

Tuomas Koukkari

TUOTANNON SIVUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN CLT-RAKENTAMISESSA

TUOTANNON SIVUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN CLT-RAKENTAMISESSA

Tuomas Koukkari
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, talonrakennustekniikka

Tekijä: Tuomas Koukkari
Opinnäytetyön nimi: Tuotannon sivutuotteiden hyödyntäminen CLT-rakentamisessa
Työn ohjaaja: Olli Mustaparta
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023
Sivumäärä: 38 + 11 liitettä

CLT on ristiinliimattua massiivipuulevyä, jonka käyttö lisääntyy vuosi vuodelta. Puusta valmistettu rakennuselementti on ekologinen sekä terveellisen huoneistoilman varmistava rakennusmateriaali. CLT sitoo itseensä ilmakehästä valtavan määrän hiilidioksidia, joten se toimii hiilinieluna.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Alajärvelle 2-kerroksinen omakotitalo erillisellä autokatoksella. Tässä työssä keskityttiin CLT-rakennusmateriaalin tuotantoon, teknisiin ominaisuuksiin, rakenne- ja liitossuunnitteluun sekä rakennusmateriaalin ympäristöystävällisyyteen. Kohteen rakenteina käytettiin pääasiassa CLT-elementtejä ylijäämäpaloista. Nämä ylijäämäpalat tulevat tuotannon sivutuotteista, esimerkiksi ikkuna- tai oviaukoista. Toistaiseksi näitä sivutuotteita ei ole hyödynnetty muuten kuin esimerkiksi puuhakkeena tai polttopuuna. Kyseinen kohde oli siis ainutlaatuinen.

Rakennukseen suunniteltiin CLT-elementeistä rakenteet ala-, väli- ja yläpohjin sekä ulko- ja väliseinät sekä luotiin 3D-malli rakennukselle käyttäen BricsCAD-suunnitteluohjelmaa. Rakenneteknisiä ratkaisuja saatiin CLT Finland Oy:n, tai tuttavallisemmin HOISKO:n materiaaleista sekä yleisistä materiaalipankeista.

Tarkoituksena oli suunnitella modulaarinen koko ylijäämäpalalle, jota pystytään hyödyntämään jatkossa erilaisissa projekteissa. Koska ylijäämäpalojen työstäminen vaatii enemmän aikaa tuotannossa kuin kokonainen levy, oli tuotteelle tarkoitus suunnitella mahdollisimman yksinkertainen ja kestävä rakenne, joka on vaivaton asentaa rakennuskohteessa. Tässä työssä esiteltiin muutamia suunniteltuja modulaarisia rakenteita, joita HOISKO voi aloittaa suoraan valmistamaan.

Työssä huomattiin, että ylijäämäpaloista on monien liitosten takia yksinkertaisempaa rakentaa pelkästään pystyrakenteita, eli ulko- tai väliseiniä. Toisin sanoen vaakarakenteet, kuten välipohjat ovat vaikeampia toteuttaa visuaalisesti näyttäväksi sekä rakenteellisesti kestäväksi.

Asiasanat: CLT, pientalo, rakennesuunnittelu, ekologisuus, sivutuotteet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

Author: Tuomas Koukkari
Title of thesis: Utilization of Surpluses in CLT Construction
Supervisor: Olli Mustaparta
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023
Number of pages: 38 + 11 appendices

The use of CLT, or cross-laminated-timber has been used more and more on construction sites. Because of timber used in the material, CLT is an ecological building material.

In this thesis, the project was to design a two-storied detached house to Alajärvi, Finland. The assignment for the work was ordered by CLT Finland Oy, otherwise known as HOISKO. The designed structures of the house were made of CLT and mostly using the leftover element pieces from the factory. These surplus pieces come from by-products of the production of the factory, such as window or door openings. CLT itself is an ecological building material, but with this, the ecological aspect in construction gets even better. So far, these by-products have only been utilized as, for example, wood chips or firewood.

For the building, a 3D model was created and the structures from CLT elements were planned for the building for the lower, intermediate, and upper floors, outer and partition walls. During the work, it was noticed that it is simpler to build only vertical structures, such as outer or partition walls. In other words, horizontal structures such as intermediate floors are more difficult to manufacture.

The purpose was to design a modular size for the leftover element pieces that can be utilized in various projects in the future. Since processing the excess pieces requires more time in the factory than a whole CLT element, the aim was to design the structure as simple and durable as possible for the manufacturing. HOISKO can start to manufacture the designed modular structures that were presented.

Keywords: CLT, detached house, structural design, ecology, by-products

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	CLT RAKENNUSMATERIAALINA.....	7
2.1	CLT-elementtien valmistus.....	8
2.2	CLT-elementtien tekniset ominaisuudet	11
2.2.1	Palotekniset ominaisuudet ja määräykset	12
2.2.2	Kosteuskäyttäytyminen.....	14
2.2.3	Lämpötekniset ominaisuudet.....	16
2.2.4	Äänitekniset ominaisuudet.....	17
2.3	CLT-rakentamisen ympäristöystävällisyys.....	18
3	CLT-RAKENTEET	21
3.1	Ulkoseinärakenne	21
3.2	Väliseinärakenne	23
3.3	Yläpohjarakenne ja liitos	23
3.4	Välipohjarakenne ja liitos	24
3.5	Ulkoseinän liitos perustuksiin.....	26
3.6	Alapohjarakenne.....	27
3.7	Ponttiliitos	28
3.8	Ruuvaus	30
4	PILOTTIKOHDE JA SEN KOMPONENTTIEN KEHITYS	31
5	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	38

1 JOHDANTO

Puurakentamisen suosio kasvaa koko ajan. Yksi puurakentamisen innovaatioista on CLT, joka on ristiinliimattua massiivipuulevyä. Sen käyttö Suomessa on vasta kasvavassa vaiheessa. Nopea rungon pystytysvaihe, valmiit pinnat, arkkitehtuurinen olemus, puurakentamisen ekologisuus ja hiilijalanjäljen parantaminen ovat syitä sille, miksi CLT-elementeistä rakennettujen rakennuksien suosio on kasvussa. Se on suunnannäyttävä puhtaan, terveellisen sekä miellyttävän sisäilman mahdollistajana. Tässä työssä keskitytään pientalorakentamiseen, mutta osa asioista pätee myös kerrostaloihin. (1.)

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää modulaarinen 2-kerroksinen asuintalo. Pilottikohde valmistetaan CLT-elementtien valmistuksesta syntyviä sivutuotteita hyödyntäen. Tuotannossa sivutuotteita tulee esimerkiksi elementtien ikkuna- tai oviaukoista. Aukkopaloista suunnitellaan modulaarinen koko ja muoto, jota yhdistelemällä saadaan valmiita elementtejä. Tähän pilottikohteeseen suunnitellaan ja mitoitetaan aukkopaloja hyödyntäen alapohja ja ulkoseinät. Välipohja ja yläpohja suunnitellaan kokonaisista elementeistä. Sivutuotteita ei ole tähän asti hyödynnetty muuten kuin puuhakkeena tai esimerkiksi huonekaluissa, joten tämä kohde on ensimmäinen laatuaan. Opinnäytetyössä suunniteltu asuinrakennus on tarkoitus rakentaa vuoden 2023 aikana.

Työn tilaajana on CLT Finland Oy. Tuttavallisemmin tunnettu HOISKO on perustettu vuonna 2015 Etelä-Pohjanmaan Alajärvelle. HOISKO on Suomen suurin CLT-elementtien valmistaja, joka tutkii ja testaa aina kehittäen parhaan mahdollisen tuotteen. (2.)

2 CLT RAKENNUSMATERIAALINA

CLT eli cross laminated timber on ristiinliimattua massiivipuulevyä, on Euroopassa 1990-luvun alussa kehitelty rakennusmateriaali. CLT-elementeistä voidaan rakentaa esimerkiksi omakotitaloja, loma-asuntoja, kerrostaloja sekä julkisia rakennuksia. Sitä on mahdollista käyttää rakenteena jokaisessa rakennuksen osa-alueessa. CLT-elementtien tuotantomäärät kasvavat nopeasti joka vuosi. Suurin osa elementtejä valmistavista tehtaista sijaitsevat Keski-Euroopassa, mutta kiinnostusta CLT-rakennusmateriaalille löytyy lähes jokaiselta mantereelta. Suomessa on tällä hetkellä kolme CLT-elementtien valmistajaa (1.)

CLT-elementeissä on kerroksia yleensä kolme tai viisi riippuen elementin paksuudesta, mutta myös suurempi määrä on mahdollista toteuttaa (kuva 1). Kerroksien paksuudet ovat yleensä 30 millimetriä tai 40 millimetriä, mutta ne voivat olla 20–50 millimetrin välillä. Elementin paksuus on useimmiten 60–400 millimetriä, mutta yleisimpiä levyjen paksuuksia ovat 90–300 millimetrin elementit. (1; 3.)



KUVA 1. CLT-elementit, josta erottuvat rakenteen kerrokset (1)

HOISKO:n yhden elementin maksimitat ovat korkeudeltaan 3,5 metriä ja leveydeltään 12 metriä, mutta levyjen mitat vaihtelevat valmistajien mukaan. Oy CrossLam Kuhmo Ltd valmistaa 3,2 metriä korkeita ja 12 metriä leveitä elementtejä. (4; 5, s. 4.)

2.1 CLT-elementtien valmistus

Elementtien valmistus aloitetaan raaka-aineiden valinnalla. Elementteihin käytettävä puutavara on yleensä kuusta, mutta myös mäntyä käytetään. Kuusi on kuitenkin yleisin materiaali. Levyissä käytettävät sahatavarat lujuuslajitellaan sekä sormijatketaan. Sormijatkamisella saadaan sahatavaraalle helposti haluttu pituus. CLT-elementeissä käytetään C24 lujuusluokiteltua sahatavaraa. Elementeissä käytettävän sahatavaran kosteuspitoisuus on yleensä 12 prosenttia vaihteluvälillä +/- 2 prosenttia. Koska elementit valmistetaan tuotannossa kuivissa olosuhteissa ja niiden kuljetus työmaalle tapahtuu muoveilla suojattuna, asentaessa elementtejä, niiden ei tarvitse enää kuivata. (1; 4.)

CLT-elementti valmistetaan liimaamalla ja puristamalla koneellisesti laudat yhdeksi levyksi. Tämän jälkeen puristetut ja liimatut levyt liimataan vielä lappeeltaan ristiin halutun määrän verran. Näin saadaan haluttu elementin paksuus. Yleisimpiä liimaustapoja on kaksi: reunaliimattuna tai ilman reunaliimausta. Reunaliimaamattoman etu on, että se halkeilee vähemmän. Kolmas Euroopassa käytetty tapa on vakuumiliimata laudat yhteen tyhjiön avulla. Liimaustapa ei vaikuta merkittävästi CLT-levyjen lujuusominaisuuksiin. (1; 4.)

Syrjäliimaus eli reunaliimaus tarkoittaa sitä, että kaikkien lautojen välit liimataan. Näin ollen saadaan tiivis rakenne, eikä elementissä oleviin lautoihin synny rakoja. Kuvassa 2 on esimerkki liimauksesta. Kuitenkin pintalamellit eli elementtien pintakerrokset voivat halkeilla kosteuden aiheuttamista muutoksista ja puun normaalista elämisestä. Reunaliimattu rakenne ei tarvitse erillistä höyrynsulkua. (6.)



KUVA 2. CLT-elementtien liimauksessa syntyvien halkeamien malli: vasemmalla reunaliimaamaton ja oikealla reunaliimattu (7)

Reunaliimaamaton elementti valmistetaan samalla tavalla kuin reunaliimattu, mutta siinä jätetään nimensä mukaisesti reunat liimaamatta. Tällöin lamellien reunat pääsevät vapaasti elämään, jolloin lautojen välille syntyy pieniä rakoja kosteuselämisen takia. Raot ovat kuitenkin tasaisia, toisin kuin reunaliimatussa, jossa saattaa syntyä lamellien halkeilua. Pintalamellien halkeilu on kuitenkin puun normaalia käyttäytymistä, joten sitä ei voida estää. (6.)

Norjalaisen tutkimuskeskuksen SINTEF:n toteuttaman testin tulosten mukaan liimauksella on merkittävä vaikutus ilmavuotoihin rakennuksissa. Tutkimuksessa testattiin kahden kosteuspitoisuuden, 0,14 kg/kg ja 0,10 kg/kg, välisiä ilmanvuojoja reunaliimattuna sekä liimaamattomana. Testissä havaittiin, että elementtien kuivaessa 0,14 kg/kg kosteudesta 0,10 kg/kg kosteuspitoisuuteen reunaliimaamaton CLT vuotaa noin kymmenkertaisesti ilmaa ja reunaliimattu noin kaksinkertaisesti. Vaihtuva ero ilmanvuodossa huomattiin tällä testillä: reunaliimattu CLT vuotaa paljon vähemmän ilmaa kuin reunaliimaamaton. (8.)

CLT-elementtien liimauksessa käytetään yleensä allergiavapaata formaldehyditonta PUR-liimaa. Polyuretaaniliimat saavat kovuutensa huoneenlämpötilasta ja kosteudesta muodostaen tiiviin liimasauman. HOISKO:n tehtaalla liimaus tapahtuu puristimen avulla. Puristimen aiheuttaman paineen takia liima vaahtoutuu ja se pureutuu puun solukkoon tuottaen tiiviin harsomaisen kerroksen. Liimauksesta tulee vahva sidos, kun se pääsee imeytymään levyn jokaiseen kohtaan. Liimat on luokiteltu M1-päästöluokkaan. Liimaus varmistetaan ottamalla koepaloja levyjen reunoista, jolloin saadaan selvyys siitä, onko liimaus onnistunut. (6.)

Liimauksen sekä puristuksen jälkeen yksi kokonainen CLT-levy on valmis työstettäväksi. CLT-elementin työstöt tehdään suunnitellun mukaisesti CNC-koneella, eli työstökoneella, joka on ohjel-

moitu toimimaan halutulla tavalla. CNC-koneella käytetään sirkkeliä ja jyrsintä. Pitkät ja suorat sahausaukset tehdään sirkkelillä, kun taas jyrsimellä tehdään esimerkiksi ovi- ja ikkuna-aukkoja. Kuitenkin isompia aukkoja voidaan tehdä sirkkelillä, mikäli se on mahdollista. Sirkkelillä sahaaminen on nopeampaa kuin jyrsimellä tekeminen. CNC-koneella on mahdollista tehdä monenlaisia ponniteja, aukkoja, upotuksia sekä reunan viisteitä. CLT-levyihin tehdään jyrsimellä kaikki LVI-läpivientien aukot sekä sähkörsioiden työstöt. CLT-elementit valmistuvat valmistajasta riippuen +/-3 millimetrin tarkkuudella. (5, s. 6, 19.)



