

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Niko Laihosola

CLT- JA RANKARAKENTEISTEN SEINÄELEMENTTIEN KUSTANNUSTA-
LOUDELLINEN VERTAILU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ

Toukokuu 2013

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Niko Laihosola

Nimeke

CLT- ja rankarakenteisten seinäelementtien kustannustaloudellinen vertailu

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin CLT-seinäelementtien ja rankarakenteisten seinäelementtien materiaali-, työ- ja kokonaiskustannuksia.

Vertailun pohjana toimivat Ratu-kortit, joista poimittuja menekkejä käyttäen laskettiin kuvitteellisen 6-kerroksisen puukerrostalon ulko- ja väliseinäelementtien lopullisia hintoja. Lisäksi tutkimuksessa hyödynnettiin Stora Enson CLT-rakentamisesta tekemiä oppaita ja valmistajilta saatuja tietoja.

Mallilaskelmat on tehty Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, jotta niitä olisi helppo hyödyntää seinäelementtien kustannusten laskemiseen myös tulevaisuudessa. Excel-taulukko on toteutettu siten, että sitä muokkaamalla voidaan laskea myös muiden rakennusosien kustannuksia.

Opinnäytetyön tuloksissa on vertailtu laskettuja hintoja kullekin seinärakenteelle ja analysoitu hintaeroihin vaikuttavia tekijöitä.

Kieli

suomi

Sivuja 26

Liitteet 1

Liitesivumäärä 10

Asiasanat

CLT-elementti, CLT-levy, Seinäelementti, Väliseinä, Ulkoseinä



THESIS

May 2013

Degree Programme in Civil

Engineering

Author

Niko Laihosola

Title

Comparison of costs between CLT-structured walls and framing wall-elements

Abstract

The purpose of this thesis is to compare the costs of two different types of wooden wall elements, CLT- and framing wall-elements.

The comparisons are based on consumption figures provided in Ratu-cards and Stora Enso's guidebooks on CLT-construction and figures received from manufacturers. The calculations were made by using an imagined wooden 6-story apartment block.

The calculations were prepared in Microsoft Excel-format to provide easy usability and adaptability. Then, the costs were compared and reasons for differences between prices in different types of wall elements were analysed.

The result of this thesis was a Microsoft Excel file with adaptable tables that can be used to calculate building costs. As a conclusion, wood cannot compete price-wise with concrete in large projects such as apartment blocks.

Language

Finnish

Pages 26

Appendices 1

Pages of Appendices 10

Keywords

Cross laminated timber, Wall element, Wood structure

Sisältö

1 Johdanto.....	6
2 CLT rakennusmateriaalina	7
2.1 Ominaisuudet ja käyttö.....	7
2.1.1 CLT rakentamisen hyviä puolia.....	8
2.1.2 CLT rakentamisen heikkouksia ja mahdollisia ongelmia	9
2.2 CLT-rakenteissa käytettäviä liitos- ja kiinnitystapoja	9
2.2.1 Puuruuvit ja itsekierteittävät ruuvit.....	9
2.2.2 Naulat ja liimapuuniitit.....	10
2.2.3 Pultit ja vaarnat	10
2.2.4 Kantavat kiinnikkeet.....	10
2.2.5 Innovatiiviset kiinnikkeet.....	11
2.3 Kiinnitystapa	11
3 Seinäelementit.....	12
3.1 Rankaulkoseinä	13
3.2 Rankaväliseinä.....	14
3.3 CLT-väliseinä	15
3.4 CLT-ulkoseinä.....	15
4 Excel-tiedosto	16
4.1 Laskuri.....	17
4.2 Työkustannukset	17
4.3 Materiaalikustannukset.....	18
4.4 Ohje	18
5 Tutkimuksen tarkoitus	19
6 Toteutus.....	19
7 Tulokset	21
7.1 Ulkoseinäelementtien työ- ja materiaalikustannukset.....	21
7.2 Väliseinäelementtien työ- ja materiaalikustannukset	22
7.3 Kokonaiskustannukset.....	22
8 Pohdinta	24
Lähdeluettelo	26

Liitteet

Liite 1. Microsoft Excel-taulukot

1 Johdanto

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia vanhan asuinkerrostalon korottamista puurakenteilla. Joensuun keskustan asuinrakennukset on kaavoitettu nelikerroksisiksi ja asukasmäärän lisääntyessä myös uusien asuntojen tarve on lisääntynyt. Suunnitteilla olevan kaavamuutoksen, joka mahdollistaa keskustan vanhojen asuinrakennusten kerrosmäärän lisäämisen, myötä ilmeni tarvetta tällaiselle tutkimukselle. Opinnäytetyössä vertaillaan erilaisia vaihtoehtoja asuinkerrostalon korottamiseen puurakenteisilla elementeillä. Päämääränä on tutkia, mistä materiaaleista ja minkälaisella rakenneratkaisulla elementit ovat taloudellisesti järkevintä valmistaa. Tutkimuksessa vertaillaan puurakenteisten seinäelementtien materiaali- ja valmistuskustannuksia. Vertailussa ovat CLT-levyistä ja rankaseinämenetelmällä valmistetut ulkoseinä- ja väliseinäelementit. CLT on lyhenne englanninkielen sanoista Cross-Laminated-Timber. Vertailu tehdään Excel-taulukossa, johon urakkakohtaiset tiedot syötetään ja ohjelma laskee seinien-neliöhinnat. Taulukon tarkoitus on, että sillä voidaan laskea nopeasti suuntaa-antavia hintoja erilaisille seinäratkaisuille urakkakohtaisilla tiedoilla, joiden perusteella hintoja voidaan vertailla ja tehdä päätös kannattaako kyseisestä urakasta lähteä laskemaan tarjousta.

2 CLT rakennusmateriaalina

CLT-levyt ovat massiivipuusta tehtyjä rakennuslevyjä, jotka koostuvat ristikkäin liimatuista lamelleista eli puulevykerroksista. Eripaksuisia kerroksia voi olla 3, 5, 7 tai useampia. Liimauksessa käytetään formaldehydittömiä ympäristöystävällisiä liimoja. Ristiinlaminointi takaa CLT-levyjen lujuuden ja muotopysyvyyden. Suurimmat myynnissä olevat CLT-levyt ovat mitoiltaan 2,95 m x 16 m. CLT-levyn enimmäispaksuus on 400 millimetriä. CLT-levyt valmistetaan useimmiten kuusilautoista, mutta ne voidaan valmistaa myös muista materiaaleista, kuten männystä ja lehtikuusesta. CLT:n ominainen tilavuuspaino on 512 kg/m^3 . (Stora Enso, Rakentamisen ratkaisut 2012.)

2.1 Ominaisuudet ja käyttö

CLT-levyjä käytetään ulko- ja väliseinien lisäksi välipohjissa sekä katoissa. Asiakkaan arkkitehtisuunnitelmien mukaiset aukotukset tehdään valmiiksi tehtaalla. CLT:stä voidaan valmistaa myös tilaelementtejä kiinnittämällä levyihin asiakkaan valitsevat ikkunat, ovet, eristeet sekä ulkoverhoukset.

CLT-levyjä käyttämällä saavutetaan monia etuja perinteisiin rakennusmenetelmiin verrattuna. CLT-tekniikalla rakenteesta saadaan erittäin ilmatiivis. Pientalorakentamisen näkökulmasta katsottuna tärkeimpiä etuja ovat erinomainen työstettävyyttä työmaalla, materiaalin keveys ja lyhyt pystytysaika. (Stora Enso, Rakentamisen ratkaisut 2012.)

