

RUNKOVAIHEEN KUSTANNUSVERTAILU

Paikalla rakennettu vs suurelementti, puurakenteinen

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Puutekniikan koulutusohjelma
Puurakennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2008
Jaana Moilanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

MOILANEN, JAANA: Runkovaiheen kustannusvertailu
Paikalla rakennettu vs. suurelementti, puurakenteinen

Puurakennetekniikan opinnäytetyö, 66 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2008

Ohjaaja YIT Rakennus OY, Projektipäällikkö RI. Kari Lahti
Valvoja Opettaja Ilkka Markkanen

TIIVISTELMÄ

Insinööriyön tarkoituksena oli vertailla kahden eri rakennuskohteen runkovaiheen kustannuksia. As Oy Hollolan Hilla on paikalla rakennettu metritavarasta ja As Oy Hollolan Kirsikka on suurelementtirakenteinen. Kustannuksissa on huomioitu vertailukelpoisesti työt, materiaalit, aliurakat sekä jäte-, energia-, lämmitys- että vesi-kustannukset.

Insinööriyön teoriaosassa esitellään lyhyesti rakennuskustannukset ja puu rakennusmateriaalina. Työssä käsitellään myös puurunkoisten talojen suunnittelu-perusteet ja puurunkoisten talojen tuotantomenetelmät. Tuotantomenetelmiä käsittelevissä kappaleissa on esitelty paikalla rakentamismenetelmät ja elementtirakentamismenetelmät.

Tulokset on käsitelty vertailemalla toteutuneita kustannuksia tavoitelaskelman kustannuksiin. Vertailussa käytetyistä kohteista As Oy Hollolan Hillan tavoitehintaa asuntoneliometriä kohti oli 124,52 € ja toteuma 124,98 € As Oy Hollolan Kirsikan tavoitehintaa oli 154,01 € ja toteuma oli 168,54 €. Näissä tuloksissa ei ole huomioitu rakennuskustannusindeksiä.

Tuloksista voidaan todeta, että As Oy Hollolan Hillan runko täydentävien rakenteiden tavoitteen osalta oli 26,63 % halvempi ja toteutuneiden kustannusten osalta 38,63 % halvemmaksi asuntoneliometriä kohti. Tulosten perusteella As Oy Hollolan Hillan toteuma ylitti vain 0,36 % tavoitteen ja As Oy Hollolan Kirsikan toteuma ylitti 9,44 % tavoitteen asuntoneliometriä kohti. As Oy Hollolan Hillan tavoite oli 20,91 % halvempi ja toteuma 29,74 % halvempi kuin As Oy Hollolan Kirsikan. Rakennuskustannusindeksit on huomioitu kohteiden keskinäisessä vertailussa.

Avainsanat: puurakentaminen, paikalla rakentaminen, elementtirakentaminen, puurunko, kustannukset

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

MOILANEN, JAANA: Cost comparison of the frame building phase
Timber frame constructed on site vs. using large
prefabricated panels

Bachelor's thesis in wood technology, 66 pages, 7 appendices

Spring 2008

Instructor Kari Lahti, Project Manager, YIT Rakennus OY
Supervisor Ilkka Markkanen, Senior Lecturer

ABSTRACT

The subject of this Bachelor's thesis was to compare the construction costs of the frame building phase of two different building projects. Housing Corporation As Oy Hollolan Hilla was built on site using piece goods and Housing Corporation As Oy Hollolan Kirsikka was made from large prefabricated panels. The costs that have been studied are construction work, materials, subcontracting, waste, energy, heating and water costs.

The theory part of the study is a short presentation of construction costs in general and wood as a construction material. The study also deals with the design and production methods of timber frame houses. The chapters that have information of production methods concentrate on prefabricated houses and houses that are built on site from piece goods.

The results are handled by comparing the actual costs against the costs of pre calculated estimates. The target price per square meter of As Oy Hollolan Hilla was 124.52 € and actual costs 124.98 €. The target price per square meter of As Oy Hollolan Kirsikka was 154.01 € and actual costs 168.54 €. The construction cost index is not considered in these results.

Estimated costs of As Oy Hollolan Hilla were 26.63 € cheaper per square meter and actual costs of As Oy Hollolan Hilla were 38.63 € cheaper per square meter than the same costs for As Oy Hollolan Kirsikka. The actual costs of As Oy Hollolan Hilla exceeded the estimated costs by 0.36% while the actual costs of As Oy Hollolan Kirsikka exceeded the estimated costs by 9.44%. The estimated costs of As Oy Hollolan Hilla were 20.91 % cheaper and actual costs were 29.74 % cheaper than the same costs of As Oy Hollolan Kirsikka. The construction cost index is considered when comparing these two construction projects.

Keywords: wood construction, on site construction, prefabrication, timber frame, costs

SISÄLLYS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | RAKENNUSKUSTANNUKSET | 3 |
| | 2.1 Kustannuslaskenta ja -hallinta | 3 |
| | 2.2 Puurakenteiden kustannukset | 5 |
| | 2.3 Rakennuskustannusten vertailu | 6 |
| 3 | PUU RAKENNUSMATERIAALINA | 7 |
| | 3.1 Puun palo-ominaisuudet | 8 |
| | 3.2 Puun lujuusominaisuudet | 10 |
| 4 | SUUNNITTELUN PERUSTEET YLEENSÄ | 11 |
| 5 | PUURUNKOISTEN TALOJEN TUOTANTOMENETELMÄT | 12 |
| | 5.1 Paikalla rakennettu puurunko | 14 |
| | 5.2 Pre-cut-järjestelmä | 15 |
| | 5.3 Platform -runkojärjestelmä | 17 |
| | 5.4 Pienementtijärjestelmä | 19 |
| | 5.5 Suurementtijärjestelmä | 24 |
| | 5.6 Tilaelementtijärjestelmä | 28 |
| | 5.7 Pilari-palkki-järjestelmä | 31 |
| 6 | RAKENNUSSELOSTUS | 33 |
| | 6.1 As Oy Hollolan Hillan rakennusselostus | 34 |
| | 6.1.1 Runkorakenteet | 35 |
| | 6.1.2 Runkoa täydentävät rakenteet | 37 |
| | 6.2 As Oy Hollolan Kirsikan rakennusselostus | 38 |
| | 6.2.1 Runkorakenteet | 39 |
| | 6.2.2 Runkoa täydentävät rakenteet | 41 |
| 7 | TUTKIMUSKOHTEIDEN RAKENNUSKUSTANNUKSET | 42 |
| | 7.1 As Oy Hollolan Hilla | 42 |
| | 7.2 As Oy Hollolan Kirsikka | 47 |
| 8 | KUSTANNUSTEN JA TULOSTEN VERTAILU | 52 |

| | | |
|---|------------|----|
| 9 | YHTEENVETO | 58 |
| | LÄHTEET | 64 |
| | LIITTEET | 66 |

1 JOHDANTO

YIT on Pohjois-Euroopan johtava kiinteistö- ja rakennusalan sekä teollisuuden palveluyritys, jonka toiminta on keskittynyt lähinnä Itämeren alueelle. Toimintaa on etupäässä Pohjoismaissa, Baltian-maissa ja Venäjällä. YIT on perustettu 1912, jolloin Yleinen Insinööritoimisto aloitti toimintansa Suomen suuriruhtinaskunnassa. YIT:n palveluksessa on yli 23 000 henkilöä. Liikevaihto vuonna 2007 oli 3,7 miljardia Euroa. YIT on noteerattu Helsingin pörssissä ja se tarjoaa teknisiä kiinteistö-, rakennus- ja teollisuudenpalveluita yksityis-, yritys- ja julkisyhteisöasiakkaille. Toiminta kattaa kaikilla sektoreilla hankkeiden koko elinkaaren.

Työn on tilannut YIT Rakennus Oy Talonrakennus Kaakkois-Suomen alueyksikkö, eli TKA. TKA:n alueyksikköön kuuluvat päätoimipiste Lahdessa, sekä toimipisteet Kotkassa, Lappeenrannassa ja Mikkelissä. Alueyksikön liikevaihto vuonna 2007 oli noin 80 miljoonaa Euroa. Henkilöstövahvuus joulukuussa 2007: työntekijöitä 169 henkeä, muuttuvia toimihenkilöitä (työmaat ja toimistot) 62 henkeä, kiinteitä toimihenkilöitä 23 henkeä, yhteensä 254 henkeä. Yksikön palveluihin kuuluvat asuntorakentaminen, talotekniset huollot, korjaukset, remontit ja uudistukset sekä palvelut taloyhtiöille.

Tämän työn tarkoituksena on vertailla kahden YIT Rakennus Oy TKA Lahden toimipisteen rakentaman kohteen kustannuksia. Kustannusvertailu tehdään runkovaiheen osalta. Vertailussa eritellään työ-, materiaali- ja aliurakkakustannukset, sekä jäte-, energia-, lämpö- ja vesikustannukset. As Oy Hollolan Hilla on rakennettu välillä toukokuu 2005 - helmikuu 2006. Työnkesto oli 9 kuukautta. As Oy Hollolan Kirsikka on rakennettu välillä huhtikuu 2006 - joulukuu 2006. Työnkesto oli 8 kuukautta. Työssä käytetään vain vertailukelpoisia lukuja ja rakennuskohteiden tavoitevaiheiden sekä työnkeston eroissa otetaan myös rakennuskustannusindeksit huomioon, jotta tulokset ovat totuudenmukaisia.

Insinööritöön kirjallinen osuus alkaa yleisellä teoriaosuudella, jonka aiheena ovat rakennuskustannukset. Teoriassa käsitellään myös puu rakennusmateriaalina, puu-

runkoisen talon suunnittelun perusteet ja puurunkoisten talojen tuotantomenetelmät. Menetelmät jaetaan paikalla rakennettuihin ja elementtiratkaisuihin.

2 RAKENNUSKUSTANNUKSET

Rakentamisen kustannukset muodostuvat resurssien menekeistä ja hinnoista, eli työstä, materiaalien ja kaluston käytöstä. Lopullisiksi kustannukset muodostuvat vasta työn, palvelun, materiaalin ja urakoiden hankintojen ja rakentamisen valmistamisen jälkeen. Kustannuseroihin vaikuttavat suhdannetilanne, yleinen hintatason kehitys, kilpailutilanne sekä erilaiset hankintaratkaisut, toimitussopimukset ja -kokonaisuudet. (Nissinen & Koskenvesa 2004, 27.)

Materiaalin ja työmenetelmän lisäksi rakentamisen kokonaiskustannuksiin vaikuttavat ulkoseinien pinta-ala, kulmien ja liitosten lukumäärä, ikkuna- ja oviaukkojen koko ja määrä sekä rakennuksen kattokaltevuus. Kustannuksiin vaikuttaa myös rakennusmenetelmä, eli rakennetaanko pitkästä tavarasta, määrämittaan sahatusta puutavarasta vai puuelementeistä. Kulmien, erkkereiden, sisäänvetojen ja muiden yksityiskohtien sekä aukkojen ylityksien runsas määrä lisäävät sekä työmäärää, että käytettävän puutavaran määrää. Rakenteiden paksuuden kasvaessa tarvittavan eristysmateriaalin ja puumateriaalin kustannukset kasvavat. Lisäksi kustannuksiin vaikuttavat myös sääolosuhteet, sillä rakentamisajankohta voi aiheuttaa ylimääräistä suojaus- ja lämmitystarvetta. (Nissinen & Koskenvesa 2004, 106.)

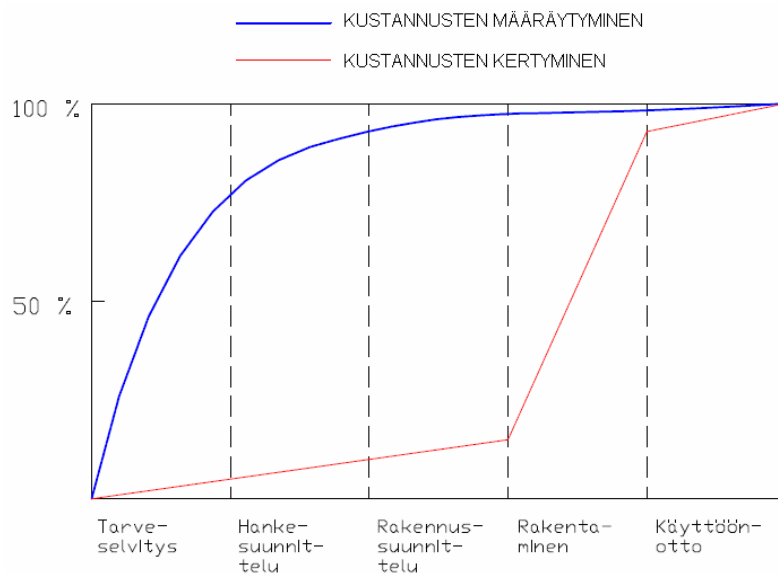
2.1 Kustannuslaskenta ja -hallinta

Kustannuslaskennalla selvitetään ennako- ja jälkilaskelmiin suoritekohtaisia kustannuksia. Kustannushallintaan kuuluu tavoitteen asettelu, tuloksen testaus ja päätökset jatkotoimista suunnittelun eri vaiheissa. Kustannusten tarkastelu vaatii eri menetelmät ja tarkkuustasot suunnittelun ja rakentamisen eri vaiheissa. Rakennusliikkeiden laskentaperiaatteiden mukaisesti rakennushankkeiden kustannukset laaditaan ilman arvonlisäveroa, kuten tässäkin insinööriyössä. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2000, 1.)

Kustannushallinta edellyttää rakennushankkeiden vaiheistusta ja eri vaiheisiin liittyvää kustannustestausta. Näiden tietojen pohjalta tehtävät päätökset ovat rakennus-

hankkeen suunnittelua ja rakentamisen toteutusta ohjaavia. Rakennushankkeen kustannustestaus tehdään eri vaiheisiin sopivalla kustannuslaskentamenetelmällä. Näiden menetelmien tarkoituksena on selvittää ja varmistaa ennakolta rakennushankkeen tai sen osan taloudelliset toteuttamismahdollisuudet. (Enkovaara ym. 2000, 7.)

Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen hankkeen eri vaiheissa on merkityksellistä tiedostaa investointikustannusten ohjauksen kannalta. Rakennuskustannuksiin voidaan voimakkaimmin vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, koska rakennushankkeen keskeisimmät laajuuteen ja laatuun liittyvät päätökset tehdään suunnittelun yhteydessä. Kustannushallinta ja -ohjaus rakentamisvaiheessa kohdistuvat annetun kustannuspuutteen mukaisesti hankkeen läpiviennin varmistamiseen. Rakennuskustannuksiin voidaan vaikuttaa rakentamisvaiheessa menetelmävalinnoin ja toteutuksen ohjauksella. Kuviosta 1 voidaan nähdä, miten rakennushankkeen kustannukset määräytyvät ja kertyvät hankkeen eri vaiheissa. (Enkovaara ym. 2000, 10—11.)



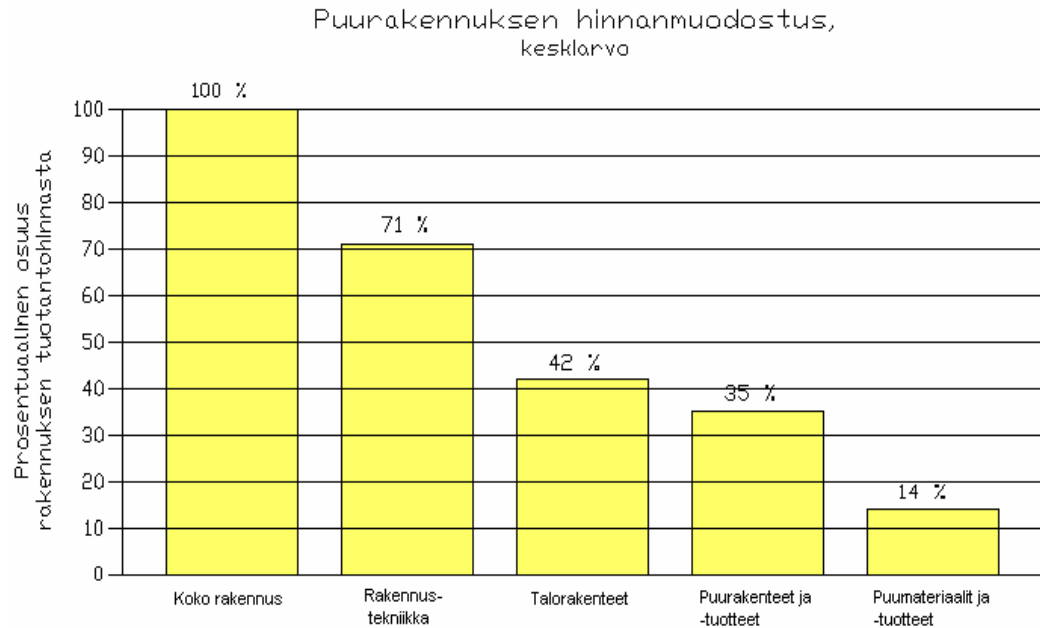
KUVIO 1. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Enkovaara ym. 2000, 10).

Rakennushankkeen rakentamisvaiheen kustannushallintaan kuuluu neljä eri tekijää. Näihin kuuluu tavoitelaskelmien laadinta, asetettujen tavoitteiden tarkkailu, muutostöiden kustannusten hallinta ja jälkilaskenta. Tavoitelaskelmien laadinta määrittelee tuotantosuunnitelmien ja menetelmävalintojen perusteella toteutuksen tavoitteet vastuualueittain, työvaiheittain ja hanketehtävittäin. Asetettujen tavoitteiden tarkkailu tavoitteiden mukaisiksi tapahtuu toteutuksenaikaisen kustannustarkkailun, raportoinnin ja resurssien ohjauksen avulla. Jälkilaskennan tehtävänä on määrittellä sekä työvaiheiden että hankkeen lopullisten kustannusten suuruus. Jälkilaskenta voidaan tehdä työvaiheen tai hankkeen valmistumisen jälkeen. (Enkovaara ym. 2000, 13.)

2.2 Puurakenteiden kustannukset

Puurakentamisen ja rakenteiden kilpailukyky ei johdu puusta materiaalina, vaan sen ympärille luodusta jalostusketjun tavasta toimia. Puurakentamisen kilpailukyky löytyy rakentamistalouden kysymyksistä, ei puurakennejärjestelmäkehityksestä. Puumateriaalin hinnoista, käytetystä puumateriaalimäärästä tai toteuttajien palkoista eivät yksistään muodostu kustannukset. Rakennusajan lyhentämistä, kustannussäästöjä ja korkealaatuista tuotantoa sekä lopputuotteita saadaan aikaan tuotantotekniikkaa kehittämällä, lisäämällä tehdas- ja muuta esivalmistusta, rakentamalla tuoteosia ja helpottamalla asennettavuutta yksinkertaistetuilla suunnitteluratkaisuilla. Hyvällä prosessinhallinnalla voidaan parhaiten vaikuttaa rakennustekniikan kustannuksiin. Hanketasolla rakennustekniikka muodostaa noin puolet hankkeen työmaan kokonaiskustannuksista. Talotekniikka, kiinteistön kehittämiskulut ja hankepalvelut muodostavat kustannusten toisen puolen. (Olenius 2005, 4.)

Kustannustiedon pohjaksi tarvitaan tietoja puurakentamisen työmenetelmistä ja niitä vastaavista työ- ja materiaalinenekeistä. Täsmälleen oikeita menekki- tai työsaavutustietoja ei voi olla, siksi onkin tärkeää löytää realistinen taso töiden mitoitukseen aikataulu- ja kustannussuunnittelun onnistumiseksi. Kuviosta 2 voidaan nähdä, miten eri osuuksista kertyy taulukon esimerkkitalon kokonaishinta.



KUVIO 2. Kustannusarvion yhteenvetolaskelma (Olenius 2005, 20).

Rakennustekniikan osuus on noin 71 % koko rakennuksen hinnasta, joka pitää sisällään alue-, talo- ja tilarakenteet. Talorakenteiden osuus on 42 %, joka pitää sisällään perustus-, runko-, vaippa- ja täydentävät rakenteet. Puuta sisältävien talorakenteiden osuus on 35 % koko rakennuksen hinnasta. Puutuotteiden ja -materiaalien osuus on 14 %. (Olenius 2005, 9, 20 - 21.)

Mahdollisimman paljon puuta sisältävien rakennusosien käyttö ei tehtyjen kustannusarvioiden mukaan nosta puutuotteiden ja -materiaalien osuutta puutalojen kustannuksista yli 16 % rakentamisen kokonaiskustannuksista. Yksi mahdollisuus lisätä puun käyttöä sekä käytettävyyttä, että soveltuvuutta tuottajamuotoisessa ja omatoimisessa rakentamisessa on puumateriaalin jatkojalostaminen elementeiksi, julkisivujärjestelmiksi ja muiksi puutuotteiksi. (Olenius 2005, 24.)

2.3 Rakennuskustannusten vertailu

Vertailulaskelmien laadinnalla pyritään löytämään suunnittelu- tai tuotantoratkaisu, jolla kustannuksia pyritään alentamaan tai kilpailukykyä parantamaan. Laskelman

ollessa valinnan perusteena valintapäätös on perusteltu eikä tuntumaan perustuva. Vertailulaskelmien liittyessä suunnitteluun etsitään edullista, vaatimukset täyttävää suunnitteluratkaisua joka käsittää rakennuksen muodon, rungon, rakennusosat ja tarvikkeet. Vertailulaskelmien liittyessä tuotantoon pyritään löytämään hankkeen toteutuksen kannalta edullinen työmenetelmävaihtoehto, työjärjestysvaihtoehto, alihankintavaihtoehto ja kalustovaihtoehto. (Enkovaara ym. 2000, 108.)

Vertailulaskelmien tarkoituksena on esittää vaihtoehtoisten ratkaisujen kustannukset ja mahdolliset tuotot, joiden avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä niiden keskinäisestä kannattavuudesta ja taloudellisuudesta sekä pienentää niiden tekijöiden lukumäärää, joiden huomioon ottaminen jää harkinnanvaraiseksi sekä ohjata päätöksentekijän huomio tekijöihin, jotka vaativat harkintaa. Vertailulaskelmat ovat osa päätöksentekoprosessia, joka voidaan jakaa ongelman määrittelyyn, toimintavaihtoehtojen etsimiseen ja kehittämiseen, vaihtoehtolaskelmien suorittamiseen, harkinnanvaraisten tekijöiden huomioimiseen ja lopullisen järjestyksen määrittämiseen sekä päätöksen tekoon. (Enkovaara ym. 2000, 109.)

Eri vaihtoehtoja vertailemalla eri tekijöiden mukaisesti voidaan jo etukäteen karsia vaihtoehtoja. Lopullisissa laskelmissa vertaillaan vain kyseessä olevan rakennushankkeen olosuhteisiin soveltuvia vaihtoehtoja. Laskelmat laaditaan siten, että vertailukelpoisuus säilytetään yleisiä periaatteita noudattaen. Tärkeiden asioiden yksityiskohtaiseen selvittämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Suuruusluokkariviona voidaan laskelmissa huomioida kustannuksiltaan vähäiset asiat. (Enkovaara ym. 2000, 111.)

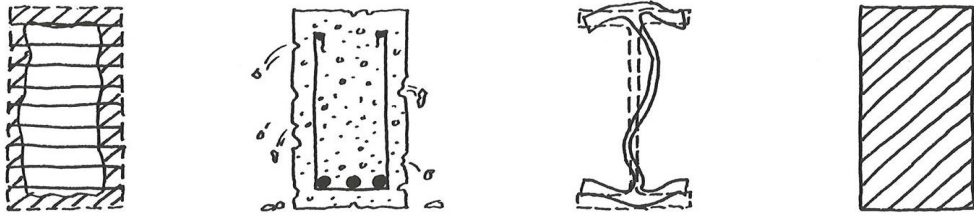
3 PUU RAKENNUSMATERIAALINA

Rakennusmateriaalina puu on monikäyttöinen. Puu soveltuu sekä runkorakenteisiin, että pintamateriaaliksi. Puun kantokyky riippuu olennaisesti siitä, miten rakenne kantaa syiden suunnassa tai kohtisuoraan syitä vastaan. Puun ominaisuudet vaihtelevat riippuen puulajista, kasvupaikasta ja mistä osasta runkoa puuaine on otettu. Tämä johtuu puun anisotrooppisuudesta. Puu on myös epähomo-

geeninen materiaali, siinä on oksia ja vioittumia. Kosteusriippuvuus on yksi puun ominaispiirteistä ja siitä johtuva halkeilu. (Alakärppä, Forsström, Havonen, Heikkilä, Huusko, Kakko, Kalliola, Katajainen, Kivinen, Kurkela, Laitinen, Leinos, Lindberg, Mirvo, Mäyränpää, Ollikainen, Raveala, Saarni, Salokangas, Siikanen, Siren, Stenroos & Turunen 1995, 7; Paloheimo 2002, 52-53.)

