilla.

Elementtitekniikan tuottoa heikentää myös sen valmiusaste. Elementin valmiusaste jää ulkoa valmiiksi ja sisältä koolauspinnalle. Koolaukset on jätetty kulumista pois, jotta höyrynsulkumuovin limitys saadaan tiiviisti tehtyä. Myös reunimmaisista runkoväleistä joudutaan käyttämään eristeet pois, jotta elementit saadaan hyvin kiinnitettyä toisiinsa. Nämä tekijät hidastavat elementtitekniikalla tehtäessä ulkoseinän valmistusta. Kuitenkin on välttämätöntä laadun ja talon tiiveyden ylläpitämiseksi toteuttaa tätä menetelmää. Parempaa energiatehokkuutta haluttaessa ei ole rajoitteita kummallakaan menetelmällä. Ainoastaan elementtitehtaan työlisäykset voivat aiheuttaa kustannuslisää elementtien hintaan, mutta yleensä ne näkyvät samassa suhteessa myös paikallarakentamisessakin.

Tarkastelun välillisten kustannusten painoarvoa muuttamalla voidaan saada erilaisia tuloksia. Esimerkiksi laadun heikentyessä voi seurauksena olla myynnin heikentyminen, mikä on suoraan verrannollinen tuottoon. Tuloksia tarkastellessa eri näkökulmista ja tietyn verran taloja tehtäessä vuodessa, voidaan tuotantotapa valita oman näkemyksen perusteella.

LÄHTEET

Enkovaara, Esko - Haveri, Heikki - Jeskanen, Pekka 1995. Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto Oy.

Mäki, Tarja - Olenius, Auli – Koskenvesa, Anssi 1995. Aikataulukirja. Rakennustieto Oy.

Puutalon runkotyöt. Rakentajan tietokirjat 2006.

Rakennusalan työehtosopimus 2011-2012. Rakennusliitto ry.

Teollinen puurakentaminen = Alakärppä – Forsström – Havonen – Heikkilä – Huusko – Kalliola – Katajainen – Kivinen – Kurkela – Laitinen – Leinos – Lindberg – Mirvo – Mäyränpää - Ollikainen – Raveala – Saarni – Salokangas – Siikanen – Siren - Stenroos - Turunen 1995. Teollinen puurakentaminen. Rakennustieto Oy.

LIITTEET

Liite 1 Talo Huitula Pohjakuva ja julkisivut

Liite 2 Talo Sikala Pohjakuvat 1 ja, 2 kerros sekä julkisivut

Liite 3 Kustannuslaskelma 1-kerroksinen pre-cut (ei julkinen)

