

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutus

Jaakko Haverinen

CLT-ELEMENTTIASENNUKSEN TYÖTEKNINEN TOTEUTUS

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2020**  
**Rakennustekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Jaakko Haverinen

Nimeke  
CLT-elementtiasennuksen työtekeminen toteutus

Toimeksiantaja  
Kesälahden Rakennus Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja seurattiin Lieksaan rakenteilla olevan Kuhmonkadun koulukampuksen työmaalla CLT-elementtiasennuksen läpivientiä. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kesälahden Rakennus Oy, joka toimii kyseisessä hankkeessa pääurakoitsijana.

Tarkoituksena opinnäytetyössä oli saada CLT-elementtiasennus toimimaan jouhevasti työmaalogistiikan, välivarastoinnin sekä asennustyön kannalta. Tämän lisäksi työssä keskityttiin työnaikaiseen kosteudenhallintaan ja kosteusturvalliseen varastointiin työmaalla sekä työturvallisuuteen asennustyön aikana.

Elementtiasennus jaettiin työsuunnitelmaa tehdessä kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin normaalit elementtiasennus- ja nostotyöt koko rakennuksen kattavan sääsuojan alla. Toisessa vaiheessa HIAB-autoa ruvettiin ajamaan rakennuksen sisältä ulos nostoen runkorakenteita sitä mukaa pystyyn.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin valmis työsuunnitelma, jolla elementtiasennus on mahdollista toteuttaa. Lisäksi onnistunut elementtiasennus saatiin raportoitua opinnäytetyöhön. Tätä työtä voidaan jatkossa käyttää asennusohjeena myös tulevilla työmailla elementtiasennuksessa sekä CLT-elementtirakentamisen referenssinä Kuhmonkadun koulukampukselta.

Kieli  
suomi

Sivuja 55  
Liitteet 5  
Liitesivumäärä 12

**Asiasanat**

CLT, elementti, varastointi, sääsuoja



**THESIS**  
**May 2020**  
**Degree Programme in Construction**  
**Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author  
Jaakko Haverinen

Title  
Work Technique of CLT Element Installation

Commissioned by  
Kesälahden Rakennus Oy

**Abstract**

In this thesis the CLT-element installation was planned and monitored at the Kuhmonkatu school campus under construction in Lieksa. This thesis was commissioned by Kesälahden Rakennus Oy, the main contractor in the project.

The purpose of the thesis was to make the CLT-element installation work smoothly in terms of site logistics, worksite storing and installation work. In addition, the work focused on working time humidity management and humidity-safe storage on site and occupational safety during the installation work.

The element installation was divided into two different phases. The first phase included the normal installation and lifting work under the weather protective cover. The second phase started when beginning to drive the HIAB-truck out of the building, lifting the frame structures at the same time.

As a result of the thesis, a work plan was made, with which it is possible to lead the element installation successfully. In addition, the successful installation of the elements was reported to this thesis. The thesis can also be used as an installation guide for future work with pre-fabricated elements and as a reference for CLT-element construction from the Kuhmonkatu school campus project.

