



TIETOMALLINTAMINEN OSANA CLT-RAKENTAMISTA

Näkökulmana valmisosasuunnittelu

Asunto-osakeyhtiö Jyväskylän Kotimäen Huippu

Aho Tomi

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri

2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri

Tekijä	Tomi Aho	Vuosi	2021
Ohjaaja	Valtteri Pirttinen		
Toimeksiantaja	Havua Osakeyhtiö		
Työn nimi	Tietomallintaminen osana CLT-rakentamista		
Sivumäärä	42		

Opinnäytetyöni on toiminnallinen opinnäytetyö, jossa mallinnettiin kahden rivitalon ja autokatoksen CLT-elementit. Työ toteutettiin mallintavaa elementtisuunnittelua hyödyntäen. CLT-elementit mallinnettiin ArchiCAD-ohjelman ja ladattavan lisäosan ArchiFrame-ohjelman avulla. Työn ohella tarkasteltiin ArchiFrame-ohjelman luomia mahdollisuuksia tulevissa Havua Osakeyhtiön rakennushankkeissa.

Opinnäytetyö on toteutettu Havua Osakeyhtiön toimeksiantona, Jyväskylän Vaa-jakoskelle rakennettavaan rakennushankkeeseen. Rakennushanke toteutetaan kesällä 2021. Pääurakoitsijana toimii Havua Osakeyhtiö.

Opinnäytetyössäni perehdyttiin CLT-elementtisuunnitteluun tietomallintamista hyödyntäen. CLT-rakentamisen korkea esivalmistusaste ohjaa elementtisuunnittelua mallintavaan suunnittelutapaan. Rakennuksen talotekniikka on suunniteltava täydellisesti ennen elementtien suunnittelua ja valmistusta. Valmiiden CLT-elementtien muokkaaminen työmaalla on työlästä ja osittain jopa mahdotonta.

Rakennushankkeen talotekniikasta toteutettiin talotekniikan tietomalli. Yhdistämällä rakennusten elementtietomalli taloteknisen tietomallin kanssa voitiin mallintaa jokaiseen CLT-elementtiin esivalmistettavat työstöt yksityiskohtaisesti.

Työn tuloksena saatiin CLT-elementtien tilaukseen käytettävä elementtietomalli. Elementtietomalli sisälsi rakennushankkeen kaikki yksityiskohtaiset CLT-elementit. Rakennushankkeen kaikki CLT-elementit tilattiin elementtien toimittajalta tehdyn tietomallin avulla.

Avainsanat CLT-elementti, tietomallinnus (BIM), elementtisuunnittelu, valmisosasuunnittelu, ArchiFrame

Construction and civil engineering
Bachelor of Engineering

Author	Tomi Aho	Year	2021
Supervisor	Valtteri Pirttinen		
Commissioned by	Havua Osakeyhtiö		
Subject of thesis	BIM as a part of CLT-construction		
Number of pages	42		

In my operational thesis I modelled CLT-elements to two terraced houses and car shelters. The project was accomplished by exploiting element designing. The CLT-elements were modeled in ArchiCAD-software and its extended software ArchiFrame. Within the project I was able to view different possibilities ArchiFrame-software could offer in Havua Osakeyhtiö's future projects.

The thesis has been carried out on behalf of Havua Osakeyhtiö for a construction project to be built in Vaajakoski, Jyväskylä. The construction project will be implemented in the summer of 2021. The main contractor is Havua Osakeyhtiö.

In my thesis I get acquainted to CLT-element designing by using building information modeling. The high prefabrication rate of CLT-construction guides element design into modeling designing. The building technology must be designed completely before the designing and manufacturing of the elements can be started. This is because modifying the CLT-elements on site is quite challenging and almost impossible.

The technical design of the construction project was carried out using building information modeling. Each of the CLT-elements were able to be prefabricated in detail by combining the element model to the building technology model.

The final element model was used for ordering the CLT-elements from the factory. The element model included all the the detailed CLT-elements of the construction project. The construction projects CLT-elements were ordered using the data model.

Key words

CLT-element, Building Information Modelling (BIM), Element designing, prefabricated designing, ArchiFrame

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	CLT-RAKENTAMINEN	8
3	TIETOMALLINTAMINEN JA ELEMENTTISUUNNITTELU	13
3.1	Tietomallintaminen.....	13
3.2	Yleiset tietomallivaatimukset.....	14
3.3	Elementti- ja valmisosasuunnittelu.....	15
4	PROJEKTIN ALOITUS	17
4.1	Rakennushanke ja toimijat.....	17
4.2	Ohjelman valinta	18
4.3	Tavoitteet	19
5	CLT-RIVITALON ELEMENTTISUUNNITTELU.....	21
5.1	Elementtisuunnittelu.....	21
5.2	Tietomallien yhdistäminen ja yhdistelmämalli	24
5.3	Työstöjen luonti.....	28
5.4	Työstöjen tarkastus.....	36
5.5	Tietomallintamisen tulos	37
6	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET	41

ALKUSANAT

Haluan kiittää Ismo Permikangasta sekä Havua Osakeyhtiötä ja sen henkilökuntaa mielenkiintoisen opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta.

Haluan myös kiittää Jorma Kinnusta yhteistyöstä ja avusta ArchiCAD-ohjelman käyttöön ja rakennesuunnitteluun liittyvissä asioissa.

Kiitokset kuuluvat myös Hoisko CLT Finland Oy:lle yhteistyöstä ja kaikille muille hankkeeseen osallistuneille yrityksille ja henkilöille.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

BIM	Building Information Model, Tietomalli (Trimble 2021)
CLT	Cross Laminated Timber, Ristikkäin liimattu massiivipuuelementti (CrossLam 2019)
CNC	Computer Numerical Control, Tietokoneen numeerinen ohjaus (CNC 2020)
LVISA	Lämpö-, vesi-, ilma-, sähkö- ja automaatiotekniikan yleisnimitys.
IV	Ilmanvaihto

1 JOHDANTO

Havua Osakeyhtiö tarjosi kevättalvella 2021 opinnäytetyöaiheeksi CLT-elementtisuunnittelua ja rakennesuunnittelua. Aihe tuntui heti äärimmäisen mielenkiintoiselta ja uniikilta.

Havua Osakeyhtiö on 2020 perustettu, Jyväskylässä toimiva ekologiseen massiivipuukurakentamiseen erikoistunut rakennusalan yritys. Havua Osakeyhtiö käyttää pääsääntöisesti rakennusmateriaalina CLT:tä. Havua Osakeyhtiön perustajilla on useamman vuoden kokemus rakentamisen eri osa-aleilta, aina suunnittelusta ja talotekniikan parista varsinaiseen rakentamiseen saakka. Jyväskylän Kotimäen Huippu -rakennushanke on Havua Osakeyhtiön ja tietomallintamisen pilottihanke (Havua 2021.)

Jyväskylän Kotimäen Huippu -rakennushanke on kahden rivitalon ja autokatoksen kattava kokonaisuus. Molemmissa rivitaloissa on yksi kaksio ja kolme kolmiota. Rivitalojen kantava runko toteutetaan CLT-elementeillä. Rakennushankkeen ohjaavana ajatuksena on pyrkiä toteuttamaan rakennushanke mahdollisimman pitkälle esivalmistetuista tuoteosista. Tuoteosasuunnittelun ajatusmalli antaa vaatimukset toteuttaa tarkka tietomalli kattaen kaiken tekniikan ja rakenteet. Opinnäytetyössä tarkastellaan valmisosasuunnittelua CLT-elementtisuunnittelun näkökulmasta.

Tavoitteena työllä on mallintaa rivitalojen CLT-elementit. Lisäksi halutaan tutkia tietomallintamisen luomia mahdollisuuksia ja ideoida, kuinka rakennusprosessia voitaisiin kehittää enemmän vastaamaan konetekniikan ajatusta valmistaa suoraan paikalle asennettavia tuoteosia.

Projektin aloitusvaiheessa tehtävänä oli löytää ohjelmisto, jolla voidaan toteuttaa CLT-elementtimallit. Mallin tulisi sisältää kaikki vaadittavat työtöt LVISA-tekniikalle, sekä elementtien asennusvaihetta helpottavat työtöt. Mallinnuksen tavoitteena oli luoda elementtisuunnitelmat kolmiulotteisena tietomallina Hoisko CLT Finland Oy:n elementtien tuotantolinjalle saakka.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan mallintavaa CLT-elementtisuunnittelua.

2 CLT-RAKENTAMINEN

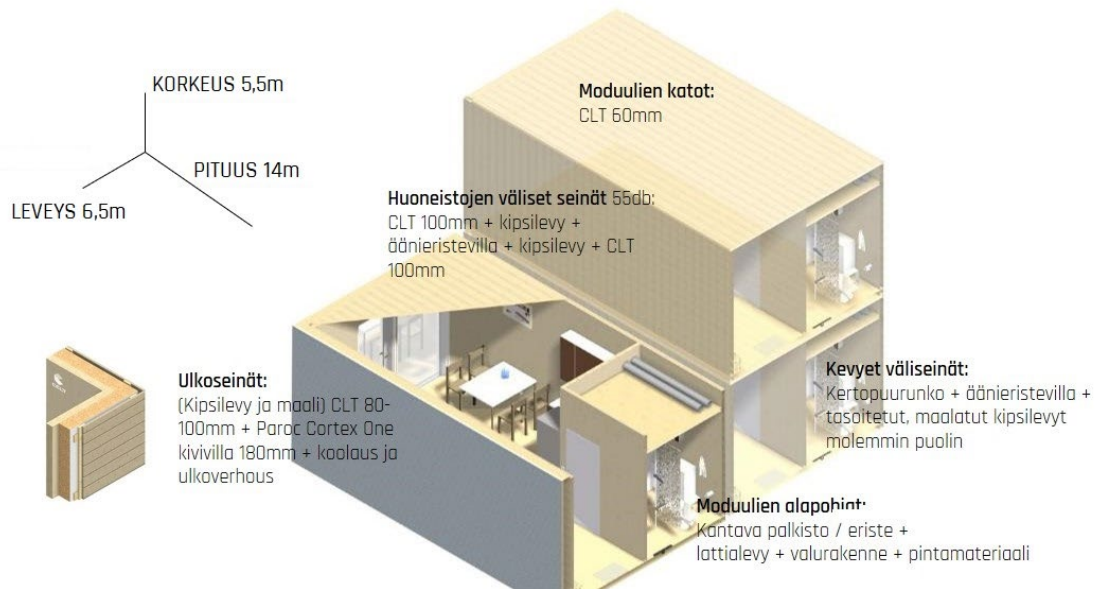
CLT (engl. Cross Laminated Timber) on ristiin laminoitu massiivipuulementti. Elementit valmistetaan tavallisesti kolmen, viiden tai seitsemän ristiin liimatun puulevykerroksen vahvaiseksi massiivipuulementiksi (Kuva 1). Kerroksia voi olla useampiakin, aina kolmesta kymmeneen kerrokseen saakka. CLT-elementtien valmistustapa ja kerrosvahvuudet vaihtelevat eri toimittajien välillä, esimerkiksi Hoisko CLT Finland Oy:n tuottamat CLT-elementtien puulevykerrokset ovat syrjäliimattuja (Hoisko 2018), kun taas CrossLam Kuhmo Ltd:n CLT-elementtien puulevykerrokset eivät ole syrjäliimattuja (CrossLam 2015). Kerrosvahvuudet vaihtelevat tilattavan elementin paksuuden ja kerroslukumäärän mukaan, myös elementin kuormituksen laatu ja suunta vaikuttaa kerroksien suuntaan ja vahvuuteen. Tavallisesti käytetään 20mm–60mm kerrosvahvuutta (CrossLam 2019).