CLT-levyjä ja CLT-elementtejä käytettäessä talon runko voidaan nopeimmillaan pystyttää yhdessä päivässä. CLT tarjoaa myös lähes loputtomasti mahdollisuuksia kodin arkkitehtuurille, rakenteille ja tyyliin. CLT:n vahvuuksia on myös se, että se voidaan yhdistää mihin tahansa muuhun rakennusmateriaaliin. CLT:n massiivisuus takaa rakenteen paloturvallisuuden ja kestävyuden lisäksi

myös sisäilman hyvän laadun. Massiivisella puulevyllä on paremmat palonkestominaisuudet kuin yleensä kuvitellaan. Puulevyn pinnan joutuessa kosketuksiin tulen kanssa, sen pintaan muodostuu hiiltynyt kerros, joka suojelee syvempiä kerroksia vaurioilta. CLT-levy ei myöskään vääntyile tai murre kuumetessaan, kuten teräs- ja betonirakenteet. CLT valmistetaan yksittäisistä levyistä, minkä ansiosta ilmatiiviys on erinomainen. 3-kerroksisen CLT-levyn ja sen puskusaumojen ilmatiiviys on testattu EN 12114-standardin mukaisesti. Kokeessa todettiin ilmavuodon olevan niin pieni, ettei sitä pystytty mittaamaan. (Stora Enso, Rakentamisen ratkaisut 2012.)

CLT-levyjä ei vielä toistaiseksi valmisteta Suomessa. Suomessa käytetyt CLT-levyt valmistetaan Keski-Euroopassa. Stora Enso valmistaa CLT-levyjä Itävallan tehtaillaan ja kuljettaa ne jatkojalostettavaksi Suomen tehtaalleen, joissa niihin voidaan asentaa ikkunat, eristeet ja ulkoverhous asiakkaan näin halutessa. Levyt ovat asennusvalmiita asiakkaalle toimitettaessa. (Stora Enso, Rakentamisen ratkaisut 2012.)

2.1.1 CLT rakentamisen hyviä puolia

CLT-levyihin on tehty valmiiksi kaikki läpivientien aukot ja viisteet. CLT-levyjen asennus on nopeaa ja myöskään niiden valmistukseen ei mene työtehotunteja, koska ne tilataan työmaalle valmiina. Elementtien asennusta ja siihen liittyvää mitoitusyötä helpottaa se, että ne on tehty jo valmiiksi toisiinsa sopiviksi tehtaalla. Pienet valmistusvirheet levyissä, kuten väärässä kohdassa olevat läpivientien aukot on helppo korjata työmaalla. Nopean asennuksen etuna on myös se, että talon runko saadaan valmiiksi huomattavasti nopeammin kuin paikalla tehdessä, jolloin myös työnaikainen rakenteiden kastuminen ja kosteudelta suojaamisen tarve on huomattavasti vähäisempää.

2.1.2 CLT rakentamisen heikkouksia ja mahdollisia ongelmia

CLT-levyt joudutaan vielä toistaiseksi tilaamaan Keski-Euroopasta, koska niitä ei vielä Suomessa valmisteta. Mahdolliset suuremmat virheet, kuten väärän mittaiset levyt ja kuljetuksesta aiheutuneet viat voivat tuottaa ongelmia, koska levyjen palauttaminen tehtaalle ei ole mahdollista järkevällä aikataululla ja kustannuksilla. Levyjen toimitusaika on pitkä, koska ne pitää tilata Keski-Euroopasta.

Työmaalla rekasta nostetut CLT-levyt on saatava sääsuojaan. Voimakas altistuminen auringonpaisteelle voi kuivattaa levyjä ja suora sade taivuttaa ja turvottaa levyjä. CLT-levyt pitäisi asentaa välittömästi ja niiden varastointia työmaalla tai muualla on vältettävä.

Levyjä käsiteltäessä on varottava levyn reunoja, kulmia, työstöaukkoja ja ponttauksia, sillä ne kolhiintuvat huolimattoman käsittelyn seurauksena. Myös levyjen likaantumista tulee välttää. Näkyviin jäävien pintojen suojaaminen esimerkiksi muovilla tai pahvilla on suositeltavaa.

2.2 CLT-rakenteissa käytettäviä liitos- ja kiinnitystapoja

2.2.1 Puuruuvit ja itsekierteittävät ruuvit

Puuruuvit ja itsekierteittävät ruuvit ovat usein käytetty ratkaisu CLT-levyjen kiinnityksessä Euroopassa, koska ne voivat ottaa vastaan pysty- ja vaakakuormia. Itsekierteittävien ruuvien halkaisijat vaihtelevat 4:n ja 12:n mm välillä ja pisimmät ruuvit ovat 600 mm pitkiä. Itsekierteittävät ruuvit eivät yleensä vaadi esiporausta, mikä säästää työtunteja. (Mohammad & Munoz. 2011)

2.2.2 Naulat ja liimapuuniitit

Nauloja ja liimapuuniittejä käytetään CLT-rakenteiden liittämiseen harvemmin kuin ruuveja. Erikoisnauloja, joiden kannassa on esimerkiksi uria ja kierteytettyjä nauloja ja niittejä asennetaan yleensä metallilevyjen ja kiinnikkeiden kanssa CLT-levyjen pinnalle. Useimmat puurakennesuunnittelustandardit eivät salli naulattujen liitosten käyttöä katkopinnoissa puurakenteissa ulosvetovoimien takia. Täten niitä ei tulisi käyttää ottamaan vastaan ulosvetovoimia. Niitä voidaan kuitenkin käyttää ottamaan vastaan osa sivuttaissuuntaisista voimista. (Mohammad & Munoz. 2011)

2.2.3 Pultit ja vaarnat

Pultteja ja vaarnoja käytetään usein raskaissa puurakenteissa. Niitä voidaan myös käyttää ottamaan vastaan sivuttaissuuntaisia kuormia CLT-rakenteissa. Pulttien ja vaarnojen käyttöä tulisi välttää CLT-rakenteiden nurkissa, koska ne voivat sattua liimaamattomissa reunoissa ristikkäiskerrostojen väliin ja heikentää sen kestävyyttä sivuttaissuuntaisia voimia kohtaan. (Mohammad & Munoz. 2011)

2.2.4 Kantavat kiinnikkeet

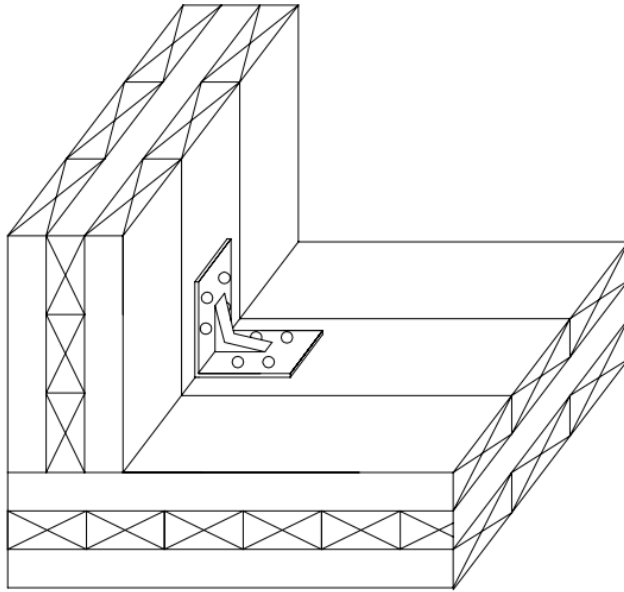
Kantavia kiinnikkeitä, kuten rengasliittimiä ja murtuvia levyjä (ylikuormitusvarokkeita) käytetään yleensä raskaissa sahapuu rakenteissa ja liimapuurakenteissa. CLT-rakenteissa niiden käyttö on harvinaisempaa. Edellä mainittuja kiinnikkeitä käytettäessä CLT-rakenteissa tulee ottaa huomioon kuormien laatu ja kiinnikkeiden paikat. Kantavia kiinnikkeitä käytettäessä CLT-levyihin pitää profiloida kiinnityskohdat tehtaalla. (Mohammad & Munoz. 2011)