Language

Finnish

Pages 55

Appendices 5

Pages of Appendices 12

Keywords

CLT, element, storing, weather protective cover

# Sisältö

1	Johdanto .....	7
1.1	Tausta.....	7
1.2	Työn tavoite ja rajaus.....	7
1.3	Kesälahden Rakennus Oy .....	8
1.4	Kuhmonkadun koulukampus.....	9
1.5	Rakennuttaja ja päätyminen CLT-rakenteeseen.....	10
2	Puurakentaminen Suomessa.....	10
2.1	Puurakentamisen ohjelma .....	10
2.2	Puurakentamisen ympäristötehokkuus .....	11
2.3	Puurakentamisen asema Suomessa .....	12
2.4	CLT-rakenne ja sen historia.....	13
2.4.1	CLT-rakenteen käyttömahdollisuudet .....	14
2.4.2	CLT-rakentamisen etuja ja haasteita .....	14
3	Rakennushankkeiden kosteudenhallinta.....	15
3.1	Rakennusaikainen sääsuojaus .....	16
3.2	Materiaalivarastointi .....	17
3.3	Kuivaketju10-toimintamalli .....	19
4	Kosteudenhallinta Kuhmonkadun koulukampuksella.....	20
4.1	Kuivaketju10-toimintamallin toteuttaminen .....	20
4.2	Kosteudenhallintasuunnitelma .....	21
4.3	Sääsuojauksen toteutus .....	21
4.4	Olosuhdehallinta sääsuojan sisällä.....	23
4.5	CLT-elementtien kosteudenhallinta .....	24
4.6	Varastointi työmaalla .....	25
5	CLT-elementtien asennus.....	27
5.1	Binderholz GmbH .....	27
5.2	Työmaalogistiikka .....	28
5.3	Nostotyöt.....	29
5.4	Nostoapuvälineet.....	30
5.5	Asennustyö.....	31
5.5.1	Asennusryhmä.....	31
5.5.2	Asennuksessa käytettävät työkalut.....	31
5.5.3	Työturvallisuus.....	32
5.6	Asennuksen valmistelevat työt.....	33
5.7	Asennuksen ensimmäinen vaihe .....	36
5.7.1	Ensimmäisen kerroksen ulkoseinät .....	37
5.7.2	Ensimmäisen kerroksen väliseinät.....	39
5.7.3	Välipohjapalkit.....	42
5.7.4	Toisen kerroksen ulkoseinäelementit.....	44
5.7.5	Toisen kerroksen väliseinäelementit.....	45
5.8	Asennuksen toinen vaihe.....	46
6	Laatu ja tulokset.....	48
6.1	Sinistymät CLT- ja liimapuurakenteissa .....	48
6.2	CLT-elementtien laatu .....	49
6.3	Asennustyön tulokset.....	50
7	Pohdinta.....	52
	Lähteet.....	53

## Liitteet

- Liite 1 CLT-elementtien asennussuunnitelma
- Liite 2 Hiab-auton nostotaulukko
- Liite 3 Alue- ja varastointisuunnitelma
- Liite 4 Elementtien asennus- ja toimitusjärjestys
- Liite 5 Sääsuojan sisäiset nostoalueet ja varastointipaikat

## Käsitteistöä

CLT	Cross Laminated Timber on massiivipuinen rakenne, joka muodostuu ristiinlaminoiduista puulevykerroksista.
Elementti	Rakentamisessa käytettävä tehdasvalmisteinen tuote.
HIAB-auto	Jo vakiintunut yleisnimitys kuorma-autoille, jotka ovat varustettuja nosturilla. Mahdollistaa materiaalien nostot työmaalla.
Hiilijalanjälki	Tuotteen aiheuttama ilmastokuorma, kertoo kuinka paljon kasvihuonekaasuja tuotteen elinkaaren aikana syntyy.
Insinööripuutuote	Yleisnimitys rakennusmateriaaleille, jotka on valmistettu liimaamalla puuta yhteen, kuten CLT tai liimapuu.
Ontelolaatta	Teräsbetonista valmistettu elementti, käytetään rakennuksissa ala-, väli- ja yläpohjien kantavina rakenteina.
Palkkikenkä	Käytetään palkkien kiinnittämiseen muihin rakenneosiin, kannattelee palkin painon.
Reivaus	Rakenteiden vinosidonta, tehdään yleensä laudoilla tai lankuilla.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Puurakentaminen on ollut Suomessa pitkään jo kovassa suosiossa pientalorakentamisessa, ja suurin osa maan pientaloista sekä vapaa-ajan rakennuksista onkin puurakenteisia. Perinteisen pientalorakentamisen lisäksi myös puukerrostalot ovat tekemässä läpimurtoa asuntorakentamiseen. Tämän lisäksi myös puiset koulu- ja päiväkotirakennukset ovat yleistyneet merkittävästi viihtyisän sisäilmaston vuoksi. (Karjalainen 2020.)

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella sekä seurata ja dokumentoida Lieksan Kuhmonkadun koulukampuksen CLT-elementtien varastointia, työnaikaista kosteudenhallintaa sekä elementtiasennustöitä. Kyseisessä kohteessa pääuraakoitsijana toimii Kesälahden Rakennus Oy, joka on myös tämän opinnäytetyön toimeksiantaja. CLT-elementtirakenteisissa kohteissa tulee kiinnittää erityistä huomiota kosteudenhallintaan sekä huolelliseen asennustyöhön niin työturvallisuuden kuin osittain näkyville jäävien puupintojen takia.