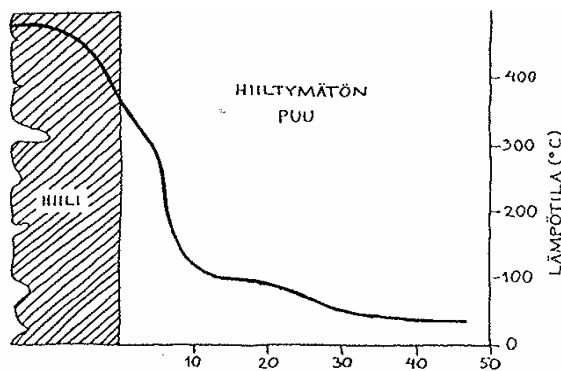
3.1 Puun palo-ominaisuudet

Runkorakenteissa puu on paloturvallisuuden kannalta hyvä ratkaisu. Puu voi olla paloturvallisempi asiantuntevasti suunniteltuna, kuin niin sanotut palamattomat materiaalit. Puu on yksi niistä harvoista materiaaleista, joita voi käyttää kantavissa rakenteissa ilman maalausta tai paloverhousta. Tulipalon aikana puurakenteen käyttäytyminen on ennustettavissa. Odotettavissa ei ole äkillisiä nurjahtamisia, romahdamisia tai sortumisia. Tämä mahdollistaa palomiesten liikkumisen niin sisällä, kuin rakennuksen katolla. Syy siihen, että puu pitää kantavuuskykynsä tulipalotilanteessa pidempään kuin teräs ja betoni, johtuu puun sisältämästä vesimäärästä, joka on noin 15 %. Tulipalotilanteessa tämä vesimäärä haihtuu ensin ennen varsinaisen puuaineen palamisen alkamista. Lisäksi puun pinta hiiltyy, joka suojaa myös puun ydintä. Kuvioista 3 nähdään eri materiaalien käyttäytyminen palotilanteessa. Puu ei menetä kantokykyään, betoni lohkeilee, teräs menettää kantokykynsä lämpörasituksessa ja tiili pysyy muuttumattomana. (Laaksonen 1995, 10-11; Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988, 32.)



KUVIO 3. Puun, betonin, teräksen ja tiilen käyttäytyminen palotilanteessa (Laaksonen 1995, 11).

Hiiltymisnopeus rakennuspuutavaralla on 0,8 mm/min ja liimapuutavaralla 0,6 mm/min. Hiiltyneen puun hiiltymätön osuus säilyttää lähes samat lujuusominaisuudet, kuin sama rakenne normaalitilanteessa. Puun hiiltynyt pinta muodostaa puun pinnalle paloeristeen, hiiltyneen osan lämmönjohtavuus on kuudesosan sahatavaran lämmönjohtavuudesta. Hiiltymätön osuus toimii myös vastaavana eristeenä. Kuviossa 4 on esitetty hiiltyvän puun lämpötilajakauma. Lämpötila on hiiltyneellä alueella useita satoja asteita, mutta kohti ydintä siirryttäessä lämpötila laskee nopeasti. Palotilanteessa puun kantavuuden heikkeneminen ei johdu fysikaalisista muutoksista vaan rakenteen poikkileikkauksen pienenemisestä. Palon jälkeen rakenteet on korjattava tai vaihdettava, koska rakenne ei kestä enää toista tulipalorasitusta. (Laaksonen 1995, 10; Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988, 32.)



KUVIO 4. Lämpötilajakauma hiiltyvässä puussa (Laaksonen 1995, 11).

Pientalot ovat yleensä paloa hidastavia, tällöin palo-osastointi tehdään huoneistoit-
tain. Palo-osaston koko voi olla 600 m² yksikerroksisissa ja 400 m² kaksi-
kerroksisissa rakennuksissa. Paloa hidastavan asuinrakennuksen suurin sallittu ker-
rosala yhteenlaskettuna saa olla enintään 2 400 m² yksikerroksisissa ja 1 600 m²
kaksikerroksisissa rakennuksissa. Palonkestävässä rakennuksessa kantavien ja
osastoivien rakenteiden palonkestoaika vaihtelee 30 ... 240 minuutin välillä palo-
kuorman ja kerrosluvun mukaan. (Laaksonen 1995, 15, 18.)

3.2 Puun lujuusominaisuudet

Puuta voidaan käyttää kaikissa eri rakennusvaiheissa. Puun ominaisuudet soveltu-
vat myös totutusta poiketen pientalorakentamisen lisäksi myös kerrostalo-
rakenteisiin. Puuta käytetään myös mm. suurien hallien, kirkkojen, tornien ynnä
muiden kantavana rakennusmateriaalina. Esimerkiksi liimapuussa puun hyvät omi-
naisuudet säilyvät koko valmistusprosessin ajan ja liimapuurakenteet ovat kilpailu-
kykyisiä kaikkien muiden rakennusaineiden kanssa. (Monitoimihallit: Liimapuun
käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988, 18 - 19.)

Puu on kevyt ja luja rakennusmateriaali. Varsinkin suurten jänneväliden kantavissa
rakenteissa puun keveys ja lujuus tulevat esille. Materiaalina puu on edullinen ja
helposti työstettävissä. Puurakenteiden korjaaminen ja muunneltavuus on helppoa.
Puu on ekologinen, uusiutuva luonnonvara, jonka jatkojalostukseen tarvittava
energiamenekki on vähäinen. Lisäksi puu sitoo koko elinkaarensa ajan ympäristön
hiilidioksidipäästöjä. Sääolosuhteiden vaihteluita puu kestää hyvin. Puu ei lämpöti-
lan vaihteluiden myötä juurikaan elä, ja kosteuseläminen on suhteellisen vähäistä.
(Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa 1988,
18.)

4 SUUNNITTELUN PERUSTEET YLEENSÄ

Puutaloteollisuutta kehitettäessä tulee pohtia, mitkä asiat ovat tehneet puutalosta haluttavan ja viehättävän, mitkä ominaisuuden luovat puutalon imagon. Puutalon ja -rakennuksen haluttavuuteen vaikuttavat teknisiä ominaisuuksia enemmän fyysiset, esteettiset, psykologiset, ekologiset ja sosiaaliset asiat. Puu on materiaalina ekologinen, joka viestittää nykyaikaisuudesta ja tulevaisuuden huomioon ottamisesta. Puun viehäytys materiaalina syntyy osittain aitouden korostamisesta. Puun voi aistia miellyttävänä kaikilla aisteilla. (Paloheimo 2002, 97.)

Nykyään puun esteettisiä ominaisuuksia arvostetaan rakentamisessa yhä enemmän. Yhtenä merkittävimpänä julkisten rakennusten suunnitteluperusteena pidetään viihtyisyyttä, valoisuutta, ilman kosteutta ja akustiikkaa. Puun ominaisuudet mahdollistavat kaikki nämä tavoitteet. (Paloheimo 2002, 18.)

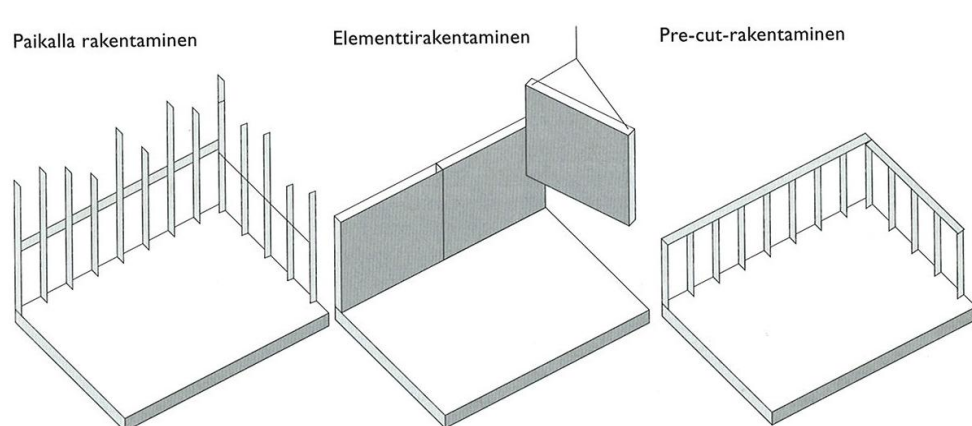
Puurakentamisessa yksi modernin arkkitehtuurin tyypillisin visuaalinen keino on näyttää tai korostaa kantavia puurakenteita. Rakenteellisen arkkitehtuurin sijasta Suomessa puurakentaminen on muotoutunut paljon pintojen arkkitehtuuriksi. Pintojen arkkitehtuurilla tarkoitetaan kantavien rakenteiden peittämistä, häivyttämistä ja piilottamista esimerkiksi rakennuslevyn tai laudoituksen alle. Rakenteellisten ratkaisujen ollessa suuria Suomessa yleensä tyydytään käyttämään vakiotuotteita ja tiettyjä jo tiedossa olevia perusratkaisuja. Puurakentamisen painopiste Suomessa ja muissa pohjoismaissa on pääsääntöisesti pientaloissa ja pienissä hallirakennuksissa. Suomessa on jääty jälkeen puurakenteiden kehittämisessä verrattuna keskieuropalaisiin arkkitehteihin ja insinööreihin, jotka käyttävät todella näkyvästi ja näyttävästi puuta rakennuskohteesta riippumatta. (Paloheimo 2002, 34.)

Puu on todella monipuolinen rakennusmateriaali kantavien rakenteiden toteutuksessa. Puusta voidaan tehdä näyttäviä ja suuria rakenteita. Näiden käyttö asettaa suuret vaatimukset suunnittelijoille. Toimivinta suunnittelu on, kun arkkitehti ja rakennesuunnittelija muodostavat työparin. Rakenteellisessa puuarkkitehtuurissa keskeinen tekijä on liitostekniikka. Korostettaessa kantavia rakenteita ja niiden jättämistä näkyviin on myös liitosten esteettisyys muodostunut tärkeäksi. Suunnit-

telua helpottava tekijä on myös puun alhainen lämmönjohtavuus. Toisin sanoen puurakenteet voivat ulottua kattorakenteiden ja ulkoseinien läpi kylmältä puolelta lämpimälle ilman kylmäsilta-vaikutusta. (Paloheimo 2002, 35.)

5 PUURUNKOISTEN TALOJEN TUOTANTOMENETELMÄT

Paikalla rakentaminen voi olla perinteistä pitkästä puutavarasta rakentamista, pre-cut tai platform -rakentamista, joissa kaikki osat ovat määrämittaan katkottuja työmaalle tuotaessa. Pre-cut ja platform -menetelmien pystytys- ja kasausmenetelmät eroavat toisistaan, ja niistä kerrotaan tarkemmin kappaleissa 5.2 ja 5.3. Onnistunut paikalla rakentaminen edellyttää yhteensopivia ja toistensa käyttöä tukevia suunnitteluratkaisuja, niiden esitystapaa, käytettäviä tuotteita ja työmenetelmiä. Kuviossa 5. on esitetty pientalon erilaisia tuotantotapoja. (Viljakainen 2004, 8.)



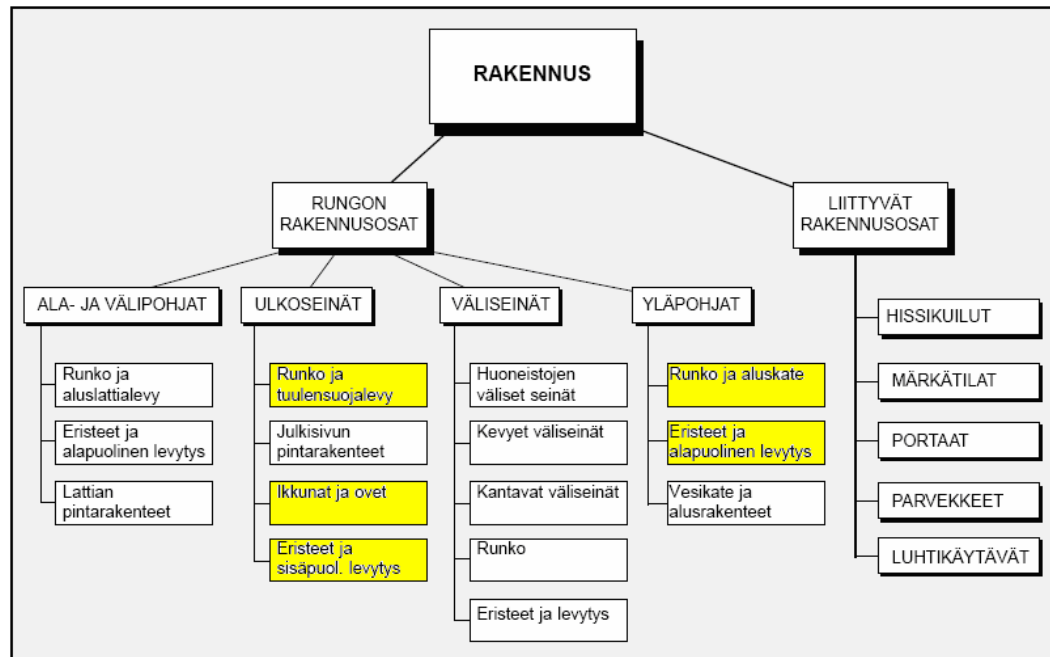
KUVIO 5. Pientalon erilaisia tuotantotapoja (Koskenneva & Pussinen 1999, 17).

Osa koko rakennusprosessin teollistumisesta on elementtirakentaminen. Rakennustyön korvaava kokoonpano vaatii niin työvoimaa, kuin tuotantotilaakin yllättävän vähän. Näin saadaan kustannuksia pois työmaalta. Elementtiteollisuudessa voidaan käyttää tehokasta tuotteiden ja tuotannon suunnittelua, koneellistamista jne. Elementtivalmistukselle on tyypillistä sarjatuotanto. Tehtaassa valmistaminen antaa lisämahdollisuuksia elementtien rakenteiden, materiaalivalintojen ja liitostapojen

suhteen. Elementtitehtaiden käyttämät raaka-aineet ovat tavanomaisia rakennustarvikkeita. Tämä mahdollistaa esimerkiksi liiman käytön liitoksissa ja naulalevyjen käytön. (Hyttinen 1984, 10.)

Työtavat poikkeavat normaalista rakentamisesta, koska hyvät valmistusolosuhteet ja sarjatyö mahdollistavat jonkinasteisen koneellistamisen myös kokoonpanossa. Rakenteeltaan elementit eivät juuri poikkea paikalla tehdyistä ratkaisuista. Eroavaisuuksia on lähinnä liitoksissa ja elementtien välisissä saumoissa. Yleensä elementit valmistetaan vaaka-asennossa. Kokoonpano tapahtuu käyttäen konenaulausta ja hakasia. Käytössä on myös kokonaisia naulainsarjoja, jolloin naulaustyö tapahtuu hyvin nopeasti muihin työvaiheisiin verrattuna. Elementtien tulee kestää nostot niin valmistusvaiheessa, kuin asennusvaiheessakin. Myös kuljetus voi asettaa elementeille lisälujuusvaatimuksia. (Hyttinen 1984, 10-11.)

Kuviossa 6 on karkeasti eritelty, miten toimitukset esimerkiksi voidaan jakaa erilaisiin tuoteosa kokonaisuuksiin toimittajittain. Varsinaisessa omassa työssäni käsittelem kuvion rakennuksen rungon rakennusosista ulkoseinät ja yläpohjat liittyvine rakenteineen ja materiaaleineen. Näistä ulkoseiniin ei ole huomioitu julkisivun pintarakenteita, eikä yläpohjiin vesikatetta. Kuvioon 6 on merkitty keltaisella insinöörialueet.



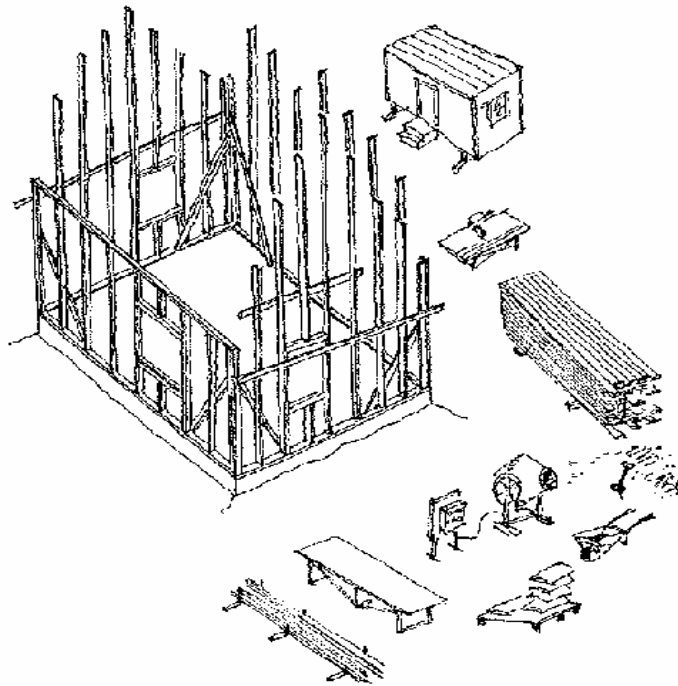
KUVIO 6. Rakennus jaettuna erilaisiin tuoteosiin (Kilpeläinen, Ukonmaanaho & Kivimäki 2001, 17).

5.1 Paikalla rakennettu puurunko

Perinteisin menetelmä puurungon rakentamisessa on paikalla rakennettu puurunko pitkistä puutavarasta. Tämä menetelmä poikkeaa muista paikalla rakennetuista menetelmistä siten, että puutavara tulee tehdasmittaisena työmaalle ja rungon osat katkaistaan ja lovetaan yksilöllisinä kappaleina paikan päällä, kuten kuviossa 7. Paikalla rakennettu puurunko mahdollistaa täysin yksilöllisen omien suunnitelmien mukaisen rakennuksen. Pitkästä puutavarasta tehtäessä muutokset työn aikana ovat mahdollisia ilman merkittävää hukkaa, esimerkiksi ikkunan paikkaa voidaan muuttaa tarpeen vaatiessa.

Ennen runkotöiden aloittamista on hyvä tehdä perustusten sisäpuolinen täyttö sekä sokkelin ulkopuolinen vierustäyttö niihin sijoittuvine rakenteineen. Varsinaiset puurungon työvaiheet alkavat perustusten ja puurungon eristämällä toisistaan bitumi- huopakaistalla ja mineraalivillakaistalla. Bitumi- huopakaista toimii kosteussulkuna alhaaltapäin nousevaa kosteutta vastaan sekä katkaisee radonin nousun lattian ja seinän liittymästä. Mineraalivillakaistan tarkoituksena on tasoittaa epätasaisuutta

perustusten ja alasidepuun pintojen välisessä liittymässä sekä katkaista lämpövuoto. Tämän jälkeen alasidepuuhun merkitään pystyrungon tolppien sekä ovien, että ikkunoiden paikat. Koko asennustyön ajan seurataan rungon mittatarkkuutta. Mittatarkkuus varmistetaan asentamalla ensin runkotolppia noin kolmen metrin välein paikoilleen ja tukemalla nämä tarkasti mitoitetuille paikalleen. Loput tolpat asennetaan laser-mittaria käyttäen tai linjalaudan ja vesivaa’an avulla paikoilleen. Yleensä liitokset tehdään naulaamalla. Pystytolppien tulee olla vähintään kerroskorkeuden pituisia, koska niitä ei yleensä jatketa työmaalla. (Koskenneva & Pussinen 1999, 74.)

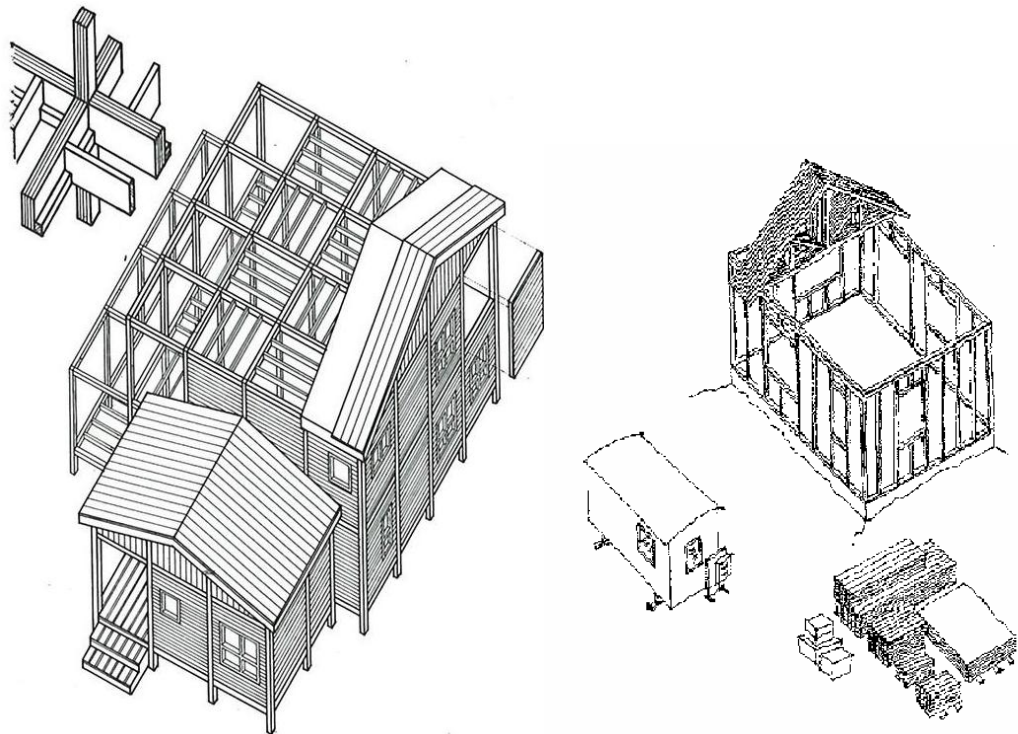


KUVIO 7. Tällä työmaalla rakennus tehdään paikanpäällä metritavarasta (Keppo 2003, 24).

5.2 Pre-cut-järjestelmä

Pre-cut-järjestelmässä rakennus tehdään paikan päällä, sahalla tai tehtaalla valmiiksi katkaistuista ja lovetuista kappaleista. Kuviossa 8 on esitetty kaksi pre-cut -järjestelmällä rakennettavaa taloa. Pre-cut-järjestelmän esivalmistus eli teollinen

valmistusaste on alhainen. Lähinnä kantavan rungon osat ja ulkoverhous laudat ovat teollisesti määrämittänsä katkaistuja. Järjestelmässä suunnittelu on keskeisessä asemassa. Suunnitteluun kuuluu työpiirustusten laadinta, itse rakennustyön suunnittelu ja materiaalmäärien laskenta. Työpiirustuksista selviävät eri kohtien tekniset ratkaisut ja niistä saadaan myös tarvittavat tiedot menekkilaskentaan runkotavaroiden osalta. (Alakärppä ym. 1995, 57.)



KUVIO 8. Pre-cut-järjestelmä (Siikanen 1998, 222; Keppo 2003, 24).

Pre-cut-järjestelmä antaa hyvät edellytykset omatoimirakentamiseen. Omatoimirakentajalle ohjeiden tulee olla tarkemmat ja yksiselitteisemmät, kuin ammattirakentajalle. Arkkitehtonisesti pre-cut-järjestelmä on erittäin joustava rakennusmenetelmä, joskin joustavuus heikentää taloudellisuutta. Taloudellisimmillaan järjestelmä on, kun arkkitehtuuriset ja rakennustekniset tavoitteet yhdistetään. Tällöin kantavat linjat johdetaan peruksista vesikattoon ja standardiosat sopivat ilman erikoisaukotusta runkoon. Taloudellisuus perustuu mm. tarvikemenekkiin, tarkkaan määrälaskentaan ja asennuksen tehokkuuteen. (Alakärppä ym. 1995, 58.)

Pre-cut-järjestelmä sopii hyvin olemassa oleviin puutavarapituuksiin ja näin ollen sahalaitosten jatkojalosteeksi. Pre-cut-menetelmän pienin materiaalihukka voi olla 3 %, kun esimerkiksi metritavarasta paikanpäällä tehtynä jopa 25 %. Koska pre-cut on hyvin työmaapainotteinen menetelmä voi suunnitteluvaiheessa ja materiaaleja valitessa ratkaisevaa olla rakennustyötä helpottava asia, eikä niinkään materiaalien edullinen hinta. Oikein tehtynä pre-cut-menetelmällä valmistettu runko on huomattavasti nopeampi, kuin tavanomaisesti paikanpäällä tehty. Pre-cut -järjestelmän pystytys ei eroa suuresti Platform -tekniikasta ajallisesti. (Alakärppä ym. 1995, 58.)

Suunnittelun joustavuudesta huolimatta järjestelmällä on yksi rajoittava tekijä, joka on vakiorakenteet. Vakiorakenteet ovat välttämättömiä, jotta päästään järkevään suunnitteluun, tavarantoimitukseen ja rakentamiseen. Jotta pre-cut-järjestelmän kaikki hyöty toteutuisi, ei pelkästään riitä vakiomittaisten kappaleiden käyttö. Hyödyn toteutumiseksi täytyy käyttää myös vakiomittaisia muita rakennuskomponentteja, kuten ovia ja ikkunoita. (Alakärppä ym. 1995, 59.)