Kuva 1. CLT-levy (Havua 2021)

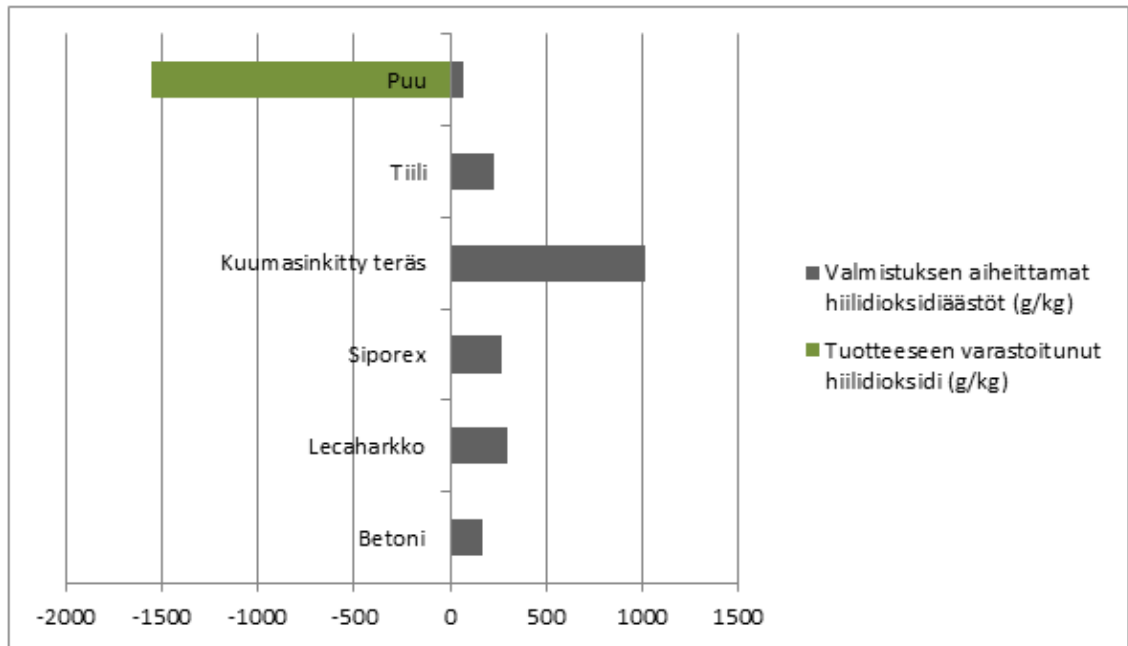
CLT-rakentamisen etuna verrattuna betonielementtirakentamiseen on CLT:n korkea esivalmistusaste. CLT-elementit voidaan valmistaa tehtaalla mittatarkoiksi ja asennusvalmiiksi elementeiksi tai CLT-elementeistä voidaan kasata valmiita tilaelementtejä. CLT-elementin pinnat voidaan käsitellä tehtaalla aina valmispintaan asti. Toinen merkittävä materiaalin etu on puun ominaispaino, 470 kg/m^3 (Hoisko 2018), kun vastaavasti betonin n. 2500 kg/m^3 (Betoni 2021). Samaan aikaan

CLT-runkoinen rakennus on jäykkä ja kestää suurta kuormitusta. Osoituksena CLT-rakenteen painokestävyysuhteesta on yleistymässä oleva puukerrostalo-rakentaminen (Hoisko 2020.)



Kuva 2. CLT toimii hyvin tilaelementtien runkona (CELT 2017)

Korkea esivalmistusaste ja materiaalin ominaisuudet mahdollistavat CLT-elementtien käytön tilaelementtirakentamisessa. Tilaelementit ovat tehtaalla käyttövalmiiksi valmistettuja moduuleja, jotka asennetaan työmaalla valmiiksi rakennuskokonaisuudeksi (Kuva 2). Tilaelementtien valmistus toteutetaan sisätiloissa, jolloin rakentamisvaiheessa rakenteisiin ei pääse kertymään kosteutta. Yhdistelemällä tilaelementtejä ja CLT-levyistä valmistettuja suurelementtejä voidaan toteuttaa monipuolisia rakennuksia. Tilaelementtirakentamisen avulla voidaan helposti toteuttaa kerrostaloja, rivitaloja, luhtitaloja ja kaiken kokoisia omakotitaloja sekä huviloita. Julkisessa rakentamisessa tilaelementtejä voidaan hyödyntää mm. koulujen ja sosiaali- ja terveysasemien valmistuksessa (CELT 2017.)



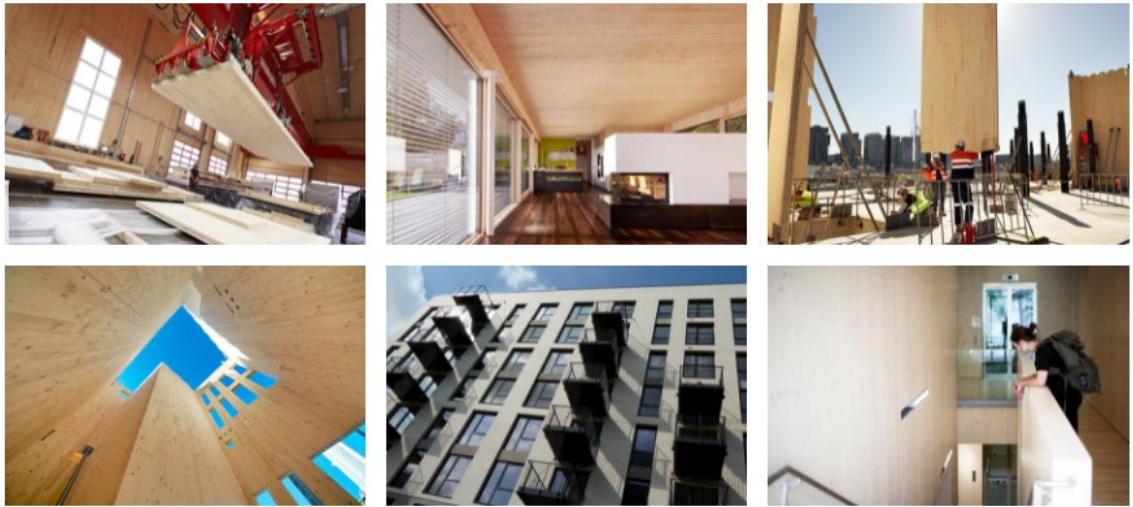
Kuva 3. Hiilidioksidipäästöt ja materiaalin hiilidioksidin varastointi (Puuinfo 2020)

Puurakentamista voidaan pitää ekologisena ratkaisuna, koska puu sitoo ilmasta hiilidioksidia (Kuva 3). Keskimäärin suomalaisen puurakenteisen talon arvioidaan sitovan noin 25 tonnia hiilidioksidia, joka on peräisin ilmasta. Määrä vastaa keskimäärin yhden autoilijan 10 vuoden päästöjä. Lisäksi puutuotteiden valmistamisessa käytettävät hiilidioksidipäästöt ovat maltillisia muihin materiaaleihin verrattuna. Kun puutuotteilla voidaan korvata esimerkiksi betonielementtirakentamista, puurakentamisen ekologisuus kasvaa entisestään (Puuinfo 2020.)

CLT-rakentamisen hyötynä voidaan pitää rakennuksen sisäilman puhtautta ja kosteustasapainoa. Puu on hygroskooppinen materiaali, joka sitoo ja luovuttaa kosteutta ympäröivän ilmankosteuden mukaan. Tämän ominaisuuden ansiosta massiivipuurakennuksen sisäilman kosteusvaihtelu pysyy maltillisena ympäri vuoden (Puuinfo 2020.)

Puu on tiivis, mutta hengittävä materiaali. Hengittävyydellä ei tarkoiteta suoraa ilmavirtausta rakenneosan läpi, vaan hiljalleen tapahtuvaa ilman kaasujen osapaineiden tasoittumista rakenneosan läpi diffuusiona. Ilmatiiveys on eri asia kuin hengittävyys. Rakennusten tulee olla ilmatiiviitä, vaikka rakennettaisiinkin hengittävillä materiaaleilla. Hengittävän rakenteen etu on sen kyky siirtää hengityksessä muodostuvaa hiilidioksidia rakenteen läpi ulkoilmaan, ja vastaavasti siirtää

ulkoilmasta happea sisäilmaan. Riittävällä CLT-levyn paksuudella rakennuksen voi tehdä ilman erillistä höyrynsulkua (Puuinfo 2020.)



Kuva 4. CLT:n käyttökohteita (Puuinfo 2020)

CLT:tä voidaan hyödyntää hyvin laajasti rakennusalan eri alueilla: pien- ja kerrostalorakentamisessa sekä myös infrarakentamisessa (Kuva 4). CLT:n ominaisuudet sopivat hyvin korkeaan rakentamiseen. Ristiin liimatun massiivipuuelementin painuma on hyvin minimaalista, vain 0,02 % puulevykerroksen pitkittäissuunnassa (Hoisko 2018). CLT-levyn lujuusominaisuudet perustuvat ristikkäin liimattujen eri puulevykerrosten kykyyn vastaanottaa samanaikaisesti puristusta ja vetoa, puun syiden pitkittäissuunnassa. Erilaisissa kuormitustapauksissa voidaan muokata CLT-levyn kuormituskestävyyttä vaihtamalla lamellikerrosten suuntia voimien suuntaisiksi. Kolmikerroslevyn kuormitusta voidaan parantaa asettamalla pintalamellikerrokset voiman suuntaisiksi. Tässä tapauksessa voimat välittyvät kahden lamellikerroksen kautta liittyviin rakenteisiin (Hoisko 2021.)



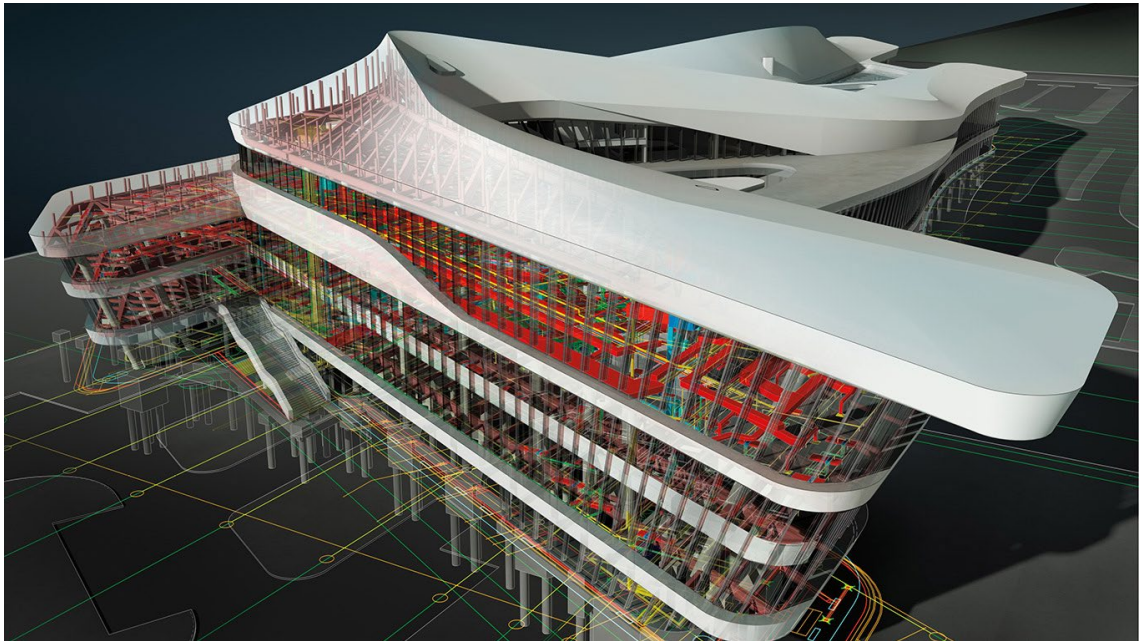
Kuva 5. CNC-työstökoneella onnistuu erimuotoiset työstöt (Hoisko 2020)

Elementtejä voidaan muokata hyvin monipuolisesti CNC-ohjatulla työstökoneella, jolla onnistuu lähes kaikki erilaiset poraukset, urat ja aukot (Kuva 5). CNC-työstökone on numerokoodilla ohjattu monitoimityöstökone (CNC 2020). CNC-työstäminen mahdollistaa materiaalin laajan käytön monimuotoisessa rakentamisessa ja arkkitehtuurin toteuttamisessa (Hoisko 2018). CLT-rakentaminen vaatii toisaalta tietomallintamisen hyödyntämistä ja hyvin aikaisessa vaiheessa taloteknisen suunnittelun toteuttamista, koska elementtien tuotantoonpanon jälkeen ei voida enää lisätä tai siirtää talotekniikalle valmistettavia työstöjä. Työmaalla voidaan jossain määrin myös työstää käsin elementtejä, mutta tämä on usein työlästä ja aikaa vievää (Hoisko 2021.)

3 TIETOMALLINTAMINEN JA ELEMENTTISUUNNITTELU

3.1 Tietomallintaminen

Tietomalli, eli Building Information Model, BIM (Kuva 6). Tietomallilla tarkoitetaan kolmiulotteista datamallia, joka sisältää rakennushankkeen geometria- ja mittasuhtetietoja todellisissa mittayksiköissä. Yhdessä näkymässä toteutettu muokaus päivittyy mallin kaikkiin näkymiin. Tietomallintamista hyödynnetään yhä suuremmissa määrin rakennus- ja saneeraushankkeiden toteutuksissa. Tavoiteltuna tilanteena on tietomallin hyödyntäminen suunnittelu- ja rakennusvaiheen jälkeen ylläpito- ja kunnostustöissä ja lopulta rakennuksen purkamisen toteutuksessa. (Trimble 2021.)



Kuva 6. Tietomallia havainnollistava kuva (Ramboll 2021)

Tietomallintamista voidaan kehittää asteittain kattavammaksi kokonaisuudeksi. Tavallinen rakenneosien tietoja sisältävä tietomalli on 3D-malli. Rakenneosille voidaan lisätä asennusaikataulu, jolloin tietomallista saadaan 4D-malli. Tietomallin sisältämille rakenneosille lisätään rakenneosa- ja asennusaikataulutietojen lisäksi kustannustiedot, tietomallista saadaan 5D-malli. Käytönaikaisesta ylläpidosta tietoja sisältävä malli on 6D- ja uudelleen käytettävyyystietoja sisältävä malli 7D-malli (Ramboll 2021.)