## 1.2 Työn tavoite ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on saada suunniteltua työteknisesti järkevä kokonaisuus CLT-elementtien asennustyön lisäksi kosteudenhallinnan, työmaalogistiikan ja välivarastoinnin kannalta. Lisäksi asennustyön alkaessa elementtiasennusta valvotaan ja johdetaan laadullisesti hyvä työjälki sekä työturvallisuus huomioon ottaen.

Opinnäytetyössä keskitytään Kuhmonkadun koulukampuksen uudisrakennukseen ja sen ensimmäisen ja toisen kerroksen CLT-rakenteisiin eli ulko- ja väliseinäelementteihin sekä liimapuisiin väli- ja yläpohjapalkkeihin. Tämän lisäksi työssä käsitellään puurakentamisen tilaa Suomessa sekä CLT-rakentamisen historiaa.

### 1.3 Kesälahden Rakennus Oy

Kesälahden Rakennus Oy (kuva 1) perustettiin vuonna 1975 Kalervo Jaatisen sekä Veikko ja Pekka Karjalaisen toimesta. Yrityksen toimialueena on koko Itä-Suomen alue. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Joensuussa ja tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa se työllistää omaa henkilökuntaa noin 30 henkilön verran. Kesälahden Rakennuksen tavoitteena on pyrkiä tarjoamaan laadukasta sekä tilaajien tarpeisiin suunnattuja rakentamisen palveluita. Perinteisen talonrakentamisen lisäksi se tekee korjausrakentamista, teollisuusrakentamista sekä maa- ja vesirakentamista, esimerkkinä näistä toimii Uimaharjun Enocellin keittämön ja haihuttamon laajennusurakat vuodelta 2018 sekä Ilomantsissa loppukesästä 2019 aloitettu Vapon aktiivihiihtehtaan maanrakennus ja perustusurakka (kuva 2) sekä itse rakennusurakka. Yrityksen liikevaihto vuonna 2018 oli 12,2 miljoonaa euroa. (Kesälahden Rakennus 2020.)



Kuva 1. Kesälahden Rakennus Oy (Kesälahden Rakennus 2020).



Kuva 2. Paalutus- ja maansiirtotyöt käynnissä Vapon aktiivihiihtehtaalalla.



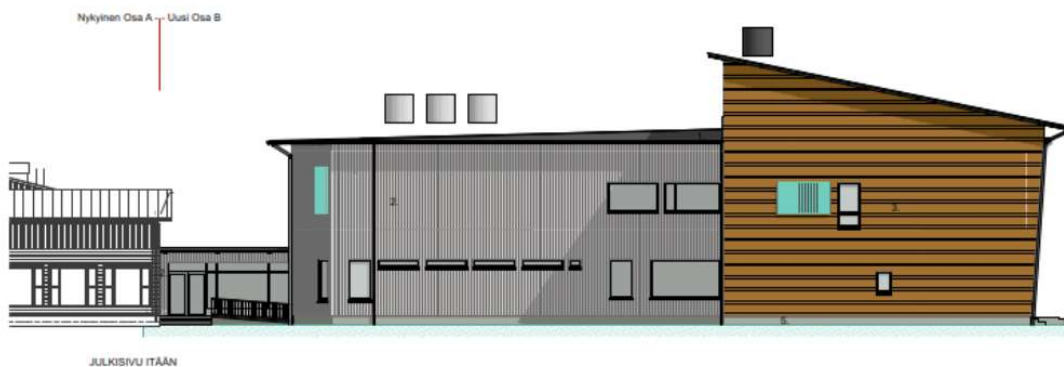
## 1.4 Kuhmonkadun koulukampus

Lieksaan rakennettava Kuhmonkadun koulukampus (kuva 3) yhdistää yläkoulun, lukion sekä ammatillisen opetuksen samoihin tiloihin. Kampuksen muodostaa saneerattava vanha Kuhmonkadun koulu ja siihen yhdistettävä uudisrakennus, jonka elementtiasennusta opinnäytetyössä seurataan. (Lieksan kaupunki 2019.)