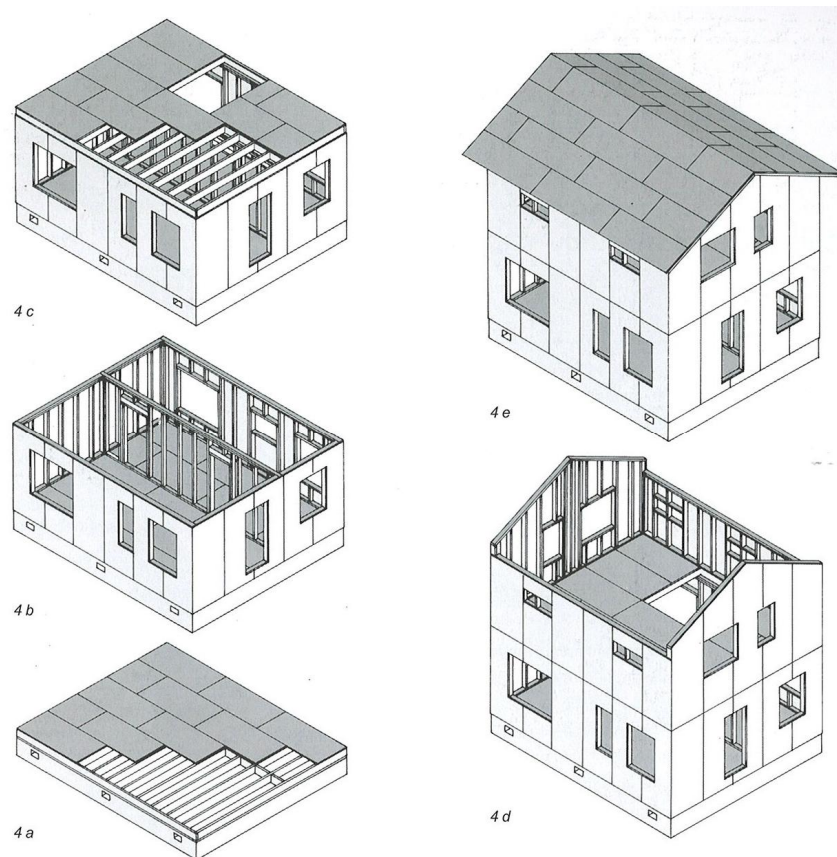
Pre-cut-menetelmällä rakennettu talo on lämmin ja tiivis saumattoman rakenteensa ansiosta. Pre-cut-järjestelmän hyödyt tulevat hyvin esiin käytettäessä erilaisten rakenteiden yhdistelmiä, kuten betonivälipohjia ja betonisia huoneistojenvälisiä seiniä. Rakenneratkaisut pien-, rivi- ja pienkerrostaloissa eivät juuri eroa toisistaan. Rivi- ja pientalojen arkkitehti ja rakenneratkaisuisa pyritään kuitenkin useimmiten taloudellisimpaan ratkaisuun. (Alakärppä ym. 1995, 60.)

5.3 Platform -runkojärjestelmä

Platform -rakentamisen tavarantoimitus tapahtuu tehtaalla määrämittaan katkaisusta puutavarasta kuten pre-cut menetelmässä, puutavara on myös valmiiksi lovettu. Platform -menetelmässä runko kootaan paikan päällä. Suunnittelu perustuu harvojen ja yhteensopivien kappaleiden käyttöön. Menetelmässä runko rakennetaan kerroksittain ja periaatteena on rakennuksen pystyrungon katkaisu välipohjan koh-

delta. Pystyrakenteet ovat rungon korkuisia. (Alakärppä ym. 1995, 61; Viljakainen 1996, 7.)

Valmiiksi leikatut kappaleet kootaan vaakatasossa valmiin alapohjan päällä elementteiksi. Tämän jälkeen elementit nostetaan pystyyn ja asennetaan paikalleen. Seinärungon pystytyksen jälkeen välipohjapalkit ladotaan seinärungon päälle ja kiinnitetään. Välipohjapalkkien päälle asennetaan aluslattialevy, joka toimii työalustana, kuten edellä on mainittu. Toistamalla näitä vaiheita pystytään rakentamaan useampikerroksisia rakennuksia. Kuviossa 9 on havainnollistettu Platform -rakennusjärjestelmän vaiheet. (Viljakainen 1996, 7.)



KUVIO 9. Platform -runkojärjestelmä (Viljakainen 2004, 12).

Platform -menetelmän etuja ovat pystytyksen nopeus ja rakenteen toimivuus. Komponenttien yhteen sopivuuden takaa yhtenäinen mittajärjestelmä. Työmaalla

säästetään aikaa, koska puutavaraa ei tarvitse mitata eikä katkoa. Tämän vuoksi myös materiaalien hukka on vähäistä, eikä jätettä synny niin paljon. Rakennusmenetelmän tehokkuuteen vaikuttaa myös oikea-aikaiset tavaran toimitukset oikein sijoiteltuna työmaalle, sillä menetelmä on tarkasti vaiheistettu. Oikea-aikaisella toimituksella ja -sijoituksella vältetään tarpeetonta liikennettä, varastointia, suojaamisesta aiheutuvia kuluja sekä työmaalla tapahtuvia materiaalivaurioita. Työmaalla ei tarvita raskasta nosto- tai telinekalustoa, koska kerrokset rakennetaan toinen toistensa päälle ja koska elementit valmistetaan kevyestä materiaalista. (Alakärppä ym. 1995, 61; Koskenneva & Pussinen 1999, 76.)

Platform ja pre-cut ovat hyvin samanlaisia menetelmiä, suurin ero on pystytys. Pre-cut menetelmässä suunnitelmat ja kappaleet valmistetaan tapauskohtaisesti, kun taas platform- menetelmässä suunnittelu tapahtuu jo olemassa olevien valmiiden kappaleiden perusteella. Rungon komponentit ovat yksinkertaisia ja niitä on varsin vähän. Peruskomponentteja ovat runkotolpat, välipohjan palkit, rakennuslevyt ja kiinnikkeet. (Viljakainen 1996, 7-8.)

Rakennusvaiheet ovat omina kokonaisuuksina ja kerralla suoritettavissa alusta loppuun saakka. Työvaiheet järjestyksessä ovat puurungon rakentaminen kokonaisuudessaan ei-kantavine väliseinineen aina välikattoon asti, tämän jälkeen tehdään talotekniikka-asennukset, eristeet, höyrynsulut ja viimeisenä sisätilojen viimeistely. Komponenttien yhteensopivuuden takaa yhtenäinen mittajärjestely. (Viljakainen 1996, 17.)

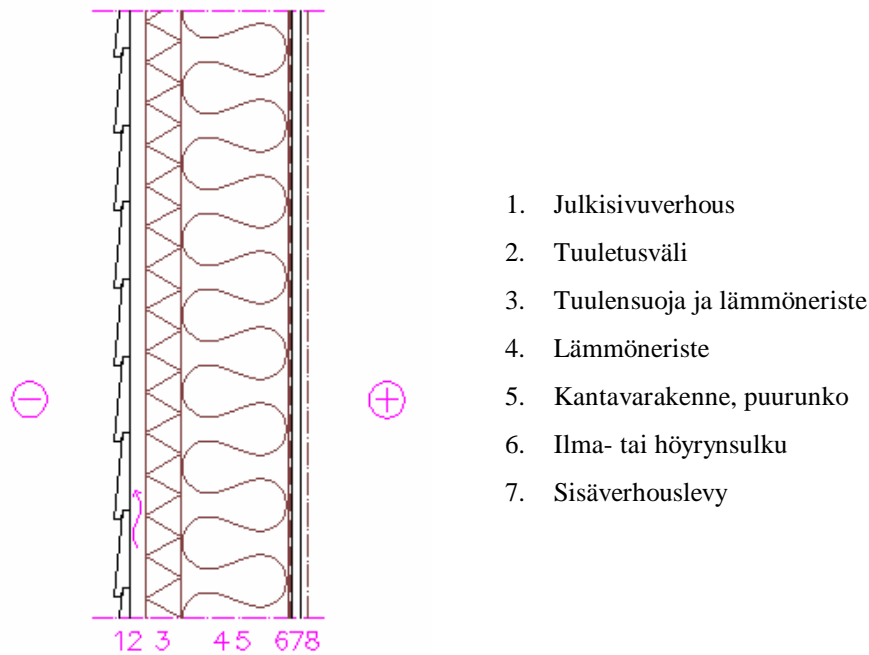
5.4 Pienementtijärjestelmä

Pienementtijärjestelmällä, kuten elementtijärjestelmillä yleensäkin, pyritään lyhentämään runkovaiheen töitä rakennustyömaalla. Johtuen elementtien pienestä koosta, pystytys onnistuu hyvin kahdelta henkilöltä ilman nostokoneita, joskin suurelementtiin verrattuna työmaalla tehtävän työn määrä on suurempi. Elementtien lukumäärä vaikuttaa oleellisesti pystytykseen kuluvaan aikaan. Pienementtijärjestelmällä rakennetun talon runko ei juuri poikkea paikalla rakennetusta puu-

rungosta, erona on ulkoseinän runsas saumamäärä. Saumoissa käytetään yleisimmin ponttiliitosta, erillistä uralistaa tai peitelistää. (Hyttinen 1984, 20-21.)

Pienelementtien vakioleveydet ovat 300, 600, 900 ja 1200 mm:ä. Kevyemmät rakenteet, kuten aukkoelementit tai väliseinät voivat olla näitä kokoja leveämpiä, jopa 2400 mm:ä. Näistä poikkeavat elementtileveydet ovat erikoiselementtejä, esim. 680 mm:ä. Elementit ovat yleensä valmiin seinän korkuisia. Pienelementtijärjestelmällä saadaan useita eri vaihtoehtoja pohjaratkaisuille. Järjestelmä antaa myös julkisivusuunnittelulle vapauksia materiaalien käytön suhteen. (Alakärppä ym. 1995, 63.)

Rakennukselle toimitetun runkoelementin valmistusaste riippuu tilaajasta ja toimittajasta. Toimitus voi sisältää joko pelkän elementtien kuljetuksen rakennustyömaalle aina muuttovalmiiksi tehtyyn kotiin asti. Pääsääntöisesti elementti sisältää kantavan rungon, höyrynsulun, tuulensuojan, sisäverhouksen, sekä niin sanotut täydentävät rakennekomponentit. Näitä täydentäviä rakennekomponentteja ovat muun muassa ikkunat ja ovet, jotka ovat elementeissä pääsääntöisesti valmiina kiinni sekä sauma- ja liitostarvikkeet. Kantava runko on joko massiivipuuta tai kevytpilarirakenteinen. Sisäverhouksissa käytetään yleensä joko lastu-, kipsi- tai kuitulevyä. Elementit voidaan toimittaa valmiiksi pintaverhoiltuina, mutta esimerkiksi vaaka puu-ulkoverhous ja tiiliverhous asennetaan vasta paikanpäällä. Näissä tapauksissa elementit toimitetaan tuulensuoja levyverhouksella. Kuviossa 10 on esitetty esimerkki pienelementin ulkoseinän yleisestä rakenteesta. (Alakärppä ym. 1995, 63 - 64; Koskenneva & Pussinen 1999, 75 - 76.)



1. Julkisivuverhous
2. Tuuletusväli
3. Tuulensuoja ja lämmöneriste
4. Lämmöneriste
5. Kantavarakenne, puurunko
6. Ilma- tai höyrynsulku
7. Sisäverhouslevy

KUVIO 10. Pienelementin ulkoseinän yleisesti käytetty poikkileikkaus.

Pienelementtirakennusmenetelmä säästää aikaa runkovaiheessa. Menetelmällä on mahdollista rakentaa myös ahtaissa kohteissa, koska elementit ovat pienikokoisia eikä tarvita suuria työkoneita. Tästä johtuen maiseman muodot ja esimerkiksi kasvillisuus eivät kärsi huomattavasti rakennusmenetelmästä. Etuna varsinkin pienrakentajan kannalta on mahdollisuus tehdä huomattava osa työstä itse. Rakentaminen voi tapahtua sekä kesällä, että talvella. Elementtien toimitusajat ovat pääsääntöisesti lyhyitä ja toimitukseen sisältyy arkkitehti- ja rakennesuunnittelu. (Alakärppä ym. 1995, 67.)

Pienelementtijärjestelmän heikkouksina voidaan pitää rakenteellisesti ulkoseinien pystysaumojen runsasta määrää. Elementit soveltuvat huonosti kerrosrakentamiseen vakiokokonsa vuoksi. Tämä asettaa myös rajalliset mahdollisuudet julkisivun ulkonäkövaihtoehdoille, koska pienelementeillä ei pystytä vaihtelevaan juurikaan rakennekorkeutta. Menetelmän huonoihin puoliin kuuluu myös ikkuna- ja ovityyppien rajoitettu määrä. Heikkoutena voidaan pitää myös tehdastyön alhaista valmiusastetta verrattuna suur- tai tilaelementteihin. (Alakärppä ym. 1995, 67.)

Pienelementtiulkoseinät valmistetaan kokoamispöydällä. Valmistus alkaa runkokehikon kokoamisesta pöydällä. Voidaan sanoa, että valmistus aloitetaan sisäpuoli ylöspäin. Kehikon kokoamisen jälkeen levitetään höyryn- tai ilmansulkumuovi ja kiinnitetään sisäpuolen pintaverhouslevy. Naulaamiseen käytetään joko kone-
naulainta tai naulainsarjaa. Tämän jälkeen elementti käännetään, joko miesvoimin tai kääntöpöydällä, riippuen tehtaan konekannasta. Elementin kääntämisen jälkeen asennetaan lämmöneristeet, runkoon kuuluva rimoitus ja ulkopuolinen eristekerros sekä tuulensuojalevy. Riippuen ulkoverhouksen asennustavasta, joko pysty- tai vaakalaudoitus tai tiili ulkoverhous, asennus tapahtuu joko tässä vaiheessa (pysty-
laudoitus) tai työmaalla elementti asennuksen jälkeen. (Hyttinen 1984, 52.)

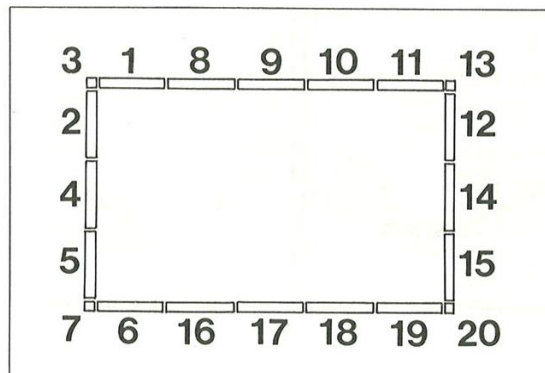
Ikkuna- ja ovielementteihin karmit kiinnitetään runkokehikkoihin yleensä jo pöydällä. Umpiosan kokoaminen ikkuna- ja ovielementeissä tapahtuu samalla tavalla, kuin umpielementtien valmistus. Puitteiden sovitus ja mahdollinen lasitus tapahtuu kokoonpano vaiheen jälkeen. Aukkoelementtejä voidaan puutavaran säästämiseksi valmistaa myös siten, että elementin runkokehikko on sellaisenaan sopiva oven tai ikkunan karmiksi. Elementtien kokoonpanotyön tekee yleensä kahden miehen työryhmä. (Hyttinen 1984, 52.)

Alustaviin töihin tulee suhtautua elementtirunkoa rakennettaessa hieman toisella tavalla, kuin paikalla rakennettaessa. Perustusten mittatarkkuus tulee ottaa elementtirakentamisessa todella hyvin huomioon. Perustusten tulee olla mittatarkat ja suorakulmaiset. Myös perustuksen yläreunan tulee olla samalla tasolla, vaakasuorassa ja oikeassa korkeusasemassa. Ennen elementtien asennuksen aloittamista suurten talotekniikkalaitteiden tulee olla elementtien sisäpuolella, elleivät ne mahdu sisälle oviaukoista tai ikkunoista. (Hyttinen 1984, 25.)

Pienelementtitalon asennustyöt alkavat perustusten ja puurungon eristämistä toisistaan bitumihuopakaistalla ja mineraalivillakaistalla. Asennustyöt jatkuvat alasidepuun asennuksella. Alasidepuuhun tehdään tarvittavat merkinnät rei'ille ja tartunnat perustuksiin ankkurointia varten. Alasidepuun täytyy olla tarkkaan vaakasuorassa, koska tällä varmistetaan seinäelementtien alapään tiiveys. Alasidepuun asennuksen jälkeen siihen merkitään elementtikaavion mukaiset elementtien paikat. Elementtien

paikat on syytä mitata kahdesta eri suunnasta. Näin varmistetaan nurkkakappaleiden asianmukainen sopivuus oikeille paikoilleen. (Hyttinen 1984, 25.)

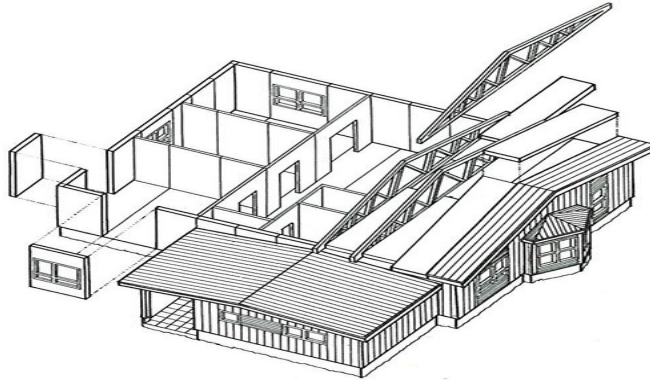
Tämän jälkeen alkaa varsinainen elementtien asennus joka aloitetaan ulkoseinistä. Ulkoseinien asennus aloitetaan rakennuksen jostakin ulkonurkasta. Tämän jälkeen asennusvuorossa on samaan nurkkaan liittyvä toinen elementti. Nurkka tehdään tiiviiksi heti tässä vaiheessa. Elementtitoimittajan ohjeiden mukaisesti asennetaan höyryn- tai ilmansulku. Seuraavaksi vuorossa on itse nurkkakappaleen asennus paikoilleen. Tällä menetelmällä saadaan runko jäykistettyä rakentamisen edetessä samalla. Nurkan ollessa valmis jatketaan asennustyötä kiertämällä koko rakennus ympäri. Kuviossa 11 on havainnollistettu pienelementtien pystytys järjestys. (Hyttinen 1984, 25-26.)



KUVIO 11. Pienelementti järjestelmän elementtien pystytys järjestys (Hyttinen 1984, 27).

Yleensä on noudatettava toimittajan ohjeita saumauksesta ja elementtien kiinnityksestä. Asennustyön edetessä on koko ajan tarkkailtava elementtien pystysuoruutta. Seinän ollessa valmis se mitataan sekä ylä- että alapäästä. Näin nähdään onko seinä pysynyt suunnitellussa mitoituksessa. Seinäelementtien asennuksen ollessa valmis asennetaan yläsidepuu. Tarvittaessa ennen tätä suoritetaan tiivistys. Yläsidepuu kiinnitetään yleensä naulaamalla elementteihin. Yläsidepuiden kiinnityksen oltua valmis suoritetaan lopullinen suunnitelmien mukainen elementtien kiinninaulaus.

Koko asennuksen ajan on seinillä oltava riittävästi vinoja sivuttaistukia. Seinien lopullinen tuenta tapahtuu heti elementtiasennuksen jälkeen seinien vinotuilla. Rakennuksen lopullinen kokonaisjäykistys tapahtuu vasta yläpohjan ja / tai vesipohjan rakenteiden ja reivauksen asennuksen kautta. Kuviossa 12 on esitetty pienen elementtijärjestelmä. (Hyttinen 1984, 27.)



KUVIO 12. Pienelementtijärjestelmä (Siikanen 1998, 222).

5.5 Suurelementtijärjestelmä

Suurelementillä tarkoitetaan pienrakentamisessa yleensä koko seinän kokoista elementtiä. Elementit valmistetaan tehtaassa suojassa sääoloilta ns. elementtilinjoilla tai elementtiasemilla. Elementit toimitetaan yleensä asiakkaalle puuverhoiltuna tai tuulensuojalevytyksellä. Suurelementtejä käytetään omakotitaloissa, rivitaloissa ja useissa erikoiskohteissa, kuten halleissa, toimistoissa ja julkisivuissa. Taloudellisen hyödyn saavuttamiseksi täytyy tuntea järjestelmän ominaisuudet aina suunnittelusta asennukseen asti. (Alakärppä ym. 1995, 68.)

Toisin kuin pienen elementteistä rakennettaessa suurelementtien pystytyksessä tarvitaan aina nostolaitteita ja asennuksen suorittaa yleensä valmistajan oma asennusryhmä. Nostolaitteiden ja elementtien vaatima tila on otettava huomioon asennuspaikalla. Suurelementteistä rakennettavan pientalon rakentaminen on nopeampaa kuin pienen elementteistä ja pystytys kestää ammattilaisilta noin päivän. Elementtiasennuksen lisäksi ulkopuoliset viimeistelytyöt vaativat aikaa noin viikon. Asen-

nuksen jälkeen kohteen valmiusaste vaihtelee 20 %:sta aina 50 %:iin. (Alakärppä ym. 1995, 71.)

Suurelementtitoimitukseen voivat kuulua ulkoseinäelementtien lisäksi myös väli-seinäelementit, huoneistojen väliset seinät, ylä-, ala- ja välipohjat sekä mm. päätykolmiot, kattoristikot ja palokatkot. Suurelementtijärjestelmän mukana toimitetaan korkeamman valmiusasteen takia vähemmän irtotavaraa kuin pienelementti- ja paikalla rakennusratkaisuissa. Työni luonteesta johtuen käsittelen vain ulkoseiniä. Ulkoseinäelementeissä on useimmiten valmiiksi maalattu ulkoverhous. Valmiiksi on myös asennettu, lasitettu ja heloitettu ovet ja ikkunat. Lähes kaikki pellitykset ovat myös asennettu elementteihin, riippuen niiden pintaverhouksesta. (Hyttinen 1984, 30.)

Suurelementtien pituus vaihtelee 300 mm:stä 14 000 mm:iin, korkeus vaihtelee 3 000 mm:stä 3 500 mm:iin. Maksimissaan elementti painaa 2 000 kg. Suunnitteluvaiheessa on lähtökohdaksi otettava nosturiasennus, näin elementtien paino ei muodosta ongelmaa. Elementtien koon rajoitteina tuotannossa on tuotteen kuljetus tehtaalta rakennuspaikalle. Väliseinät ovat pituudeltaan 300 mm:stä 8 000 mm:iin ja korkeus sama kuin ulkoseinillä. Väliseinät voivat olla joko kantavia tai kevyitä väliseiniä. Suurelementteinä toimitetaan myös huoneistojen välisiä seiniä, jolloin valmistuksessa on otettu huomioon äänieristys ja niihin rakennetaan palokatko. Huoneistojen väliset seinät ovat 200 - 300 mm:ä korkeampia kuin ulko- ja väli-seinät. (Alakärppä ym. 1995, 68.)

Kuten muissa elementtimenetelmissä, tässäkin materiaalihukka on pientä ja elementtejä voidaan valmistaa ympäri vuoden sääolosuhteilta suojassa. Suurelementtijärjestelmä antaa arkkitehtuurisesti enemmän vapauksia rakenteen muunneltavuudelle kuin pienelementtimenetelmä, mutta vähemmän kuin paikalla rakennetuissa kohteissa. Elementtisuunnittelu tapahtuu rakentajan tarpeet ja lähtökohdat huomioon ottaen. Elementtien yksilöllisyyden takia niitä ei pystytä rakentamaan varastoon, toisin kuin pienelementtejä. (Alakärppä ym. 1995, 71.)

Erityisesti silloin suurelementtijärjestelmä soveltuu hyvin tuottajamuotoiseen pientalotuotantoon, kun kohteeseen rakennetaan useita samantyyppisiä huoneistoja. Jo elementtejä valmistettaessa täytyy tuotannossa olla valmiina esimerkiksi rakennuksen lopullinen sähkösuunnitelma. Sähköasennukset voidaan sijoittaa täysin vapaasti joko ulko- tai väliseinäelementteihin. Elementti tehtaan kannalta helpompaa on käyttää väliseinäelementteihin tehtyjä sähköasennuksia. Tämä on sekä tuotantoteknisesti, että lämpöarvoiltaan helpoin ratkaisu. Näin voidaan välttää ulkoseinien sähköasennuksista johtuvat ilmavuodot. Suurelementeillä on suuri osuus rivitalotuotannossa, joissa huoneistojen välinen seinä on yleensä kivirakenteinen ja ulkoseinäelementti huoneiston mittainen. (Hyttinen 1984, 30.)

Suurelementtijärjestelmä ei juuri poikkea pienenlementtijärjestelmästä muutoin, kuin elementtien koon vuoksi. Suurelementtien rakenteet ovat hyvin tavanomaisia. Ulkoseinien pienemmästä saumamäärästä johtuen runkopuutavaraa on suurelementeissä vähemmän, kuin pienenlementeissä. Saumat ja liitokset eivät juuri eroa toisistaan. Suurelementeissä elementtien väliseen saumaan sijoittuu kaksi palkkia rinnakkain, jolloin niiden mitoituksessa on otettu huomioon palkille tuleva pienempi kuormitus. (Hyttinen 1984, 34.)