Perinteisesti rakennusalalla on käytetty pää- ja työpiirustuksina viivapiirustuksia. Rakennuslupavaiheessa rakennettavasta kohteesta täytyy tuottaa pääpiirustukset, joilla haetaan rakennushankkeelle rakennuslupa (Rakennustietosäätiö 2006, 6–9). Tietomallintamisen avulla piirustukset voidaan tulostaa suoraan tietomallista, erilaisten tasoyhdistelmien ja näkymien avulla. 3D-mallilla voidaan havainnollistaa visuaalisesti rakenteita ja rakennusmateriaaleja esimerkiksi asuntojen ennakkomarkkinoinnissa. Rakennemallin ja talotekniikan tietomallin yhdistämisellä voidaan 3D-mallista muodostaa yhdistelmämalli, joka kattaa talotekniikan ja rakenteet. Yhdistelmämallia hyödyntäen voidaan suorittaa törmäystarkasteluja ja ratkaista rakenteiden ja talotekniikan osien törmäykset (Ramboll 2021.)

3.2 Yleiset tietomallivaatimukset

Tietomallintamisen perustaksi rakennusalalla on tehty julkaisu ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012”, lyhenne YTV2012. YTV2012 käsittää 14 osaa tietomallintamisen eri osa-alueilta, hankkeiden eri toimijoiden näkökulmasta ja työvelvoitteesta ja tarkkuudesta. Tietomallinnus on yleistynyt rakennusalalla nopeasti ja YTV2012 -julkaisun tavoitteena on luoda tietomallinnushankkeille yhteinen perusta ja pelisäännöt. Tietomallinnushankkeeseen osallistuvien osapuolten on tutustuttava YTV 2012 -julkaisun yleiseen osaan (osa 1) ja laadunvarmistuksen periaatteisiin (osa 6), omien alakohtaisten vaatimusten lisäksi (Henttinen 2012.)

YTV2012 on jatkojalostus aikaisemmin v. 2007 senaattikiinteistöjen toteuttamasta yleisistä tietomallivaatimuksista. Senaattikiinteistöjen vuonna 2007 tuottamaa yleisiä tietomallivaatimuksia päivitettiin ja kehitettiin vuoden 2011 ja 2012 aikana COBIM-hankkeen nimellä. COBIM-hankkeeseen osallistui useita rakennusalalla toimivia yrityksiä (BuildingSMART 2021.)

Tietomallinnettavalle hankkeelle valitaan tietomallikoordinaattori, joka vastaa tietomallien yhdistämisestä ja raportoi suunnitelmissa havaitut virheet pääsuunnittelijalle ja muille alakohtaisille suunnittelijoille. Tietomallikoordinaattori voi olla pääsuunnittelija tai hankkeen johdon tai pääsuunnittelijan valitsema henkilö. Pääsuunnittelijan ja tietomallikoordinaattorin tehtävät ovat joiltain osin päällekkäisiä,

joskin tietomallikoordinaattorin tehtävät ovat luonteeltaan teknisempiä. Tietomallinnettavan hankkeen edetessä tietomallikoordinaattorin tehtävänä on valvoa suunnitelmien laatua yhdessä alakohtaisten suunnittelijoiden kanssa. Yksittäinen suunnittelija vastaa oman työnsä osalta laadunvarmistuksesta ja tietomallikoordinaattori tietomallien yhteensovituksesta ja ristiriidoista (Henttinen 2012.)

3.3 Elementti- ja valmisosasuunnittelu

Elementtisuunnitelma on käytännössä valmisosasuunnitelma. Valmisosa voi olla esimerkiksi betonielementti, massiivipuulementti, esivalmistettu hirsi tai teräsrakenteisen rungon yksi valmisosa. Valmisosa on tehtaalla asennusvalmiiksi valmistettu tuoteosa, joka voidaan asentaa työmaalla valmisosasuunnittelijan määräämällä liittämistavalla. Valmisosasuunnittelun ohjaavana ajatusmallina on tuottaa asennettava valmisosa, esimerkiksi CLT- tai betonielementti. Valmisosasuunnittelija määrittelee elementtien rakenne-, työ- ja mittapiirustukset, elementtien asennukseen tarvittavat piirustukset, kuten liitosdetaljit, asennusjärjestyksen ja elementtien sijainnin. Asennusohjeen täytyy olla riittävän kattava ja sisältää mahdolliset tuentaohjeet (Betoni 2021.)

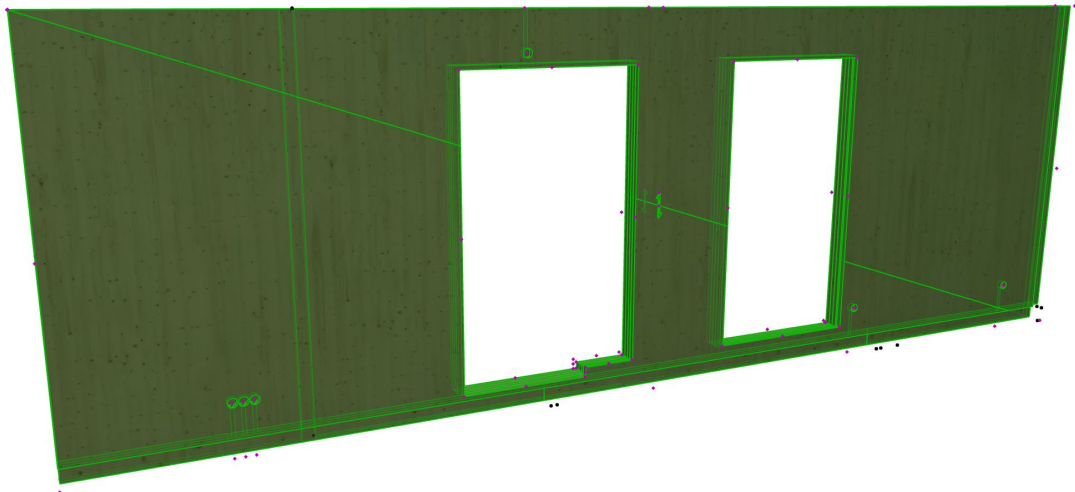
Elementtisuunnittelun lähtökohtana on arkkitehdin tai pääsuunnittelijan piirtämä malli rakennuskohteesta. Arkkitehtimallin perusteella rakennesuunnittelija määrittää rakenneratkaisut ja mitoittaa vaadittavat materiaalivahvuudet kuormitustapauksille. Julkisivu-, pohja- ja leikkauskuvat määrittävät mm. elementtien mitat ja elementteihin tehtävät ovi- ja ikkuna-aukot (Betoni 2021.)

Elementtisuunnittelun yhteydessä ovi- ja ikkuna-aukkoihin on lisättävä asennusvarat. Julkisivu- ja pohjakuvat eivät sisällä asennusvaratietoja, mutta elementtisuunnitelman täytyy nämä tiedot sisältää. Elementtisuunnittelussa mittatarkkuuden tulee olla todenmukainen, sisältäen ovi- ja ikkuna-aukkojen asennusvarat ja nurkkien liittymiset toisiinsa. Nurkat ja liitokset eivät kuitenkaan saa leikata toisiansa siten, että suunniteltu elementti on liian suuri tarkoitettuun sijaintiin asennettavaksi (Henttinen 2012, 7–8.)

CLT-elementtisuunnittelu ei poikkea valtavasti betonielementtisuunnittelusta muodon ja valmiiksi suunniteltavien läpivientien ja urien osalta. Merkittävin ero

betoni- ja CLT-elementillä on niiden valmistusaste ja mittatarkkuus, kun CLT-elementti tuotetaan CNC-työstökoneella. Mallintava betonielementtisuunnittelu sisältää betonin, eristeet, raudotteet ja läpiviennit tai läpivientivaraukset, eli kaiken, mitä yksittäisen valmisosaelementin tulee sisältää (Betoni 2021.)

Mallintava elementtisuunnittelu mahdollistaa CLT-elementtien korkean esivalmistusasteen. Suunnitteluvaiheessa CLT-elementteihin on mallinnettava jokainen läpivienti, poraus, ura, aukko ja elementtien liitoksiin vaadittavat työstöt (Kuva 7). CLT-elementtisuunnitelmat eivät sisällä muuta kuin CLT:n lamellikerrosten suunnat, vahvuudet ja lukumäärän, sekä tarpeelliset aukot ja työstöt (CrossLam 2019.)



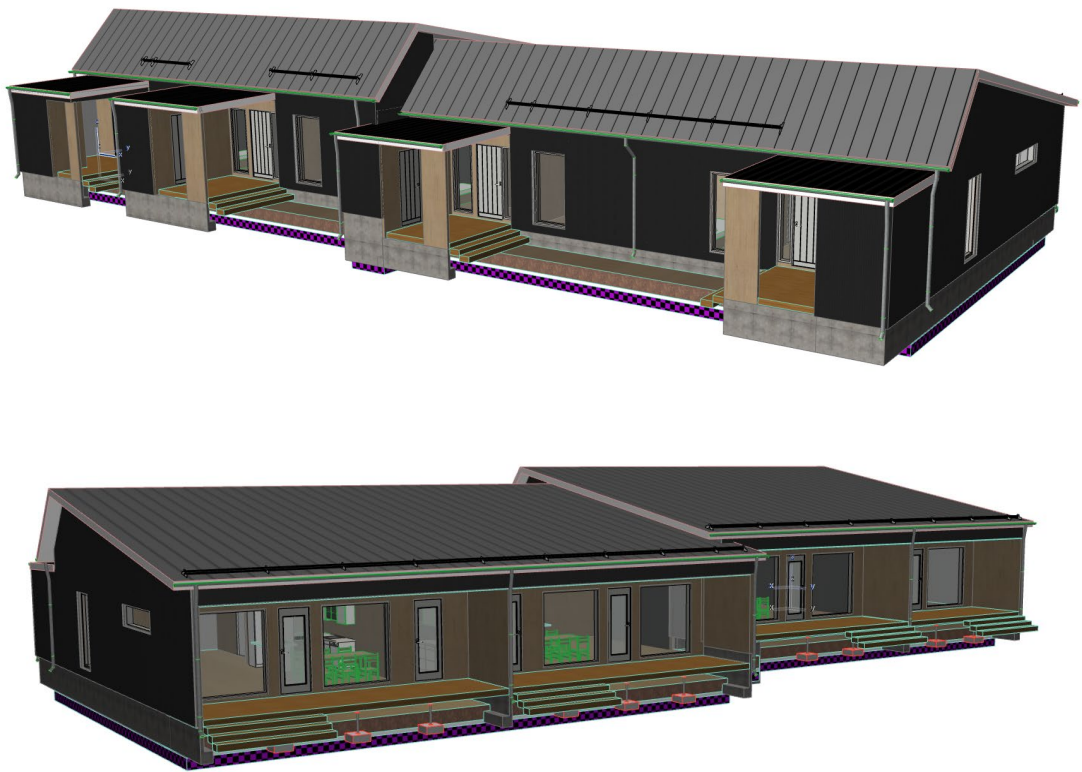
Kuva 7. Mallintavaa elementtisuunnittelua hyödyntäen suunniteltu CLT-elementti

CLT-rakentamisessa liittämistavat ovat yksinkertaisempia, kun elementit kiinnitetään ruuveilla ja tiivistenauhalla tai tiivistemassalla. Elementtien saumoihin ei tarvitse jättää asennusvaraa, kun elementit valmistetaan millintarkaksi CNC-työstökoneella. Elementtisuunnittelua ohjaa valmistettavien raakaelementtien koko, joista leikataan CNC-työstökoneella oikean muotoiset ja kokoiset elementit. Raakaelementtien koko vaihtelee eri CLT-toimittajan mukaan. Elementtien ja työstöjen suunnittelussa tulee ottaa huomioon elementtien kääntämisestä aiheutuvat lisäkulut ja pyrkiä suunnittelemaan elementit siten, että niitä ei tarvitse työstää CNC-työstökoneella kuin toiselta puolelta. Tällä tavoin säästytään ylimääräiseltä elementin kääntämiseltä (CrossLam 2019.)

4 PROJEKTIN ALOITUS

4.1 Rakennushanke ja toimijat

Jyväskylän Kotimäen Huippu on kahden neliasuntoisen CLT-rivitalon (Kuva 8) ja autokatoksen sisältävä asunto-osakeyhtiö. Kotimäen Huippu sijaitsee noin kuu- den kilometrin päässä Jyväskylän keskustasta Vaajakosken suuntaan. CLT-rivi- talo rakennushanke käynnistettiin alkuvuodesta 2021, jolloin myös itse aloitin ri- vitaloyhtiön CLT-elementtisuunnittelun ja tietomallinnuksen.