2.2.5 Innovatiiviset kiinnikkeet

Uudenlaisia kiinnikkeitä kehitetään koko ajan ja niiden suosio kasvaa raskaissa puurakenteissa. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat sisäänliimatut tapit, jotka soveltuvat hyvin liitoksiin, joissa on suuria pitkittäis- ja poikittaissuuntaisia kuormia. Sisäänliimatut tapit vähentävät puun halkeamisriskiä. (Mohammad & Munoz. 2011)

2.3 Kiinnitystapa

Kuvitteelliseen kohteeseen, jota tässä opinnäytetyössä käsitellään, valittiin kiinnitystavaksi seinälevyjen välisiin liitoksiin itsekierteittävät ruuvit sekä seinän ja lattian liitoksiin kulmalevyt. Sekä seinälevyjen välisiin, että seinälevyn ja lattialevyn välisiin liitoksiin laitetaan liitoksentiivistysteippiä. Teippiä laitetaan kaksi kaistaa, yksi kummankin reunimmaisen lamellin keskelle. Lattialevyn ja seinälevyn väliin asennetaan kapillaarikatkokaista. Kapillaarikatkokaistan osuutta ei ole otettu huomioon seinäelementtien hintoja laskettaessa.



Kuva 1. Seinä- ja lattialevyn liitos.

3 Seinäelementit

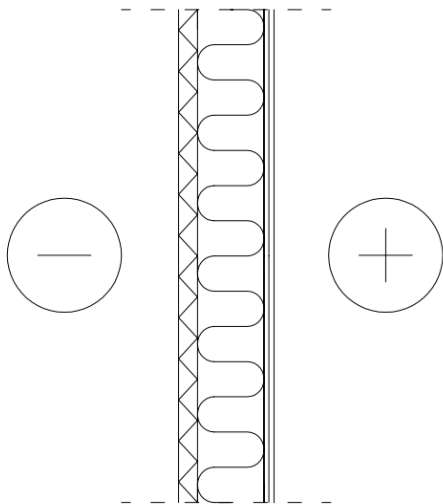
CLT-tekniikalla toteutettavassa ratkaisussa painopiste on seinäelementtien asennuksessa, koska elementtejä ei voida itse valmistaa. Tästä syystä elementtien neliöhintoihin sisältyvät niiden valmistus- ja toimituskustannukset. Valmiina toimitettujen elementtien eduksi voidaan katsoa, että niiden valmistamiseen ei tarvitse palkata työntekijöitä eikä valmistusprosessia tarvitse aikatauluttaa sen kummemmin kuin ottamalla huomioon niiden toimitusaika. CLT-levyjen asennuksessa tärkeimpiä asioita ovat liitokset ja kiinnitykset.

Rankarakenteiset seinäelementit tehdään omana työnä, jolloin urakoitsijan tulee huomioida elementtien valmistamiseen käytettävä työvoima ja työhön kuluva aika. Tämä kuluttaa myös työnjohdon aikaa sekä yrityksen tulee varata elementtien valmistukseen ja varastointiin soveltuvat tilat.

Molemmissa rakenneratkaisuissa seinäelementit tehdään siten, että niistä puuttuu ulkoverhous, koska ulkoverhous voidaan toteuttaa kummassakin tapauksessa samalla tavalla eikä sitä näin ollen tarvitse vertailla.

3.1 Rankaulkoseinä

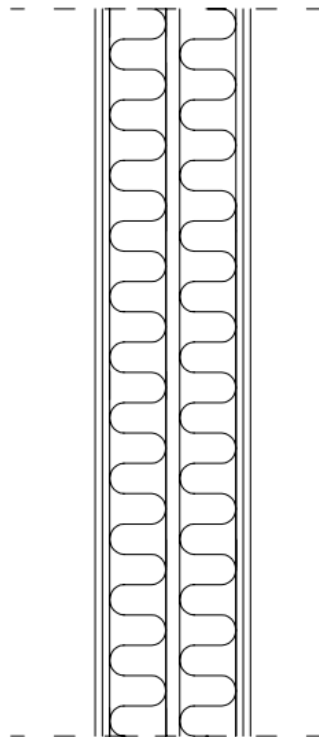
Ulkoseinän rakenne on rakennuksen ulkoapäin katsottuna seuraavanlainen: 55 mm Tyvek-tuulensuojavillaa, joka kiinnitetään eristekiinnikkeillä 48 mm x 173 mm mitallistetusta sahatavarasta tehtyyn runkoon, jossa runkotolppienväli on 600 millimetriä. Runkotolppien väliin asennetaan 175 mm mineraalivillaa. Mineraalivillan asennuksen jälkeen runkotolppiin kiinnitetään niiteillä höyrynsulkumuovi. Höyrynsulkumuovin päälle asennetaan kaksi kerrosta 13 mm paksua kipsilevyä, joista sisempi on normaalivahvuista ja päällimmäinen kerros erikoiskovaa. Kipsilevyt kiinnitetään ruuveilla runkotolppiin.



Kuva 2. Leikkauskuva rankaulkoseinä.

3.2 Rankaväliseinä

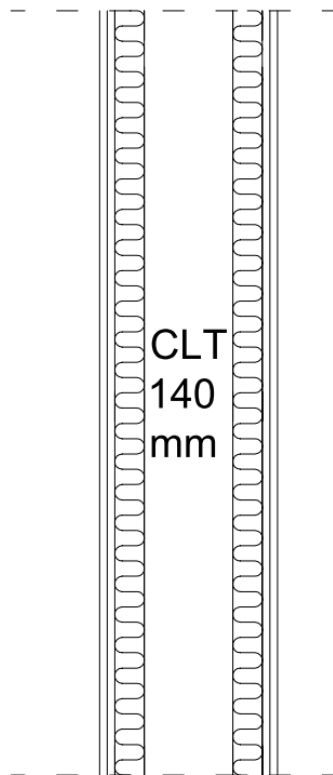
Rankaväliseinä on rakenteeltaan seuraavanlainen: kaksikerrosta 13 mm paksua Gyproc-levyä, joista ulompi on tyypiltään erikoiskova ja sisempi normaalivahvuksinen. Levyt kiinnitetään 48 mm x 98 mm mitallistetusta sahatavarasta tehtyyn runkoon, jossa runkotolppien väli on 600 mm. Runkotolppien väliin asennetaan 100 mm mineraalivillaa. Seuraavaksi tulee toinen samanlainen runko samanlaisilla mineraalivilloilla ja runkoon kiinnitetään jälleen kaksikerrosta Gyproc-kipsilevyä, joista sisempi on normaalivahvuista ja ulompi erikoiskovaa. Seinärunkojen väliin jätetään 25 mm ilmaväli.



Kuva 3. Leikkauskuva rankaväliseinä.