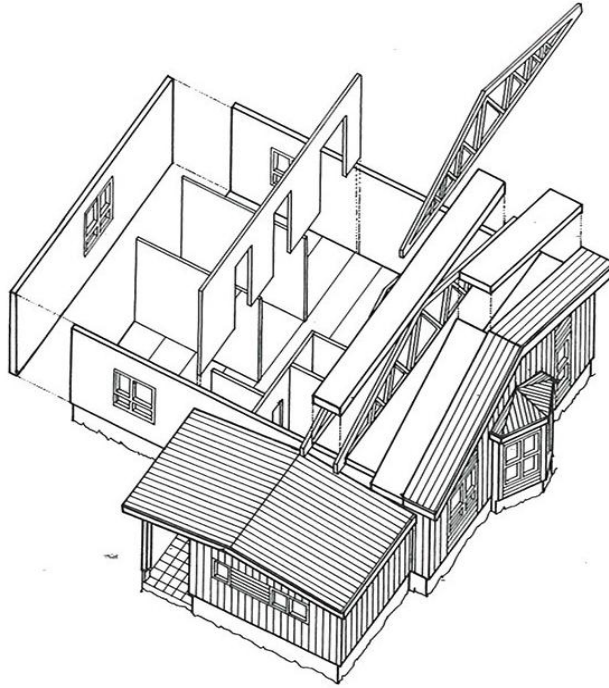
Suurelementit valmistetaan samalla tavalla kuin pienenlementitkin. Runkokehikot kootaan määrämittäisestä puutavarasta kokoamispöydällä. Tämän jälkeen asennetaan ovien ja ikkunoiden karmit, levitetään höyryn- tai ilmansulku ja kiinnitetään sisäpuolen pintaverhouslevy. Sähköputkitukset ja -rasiat täytyy tehdä joko valmiiksi sisäverhouslevyjen alle runkoon ennen niiden kiinnittämistä tai ne pitää asentaa välittömästi runkokehikon kokoamisen jälkeen. Sisäverhouslevyn kiinnittämisen jälkeen elementit käännetään nosturilla tai kääntöpöydällä. Tämän jälkeen elementteihin asennetaan eristeet, lisärimoitukset, tuulensuojalevy sekä mahdollinen ulko-verhous. Suurelementeissä voidaan valmiiksi asentaa sekä pysty- että vaakalaudoitus. Tiiliverhous tehdään elementtien asentamisen jälkeen työmaalla. (Hyttinen 1984, 52.)

Suurelementtien valmistusaika on selvästi pitempi, kuin pienenlementtien. Tuotantotilaa ja työvoimaa tarvitaan enemmän. Elementit kootaan 3 - 4 työntekijän ryhmis-

sä. Kaikki elementtien käsittelyt ja siirrot tehdään nostolaitteilla. Ovien ja ikkunoiden viimeistely ja mahdolliset elementin pintakäsittelyt tehdään pystyasennossa valmistuslinjojen ulkopuolella. (Hyttinen 1984, 54.)

Suurelementtien asennuksessa pätevät samat vaatimukset, kuin pienelementtienkin. Mittatarkkuuden on oltava ehdottoman tarkkaa, jopa vielä tarkempaa kuin pienelementeillä. Asennusta varten tulee varata nosturi, jonka teho on 35 - 40 tn. Tämä tarkoittaa sitä, että nosturi pystyy nostamaan 1 000 kg painoisen elementin 35 m:n etäisyydeltä. Nosturin tehon on hyvä olla suurempi, kuin mitä vähimmäisvaatimukset ovat, koska tehokkaamman nosturin ulottuvuus on parempi ja asennustyö voidaan suorittaa yhdestä paikasta. Tehokkaampi nosturi on käytössä hinnakkaampi, mutta nosturin siirtoa ei tarvita, joten asennustyö nopeutuu ja tilaa tarvitaan vähemmän. Itse asennustyö alkaa alasidepuun asennuksella, kuten pienelementeissäkin. Alasidepuun päälle asennetaan mineraalivillatiiviste. Tämän jälkeen alkaa ulkoseinäelementtien asennus. (Hyttinen 1984, 35, 41.)

Ulkoseinäelementeissä on nostolenkit ja nostopisteet, joista asennusnosto tapahtuu. Asennuksen aikainen tuenta on tehtävä huolella kaatumisvaaran vuoksi. Asennuksen edetessä nurkat kiinnitetään samalla tavoin, kuin pienelementti järjestelmässäkin. Nurkkakappale asennetaan nurkkaa sivuavien elementtien ollessa paikoillaan ja nurkan tiivistettynä. Ulkoseinäelementtien päälle asennetaan myös mineraalivillakaista. Ennen elementtien lopullista kiinnitystä on tarkastettava ovien ja ikkunoiden käynti ja tehtävä tarpeelliset sovitukset, mikäli nämä runkoa täydentävät osat kuuluvat elementtitoimitukseen. Kuviossa 13 on esitetty suurelementtijärjestelmä. (Hyttinen 1984, 41.)



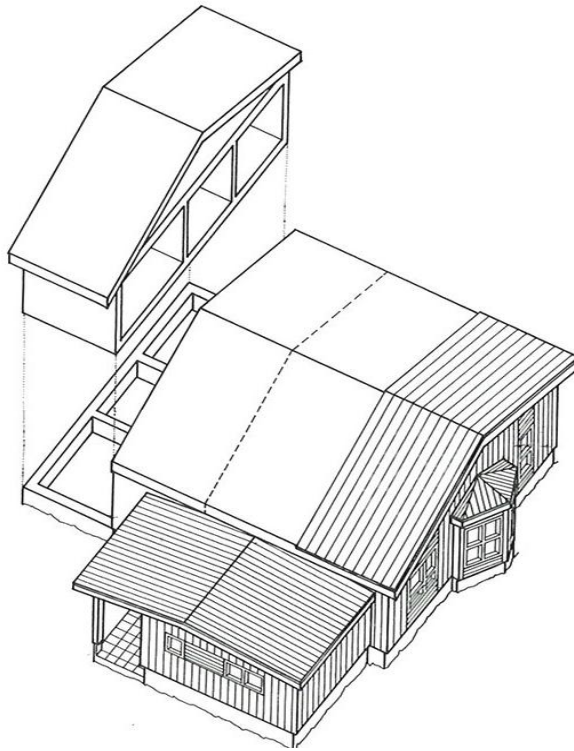
KUVIO 13. Suurelementtijärjestelmä (Siikanen 1998, 223).

5.6 Tilaelementtijärjestelmä

Tilaelementtijärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa talo rakennetaan valmiiksi osiksi jo tehtaalla. Menetelmä soveltuu 1- ja 2-kerroksisten omakotitalojen ja rivitalojen sekä korkeintaan 2-kerroksisten pienkerrostalojen rakentamiseen. Tilaelementeistä voidaan rakentaa myös mm. päiväkoteja, kouluja ja toimistoja. Tilaelementtiratkaisua käytetään erittäin usein myös rakennustyömaiden toimisto- ja sosiaalitylöinä. (Alakärppä ym. 1995, 74, 76; Hyttinen 1984, 43 - 44; Älvsbyhus 2008.)

Menetelmän perusajatuksena on tehdä kaikki mahdolliset työvaiheet jo tehtaalla. Tämän vuoksi rakennuspaikalla tilaelementtitalon rakentaminen on nopein rakennusmenetelmä käytettävissä olevista. Elementtien toimituksen jälkeen kokoaminen tapahtuu muutamassa tunnissa. Elementtien pysytyksessä ja asennuksessa tarvittavalle nostokalustolle on varattava riittävästi tilaa rakennuspaikalla. Tilaelementeistä rakennetun talon kokonaisrakennusaika on noin kuukauden. (Hyttinen 1984, 46.)

Tilaelementit toimitetaan rakennuspaikalle muutamassa osassa. Nämä osat rakennetaan tehtaalla vaakatasossa LVI- ja sähkötöitä myöten valmiiksi, jonka jälkeen yksittäiset seinäelementit kootaan tilaelementeiksi. Kantavan rakenteen tilaelementti osissa muodostavat yleensä ulkoseinät ja mahdollisesti kantavat väliseinät. Rakenteeltaan tilaelementit ovat hyvin samanlaisia, kuin pien- ja suurelementit. Rakennustyötä on siirretty tehtaalle siten, että elementtien saumaaminen ja liittäminen on suurelta osin tehty jo valmiiksi. Kuviossa 14 on esitetty tilaelementtijärjestelmä. (Alakärppä ym. 1995, 74 - 75; Hyttinen 1984, 44 - 45; Älvsbyhus 2008.)



KUVIO 14. Tilaelementtijärjestelmä (Siikanen 1998, 225).

Elementteihin voidaan tehdä myös suuri osa pintamateriaalien sekä kalusteiden asennuksista. Elementeissä onkin usein valmiiksi asennetut kalusteet, pinnoitteet ja konetekniset asennukset. Valmiusasetetta kuvaa hyvin se, että 70 - 80 % kokonaisrakennuskustannuksista voi olla tilaelementtien tehdastoimituksen osuus. Rakennuspaikalla tehtäviksi töiksi jäävät tässä tapauksessa vain elementtien nostaminen perustuksilleen, elementtien kiinnittäminen toisiinsa, vesikaton teko ja elementtien

välischen sähkö- ja putkitöiden sekä kunnallisteknisten liittämisen suorittaminen. (Hyttinen 1984, 42.)

Tilaelementtirakentamisen etuja ovat korkea esivalmistusaste tehtaalla sääoloilta suojassa ja materiaalien hukkakäyttö on vähäistä tarkan materiaalimenekkilaskennan ansiosta. Vähäisen materiaalihukan ja toimittajan vakiomallien vuoksi rakennuskustannukset ovat edullisia. Menetelmän huonona puolena voidaan pitää suunnittelun rajallisuutta. Suunnittelussa on otettava huomioon elementtien suuri koko kuljetuksessa tehtaalta rakennuspaikalle, koska kuljetus tehdään pääsääntöisesti maantiekuljetuksina. Tieliikenteessä suurin sallittu kuljetusleveys ilman saattovalvojaa on viisi metriä. Elementtien maksimikorkeus on neljä metriä. Korkea suunnitteluaste rajoittaa tilaajan mahdollisuutta vaikuttaa rakennuksen lopputulokseen menettämättä kustannussäästöä. Isojen tilaelementtien kuljetuksissa ja asennuksessa täytyy kiinnittää huomiota myös elementteihin kohdistuvaan rasitukseen. (Alakärppä ym. 1995, 76; Älvsbyhus 2008.)

Tilaelementtien yleisin sovellus on 1-kerroksiset asuinpienitalot. Näissä kohteissa päästään erittäin korkeaan valmiusasteeseen ja näin ollen erittäin lyhyeen rakennusaikaan rakennuspaikalla. Tilaelementtirakentaminen mahdollistaa rakenteiden keventämisen, joten niissä saattaa olla mahdollista päästä jonkin verran säästeliäämpään materiaalien käyttöön, kuin pien- tai suurelementti taloissa tai paikalla rakennettaessa. Tilaelementtien yksityiskohdat ovat jonkin verran yksinkertaisempia tehdasvalmistuksen takia, kuin työmaalla koottavissa pien- ja suurelementti rakennuksissa. Elementtien välinen sauma voidaan muodostaa samanlaisin periaattein, kuin muiden elementti järjestelmien saumat. (Hyttinen 1984, 42, 44.)

Tilaelementtien valmistus tapahtuu kokoamalla ensin levyelementtejä, joista sitten varsinainen tilaelementti kootaan. Seinä-, lattia- ja yläpohjaelementtien kokoaminen tapahtuu samaan tapaan, kuin suurelementtien kokoaminen. Alapohjaelementin valmistus voi tapahtua samalla alustalla, jossa tilaelementin ulkokuori kootaan osaelementeistä. Kokoamistyön suorittaa kahden hengen ammattitaitoinen kirvesmies-työryhmä. Valmistukseen tarvitaan monia erilaisia työvaiheita, koska elementtiin

tehdään sähkö- ja LVI-asennukset, mahdollisesti myös matto- ja maalaustyöt, laatoitukset ynnä muu viimeistely. (Hyttinen 1984, 54.)

Poiketen muista rakennusjärjestelmistä tilaelementtirakennuksissa alapohja tehdään lähes poikkeuksetta elementeistä, koska se on mm. koossapysyvyyden kannalta järkevää. Alapohjan ollessa tilaelementissä valmiina on rakennuksen alle tulevien asennusten, putki-, sähkö- ja kaukolämpö ym. liitäntöjen oltava valmiiksi tehtyjä, eristettyjä ja valmiita elementteihin liitettäviksi. Rakennuksen sisäpuolisten täyttöjen on oltava myös valmiit ja suotavaa on myös ulkopuolisten täyttöjen olla valmiina, ettei jälkikäteen tehtäessä aiheutettaisi tarpeettomasti vauriovaaroja asennetuille elementeille. (Hyttinen 1984, 45.)

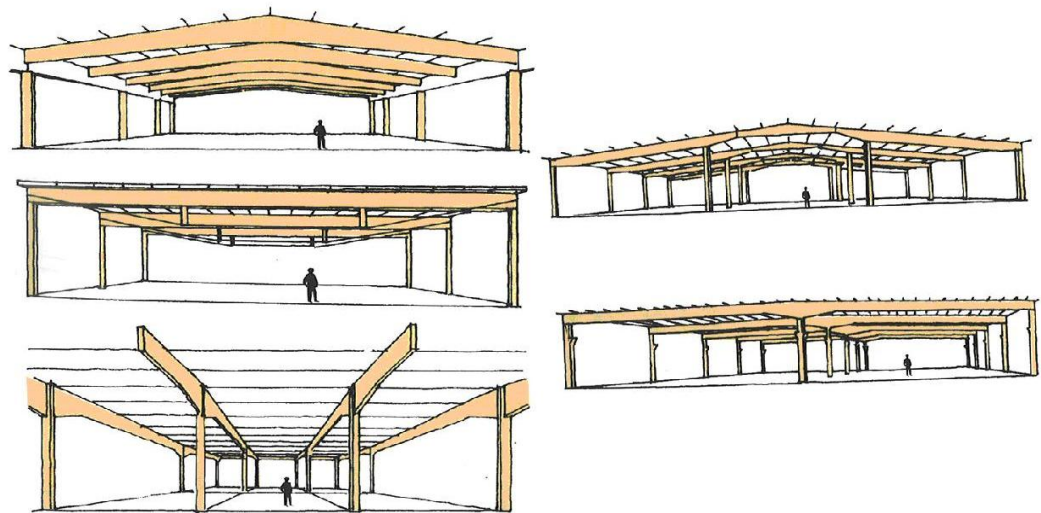
Huomioitavaa on, että ennen tilaelementtien toimitusta ja asennusta on tehtävä rakennustarkastuksen vaatimat perustuskatselmukset. Varsinainen asennustyö kuuluu yleensä aina toimittajalle. Tilaelementtitalo, joka koostuu 3 - 4 osasta, rakentuu vajaan päivässä. Asennus alkaa yleensä osasta, jossa on runsaasti saniteettitiloja tai johon tulevat kunnallistekniset liitännät. Elementit nostetaan paikoilleen nosturilla puomin ja taljojen avulla. Elementit sidotaan toisiinsa sitä mukaa, kun osat on nostettu paikoilleen. Ulko- ja sisäsaumojen viimeistely voidaan jättää myöhempään ajankohtaan. Asennustyössä oleellisinta on elementtien mittatarkkuus, tarkka ja huolellinen asennus sekä saada asennus etenemään siten, että varsinainen runko on valmis katettavaksi mahdollisimman nopeasti. (Hyttinen 1984, 45 - 46.)

5.7 Pilari-palkki-järjestelmä

Rakentaminen voi tapahtua myös pilari-palkki-järjestelmällä. Pilarit ja palkit on valmistettu liimapuusta. Liimapuusta valmistetuilla rakennuskomponenteilla on hyvä kantokyky. Menetelmällä pystytään rakentamaan suuria julkisia tiloja, kuten jäähalleja ja liiketiloja. Menetelmällä rakennetaan myös suurikokoisia teollisuushalleja. Rakennusten koot vaihtelevat 100 neliöstä yli 10 000 neliöön. 400 neliöstä ylöspäin liimapuurunkoiset rakennukset ovat kilpailukykyisiä hinnaltaan verrattuna

muihin runkorakennemateriaaleihin. Liimapuupilareiden korkeus vaihtelee 4,5 m:stä yli 10 m:iin. (Alakärppä ym. 1995, 77 - 78.)

Runko-osan muodostavat pääsääntöisesti jäykkäkantaiset pilarit pitkillä sivuilla ja nivelpilarit päädyissä. Menetelmässä voidaan käyttää myös niin sanottua keskilinjatarkaisua. Tässä tapauksessa keskilinja on jäykkäkantainen ja sivut joko jäykkiä tai nivelellisiä. Kuviossa 15 on esitetty erilaisia pilari-palkkiratkaisuja. (Alakärppä ym. 1995, 77.)

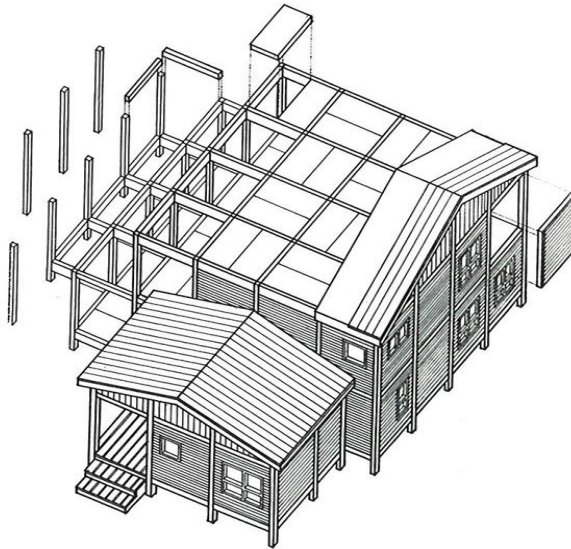


KUVIO 15. Erilaisia pilari-palkkiratkaisuja (Carling 2003, 27, 28).

Pilari-palkki-menetelmä soveltuu erityisen hyvin julkisten tilojen rakentamiseen, koska materiaalina liimapuu on paloa hidastava ja näin ollen turvallinen suurille ihmisjoukoille. Liimapuupalkit pystytään myös muotoilemaan esteettisten tarpeiden mukaisesti huomattavan kaareviksi kantokyvyn siitä heikkenemättä. (Alakärppä ym. 1995, 49.)

Pilari-palkki-menetelmässä rakennuksen rungon muodostavat pilarit ja palkit, joiden varaan yläpohja-, välipohja- ja ulkoseinäelementit asennetaan. Menetelmän tavoitteena on rajoittaa mahdollisimman vähän rakennuksen pohjasuunnittelua kan-

tavilla rakenteilla. Saneerauskelpoisuus rakennuksella on oleellisesti parempi, kaikkien seinärakenteiden ollessa ei kantavia. Pilarirunkoisen rakennuksen laajennuskelpoisuus on jonkin verran parempi, kuin sellaisen rakennuksen, jossa seinät ovat kantavia rakenteita. Kuviossa 16 on esitetty pilari-palkkirakenteinen pientalo. (Hytinen 1984, 47.)



KUVIO 16. Pilari-palkkijärjestelmä (Siikanen 1998, 223).

6 RAKENNUSSELOSTUS

Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen YSE 1998 mukaan rakennusselostus on kaikkein vahvin teknisistä urakka-asiakirjoista. Mikäli tulee ristiriitatilanne tehdään ratkaisut rakennusselostuksen mukaisesti. Rakennustapaselostuksessa esitellään rakennushankkeen yleiset vaatimukset ja ohjeet. Yleisissä vaatimuksissa ja ohjeissa esitellään mm. rakennushankkeen kohde, sijainti, rakennuttaja, pääurakoitsija sekä suunnittelijat ja asiantuntijat.

Rakennustapaselostuksessa on lisäksi eritelty työvaiheittain kohteen maanrakennus, perustukset ja ulkopuoliset rakenteet, runko- ja vesikattorakenteet, täydentävät rakenteet, pintarakenteet, kalusteet, varusteet ja laitteet sekä konetekniset työt. Rakennusselostus sisältää tarkat ja yksityiskohtaiset tiedot rakennusosista, laatu-

vaatimuksista ja työohjeista rakennusosien sovittamisesta itse rakennukseen ja toisiin rakennusosiin. Rakennusselostuksen tulisi sisältää kuvaus kaikista rakennuksen eri osista.

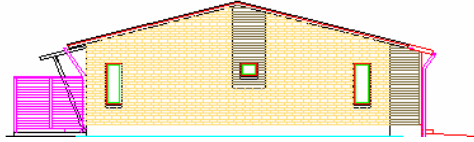
Koska työn tarkoituksena on tehdä runkovaiheen hintavertailu, työssä käsitellään rakennustapaselostuksesta tarkemmin ainoastaan runkorakenteet. Lisäksi esitellään kohdekohtaisesti rakennushankkeiden huoneistoalat, kerrosalat ja tilavuudet sekä väestönsuojien tiedot. Huomionarvoinen seikka on se, että molemmissa kohteissa suunnitelmat on tehnyt sama arkkitehtitoimisto sekä sama rakennesuunnittelu-toimisto.

6.1 As Oy Hollolan Hillan rakennusselostus

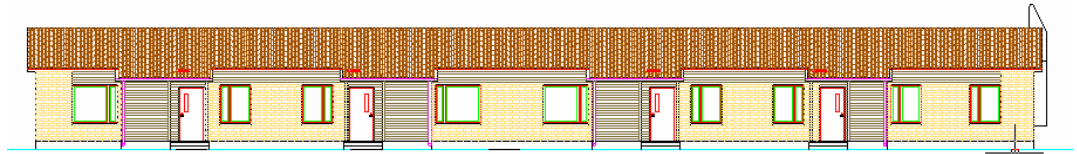
Kohde on rakennettu Hollolan kunnan Soramäen asuinalueelle. Tontille rakennettiin kolme 1-kerroksista rivitaloa, joissa on asuntoja yhteensä 13 kappaletta. Asuntojen huoneistoala on yhteensä 1135 m². Asuintalojen kerrosala on yhteensä 1 333 m² ja tilavuus on 4 000 m³. Kerrosalasta on 80 m² väestönsuoja- ja teknistätilaa. 37 henkilölle mitoitettu väestönsuoja on kooltaan 28 m² ja se täyttää S1-luokan väestönsuojalle asetetut vaatimukset. Asuntojen sisäänkäynnin yhteydessä on asunto-kohtainen kylmävarasto. Tontilla on myös asunto-osakeyhtiön yhteinen 44 m²:n ulkoiluvälinevaja ja kaksi autokatosta. Kuvioissa 17 - 20 on havainnollistettu As Oy Hollolan Hillan talon A julkisivukuvat kaakkoon, koilliseen, luoteeseen ja lounaaseen.



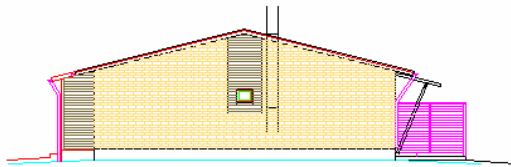
KUVIO 17. As Oy Hollolan Hilla, julkisivu kaakkoon.



KUVIO 18. As Oy Hollolan Hilla, julkisivu koilliseen.



KUVIO 19. As Oy Hollolan Hilla, julkisivu luoteeseen.



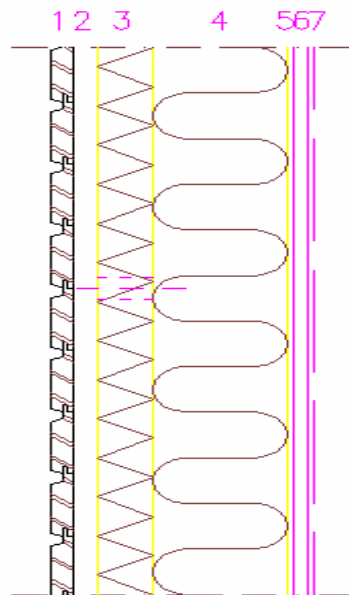
KUVIO 20. As Oy Hollolan Hilla, julkisivu lounaaseen.

Kuvioista 17 - 20 voidaan As Oy Hollolan Hillan rakennuskohteena todeta olleen arkkitehtuurisesti ja tasopoikkeamiltaan yksinkertainen. Julkisivukuvissa esitetyn talo A:n mukaisesti myös kohteen muut rakennukset ovat arkkitehtuurisesti samantyyppisiä ja maanmuodon tasoerojen vaihtelu on vältetty hyvällä pihasuunnittelulla.