Hanke toteutetaan kiinteähintaisena jaettuna urakkana. Rakennusteknisten töiden suorittaja, Kesälahden Rakennus Oy toimii hankkeessa pääurakoitsijana ja päätoteuttajana. Talotekniset työt suoritetaan alistettuina sivu-urakoina urakkaohjelman ja urakka-asiakirjojen määräämässä laajuudessa päätoteuttajalle.

Uudisrakennukseen valmistuu muun muassa opetustiloja, opetuksen hallintotilat, musiikkiluokka sekä Lieksan kaupungin arkisto. Uudisrakennuksessa käytetään CLT-rakentamista sen nopeuden, sisäilman laadun ja kustannustehokkuuden takia. (Lieksan kaupunki 2019.)

Projektin rakennuttajana toimii Lieksan kaupunki. Koulukampuksen rakennustyöt aloitettiin elokuussa 2019 ja kohteen luovutus on tarkoitus järjestää vuoden 2020 loppuun mennessä. Opetus aloitetaan uusissa koulutiloissa vuoden 2021 alussa.



Kuva 3. Koulukampuksen julkisivu itään (Lieksan kaupunki 2019).

## **1.5 Rakennuttaja ja päätyminen CLT-rakenteeseen**

Kuhmonkadun koulukampuksen rakennuttajana toimii Lieksan Kiinteistöt Oy. Se on Lieksan kaupungin omistama kiinteistöyhtiö, joka tuottaa omiin sekä Lieksan kaupungin omistamiin kiinteistöihin kiinteistönhuoltopalvelut. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Jarmo Vacklin. (Lieksan kaupunki 2020.)

Lieksan kaupunginvaltuusto hyväksyi 12.8.2018 kokouksessaan Kuhmonkadun koulukampuksen suunnittelun käynnistämisen. 17.9.2018 pidetyssä kaupunginhallituksen kokouksessa hallitus päätti hankkeen jatkosuunnittelun tapahtuvan CLT-rakentamisen pohjalta. Kaupunginvaltuustossa oli käyty keskustelua, että kaupungin omissa rakennushankkeissa käytettäisiin puurakentamista. Kohteen suunnitteluryhmän vierailtua erityyppisissä puurakenteisissa kohteissa nousi kaksi rakennevaihtoehtoa ylitse muiden, hirsi- ja CLT-rakentaminen. Näistä kahdesta kaupunginhallitus päätyi ensisijaisesti CLT-rakenteeseen sen kustannustehokkuuden vuoksi verrattuna hirsirakentamiseen. Päätös CLT-rakenteiseen kouluun syntyi puun luonnonläheisyydestä, sisäilman laadun vuoksi sekä rakentamisen nopeuden takia, vaikkakin suunnitteluun tarvittu lisäaika ja -kustannukset vähensivät saatua etua rakennusajan nopeudessa. (Webdynasty 2018.)

## **2 Puurakentaminen Suomessa**

### **2.1 Puurakentamisen ohjelma**

Valtioneuvoston yhteinen ja ympäristöministeriön hallinnoima puurakentamisen ohjelma on ollut vireillä vuodesta 2016 lähtien ja se jatkuu aina vuoteen 2021 asti. Tavoitteena ohjelmassa on puun käytön lisääminen julkisessa rakentamisessa ja suurissa puurakenteissa, esimerkiksi silloissa. Tämän toivotaan edistävän ja kehittävän puurakentamisen osaamista kansainvälisesti kilpailukykyiseksi. (Ympäristöministeriö 2020.)

Puurakentamisen ohjelman painopisteitä ovat puun käytön lisääminen kaupunkirakentamisessa, edistäminen julkisessa rakentamisessa, suurten puurakenteiden lisääminen, alueellisen osaamisen kasvattaminen sekä rakennustuotteiden viennin tukeminen. Näitä painopisteitä pyritään edistämään monin eri tavoin. (Ympäristöministeriö 2020.)