KUVA 3. CLT-elementtitehtaan koneita (9)

Viimeisenä levyjen pinnat käsitellään. Pinnat voidaan tarvittaessa joko hioa tai plaanata. Mikäli sisäpuolelta jäävät elementit näkyviin, silloin ne hiotaan, jolloin saadaan viimeistelty pinta ilman näkyviä liimapintoja. Mikäli ulkopuoli jää näkyviin, ulkopuolelta levyt erikoishöylätään eli plaanataan koneellisesti, jolloin pinta jää hieman karheaksi. Pinta vastaa tällöin hienosahatun laudan karheutta. Näin ulkopintaan tuleva maali tarttuu kiinni paremmin CLT-levyn pintaan ja maalausjälki on puhdas. Lisäksi levyn pinta on helppo hioa jälkeinpäin, mikäli siihen tulee kolhuja tai likaisuutta ajansaatossa. (10.)

CLT-levyä voidaan pintakäsitellä aivan kuten normaalia puupintaa. Yleensä puupinnat harmaantuvat ultraviolettisäteilyn takia. Tämän vuoksi suositellaan, että elementit käsitellään esimerkiksi maalilla, lakalla tai petsillä, jos CLT-elementin pinnat jäävät ulkopuolelta näkyviin. Ulkopintojen tavoin

sisäpintoja on mahdollista pintakäsitellä. Sisäpuolella pinnat ovat ulkopuolta enemmän rasituksesta esimerkiksi lattiapinnoissa, joka voi myös olla CLT-elementeistä. Tällöin lattiapinnat pitää lakata tai öljytä. Öljykäsittely imeytyy materiaalin pintasolukkoon, jolloin epäpuhtaus tai kosteus ei pääse imeytymään puun pintaan. Lakka puolestaan tarttuu puun pintaan muodostaen kovan pinnan. Mikäli CLT-levy on kosteutta käsittelevissä tiloissa, on tällöin pinta suojattava joko öljy- tai lakkatuotteilla. Märkätiloissa CLT-elementit pitää suojata vedeneristein samalla tavalla, miten yleensä märkätilarakenteet tehdään. (11; 12.)

2.2 CLT-elementtien tekniset ominaisuudet

CLT-elementtiä voi käyttää kantavana rakenteena eli siirtää pystykuormia perustuksille sen ristiinkantavuuden sekä massiivirakenteen ansiosta, jolloin levy on erittäin jäykkä. Rakenteen ollessa yhtä elementtiä kuormat jakautuvat teräsbetonin tavoin kahteen suuntaan. CLT-levy on mahdollista käyttää jäykistävänä rakenteena välipohjissa sekä väli- ja ulkoseinissä. (13.)

CLT-elementin tilavuuspaino on yleensä $5,0 \text{ kN/m}^3$ ja teräsbetonin tilavuuspaino on normaalisti $25,0 \text{ kN/m}^3$, joten CLT on huomattavasti kevyempi rakenne. Kevyemmän rakenteen ansiosta voidaan säästää kuluja perustusten mitoituksessa sekä asennuksessa on mahdollista käyttää kevyempää nosturia. (14, s. 1; 15, s. 1.)

Hybridirakenteet tulevat lisääntymään tulevaisuudessa ja siihen CLT on erittäin varteenotettava vaihtoehto. CLT:tä voidaan käyttää teräsbetonirakenteen sijasta ja näin parantaa rakennuksen hiilijalanjälkeä. Mikäli esimerkiksi välipohjassa tarvitaan korkeaa vetolujuutta, on CLT siihen paremman vetolujuuden ansiosta parempi vaihtoehto kuin perinteinen teräsbetonivälipohja. Teräsbetonirakennetta käytetään hybridirakenteissa paremman puristuslujuuden ansiosta. Verrattuna perinteisiin puulattioihin on puu-betoniliittorakenteen kantavuus kolminkertainen ja sillä on jopa kuusinkertainen taivutusjäykkyys. Lisäksi värähtelymitoitus tulee rakenteiden mitoittamisessa olemaan haastava kohta, johon hybridirakenteista on valtava hyöty. Betonia lisäämällä saadaan rakenteeseen enemmän massaa, jolla parannetaan askeläänieristävyyttä. (16, s. 1–5.)

2.2.1 Palotekniset ominaisuudet ja määräykset

Puu syttyy helposti, mutta sen palamiskäyttäytyminen on hyvin tunnettu. Puun lämmitessä yli 100 °C asteeseen, alkaa höyrystymään tiivistynyttä vettä ja puu alkaa pehmenemään. Kun taas kuivan puun lämpötila ylittää 180 °C asteen, se alkaa pehmetä paljon enemmän. Puu syttyy, kun lämpötila ylittää 250–300 °C astetta. Puussa olevat ligniini ja selluloosa alkavat hajota lämpötilan ylittäessä 320–380 °C astetta. Puun palaessa sen pintaan kehittyy hiljalleen puuta suojaava hiilikerros. Se hidastaa puun sisäistä kuumenemista ja puu palaa loppuun paljon hitaammin hiilikerroksen ansiosta. Puurakenteiden mitoituksessa lasketaan puun hiiltymisnopeutta, ja se on eri puun rakennusmateriaaleille. Hiiltymisnopeuteen vaikuttaa liimapuussa tai CLT-levyssä oleva liima tai rakenteen yhteydessä oleva palosuojaus esimerkiksi kipsilevyllä. Toisin kuin teräs tai betonirakenteissa, puu ei välttämättä tarvitse erillistä palosuojausta. (17, s.1; 18, s. 23.)

CLT-levyn palomitoitus ei ole vielä saanut harmonisoitua palomitoitusohjetta, joten sen mitoitus perustuu valmistajien tekemiin tutkimuksiin. CLT-levyjen valmistuksessa käytettävän polyuretaaniliiman on havaittu palotilanteessa aiheuttavan delaminoitumista eli erillisten lamellien irtoamista palon edetessä liimasaumaan. Näin tapahtuessa hiiltymisnopeus kasvaa, kun tuli pääsee lamellikerroksissa eteenpäin halkeamien kohdalta. Suuren taivutusjännityksen on havaittu nopeuttavan delaminoitumisen prosessia. Jännityksessä olevat vaakarakenteet ovat siis nopeampia palamaan kuin pystyrakenteet. (17, s.1.)

Näkyville jääviin CLT-elementtien pintoihin kehitetty palosuojaus on mahdollista tehdä levittämällä CLT-levyn pintaan yhteensä 350 g/m² palonsuoja-ainetta. Tällöin päästään palonsuojauksessa sertifioituun B-s1, d0 -euoluokkaan. Kuitenkaan käsittelyä ei vielä voida CE-sertifioida, koska itse CLT-elementti ei toistaiseksi ole CE-luokiteltu rakennusmateriaali. (19.)

Suojaamattomana rakenteena CLT-levyt sijoittuvat P3-paloluokkaan, jossa paloteknisiltä ominaisuuksiltaan ei vaadita paljoa. Paloluokkaan P3 kuuluvat asuinrakennukset saavat olla enintään 2-kerroksisia tai enintään 9 metriä korkeita rakennuksia. CLT-elementit voidaan palosuojata esimerkiksi kipsilevyllä, jolla saadaan paloluokka nostettua P2-luokkaan. P2-paloluokan mukaan on sallittua rakentaa enintään 8-kerroksinen ja 28 metriä korkea asuinrakennus. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Paloluokat (20, s. 10)

Taulukko 1. Paloluokat.		
Paloluokka	Kuvaus	Tyypillisiä rakennuskohteita
P0	<ul style="list-style-type: none"> Toiminnallisen palomitoituksen mukaan (henkilömäärää ja palokuormaa koskevat tiedot ilmoitettava) 	<ul style="list-style-type: none"> Yli 28 m korkea asuinrakennus Yli 28 m korkea työpaikkarakennus
P1	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palon ja jäähtymisvaiheen aikana ilman, että paloa sammutetaan (yleensä yli 2-kerroksisessa rakennuksessa) Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu 	<ul style="list-style-type: none"> Rakennukset, jotka eivät ole sallittuja paloluokissa P2 ja P3
P2	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla P1-paloluokkaa lievemmat Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoituksesta riippuen 	<ul style="list-style-type: none"> Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea asuinrakennus Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos) Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea majoitusrakennus Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea työpaikkarakennus Enintään 4-kerroksinen 14 m kokoontumis- ja liikerakennus 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus ¹⁾
P3	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen kantavilta rakenteilta ei yleisesti vaadita palonkestävyyttä, joitakin tapauksia lukuun ottamatta (esimerkiksi osastoivilla rakenteilla myös R-vaatimus) Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää käyttötarkoituksesta riippuen 	<ul style="list-style-type: none"> Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea asuinrakennus (kerrokset samaa palo-osastoa) Enintään 1-kerroksinen 9 m korkea hoitolaitos Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea majoitusrakennus Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea työpaikkarakennus Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea kokoontumis- ja liikerakennus 1-kerroksinen 14 m korkea tuotanto- ja varastorakennus ¹⁾

¹⁾ Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.

Taulukosta 2 huomataan, että palotekninen suunnittelu on tärkeä ja laaja aihe. Kantavat rakenteet tulee mitoittaa rakennusosien kantavuus R-luokkiin. Se voi olla esimerkiksi R30 tai R60, jolloin kantavan rakenteen tulee kestää vähintään 30 minuuttia tai 60 minuuttia paloa. Palokestävyyteen liittyvät myös kirjaimet E ja I. Esimerkiksi EI30 tarkoittaa, että palon tapahtuessa rakenne on tiivis ja tarpeeksi eristävä 30 minuutin ajan. (20, s. 11.)

TAULUKKO 2. Vaatimukset palonkestävyyden suunnitteluun (20, s. 10)

Taulukko 2. Olennaiset vaatimukset paloturvallisuuden suunnittelussa.	
Olennainen vaatimus	Pääasiallisia tekijöitä paloturvallisuuden suunnittelussa
Kantavilla rakenteilla tulee olla vaadittu palonkestävyys	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen paloluokka • Palokuormaryhmä • Rakennusosien kantavuus R
Palon ja savun kehittyminen ja leviäminen tulee olla rajoitettua	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen paloluokka • Palo-osaston koko • Rakennusosien osastoivuus EI • Sisäpuolisten pintojen luokka • Julkisivun ja parvekkeiden pintojen luokka • Katteen luokka • Suojaverhous • Sprinklaus
Palon leviäminen viereisiin rakennuksiin tulee rajoittaa	<ul style="list-style-type: none"> • Suojaetäisyys viereisiin rakennuksiin • Julkisivun ja parvekkeiden pintojen luokka • Katteen luokka • Palomuri • Ulkovaipan osastoivuus EI • Sprinklaus
Palotilanteessa henkilöiden tulee voida poistua rakennuksesta tai heidät tulee voida pelastaa muiden avustuksella	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen paloluokka • Henkilömäärä rakennuksessa • Rakennuksen pinta-ala • Rakennuksen korkeus • Poistumisteiden rakennusosien kantavuus R • Poistumisteiden rakennusosien osastoivuus EI • Poistumisteiden lukumäärä • Varapoistumistie • Poistumisteiden mitat • Poistumisteiden pintojen luokka • Poistumisteiden merkinnät ja valaistus • Palovaroittimet • Paloilmaisimet • Savupöisto • Ovien avautumissuunnat • Sprinklaus
Pelastushenkilöstön turvallisuus tulee ottaa huomioon	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen paloluokka • Rakennusosien kantavuus R • Rakennusosien osastoivuus EI • Pelastustiet • Sammutusreitit • Savunpoisto • Sprinklaus

2.2.2 Kosteuskäyttäytyminen

CLT on hygroskooppinen rakennusmateriaali eli se pyrkii tasapainoiseen kosteuteen ilmankosteuden kanssa imemällä sekä vapauttamalla kosteutta. Tämän on huomattu parantavan sisäilman laatua, koska puu tasaa huoneilman kosteutta. Lisäksi on havaittu sisätilassa olevan puumateriaalin vähentävän ilmanvaihdon tarvetta, joten CLT on myös energiaa säästävä rakennusmateriaali. Puuverhoilutuotteet ja CLT vähentävät sisäilmassa tapahtuvia kosteuden vaihteluita 63 prosenttia verrattuna kipsiväliseiniin. Puulaji, puupinnan syysuunnan sekä pintakäsittelyn on huomattu vaikuttavan puun hygroskooppisuuteen. Puun ollessa käsittelemätöntä, se imee ja vapauttaa kosteutta parhaiten. (21.)

Hygroskooppisten materiaalien on havaittu vaimentavan kosteuspuskuroinnilla suhteellisen kosteuspitoisuuden huippujen vaihteluita. Tällä on positiivinen vaikutus sisäilman laatuun sekä lämmön jakautumiseen. Kosteuspuskurointi on materiaalin taipumusta vähentää sisäilmassa olevan suhteellisen kosteuspitoisuuden vaihteluita, jotka voivat tapahtua päivittäin tai kausittain. Esimerkiksi kesällä, kun kosteusprosentti on korkea, hygroskooppinen materiaali pyrkii tasaamaan sisäilman kosteutta imemällä itseensä kosteutta. (21.)

Puun hygroskooppista ominaisuutta ja kosteuspuskurointia ei pidä kuitenkaan yhdistää hengittävään rakenteeseen. Hengittävä rakenne on ulkovaipan rakenne, joka tasaa ilman kaasut diffuusion avulla. Hengittävä rakenne on aina ilmatiivis, vaikka usein sana hengittävä rakenne voisi viitata siihen, että ilma pääsee vapaasti läpi. (22.)