Kuva 8. A-talo kuvattuna kahdesta suunnasta

Jyväskylän Kotimäen Huipun rakennushankkeen pääurakoitsijana toimii Havua Osakeyhtiö. Hankkeen LVIS-työt toteuttaa Teemun Talotekniikka Oy ja rakenta- misen Havua Osakeyhtiö ja Henura Oy. Rakennushankkeen arkkitehtisuunnitel- man on toteuttanut Havua Osakeyhtiön arkkitehti. Rakennesuunnittelun teki suunnittelutoimisto Jokki Oy. Rakennushankkeen CLT-toimittaja on Hoisko CLT Finland Oy. Hankkeen LVI-suunnitelmat toteuttaa Sitowise Oy ja sähkösuunnit-

telun Lyyraks Oy. LVISA-suunnitelmista on toteutettu tietomallit, joita olen hyödyntänyt elementtisuunnittelussa ja töstöjen mallintamisessa CLT-elementteihin. Puustelli Oy suunnittelee ja toimittaa asuntojen kiinteät kalusteet.

4.2 Ohjelman valinta

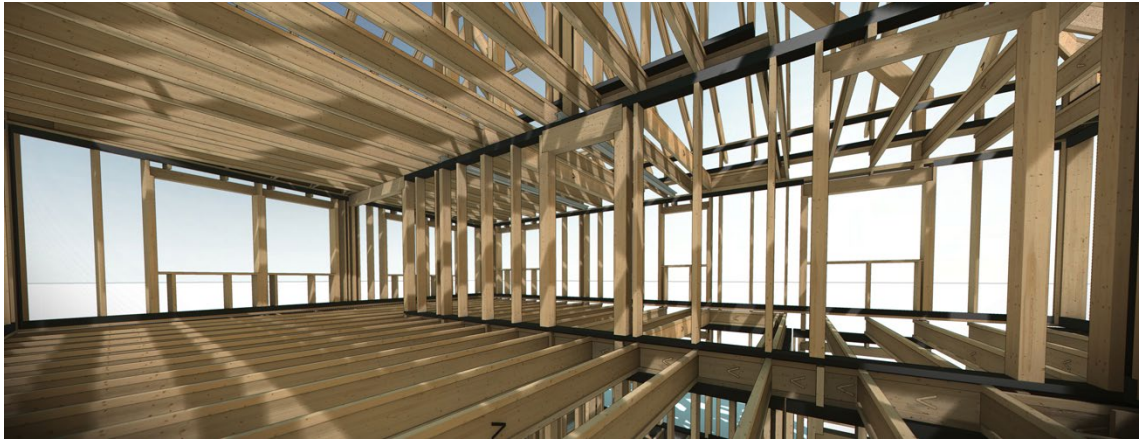
Toimeksiantaja yritykselläni ei ollut käytössä suunnitteluohjelmia. Tämä antoi mahdollisuuden tutustua ensiksi ohjelmiin ja niiden mahdollisuuksiin. Selvitin eri valmistajien ohjelmista, mikä tarjoaisi parhaimmat mahdollisuudet CLT-elementtien suunnitteluun ja mallinnukseen, sekä jatkossa tietomallintamisen ja valmisosasuunnittelun yhdistämisen rakennesuunnitteluun. Ohjelmia olivat Trimble:n Tekla Structures, Vertex Systemsin Vertex BD sekä Graphisoftin ArchiCAD, siihen ladattavalla ArchiFrame lisäosalla.

Eri tuoteosien suunnittelussa ja mallinnuksessa käytetään eri suunnitteluohjelmia. Käytettävän tietomallinnusohjelman valintaan vaikutti suuresti IFC-tallennusmuodon tuki. Malleja yhdistettäessä käytettiin IFC-formaattia. CLT-elementtimallin, LVI-mallin ja sähkömallin jakamisessa käytettiin myös IFC-formaattia.

Vertex BD-ohjelman mahdollisuudet vaikuttivat loistavilta puurakennesuunnittelun ja LVIS-suunnittelun, sekä niiden yhdistämisen osalta yhdeksi tietomalliksi. Vertex BD-ohjelma jäi nopeasti pois harkinnasta, kun ArchiCAD- ja ArchiFrame-ohjelmat antavat lähes yhtä hyvät mahdollisuudet puurakennesuunnittelun toteutuksessa. Rakennushankkeesta oli jo valmiiksi laaditut ArchiCAD-projektit, joiden pohjalta oli hyvä lähteä viemään elementtien tietomallinnusprosessia läpi.

Tekla Structures tarjoaa hyvät mahdollisuudet rakennesuunnitteluun ja tietomallinnusympäristön luomiseen ja tietomallin jakamiseen LVIS-suunnittelijan kanssa. Varsinkin CLT- ja betonirakentamisen yhteydessä tietomallinnus tulee korostumaan entisestään tulevaisuudessa, kun rakenteen sisälle täytyy jo suunnitteluvaiheessa toteuttaa LVIS-tekniikan töstöt ja läpiviennit. Pohdin pitkään Tekla Structuresin sekä ArchiCAD- ja ArchiFrame-ohjelmien välillä, kummalla lähdän toteuttamaan projektia. Tekla Structures -ohjelmasta ei löydy suoraan CLT-elementtikirjastoa ja puumateriaaleja. CLT-elementtikirjasto on mahdollista Teklalla luoda *custom component* -toiminnolla ja elementille voi asettaa oikeat materiaaliominaisuudet. Valitsin kuitenkin ArchiCAD- ja ArchiFrame-ohjelmat,

koska näissä oli valmiina käytettävät materiaalit ja CLT-elementtien luonti oli helppoa. Ohjelman valintaan vaikutti myös rakennushankkeesta ArchiCAD-ohjelmalla valmiiksi luodut projektit, joilla oli jo aikaisemmin haettu hankkeelle rakennusluvut. Aikaa projektin läpiviemiseen oli rajallisesti, joten aikaa säästy, kun ei tarvinnut rakentaa tietomallia uusiksi toiseen ohjelmaympäristöön.



Kuva 9. ArchiFrame-ohjelmalla mallinnettu puurunkoinen rakennus (ArchiSolutions 2018)

ArchiCAD-ohjelma ja sen lisäosa ArchiFrame toimivat ArchiCAD-ympäristössä. ArchiFrame tuo lisätyökaluja elementtien ja puuosien luontiin. Ohjelmalla voi luoda puurakenteisen rakennuksen, sisältäen kaikki tuoteosat (Kuva 9). Tuoteosista on mahdollisuus tuottaa katkaisulistat, joiden pohjalta koko talon runkososat voidaan katkaista valmiiksi oikeisiin pituuksiin ja muotoihin. Elementin sisältämiä objekteja voidaan lisäillä, poistaa ja muokata yksityiskohtaisesti. ArchiFrame-ohjelmalla on mahdollisuus tehdä CLT-elementtejä, joihin voi mallintaa lähes kaikki mahdolliset työstöt. Työstöjä tarvitaan mm. elementtien asennuksen helpottamiseksi ja rakennukseen asennettavalle LVIS-tekniikalle.

4.3 Tavoitteet

Tietomallintamisen ja rakennesuunnittelun tavoitteena rakennushankkeessa on toteuttaa rakenneratkaisut mahdollisimman yksinkertaisilla ja helposti asennettavilla valmisosaelementeillä. Tietomallintamista hyödyntämällä tavoitellaan elementtien suunnitteluvaiheessa tilannetta, jossa työmaalla asennettavien erituoteosien asennus sujuisi helposti ja yksiselitteisesti.

Projektin aloitusvaiheessa määriteltiin tavoitteeksi, että mallinnetut CLT-elementit voisi lähettää digitaalisessa tiedostomuodossa suoraan elementtejä valmistavan tehtaan tuotantolinjalle. Elementit sisältäisivät kaiken tarvittavan tiedon mitoista ja työstöistä, eikä niitä tarvitsisi erikseen lisäillä tehtaan toimesta.

Elementit ja osat pyritään tekemään niin, että elementtien ja LVIS-tuotteiden asennusvaiheen voisi tehdä valmiilla tuoteosilla, eikä osia tai CLT-elementtejä tarvitsisi työstää rakennusvaiheessa ollenkaan. Voitaisiin jättää ”mittaa, työstä, sovita, kiinnitä” -ajatusmalli pois. Elementtiasennusten jälkeen LVIS-tuotteet voidaan asentaa paikoilleen ilman ylimääräistä CLT-elementtien työstämistä. Kaikelle talotekniikalle mallinnetaan valmiit reitit jo suunnitteluvaiheessa, jotka ohjaavat elementtisuunnittelua.

5 CLT-RIVITALON ELEMENTTISUUNNITTELU

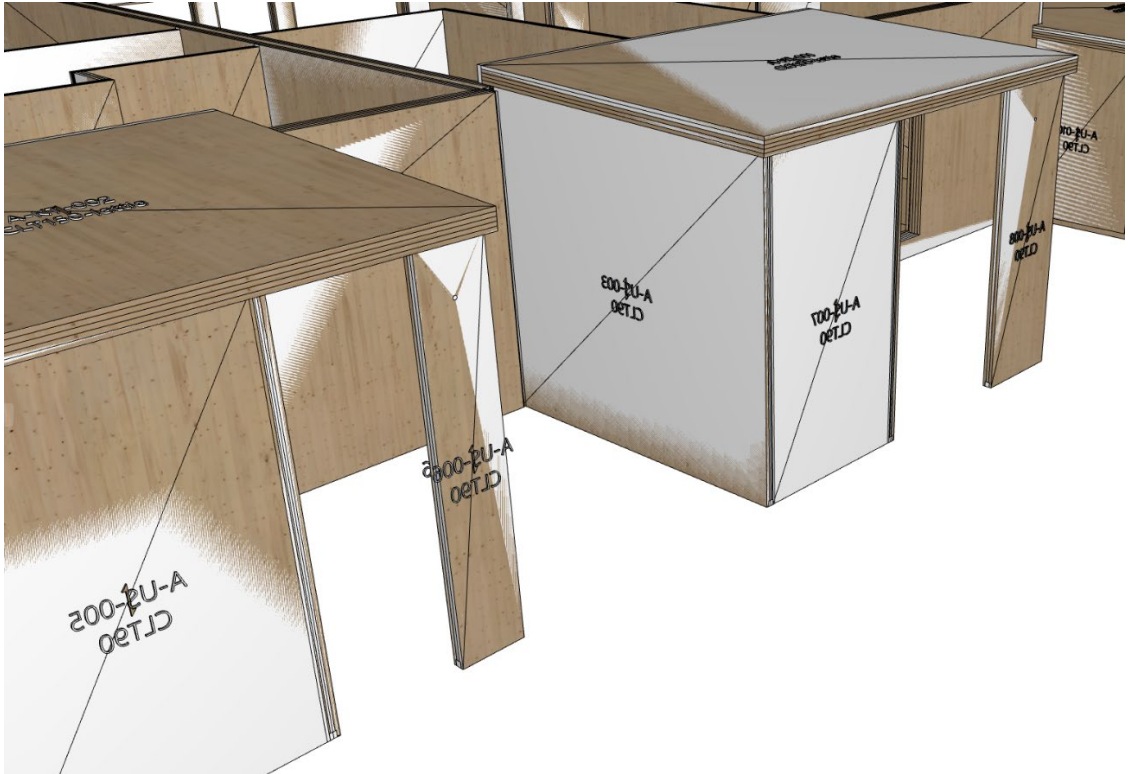
5.1 Elementtisuunnittelu

Elementtisuunnitelmat pohjautuvat rakennesuunnittelijan luomaan ArchiCAD-malliin. Malli on luotu rakennushankkeen arkkitehdin suunnitelman mukaan. Rakennesuunnittelijan mallissa on määritetty kaikki rakennevahvuudet, materiaalit ja rakennuksen mitat. Valmiin ArchiCAD-mallin saaminen kohteesta on iso säästö ajassa, kun ei tarvitse suunnitella ja piirtää ensiksi koko mallia rakennuskohteesta.

Rivitalot on mallinnettu omina malleina, erillisissä ArchiCAD-tiedostoissa. Lisäksi rakennushankkeesta on myös autokatoksen malli, omana tiedostona. Autokatoksen tiedosto on aikaisemmin ollut kaikkien kolmen tiedoston pohja. Rakennusluvavaiheessa asemakaava- ja maaperän muotoilusuunnitelmat on tulostettu tämän vanhan autokatoksen tiedoston mukaisesti. Suunnitelmien jälkeen rivitaloista on tehty omat mallit, jolla saadaan tiedostokoot pienemmiksi.

Rakennushankkeen toteutusperiaatteena on pyrkiä suunnittelemaan jokainen elementti mahdollisimman helposti ja yksiselitteisesti asennettavaksi. Rakentaessa CLT-elementeillä asennuksen helppoutta voidaan korostaa suunnitteluvaiheessa, CLT:n korkean esivalmistusasteen vuoksi. Esimerkkinä kojerasian ja sähköjohtojen työstöt mallinnetaan jokaiseen elementtiin yksityiskohtaisesti. Työstöt toteutetaan CNC-ohjatulla jyrsimellä millintarkasti. Rakennusvaiheessa sähköasentajan ei tarvitse kuin painaa kojerasia valmiiksi porattuun reikään ja tehdä sähkökytkennät.