6.1.1 Runkorakenteet

Kohde on puurakenteinen ja paikalla rakennettu. Huoneistojen väliset seinät ovat muusta rungosta poiketen 200 mm:n teräsbetonielementtejä. Ulko- ja väliseinien yksityiskohtaiset rakennetyyppiirustukset on esitetty alla olevissa kuvioissa 21 - 24. Näiden erilaisten rakenteiden käyttöalue on esitelty leikkauskuvassa liitteessä 1. Tässä liitteessä on esitetty talon A leikkauskuva. Liitteessä 2 on eritelty hankkeen kaikki leikkausdetaljit lukuun ottamatta väestönsuojan leikkauksia. Julkisivu-

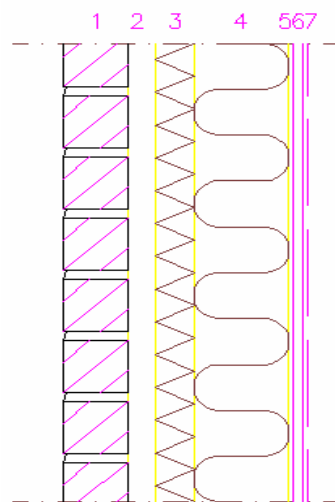
verhouksena on osittain vaakapaneli, osittain 85 mm:n moduulitiili. Talon A pohjakuva esitetään liitteessä 3.



1. Ulkoverhous, vaakapaneli 21 mm
2. Ilmarako, pystykoolaus 22×100, K600
3. Tuulensuoja, Isover RKL 50 mm, saumat teipattu
4. Lämmöneriste ja kantavapuurunko, Isover KL, puurunko 125 × 50, K600
5. Ilman/höyrinsulku, muovi 0,2mm, saumat limitetty $\geq 100\text{mm}$
6. Sisäverhous, kipsilevy 13mm
7. Pintakäsittely tai -verhous

U-arvo: 0,24 W/m²K

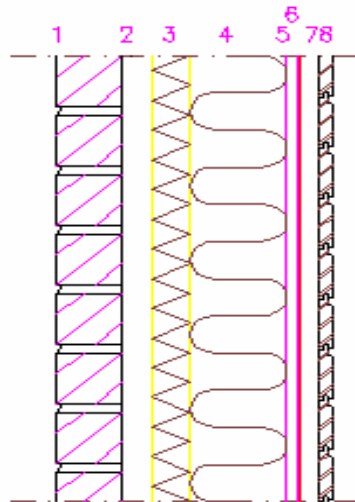
KUVIO 21. Ulkoseinien paneelipintaiset osat yleensä.



1. Ulkoverhous, tiili 85 mm
2. Ilmarako, pystykoolaus 37×100, K600
3. Tuulensuoja, Isover RKL 50 mm, saumat teipattu
4. Lämmöneriste ja kantavapuurunko, Isover KL, puurunko 125 × 50, K600
5. Ilman/höyrinsulku, muovi 0,2mm, saumat limitetty $\geq 100\text{mm}$
6. Sisäverhous, kipsilevy 13mm
7. Pintakäsittely tai -verhous

U-arvo: 0,24 W/m²K

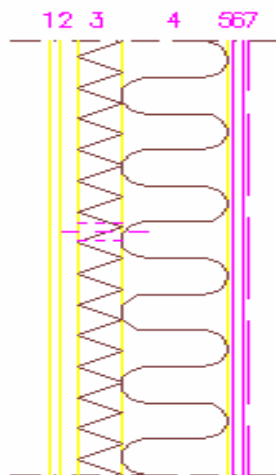
KUVIO 22. Ulkoseinien tiiliverhouspintaiset osat yleensä.



1. Ulkoverhous, tiili 85 mm
2. Ilmarako, pystykoolaus 37×100, K600
3. Tuulensuoja, Isover RKL 50 mm, saumat teipattu
4. Lämmöneriste ja kantavapuurunko, Isover KL, puurunko 125 × 50, K600
5. Kipsilevy EK 13mm
6. AL-muovitiivistyspaperi, saumat limitetty ≥ 100 mm ja teipattu
7. Pystykoolaus 22 × 50, K600
8. Vaakapaneli STV 15mm

U-arvo: 0,24 W/m²K

KUVIO 23. Ulkoseinät saunojen kohdalla.



1. Kipsilevy EK 13mm
2. Ilmarako, pystykoolaus 22×100, K600
3. Tuulensuoja, Isover RKL 50 mm, saumat teipattu
4. Lämmöneriste ja kantavapuurunko, Isover KL, puurunko 125 × 50, K600
5. Ilman/höyrynsulku, muovi 0,2mm, saumat limitetty ≥ 100 mm
6. Sisäverhous, kipsilevy 13mm
7. Pintakäsittely tai -verhous

U-arvo: 0,21 W/m²K

KUVIO 24. Ulkoseinät asuntojen varastojen kohdalla.

6.1.2 Runkoa täydentävät rakenteet

Ikkunat ovat tehdaskäsiteltyjä 3-kertaisia sisäänaukeavia puurakenteisia ikkunoita. Ikkunoiden karmisyyvyys on 170 mm. Ikkunoiden ulkopuite on alumiinia ja karmin uloin osa on alumiiniverhoiltu. Puitteet tiivistetään kahdella esim. PVC-tyyppisellä

putkitiivisteellä. Karmi tiivistetään ympäröivään rakenteeseen karmin syvyydeltä mineraalivillalla ja elastisella kitillä.

Ikkunaovet ovat valmistajan vakiomallisia ulosaukeavia 1-lehtisiä puu / alumiini-ovia, joissa lasina on 3-kertainen eristyslasi. Oven karminleveys on 170 mm ja ovesta on kovapuukynnys. Karmi tiivistetään ympäröivään rakenteeseen karmin syvyydeltä mineraalivillalla ja elastisella kitillä.

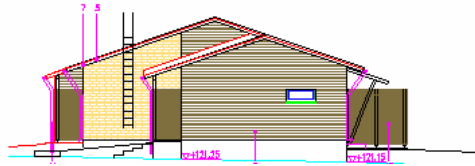
Ulko-ovet ovat vakiomallisia, tehdaskäsiteltyjä ja lämpöeristettyjä ovia puu-karmin. Ovilla on 2-kertainen eristyslasi. Karmi tiivistetään ympäröivään rakenteeseen karmin syvyydeltä mineraalivillalla ja elastisella kitillä.

6.2 As Oy Hollolan Kirsikan rakennusselostus

Kohde on rakennettu Hollolan kunnan Yli-Kartanon asuinalueelle. Tontille on rakennettu kolme 1-kerroksista rivitaloa, joissa on asuntoja yhteensä 13 kappaletta. Asuntojen huoneistoala on yhteensä 962,5 m². Asuintalojen kerrosala on yhteensä 1 132 m² ja tilavuus on 3 290 m³. Kohteessa on erillinen 22,6 m²:n väestönsuoja, joka on mitoitettu 30 henkilölle ja täyttää S1-luokan väestönsuojalle asetetut vaatimukset. Asuntojen sisäänkäynnin yhteydessä on asuntokohtainen kylmävarasto. Tontilla on myös autokatos ja talon A yhteydessä ulkoiluvälinevaja. Kuvioissa 25 - 28 on havainnollistettu As Oy Hollolan Kirsikan talon A julkisivukuvat koilliseen, luoteeseen, lounaaseen ja kaakkoon.



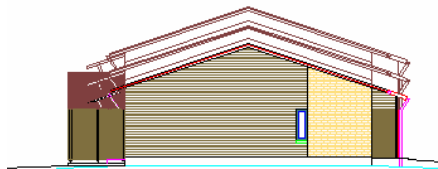
KUVIO 25. As Oy Hollolan Kirsikka, julkisivu koilliseen.



KUVIO 26. As Oy Hollolan Kirsikka, julkisivu luoteeseen.



KUVIO 27. As Oy Hollolan Kirsikka, julkisivu lounaaseen.



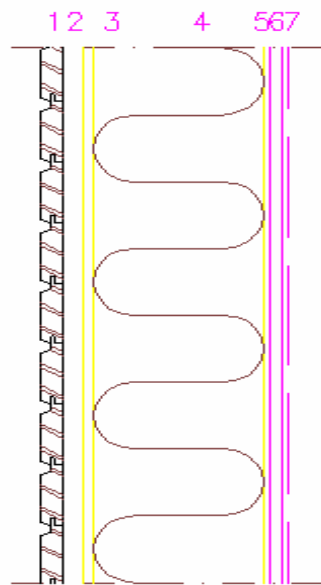
KUVIO 28. As Oy Hollolan Kirsikka, julkisivu kaakkoon.

Kuvioista 25 - 28 voidaan As Oy Hollolan Kirsikan rakennuskohteen todeta olleen arkkitehtuurisesti ja tasopoikkemiltaan monimuotoisempi, kuin As Oy Hollolan Hilla. Kuten As Oy Hollolan Hillan, myös As Oy Hollolan Kirsikan julkisivukuvissa esitetyn talo A:n mukaisesti myös kohteen muut rakennukset ovat arkkitehtuuriltaan samanlaisia. Maanmuodon tasoerojen voidaan todeta olleen suhteellisen suuria ja vaatineen porrastusta sivu- ja korkeussuunnassa.

6.2.1 Runkorakenteet

Kohteen runko on rakennettu suurelementtijärjestelmällä. Huoneistojen väliset seinät ovat muusta rungosta poiketen 200 mm:n teräsbetonielementtejä. Ulko- ja väli-seinien yksityiskohtaiset rakennetyyppiirustukset on esitetty alla olevissa kuvioissa 29 - 31. Näiden erilaisten rakenteiden käyttöalue on esitelty leikkauskuvassa

liitteissä 4. Tässä liitteessä on esitetty talo A. Liitteessä 5 on eritelty hankkeen kaikki leikkausdetaljit. Julkisivuverhouksena on osittain vaakapaneli, osittain 85 mm:n moduulitiili. Talon A pohjakuva esitetään liitteessä 6 ja liitteessä 7 on elementtipiirustus talosta A.

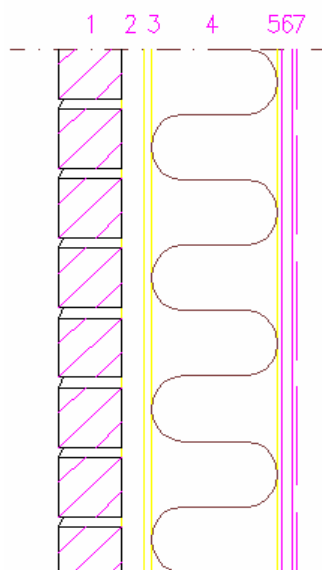


1. Ulkoverhous, vaakapaneli 21mm
2. Ilmarako, pystykoolaus 22×100, K600
3. Tuulensuojakipsilevy 9mm
4. Lämmöneriste Paroc UNS 37 ja kantavapurunko, 172 × 45, K600
5. Ilman/höyrynsulku, muovi 0,2mm, saumat limitetty ≥ 100 mm
6. Sisäverhous, kipsilevy 13mm
7. Pintakäsittely tai -verhous

Kohdat 1 - 6 puuelementti valmistajan mukaisesti

U-arvo: 0,24 W/m²K

KUVIO 29. Ulkoseinien panelipintaiset osat yleensä.

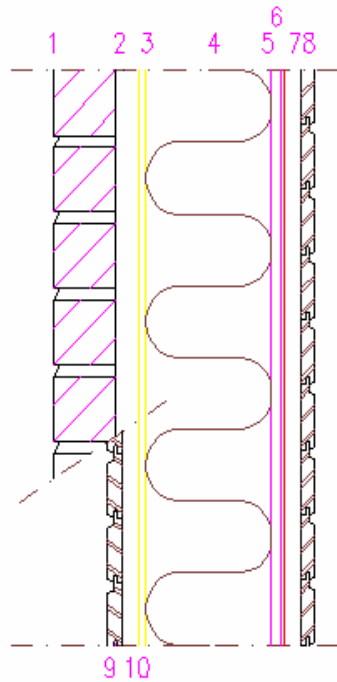


1. Ulkoverhous, tiili 85 mm
2. Ilmarako 31 mm
3. Tuulensuojakipsilevy 9mm
4. Lämmöneriste Paroc UNS 37 ja puurunko, 172 × 45, K600
5. Ilman/höyrynsulku, muovi 0,2mm, saumat limitetty ≥ 100 mm
6. Sisäverhous, kipsilevy 13mm
7. Pintakäsittely tai -verhous

Kohdat 3-6 puuelementti valmistajan mukaisesti

U-arvo: 0,24 W/m²K

KUVIO 30. Ulkoseinien tiiliverhouspintaiset osat yleensä.



1. Ulkoverhous, tiili 85 mm
2. Ilmarako 31 mm
3. Tuulensuojakipsilevy 9mm
4. Lämmöneriste Paroc UNS 37 ja puurunko, 172 × 45, K600
5. Kipsilevy EK 13mm
6. AL-muovitiivistyspaperi, saumat limitetty ≥ 100 mm ja teipattu
7. Pystykoolaus 22 × 50, K600
8. Vaakapaneli STV 15mm
9. Ulkoverhous, vaakapaneli 21 mm
10. Ilmarako, pystykoolaus 22 × 100, K600

Kohdat 3-6 puuelementti valmistajan mukaisesti

U-arvo: 0,24 W/m²K

KUVIO 31. Ulkoseinät saunojen kohdalla.

6.2.2 Runkoa täydentävät rakenteet

Ikkunat ovat tehdaskäsiteltyjä 3-kertaisia sisäänaukeavia puurakenteisia ikkunoita. Ikkunoiden karmisyvyys on 170 mm. Ikkunoiden ulkopuite on alumiinia ja karmin uloin osa on alumiiniverhoiltu. Puitteet tiivistetään kahdella esim. PVC-tyyppisellä putkitiivisteellä. Karmi tiivistetään ympäröivään rakenteeseen karmin syvyydeltä mineraalivillalla ja elastisella kitillä.

Ikkunaovet ovat valmistajan vakiomallisia ulosaukeavia 1-lehtisiä puu/alumiiniovia, joissa lasina on 3-kertainen eristyslasi. Oven karminleveys on 170 mm ja ovesa on kovapuukynnys. Karmi tiivistetään ympäröivään rakenteeseen karmin syvyydeltä mineraalivillalla ja elastisella kitillä.

Ulko-ovet ovat vakiomallisia, tehdaskäsiteltyjä ja lämpöeristettyjä ovia puu-karmin. Ovissa on 2-kertainen eristyslasi. Karmi tiivistetään ympäröivään rakenteeseen karmin syvyydeltä mineraalivillalla ja elastisella kitillä.

7 TUTKIMUSKOHTEIDEN RAKENNUSKUSTANNUKSET

Työni tarkoituksena on selvittää rakennuskustannukset kahden eri rakennuskohteen runkovaiheen osalta. Kustannuksiin on huomioitu runko vaiheiden työntekijöiden palkat ja sosiaalikulut, materiaali menekit ja käytetyt aliurakat. Nämä on jaettu osiin niin, että on itse puurunko ja sisäpuolen levytys höyrynsulkuineen, rungon lämmöneristeet, tuulensuojalevytys ja runkoa täydentävät osat: ikkunat, ikkunaovet ja ulko-ovet, katokset sekä yläpohjan puurakenteet että yläpohjan lämmöneristeet.

Työnjohdon palkat ynnä muut palkkojen lisät ja luontaisedut on laskettu siltä ajalta, mitä runkotyöt ovat kestäneet. Jäte-, vesi-, sähkö- ja lämpökustannuksia ei suoraan saa eriteltyä rungon osalta, vaan ne on otettu koko rakennusajan puitteissa ja siitä erotettu osuus minkä runkovaihe on kestänyt. Nämä eivät ole täysin vertailu kelpoisia lukuja, koska työnjohto on ohjannut koko runkovaiheen ajan myös muita töitä, sekä jätteitä, vettä ja sähköä on syntynyt myös muista työvaiheista. Lämmityskustannuksien huomioiminen on erityisen vaikeaa, koska runkovaiheen työt on tehty kesäaikana ja syksyllä, jolloin lämmitystä ei ole tarvittu siinä määrin, kuin talvella.

Pääomakustannuksina tässä vertailussa voidaan huomioida ainoastaan runkovaiheen rakennusajan korkokustannus sisäisen koron mukaan. Korkokustannukset runkovaiheen osalta eivät ole olennaisia vertailun lopputuloksen kannalta.

7.1 As Oy Hollolan Hilla

Taulukossa 3 on esitetty koko runkoprosessin töiden tavoite- ja toteumahinnat, sekä näiden erotus. Taulukossa on myös laskettu, paljonko työn osuus on euroina asuntoneliometriä kohden sekä tavoitteen, että toteuman osuudelta. Lisäksi taulukoon on laskettu prosenttiosuus, paljonko toteutuneet kustannukset ylittivät tai alittivat tavoitteelliset kustannukset.

Työmenekit puurungon ja sisäpuolen levytyksen osalta pitävät sisällään sokkeli-kaistan asennuksen, rungonteon alkaen puutavaran katkaisusta aina kiinnitykseen sekä höyrynsulun, että sisäverhouslevyn asennuksen. Rungon lämmöneristystöihin kuuluvat itse eristeen asennus ja tuulensuojan asennus. Puuikkunat, ikkunaovet ja puu-ulko-ovet on asennettu paikoilleen ja asennusvarat tiivistetty. Oleskelukatosten teko pitää kaikki työvaiheet sisällään. Yläpohjan puurakenteisiin kuuluu kattotuolien asennus ja rimoitus sekä hyönteisverkon asennus. Tavoite vaiheessa on laskettu, että YIT:n oma asennusryhmä tekee yläpohjan höyrynsulun asennuksen, mutta tämä on tehty aliurakoitsijan toimesta, kuten myös varsinainen yläpohjan lämmöneristys.

Alla olevasta taulukosta 1 voidaan nähdä kokonaisuudessaan työmenekkien toteuman ylittäneen 20,45 % tavoitteen. Ainoat työvaiheet / tapahtumat, jotka ovat tavoitteen osuudelta pitäneet paikkaansa tai alittuneet, ovat yläpohjan lämmöneristeet ja toimihenkilöiden palkat. Näistä yläpohjan lämmöneristeiden alitus on täydet 100 %, koska yläpohjan höyrynsulun asennuksen on suorittanut aliurakoitsija, joten toteutuman summa on nolla. Syitä eri vaiheiden ylittymiseen on monia, mm. suunnitelmamuutokset tavoitteen teon jälkeen, jolloin myös työmäärä lisääntyy. Tavoitevaiheessa on aliurakoihin laskettu töitä, jotka kuitenkin on tehty YIT:n omien työntekijöiden toimesta jne. Toki esimerkiksi ulko-ovien ylitys 179,87 % on todella suuri, joten näiden ylityksien syyt on selvitettävä tarkoin.

TAULUKKO 1. As Oy Hollolan Hillan runkovaiheen työmenekkien kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Puurunko+sp levytys | 10754,40 | 14 623,95 | -3869,55 | 9,48 | 12,88 | 35,98 |
| Rungon lämmöneristeet | 5256,10 | 6 109,34 | -853,24 | 4,63 | 5,39 | 16,23 |
| Puuikkunat + ikkunaovet | 2413,30 | 3 399,36 | -986,06 | 2,13 | 3,00 | 40,86 |
| Puu-ulko-ovet | 653,00 | 1 827,55 | -1174,55 | 0,58 | 1,61 | 179,87 |
| Oleskelu katokset | 1 692 | 2690,58 | -998,98 | 1,49 | 2,37 | 59,06 |
| Yläpohjan puurakenteet | 7332,20 | 11 128,68 | -3796,48 | 6,46 | 9,81 | 51,78 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 713,90 | 0,00 | 713,90 | 0,63 | 0,00 | -100,00 |
| Toimihenkilöt, 2kk | 20 661,59 | 19 814,49 | 847,10 | 18,20 | 17,46 | -4,10 |
| Yhteensä | 49476,09 | 59 593,95 | -10117,86 | 43,59 | 52,52 | 20,45 |

Alla olevassa taulukossa 2 on täysin sama laskentaperiaate, kuin taulukossa 1. Tämän taulukon tarkoituksena on selvittää kunkin vaiheen materiaalimenekkien kustannukset. Puurunko-osioon kuuluvat mm. kesto- ja kertopuu sekä käsittelemätön puutavara, sekä kiinnitystarvikkeita, sokkelikaista ja höyrinsulkupahvi ja kalvo sekä saumaeristeet. Rungon lämmöneristeet pitävät sisällään mm itse eristeet ja näiden kiinnitystarvikkeet. Puuikkunoihin, ikkunaoviin ja ulko-oviin kuuluvat itse ikkunoiden ja ovien lisäksi kiinnitystarvikkeet, tiivistys materiaalit, vesi- ja smyykipellit ja peitetulpat. Katoksiin kuuluvat puutavara ja kiinnitystarvikkeet. Yläpohjan puurakenteet pitävät sisällään kattotuolit, muun puutavaran, kiinnitystarvikkeet sekä hyönteisverkon. Yläpohjan lämmöneristeisiin kuuluu höyrinsulkumuovi.

Materiaalimenekkien lopputuloksesta näemme toteuman alittuneen 10,36 % tavoitteesta. Tapaus osoittaa, että on syytä tarkastaa tavoitelaskelmat. Tavoitteen alittuminen on joka tapauksessa tuloksen kannalta toivottava vaihtoehto. Rungon lämmöneristeet, ikkunat, ikkunaovet ja yläpohjan puurakenteet ovat hieman ylittyneet tavoitteesta, mutta kyseessä on kuitenkin vielä suhteellisen pienet lukemat. Alituk- sia on tullut kaikissa muissa, joista varsinkin oleskelukatokset ovat alittuneet 55,48 % tavoitteesta. Rahallisesti suurin alitus on ollut puurungon ja sisäpuolen levytys materiaaleissa, joiden alitus on 30 %.

TAULUKKO 2. As Oy Hollolan Hillan runkovaiheen materiaalimenekkien kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite- toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|---------------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Puurunko+sp levytys | 12123,12 | 8 485,66 | 3637,46 | 10,68 | 7,48 | -30,00 |
| Rungon lämmöneristeet | 7021,11 | 7 564,35 | -543,25 | 6,19 | 6,66 | 7,74 |
| Puuikkunat + ikkunaovet | 22046,86 | 22 250,23 | -203,37 | 19,42 | 19,60 | 0,92 |
| Puu-ulko-ovet | 8362,60 | 6 325,40 | 2037,20 | 7,37 | 5,57 | -24,36 |
| Oleskelukatokset | 5 569,00 | 2479,30 | 3089,82 | 4,91 | 2,18 | -55,48 |
| Yläpohjan puurakenteet | 17426,68 | 18 275,00 | -848,32 | 15,35 | 16,10 | 4,87 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 886,66 | 446,11 | 440,55 | 0,78 | 0,39 | -49,69 |
| Yhteensä | 73436,15 | 65 826,06 | 7610,09 | 64,70 | 58,00 | -10,36 |

Seuraavassa taulukossa 3 on eritelty eri runkovaiheissa käytetyt aliurakat. Edelleen on täysin sama laskentaperiaate, kuin taulukoissa 1 ja 2. Puurunkoon ja sisäpuolen levytyskohtaan on tavoitevaiheessa laskettu aliurakalla suoritettavaksi sokkelikais-tan asennus ja saumat. Nämä työvaiheet on tehty YIT:n hankkimilla materiaa-leilla ja omilla työmiehillä, joten näistä kertyneet kustannukset on yhdistetty taulu-koihin 1 ja 2. Rungon lämmöneristystyöhön ei ole käytetty aliurakoitsijoita. Ikku-noiden ja ikkunaovien vesi- ja smyykipellit on tehty täysin aliurakoina sekä pokien korjauksia ja asennuksia on tehnyt aliurakoitsija. Ulko-ovien smyykipellit on lasket-tu tavoitteessa aliurakoitsijan tekemäksi, mutta nämä on sisällytetty edelliseen koh-taan → puuikkunat ja ikkunaovet. Oleskelukatoksien tekoon ei ole käytetty aliura-koita. Yläpohjan puurakenteisiin aliurakoina kuuluvat palokatkovilloitukset ja kat-totuolien nostot. Yläpohjan lämmöneriste on aliurakoitsijan toimittama ja asentama puhalluseriste.

Taulukosta voidaan havaita, että kaksi kohtaa on täysin 0 %, eli rungon läm-möneristeet ja oleskelukatokset. Näihin ei tavoitevaiheessa ole varattu menoja, eikä niitä ole tullutkaan. Tavoitevaiheessa on varattu puurungolle, sisäpuolen levytyk-selle ja ulko-oville oma summansa, joiden toteuma on nolla. Eli alitus on tasan 100 %. On kuitenkin huomattava, että itse summa on ulko-ovissa hyvin pieni, jolla ei ole suurta vaikutusta lopulliseen tulokseen. Kokonaisuudessaan toteuma alittaa tavoitteen 16,98 %.