Hengittävän rakenteen vaikutus terveeseen sisäilmaan johtuu siitä, että sisällä oleva hiilidioksidi vapautuu ilmanvaihdon kautta sekä rakenteiden läpi ulkoilmaan. Toisekseen ulkoilmasta pääsee puhdas happipitoinen ilma sisäilmaan. Suomessa tämä on haastavaa, koska Suomen ilmasto on verrattain kosteaa, ja täten kosteus pääsee hengittävään rakenteeseen. CLT-levy on sekä hengittävä ja se toimii samalla höyrynsulkuna. Tästä syystä CLT on loistava vaihtoehto Suomen ilmastoon. Vesihöyry rakenteissa on vakava ongelma ja voi aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteisiin. Mikäli ulkoseinät ovat pelkästään CLT-massivipuuta, elementeissä ei ole ylimääräisiä rajapintoja, johon kosteus pääsee tiivistymään pinnalle. Tämän vuoksi vesihöyry ei ole ongelma CLT-rakenteissa. (22; 23.)

Hengittävällä rakenteella on sekä positiivisia että negatiivisia puolia. Hengittävän rakenteen etuja ovat muun muassa rakenteen parempi kuivuminen, sisäilman kosteuden laskeminen syksyllä, sisäilmasta ihmisten hengityksen hiilidioksidin poistaminen sekä vesivaurioiden helpompi havaitseminen. Negatiivisia puolia ovat puolestaan home- ja kosteusvaurioiden riskit. Mikäli asunnossa on alipainetta, ulkopintaan syntyvät homeitiöt voivat mahdollisesti päästä sisätilaan. Talvisissa olosuhteissa sisäilmasta voi tulla liian kuivaa. Haitalliset kaasut pääsevät rakenteeseen sisälle, kuten radon. Myös sisäpuolinen kosteusvaurio voi päästä rakenteisiin. (22.)

CLT pitää suojata suoralta ja pysyvältä kosteudelta, kuten lähes kaikki muutkin rakennusmateriaalit. Kosteissa tiloissa tulee käyttää asianmukaisia vesieristeitä ja perustuksien kautta ei saa päästä imeytymään kosteutta CLT-rakenteisiin. (24, s. 34, 36.)

Kuten muihinkin rakennusmateriaaleihin, kosteuspitoisuuden muutokset aiheuttavat muodonmuutoksia CLT-levyihin. Kuitenkin liimattuna materiaalina puun kosteuskäyttäytyminen on pienempää kuin raakalaudan kosteuskäyttäytyminen. CLT-levyt kutistuvat paksuussuunnassa ja turpoavat kosteudesta. Yhden prosentin muutos kosteudessa vaikuttaa levyn pituuteen ja leveyteen 0,02 prosenttia ja korkeuteen 0,24 prosenttia. (25.)

Kuivuminen aiheuttaa halkeilua puussa. Kuivuminen tekee puun sisään poikittaisia vetojännityksiä. Kun nämä jännitykset ylittävät puun vetolujuuden kestävyuden, puu halkeaa. Puu halkeaa helpommin mitä nopeammin se kuivaa. Yleensä puun halkeamiset tapahtuvat puun syysuunnassa, mutta esimerkiksi oksien kohdilta puu voi haljeta myös leveysuunnassa. (25.)

2.2.3 Lämpötekniset ominaisuudet

Puun ja CLT-elementtien lämpötekniisiä ominaisuuksia voidaan lähes verrata toisiinsa. Materiaaleille ilmoitetaan yleensä ominaislämpökapasiteetit. Se on materiaalin kykyä varastoida lämpöä. Puun ominaislämpökapasiteetti vaihtelee muun muassa puun lämpötilasta, tiheydestä, kosteuspiitoisuudesta tai syiden suunnasta riippuen. CLT-elementeissä yleensä käytettävän männyn ominaislämpökapasiteetti on 2300 J/kg °C lämmön ollessa +0–100 °C astetta. Kuitenkin CLT-levyn ominaislämpökapasiteetti on 1600 J/kg °C. (26; 27, s. 7)

Puurakenteen huokoisuuden ansiosta puu johtaa lämpöä huonosti, mikä tarkoittaa sitä, että puurakenteiden lämmönjohtavuus on hyvä. Lämmönjohtavuuden on havaittu paranevan puun tiheyden kasvaessa. Lämmönjohtavuuden arvon laskiessa lämpötekniset ominaisuudet paranevat. CLT-levyn lämmönjohtavuuden on ilmoitettu olevan 0,12 W/(mK). (24, s. 6; 26)

Rakenteiden U-arvolla määritetään rakennukseen tulevien rakenteiden lämmöneristävydet. Suomessa normaalin rankarakenteisen eristetyn ulkoseinän U-arvon tulee alittaa 0,17 W/m²K. Hirsirakenteisille tai CLT-ulkoseinille paksuus on oltava vähintään 180 millimetriä ja U-arvo 0,40 W/m²K. Vaikka CLT-elementtejä voidaan käyttää ulkoseinissä pelkästään yhtenä materiaalina, sitä voidaan lisäeristää aivan kuten muitakin rakennusmateriaaleja. Esimerkiksi jos 100 millimetriä paksuun CLT-levyyn lisätään 280 millimetriä mineraalivillaa, päästään U-arvossa jo 0,16 W/m²K, jolloin se on rakennusmääräysten mukainen rankarakenteisena materiaalina. Lisäeristystä ei siis ole pakko tehdä, koska rakennusmääräykset ovat hirsi- ja CLT-rakenteille hieman kevyemmät kuin rankarakenteisilla ulkoseinärakenteilla. (24, s. 10; 28.)

KAAVA 1. Rakenteen U-arvo eli lämmönläpäisykerroin lasketaan alla olevan kaavan mukaisesti (24, s. 6)

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_{CLT}} + R_{se}}$$

R_{si} = Sisäilman ja seinän lämmönvastus

R_{se} = Ulkoilman ja seinän lämmönvastus

λ_{CLT} = CLT:n lämmönjohtavuus

d_i = CLT:n paksuus

Esimerkiksi kaavan 1 mukaisesti laskettaessa CLT-seinän paksuuden ollessa 200 millimetriä, U-arvo on 0,54 W/m²K. Tämä jää vertailuarvosta 0,40 W/m²K, mutta se voidaan kompensoida esimerkiksi rakennuksen paremmalla tiiveydellä.

Puurakenteisten sisäpintojen on havaittu toimivan lämmöntasaajina rakennuksissa. Tämä voi tapahtua ilmankosteuden sitoutumisessa puurakenteeseen. Puurakenteen pinnan lämpötilan on havaittu nousevan, kun ilmassa oleva kosteus imeytyy siihen. Ja toisinpäin, kun kosteus häviää puun pinnasta, sen lämpötila laskee. Puun pinta voi toimia täten luonnollisena lämmittäjänä sekä viilentäjänä. Kun puu toimii lämmöntasaajana, se voi säästää energiaa 5–20 prosenttia ilmanvaihdon oikeaoppisella säätämällä. (29.)

2.2.4 Äänitekniset ominaisuudet

Ääni kulkeutuu väliaineessa aaltoliikkeellä. Väliaineita voi olla jokin kiinteä aine, neste tai kaasu. Ääni etenee ilmassa pitkittäisinä aaltoina ja kiinteissä aineissa sekä pitkittäis- että poikittaisaaltoina. Rakennuksissa ääni kulkeutuu rakennuksen rungossa sekä ilmassa. Ääni syntyy ja kulkeutuu rakenteissa värähtelyn ansiosta. (30, s. 6.)

Rakennuksen tulee olla ilmatiivis, jotta ääni ei kulkeudu ilmateitse. CLT-levyihin tehtävät liitokset tulee suunnitella ja toteuttaa siten, ettei ilma tai ääni kulkeudu rakenteissa. CLT-levyjen liitoksissa tulee käyttää elastista tiivistemassaa, tiivistysteippiä, profiilitiivistenauhaa tai paisuvaa saumanauhaa eristämään rakennusta ilmalta sekä ääneltä. Määräykset sallivat asuntojen välillä äänenta-soeroluvun $D_{nT,w}$ (dB) maksimissaan 55 desibelin äänen. Liitoksista esimerkkejä kappaleessa 3 CLT-rakenteet. (30, s. 13–14; 31.)

Rakennuksen välipohjasta kantautuu paljon ääniä esimerkiksi kävelystä ja huonekalujen siirtelystä. Välipohjasta syntyvä ääni voi kulkeutua pitkiäkin matkoja rakenteita pitkin tuottaen runkoääniä ja

runkoäänistä aiheutuu ilmaääniä. Välipohja tulee suunnitella siten, että ääni ei kantaudu määräyk-
siä enempää. Määräykset sallivat askeläänitasoluvun $L'_{nT,W} + C_{I, 50-2500}$ (dB) asuntojen välillä maksi-
missaan 53 desibelin äänen. (30, s. 17; 31)

CLT-levyn äänieristävyys ei ole yhtä hyvä kuin betonin, koska sen massa on noin viidenneksen
betonin massasta. Mitä enemmän rakenteella on massaa, sitä paremmin se suodattaa ääniä. Mää-
räysten mukaisena CLT voi olla välipohjassa, mikäli sen päälle tehdään betonilaatta lisäämään
rakenteen massaa ja täten parantamaan askeläänieristävyyttä. Välipohja tehdään normaalisti ran-
karakenteisen mukaisesti jousirankarakenteilla. Lisäksi voidaan lisätä alakattoon kipsilevyä vähen-
tämään askelääniä tai asentaa joustavan rakenteen päälle pintalattia. (32; 33, s. 13.)

2.3 CLT-rakentamisen ympäristöystävällisyys

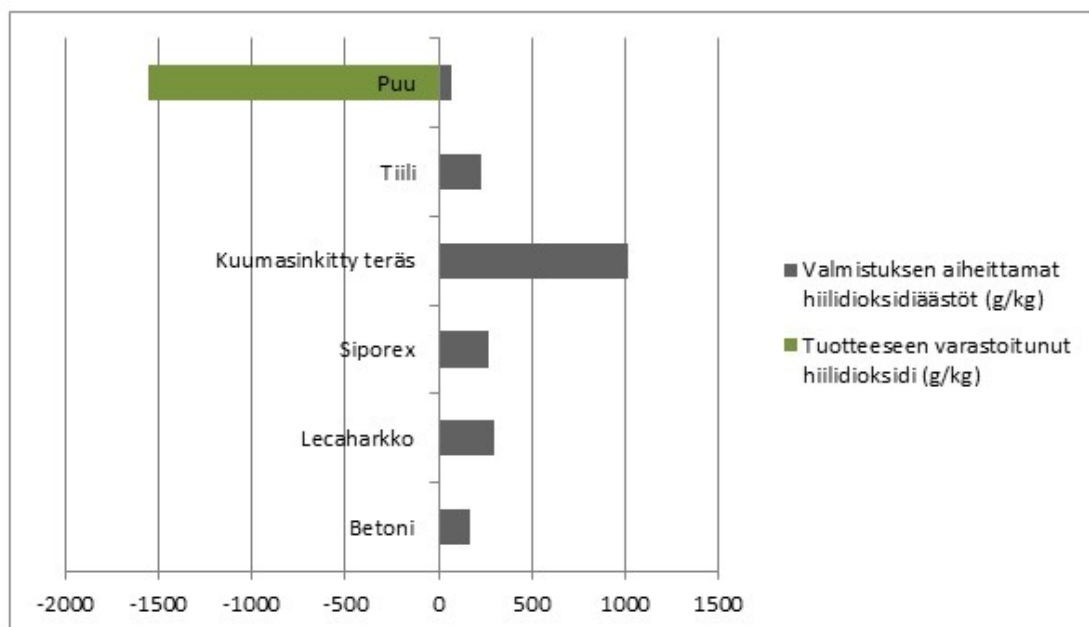
Rakentamisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin on merkittävä. Rakentamiseen kuuluu paljon erilaisia
materiaaleja ja luonnonvaroja. Jopa 50 prosenttia Euroopan luonnonvaroista menee rakentami-
seen ja noin 40 prosenttia energiasta menee rakennuksien ylläpitoon. Euroopan rakennukset tuot-
tavat 36 prosenttia kaikesta Euroopan hiilidioksidipäästöistä. Lisäksi rakennusjätteet sekä purku-
jätteet ovat valtava ongelma rakennusalalla. Noin 25–30 prosenttia kaikista Euroopassa olevista
jätteistä syntyy nimenomaan rakennus- ja purkujätteistä. Rakennusmateriaalivalinnoilla tehdään
tänä päivänä merkittävä osuus rakennuksien hiilijalanjäljistä ja sen merkitys vain kasvaa. Vuonna
2020 on vertailtu Suomessa rakennetun ympäristön hiilijalanjälkeä ja todettu, että esimerkiksi be-
tonista valmistetut rakennukset aiheuttivat 1 358 tonnia CO₂-päästöjä, kun taas puusta valmistetut
rakennukset aiheuttivat noin kolme kertaa vähemmän eli 448 tonnia CO₂-päästöjä. (34; 35.)

Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljet muodostuvat materiaalien valmistuksesta tehtaalla, materiaa-
lien kuljetuksista, työmaan vaikutuksista, rakennuksen toimintojen ylläpidosta ja korjauksista, ener-
gian käytöstä esimerkiksi lämmittämiseen sekä rakennuksen purkutöistä ja loppukäsittelystä ra-
kennuksen toimintojen päätyttyä. Kaikista suurin hiilijalanjäljen osa muodostuu energian käytöstä
rakennuksen elinkaaren aikana. (36, s. 2.)

On havaittu, että rakennuksien energiatehokkuuksien kohetessa sähkön sekä kaukolämmön hiili-
jalanjäljet laskevat, kun taas rakennusmateriaalien hiilijalanjäljet kasvavat ja niiden merkitys lisään-

tyy. Rakennusmateriaalien tuotannon alkuvaiheessa on potentiaalia vähentää päästöjä. Lisäksi rakennusmateriaalien kasvihuonepäästöt vähän energiaa kuluttavissa taloissa saattavat olla viidenkymmenen vuoden lämmitysenergian luokkaa, koska lämmitysenergian kasvihuonepäästöt tulevat laskemaan esimerkiksi passiivi- tai nollaenergiataloissa. (36, s. 2.)

Kuvassa 4 on eritelty eri materiaalien hiilidioksidipäästöjä. Kuvasta huomataan, että ainoastaan puurakentamisessa hiilidioksidipäästöjen varastointi on negatiivisella puolella, mikä on positiivinen asia. Puurakenteisiin varastoituu noin 1 550 g/kg hiilidioksidia, kun taas muihin materiaaleihin ei sitoudu yhtään, vaan ne aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä. Kuten muissakin materiaaleissa, puurakenteiden valmistukseen kuluu hieman päästöjä. Tässäkin puun päästöt ovat selkeästi matalimmat. (37.)