ArchiFrame-ohjelman CLT-elementtien luomisvaiheessa elementille annetaan paksuus, kerrosvahvuudet ja kerrosten suunnat, korkeus asema ja korkeus. Ohjelmaan syötetään myös elementin maksimitat (korkeus ja leveys). Asetuksiin voidaan valita materiaalin ominaisuudet, kuten ominaispaino ja lämpöarvo. Asetusten pohjalta voidaan piirtää CLT-elementit. Seinän malliin päivittyvät automaattisesti ikkuna- ja oviaukot, sekä niille määrätyt asennusvarat. Ikkuna- ja oviaukkojen asennusvaraksi määrättiin tässä työssä 15 mm.



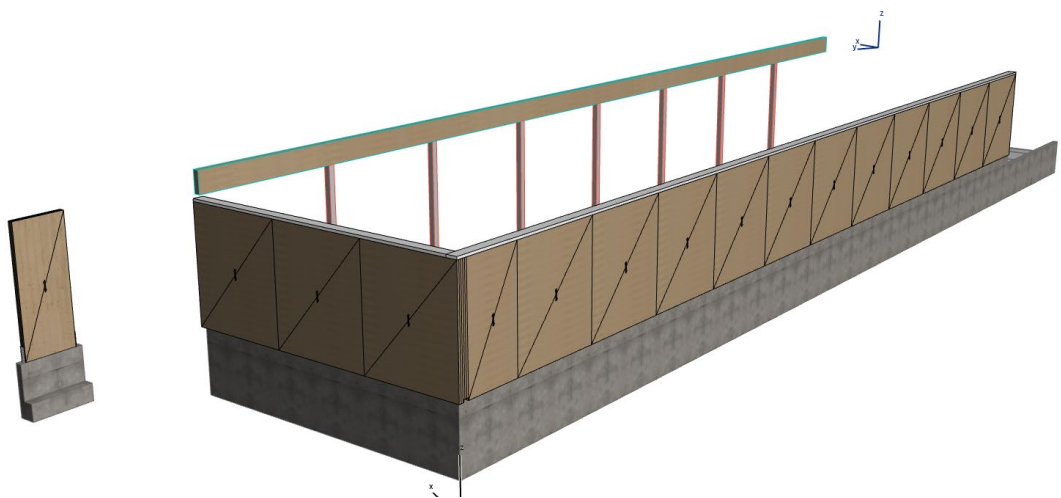
Kuva 10. ArchiFramella luodut CLT-elementit ja elementtitunnukset

ArchiFrame luo elementtien eri materiaalit omille ArchiCAD-tasolle ja elementin tunnistetiedot omalle tasolleen. CLT-elementti ei sisällä muuta materiaalia kuin CLT-levyn, jolloin ArchiFrame luo emoelementin ja CLT-elementin omille tasolleen. Emoelementti sisältää elementin tunnistetiedot, kuten elementtitunnuksen ja materiaalivahvuuden. ArchiFramella mallinnettu CLT-elementti sisältää lamellien lukumäärät ja vahvuudet, sekä valitut ArchiCAD pintamateriaalit ja elementin muodon (Kuva 10). ArchiFrame CLT-elementtiä voi venyttää, leikata ja työstää. Jokaisesta elementistä ohjelma luo automaattisesti valituilla asetuksilla myös elementin mittapiirustukset.



Kuva 11. Elementtien väliin jätettävä rako

Ohjaavana tekijänä rivitalon elementtisuunnittelussa on myös mahdollinen äänen- ja värinänjohtavuus viereiseen asuntoon. Tämä on pyritty välttämään Kotimäen Huipun rivitaloissa suunnittelemalla jokainen asunto erilliseksi kokonaisuudeksi (Kuva 11). CLT-elementit katkeavat huoneistojen välisen seinän kohdalla, ettei ääni ja värinä pääse johtumaan viereiseen asuntoon.



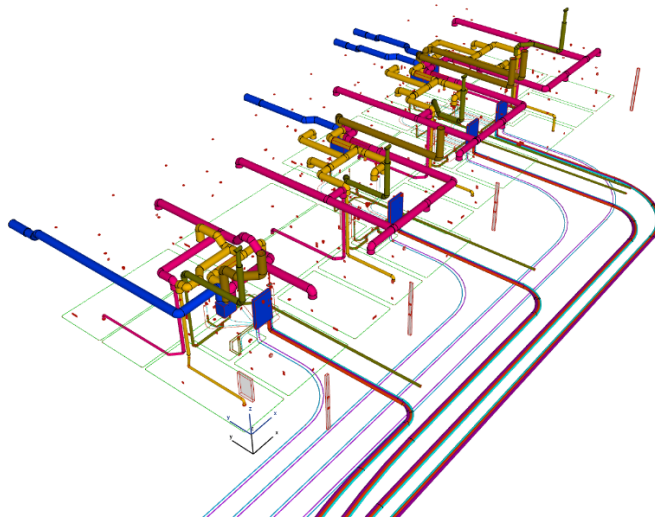
Kuva 10. Autokatoksen runko ja pihavalopylväs

CLT-elementtisuunnittelun yhteydessä ikkuna- ja oviaukoista syntyvistä hukkapaloista mallinnettiin autokatoksen kantavarunke. Lisäksi rivitalojen väliin jäävälle piha-alueelle tehdään asuntokohtaisten varastojen oviaukoista jäävistä paloista

neljä pihavalopylvästä. Näin onnistuttiin hyödyntämään ylijäävää materiaalia hyötykäyttöön (Kuva 12.)

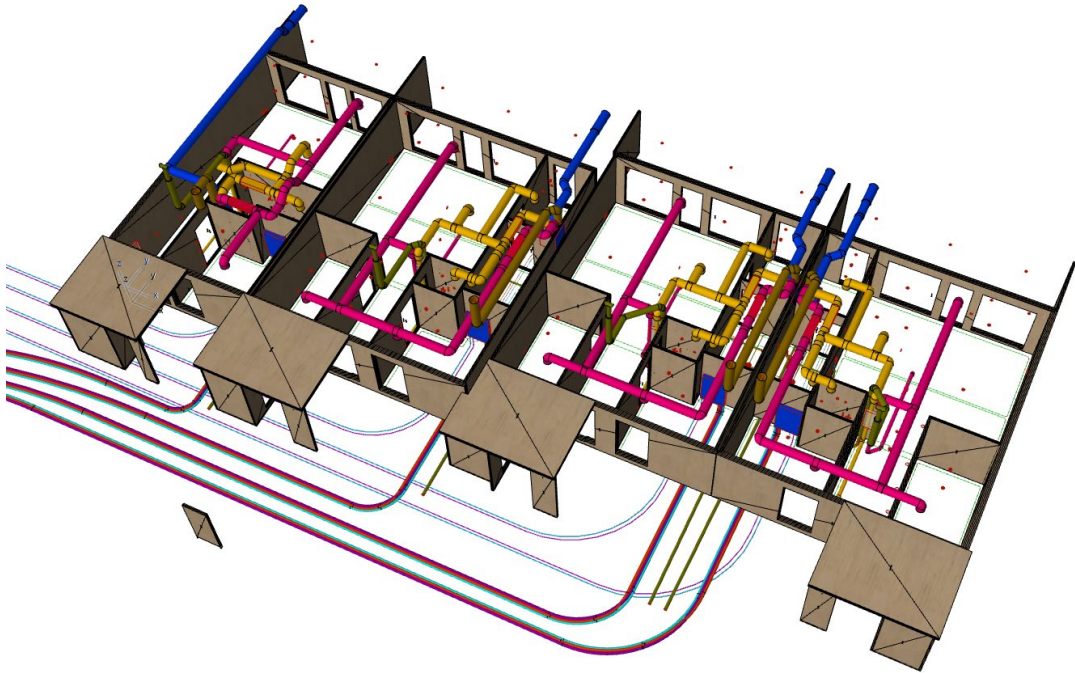
5.2 Tietomallien yhdistäminen ja yhdistelmämalli

Projektin edetessä rakennushakkeelle mallinnettiin kattavat LVI- ja sähkökalusteiden tietomallit. Näitä oli yksi molemmista rivitaloista. LVIS-tekniikan tietomallit olivat IFC-tiedostomuodossa, joka on yleinen rakennusalalla käytettävä tiedonsiirtomuoto. Tietomallit sisälsivät kaikki talotekniikan tuoteosat (Kuva 13.)



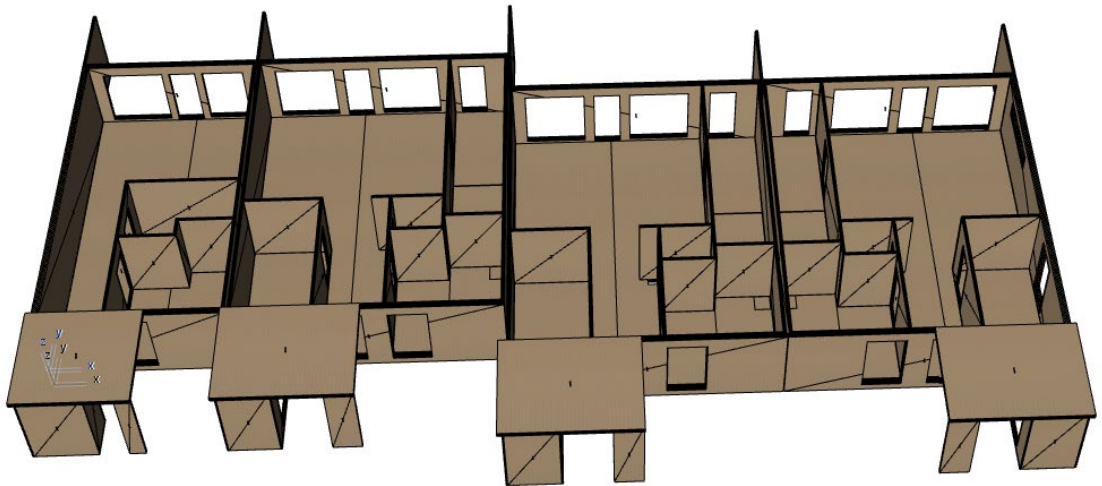
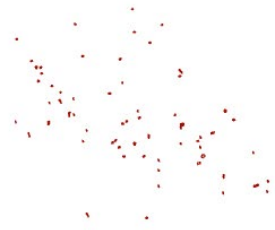
Kuva 11. LVISA-tietomalli

Yhdistin rivitalojen LVI- ja sähkökalusteiden tietomallit sekä rivitalon ArchiFrame -elementtietomallin yhdeksi yhdistelmämalliksi (Kuva 14). Yhdistelmämalli auttoi elementtien työstöjen suunnittelussa. LVIS-tietomallien tallennusmuotona käytettiin IFC-formaattia. Projektin aikana sähkökalusteiden tietomallia päivitettiin asukkaiden toiveiden ja kalustesuunnitelmien mukaiseksi.



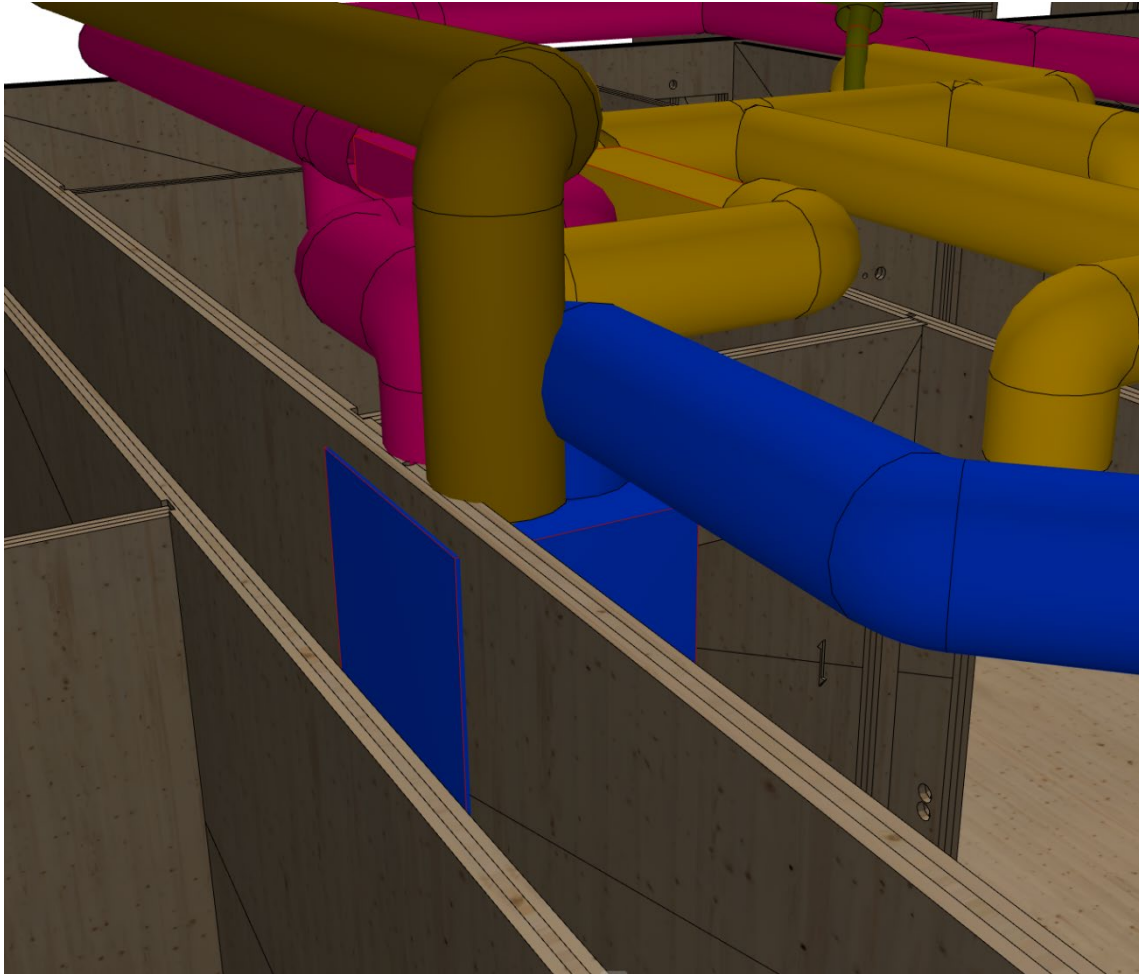
Kuva 12. Yhdistelmämalli ilman rivitalon lattiaelementtejä