TAULUKKO 3. As Oy Hollolan Hillan runkovaiheen aliurakoiden kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Puurunko+sp levytys | 2367,05 | 0,00 | 2367,05 | 2,09 | 0,00 | -100,00 |
| Rungon lämmöneristeet | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Puuikkunat + ikkunaovet | 4710,14 | 5 409,97 | -699,83 | 4,15 | 4,77 | 14,86 |
| Puu-ulko-ovet | 481,80 | 0,00 | 481,80 | 0,42 | 0,00 | -100,00 |
| Oleskelu katokset | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Yläpohjan puurakenteet | 1938,72 | 1 612,00 | 326,72 | 1,71 | 1,42 | -16,85 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 6649,50 | 6 383,52 | 265,98 | 5,86 | 5,62 | -4,00 |
| Yhteensä | 16147,21 | 13 405,48 | 2741,73 | 14,23 | 11,81 | -16,98 |

Jäte, energia, lämmitys ja vesi kulujen laskenta on hyvin vaikeaa juuri tietyille työvaiheille, kuten jo aiemmin kohdassa 7. on mainittu. Eri työvaiheet etenevät rinnakkain toistensa kanssa, joten runkoprosessin aikana on tehty myös runkoon kuulumattomia töitä. Myös töiden juokseva eteneminen on otettava huomioon, koska ensimmäisen talon valmistuttua rungon osalta siinä alkavat heti seuraavat työvaiheet ja ovat mahdollisesti kulkeneet jo rinnan runkovaiheen kanssa. Viimeisen talon runkotöitä tehdessä ensimmäisen talon esim. laatoitukset ovat jo hyvää vauhtia käynnissä.

Kaiken kaikkiaan rakennusprosessin koko kestoajan voidaan laskea olleen 9 kuukautta, josta 2 kuukautta tehtiin runkoa ja rungon eri vaiheita. Alla olevaan taulukoon 4 on laskettu koko työmaan keston tavoitteesta ja toteumasta kahden kuukauden keskiarvo menekit. Jätehuoltomaksut koostuvat mm. rakennuspurkujätteistä, betonijätteestä, energiajätteestä, puujätteestä ja osin ongelmajätteestä. Energia ja lämmitys osioon kuuluvat sähkö, kaukolämpö ja nestekaasu. Vesi kustannukset koostuvat veden käyttömaksusta ja jäteveden käyttömaksusta.

Taulukosta voidaan huomata ensinnäkin reilu tavoitteen ylitys toteuman osalta, joka on 32,9 %. Joskin summat ovat hyvin pieniä, joten näillä ei ole huomattavaa merkitystä lopputuloksen kannalta. Tuloksista voidaan päätellä toteuman energia- ja lämmityskustannusten osalta olevan 59,8 % suurempi, kuin tavoitteen. Syy voi olla esimerkiksi tavanomaista kylmempi ja kosteampi ilma, jolloin rakennuksessa täytyy pitää puhaltimia kuivattamassa ja lämmittämässä rakennusta.

TAULUKKO 4. As Oy Hollolan Hillan runkovaiheen jäte, energia, lämmitys ja vesi kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Jätehuoltomaksut, 2kk | 612,22 | 509,33 | 102,89 | 0,54 | 0,45 | -16,81 |
| Energia ja lämmitys, 2kk | 1 528,44 | 2 442,22 | -913,78 | 1,35 | 2,15 | 59,78 |
| Vesi, 2kk | 133,33 | 70,22 | 63,11 | 0,12 | 0,06 | -47,33 |
| Yhteensä | 2274,00 | 3 021,78 | -747,78 | 2,00 | 2,66 | 32,88 |

Runkovaiheen kaikki työt yhteen laskettuna voidaan huomata, että As Oy Hollolan Hillan lopullinen tulos rungon osalta on juuri lasketun mukainen. Tavoite laskelman mukainen hinta asuntoneliometriä kohti on ollut 124,52 €/m² ja lopullinen toteutuma on ollut 124,98 €/m², eli toteuma on ylittänyt tavoitteen 0,36 %. Tulosta voidaan pitää hyvänä, koska se on lähes tavoitteen mukainen.

Taulukosta 5 voidaan tarkastella missä tavoite ja toteuma eroavat toisistaan. Sekä materiaali, että aliurakka kustannuksien tavoite on selvästi suurempi, kuin toteuma. Aliurakoiden vaikutus tässä tapauksessa on pienempi lopullista tulosta tarkasteltaessa, koska urakoiden suuruus ei ole niin merkittävä, kuin työ- ja materiaali-kustannusten. Materiaalien tavoitteen alitus puolestaan on merkittävä lopullista hintaa laskettaessa. Edellä mainittujen lisäksi alitus voi johtua mm. ennakoitua paremmista kaupoista, pienestä hukka prosentista jne.

TAULUKKO 5. As Oy Hollolan Hillan runkovaiheen kaikki kulut yhteensä.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|-----------------------------------|-----------|------------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Työt | 49476,09 | 59593,95 | -10117,86 | 43,59 | 52,51 | 20,45 |
| Materiaalit | 73436,15 | 65826,06 | 7610,09 | 64,70 | 58,00 | -10,36 |
| Aliurakat | 16147,21 | 13405,48 | 2741,73 | 14,23 | 11,81 | -16,98 |
| Jäte, energia, lämpö, vesi | 2274,00 | 3 021,78 | -747,78 | 2,00 | 2,66 | 32,88 |
| Yhteensä | 141333,44 | 141 847,27 | -513,83 | 124,52 | 124,98 | 0,36 |

7.2 As Oy Hollolan Kirsikka

Kuten As Oy Hollolan Hillan taulukoissa 1 - 5 on myös näissä As Oy Hollolan Kirsikan taulukoissa 6 - 10 esitetty koko runkoprosessin töiden tavoite- ja toteumahinnat, sekä näiden erotus. Taulukossa on myös laskettu, paljonko työn osuus on euroina asuntoneliometriä kohden sekä tavoitteen osuudelta, että toteuman osuudelta. Lisäksi taulukkoon on laskettu prosenttiosuus, paljonko toteutuneet kustannukset ylittivät tai alittivat tavoitteelliset kustannukset.

Kohde eroaa As Oy Hollolan Hillasta siten, että As Oy Hollolan Kirsikan talojen rungot ovat tehdasvalmisteisia elementtejä, jotka on toimitettu työmaalle. Osin

rungot on tehty paikalla, kuten esimerkiksi asuntokohtaiset varastotilat. Paikalla rakennettu runko pitää töiden osalta sisällään sokkelikaistan asennuksen, rungon teon alkaen puutavaran katkaisusta aina kiinnitykseen, eristeiden ja kipsilevyjen asennuksen. Rungon puuelementteihin kuuluu töiden osalta sokkelikaistan ja elementtien asennus. Puuikkunat, ikkunaovet ja puu-ulko-ovet on asennettu paikoilleen ja asennusvarat tiivistetty jo elementti tehtaalla. Oleskelukatosten teko pitää kaikki työvaiheet sisällään. Yläpohjan puurakenteisiin kuuluu kattotuolien asennus ja rimoitus sekä hyönteisverkon asennus. Kuten As Oy Hollolan Hillassa, myös tässä tavoite vaiheessa on laskettu, että YIT:n oma asennusryhmä tekee yläpohjan höyrynsulun asennuksen, mutta tämä on tehty aliurakoitsijan toimesta.

Alla olevasta taulukosta 6 voidaan todeta kaikkien rungon ja runkoon liittyvien työvaiheiden ylittyneen reilusti lukuun ottamatta jo aiemmin mainittua yläpohjan lämmöneristettä sekä toimihenkilöiden palkkojen 4,73 % tavoitteen ylitystä. Toimihenkilöiden palkkojen ylitys johtuu laskettua pidempään kestäneestä runkovaiheen rakennusajasta. Paikalla rakennetun rungon 89,16 % ylitys johtuu siitä, että tavoitevaiheessa työt on laskettu tehtäväksi aliurakkana, joten aliurakka taulukossa 8 samassa kohdassa on oltava summaltaan samansuuruinen alitus. Huomioitavaa on myös, että kohde oli yksikön ensimmäinen puuelementtikohde ja asennus on tehty omana työnä. Kokonaisuudessaan työmenekit ovat ylittäneet tavoitteen 35,13 %, jota voidaan pitää todella suurena ylityksenä prosentuaalisesti.

TAULUKKO 6. As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen työmenekkien kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Paikalla rakennettu runko | 2721,20 | 5147,55 | -2426,35 | 2,83 | 5,35 | 89,16 |
| Rungon puuelementit | 1862,00 | 3886,29 | -2024,29 | 1,93 | 4,04 | 108,72 |
| Puuikkunat + ikkunaovet | 392,00 | 585,66 | -193,66 | 0,41 | 0,61 | 49,40 |
| Puu-ulko-ovet | 728,00 | 1154,56 | -426,56 | 0,76 | 1,20 | 58,59 |
| Oleskelu katokset | 2241,40 | 3423,08 | -1181,68 | 2,33 | 3,56 | 52,72 |
| Yläpohjan puurakenteet | 5582,20 | 9 951,39 | -4369,19 | 5,80 | 10,34 | 78,27 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 290,40 | 0,00 | 290,40 | 0,30 | 0,00 | -100,00 |
| Toimihenkilöt, 2kk | 18013,45 | 18 865,36 | -851,92 | 18,72 | 19,60 | 4,73 |
| Yhteensä | 31830,65 | 43 013,89 | -11183,24 | 33,07 | 44,69 | 35,13 |

Seuraavassa taulukossa 7 on tarkasteltu rungon eri vaiheiden materiaalimenekit. Paikalla rakennettuun runkoon kuuluvat mm. käsittelemätön puutavara, liimapuu, kiinnitystarvikkeet, sokkelikaista, lämmöneristeet sekä kipsilevyt. Rungon puuelementtien materiaaleihin kuuluvat elementit, kiinnitystarvikkeet ja sokkelikaistat. Puuikkunoihin, ikkunaoviin ja ulko-oviin kuuluvat ikkunat ja ovet, jotka YIT itse on hankkinut ja toimittanut elementtitehtaalle asennusta varten. Katoksiin kuuluvat puutavara ja kiinnitys tarvikkeet. Yläpohjan puurakenteet pitävät sisällään katto-tuolit, muun puutavaran, kiinnitystarvikkeet sekä hyönteisverkon. Yläpohjan lämmöneristeisiin kuuluvat höyrynsulkumuovi ja -teippi.

Taulukkoa 7 tarkasteltaessa voidaan todeta tavoitteen alittuneen rungon puuelementtien, puuikkunoiden ja ikkunaovien osalta. Alitus selittyy todella hyvin onnistuneilla kaupoilla. Puu-ulko-ovet ovat ylittäneet tavoitteen 6,29 %, joka selittyy joko huonosti onnistuneilla kaupoilla tai määrä / kustannus muutoksilla. Kaikkien loppujen runkovaiheiden materiaalimenekit ovat selvästi prosentuaalisesti ylittäneet tavoitteen. Runkovaiheen kaikki materiaalimenekit yhteen laskettaessa tavoitteen ylitys on ollut kuitenkin vain 3,27 %.

TAULUKKO 7. As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen materiaalimenekien kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|----------------------------------|-----------|------------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Paikalla rakennettu runko | 3292,67 | 4182,98 | -890,31 | 3,42 | 4,35 | 27,04 |
| Rungon puuelementit | 50171,45 | 48952,56 | 1218,89 | 52,13 | 50,86 | -2,43 |
| Puuikkunat + ikkunaovet | 19683,48 | 19567,96 | 115,52 | 20,45 | 20,33 | -0,59 |
| Puu-ulko-ovet | 7120,20 | 7567,91 | -447,71 | 7,40 | 7,86 | 6,29 |
| Oleskelu katokset | 3827,86 | 4738,37 | -910,51 | 3,98 | 4,92 | 23,79 |
| Yläpohjan puurakenteet | 13631,30 | 15789,17 | -2157,88 | 14,16 | 16,40 | 15,83 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 761,66 | 913,75 | -152,09 | 0,79 | 0,95 | 19,97 |
| Yhteensä | 98488,62 | 101 712,70 | -3224,08 | 102,33 | 105,68 | 3,27 |

Seuraavassa taulukossa 8 on eritelty eri runkovaiheissa käytetyt aliurakat. Edelleen on täysin sama laskenta periaate, kuin taulukoissa 6 ja 7. Paikalla rakennettuun runkoon on tavoitevaiheessa laskettu aliurakoilla suoritettavaksi osa töistä. Nämä

työ vaiheet on tehty YIT:n omilla ammattimiehillä, joten näistä kertyneet kustannukset on taulukossa 6. Tämä selittää 100 % alituksen. Rungon puuelementteihin on aliurakointina kuuluvana olleet nosturit ja nostot. Tämä 85 % ylitys johtuu odotustunneista ja sääolosuhteista. Ikkunoiden ja ikkunaovien vesi- ja smyykipellit on tehty täysin aliurakoina sekä pokien korjauksia ja asennuksia on tehnyt aliurakoitsija. Myös ulko-ovien smyykipellit on aliurakoitsijan tekemät sekä tavoitteessa, että toteumassa. Oleskelukatoksien tekoon ei ole laskettu, eikä käytetty aliurakoita. Yläpohjan puurakenteisiin aliurakoina kuuluvat palokatko villoitukset ja kattotuolien nostot, joiden toteuma on hyvin lähellä tavoitetta. Yläpohjan lämmöneriste on aliurakoitsijan toimittama ja asentama puhalluseriste, joka on alittunut tavoitteesta 8,48 %.

TAULUKKO 8. As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen aliurakoiden kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Paikalla rakennettu runko | 2484,00 | 0,00 | 2484,00 | 2,58 | 0,00 | -100,00 |
| Rungon puuelementit | 2220,00 | 4107,00 | -1887,00 | 2,31 | 4,27 | 85,00 |
| Puuikkunat + ikkunaovet | 2299,00 | 3035,25 | -736,25 | 2,39 | 3,15 | 32,02 |
| Puu-ulko-ovet | 775,00 | 830,65 | -55,65 | 0,81 | 0,86 | 7,18 |
| Oleskelu katokset | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Yläpohjan puurakenteet | 2400,00 | 2 449,00 | -49,00 | 2,49 | 2,54 | 2,04 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 5915,00 | 5413,25 | 501,75 | 6,15 | 5,62 | -8,48 |
| Yhteensä | 16093,00 | 15 835,14 | 257,86 | 16,72 | 16,45 | -1,60 |

Kuten As Oy Hollolan Hillassa, myös tässä kohteessa jäte-, energia-, lämmitys- ja vesikulujen laskenta on hyvin vaikeaa juuri tietyille työvaiheille. Eri työvaiheet etenevät rinnakkain toistensa kanssa, joten runkoprosessin aikana on tehty myös runkoon kuulumattomia töitä. Myös töiden juokseva eteneminen on otettava huomioon, koska ensimmäisen talon valmistuttua rungon osalta siinä alkavat heti seuraavat työvaiheet ja ovat mahdollisesti kulkeneet jo rinnan runkovaiheen kanssa. Viimeisen talon runkotöitä tehdessä ensimmäisen talon sisävalmistustyöt ovat jo pitkällä käynnissä, esim. laatoitukset.

Kaiken kaikkiaan rakennusprosessin koko kestoajan voidaan laskea olleen 8 kuukautta, josta 2 kuukautta tehtiin runkoa ja rungon eri vaiheita. Alla olevaan taulukoon 9 on laskettu koko työmaan keston tavoitteesta ja toteumasta kahden kuukauden keskiarvomenekit. Jätehuoltomaksut koostuvat mm. rakennuspurkujätteistä, betonijätteestä, energiajätteestä, puujätteestä ja osin ongelmajätteestä. Energia ja lämmitys osioon kuuluvat sähkö, kaukolämpö ja nestekaasu. Vesi kustannukset koostuvat veden käyttömaksusta ja jäteveden käyttömaksusta.

Taulukosta 9 voidaan huomata ensinnäkin tavoitteen alitus toteuman osalta. Joskin summat ovat hyvin pieniä, joten näillä ei ole huomattavaa merkitystä lopputuloksen kannalta. Tuloksista voidaan päätellä toteuman energia- ja lämmityskustannusten osalta olevan ainoa, joka ylitti tavoitteen. Syitä voivat olla esimerkiksi tavanomaisista kylmempi ilma, päälle jätetyt tai unohdetut valot, koneet ja laitteet.

TAULUKKO 9. As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen jäte, energia, lämmitys ja vesi kustannukset.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite-toteuma € | Tavoite €/Asm ² | Toteuma €/Asm ² | % Ylitys / alitus |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| Jätehuoltomaksut, 2kk | 448,5 | 349,5 | 99,00 | 0,47 | 0,36 | -22,07 |
| Energia ja lämmitys, 2kk | 1187,75 | 1246,5 | -58,75 | 1,23 | 1,30 | 4,95 |
| Vesi, 2kk | 184,5 | 62,25 | 122,25 | 0,19 | 0,06 | -66,26 |
| Yhteensä | 1820,75 | 1 658,25 | 162,50 | 1,89 | 1,72 | -8,92 |

Runkovaiheen kaikki työt yhteen laskettuna voidaan huomata, että As Oy Hollolan Kirsikan lopullinen toteuma rungon osalta ylitti lasketun mukaisen tavoitteen. Tavoite laskelman mukainen hinta asuntoneliometriä kohti on ollut 154,01 €/m² ja lopullinen toteutuma on ollut 168,54 €/m², eli toteuma on ylittänyt tavoitteen 9,44 %. Tulosta voidaan pitää heikkona, koska se ei ole tavoitteen mukainen.

Taulukosta 10 voidaan tarkastella missä tavoite ja toteuma eroavat toisistaan. Sekä aliurakka-, että jäte-, energia-, lämpö- ja vesikustannuksien tavoite on suurempi, kuin toteuma. Lopullisessa tuloksessa näillä ei ole summien suuruudesta johtuen merkittävää vaikutusta. Materiaalien tavoitteen ylitys puolestaan on merkittävä

lopullista hintaa laskettaessa, vaikei prosentuaalinen ylitys ole kuin 3,27 %. Tämä johtuu materiaalikustannusten suuresta osuudesta runkovaiheen kaikista kuluista. Suurin vaikuttava tekijä lopulliseen tavoitteen ylitykseen johtuu työmenekeistä, joka on 35,13 %.

TAULUKKO 10. As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen kaikki kulut yhteensä.

| | Tavoite € | Toteuma € | Ero tavoite- toteuma € | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | % Ylitys / alitus |
|-----------------------------------|-----------|------------|---------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Työt | 31830,65 | 43013,89 | -11183,24 | 33,07 | 44,69 | 35,13 |
| Materiaalit | 98488,62 | 101712,70 | -3224,08 | 102,33 | 105,68 | 3,27 |
| Aliurakat | 16093,00 | 15835,14 | 257,86 | 16,72 | 16,45 | -1,60 |
| Jäte, energia, lämpö, vesi | 1820,75 | 1 658,25 | 162,50 | 1,89 | 1,72 | -8,92 |
| Yhteensä | 148233,02 | 162 219,98 | -13986,96 | 154,01 | 168,54 | 9,44 |

8 KUSTANNUSTEN JA TULOSTEN VERTAILU

Kustannusten ja tulosten vertailutaulukoissa on käytetty aiemmin saatuja arvoja sekä As Oy Hollolan Hillasta, että As Oy Hollolan Kirsikasta. Taulukoihin on otettu tavoite ja toteuma summat asuntoneliometriä kohti molemmista kohteista. Nämä summat on esitetty sekä erotuksena, että tavoitteen ylitys- tai alitusprosenttina. Erotus tavoitteen ja toteuman osalta on laskettu aina As Oy Hollolan Hilla - As Oy Hollolan Kirsikka. Näin on saatu tulos, jonka ollessa positiivinen se tarkoittaa As Oy Hollolan Hillan olleen kalliimpi ja tuloksen ollessa negatiivinen As Oy Hollolan Kirsikan olleen kalliimpi. Tavoitteen ja toteuman ylitys- / alitusprosenttiin on vertailu kohteena käytetty As Oy Hollolan Kirsikkaa. Prosenttiosuuden ollessa negatiivinen ovat As Oy Hollolan Hillan kustannukset olleet kalliimpia asuntoneliometriä kohti ja tuloksen ollessa positiivinen As Oy Hollolan Kirsikan kustannukset ovat olleet kalliimpia. Vertailun mahdollistamiseksi kohteiden varsinaiset runkotyöt on yhdistetty yhdeksi sarakkeeksi, jonka nimi on puurunko. Puurunko pitää sisälään As Oy Hollolan Hillan puurungon, sisäpuolen levytyksen ja lämmöneristyksen ja As Oy Hollolan Kirsikan puurunko sisältää paikalla rakennetun puurungon levytyksineen ja rungon puuelementit.

Koska kohteet rakennettiin eri aikaan, on tavoitteita ja toteumia verrattava rakennuskustannusindeksillä korjattuna. Rakennuskustannusindeksi on otettu vertailuissa huomioon siten, että As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan tavoitevaiheen aikaisien indeksien erotus on 2,5 %, joten As Oy Hollolan Hillan tavoitteeseen on lisätty 2,5 % hintoihin. Toteumavaiheen aikainen rakennuskustannusindeksien ero As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan välillä on 4,2 %. Tämä 4,2 % ero on otettu huomioon As Oy Hollolan Hillan toteuma hinnoissa. Tällä menettelyllä saadaan tarkemmat vertailuhinnat. Rakennuskustannusindeksit on otettu huomioon vain kohteita vertailevissa taulukoissa 11 - 15.

Alla olevassa taulukossa 11 on tarkasteltu kustannuksia runkovaiheen töiden osalta. Taulukosta voidaan nähdä As Oy Hollolan Kirsikan työkustannusten olleen pääsääntöisesti huomattavasti pienemmät, kuin As Oy Hollolan Hillassa. Tämä selittyy puurungon osalta täysin sillä, että As Oy Hollolan Kirsikassa käytettiin suurelementtejä, joten työvoimakustannukset ovat työmaalla huomattavan paljon pienemmät kuin paikalla rakennetussa As Oy Hollolan Hillassa. As Oy Hollolan Hillan puuikkunat ja ikkunaovet ovat olleet sekä tavoitteen, että toteuman osalta noin 80 % suuremmat. Hintaero As Oy Hollolan Kirsikan hyväksi selittyy sillä, että kyseessä olevat osat on asennettu elementtitehtaalla paikoilleen ja As Oy Hollolan Hillassa omien ammattimiesten toimesta.

As Oy Hollolan Kirsikan ikkunoiden, ikkunaovien ja puu-ulko-ovien asennushinta näkyy materiaaleissa osana elementtien hintaa. Oleskelukatoksien erot sekä tavoitteessa, että toteumassa selittyvät As Oy Hollolan Hillan asennusryhmän kokemuksella. YIT:n omilla työntekijöillä on ollut As Oy Hollolan Hillassa suuri oma urakka, joka on motivoinut työn suorituksessa. Muut kulut ovat kohtuullisen pieniä kokonaisuuden kannalta, eikä niissä ole merkittäviä poikkeamia tavoitteen ja toteuman tai rakennuskohteiden välillä. Koska kohteet rakennettiin eri aikaan, osa tavoitteiden ylityksistä johtuu pakollisista vuotuisista palkkamenojen korotuksista, joita ei ole voitu huomioida tavoitelaskelmissa. Lisäksi tavoitelaskelmat on mahdollisesti tehty huomattavan paljon aiemmin ennen kohteiden rakennustöiden aloittamista.

TAULUKKO 11. Vertailu As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen töistä.

| | As Oy Hollolan Hilla | | As Oy Hollolan Kirsikka | | Erotus tavoite €/Asm2 | Erotus toteuma €/Asm2 | Tavoite % Ylitys / alitus | Toteuma % Ylitys / alitus |
|--|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | | | | |
| Puurunko | 14,46 | 19,04 | 4,76 | 9,39 | 9,70 | 9,65 | -67,09 | -50,68 |
| Puuikkunat + ikkuna- naövet | 2,18 | 3,12 | 0,41 | 0,61 | 1,77 | 2,51 | -81,31 | -80,50 |
| Puu-ulko-ovet | 0,59 | 1,68 | 0,76 | 1,20 | -0,17 | 0,48 | 28,26 | -28,51 |
| Oleskelu katokset | 1,53 | 2,47 | 2,33 | 3,56 | -0,80 | -1,09 | 52,44 | 43,98 |
| Yläpohjan puura- kenteet | 6,62 | 10,22 | 5,80 | 10,34 | 0,82 | -0,12 | -12,41 | 1,20 |
| Yläpohjan läm- mönneristeet | 0,64 | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | -53,20 | 0,00 |
| Toimihenkilöt, 2kk | 18,66 | 18,19 | 18,72 | 19,60 | -0,06 | -1,41 | 0,30 | 7,75 |
| Yhteensä | 44,68 | 54,71 | 33,07 | 44,69 | 11,62 | 10,02 | -26,00 | -18,31 |

Alla olevassa taulukossa 12 on tarkasteltu kustannuksia runkovaiheen materiaalien osalta. Taulukosta voidaan nähdä As Oy Hollolan Kirsikan materiaalikustannusten olleen kaikilla osa-alueilla suuremmat kuin As Oy Hollolan Hillan. Kuten aiemmin on jo mainittu, elementtirakenteissa materiaalit ovat kalliimpia, koska iso osa työ-kustannuksista sisältyy elementtien hintaan. Elementtirakenteiden suuri hintaero materiaalien osalta verrattuna paikalla rakennettuun tasoittuu kuitenkin osittain työvoimakustannusten pienenemisen takia rakennuspaikalla. Tämä nähdään myös taulukosta 11. Puurungon osalta eroavaisuus johtuu As Oy Hollolan Kirsikassa käytetyistä elementeistä. Puuikkunoiden ja ikkunaovien ero selittyy määrä eroilla verrattuna asm^2 . Puu-ulko-ovet As Oy Hollolan Kirsikassa ovat olleet kustannuk-siltaan kalliimmat / kpl, kuin As Oy Hollolan Hillan. Muutoin eroavaisuudet johtu-vat esimerkiksi hukkamateriaalista ja määrämuutoksista.