3.3 CLT-väliseinä

CLT-levyin toteutettavan väliseinän rakenne on seuraavanlainen: 140 mm paksu CLT-levy, jonka molemmille puolille kiinnitetään 600 mm välein 50 mm x 50 mm rimat. Rimojen väleihin asennetaan 50 mm paksuinen mineraalivillakerros. Rimoihin kiinnitetään ruuveilla kaksi kerrosta 13 mm paksua Gyproc-kipsilevyä seinän molemmille puolille. Alimmaisiksi jäävä kerros on normaalivahvuista ja pintakerros erikoiskovaa Gyprocia.

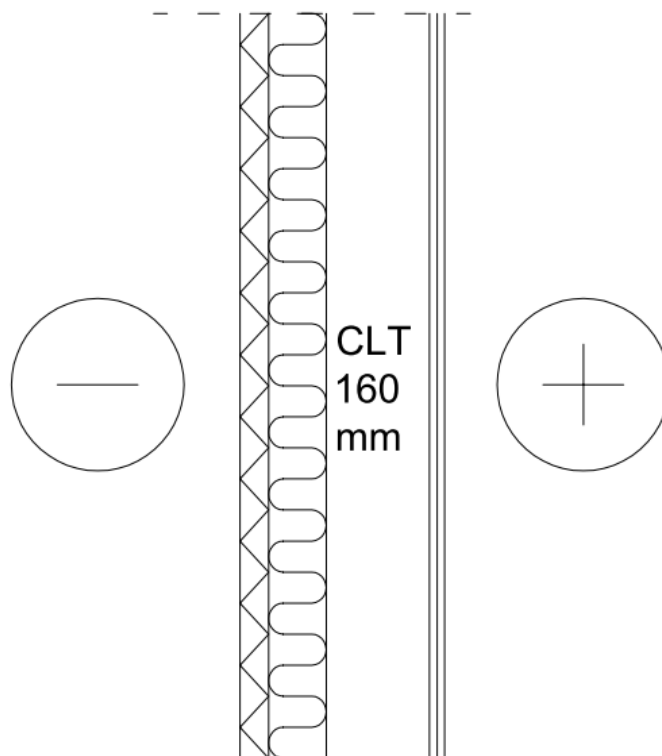


Kuva 4. Leikkauskuva CLT-väliseinä.

3.4 CLT-ulkoseinä

CLT-tekniikalla toteutettavan ulkoseinän rakenne on seuraavanlainen: 160 mm paksu CLT-levy, jonka ulkopintaan kiinnitetään 50 mm x 100 mm tolpat 600 mm

välein. Tolppien väleihin asennetaan 100 mm mineraalivillaa. Mineraalivilla kerroksen ulkopuolelle jäävälle reunalle kiinnitetään 55 mm Tyvektuulensuojavillaa, joka kiinnitetään tolppiin eristekiinnikkeillä. CLT-levyn sisäpintaan kiinnitetään ruuveilla kaksi kerrosta 13 mm paksua Gyproc-kipsilevyä. Alimmaisiksi jäävä kerros on normaalivahvuista ja pintakerros erikoiskovaa Gyprocia.



Kuva 5. Leikkauskuva CLT-ulkoseinä.

4 Excel-tiedosto

Opinnäytetyön lopputuote on Microsoft Excel-tiedosto, jonka sisältämien taulukoiden avulla voidaan laskea suuntaa-antavia neliöhintoja CLT- ja rankasei-

näelementeille. Excel-tiedosto on jaettu useampaan välilehteen, joihin on sijoitettu kustannusten eri osa-alueita. Jokainen taulukko on tehty siten, että se voidaan helposti tulostaa A4-arkille. Excel-tiedoston kaikista välilehdistä on kirjoitettu oma kappaleensa, jossa käydään läpi niiden sisältö ja tarkoitus.

4.1 Laskuri

Laskuri-välilehti on Excel-tiedoston tärkein välilehti, johon on poimittu muista välilehdistä saadut tulokset. Siihen syötetään ulkoseinien ja väliseinien määrät neliömetreinä sekä juoksumetreinä. Myös arvioidut elementtienmäärät ja niiden välisten liitosten määrät syötetään Laskuri-välilehdelle. Työryhmät ja niiden keskituntiansiot sekä mahdollisesti käytettävien työkoneiden ja nosturien tunti-veloitukset syötetään Laskuri-välilehteen. Laskuriin on jätetty näkyviin vain oleelliset arvot ja vähemmän merkitykselliset muuttujat löytyvät muista välilehdistä. Laskuri-välilehti esittää Työkustannus- ja Materiaalikustannus-välilehtien laskemat kokonais- ja neliöhinnat sekä näiden summat siten, että eri rakenteiden hintoja on helppo vertailla. Näin on tehty siksi, että laskuri-välilehti pysyisi mahdollisimman selkeänä ja helppokäyttöisenä.

4.2 Työkustannukset

Työkustannukset-välilehdelle on sijoitettu taulukot, joilla on laskettu kunkin seinäelementtityypin valmistukseen ja asennukseen kuluvat työtehotunnit vaiheittain ja kokonaisuudessaan. Taulukoihin on eritelty työvaiheet ja työtehtävät. Eri työtehtävien menekit ja suoritelmäärät syöttämällä ohjelma laskee niihin kuluvat työtehotunnit. Työtehotunnit näkyvät työtehtäväkohtaisesti ja niiden yhteen laskettu summa on taulukon alareunassa. Kustannus-solussa työtehotunnit on kerrottu Laskuri-välilehdessä määritetyillä työntekijöiden määrällä ja heidän keskituntiansiollaan sekä otettu huomioon sosiaalikulut ja työkoneiden tunti-veloitukset. Työkustannustaulukoita on neljä kappaletta: Rankaulkoseinä, Ran-

kaväliseinä, CLT-ulkoseinä ja CLT-väliseinä. Taulukot ottavat huomioon kokonaistyökustannuksen laskemisessa myös suoritemäärä- ja lisäaikakertoimet, jotka on tehty siten, että ne muuttuvat itsestään Laskuri-välilehteen syötettyjen määrien mukaisesti. Suoritemäärä- ja lisäaikakertoimet on otettu Ratu-kortista 53-0262. Sosiaalikulut on huomioitu kiinteällä kertoimella 1,7. Taulukoihin on jätetty tyhjiä soluja jokaisen työvaiheen alle, jotta niihin voidaan helposti lisätä työtehtäviä tarpeen mukaan.

4.3 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset-välilehdelle on sijoitettu taulukot, joilla on laskettu kunkin seinätyypin kokonaismateriaalimenekki. Materiaalikustannukset-välilehteen syötetään jokaisen rakennusmateriaalin teoreettinen menekki, materiaalisä, hukkaprosentti ja yksikköhinta. Kokonaismäärän ohjelma laskee ottamalla huomioon edellä mainittujen arvojen vaikutuksen Laskuri-välilehdelle syötettyihin suoritemääriin. Taulukoissa näkyvät materiaali-kohtaiset kokonaiskustannukset sekä niiden summa. Taulukko ilmoittaa myös jokaisen materiaalin neliöhinnan sekä kokonaisneliöhinnan. Menetelmälisä (ML2), työvaihelisä (ML3) ja työmaalisä (ML4) sisältyvät kaikki materiaalisänsä. Materiaalien teoreettinen menekki on suunnitelmien mukainen menekki. Materiaalisät ja hukat on otettu Ratu-kortista 1191-S.

4.4 Ohje

Ohje-välilehdessä on kerrottu kuinka ohjelmaa tulee käyttää mahdollisimman paikkansapitävien tulosten saamiseksi. Lisäksi ohjeessa on mainittu mitä arvoja mihinkin välilehteen syötetään ja mitkä arvot ohjelma laskee syötettyjen arvojen perusteella. Ohjeessa on myös esitetty mitä asioita laskurin laadinnassa on otettu huomioon.