KUVA 4. Rakennusmateriaalien hiilidioksidipäästöjen vertailua (37)

CLT puupohjaisena rakennusmateriaalina sitoo hiilidioksidia koko elinkaarensa ajan pienestä taimesta lähtien. Se parantaa rakennuksen hiilijalanjälkeä huomattavasti. Fotosynteesin aikana puu imee ilmasta hiilidioksidia. Jatkokprosessin aikana se muuttaa hiilidioksidin hiileksi ja hapeksi. Hiili taas jää puuhun ja puu luovuttaa hapen takaisin ilmakehään. Yksi kuutiometri puuta sitoo itseensä 750 kiloa hiilidioksidia. Vertaukseksi tuotannosta syntyvien vaiheiden jälkeen yhdessä kuutiometrissä CLT-levyä on vielä noin 676 kiloa hiilidioksidia. Esimerkiksi pelkästään HOISKO tuottaa vuodessa noin 12 000 kuutiometriä CLT-elementtejä, joka hiilidioksidipäästöjen vähentämisenä tarkoittaa

taa vuosituotannossa vähän yli 8 miljoonaa kiloa hiilidioksidia. Tässä työssä keskitytään hukkapaloista valmistuvan rakennuksen kehittämiseen, joka edistää vihreää siirtymistä ja parantaa ekologisuutta rakentamisessa. Pelkästään HOISKO:n vuosituotannossa syntyy hukkaa aukkopaloista noin 800 kuutiometriä, joten tuo määrä sisältää noin 540 800 kiloa hiilidioksidia. Se on merkittävä määrä, joka tulisi ottaa hyötykäyttöön. (38; 39.)

Suomen metsissä on noin 2,5 miljardia kuutiometriä puuta. Puusto kasvaa joka vuosi, eivätkä hakkuut ole vähentäneet metsissä kasvavien puiden määrää. Vuosittain Suomen puusto kasvaa noin 103 miljoonaa kuutiometriä ja esimerkiksi vuonna 2021 metsäteollisuus käytti 72,2 miljoonaa kuutiometriä puuta ja noin 9,8 miljoonaa kuutiometriä purua sekä saharaketta. Metsien kasvu on siis ylijäämäistä verrattuna puun käyttöön Suomessa. (40.)

Kestävä metsänhoito on todella tärkeä asia. Puuta pitää kasvaa vuodessa enemmän kuin sitä kaadetaan. Kestävällä metsänhoidolla varmistetaan metsien hoito siten, että metsien hakkuut tehdään oikein sekä metsien ekologisuus on pidettävä ennallaan. Metsänhoidossa tulee muistaa luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen. Suomessa talousmetsiksi tarkoitettuja metsiä hoidetaan liian vähän. Kun hoitoa laiminlyödään, eivät puut pääse kasvamaan tarpeeksi nopeasti. (41.)

3 CLT-RAKENTEET

CLT-levyjä voidaan käyttää sellaisenaan tai hybridirakenteena. Luvussa 2.2 on esitelty perusteet, jonka mukaan CLT voi olla kantavana sekä jäykistävänä rakenteena eikä se tarvitse erikseen höyrynsulkua. Tässä luvussa on esitelty vain muutamia rakennedetaljeja, mutta todellisuudessa rakennetyyppejä sekä liitoksia on paljon enemmän. CLT-elementtien rakenteista ja liitoksista tulee tehdä mahdollisimman yksinkertaisia, jotta työstö olisi helppoa ja nopeaa.

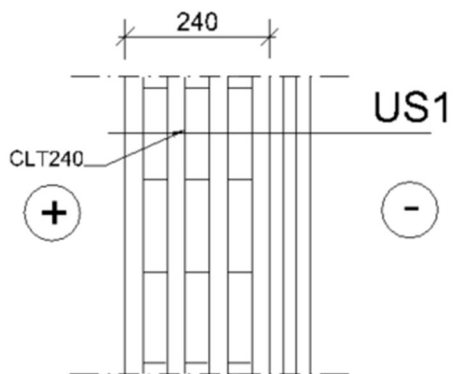
3.1 Ulkoseinärakenne

Ulkoseinärakenteissa CLT on yleensä sekä kantavana että jäykistävänä rakenteena. Elementin paksuus määräytyy tarvittavan kantavuuden tai palonkestovaatimuksien perusteella. Ulkoseinä voi olla itsenäisenä massiivihirsirakenteena tai se voi olla lisäeristetty esimerkiksi mineraalivillalla. Eristeen paksuus riippuu tarvittavasta U-arvon standardien määrästä sekä asiakkaan toiveesta. Ulkoseinien ollessa yhtenäistä levymäistä materiaalia, saadaan aikaseksi hyvä ilmantiiveys sekä yhtenäinen vaipparakenne, jolloin kylmäsiltojen määrä vähenee. (42, s. 12.)

Verrattuna normaaleihin puurunkoisiin rakenteisiin, CLT-ulkoseinärakenteissa eristeet sijoitetaan elementtien ulkopuolelle. Eristäminen tapahtuu kuten normaalissa rankarakenteisessa seinässä. Eristeille tarvittavat koolaus- ja runkopuut asennetaan CLT-levyjien pintaan. Tarvittava eristeen paksuus on yleensä vähäisempi, koska CLT toimii myös eristeenä. (1.)

Kuvassa 5 erottuvat seuraavat rakenteet vasemmalta oikealle: 240 millimetrin CLT-elementti, koolaukset ja tuuletusväli sekä ulkopintaan tulee julkisivuverhous. Tämän ulkoseinäelementin U-arvo on 0,43 W/m²K. Kuvassa 6 on esitetty rakenteet vasemmalta oikealle: 100 millimetrin CLT-elementti, 160 millimetriä mineraalivillaa ja koolaus sekä kipsilevy. Tämän seinän U-arvo on 0,16 W/m²K. Lisäeristämällä saadaan siis helposti määräysten mukaisesti rankarakenteisen ulkoseinärakenteen U-arvo alle vaaditun 0,17 W/m²K. Vaikka 240 millimetrin CLT ylittää massiivihirsirakenteen U-arvon 0,40 W/m²K, se voidaan kompensoida esimerkiksi paremmalla tiiveydellä. (28.)

CLT-ulkoseinä



US1 Ulkoseinä

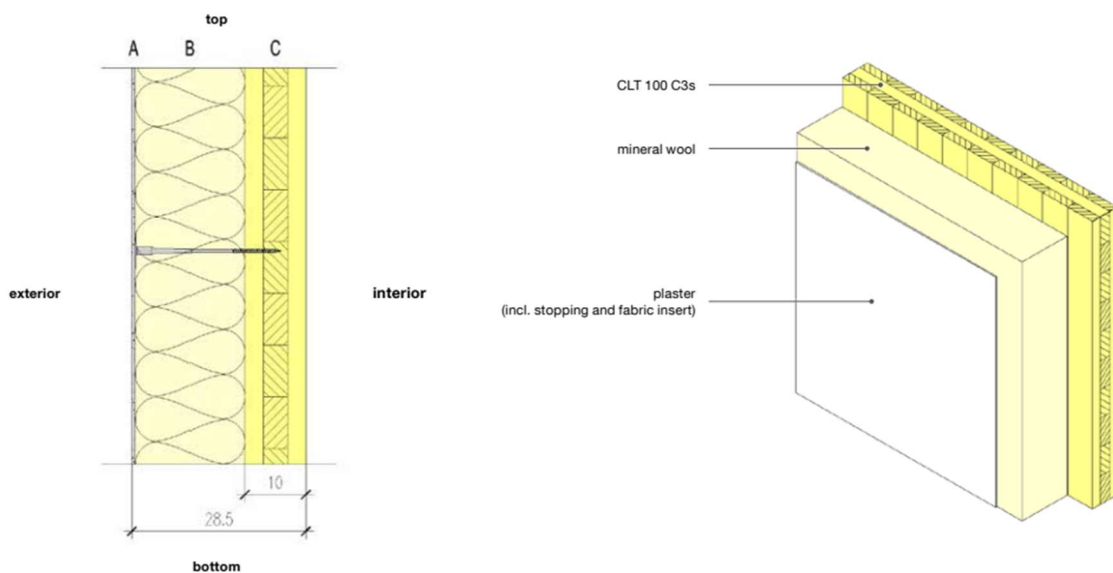
1. Julkisivuverhous
2. Tuuletusväli 2*22 mm (ristikoolaus k600)
3. CLT 240
4. Pintakäsittely työselostuksen mukaan

U-arvo CLT240 => 0,43 W/m²K

REI60

R_w = 46 dB / R_w + C = 43 dB / R_w + C_{tr} = 38 dB

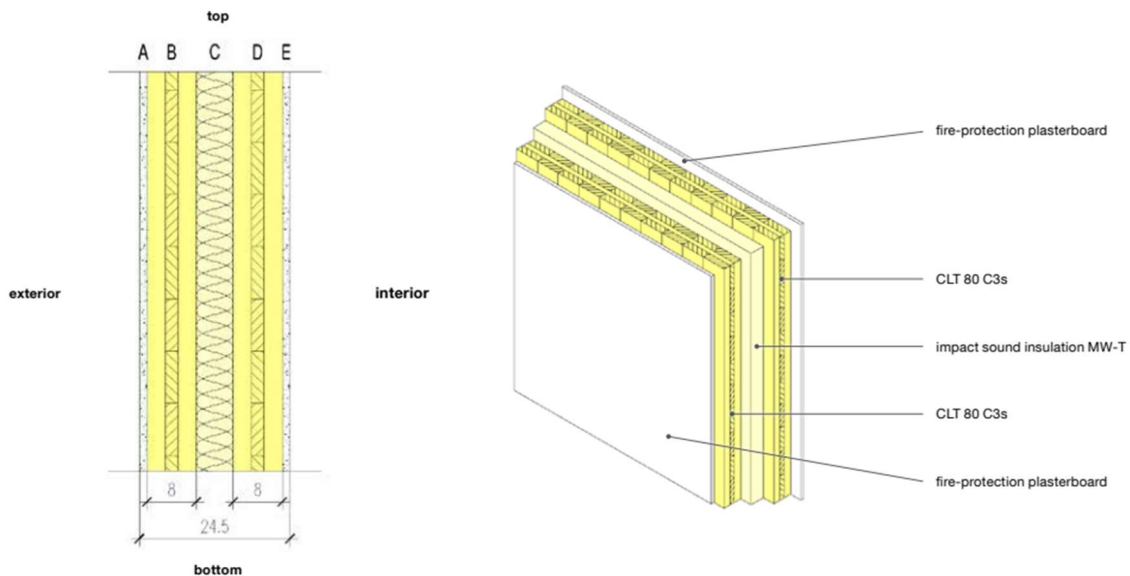
KUVA 5. 240 millimetrin CLT-ulkoseinädetalji (43)



KUVA 6. 100 millimetrin CLT-ulkoseinädetalji (24, s. 52–53)

3.2 Väliseinärakenne

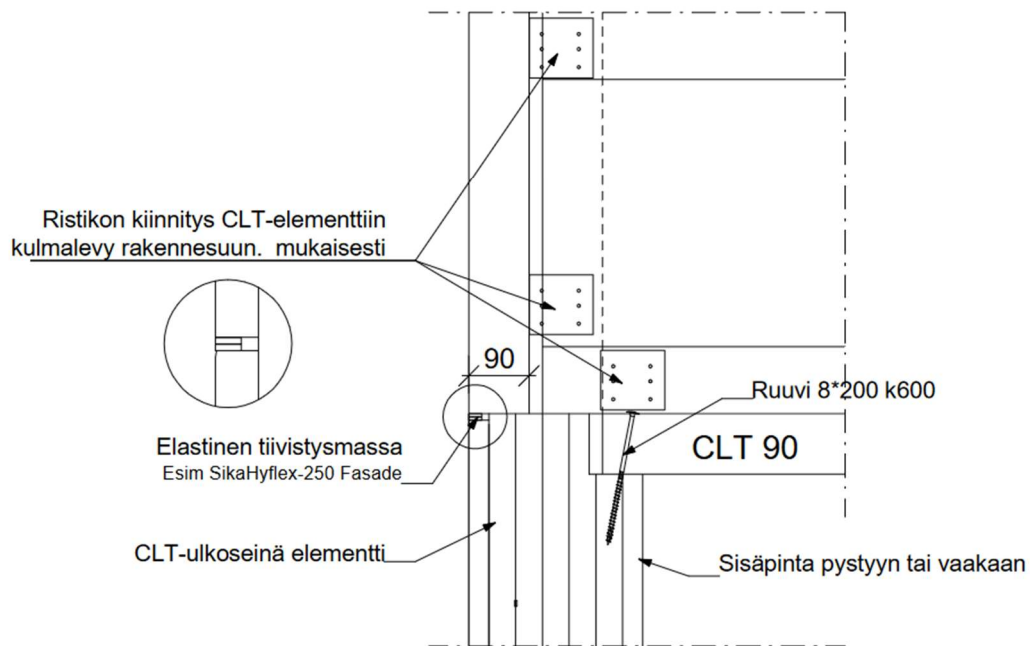
CLT-väliseinät voivat ulkoseinien tavoin olla kantavana rakenteena. Väliseinät voivat jäädä näkyviin sellaisenaan, mikäli ne sijaitsevat kuivassa tilassa eikä palonsuojausta tarvita. Märkätiloissa CLT-rakenteille tulee tehdä määräysten mukaiset kosteuseristeet. Palonkestävyyttä voidaan parantaa kipsilevyllä, mikäli määräykset sen vaativat. CLT-elementeistä voi tehdä huoneistojen väliseinän. Kuitenkaan tällöin CLT ei voi olla pelkästään yksinäisenä rakenteena sen ääneneristävyyden ja palonkestävyyden takia. Kuvassa 7 on malliesimerkki huoneistoväliseinästä, josta erottuu vasemmalta oikealle: palokipsilevy, 80 millimetrin CLT, mineraalivillainen ääneneristelevy, 80 millimetrin CLT ja palokipsilevy. Palonsuojausta ei välttämättä tarvita, mikäli määräykset sen sallivat, mutta yleensä se tulee tehdä. (24, s. 148)



KUVA 7. Huoneistojen väliseinä (24, s. 148)

3.3 Yläpohjarakenne ja sen liitos

CLT-elementtejä voidaan käyttää yläpohjassa esimerkiksi kuvan 8 mukaisesti ja se voi toimia rakennuksen jäykistävänä rakenteena. Ulkoseinäelementtiin tehdään tehtaalla vähintään 110 millimetriä leveä kolo, jotta yläpohjalevyn asentaminen onnistuu helposti. Yläpohjalevy tulee asentaa vähintään 100 millimetriä ulkoseinäelementin reunasta, jotta kantavuus on riittävä. Esimerkissä oleva 90 millimetriä paksu CLT-yläpohjalevy ruuvataan normaalisti 8*200 ruuveilla 600 millimetrin jaolla koko levyn matkalta. (43.)