Suunnittelutoimistot olivat mallintaneet molempien rivitalojen tietomallit samaan koordinaatistoon, kun taas rakennesuunnitteluun ja elementtisuunnitteluun käytettävät rivitalojen erilliset ArchiCAD-tietomallit olivat omissa koordinaatistoissaan. Kuvassa 15 näkyy rivitalon päätyasuntoon tarkoitetun sähkökalustemallin sijainti suhteessa rivitaloon, kun mallit ovat eri koordinaatistoon mallinnettuna. ArchiCAD-tiedostojen erottaminen omiksi pienemmiksi tiedostoiksi teetti ongelman yhdistelmämallin hyödyntämisessä. Koordinaattivirhe saatiin kuitenkin ratkaistua projektin aikana.



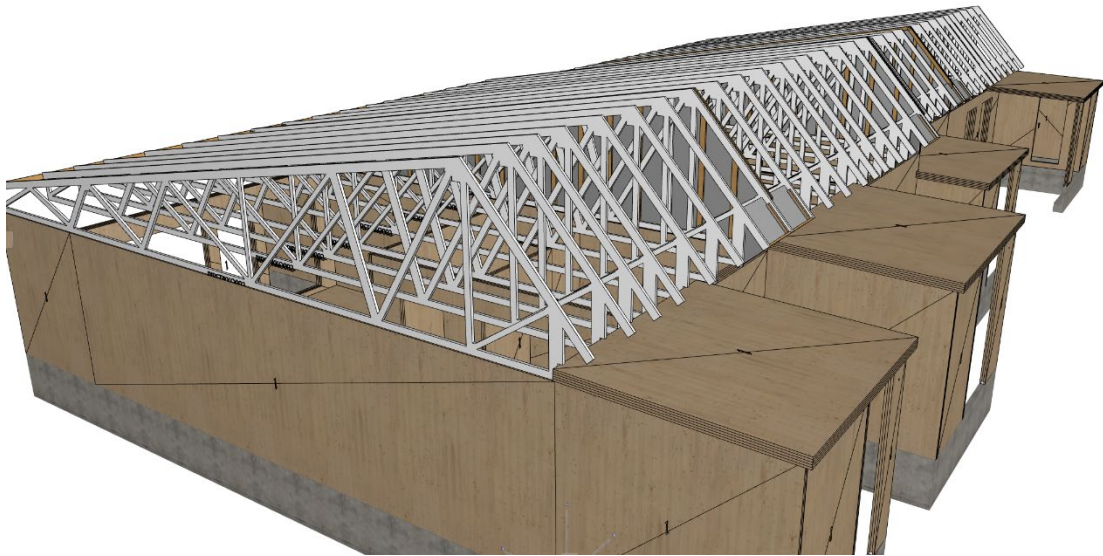
Kuva 13. B-talon runko ja sähkökalustemalli mallinnettuna eri koordinaatistoihin

LVI-tietomallin ja CLT-elementtitietomallin yhdistämisen yhteydessä huomattiin mallien välillä olevat ristiriidat. LVI-tietomallissa olevan IV-koneen sijainti törmää huoneistojen välisen seinän kanssa (Kuva 16). Talotekniikan tietomalleja paranneltiin elementtisuunnittelun yhteydessä törmäystarkastelun avulla.



Kuva 14. LVI-tietomallin sisältämiä epätarkkuuksia

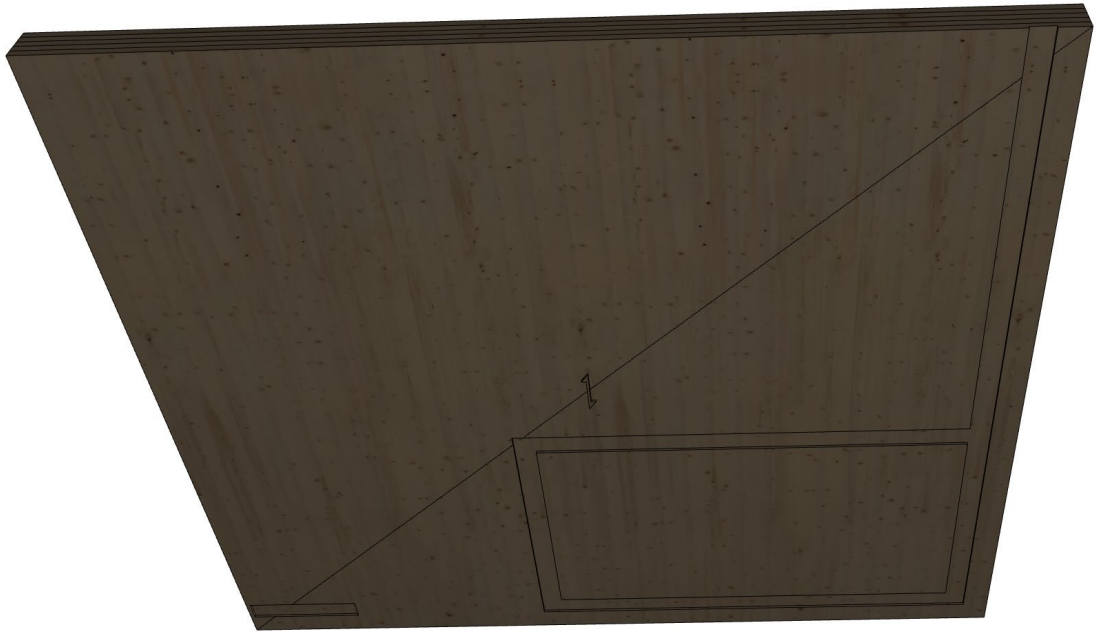
Rakennushankkeen IV-suunnittelua tarkennettiin elementtisuunnittelun ja katto-
tuolien mallintamisen jälkeen (Kuva 17). Rivitaloista tehtiin identtiset seinä- ja kat-
totuolijaon osalta, mikä vähensi työtä LVI-suunnittelun ja elementtisuunnittelun
osalta. Identtisillä ratkaisuilla voitiin helpottaa elementtien ja LVI-suunnitelmien
yhteensovittamista ja vakioida elementtien työstöt.



Kuva 15. ArchiFramella mallinnettiin CLT-elementtien lisäksi kattotuolit ja palo-katkorakenteet

5.3 Työstöjen luonti

ArchiFrame-ohjelmalla luotujen elementtien työstäminen on kohtuullisen helppoa, kun komennot ja toiminnot ovat opittuna. ArchiFrame-ohjelman CLT-elementtiä voidaan työstää laajasti eri muotoihin ja kulmiin. ArchiFrame-ohjelmalla mahdollisia työstöjä ovat urat, leikkaukset, viisteet, tippaurat, reiät, lohenpyrstöliitokset, piilopalkkikengät, kiilakengät ja tappiliitokset.



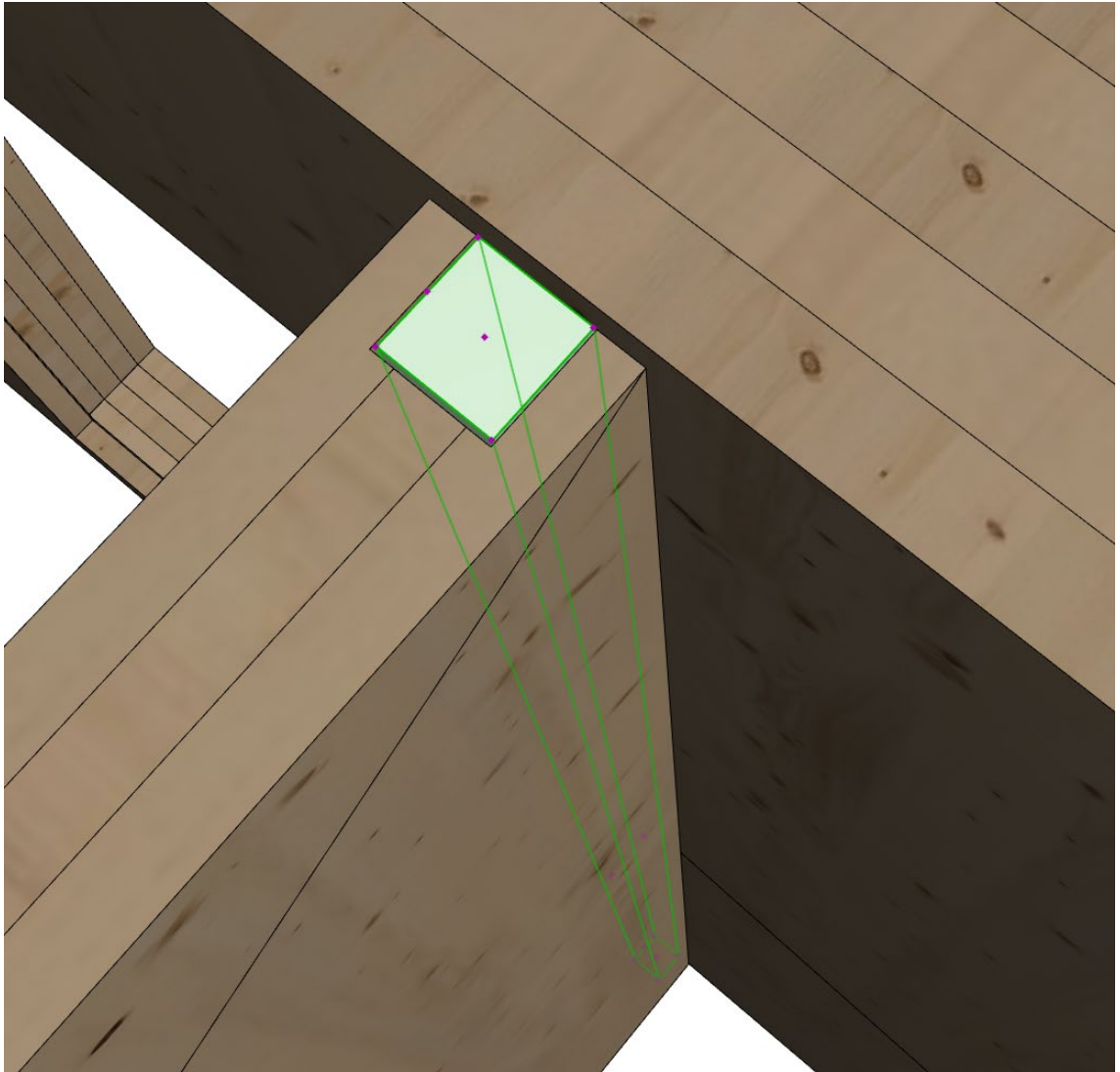
Kuva 16. Varaston kattoelementtiin mallinnetut työstöt

Varaston CLT-elementillä toteutettaviin kattoelementteihin mallinnettiin urat liittyville seinille (Kuva 18). Työssäni kattoelementtiin mallinnetut väliseinäurat on mallinnettu käyttämällä rajaavana tekijänä liittyvää seinäelementtiä. ArchiFrame-ohjelmalla helpoin tapa on luoda ura käyttämällä rajaavana tekijänä toista elementtiä. Rajauksen hyödyntäminen vaatii, että liittyvän elementin koko ulottuu halutun uran pohjaan saakka. Uran arvoja voi muokata, jolloin uralle voidaan asettaa esimerkiksi kallistuskulma ja sovitukset. Sovitusvaraksi määriteltiin uralle +2 mm sivuttaissuunnassa, jolloin hieman turvonnut CLT-elementti mahtuu uraan. Liitos ruuvataan Hoisko CLT Finlandin ohjeistuksen mukaisesti ja väliin asennetaan tiivistenauha.