5 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia vanhan asuinkerrostalon korottamisessa käytettävien seinäelementtien valmistamisesta ja paikalleen asennuksesta aiheutuvia kustannuksia. Nykyisten rakennusten perustukset mahdollistavat rakennusten korottamisen 1-2 kerroksella ilman perustusten vahvistamista. Puu valittiin rakennusmateriaaliksi keveytensä ja helpon työstettävyytensä vuoksi. Opinnäytetyön edetessä aihetta rajattiin useaan otteeseen. Lopulta aiheeksi rajattiin rankaseinän ja CLT-seinän työ- ja materiaalikustannusten vertailu. Kerrostalon korottamisen todettiin olevan aiheena liian laaja tutkittavaksi yhdessä opinnäytetyössä. Puu on Suomen merkittävimpiä luonnonvaroja ja sitä tulisi hyödyntää enemmän rakentamisessa. Puu on betonia ekologisempi rakennusmateriaali, koska se sitoo hiilidioksidia ja puuhun sitoutunut hiilidioksidi säilyy siihen sitoutuneena rakennuksen koko elinkaaren ajan.

6 Toteutus

Tutkimuksessa mallinnettiin 6-kerroksisen asuinkerrostalon ulko- ja väliseinäelementtien työ- ja materiaalikustannuksia varsinaisen kohteen puuttuessa. Työkustannuksissa huomioitiin seinäelementtien valmistukseen ja asennukseen sisältyvät työtehtävät. Materiaalikustannuksissa huomioitiin kaikki seinäelementteihin ja niiden kiinnitykseen käytettävät materiaalit ja tarvikkeet. Tutkimuksesta ei haluttu liian sidonnaista vain johonkin tiettyyn hankkeeseen vaan pyrittiin saamaan aikaan yleishyödyllinen laskuriohjelma, joka olisi mahdollisimman joustava ja helppo hyödyntää erilaisissa hankkeissa.

Tutkimuksen pohjana käytettiin käytännössä todettuja arvoja ja menekkejä. Merkittävien tietolähde olivat Rakennustiedon Ratu-kortit, joissa on esitetty vai-

hekohtaisesti rakentamisessa käytettyjä menetelmiä ja ohjeistettu niiden toteuttamisessa. Ratu-kortit ovat oiva työkalu sekä rakennusalan ammattilaisille, että vähemmän rakentamisesta kokemusta omaaville henkilöille. Ratu-kortit keskittyvät yleensä johonkin tiettyyn rakennusvaiheeseen tai rakennustyönosaan ja havainnollistavat tekstein ja kuvin kyseisen työvaiheen etenemisen työjärjestyksen mukaisesti. Ratu-kortit sisältävät yleisesti mitattuja ja todettuja työ- ja materiaalimenekkejä, joiden avulla työn toteutusta voidaan suunnitella, aikatauluttaa ja laskea työstä aiheutuvat kustannukset. Ratu-korttien pohjalta lähdettiin suunnittelemaan selkeää ja helppokäyttöistä laskentaohjelmaa, jolla voidaan nopeasti ja suppeilla tiedoilla laskea suuntaa-antavia kustannustietoja mahdollista tarkempaa laskentaa esimerkiksi urakkatarjouksen laatimista varten. CLT Handbook on kattava opas CLT-rakentamiseen ja se toimi osana CLT-seiniä koskevaa tutkimusta. Valitettavasti kyseistä opasta ei ole vielä saatavana suomenkielisenä.

Kohderyhmänä tutkimukselle ovat rakennusliikkeet, jotka suunnittelevat joko vanhojen asuinkerrostalojen korottamista puurakenteilla tai puukerrostalojen rakentamista. Tutkimuksen päämääränä oli luoda Excel-taulukkopohjainen lasuri, johon voidaan syöttää erilaisia urakkakohtaisia tietoja, joiden pohjalta ohjelma laskee suuntaa-antavia kokonais- ja neliökustannuksia seinäelementeille. Taulukko toteutettiin siten, että sitä muokkaamalla on mahdollista laskea muidenkin rakennusosien kuin pelkästään seinien kustannuksia. Kustannukset on kokonaiskustannuksien lisäksi eritelty työ- ja materiaalikustannuksiin ja näihin vaikuttavia tekijöitä voi vapaasti muokata ohjelmassa urakkakohtaisten tarpeiden mukaan. Rankaseinä- ja CLT-elementtien hintatiedot on esitetty siten, että niitä on helppo vertailla.

CLT-levyt ovat vielä moniin muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna uusi ja Suomessa vähän käytetty rakennusmateriaali, mikä vaikutti selvästi tutkimuksen toteuttamiseen CLT-rakenteiden osalta. CLT-rakentamisesta ei ole vielä toistaiseksi tehty Ratu-korttia, tosin sellainen on valmisteilla. Mitattua varmaa tietoa CLT-rakenteiden asennuskustannusten osalta oli todella vaikea saada ja tutkimuksessa päädyttiinkin arvioimaan työmenekkejä puuelementtien asennuksesta tehtyjen Ratu-korttien perusteella. CLT-levyjen materiaalikustannuksista saatiin luotettavana pidettäviä neliöhintoja itävaltalaiselta Hermann Hube-

rilta, joka vaikuttaa Salzburgin ammattikorkeakoulussa. Itävalta on CLT-rakentamisen edelläkävijä maita Saksan ohessa. Toinen tärkeä lähde CLT-rakenteiden tutkimisessa oli Stora Enson aiheesta tekemät PDF-tiedostot, joissa käsitellään CLT-tekniikkaa monipuolisesti. Stora Enson tytäryhtiö Eridomicin kautta on mahdollista tilata CLT-levyjä Suomeen.

Toinen tutkimuksessa vertailtu seinärakenne CLT:n lisäksi oli perinteinen rankaseinä, josta tietoa löytyi helposti. Rankaseinä rakenne on ollut käytössä pitkään ja se on erittäin laajalti rakennustyössä käytetty seinärakenne, mistä johtuen rankaseinä rakenteiden työ- ja materiaalimenekkejä voidaan pitää erittäin tarkkoina ja luotettavina. Ratu-kortteihin on kerätty rankaseinä rakentamisesta käytännössä todettuja menekkejä pitkältä aikaväliltä.

Tutkimuksessa pyrittiin ottamaan huomioon kaikki seinäelementtien valmistukseen ja asentukseen liittyvät kustannukset ja laskemaan neliöhinnat näitten perusteella kummallekin vertailulle seinärakenteelle.

Tutkimuksessa mallinnettuun kuvitteelliseen kerrostalohankkeeseen rakennusmateriaalien ja rakennustarvikkeiden hinnat poimittiin niitä myyvien liikkeiden internet-sivuilta. Todelliset hinnat ovat kuitenkin todennäköisesti halvempia, koska tilattavia materiaaleja ja tarvikkeita on paljon ja mahdollinen tilaus on merkittävä myös tavarantoimittajan kannalta. Tämä tarkoittaa, että todelliset hinnat materiaaleille ja tarvikkeille saadaan jättämällä tarjouspyyntö ja kilpailuttamalla eri tavarantoimittajat.