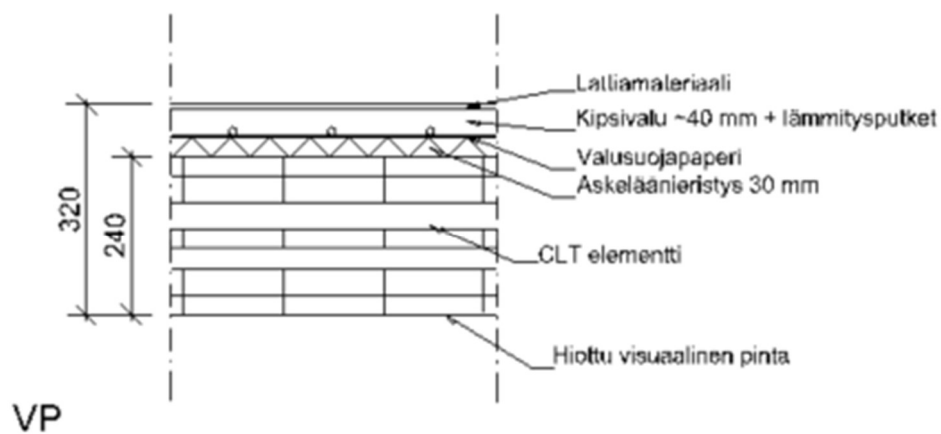


KUVA 8. CLT-yläpohjan liitos ulkoseinään (44, s. 11)

3.4 Välipohjarakenne ja sen liitos

Välipohjassa CLT voi olla paljaana rakenteena, mutta silloin ääneneristävyys on heikkoa sen kevyen rakenteen takia. CLT-elementtien massiivirakenteen ansiosta se voi olla välipohjasakin kantavana rakenteena. Luvussa 2.2.3 lisää ääneneristävyydestä. Kuvassa 9 on esitetty CLT-välipohjarakenne. Sen rakenteet alhaalta ylös ovat: 240 millimetrin CLT, askeläänieriste, valusuojapaperi, 40 millimetriä kipsivalua sekä lattiamateriaali. Kuvan 9 rakenteella varmistetaan, että välipohjassa askeläänieristys on määräysten mukainen. (43.)

CLT-välipohja



1. Lattiapintamateriaali
2. Kipsivalu 40 mm + lämmitysputket
3. valusuojapaperi
4. Askeläänieristys 30 mm
5. Kantava CLT240-2

Äänieristys:

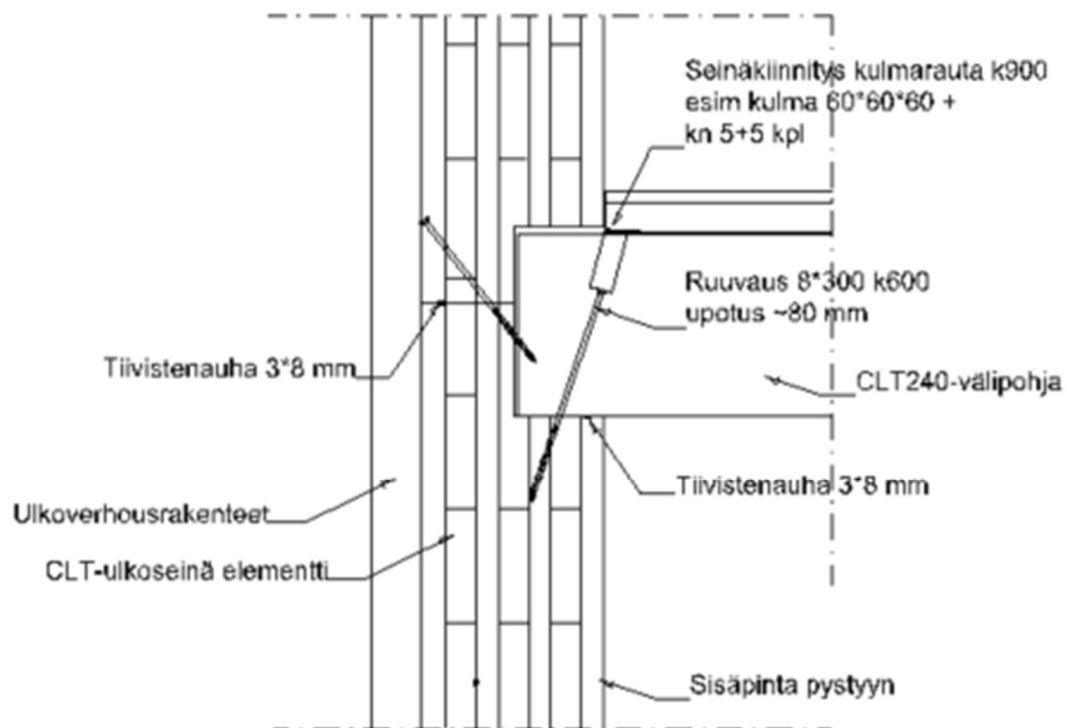
$R_w (C; C_{tr}) = 43 \text{ dB}$

$L_{n,w} (C) = 72 \text{ dB}$

Paloluokka: REI60

KUVA 9. CLT-välipohjarakenne (43)

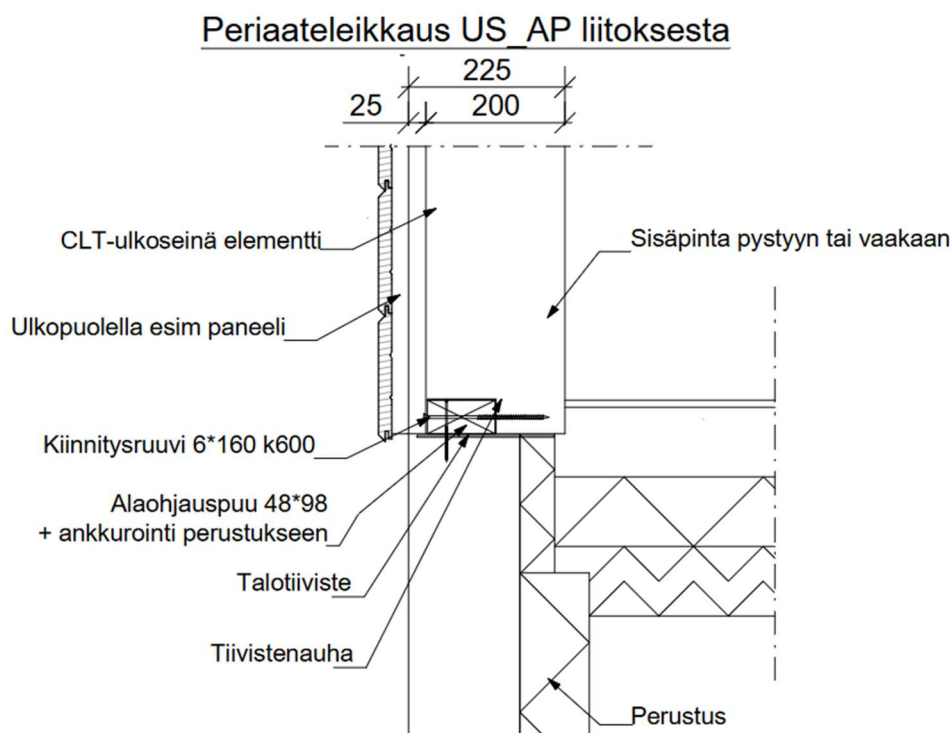
Kuvassa 10 on esitetty periaateleikkaus CLT-välipohjan sekä ulkoseinän liitoksesta. Ulkoseiniin tehdään tehtaalla kolot välipohjaelementtiä varten. Välipohja ruuvataan kiinni ulkoseinäelementtiin välipohjaelementin paksuuden mukaan tarpeeksi vahvalla ruuvilla. Ruuvaus tehdään koko välipohjaelementin matkalta esimerkiksi 600 millimetrin välein. Elementtien väleihin tulee asentaa tiiviste- nauhat ilmanpitävyyden takia. Elementtien asennuksen jälkeen tehdään muut rakenteet. (43.)



KUVA 10. CLT-välipohjan liitos ulkoseinään (43)

3.5 Ulkoseinän liitos perustuksiin

Ulkoseinän liitos perustuksiin tehdään esimerkiksi kuvan 11 mukaisesti. Talon perustusmuuriin asennetaan alaohjauspuu yleensä, 48 millimetriä x 98 millimetriä, kokoinen runkotavara koko perustusmuurin ympäri. Perustusmuurin päälle tulee asentaa talotiiviste, jotta kosteus ei pääse nousemaan perustuksista elementtiin muodostamaan kosteusvaurioita. CLT-elementtiin tehdään alaohjauspuulle kolot tehtaalla. Elementit kiinnitetään alaohjauspuuhun ruuvaamalla, kuten kuvassa 11. Alaohjauspuu voi olla elementin ulkoreunassa, keskellä tai sisäreunassa. (43.)

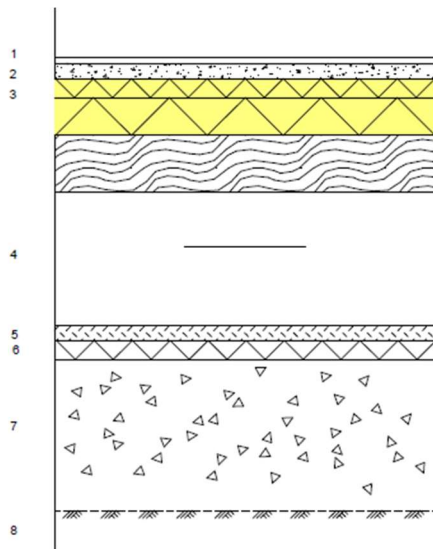


KUVA 11. CLT-ulkoseinän liitos perustuksiin (44, s. 2)

3.6 Alapohjarakenne

Alapohjarakenteet voidaan myös rakentaa CLT-elementtejä käyttäen. Alapohjarakenne voi olla vapaasti tuulettuva, kuten kuvassa 12, tai sitten maanvaraisena, kuten tämän pilottikohteen rakenne, kuva 27. Maanvarainen alapohja on helpompi toteuttaa, minkä vuoksi se valikoitui pilottikohteen rakenteeseen. Pilottikohteen alapohjarakenne esitellään luvussa 4.6. (45.)

Tuulettuvan alapohjan suunnittelu on haastavampaa kuin maanvaraisen rakenteen. Tuulettuvassa rakenteessa perusmaasta nousee kosteutta rakenteisiin. CLT-alapohjan pinta tulee suojata kosteuseristein tai alapohja tulee suunnitella siten, että kosteus poistetaan koneellisesti alapohjasta. Tuulettuvissa alapohjarakenteissa suositellaan asennettavan lämmöneristeet sekä tasausbetoni-laatta. Kun nämä rakenteet toteutetaan, kosteus ei pääse CLT-alapohjasta etenemään. (45.)



Rakenteet ylhäältä alas

U-arvo 0.13 W/(m²K)

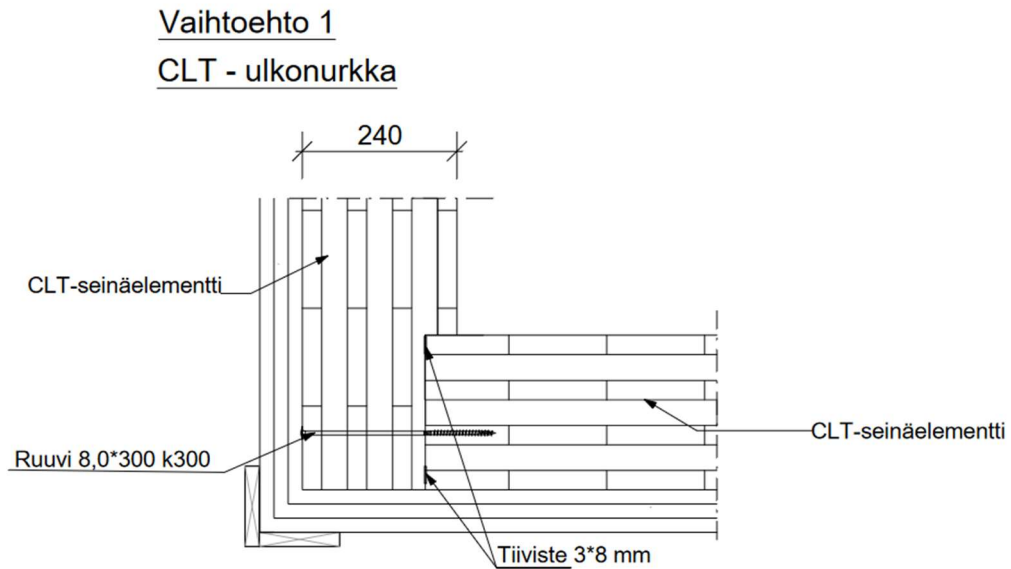
- 1 Lattiamateriaali huoneselostuksen mukaan
- 2 Tasausbetoni 40mm
- 3 Lämmöneriste, FF-PIR 50+100mm
- 4 CLT 150mm
- 5 Tuuletusväli
- 6 Suojahiekka
- 7 Routaeriste FF-FI-300 70mm
- 8 Tiivistetty soratäyttö+kapillaarikatko vähintään 300mm