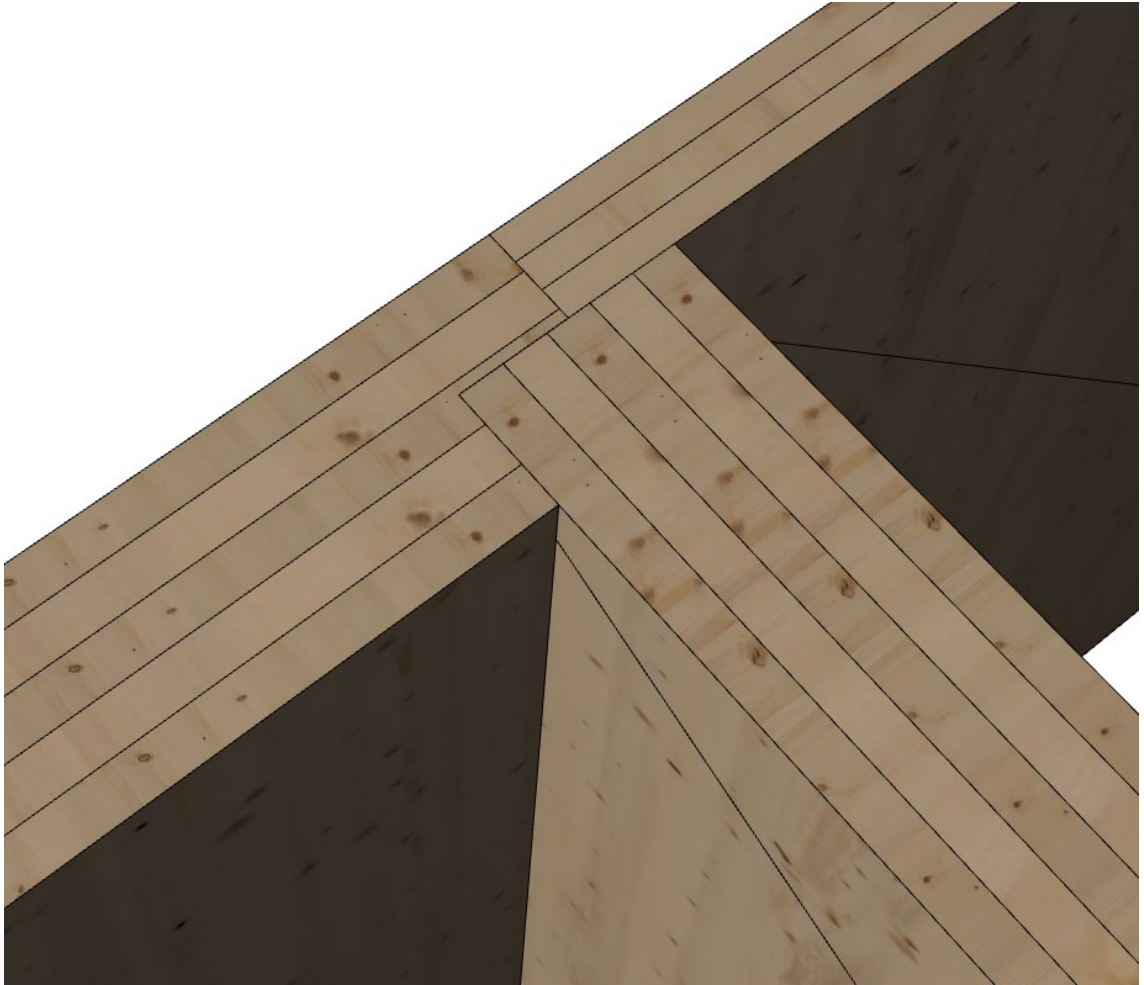
Kuva 17. Ulkoseinäelementin työstö liittyvään alusrakenteeseen

Ulkoseinien liittyminen alusrakenteisiin haluttiin toteuttaa koloamalla ulkoseinäelementtiin alusrakenteen kokoinen työstö. Ulkoseinän korkeusasemaksi täytyi määritellä perustuksen yläpinnan korkeus ja ulkoseinää piti työstää alusrakennetta rajaavana tekijänä käyttäen. CLT-ulkoseinäelementin näkyvälle osalle mallinnettiin myös tippaura (Kuva 17.)



Kuva 18. Väliseinän liitos toteutetaan 48x48 mm puutavaraa hyödyntäen

Väliseinien liittyminen ulkoseiniin jouduttiin toteuttamaan 48x48 mm puutavaraa hyödyntäen. 48x48 mm puutavara kiinnitetään ulkoseinään, johon ruuvataan väliseinäelementti (Kuva 18). Ulkoseinien sisäpintaan ei ollut mahdollista toteuttaa väliseinille pystysuuntaista uraa, koska tämä olisi pakottanut ulkoseinäelementtien kääntämisen tehtaalla. Rakennushankkeessa käytettävät liitostavat määrittivät työstösuunnan ulkopinnan puolelta. Ulkoseinien päätyjen työstäminen sen sijaan on mahdollista myös sisäpuolelta (Hoiskon CNC-työstökoneella) aina 150mm:iin. Elementin päädyn työstäminen mahdollistaa ulkoseinän liittämisen toisiinsa uralla tai huuloksella (Kuva 23).



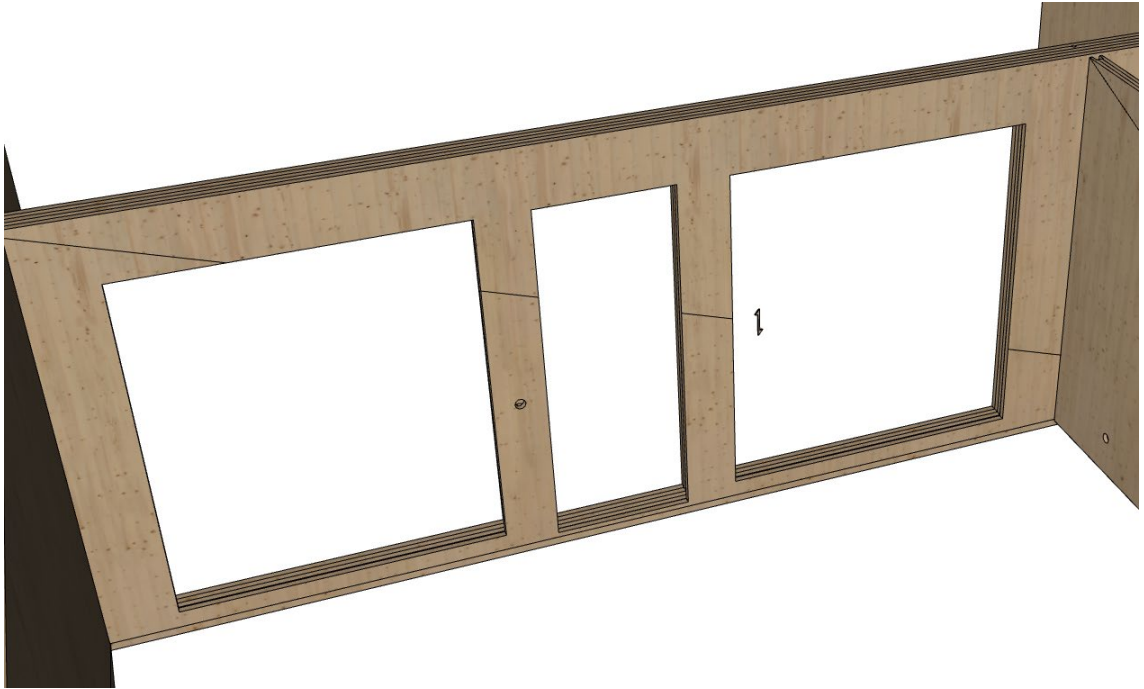
Kuva 19. Ulkoseinien ja varaston seinän liitos ulkonurkassa

Ulkonurkka toteutettiin työstämällä vain yhtä CLT-elementtiä (Kuva 19). CNC-työstämistä ei ole järkevää toteuttaa kaikkien liittyvien kappaleiden osalta, koska se kasvattaa rakennushankkeen elementtien valmistukseen käytettävää aikaa.



Kuva 20. Sähkökalusteiden tietomallia hyödyntäen on helppoa määrittellä kojerasioille työstöjen sijainti

Elementteihin mallinnettiin kaikki LVIS-tekniikalle tarvittavat työstöt. Sähkökalusteiden tietomallin (Kuva 20) ja kalustevalmistajan suunnitelmien avulla määriteltiin pistorasioiden ja katkaisijoiden sijainnit. LVIS-tekniikka tuodaan rakennuksessa lattiaan kautta. Elementteihin mallinnettiin kojerasialle halkaisijaltaan 68mm ja syvyydeltään 65mm työstö. Kojerasiatyöstöstä mallinnettiin halkaisijaltaan 30mm pystysuuntainen työstö väliseinän sisällä lattiaan saakka (Kuva 25). Pystysuuntaisen porauksen maksimipituus on 1500mm. Jos kojerasian sijainti on korkeammalla kuin 1500mm, voidaan työstösuunta kääntää elementin yläpuolelta porattavaksi. Näin sähköjohdot voidaan kuljettaa yläpohjan kautta väliseinän sisällä kojerasialle. Rakennushankkeen LVIS-töistä vastaava Teemun Talotekniikka Oy antoi työstöille vaadittavat mitat.



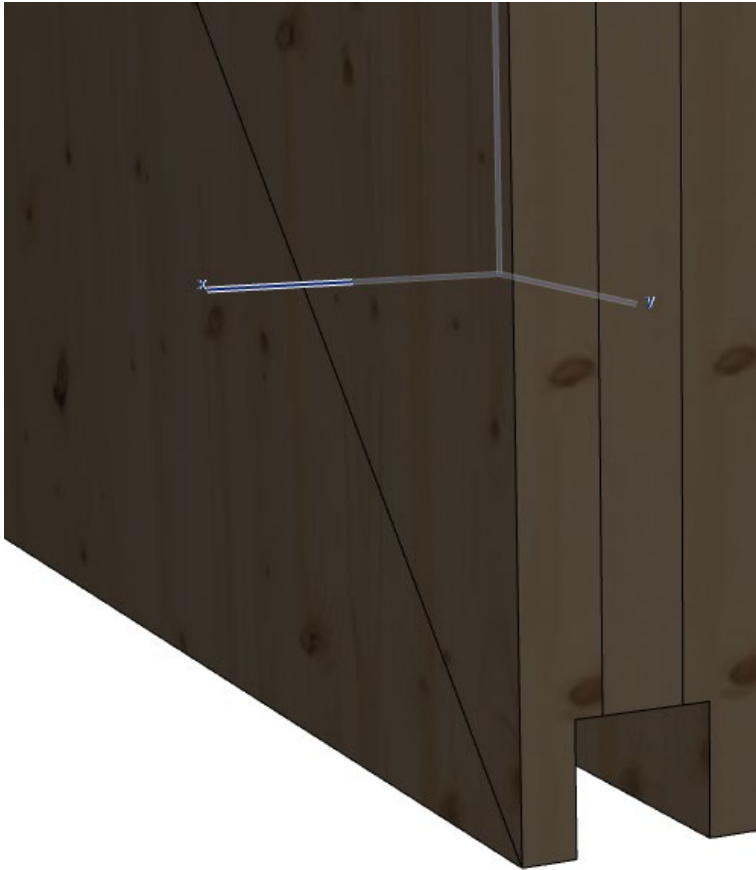
Kuva 21. Ikkuna- ja oviaukot CLT-elementissä

Aukot muodostuvat automaattisesti ArchiFrame-ohjelmalla luotuun elementtiin. Aukoille annetaan elementtien luomisvaiheessa asennusvarat, jotka päivittyvät automaattisesti elementteihin. Ikkuna- ja oviaukkojen mittojen määrittelyssä käytettiin mallintavaa suunnittelua, joka helpotti havainnollistamaan visuaalisen lopputuloksen. Oviaukkojen korkeusaseman määrittelyssä vaikuttivat myös rivitalolta vaadittavat esteettömyys vaatimukset (Kuva 21.)



Kuva 22. Saunan seinän alareunan tippanokka

Saunan seinät jätetään CLT-pinnalle. Saunan seinän alareunaan tehdään korkeudeltaan 200mm nosto laatoituksella ja vesieristeellä. CLT-elementtiin mallinnettiin tippanokka ja syvennys. Seinän syvennykseen asennetaan vedeneristyslevy ja lattian laatoitus nostetaan syvennyksen yläpinnan korkeudelle. Seinälaatoituksen valmispinta on noin 10mm syvemmällä kuin CLT-levyn valmispinta (Kuva 22.)



Kuva 23. Varaston ja terassien seinät kiinnitetään sokkeliin 48x48 mm puutavaraa hyödyntäen

Asuntokohtaisten ulkovarastojen ja terassien jakavat CLT-elementtiseinät kiinnitetään perustuksiin 48x48mm puutavaran avulla. Elementteihin mallinnettiin puutavaraalle 50mm leveä ja 48mm syvä ura (Kuva 23.)