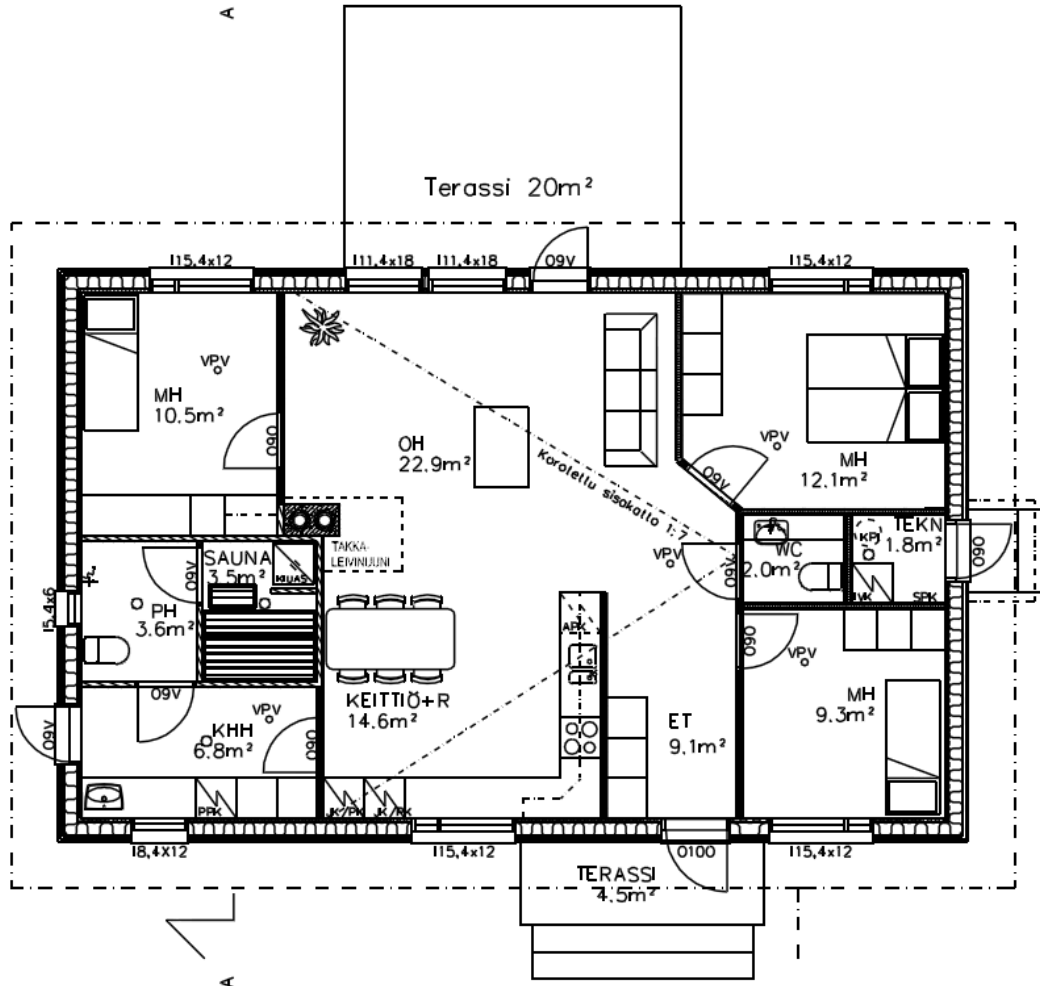
Liite 4 Kustannuslaskelma 1-kerroksinen suurelementti (ei julkinen)

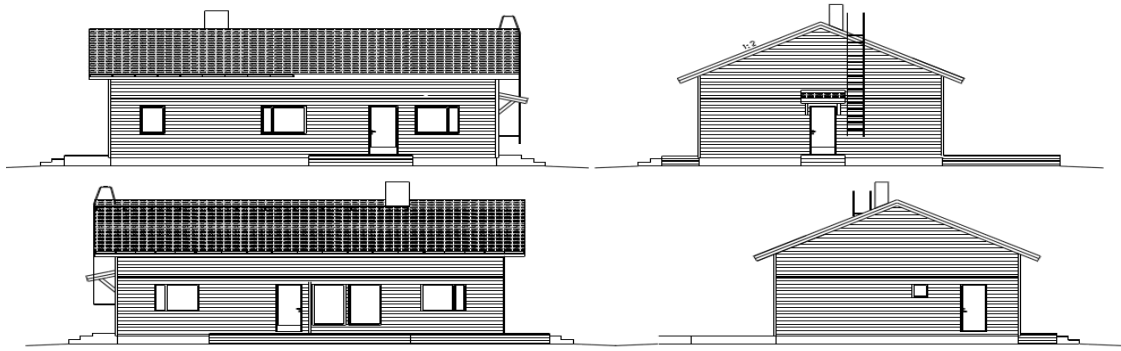
Liite 5 Kustannuslaskelma 2-kerroksinen pre-cut (ei julkinen)

Liite 6 Kustannuslaskelma 2-kerroksinen suurelementti (ei julkinen)

Liite 7 Kustannuslaskelmien vertailu (ei julkinen)

Talo Huitula Pohjakuva ja julkisivut





LIITE 2

Talo Sikala Pohjakuvat 1 ja, 2 kerros sekä julkisivut