TAULUKKO 12. Vertailu As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen materiaaleista.

| | As Oy Hollolan Hilla | | As Oy Hollolan Kirsikka | | Erotus tavoite €/Asm2 | Erotus toteuma €/Asm2 | Tavoite % Ylitys / alitus | Toteuma % Ylitys / alitus |
|--|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | | | | |
| Puurunko | 17,02 | 14,42 | 55,55 | 55,21 | -38,53 | -40,78 | 226,33 | 282,82 |
| Puuikkunat + ikkuna- naövet | 19,91 | 20,43 | 20,45 | 20,33 | -0,54 | 0,10 | 2,71 | -0,47 |
| Puu-ulko-ovet | 7,55 | 5,81 | 7,40 | 7,86 | 0,15 | -2,06 | -2,05 | 35,40 |
| Oleskelu katokset | 5,03 | 2,28 | 3,98 | 4,92 | 1,05 | -2,65 | -20,92 | 116,29 |
| Yläpohjan puura- kenteet | 15,74 | 16,78 | 14,16 | 16,40 | 1,58 | 0,37 | -10,01 | -2,22 |
| Yläpohjan läm- mönneristeet | 0,80 | 0,41 | 0,79 | 0,95 | 0,01 | -0,54 | -1,17 | 131,80 |
| Yhteensä | 66,05 | 60,12 | 102,33 | 105,68 | -36,27 | -45,56 | 54,92 | 75,78 |

Alla olevassa taulukossa 13 on tarkasteltu kustannuksia kohteiden runkovaiheen aliurakoiden osalta. Huomioitavaa on, että puurungon ja puu-ulko-ovien toteutuma ei voida verrata, koska As Oy Hollolan Hillassa asennukset on tehty omana työnä, eli näiden vaiheiden toteutuma on ollut 0,00. Tavoitteen osalta puurunko ja puu-ulko-ovet ovat olleet As Oy Hollolan Kirsikassa prosentuaalisesti huomattavasti kalliimpia. Ero puurungon osalta selittyy täysin As Oy Hollolan Kirsikan elementtien asennukseen tarvittavalla nostokalustolla. Puu-ulko-ovien ero selittyy sillä, että As Oy Hollolan Hillan ovien asennus on tehty tavoitteesta huolimatta täysin omana työnä ja tavoitevaiheessa As Oy Hollolan Kirsikan puu-ulko-ovien aliurakoille asetetut pellitysmäärät ja työn kestot ovat hieman muuttuneet. Huomioitavaa on myös, että molemmissa kohteissa sekä tavoite, että toteuma oleskelukatoksille on 0,00 joten tästä vertailutuloksena on 0 %. Puuikkunoiden ja ikkunaovien aliurakoihin molemmissa kohteissa kuuluvat pellitykset. As Oy Hollolan Hillan ylitys sekä tavoitteen, että toteuman osalta selittyvät As Oy Hollolan Kirsikan suurilla ikkunoiden ja ovien esiasennusasteella. Eli jo elementtitehtaalla on tehty osa pellityksistä. Yläpohjan puurakenteiden aliurakka kustannukset koostuvat nostoista ja ajoneuvonostureiden urakoista. As Oy Hollolan Kirsikan 71,9 % ylitys verrattuna As Oy Hollolan Hillaan johtuu As Oy Hollolan Kirsikan katon monimuotoisuudesta, urakka-ajan pitkittymisestä ja sääolosuhteista, joskin näihin on osattu varau-

tua jo tavoitevaiheessa. Kaiken kaikkiaan As Oy Hollolan Kirsikan aliurakat ovat olleet 33,7 % kalliimmat asuntoneliometriä kohti, kuin As Oy Hollolan Hillan.

TAULUKKO 13. Vertailu As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan runkovaiheen aliurakoista.

| | As Oy Hollolan Hilla | | As Oy Hollolan Kirsikka | | Erotus tavoite €/Asm ² | Erotus toteuma €/Asm ² | Tavoite % Ylitys / alitus | Toteuma % Ylitys / alitus |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------------|
| | Tavoite €/Asm ² | Toteuma €/Asm ² | Tavoite €/Asm ² | Toteuma €/Asm ² | | | | |
| Puurunko | 2,14 | 0,00 | 4,89 | 4,27 | -2,75 | -4,27 | 128,14 | N/A |
| Puuikkunat + ikkuna- naövet | 4,25 | 4,97 | 2,39 | 3,15 | 1,87 | 1,81 | -43,85 | -36,51 |
| Puu-ulko-ovet | 0,44 | 0,00 | 0,81 | 0,86 | -0,37 | -0,86 | 85,06 | N/A |
| Oleskelu katokset | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Yläpohjan puura- kenteet | 1,75 | 1,48 | 2,49 | 2,54 | -0,74 | -1,06 | 42,42 | 71,93 |
| Yläpohjan läm- mönneristeet | 6,01 | 5,86 | 6,15 | 5,62 | -0,14 | 0,24 | 2,34 | -4,03 |
| Yhteensä | 14,59 | 12,31 | 16,72 | 16,45 | -2,13 | -4,15 | 14,62 | 33,68 |

Alla olevassa taulukossa 14 on vertailtu kohteiden jäte, energia, lämmitys ja vesi kustannuksia runkovaiheen osalta. Tavoitteet molemmissa kohteissa on arvioitu tavoitelaskennan aikana vastaavien rakennuskohteiden menekkien mukaan tasauslaskujen avulla. As Oy Hollolan Hillan jätehuoltomaksut ovat 22,3 % suuremmat pääosin paikalla rakentamisen takia, jolloin työmaan materiaalihukka on huomattavan paljon suurempi, kuin elementtirakenteisessa kohteessa. Energia- ja lämmityskulujen 42,2 % ero selittyy As Oy Hollolan Hillan rakennusajankohdan sääolosuhteilla ja huomattavan paljon suuremman työkonokannan takia. Vesikustannukset molemmissa kohteissa ovat 0,06 €/asm², joten näistä ei synny eroa. Lopputuloksesta voidaan todeta As Oy Hollolan Hillan olleen 37,9 % kalliimpi, kuin As Oy Hollolan Kirsikka.

TAULUKKO 14. Vertailu As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan runkoviheen jäte, energia, lämmitys ja vesi kustannuksista.

| | As Oy Hollolan Hilla | | As Oy Hollolan Kirsikka | | Erotus tavoite €/Asm2 | Erotus toteuma €/Asm2 | Tavoite % Ylitys / alitus | Toteuma % Ylitys / alitus |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | | | | |
| Jätehuoltomaksut, 2kk | 0,55 | 0,47 | 0,47 | 0,36 | 0,09 | 0,10 | -15,72 | -22,34 |
| Energia ja lämmitys, 2kk | 1,38 | 2,24 | 1,23 | 1,30 | 0,15 | 0,95 | -10,60 | -42,24 |
| Vesi, 2kk | 0,12 | 0,06 | 0,19 | 0,06 | -0,07 | 0,00 | 59,19 | 0,00 |
| Yhteensä | 2,05 | 2,77 | 1,89 | 1,72 | 0,16 | 1,05 | -7,88 | -37,90 |

Alla olevassa taulukossa 15 on vertailtu kohteiden runkoviheen kaikkia kustannuksia. As Oy Hollolan Hilla on ollut runkoviheen osalta edullisempi sekä tavoitteettā toteumavaiheessa. Tavoitteen aikainen ero As Oy Hollolan Hillan hyväksi on 26,63 €/asm² ja toteuman aikainen 38,63 €/asm². Prosentteissa tämä tarkoittaa As Oy Hollolan Kirsikan tulleen tavoitteen osalta 20,9 % ja toteuman osalta 29,7 % kalliimmaksi. Syyt eroihin on eritelty taulukoissa 11 - 14.

TAULUKKO 15. Vertailu As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan runkoviheen kaikista kustannuksista.

| | As Oy Hollolan Hilla | | As Oy Hollolan Kirsikka | | Erotus tavoite €/Asm2 | Erotus toteuma €/Asm2 | Tavoite % Ylitys / alitus | Toteuma % Ylitys / alitus |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | Tavoite €/Asm2 | Toteuma €/Asm2 | | | | |
| Työt | 44,68 | 54,71 | 33,07 | 44,69 | 11,62 | 10,02 | -26,00 | -18,91 |
| Materiaalit | 66,05 | 60,12 | 102,33 | 105,68 | -36,27 | -45,56 | 54,92 | 75,78 |
| Aliurakat | 14,59 | 12,31 | 16,72 | 16,45 | -2,13 | -4,15 | 14,62 | 33,68 |
| Jäte, energia, lämpö, vesi | 2,05 | 2,77 | 1,89 | 1,72 | 0,16 | 1,05 | -7,88 | -37,90 |
| Yhteensä | 127,38 | 129,91 | 154,01 | 168,54 | -26,63 | -38,63 | 20,91 | 29,74 |

9 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia miten runkovaiheen kustannukset muodostuvat As Oy Hollolan Hillassa ja As Oy Hollolan Kirsikassa. Saatuja tuloksia on vertailtu kokonaisrakennuskustannusindeksin avulla. Rakennuskustannusindeksit on lisätty As Oy Hollolan Hillan kustannuksiin ja näin ollen tulokset ovat täysin vertailukelpoisia As Oy Hollolan Kirsikan tulosten kanssa.

Yhteenvetona As Oy Hollolan Hillan kaikista kustannuksista voitiin huomata työmenekkien ylittäneen yli 10 000 € tavoitteen, eli 20,45 %. Materiaalikustannukset ovat alittaneet tavoitteen 7 610 €, joka on 10,36 %. Myös aliurakkakustannukset ovat alittuneet tavoitteen osalta. Alitus summa oli 2 741 €, eli 17 %. Jäte-, energia-, lämpö- ja vesikustannukset ovat ylittäneet tavoitteen 748 €, eli 32,88 %. Kaikkien kustannusten yhteenlaskettu toteuma ylitti 513,8 € yhteenlasketun tavoitteen, joka on 0,36 %.

As Oy Hollolan Kirsikan kaikista kustannuksista voitiin huomata työmenekkien ylittäneen yli 11 183 € tavoitteen, eli 35,13 %. Materiaalikustannukset ovat ylittäneet tavoitteen 3 224 €, joka on 3,27 %. Aliurakkakustannukset ovat alittuneet tavoitteen osalta. Alitus summa oli 258 €, eli 1,6 %. Jäte-, energia-, lämpö- ja vesikustannukset ovat alittaneet tavoitteen 163 €, eli 8,9 %. Kaikkien kustannusten yhteenlaskettu toteuma ylitti 13 987 € yhteenlasketun tavoitteen, joka on 9,4 %.

Näissä kohteiden omissa kustannustarkkailuissa tavoitteen ja toteuman osalta ei ole otettu huomioon rakennuskustannusindeksiä, koska tavoitevaiheessa sovitut kaupat, aliurakat, omien miesten urakat jne on sovittu sitoviksi kustannuksiltaan. Rakennuskustannusindeksiä ei ole tarvinnut huomioida myöskään kohteiden lyhyen rakennus- ja urakka-ajan takia.

Kohteiden keskinäisessä vertailussa As Oy Hollolan Hillan tuloksiin on lisätty rakennuskustannusindeksi siten, että As Oy Hollolan Hillan tavoite on laskettu lopulliseksi 02/2005, ja toteumahinnat on saatu lopullisiksi 02/2006. Vastaava tavoitteen lopullinen tulos As Oy Hollolan Kirsikassa on laskettu 04/2006 ja toteuma hinnat

on saatu lopullisiksi 13/2006. Näiden tavoitteiden ja toteumien aikaisien rakennuskustannusindeksien erotuksesta on saatu prosenttiluvut, minkä verran rakennuskustannukset ovat nousseet kyseisillä aikaväleillä. As Oy Hollolan Hillan tavoiteaikaisiin kustannuksiin on lisätty 2,5 %, jotta ne vastasivat As Oy Hollolan Kirsikan tavoitteenaikaisia kustannuksia. Toteumakustannuksiin on vastaavasti lisätty 4,2 %, jotta ne vastasivat As Oy Hollolan Kirsikan toteumakustannuksia.

As Oy Hollolan Hillan ja As Oy Hollolan Kirsikan vertailussa kaikkien kustannusten osalta voitiin työmenekkien osalta huomata tavoitteen olleen As Oy Hollolan Hillassa 11,63 € suurempi asuntoneliometriä kohti, kuin As Oy Hollolan Kirsikassa. Ylitys prosenteissa oli 26 %. Toteuma asuntoneliometriä kohti oli As Oy Hollolan Hillassa työmenekkien osalta 10,02 € suurempi, eli 18,9 %, kuin As Oy Hollolan Kirsikassa.

Materiaalien osalta As Oy Hollolan Hilla oli tavoitteen osalta 36,27 € edullisempi asuntoneliometriä kohti ja toteuman osalta 45,56 € edullisempi asuntoneliometriä kohti, kuin As Oy Hollolan Kirsikka. As Oy Hollolan Kirsikan materiaalit ovat tulleet tavoitteen osalta 54,9 % ja toteuman osalta 75,8 % kalliimmiksi, kuin As Oy Hollolan Hillan.

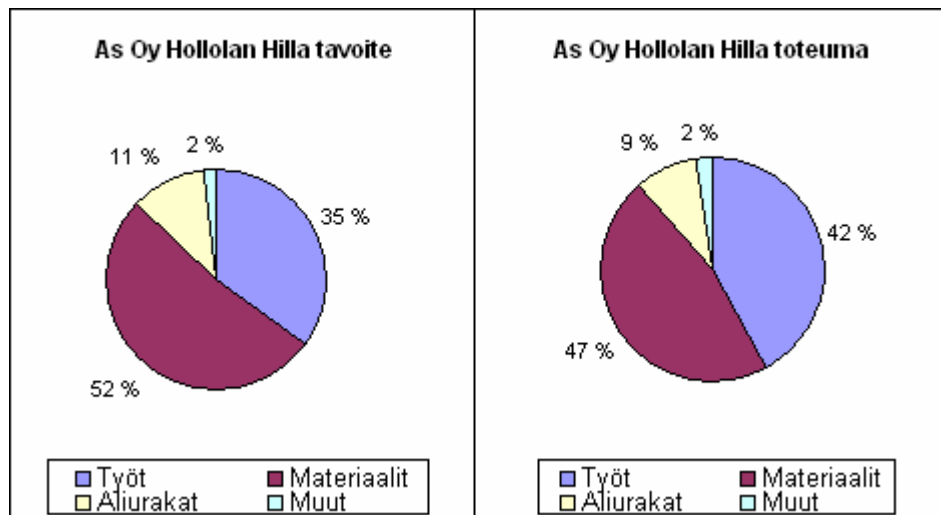
Aliurakoiden osalta voitiin huomata tavoitteen olleen As Oy Hollolan Hillassa 2,13 € pienempi asuntoneliometriä kohti, kuin As Oy Hollolan Kirsikassa. Alitus prosenteissa oli 14,6 %. Toteuma asuntoneliometriä kohti oli As Oy Hollolan Hillassa aliurakoiden osalta 4,15 € pienempi, eli 33,7 %, kuin As Oy Hollolan Kirsikassa.

Jäte-, energia-, lämpö- ja vesikustannusten osalta As Oy Hollolan Hilla oli tavoitteen osalta 0,16 € kalliimpi asuntoneliometriä kohti ja toteuman osalta 1,05 € kalliimpi asuntoneliometriä kohti, kuin As Oy Hollolan Kirsikka. As Oy Hollolan Hillan jäte-, energia-, lämpö- ja vesikustannusten ovat tulleet tavoitteen osalta 7,9 % ja toteuman osalta 37,9 % kalliimmiksi, kuin As Oy Hollolan Kirsikan.

Kaikki kustannukset yhteenlaskettuna ja As Oy Hollolan Hillan hintoihin rakennuskustannusindeksin osuus lisättynä As Oy Hollolan Hilla tuli runkovaiheen tavoit-

teen osalta 26,63 € halvemmassi asuntoneliometriä kohti ja toteuman osalta 38,63 € halvemmassi asuntoneliometriä kohti, kuin As Oy Hollolan Kirsikka. Prosenttiosuuksina As Oy Hollolan Hillan runkovaihe oli tavoiteaikana 20,9 % edullisempi, kuin As Oy Hollolan Kirsikka ja runkovaihe toteuman osalta tuli 29,7 % edullisemmaksi As Oy Hollolan Hillassa, kuin As Oy Hollolan Kirsikassa.

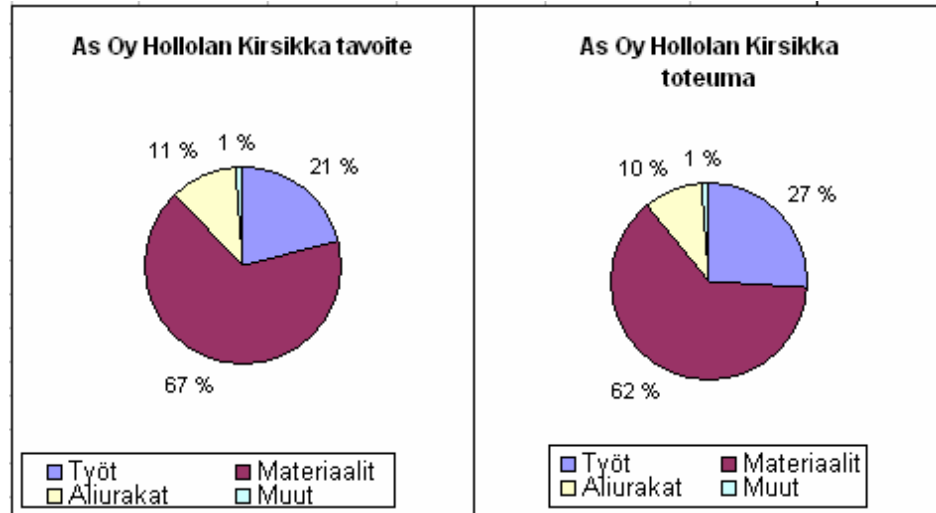
Kuvioissa 32 on havainnollistettu, miten tavoite ja toteumavaiheessa eri kustannuslajit jakautuivat rungon osalta. As Oy Hollolan Hillan kohdalla töiden osuus koko rungon kustannuksista oli kasvanut tavoitteesta toteumaan 7 %, materiaalien osuus pienentynyt 5 % ja aliurakoiden osuus pienentynyt 2 %.



KUVIO 32. As Oy Hollolan Hillan kustannusten muodostus tavoite- ja toteumavaiheissa.

Kuvioissa 32 on havainnollistettu, miten tavoite ja toteumavaiheessa eri kustannuslajit jakautuivat rungon osalta. As Oy Hollolan Kirsikan kohdalla töiden osuus koko rungon kustannuksista oli kasvanut tavoitteesta toteumaan 6 %, materiaalien osuus pienentynyt 5 % ja aliurakoiden osuus pienentynyt 1 %. Kuvioista voidaan todeta, miten kustannukset jakautuvat eri kustannuslajeille paikalla rakennetussa ja elementtirakenteisessa kohteessa. Töiden ja materiaalien erot ovat huomattavat. Aliurakoiden osuus molemmissa kohteissa kokonaiskustannuksista runkovaiheen

osalta on noin 10 %. Muut kustannukset, eli jäte, energia, lämpö ja vesi ovat pieni osuus koko runkovaiheen kustannuksista, ainoastaan 1 - 2 %.



KUVIO 33. As Oy Hollolan Kirsikan kustannusten muodostus tavoite- ja toteumavaiheissa.

Ennako-oletuksena ennen vertailuiden valmistumista oli, että puuelementtirakenne As Oy Hollolan Kirsikka olisi ollut edullisempi sekä tavoitteen, että toteuman osalta, kuin paikalla rakennettu As Oy Hollolan Hilla. Kuten edellä eritellyistä tuloksista huomataan, tämä ennako-oletus ei pitänyt paikkaansa. As Oy Hollolan Kirsikka oli sekä tavoitteen että toteuman osalta kalliimpi, kuin As Oy Hollolan Hilla.

Voidaan todeta, että As Oy Hollolan Kirsikan rakentamistavaksi valittiin puuelementti rakennusalalla vallinneen korkeasuhdanteen vuoksi. Yksikön resurssit kyseisenä ajankohtana eivät riittäneet paikalla tehtävään runkoratkaisuun. Kohteessa haettiin pilottihankkeen luonteesta johtuen suunnitteluratkaisuja erityisesti liitosten osalta. Asennusajan pitkittyminen johtui omien miesten harjaantumattomuudesta puuelementtiasennuksessa ja se näkyy asennusajan kestossa. Lopputulokseen vaikuttivat myös mahdolliset sään vaikutukset.

Tuloksista voidaan todeta, että kustannushallinta As Oy Hollolan Hillassa on ollut parempi, kuin As Oy Hollolan Kirsikassa. Paikalla tehdyn As Oy Hollolan Hillan materiaalmäärät on osattu hinnoitella yksikön usean vastaavanlaisen hankkeen perusteella ja hankinnoissa on pystytty säästöihin. Työkustannukset ovat ylittyneet molemmissa kohteissa.

Rakennuskustannuseroihin ovat vaikuttaneet myös kohteiden sijaintien eroavaisuudet. As Oy Hollolan Hilla on rakennettu maanmuodoiltaan tasaiselle tontille ja As Oy Hollolan Kirsikan tontti on puolestaan monimuotoinen, josta on aiheutunut paljon korkoeroja. Nämä seikat ovat vaikuttaneet sekä elementti- että kattoristikkoasennuksiin. Hankekoolla tässä vertailussa ei runkovaiheen osalta ole merkitystä pienen eroavaisuuden vuoksi.

Työn tuloksena voidaan todeta, että seuraavissa puuelementtirakenteisissa kohteissa tulee As Oy Hollolan Kirsikan tuloksen vuoksi muuttaa suunnitteludetaljeja liitosten osalta, koska suurimmat syyt elementtiasennuksen pitenemiseen johtuivat viimeistelemättömistä suunnitelmista. Loppuun asti viemättömistä suunnitelmista johtuen elementtien kiinnitys perustuksiin viivästyi sekä ulkoseinäelementtien ja huoneistojenvälisen betonielementin liitos oli väärin suunniteltu ja vei toivottua paljon pidemmän asennusajan työmaalla. Elementtitoimittajalla oli myös tehtaalla elementtien valmistuksen ja toimituksen alussa vajeita. Näistä seuranneita ongelmia olivat muun muassa elementteihin valmiiksi tehtaalla väärin asennettu yläpään suojamuovi. Muovi oli kiinnitetty virheellisesti tehtaalla ulkopuolen tuulensuojalevyn alle, jotka piti työmaalla irrottaa pois paikoiltaan, jotta suojamuovi ei jäänyt rakenteen sisälle. Lisäksi tehtaalla elementit oli virheellisesti kuljetusta varten kiinnitetty toisiinsa käyttäen paksuja vanerikaistoja jotka oli konenaulaimia käyttäen kiinnitetty elementteihin todella runsaalla määrällä nauloja. Näiden irrottaminen vei todella paljon suunniteltua enemmän aikaa. Yhden elementin käyttöön saaminen kesti yli puoli tuntia. Vertailun vuoksi jatkossa elementtitoimittajan mahdollinen vaihtaminen voisi olla hyvä vaihtoehto. Elementtien asennus tulisi tilata aliurakkana elementtitoimittajan asennusryhmältä.

Lopputuloksia tutkiessa on kiinnitettävä huomio siihen, että tekniikka joka osataan, on taloudellisempi ja tehokkaampi, kuin tekniikka joka on käytössä ensimmäistä kertaa. Tämä pitää sisällään suunnitteluratkaisut, materiaalimenekit ja ennen kaikkea työmenekkejä. Ratkaisujen herkkyys on myös huomioitava. On erittäin riskialtista yleistää ensikokemukset jostakin tuotantotekniikasta.