KUVA 12. Tuulettuva alapohjarakenne CLT-elementeistä

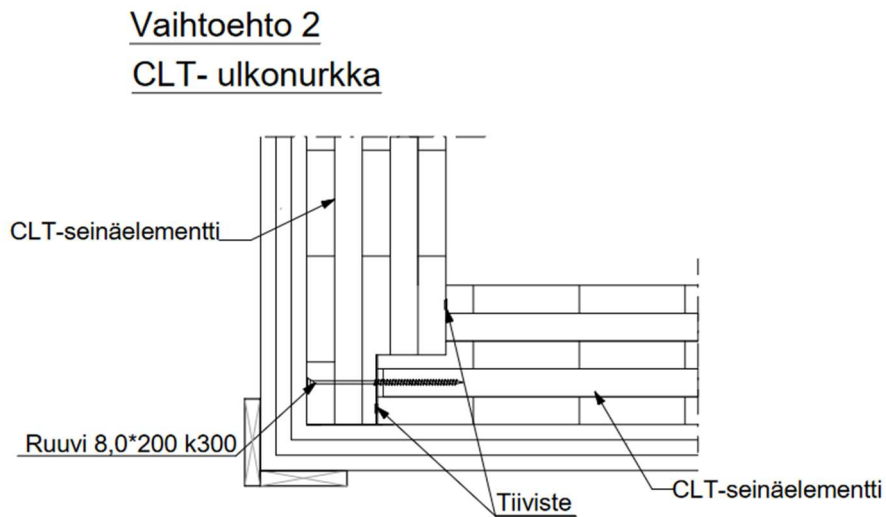
3.7 Ponttiliitos

Pontti tarkoittaa, että elementin reunaan tehdään kolo, johon toinen rakennusmateriaali kiinnitetään tiukasti kiinni. Ponttiliitoksilla varmistetaan, että rakenne on tiivis. Ponttiliitoksiin asennetaan tiivistenauhaa, joka varmistaa, ettei ilma tai ääni ei pääse kulkeutumaan rakennukseen tai rakennuksessa. HOISKO on tutkinut tiivisteiden pitävyyden. Liitoksia voi tehdä esimerkiksi kuvan 12 mukaisesti, eli tekemällä puskusaumaliitokseen 50 millimetrin uran elementtiin, johon toinen elementti asennetaan kiinni. HOISKO:n kokemuksen mukaan puskusaumaliitoksen etu on helppo työstettävyys ja asentaminen. Toinen vaihtoehto on tehdä kuvan 13 mukaisesti puoliponttiliitos. Puoliponttiliitos on esimerkiksi 200 millimetrin paksussa elementissä 100 millimetriä pitkä ja 100 millimetriä leveä. Puoliponttiliitoksessa molemmat elementit pitää työstää tehtaalla, joten puoliponttiliitoksien

takia elementtien valmistus on hieman pidempi prosessi kuin puskusaumaliitoksen. Elementit ruuvataan normaalisti toisiinsa kiinni ulkopuolelta, jolloin ruuvit jäävät piiloon. (43.)



KUVA 12. CLT-ulkoseinän upotusliitos (44, s. 4)

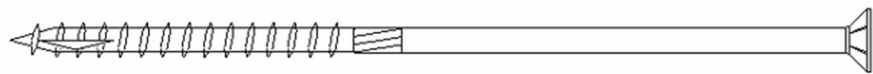


KUVA 13. CLT-ulkoseinän puoliponttiliitos (44, s. 4)

3.8 Ruuvaus

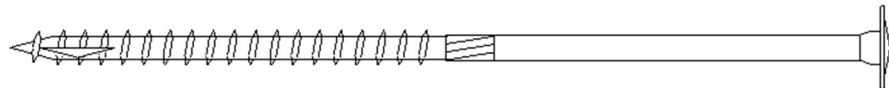
CLT-elementit kiinnitetään toisiinsa ruuvaamalla. On kahdenlaisia ruuveja: uppokanta- ja leveäkantaruuveja. Kuvasta 14 nähdään uppokantaruuvien malli ja kuvasta 15 leveäkantaruuvi. Näiden ruuvien koot, 8*200, ovat vain esimerkkejä, eli niitä on olemassa monenlaisia malleja. Esimerkiksi HOISKO käyttää enimmäkseen uppokantaruuveja. Uppokantaruuvit ovat helpompi piilottaa näkyviltä, mikäli ne tulevat näkyville pinnoille, kuten sisällä olevien väliseinien kiinnitysten takia. Ruuvien kolo voidaan täyttää puunvärisellä massalla, jolloin kolosta tulee visuaalisesti siisti. Leveäkantaruuviä käytetään yhä, mutta se on harvinaisempi. (43.)

HBS 8x200



KUVA 14. Uppokantaruuvi (43)

TBS 8x200



KUVA 15. Leveäkantaruuvi (43)

Näitä kyseisiä ruuveja on esimerkiksi Würth Oy:n sekä Rothoblaas SRL:n tuotevalikoimassa. Nämä kaksi yritystä ovat suurimpia CLT-rakentamisessa käytettävien ruuvien toimittajia. (43.)

Elementtien ruuvit tulee mitoittaa leikkauskuormitukselle RIL 205-1-2017 CLT lisäohjeiden mukaisesti. Standardista saadaan tiedot ruuvien kokojen laskemiseen sekä niiden ruuvausväliille. Ruuvien leikkausmitoitusten tuloksien mukaan valitaan ruuvit valmistajien ilmoittamien kestävyysien mukaan. (46, s. 5–9.)

4 PILOTTIKOHDE JA SEN KOMPONENTTIEN KEHITYS

Luvuissa 4.1–4.9 keskitytään pilottikohteen esittelyyn, rakennesuunnitteluun sekä modulaarisen ylijäämäpalan suunnitteluun. Tähän mennessä ylijäämäpaloja on jatkojalostettu vain muun muassa huonekalujen, portaiden tai lastausalustojen valmistukseen sekä käytetty puuhakkeena kaukolämmitykseen. Tämä kohde on luultavasti ensimmäisiä Suomessa sekä ulkomailla.

Tämän työn pilottikohde ja sen komponenttien kehitys jätetään pois tilaajan toiveen mukaisesti. Luku 4 kokonaisuudessaan löytyy liitteestä 11 ja liite on salattu.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella 2-kerroksinen asuintalo CLT-elementeistä käyttämällä tuotannosta syntyviä ylijäämäpaloja. Työssä keskityttiin enimmäkseen CLT-elementtien ominaisuuksiin, niiden liitoksiin sekä rakennesuunnitelmiin. Ylijäämäpaloista tuli laatia detaljit ja suunnitelmat tuotantoa varten.

Ympäristöystävällisyys on nykyään huomioitava otettava asia. CLT itsessään on jo ekologinen rakennusmateriaali ja se toimii hiilinieluna. Tässä työssä esitelty modulaarinen aukkopala lisää entisestään CLT-elementtien ekologisuutta, koska näitä ylijäämiä ei ole aiemmin pystytty hyödyntämään. Suunnittelun tuloksena muodostunut ylijäämäpala on yksinkertainen valmistaa ja rakentaa ponttirakenteen ansiosta. Tuotteista voidaan tarvittaessa valmistaa mahdollisuuksien mukaan lähes minkä kokoisia elementtejä vaan, asiakkaan toiveet huomioiden. Tuotannon yksinkertaistamiseksi nyt suunniteltiin yksi modulaarinen koko, jota lähdetään valmistamaan.

Jotta varmistutaan siitä, miten ylijäämäpalat kannattaa asentaa paikalleen, tulee tätä kohdetta rakentaessa tutkia, onko järkevämpää liittää elementit jo maassa tai tehtaalla paikalleen vai vasta työmaalla elementtejä pystyttäessä. Näiden kahden välistä rakentamisaikaa testataan ja sen jälkeen voidaan vasta todeta, kumpi on järkevämpi tapa.

Myöskään kohteen kustannuslaskentaan ei tässä opinnäytetyössä keskitytty. Jatkoa varten on kuitenkin tärkeää tutkia, kuinka paljon rakentamisen kustannukset aukkopaloista eroavat, kun käytetään aukkopaloja verrattuna kokonaisten elementtien käyttämiseen. Koska tuotanto on hitaampaa, on väistämättä hieman kalliimpaa valmistaa ja rakentaa näistä ylijäämäpalasista. Tämän takia elementeille oli tarkoitus suunnitella mahdollisimman yksinkertaisia rakenteita, jotta kustannuseroa saataisiin mahdollisimman paljon pienennettyä. Koska nämä palaset ovat tuotannon ylijäämiä, on niiden käyttö ympäristöystävällistä, jonka vuoksi niitä tulisikin jatkossa hyödyntää useissa projekteissa.

Kohteen rakennetekninen suunnittelu oli melko haastavaa, koska elementtien ilmantiiveys ja kestävyys tulisi tutkia myös käytännössä, eikä siihen ollut nyt mahdollisuutta. Yhtään ylimääräistä ilmaa ei saa päästä rakennukseen liitoksista, jonka vuoksi modulaarisiin aukkopalasiin suunniteltiin kaksi erilaista työstöä. Ensimmäiseen rakenteeseen tehdään kolot, joihin asennetaan tiivisteet

sekä sahatavara, johon palaset ruuvataan kiinni. Toiseen rakenteeseen tehdään vain ponttikolo, johon laitetaan tiivisteet ja ne sitten ruuvataan toisiinsa kiinni pontteihin. Teoriassa näin ei pitäisi päästä ilmaa rakennukseen. HOISKO käyttää tälläkin hetkellä samaa tiivistettä elementtien liitoksissa.

Rakenteiden mitoittamisessa huomattiin, että on yksinkertaisempaa rakentaa vain pystyrakenteita modulaarisista aukkopalasista. Vaakarakenteisiin kohdistuu liikaa kuormia, joten liitoksiin tulisi suunnitella lisäksi ruuvilevyt, jotka kannattelevat rakennetta. Jokainen liitos tulisi laskea erikseen ja varmistua siitä, että rakenteet varmasti kestävät. Nämä liitokset tulisi testata myös käytännössä, eikä siihen ollut mahdollisuutta, joten tällä hetkellä on vain järkevämpi toteuttaa pystyrakenteita yksinkertaisuuden vuoksi.

Jatkossa siis tulisi tutkia rakenteiden kestävyys liitosten osalta sekä niiden ilmantiiveys. Kustannuslaskentaan pitää kiinnittää huomiota kohdetta rakentaessa, jotta saadaan varmuus siitä kuinka paljon aukkopalasista rakennettu rakennus maksaa verrattuna kokonaisista elementeistä rakennettuun rakennukseen. Näin on helpompi myydä rakennuksia tulevaisuudessa, kun tiedetään tarkka hinta tuotteille.

LÄHTEET

1. Puuinfo 2020. Monikerroslevy (CLT). Hakupäivä 10.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/in-sinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>.
2. CLT Finland Oy 2016. Hakupäivä 27.1.2023. <https://hoisko.fi/hoisko/yritystarina/>.
3. CLT Finland Oy 2022. HOISKO CLT-elementin tekniset ominaisuudet. Hakupäivä 10.9.2022. <https://hoisko.fi/clt/tekniset-ominaisuudet/>.
4. CLT Finland Oy 2022. HOISKO CLT levyn perustiedot. 2018. Hakupäivä 11.9.2022. https://hoisko.fi/wp-content/uploads/2020/07/Hoisko-CLT-levyn-perustiedot-6_18.pdf.
5. Oy CrossLam Kuhmo Ltd 2022. Crosslam CLT-suunnitteluohje. Hakupäivä 14.9.2022. <https://crosslam.fi/wp-content/uploads/2022/10/clt-suunnittelun-ohje.pdf>.
6. CLT Finland Oy 2021. Liima tekee CLT:stä vahvan, kauniin ja tiiviin rakenteen. Hakupäivä 14.9.2022. <https://hoisko.fi/2021/01/18/liima-tekee-cltsta-vahvan-kauniin-ja-tiiviin-rakenteen/>.
7. Oy Crosslam Kuhmo Ltd 2020. Syrjäliimaamaton CLT – paras Suomen olosuhteisiin. Hakupäivä 14.9.2022. <https://www.crosslam.fi/uutiset/uutiset/syrjaliimaamaton-clt-paras-suomen-olosuhteisiin.html>.
8. Skogstad, Hans Boye & Gullbrekken, Lars & Kristine Nore 2011. Air leakages through cross laminated timber (CLT) constructions. SINTEF. Hakupäivä 30.1.2023. https://www.treteknisk.no/resources/filer/publications/Air_leakages_in_cross_laminated_timber_constructions_28022011_docx_xy7tg.pdf.
9. CLT Finland Oy 2022. Tuotanto. Hakupäivä 21.9.2022. <https://hoisko.fi/clt/clt-tuotanto-clt-tehdas/>.
10. CLT Finland Oy 2022. Plaanaus parantaa maalin tarttuvuutta – HOISKO CLT kehitti eri-koishöyläyksen ulkopintoja varten. Hakupäivä 14.9.2022. <https://hoisko.fi/2022/06/21/plaanaus-parantaa-maalin-tarttuvuutta-hoisko-clt-kehitti-eri-koishoylayksen-ulkopintoja-varten/>.
11. Puuinfo 2020. Pintakäsittely ulkona. Hakupäivä 14.9.2022. <https://puuinfo.fi/puupinnat/pintakasittely-ulkona/>.
12. Puuinfo 2020. Pintakäsittely sisätiloissa. Hakupäivä 14.9.2022. <https://puuinfo.fi/puupinnat/puun-pintakasittelyt/>.
13. Puuinfo 2020. Yleisimmät rakennejärjestelmät. Hakupäivä 18.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/>.