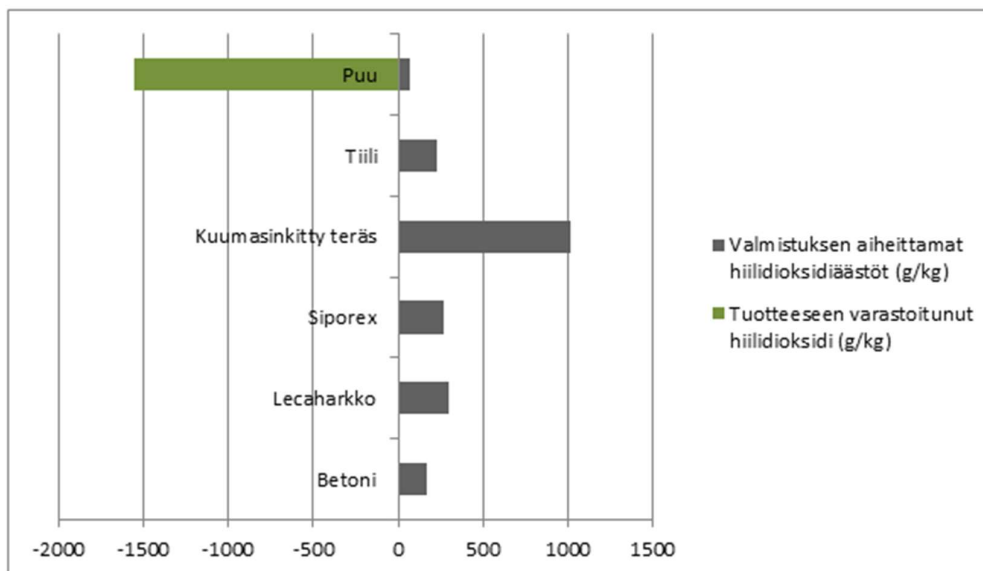
Ohjelman vaikutusta mitataan muun muassa asuntojen määrän kasvulla puukerrostaloissa, teollisen puurakentamisen osuudella puurakentamisesta, rakennuksiin sidotulla hiilen määrällä sekä puuhun perustuvien rakennustuotteiden viennin kasvulla ulkomaille. Ohjelman toimivuutta tarkastellaan vuosittain vaikutustenarvioinnilla. (Ympäristöministeriö 2020.)

## **2.2 Puurakentamisen ympäristötehokkuus**

Puu varastoi itseensä hiiltä ja käytettäessä puuta rakenteena, syntyy tästä pitkäaikainen hiilivarasto. Puisten rakennusmateriaalien valmistuksessa syntyy hyvin vähän hiilidioksidipäästöjä sen valmistuksessa syntyviin päästöihin sekä muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna (kuva 4). (Puuinfo 2020a.)

Korvaamalla puulla rakennusmateriaaleja, joiden valmistuksesta aiheutuu suurempia määriä hiilidioksidipäästöjä, voi vähennysvaikutus olla jopa suurempi kuin puun hiiltä varastoiva ominaisuus. Tämä johtuu siitä, että puu on materiaalina verrattain kevyt ja korvattavat materiaalit ovat usein paljon raskaampia ja enemmän hiilidioksidipäästöjä aiheuttavia. (Puuinfo 2020a.)

Puun käyttöä rakentamiseen pystytään lisäämään merkittävin määrin, sillä rakentamalla puu ei Suomesta lopu. Suomen metsien kasvu on suurempaa, kuin puun käyttö ja esimerkiksi kuusikerroksisessa puukerrostalossa käytettävät rakennuspuut kasvavat metsissä noin puolessa minuutissa. (Puuinfo 2020b.)



Kuva 4. Eri rakennusmateriaalien valmistuksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt (Puuinfo 2020a).

### 2.3 Puurakentamisen asema Suomessa

1990-luvun alusta lähtien suomalaista puurakentamista on pyritty voimakkaasti kehittämään yhteistyössä muiden Euroopan unionin maiden kanssa. Tässä kehitystyössä on keskitytty erityisesti puukerrostalojen rakentamisen lisäämiseen sekä rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Suurimmat kasvumahdollisuudet puurakentamisessa Suomessa on juuri kerrostalorakentamisen lisäksi myös esimerkiksi julkisessa rakentamisessa. (Karjalainen 2020.)