LÄHTEET

- Alakärppä, R., Forsström, P., Havonen, R., Heikkilä, T., Huusko, R., Kakko, P., Kalliola, T., Katajainen, P., Kivinen, J., Kurkela, E., Laitinen, E., Leinos, M., Lindberg, R., Mirvo, M., Mäyränpää, M., Ollikainen, A., Raveala, A., Saarni, R., Salokangas, R., Siikanen, U., Siren, K., Stenroos, M. & Turunen, V. 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Carling, O. 2003. Liimapuu käsikirja. Helsinki: Wood Focus Oy.
- Enkovaara, E., Haveri, H. & Jeskanen, P. 2000. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Hyttinen, R. 1984. Puuelementtirakentaminen. Helsinki: Puuinformaatio r.y. ja Rakentajain Kustannus Oy.
- Keppo, J. 2003. Talonrakentajan käsikirja 5: Omakotitalo rakennushankkeena. Rakentajan Tietokirjat.
- Kilpeläinen, M., Ukonmaanaho, A. & Kivimäki, M. 2001. Avoin puurakennusjärjestelmä: Elementtirakenteet. Helsinki: Wood Focus Oy.
- Koskenneva, A. & Pussinen, T. 1999. Pientalon rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Laaksonen, E. 1995. Puurakentaminen ja paloturvallisuus. Oy I, Ideas & Innovations Ltd. (*Kuvailulehti; julkaisun laji:opas*)
- Nissinen, S., & Koskenvesa, A. 2004. Pientalon kustannukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Olenius, A. 2005. Avoin puurakennusjärjestelmä: puurakenteiden kustannustiedot. Helsinki: Wood Focus Oy.

Paloheimo, E. 2002. Metsä ja puu IV: puinen rakennus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 1998. Puurakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen Liimapuuyhdistys ry. 1988. Monitoimihallit: Liimapuun käyttö suurten hallien kantavissa rakenteissa. Suomen liimapuuyhdistys r.y. ja Rakentajain Kustannus Oy.

Viljakainen, M. 2004. Avoin puurakennusjärjestelmä: Paikalla rakentaminen. Helsinki: Wood Focus Oy.

Viljakainen, M. 1996. Platform-frame. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Älvsbyhus. (www-dokumentti.) <<http://www.alvsbytalofinland.fi>>. Luettu 14.2.2008.

LIITTEET

LIITE 1: As Oy Hollolan Hilla, leikkaus talo A

LIITE 2: As Oy Hollolan Hilla, leikkaukset 1-1...7-7

LIITE 3: As Oy Hollolan Hilla, pohjapiirustus talo A

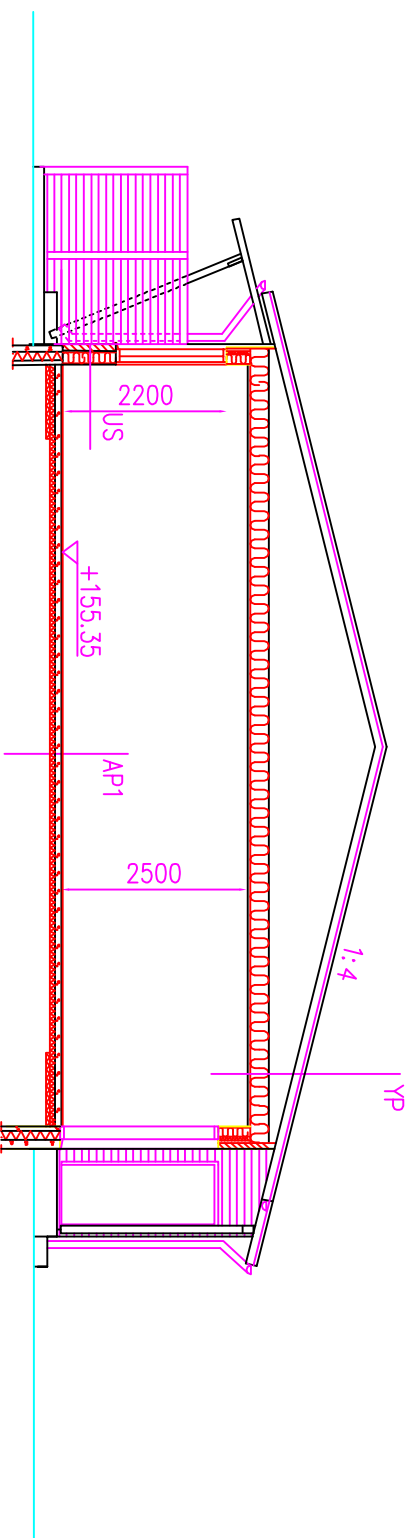
LIITE 4: As Oy Hollolan Kirsikka, leikkaus talo A

LIITE 5: As Oy Hollolan Kirsikka, leikkaukset 1-1...8-8

LIITE 6: As Oy Hollolan Kirsikka, pohjapiirustus talo A

LIITE 7: As Oy Hollolan Kirsikka, elementtipohja talo A

TALO A



LEIKKAUS

YP 1 k \leq 0,16 W/m²K

- BETONIKATTOTIILI
- RUOTEET 50x50 mm
- RIMAT 22x50 mm RISTIKOIDEN KOHDILLE
- ALUSKATE
- KATTOKANNATTAJAT
- PUHALLUSVILLA
- HÖYRYNSULKUMUOVI
- KOOLAUS 22x100 mm, k300
- SISÄVERHOUSLEVY

AP1 k = 0,25 W/ m²K

- LATTIAPÄÄLLYSTE
- TERÄSBETONILLAATTA 80mm
- KUITUKANGAS
- SOLUMUOVERISTE
- RADONPUTKISTO
- SORA

US1 k = 0,25 W/m²K

- LAUTA-/TILIVERHOUS
- ILMARAKO
- TUULENSUOJALEVY 50 mm
- MIN.VILLA/PUURUNKO 125 mm
- HÖYRYNSULKU
- SISÄVERHOUSLEVY

VS 1 (HUONEISTOJEN VÄLISET SEINÄT) R'w 55 dB

- PINITÄKÄSITTELY
- TERÄSBETONIELEMENTTI 200mm
- PINITÄKÄSITTELY

VS 3 (KEVYET VÄLISEINÄT)

- KIPSILEVY 13 mm
- TERÄSRANKA 66 mm
- KIPSILEVY 13 mm

VS 4 (KEVYET VÄLISEINÄT PESUHUONEISSA)

- KIVAINES

RAKENNUKSEN PALOLUOKKA

P3

-RAKENNUS OSASTOITU HUONEISTOITTAIN
EI 30 VESIKATTOON ASTI.

-PALOKATKO ULKOSEINÄSSÄ ASUNTOJEN VÄLISEN SEINÄN
KOHDALLA JA YLÄPUOLELLA RÄYSTÄÄLLÄ,
RÄYSTÄS UMPEEN MOLEMMIN PUOLIN 1M:N MATKALTA.

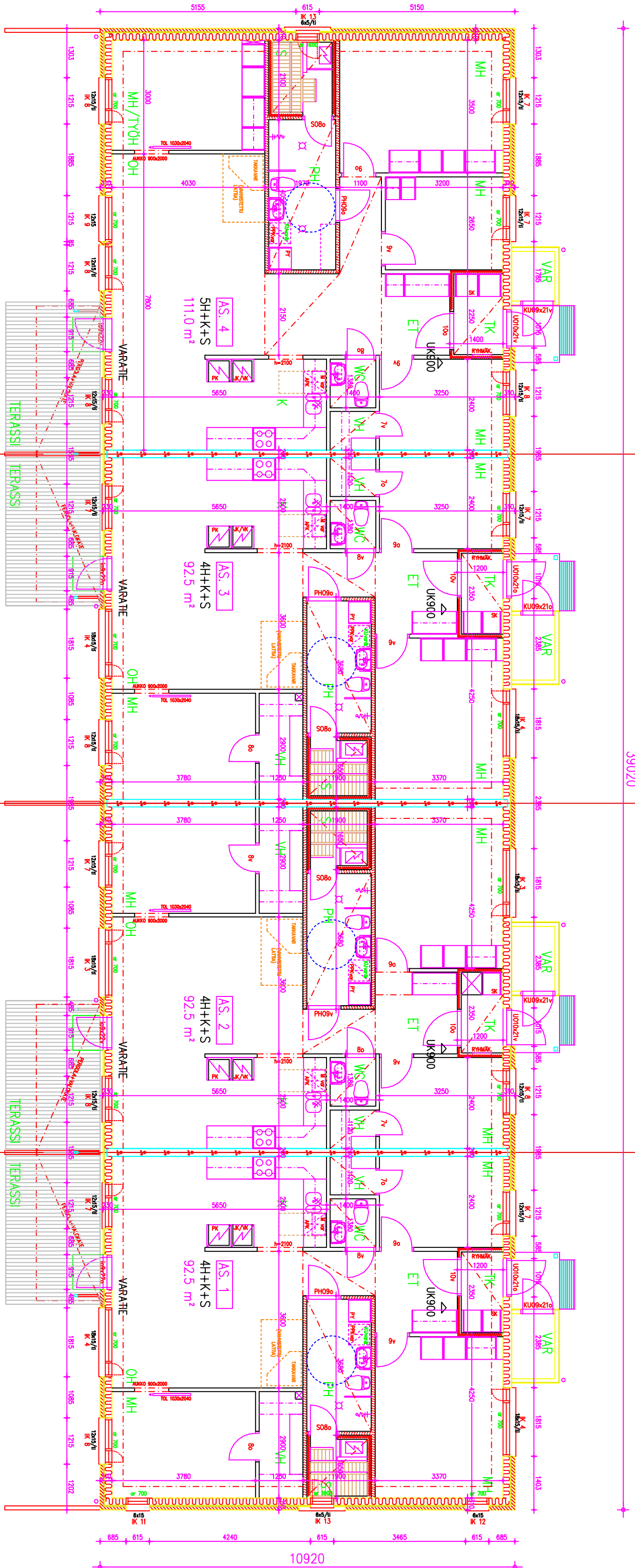
-RAKENNUKSESSA HUONEISTOKOHTAINEN
KONEELLINEN LÄMMÖN TALTEENOTOLLA VARUSTETTU ILMANVAIHTO

| | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| K.O.S.A | KORTTELI 546 | TONITTI 1 | VIRANOMAISTEN MERKINNÄT | JUOKS.No 3/13 |
| RAKENNUSLOMAKUNNAN UUDISRAKENNUS | SUUNNITTELUKOHDE AS. OY HOLLOLAN HILLA | | PIRUSTUSALJ PAAPIRUSTUS | MITTAKAAVAT 1:100 |

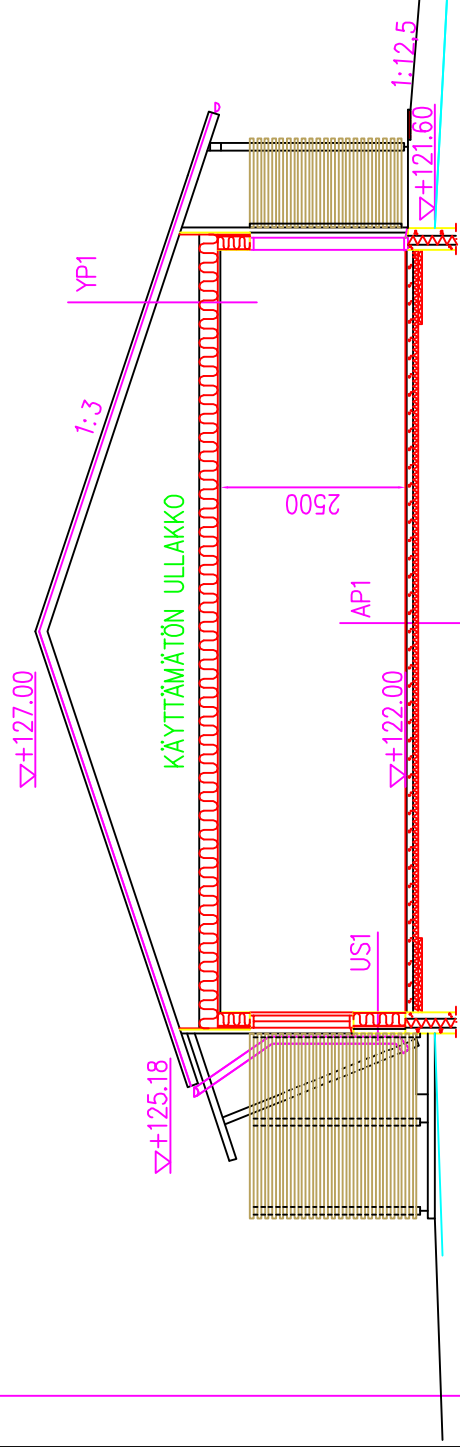
ARKKITEHTITOIMISTO VUORELMA ARKKITEHDIT OY

JOUTJOENTIE 1 16170 LAHTI PUH. 03-874 730 FAX 03-874 7333 EMAIL: VUORELMA.ARKKITEHDIT@ARKKI.COM

| | | | |
|----------------------------|----------------|------------|--------|
| PÄIVÄYS LAHDESSA | PROJUPÄÄLL. TS | PIIR.No | MUUTOS |
| 01.11.2004 | | LO | |
| | ARKK 1722 | P03 | |



| | | |
|--|---|------|
| A 16.05.2005 LISÄTTY LÄMPÖSUOJUN KOTELOT | | TS |
| KUVA | KANTU | 1 |
| YHTEISTEN KÄYTTÖKOHTEIDEN UUDISRAKENNUS | YHTEISTEN KÄYTTÖKOHTEIDEN UUDISRAKENNUS | |
| AS. OY HOLLONLAILLA | POHJAPIIRUSTUS | 1:50 |
| ARKKITEHTITOIMISTO VUORELMA ARKITEHDIT OY | | |
| JÄRJESTYKKEEN NIMEN LUOKITUS: ARKITEHTI | | |
| LAHDESSA | 01.11.2004 | 1 |
| ARKKITEHTI: TS | | A |



LEIKKAUS

YP1 $U \leq 0.16$ W/m²K

- BETONIKATTOTIILI
- RUOJOTET 50x50 mm
- RIMAT 22x50 mm RISTIKOIDEN KOHDILLE
- ALUSKATE
- KATTOKANNATTAJAT
- PUHALLUSVILLA
- HÖYRYNSULKUMUOVI
- KOOLAUS 22x100 mm, k300
- SISÄVERHOUSLEVY

AP1 $U \leq 0.25$ W/m²K

- LATTIAPÄÄLLYSTE
- TERÄSBETONILAATTA 80mm
- KUITUKANGAS
- SOLUJUOVERISTE 100mm
- RADONPUTKISTO
- SORA

US1 $U \leq 0.25$ W/m²K

- LAUTA-/TILIVERHOUS
- ILMARAKO
- TUULENSUOJALEVY
- MIN.VILLA/PUURUNKO 172 mm
- HÖYRYNSULKU
- SISÄVERHOUSLEVY

VS1 (HUONEISTOJEN VÄLISET SEINÄT) $R'_{w} 55$ dB

- PINTAKÄSITTELY
- TERÄSBETONIELEMENTTI 200mm
- PINTAKÄSITTELY

VS2 (KEVYET VÄLISEINÄT)

- KIPSILEVY 13 mm
- TERÄSRANKA 66 mm
- KIPSILEVY 13 mm

VS3 (KEVYET VÄLISEINÄT PESUHUONEISSA)

- KIVIAINES

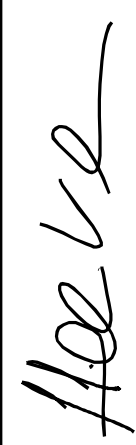
RAKENNUKSEN PALOLUOKKA

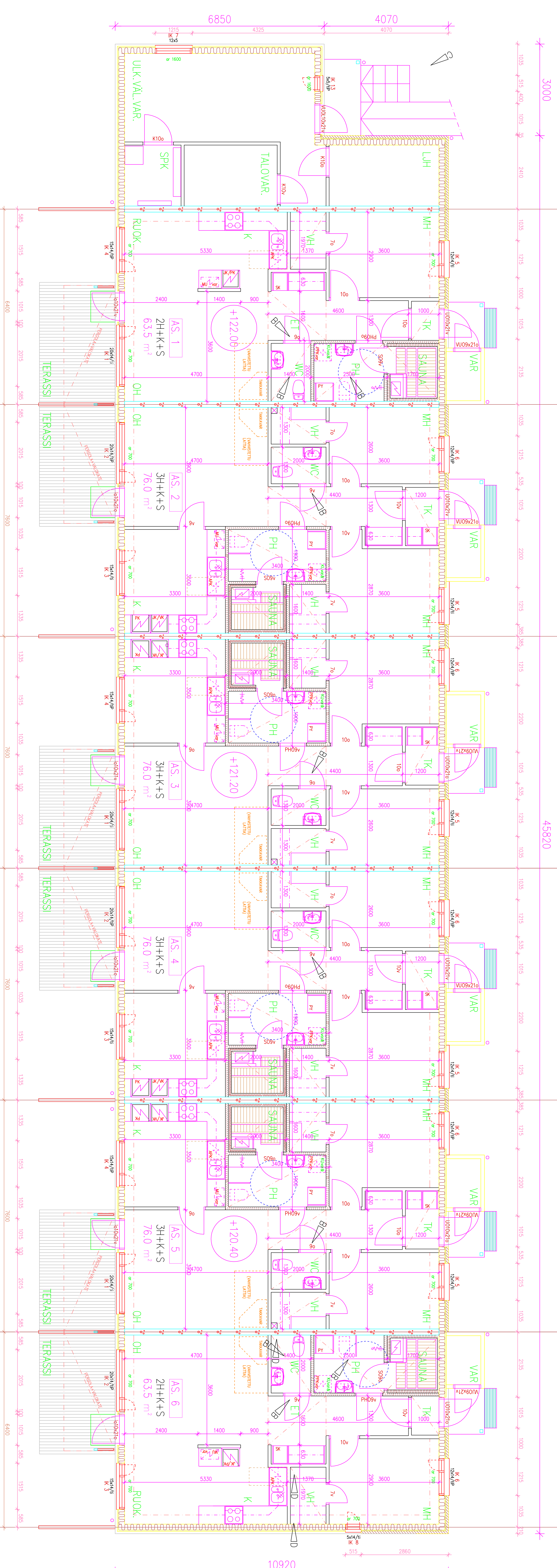
P3

-RAKENNUS OSASTOITU HUONEISTOITTAIN
EI 30 VESIKATTOON ASTI.

-PALOKATKO ULKOSEINÄSSÄ ASUNTOJEN VÄLISEN SEINÄN
KOHDALLA JA YLÄPUOLELLA RÄYSTÄÄLLÄ,
RÄYSTÄS UMPEEN MOLEMMIN PUOLIN 1M:N MATKALTA.

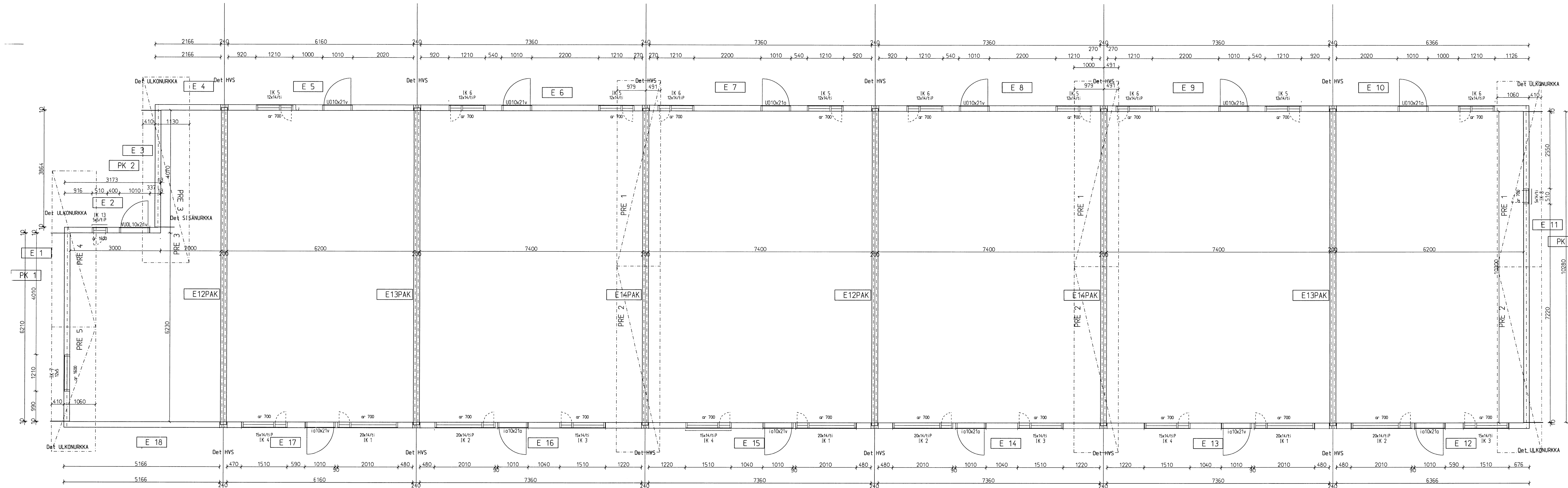
-RAKENNUKSESSA HUONEISTOKOHTAINEN
KONEELLINEN LÄMMÖN TALTEENOTOLLA VARUSTETTU ILMANVAIHTO
-LÄMMITYSTAPANA KAUKOLÄMPÖ

| | | | | | |
|---|--|-----------------------------|---|-------------|----------|
| K.OSA YLI-KARTANO | KORTTELI 130 | TONITTI 1 | VRANOMAISTEN MERKINNÄT | | |
| RAKENNUSLOINENPIDE UUDISRAKENNUS | PIIRUSTUSLAIJI PÄÄPIIRUSTUS | JUOKS.No 3/12 | | | |
| SUUNNITTELUKOHDE | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ LEIKKAUKSET TALO A | MITTAKAAVAT 1:100 | | | |
| AS. OY HOLLOLAN KIRSikka HEDELMÄTARHANTIE 6 15870 HOLLOLA | | | | | |
| ARKKITEHTITOIMISTO VUORELMA ARKKITEHDIT OY | | | | | |
| JOUTUJENTIE 1 15170 LAHTI PUH. 03-874 730 FAX 03-874 7333 EMAIL: VUORELMA.ARKKITEHDIT@ARKKI.COM | | | | | |
| PÄIVÄS LAHDESSA |  | PROJ.PÄÄLL. MI | PIIR.No | | |
| | | MI | <table border="1"> <tr> <td>PROJEKTI No</td> <td>ARK 1778</td> </tr> <tr> <td>PROJEKTI No</td> <td></td> </tr> </table> | PROJEKTI No | ARK 1778 |
| PROJEKTI No | ARK 1778 | | | | |
| PROJEKTI No | | | | | |
| 21.03.2006 | | | MUUTOS | | |
| | | | P03 | | |



| | | | | |
|-----|------------|-----------------|---|-----|
| 0 | 26.05.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 1 | 27.05.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 2 | 28.05.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 3 | 29.05.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 4 | 30.05.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 5 | 31.05.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 6 | 01.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 7 | 02.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 8 | 03.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 9 | 04.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 10 | 05.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 11 | 06.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 12 | 07.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 13 | 08.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 14 | 09.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 15 | 10.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 16 | 11.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 17 | 12.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 18 | 13.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 19 | 14.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 20 | 15.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 21 | 16.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 22 | 17.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 23 | 18.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 24 | 19.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 25 | 20.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 26 | 21.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 27 | 22.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 28 | 23.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 29 | 24.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 30 | 25.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 31 | 26.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 32 | 27.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 33 | 28.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 34 | 29.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 35 | 30.06.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 36 | 01.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 37 | 02.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 38 | 03.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 39 | 04.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 40 | 05.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 41 | 06.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 42 | 07.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 43 | 08.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 44 | 09.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 45 | 10.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 46 | 11.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 47 | 12.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 48 | 13.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 49 | 14.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 50 | 15.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 51 | 16.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 52 | 17.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 53 | 18.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 54 | 19.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 55 | 20.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 56 | 21.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 57 | 22.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 58 | 23.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 59 | 24.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 60 | 25.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 61 | 26.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 62 | 27.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 63 | 28.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 64 | 29.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 65 | 30.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 66 | 31.07.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 67 | 01.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 68 | 02.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 69 | 03.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 70 | 04.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 71 | 05.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 72 | 06.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 73 | 07.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 74 | 08.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 75 | 09.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 76 | 10.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 77 | 11.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 78 | 12.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 79 | 13.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 80 | 14.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 81 | 15.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 82 | 16.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 83 | 17.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 84 | 18.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 85 | 19.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 86 | 20.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 87 | 21.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 88 | 22.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 89 | 23.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 90 | 24.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 91 | 25.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 92 | 26.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 93 | 27.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 94 | 28.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 95 | 29.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 96 | 30.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 97 | 31.08.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 98 | 01.09.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 99 | 02.09.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |
| 100 | 03.09.2008 | LOHJAN KAUPUNKI | 1 | 150 |

ALUESSA 21.10.2008
ARKI 1778
1
C



| | | | |
|--|---------------------|----------------|------------------|
| Käsitteily YLI-KARTANO | Kartta/1/11a 130 | Tahti/1/1 1 | Virasto/1/1 1 |
| Rakennuslupa UUDISRAKENNUS | | | TYÖPIIRUSTUS |
| Rakennuskohde OMAKOTITALO AS OY HOLLOLAN KIRSikka HEDELMÄTÄRHANTIE 15870 HOLLOLA | | | 1:50 |
| | | | ARK 46009 |