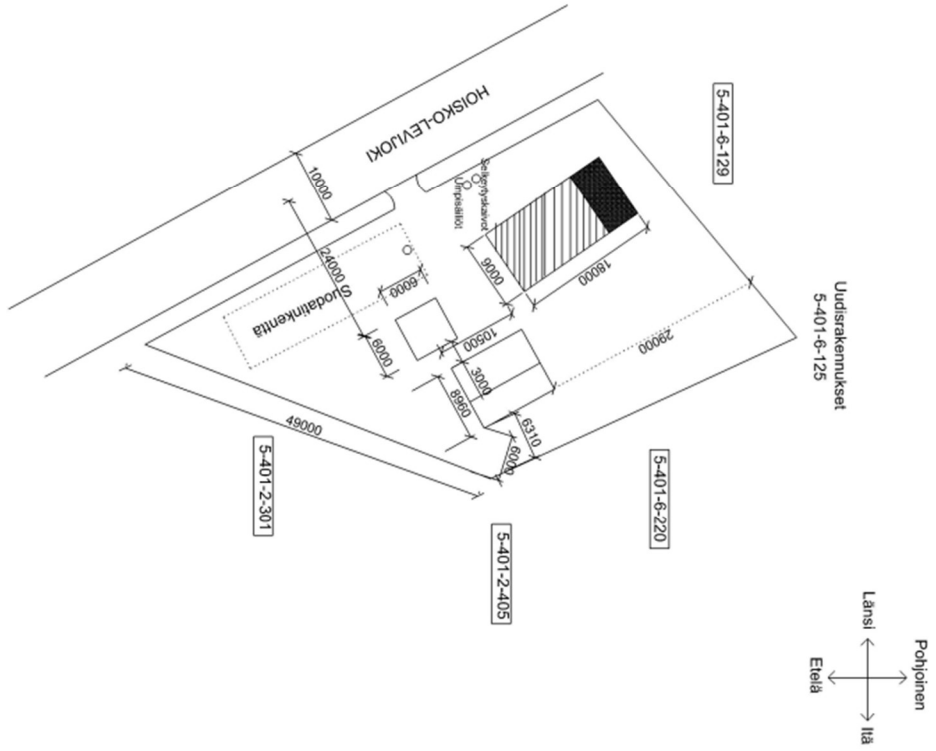
14. Oy CrossLam Kuhmo Ltd 2015. Tuoteominaisuudet. Hakupäivä 18.9.2022. <https://crosslam.fi/wp-content/uploads/2022/10/tuoteominaisuudet.pdf>.
15. Betoni 2015. Raskasta asiaa betonista – Raskasbetoni. Hakupäivä 18.8.2022. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/08/BET1502_74-77.pdf.
16. Poikajärvi, Miika 2017. Puurakentamisen uusi aika – hybridirakenteet. Lapin ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 18.9.2022. <https://www.lapinamk.fi/fi/loader.aspx?id=eb8d1263-6c6b-42ab-abfe-d61fa3861458>.
17. Puuinfo 2020. 10 - Puurakenteiden palomitoitus. Hakupäivä 18.9.2022. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/10-Puurakenteiden-palomitoitus.pdf>.
18. Stora Enso Oy 2022. CLT by Stora Enso Technical brochure. Hakupäivä 18.9.2022. <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/clt-by-stora-enso-technical-brochure-en.pdf>.
19. CLT Finland Oy 2020. HOISKO CLT -elementin suojaukselle sertifiointi. Hakupäivä 18.9.2022. <https://hoisko.fi/2020/10/26/hoisko-clt-elementin-palosuojaukselle-sertifiointi/>.
20. Puuinfo 2021. Paloturvallinen puutalo. Hakupäivä 18.9.2022. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/05/Palokirja_netti_kokonainen.pdf.
21. Puuinfo 2020. Puu sisäilman kosteuden tasaajana. Hakupäivä 20.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/puu-sisailman-kosteuden-tasaajana/>.
22. Puuinfo 2020. Hengittävä rakenne. Hakupäivä 20.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/hengittava-rakenne/>.
23. Oy CrossLam Kuhmo Ltd 2022. CLT-levyn tekniset tiedot. Hakupäivä 20.9.2022. <https://www.crosslam.fi/tuotteet/tekniset-tiedot.html>.
24. Stora Enso Oy 2021. CLT by Stora Enso Building physics. Hakupäivä 20.9.2022. <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-specifications/wood-products/clt-technical/clt-by-stora-enso-technical-documentation---building-physics--2021-9-en.pdf>.
25. Puuinfo 2020. Puun kosteuskäyttäytyminen. Hakupäivä 20.9.2022. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/tekniset-tiedotteet/puun-kosteuskayttaytyminen/>.
26. Puuinfo 2020. Lämpötekniisiä ominaisuuksia. Hakupäivä 27.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lampoteknisia-ominaisuuksia/>.
27. Stora Enso 2016. Stora Enso CLT. Hakupäivä 27.9.2022. https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/clt-imagebrochure_final-2016-04-25_fi-web.pdf.

28. VNa 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Hakupäivä 27.9.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.
29. Puuinfo 2020. Puupintojen vaikutukset lämmöntasaajana. Hakupäivä 27.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/puupintojen-vaikutukset-lammonta-saajana-tutkimustuloksia/>.
30. Puuinfo 2021. Ääneneristys puutalossa. Hakupäivä 27.9.2022. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/05/Aanikirja_kokonainen-1.pdf.
31. Vna 796/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Hakupäivä 27.9.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>.
32. Puuinfo 2020. Ääneneristys. Hakupäivä 27.9.2022. <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/aaneneristys/>.
33. Stora Enso 2020. Soundproofing for CLT by Stora Enso. Hakupäivä 27.9.2022. <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-specifications/wood-products/clt-technical/soundproofing/soundproofing-for-clt-by-storaenso-en.pdf>.
34. Karelia 2022. Ympäristövaikutukset. Hakupäivä 16.9.2022. <https://rakentaminen.karelia.fi/ymparistovaikutukset/>.
35. Rakennusteollisuus RT ry 2020. Leijonanosa rakennetun ympäristön päästöistä aiheutuu kiinteistöjen lämmityksestä. Hakupäivä 16.9.2022. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajan-kohtaista/Tiedotteet1/2020/leijonanosa-rakennetun-ympariston-paastoista-aiheutuu-kiinteistojen-lammityksesta/>.
36. Palomäki, Virpi 2018. Vertailututkimus CLT-rakenteisen talon ulkoseinien hiilijalanjäljen muodostumisesta. Hakupäivä 28.9.2022. <https://hoisko.fi/wp-content/uploads/2020/09/Hoisko-hiilijalani%C3%A4kilaskenta-raportti-2018-marraskuu-1.pdf>.
37. Puuinfo 2020. Puurakenteissa hiili säilyy pitkään. Hakupäivä 27.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/puurakenteissa-hiili-sailyy-pitkaan/>.
38. Puuinfo 2020. Puun käytön ympäristövaikutukset. Hakupäivä 14.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/puuhun-sitoutuu-hiilta/>.
39. CLT Finland Oy 2022. HOISKO CLT:n hiilivarastot ja hiilijalanjälki. Hakupäivä 14.9.2022. <https://hoisko.fi/laatu-ja-ymparisto/ymparisto/>.
40. Puuinfo 2020. Puuston kasvu ja käyttö. Hakupäivä 16.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/suomen-metsat-2/puuston-kasvu-ja-kaytto/>.

41. Puuinfo 2020. Kestävä metsänhoito. Hakupäivä 26.9.2022. <https://puuinfo.fi/puutieto/suomen-metsat-2/kestava-metsanhoito/>.
42. Ahoranta, Tytti & Alakunnas, Tuomas, Autioniemi & Juha & Niemelä, Antti & Peisa, Kari & Pirttinen, Valtteri & Vatanen, Mikko 2016. CLT-koetalon rakennusfysikaaliset tutkimukset. Teoksessa Pirttinen, Valtteri (toim.). Lapin Ammattikorkeakoulu. Sarja B. Raportit ja selvitykset 11/2016. Hakupäivä 29.9.2022. <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=4fb70156-2bf1-49af-b466-acef959ba4b9>.
43. Yli-Sissala, Matti 2022. Vanhempi rakennesuunnittelija. CLT Finland Oy 2022.
44. CLT Finland Oy 2021. Vakiorakennedetailit. Hakupäivä 29.9.2022. https://hoisko.fi/wp-content/uploads/2021/12/HOISKO_CLT_Vakiorakennedetailit12_2021.pdf.
45. Puuinfo 2020. Rakennusosissa huomioitavia pääasiallisia seikkoja. Hakupäivä 27.1.2023. <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/rakennusosissa-huomioitavia-paaasiallisia-seikkoja/>.
46. RIL 205-1-2017 lisäohjeet. CrossLam Kuhmo CLT. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, Hakupäivä 30.9.2022. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/RIL-205-1-2017-CrossLam-Kuhmo-CLT-lis%C3%A4ohjeet-5-12-2017.pdf>.
47. Puuinfo 2020. Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje. Hakupäivä 30.9.2022. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Eurokoodi-5-Lyhennetty-suunnitteluohje-5.-PAINOS-2020-P%C3%84IVITYS-22.7.-web.pdf>.
48. SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardisoimisliitto SFS.
49. Puuinfo 2020. Vaatimustenmukaisuuden osoitus. Hakupäivä 27.1.2023. <https://puuinfo.fi/rakenteet/pilari-palkkirakenteet/vaatimustenmukaisuuden-osoittaminen/>.

LIITTEET

- Liite 1 Asemapiirustus
- Liite 2 Pohjapiirustus 1. krs.
- Liite 3 Pohjapiirustus 2. krs.
- Liite 4 Pohjapiirustus autokatos
- Liite 5 Leikkauspiirustus A-A
- Liite 6 Leikkauspiirustus B-B
- Liite 7 Julkisivu koilliseen
- Liite 8 Julkisivu kaakkoon
- Liite 9 Julkisivu lounaaseen
- Liite 10 Julkisivu luoteeseen
- Liite 11 4 Pilottikohde ja sen komponenttien kehitys (salattu)



Tontin maapinta-ala 0,2150 ha
Vientitointi olemassa oleva järjestelmä /suodatinkenttä
Kaapelointi olemassa oleva
Et rakennuksen sijoittamiseen vaikuttavia kaapelikanavia tai voimajohtoja
Lämmitysjärjestelmä ilma-vesi lämpöpumppu

Talusrakennus 36 m² → Kattokaltevuuden muutos
Talusrakennuksessa sähkö, ei tulisijaa

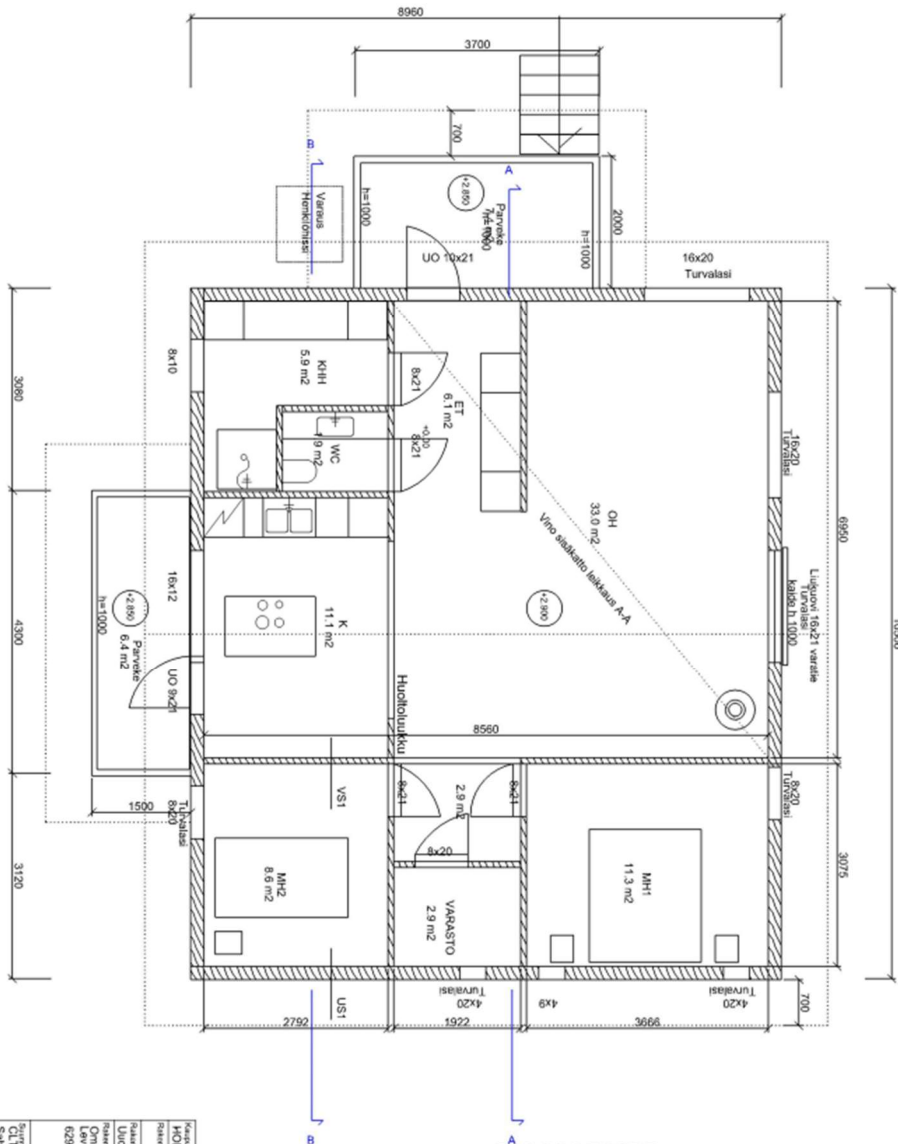
Uudisrakennus Asuinpinta-ala 86 m²

Purettava osa vanhaa rakennusta

Pysyvä asunto-osa/Asuinsoikeus
AS 2 Puretaan asuinsoikeuden päättyttyä

Kaupunginosa/kylä HOISKO	Korttelin KAINALO	Tontin/osa 5-401-6-125	Viranomaisen merkintä
Rakennuksen numero/Rakennusnumeri			
Rakennusmenetelmä Uudisrakennus	Prinssi/kuja Pääpiirustus	Julkisen maan 2	
Rakennuskohde Omakotitalo	Prinssin selitys Asennapiirustus	Mittakaava 1:100	
Levyjenlehti 62340 Hoisko	Tontin maapinta-ala 0,2150 ha		
Suunnittelija/työryhmä/jos, soita ja puhelinnumero Jukka Peltoakangas p.044-3518641	Tyypinumero Prinssi/kuja ID	Muutos	
Levyjenlehti Jukka Peltoakangas@hoisko.fi			
Vastuutalon suunnittelija, nimi, sähkö, sähköpöytä ja päiväys Jukka Peltoakangas ins.YAMK	Suunnittelija ARK	Teoksen nimi	
	10.9.2022		

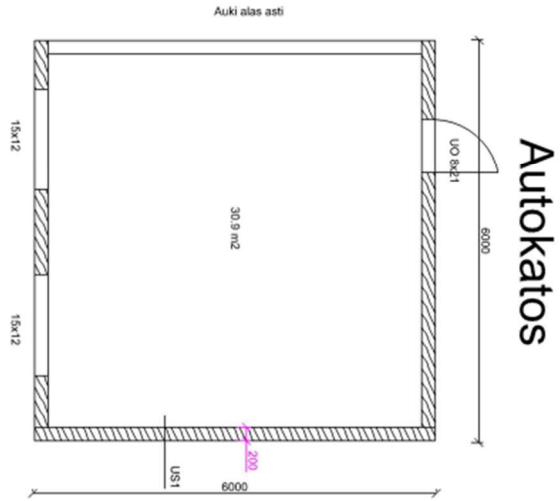
2 krs.