7 Tulokset

7.1 Ulkoseinäelementtien työ- ja materiaalikustannukset

Ulkoseinäelementtien materiaalikustannuksissa on selkeä ero. CLT-elementtien materiaalikustannukset ovat yli kaksinkertaiset rankarakenteisiin elementteihin nähden. Työkustannukset ovat lähes identtiset molemmissa rakennusratkaisu-

sa. CLT-elementtien materiaalikustannuksiin sisältyy myös niiden valmistukseen liittyviä kuluja, koska niitä ei voida itse valmistaa vaan ne joudutaan tilaamaan valmiina tehtaalta. CLT-elementtien hintaan vaikuttaa merkittävästi rakennusmääräysten mukaisen U-arvon saavuttamiseksi tehtävä lisälämmöneristys. CLT-elementtien työkustannuksista noin 60 prosenttia muodostuu lisälämmöneristämiseen liittyvistä töistä. CLT-ulkoseinäelementtien kokonaiskustannukset ovat lähes kaksinkertaiset rankaseinäelementteihin verrattuna.

7.2 Väliseinäelementtien työ- ja materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset olivat CLT-väliseinäelementeissä noin kaksinkertaiset rankarakenteisiin väliseinäelementteihin verrattuna, kun taas työkustannuksien osalta tilanne on päinvastainen. Tämä selittyy sillä, että CLT-elementit tilataan valmiiksi työstettyinä, jolloin materiaalikustannukset nousevat selvästi. Rankaseinäelementit on mahdollista tehdä itse ja näin ollen materiaalikustannukset koostuvat pelkästään elementteihin käytetyistä materiaaleista. Elementtien valmistuskustannukset, jotka ovat merkittävä osa elementtien kokonaishinnasta, sisältyvät työkustannuksiin.

7.3 Kokonaiskustannukset

Tutkimuksessa mallinnetussa kohteessa vertailtiin asuinkerrostalon korottamista puurakentein kahdella erilaisella seinärakennratkaisulla, jolloin lopullisissa tuloksissa tulee ottaa huomioon molemmilla rakennratkaisuilla ulko- ja väliseinäelementtien yhteishinta. Tutkimuksen mukaan CLT-elementeistä rakennettavan puu-kerrostalon seinäelementit tulisivat kaikkineen maksamaan yli 1,5-kertaisesti sen mitä rankarakenteiset seinäelementit.

Materiaalikustannukset		
	Kokonaishinta	Hinta / m ²
Väliseinä, Ranka	57746 €	45,2 €
Väliseinä, CLT	132615 €	103,8 €
Ulkoseinä, Ranka	69736 €	52,4 €
Ulkoseinä, CLT	162769 €	122,2 €
Työkustannukset		
	Kokonaishinta	Hinta / m ²
Väliseinä, Ranka	38707 €	30,3 €
Väliseinä, CLT	22910 €	17,9 €
Ulkoseinä, Ranka	36001 €	27,0 €
Ulkoseinä, CLT	34661 €	26,0 €
Kokonaiskustannukset		
	Kokonaishinta	Hinta / m ²
Väliseinä, Ranka	96453 €	75,5 €
Väliseinä, CLT	155524 €	121,7 €
Ulkoseinä, Ranka	105737 €	79,4 €
Ulkoseinä, CLT	197430 €	148,2 €

Kuva 6. Kustannustaulukko.

8 Pohdinta

Olen tyytyväinen opinnäytetyöni tulokseen vaikka paljon merkittäviä tutkittavia aiheita jäi käsittelemättä alkuperäisen aiheen laajuuden vuoksi. Mielenkiintoisia jatkotutkimusaiheita on mielestäni paljon ja tekemääni tutkimusta voidaan käyttää pohjana muista rakennusosista tehtäviin vastaavanlaisiin tutkimuksiin. Alun perin tarkoituksena oli tutkia aihetta paljon laajemmin, mutta tutkimusta jouduttiin rajaamaan paljon. Suurin hyöty tutkimuksesta olisi mielestäni saatu ottamalla huomioon kaikki kerrostalon korottamiseen liittyvät rakennusosat ja työvaiheet, mutta tutkittavaa olisi ollut liikaa yhteen opinnäytetyöhön. Edellä mainittu olisi ollut ehkä mahdollista siten, että aihe olisi jaettu osiin ja kustakin osasta olisi tehty oma opinnäytetyönsä ja nämä olisi lopuksi yhdistetty yhdeksi suureksi kokonaisuudeksi. Toinen vaihtoehto olisi ollut tehdä yksi opinnäytetyö aiheesta Asuinkerrostalon korottaminen puurakenteilla, mutta mielestäni aihetta olisi voinut käsitellä silloin liian pintapuolisesti eivätkä tutkimuksen tulokset olisi olleet niin hyödyllisiä.

CLT-rakenteiden hintaa nosti mielestäni se, että paloturvallisuus määräysten vuoksi CLT-seinät joudutaan suojaverhoamaan 30 minuutin palonkestäviksi yli 4-kerroksen korkuisissa rakennuksissa. Tätä matalammassa rakennuksissa edellä mainittua vaatimusta ei ole. CLT-ulkoseinä joudutaan lisäksi lisälämmöneristämään energiatehokkuus vaatimusten mukaisen U-arvon saavuttamiseksi.

Rakennusmateriaalien ja rakennustarvikkeiden hinnat todennäköisesti laskevat merkittävästi kun ne kilpailutetaan tavarantoimittajien kesken. Opinnäytetyössäni tekemällä ohjelmalla suuntaa-antavia tietoja laskiessaan, laskentaa tekevän yrityksen kannattaakin mielestäni käyttää jo tiedossaan olevia hintoja. Kyseiset hinnat ovat todennäköisesti lähempänä lopullisia hintoja kuin malliesimerkissäni käyttämäni hinnat, jotka ovat Internetissä kaikkien nähtävillä.

Opinnäytetyön tekeminen oli oman oppimiseni kannalta hyödyllinen prosessi. Tutustuin itselleni aikaisemmin vieraaseen rakennusmateriaaliin eli CLT-levyihin ja uskon tämän työn tekemisestä olevan minulle hyötyä työelämässä. Ammatil-

lista kasvua tapahtui myös jo ennestään tutuilla osa-alueilla. Opin lisää puurakentamisesta ja siihen kuuluvista asioista suunnitellessani laskentataulukoita ja miettiessäni mitä kaikkea niihin tulisi sisältyä sekä erilaisten materiaalien- ja työkustannusten vaikutuksesta kokonaishintaan. Opinnäytetyö toimi kertauksena Excel-taulukko-ohjelman käyttämisessä ja opin myös uusia toimintoja taulukoita laatiessani. Ratu-kortteja lukemalla kartutin osaamistani puurakenteista. Kaiken kaikkiaan koen opinnäytetyön tekemisen olleen oman ammattitaitoni ja oppimisen kannalta hyödyllinen prosessi.

Lähdeluettelo

FPIinnovations. 2011. CLT Handbook Chapter 5 Connections.

Puuinfo. 2013. RunkoPES 1.0. Helsinki.

<http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-10>. 24.4.2013

Rakennustieto Oy. 2009. Ratu Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki.

Rakennustieto Oy. 2000. Ratu 1191-S. Helsinki.

Rakennustieto Oy. 2004. Ratu 51-0256. Helsinki.

Rakennustieto Oy. 2003. Ratu 53-0262. Helsinki.

Stora Enso. 2012. Rakentamisen ratkaisut.

Puukeskus Oy. 2013. <http://www.puukeskus.fi/tuotteet/puutavara/sahatavara>. 24.4.2013.

Puukeskus Oy. 2013.

<http://www.puukeskus.fi/tuotteet/rakennuslevyt/rakennuslevyt>. 24.4.2013.