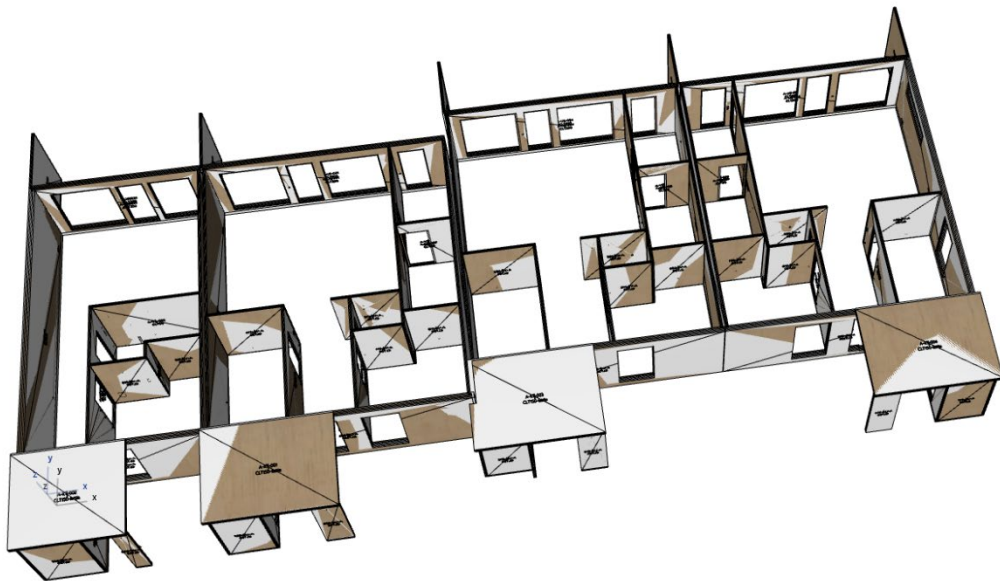
5.4 Työstöjen tarkastus

Mallinnetut CLT-elementit sisältävät kaikki tekniikalle vaadittavat työstöt. Projektin tarkastusvaiheessa suurin apu oli Puustellin kalustekuvilla ja kohteesta mallinnetuilla LVIS-tietomalleilla. Tulevat asukkaat saivat vaikuttaa asuntokohtaiseen varusteluun, joka aiheutti projektissa LVI-tietomallin ja kalustesuunnitelmien välille pieniä ristiriitoja. Sähkökalusteiden tietomallia päivitettiin kuitenkin vastaamaan kalustesuunnitelmaa ja asiakkaiden toiveita.

Elementtien mallinnuksen ja työstöjen luontien jälkeen tarkastettiin kaikki elementteihin mallinnetut työstöt ja niiden sijainti. Tarkastuksessa käytettiin apuna kalustesuunnitelmia ja asukkaiden toiveiden mukaan laadittuja varustelusuunnitelmia. Työstötarkastelu toteutettiin yhdessä Havua Osakeyhtiön osakkaiden kanssa, joilta löytyy ammattitaitoa rakentamisesta, arkkitehtisuunnittelusta, LVIS-asentamisesta ja -suunnittelusta.

5.5 Tietomallintamisen tulos

Opinnäytetyön tavoitteena oli pystyä hyödyntämään CLT-elementtien tietomallia aina CLT-elementtien valmistukseen asti. Tähän tavoitteeseen päästiin, kun elementit tilattiin aikataulussa pelkällä CLT-elementtitietomallilla.



Kuva 24. Lopullisessa elementtitietomallissa on näkyvillä elementit ja niiden tunnistetiedot

ArchiFrame-ohjelma tuottaa elementeistä valmiit mittapiirustukset, mutta Hoisko CLT Finland Oy:n toiveen mukaan elementit tilattiin pelkän kattavan elementtitietomallin perusteella. Elementtitietomalli lähetettiin IFC-formaatissa Hoiskon elementtisuunnittelijalle. IFC tiedosto sisälsi kuvan 24 mukaiset CLT-elementit työstöineen ja tunnistetietoineen. Tunnistetiedot ArchiFrame-ohjelma luo erilliselle ArchiCAD-tasolle.

Hoisko CLT Finland Oy:n elementtisuunnittelija pystyi hyödyntämään elementtitehtaan tuotantolinjalla tekemääni elementtitietomallia. Hänen täytyi kuitenkin luoda työstöradat tehtaan CNC-työstökoneelle.

ArchiFramella mallinnettua CLT-elementtitietomallia voidaan hyödyntää elementtien asennusvaiheessa. Mallinnetuista rivitaloista muodostettiin kolmiulotteinen BIMx-ohjelmalla tarkasteltava tietomalli. BIMx-ohjelmaan voidaan ladata hankekohtainen tiedosto. Tiedosto sisältää tekijän määrittämällä asetuksilla rakennuksen kolmiulotteisen tietomallin ja lisäksi tiedostoon voidaan ladata rakennushankkeen kaikki piirustukset. BIMx-ohjelman käyttäjä voi tarkastella kolmiulotteista mallia ja valita mallista objekteja. Objekti on ohjelman luoma tietomallin osa, esimerkiksi CLT-elementti, joka sisältää elementin tietoja.

Tulevaisuudessa ArchiFrame-ohjelma pystynee luomaan CLT-levyistä valmiin CNC-koodiston, jonka voi syöttää elementtitehtaan työstökoneelle. Koodisto mahdollistaa entistä paremmin ohjelmalla luotujen suunnitelmien hyödyntämisen erilaisissa rakennushankkeissa. Työstösuunnittelua voisi myös kehittää tuottamalla valmiita työstö objekteja, jotka sisältäisivät rasian reiän sekä pystyporauksen seinän sisällä. Tällä voisi vähentää työstöjen luomisessa käytettävää aikaa.

Alan kehitystä hidastaa mielestäni tehtaiden tuotantoa ohjaava ajatus ja periaate tuottaa mahdollisimman paljon raakaelementtejä puukuutioina mitattuna. Ajatus heikentää innokkuutta valmistaa CLT-elementtejä täydellisesti esivalmistettuina tuoteosina. CLT-rakentamisesta voisi saada huomattavasti enemmän hyötyä rakennusalalla, jos oltaisiin valmiita tuottamaan pintakäsiteltyjä ja hyvin yksityiskoh-
taisia elementtejä.

6 POHDINTA

Opinnäytetyölle annetut tavoitteet saavutettiin, kun ArchiFrame-ohjelmalla luotuihin elementteihin voitiin mallintaa kaikki halutut työstöt. Elementtien työstämisen helpottamiseksi käytettiin LVIS-tietomalleja, joista oli suuri apu työn tarkkuuteen. ArchiFramen tuottamalla elementtietomallilla voitiin tilata CLT-elementit suoraan Hoisko CLT Finlandin tehtaalta.

Ohjelmalla luotavan kattavan tietomallin avulla voidaan helpottaa rakennustyömaalla tapahtuvaa työtä, kun jokainen rakenneosaa on mallinnettu oikeilla materiaaleilla tietomalliin. Työmaalla voidaan käyttää rakentamisen helpottamiseksi tietomallin katseluohjelmaa, josta voidaan valita haluttu tietomallin sisältämä elementti-, kapula- tai LVI-tuoteosa. Katseluohjelma näyttää valitun objektin tiedot ja materiaalin. Rakennustyömaalla toimivan rakentajan on helpompaa ymmärtää rakennuksen geometriaa ja käytettäviä materiaaleja, kun hänellä on käytössä kattava kolmiulotteinen tietomalli. Kun tietomallin katseluohjelmaan voidaan lisätä vielä detalji- ja työpiirustukset, virheiden mahdollisuudet pienenevät entisestään.

Mallintavaa suunnittelutapaa hyödyntämällä suunnitellut elementit ovat mittatarkkoja ja jo suunnitteluvaiheessa voitiin helposti havaita mahdolliset ristiriidat. Elementteihin voitiin mallintaa kaikki asennusta helpottavat työstöt ja niiden sijainti voidaan tarkastaa asennusvaiheessa tietomallia hyödyntäen. Käyttämällä mallintavaa suunnittelutapaa voitiin myös havaita rakentamisvaiheessa eteen tulevia ongelmakohtia.

Opinnäytetyön tekemisen yhteydessä opin käyttämään ArchiCAD-ohjelmaa ja ymmärtämään elementtisuunnittelun ja valmisosasuunnittelun periaatteet. Ohjelman käyttöön liittyvää oppia sain rakennesuunnittelija Jorma Kinnuselta ja YouTube -videoista. Projektin yhteydessä opin toimimaan osana suunnittelutiimiä, kun vastasin hankkeen elementtisuunnittelusta.

Tietomallinnuksen hyödyntämistä voidaan parantaa puurakentamisen alalla mm. ArchiFramella luotavien tietomallien avulla. Ohjelman tuomia mahdollisuuksia voidaan hyödyntää valmiiden tuoteosien valmistukseen ja tuotannon automatisointiin ohjelman luoman CNC-koodiston avulla. Opinnäytetyön tietomallinnus-

projektia voidaan hyvin jatkaa mallintamalla jokainen rakennekerros todenmukaisesti ArchiFrame-objekteilla. Mallinnettua tulosta voidaan käyttää rakennushankkeen esivalmisteluissa ja rakentamisen aikana varsinaisen asennustyön helpottamiseksi.

LÄHTEET

ArchiSolutions Oy 2018. ArchiFrame: 3D:stä tuotantoon – Kaikki samassa ArchiCAD-tiedostossa. Viitattu 5.5.2021 <https://archiframe.fi/fi/in-brief>.

Betoniteollisuus ry 2021. Rakenne- ja elementtisuunnittelu. Viitattu 2.6.2021 <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/rakenne-ja-elementtisuunnittelu/>.

BuildingSMART Finland / Rakennustietomalli Oy 2021. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Viitattu 2.6.2021 <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv>.

CELT Oy 2017. Moduulit. Viitattu 5.5.2021 <https://celt.fi/moduulit/>.

CNC.com 2020. What is a CNC Machine and How does CNC Machines Work?. Viitattu 5.5.2021 <https://www.cnc.com/what-is-a-cnc-machine/>.

Havua Osakeyhtiö 2021. Havua Osakeyhtiö. Viitattu 4.6.2021 <https://havua.fi/>.

Henttinen T. Gravicon Oy 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. Viitattu 4.6.2021 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf.

Hoisko CLT Finland Oy 2018. HOISKO CLT-levyn perustiedot. Viitattu 4.6.2021 https://hoisko.fi/wp-content/uploads/2020/07/Hoisko-CLT-levyn-perustiedot-6_18.pdf.

Hoisko CLT Finland Oy 2020. CLT. Viitattu 4.6.2021 <https://hoisko.fi/clt/>.

Hoisko CLT Finland Oy 2020. Julkisessa rakentamisessa on edessä puuloikka, kuntia tuetaan rahalla ja opastuksella. Viitattu 4.6.2021 <https://hoisko.fi/2020/10/06/julkisessa-rakentamisessa-on-edessa-puuloikkakuntia-tuetaan-rahalla-ja-opastuksella/>.

Oy CrossLam Kuhmo Ltd. 2019. CLT-suunnittelun ohje. Viitattu 1.6.2021 <https://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/clt-suunnittelun-ohje.pdf>.

Oy CrossLam Kuhmo Ltd. 2019. Crosslamin valmistaman CLT-levyn käyttökohteet. Viitattu 31.5.2021 <https://www.crosslam.fi/suunnittelijat/crosslam-levyn-kayttokohteet.html>.

Oy CrossLam Kuhmo Ltd. 2019. Tuoteominaisuudet. Viitattu 4.6.2021 <https://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/tuoteominaisuudet.pdf>.

Puuinfo 2020. Hengittävä rakenne. Viitattu 31.5.2021 <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/hengittava-rakenne/>.

Puuinfo 2020. Paloteknisiä ominaisuuksia. Viitattu 31.5.2021 <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/paloteknisia-ominaisuuksia/>.

Puuinfo 2020. Puun kosteustekniset ominaisuudet. Viitattu 31.5.2021 <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet/>.

Puuinfo 2020. Lujuusteknisiä ominaisuuksia. Viitattu 4.6.2021 <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia/>.

Puuinfo 2020. Seinän ominaisuudet. Viitattu 4.6.2021 <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/seinan-ominaisuudet/>

Ramboll Oy 2021. Tietomallikoordinointi. Viitattu 2.6.2021 https://fi.ramboll.com/palvelut/kiinteistot_ja_rakentaminen/suunnittelu-ja-projektipalvelut/tietomallikoordinointi.

Rakennustietosäätiö 2006. SIT 15-610035. PÄÄPIIRUSTUKSET, ERITYIS-SUUNNITELMAT JA SELVITYKSET.

Trimble 2021. Mitä on BIM?. Viitattu 4.6.2021 <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>.