Kerrosalvalla 84 m²
 Huoneistoala 87 m²
 Kokonaisala 146 m²
 Palokulke p3 CLT 200 EI 120
 Palokäytävä julkaiseen huoneeseen
 Maalämpö
 Sähkö
 Verrattorin liitännän olemassa olevaan järjestelmään
 Vesi lämpövesi vesihuolto
 Verrattorin liitännän olemassa olevaan järjestelmään
 Kosteus lämpö (2000) silloinpuolesta 100mm Turvalasi

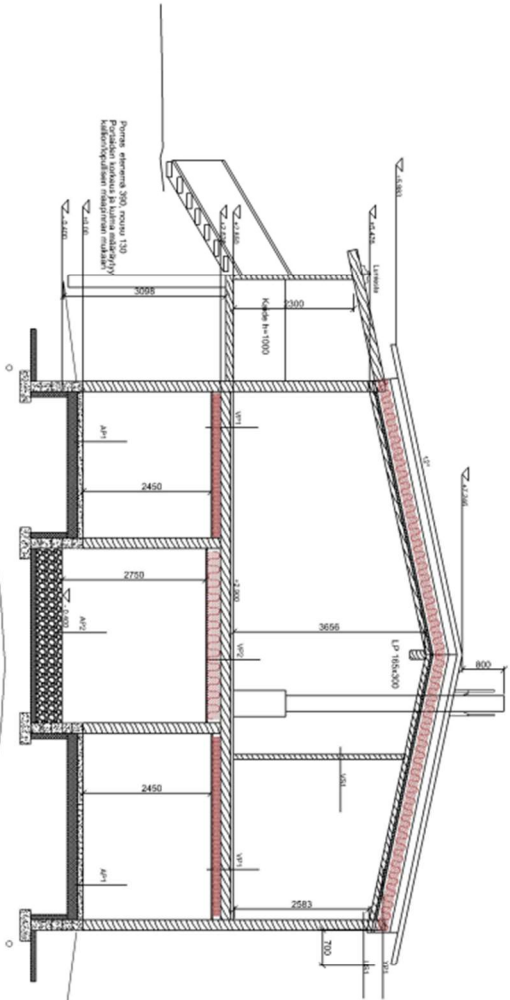
Kaivopuolesta/VA	Kohde/TM	Tontinno	Vierokortin nro/tili
HOISKO	KANALLO	E-401-6-125	
Rakennuksen nime/ohjeistaminen			
Rakennustyyppi		Rakennus	Julkaisu nro
Uudisrakennus			
Rakennusvaihe		Perustusten sattu	Muutos
Omakotialue		Polyperustus 2 krs.	1:50
Luvonnumero			
62940 HOISKO			
Suojatiedot/ohjeistus/ muu tieto/ sattu/ perustaminen			
CLT Finland Oy	62480 Hoisko	Työntekijä	Perustusten O
Suopuolku 49	0445451596	huomas koukkaari@hoisko.fi	Muutos
Vastuuhenkilö/ suunnittelija/ nimi/ tunti/ aikaväli/ ja päiväys			
Jukka Peltola/arkas ins. YAMK	10.9.2022	Suunnittelija	Tarkastus/ark

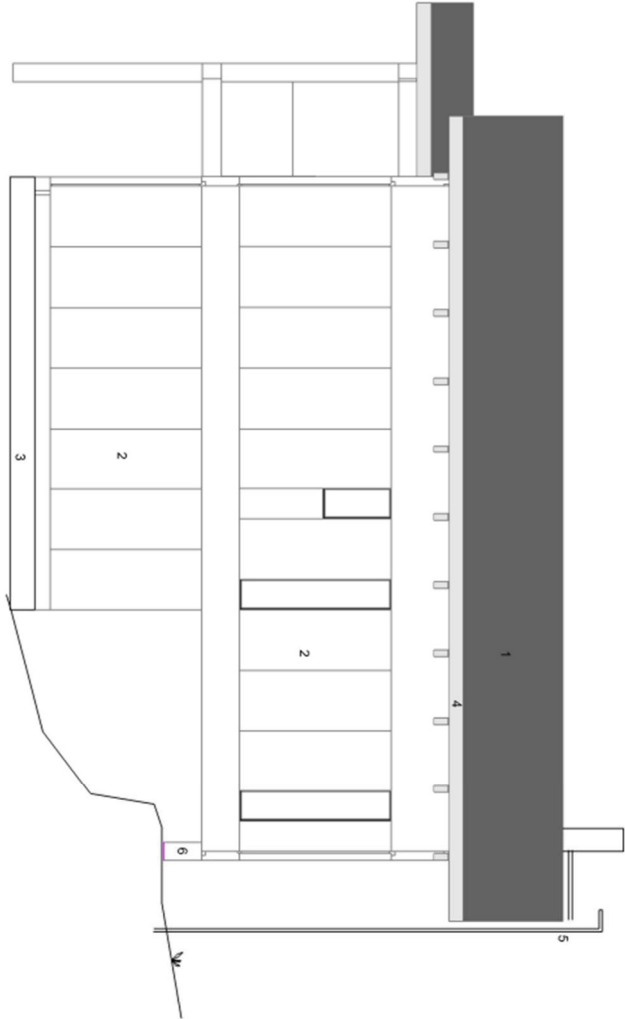
ARK



Kaupunginosa/osa	Kohde/Tila	Työnumero	Vieremäiden rekisteri
Rakennus- ja ympäristövirasto	44	44	
Tuomionmyyjä	Uudistaminen	Perustaminen	Asennus
Uudistaminen	Uudistaminen	Perustaminen	Asennus
Autokatos	Autokatot	Perustaminen	Asennus
62940 Helsinki	62940 Helsinki	Perustaminen	Asennus
Perustaminen	Perustaminen	Perustaminen	Asennus
CLT Finland Oy	62940 Helsinki	Perustaminen	Asennus
Sahapöytä 49	0445451088 tuomas.koukkanen@helsinki.fi	Perustaminen	Asennus
Yhteystiedot	0445451088 tuomas.koukkanen@helsinki.fi	Perustaminen	Asennus
Yhteystiedot	0445451088 tuomas.koukkanen@helsinki.fi	Perustaminen	Asennus
Julkaisija	10.9.2022	ARK	ARK

Leikkaus A-A



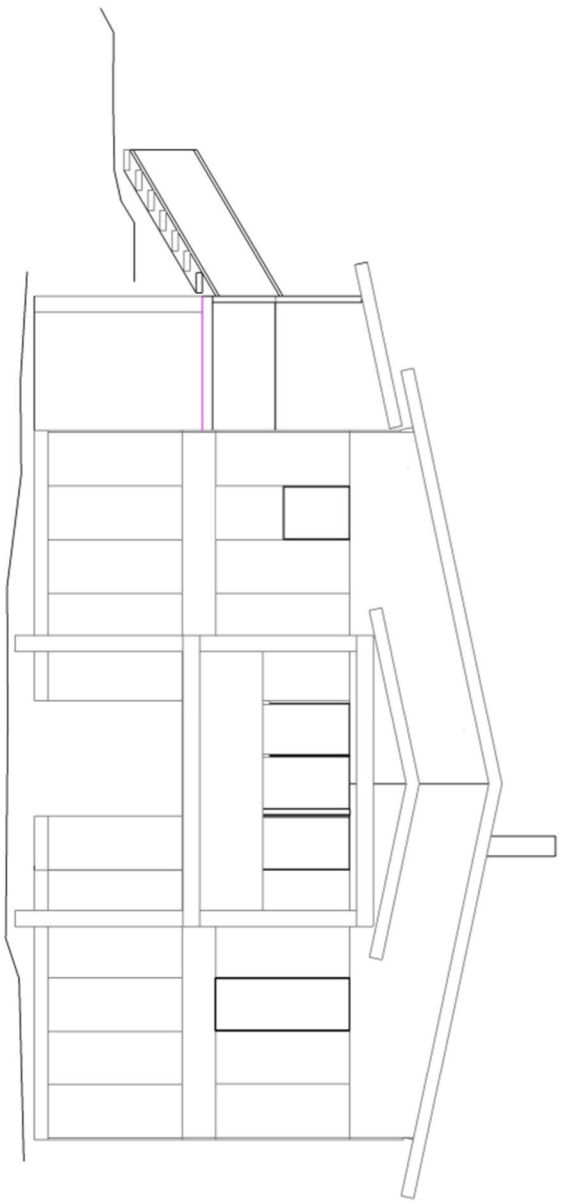


- JULKISIVUMATERIAALI:**
1. Palkkate muusta
 2. Massiivipu hammasta
 3. Sockkeli Betoni tai harkko betolettu, maalattu, musta
 4. Kourut, Sinkity ja maalattu, pelti, valkoinen
 5. Kattoturvateot Sinkity, maalattu, kanteen säily
 6. Pilahti, teräs tai betoni, sockkeliin säily

Julkisivu kaakkoon

Kaupunginosa/Kylä HOISKO	Korttel/Tila KAINALO	Tontti/Tervo 6-401-6-125	Vierasmateriaali merkintä	
Raamituksen numero/Raamitusnumero				
Rakennuslupa- ja Uudisrakennus	Perustustyyppi Pääpilustus	Julkisivu ero 2		
Rakennusvaihe Oma- ja Yhteisöllinen 62340 HOISKO	Perustuksen sisältö Julkisivu Kaakkoon	Mittakaava 1:50		
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero GLT Finland Oy 62490 Hoisko Sahlipolku 49 0445451586 luomas.koukkan@hoisko.fi		Työnumero	Perustakseen ID	Muutos
Vastuullisen suunnittelijan nimi, sähkö- sähköpostia ja sähköpostiosoite Jukka Penttängas ins.YAMIK		Suunnittelija ARK	Todoston nimi	
10.9.2022				

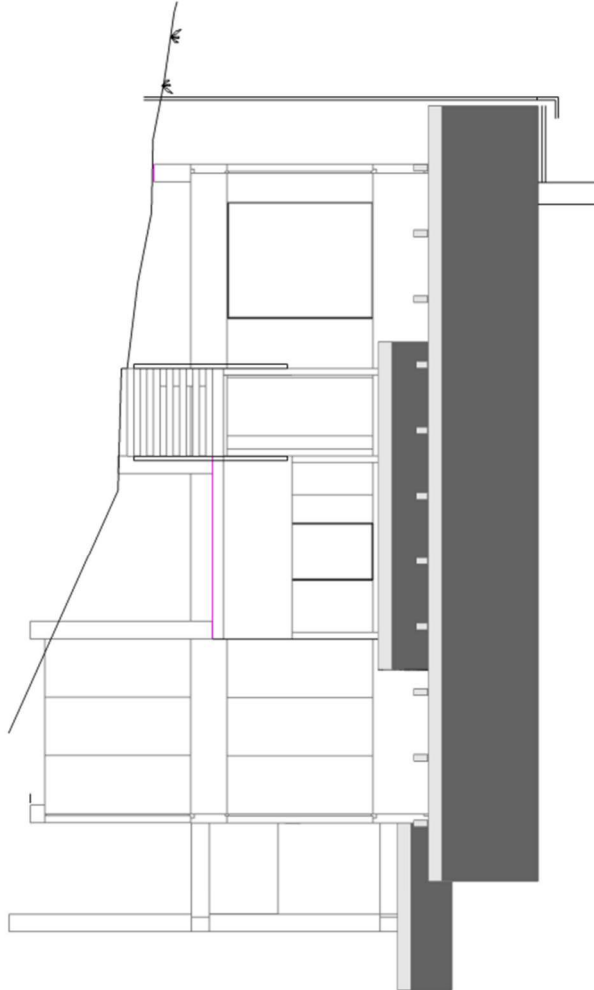
JULKISIVU LOUNAASEEN



Julkisivu lounaseen

- JULKISIVUMATERIAALI:
1. Peltikato mitalia
 2. Massaliipuu harmea
 3. Sokkeli Betonit tai harikko tasotehu, maalattu, musta
 4. Kourut, Sinkit ja maastu pelti, valkoinen
 5. Kattolatuvalut Sinkit, maalattu, keltaisen säily
 6. Pihnti, teräs tai betonit, sokkelein säily

Kaivonnoykyys	Kotipaikka	Tonttikko	Vuokruksen merkitys
HOISKO	KAINALO	5-4401-6-125	
Rakennuksen numero/tilanumero			
Rakennustyyppi	Privaattit		Julkisen vi
Uudistamistil	Pääntuutus		Määrä 2
Rakennuksen	Privaatin nimi	Julkisivu lounaseen	Määrä 1:50
Omitteillio			
Leveysaste 44			
62340	Hosko		
Yhteystiedot/kohteeseen jätettävä osoite ja yhteyshenkilö		Yhteyshenkilö	Privaatin ID
O.L.T Finland Oy		624801 Hosko	Muutos
Sahipolku 49		04454515986	huomas.koukkan@hoisko.fi
Vastausten suunnittelijaksi, laatu, esteettisyys ja jaksitys			
Julkisen Peuhkangas Ins. YAMK	10.9.2022	ARK	Todoston nimi



Julkisivu luoteeseen

Kaunokirjoitus/aihe	Korttelin/ta	Tonttityo	Vierasmastin merkinta	
HOISKO	KAINALO	5-401-6-125		
Rakennuksen numero/Selitysmuunnos				
Rakennusluokitus	Uudisrakennus	Puustajali	Pääpiirustus	Juokseva no
Rakennusala	62940 Holsko	Puustuksen esite	Julkisivu luoteeseen	Mittakaava
Omakotiala	62940 Holsko			1:50
Maastotila	62940 Holsko			
Suunnittelija/Arkkitehtitoimisto, osoite ja puhelinnumero				
O.T.T. Finland Oy 62400 Holsko				
Sahapolku 49 0445451586 luomas.koukkari@holsko.fi				
Vastuuhenkilö/kuvaaja: nimi, toiminta, allekirjoitus ja painaja				
Jukka Peltoniemi/Ins.YAMK	10.9.2022	Suunnittelija	ARK	Tekijän nimi
		Työnumero	Puustuksen ID	Muutos