Puukeskus Oy. 2013.

<http://www.puukeskus.fi/tuotteet/rakennustarvikkeet/eristeet>. 24.4.2013.

Puukeskus Oy. 2013.

<http://www.puukeskus.fi/tuotteet/rakennustarvikkeet/muovituotteet>. 24.4.2013.

Puukeskus Oy. 2013. <http://www.puukeskus.fi/tuotteet/rakennustarvikkeet/muut-rakennustarvikkeet>. 24.4.2013.

Puukeskus Oy. 2013.

<http://www.puukeskus.fi/tuotteet/rakennustarvikkeet/naulat-ruuvit-kiinnikkeet>. 24.4.2013.

Taloon Yhtiöt Oy. 2013. <http://www.taloon.com/eristekiinnike-opkk-60-40-60-250-kpl/JJ-36-58xvwr/dp?openGroup=267>. 24.4.2013.

Liitteet

Excel-tiedoston Laskuri-taulukko.

YRITYKSEN LOGO				Kustannuslaskelma		Seinäelementit	
Tarjouskohte:				Tekijä:			
				Päiväys:			
Versio :				Suoritemäärä		Liitosten määrä	
						CLT	Ranka
U-koseinä	1332	m ²	444	jm	48		48
Väliseinä	1278	m ²	426	jm	90		48
							120
Materiaalikuennukset							
	Kokonaishinta		Hinta / m ²		Huom ! Rakennusmateriaalien hinnat, teoreettiset menekit, materiaalisit ja hukkaprosentit syytetään		
Väliseinä, Ranka	57746	€	45,2	€	Materiaalikuennukset-väliseen.		
Väliseinä, CLT	132615	€	103,8	€			
U-koseinä, Ranka	69736	€	32,4	€			
U-koseinä, CLT	162769	€	122,2	€			
Työkuennukset							
	Kokonaishinta		Hinta / m ²		Työryhmä		
					2	RAM	1
					Keskituntiansio		
Väliseinä, Ranka	38707	€	30,3	€	16	€	11
					Työkonet		
Väliseinä, CLT	22910	€	17,9	€	Auto nosturi	90	€ / tunti
U-koseinä, Ranka	36001	€	27,0	€	Kuorottaja		€ / tunti
					Kuorma-auto		€ / tunti
U-koseinä, CLT	34651	€	26,0	€			€ / tunti
							€ / tunti
Kokonaiskustannukset							
	Kokonaishinta		Hinta / m ²		Kokonaishinta yhteensä (ulkoseinät + väliseinät)		
Väliseinä, Ranka	96453	€	75,5	€	Rankarakenteiset seinät		202190 €
Väliseinä, CLT	155524	€	121,7	€	CLT-rakenteiset seinät		352955 €
U-koseinä, Ranka	105737	€	79,4	€			
U-koseinä, CLT	197430	€	148,2	€			

Excel-tiedoston työkustannustaulukko. Rankaukoseinä.

Työkustannukset		Rankaukoseinä	
Työn osat	Työmenekki	Suoritemäärä	Yhteensä (tth)
Aloittavat työt			
Tavarain vastaanotto ja välivarastointi	0,01 tth/elementti	60 elementtiä	0,6 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
Seinänrunkotyö			
Alasidepuut	0,30 tth/seinä-m ²	1332 m ²	399,6 tth
Yläsidedpuut	0,30 tth/seinä-m ²	1332 m ²	399,6 tth
Runkotolpat	0,14 tth/seinä-m ²	1332 m ²	186,5 tth
Ristinkooelus k600	0,04 tth/seinä-m ²	1332 m ²	53,3 tth
Aukot (ikkunat, ovet)	0,40 tth/kpl	kpl	0,0 tth
Villoitus	0,04 tth/seinä-m ²	1332 m ²	53,3 tth
Hyörynsulkumuovien asennus	0,02 tth/seinä-m ²	1332 m ²	26,6 tth
Levytyt	0,32 tth/seinä-m ²	1332 m ²	426,2 tth
Tuulensuojalevytyt	0,03 tth/seinä-m ²	1332 m ²	66,6 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
Lopettavat työt			
Suojaus, siivous	0,01 tth/elementti	60 elementtiä	0,6 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Asennustyöt			
Nostot	0,20 tth/elementti	60 elementtiä	12,0 tth
Mittaus, alusta	0,04 tth/elementti	60 elementtiä	2,4 tth
Asennus, kiinnitys			
alle 3600 mm	0,80 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
4500 mm	0,90 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
ylä 5400 mm	1,13 tth/elementti	60 elementtiä	69,0 tth
Jetko-kohtien varmistaminen, naukalevy	0,18 tth/levy	60 levyä	10,8 tth
Suojaus, siivous	0,01 tth/elementti	60 elementtiä	0,6 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Työtunnit (tth)			1707,7 tth
Suoritemääräkerroin			1,1
Lisäkerroin			1,1
Yhteensä (tth)			2066,3 tth
Kustannus (€)			36001 €

Excel-tiedoston työkustannustaulukko. CLT-ulkoseinä.

Työkustannukset		CLT-ulkoseinä	
Työn osat	Työmenekki	Suoritemäärä	Yhteensä (tth)
Aloittavat työt			
Tavaran vastaanotto ja väliverastointi	0,01 tth/elementti	48 elementtiä	0,5 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Seinän runkotyö			
Alasidepuut	0,30 tth/seinä-m ²	1332 m ²	399,6 tth
Yläsidepuut	0,30 tth/seinä-m ²	1332 m ²	399,6 tth
Runkotolpat	0,14 tth/seinä-m ²	1332 m ²	186,5 tth
Ristinkokous k800	0,04 tth/seinä-m ²	1332 m ²	53,3 tth
Villioitus	0,04 tth/seinä-m ²	1332 m ²	53,3 tth
Levytyt	0,32 tth/seinä-m ²	1332 m ²	426,2 tth
Tuulensuojalevytyt	0,03 tth/seinä-m ²	1332 m ²	66,6 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
CLT-asennus			
Nostot	0,20 tth/elementti	48 elementtiä	9,6 tth
Mittaus, alusta	0,04 tth/elementti	48 elementtiä	1,9 tth
Asennus, kiinnitys			
alle 3600 mm	0,80 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
4300 mm	0,90 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
yli 5400 mm	1,13 tth/elementti	48 elementtiä	53,2 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
Lopettavat työt			
Suojaus, silvoutus	0,01 tth/elementti	48 elementtiä	0,5 tth
			0,0
			0,0
Työtunnit (tth)			1652,8 tth
Suoritemääräkerroin			1,1
Lisäkerroin			1,1
Yhteensä (tth)			1999,8 tth
Kustannus (€)			34661 €

Excel-tiedoston työkustannustaulukko. Rankaväliseinä.

Työkustannukset		Rankaväliseinä	
Työnosat	Työmenekki	Suoritemäärä	Yhteensä (tth)
Aloittavat työt			
Tavaravastanotto ja välivarastointi	0,01 tth/elementti	120 elementtiä	1,2 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Seinänrunkotyö			
Alasidepuut	0,30 tth/seinä-m ²	1278 m ²	383,4 tth
Yläsidepuut	0,30 tth/seinä-m ²	1278 m ²	383,4 tth
Runkotoipat	0,14 tth/seinä-m ²	1278 m ²	178,9 tth
Levytyt	0,32 tth/seinä-m ²	2556 m ²	817,9 tth
Aukot (Ovet)	0,40 tth/kpl	kpl	0,0 tth
Villoitus	0,04 tth/seinä-m ²	1278 m ²	51,1 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
Lopettavat työt			
Suojaus, siivous	0,01 tth/elementti	120 elementtiä	1,2 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Asennustyöt			
Nostot	0,20 tth/elementti	120 elementtiä	24,0 tth
Mittaus, alusta	0,04 tth/elementti	120 elementtiä	4,8 tth
Asennus, kiinnitys			
alle 1200 mm	0,50 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
3300 mm	0,70 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
yli 3400 mm	0,90 tth/elementti	120 elementtiä	108,0 tth
Jatkoskohtien varmistaminen, neulauslevy	0,18 tth/levy	60 levyä	10,8 tth
Suojaus, siivous	0,01 tth/elementti	120 elementtiä	1,2 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Työtunnit (tth)			1966,0 tth
Suoritemääräkerroin			1
Lisäkerroin			1,1
Yhteensä (tth)			2162,6 tth
Kustannus (€)			38707 €

Excel-tiedoston työkustannustaulukko. CLT-väliseinä.

Työkustannukset		CLT-väliseinä	
Työn osat	Työmeneikki	Suoritemäärä	Yhteensä (tth)
Aloittavat työt			
Tavaravastaanotto ja väliverstointi	0,01 tth/elementti	48 elementtiä	0,5 tth
			0,0
			0,0
			0,0
Seinän runkotyö			
Ristinkooelus k800	0,04 tth/seinä-m ²	2556 m ²	102,2 tth
Villoitus	0,04 tth/seinä-m ²	2556 m ²	102,2 tth
Levyitys	0,32 tth/seinä-m ²	2556 m ²	817,9 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
CLT-asennus			
Nostot	0,20 tth/elementti	48 elementtiä	9,6 tth
Mittaus, alusta	0,04 tth/elementti	48 elementtiä	1,9 tth
Asennus, kiinnitys			
alle 1200 mm	0,50 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
3300 mm	0,70 tth/elementti	0 elementtiä	0,0 tth
yli 3400 mm	0,90 tth/elementti	48 elementtiä	43,2 tth
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
			0,0
Lopettavat työt			
Suojaus, siivous	0,01 tth/elementti	48 elementtiä	0,5 tth
			0,0
			0,0
Työtunnit (tth)			1078,1 tth
Suoritemääräkerroin			1,1
Lisäkerroin			1,1
Yhteensä (tth)			1304,3 tth
Kustannus (€)			22910 €

Excel-tiedoston materiaalikustannustaulukko. CLT-ulkoseinä.

CLT Ulkoseinä

	Teoreettinen menekki (m ² /m ²) / (jm/m ²) / (kpl/m ²) / (jm/liitos) / (kpl/jm) / (kpl/liitos)	Materiaali- lisä	Hukka-%	Kokonaismäärä (m ²) / (jm) / (kpl)	Yksikkö hinta (€/m ²) / (€/kpl) / (€/jm)	Kustannus yhteensä (€)	Yksikkökustan- nus (€/m ²)
CLT-levy 160 mm	1,00	0%	0,00%	1332,0	75,00	99900	75,0
Mineraalivilla 150 mm	1,00	5%	0,00%	1398,6	13,16	18406	13,8
Kipsilevy	1,00	10%	0,00%	1465,2	5,40	7912	5,9
Tuulensuojavilla 55 mm	1,00	5%	0,00%	1398,6	14,63	20462	15,4
Runko 50 x 150 mm	1,66	10%	0,00%	2432,2	2,83	6883	5,2
Eristekiinnike	4,00	0%	0,00%	5328,0	0,22	1162	0,9
Itsekierteittävät ruuvit	30,00	0%	0,00%	1440,0	0,11	153	0,1
Kulmalevyt	2,00	0%	0,00%	888,0	1,00	888	0,7
Tiivistenauha	6,00	0%	0,00%	288,0	0,68	197	0,1
Saumausteippi	3,00	0%	0,00%	144,0	1,026	148	0,1
CLT:n työstö, lisähinta	1,00	0%	0,00%	1332,0	5	6660	5,0
		0%	0,00%	0,0		0	0,0
		0%	0,00%	0,0		0	0,0
		0%	0,00%	0,0		0	0,0
		0%	0,00%	0,0		0	0,0
						162769	122,2

Excel-tiedoston Ohje-välilehti.

<p>Laskurin käyttöohje</p> <p>Soluun B9 syötetään ulkoseinän suoritemäärä (m²)</p> <p>Soluun B10 syötetään väliseinän suoritemäärä (m2)</p> <p>Soluun F9 syötetään CLT-ulkoseinä-elementtien välisten liitosten määrä (kpl)</p> <p>Soluun F10 syötetään CLT-väliseinä-elementtien välisten liitosten määrä (kpl)</p> <p>Soluun G9 syötetään rankarakenteisten ulkoseinä-elementtien välisten liitosten määrä (kpl)</p> <p>Soluun G10 syötetään rankarakenteisten väliseinä-elementtien välisten liitosten määrä (kpl)</p> <p>Soluun H9 syötetään CLT-ulkoseinä-elementtien määrä (kpl)</p> <p>Soluun H10 syötetään CLT-väliseinä-elementtien määrä (kpl)</p> <p>Soluun I9 syötetään rankaulkoseinä elementtien määrä (kpl)</p> <p>Soluun I10 syötetään rankaväliseinä elementtien määrä (kpl)</p> <p>Soluun F26 syötetään työhön tarvittavien rakennusammattimiesten keskituntiansio (€)</p> <p>Soluun F28 syötetään työhön tarvittavien rakennusmiesten määrä (kpl)</p> <p>Soluun H28 syötetään työhön tarvittavien rakennusammattimiesten keskituntiansio (€)</p> <p>Soluun H30 syötetään nostorin tuntiveloitus (€)</p>	<p>Huom! Jos asennettavat elementit tai osa niistä ovat alle 5,4 metriä pitkiä tulee ne huomioida Työkustannukset-välilehdessä, jos näin ei tehdä ohjelma käyttää kaikkien elementtien asennuksen ja kiinnityksen laskemiseen yli 5,4 metrisille elementeille laskettua menekkiä. Pienempien elementtien määrät syötetään niille varattuihin soluihin kohtaan Asennus, kiinnitys.</p>						
<p>Työkustannukset-välilehdelle syötetään työmenekit, suoritemäärät ja lisäaikakerroin, muut luvut taulukko laskee itse. Lisää työtehtäviä voi lisätä tyhjiin soluihin ja taulukko laskee nekin.</p>	<p>Ulkoverhouksen vaikutusta hintaan ei ole otettu huomioon, koska sen oletetaan olevan sama kumpaakin seinärakennetta käytettäessä!</p>						
<p>Materiaalikustannukset-välilehdelle syötetään teoreettinen menekki, materiaaalilisiä, hukka-% ja yksikköhinta. Loput arvot taulukko laskee. Lisää materiaaleja voi lisätä tyhjiin soluihin ja</p>	<p>Työmenekit on otettu Ratu-kortista 53-0262 ja niissä on laskettu työryhmällä 2 RAM + 1 RM.</p> <p>Materiaalikustannusten teoreettinen menekki on laskettu Laskurin-arvon mukaan seuraavalla</p> <table border="1" data-bbox="1062 797 1442 922"> <tr> <td style="background-color: #92d050;"> </td> <td>m²</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #add8e6;"> </td> <td>jm</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffa500;"> </td> <td>liitosten määrä</td> </tr> </table>		m ²		jm		liitosten määrä
	m ²						
	jm						
	liitosten määrä						