Puukerrostalolla tarkoitetaan rakennusta, jossa on yli kaksi kerrosta ja jonka runko ja julkisivut ovat suurimmaksi osaksi puuta. Nämä ovat tekemässä lopullista läpimurtoa Suomessa. Vuonna 2020 maaliskuussa yli kaksikerroksisia puisia asuinkerrostaloja on Suomeen rakennettu kaikkiaan 90 kappaletta, 2 612 asunnon edestä. Viime aikoina puukerrostalorakentamisessa on yleistynyt CLT-tekniikka, jossa rakennuksen kantava runko toteutetaan laudoista kerroksittain ristiin liimatuista massiivipuulevyistä. (Karjalainen 2020.)

## 2.4 CLT-rakenne ja sen historia

CLT (kuva 5) on insinööripuutuote, joka kehiteltiin 1990-luvun alkupuolella Itävallassa ja Saksassa. Se on Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa paljon käytetty rakennusmateriaali, joka on ruvennut yleistymään myös Suomessa nykypäivänä. (Karacabeyli 2013.) Suomessa CLT-levyistä käytetään yleisesti lyhennettä CLT, sillä sille ei ole vielä määritelty suomen kielessä vakiintunutta nimeä, vaan eri valmistajilla on omat nimensä tuotteelle. Sitä pidetään tulevaisuuden rakennusmateriaalina ja sitä arvostetaan materiaalin keveyden, nopean asennusaajan, erinomaisten rakenteellisten ominaisuuksien sekä viihtyisän sisäilman takia. (Puuinfo 2020c.)

CLT koostuu 3-, 5-, 7-, tai 8-kerroksisista ristiin liimatuista lautalevyistä riippuen käyttökohteesta ja valmistajasta (Stora Enso 2013a). Lautakerrokset liimataan kohtisuorassa kulmassa toisiinsa nähden, jolloin muodostuu luja ja jäykkä levy. Riippuen eri valmistajista levyjen dimensiot vaihtelevat paksuudeltaan 60 - 400mm, leveydeltään 2,95 - 4,8m ja pituudeltaan 12 - 20m välillä. Levyjen raaka-aineena käytetään yleisimmin kuusta tai mäntyä. (Puuinfo 2020c.)

CLT-levyjen liimauksessa käytetään kahta eri liimaustapaa, syrjäliimattua ja syrjäliimaamatonta. Syrjäliimatussa levyssä laudat liimataan ensin syrjistäan yhdeksi levyksi, jonka jälkeen levyt liimataan ristikkäin toisiinsa nähden. Syrjäliimaamattomassa levyssä ei lautojen syrjiä liimata, vaan liima levitetään pelkästään lautojen lappeelle kerrosten välissä. (Puuinfo 2020c.)

Suomessa CLT-tuotantoa on Kuhmossa CrossLamin tehtaalla, Alajärvellä HOISKO CLT:n tehtaalla sekä Kauhajoella CLT-Plantilla (Karjalainen 2020). Elementit työstetään tehtaalla, joissa on valmiiksi kaikki ikkuna- ja oviaukot, liitoslovet, nostolenkkien reiät sekä talotekniikan läpivientireiät, näin ollen elementtien työstäminen rakennustyömaalla pitäisi jäädä hyvinkin vähäiseksi. (Puuinfo 2020c.)



Kuva 5. CLT-levy (Stora Enso 2013b).

#### **2.4.1 CLT-rakenteen käyttömahdollisuudet**

CLT-levyjä voidaan käyttää rakennuksessa jäykistävinä ja kantavina rakenteina seinä- sekä lattiarakenteissa. Levyn jäykän rakenteen takia aukot voidaan sijoittaa ja muotoilla suhteellisen vapaasti. Välipohjissa CLT-levyjä voidaan käyttää lyhyellä jännevälillä sellaisenaan, yhdessä liimapuupalkiston kanssa pidemmillä jänneväleillä tai liittorakenteena betonivalun kanssa. Se sopii myös tilaelementtien runkorakenteeksi. (Puuinfo 2020c.)

CLT soveltuu kantavaksi rakenteeksi pientaloihin, liiketilarakennuksiin, teollisuushalleihin, julkiseen rakentamiseen esimerkiksi kouluihin ja päiväkoteihin sekä kerrostalorakentamiseen. Levyistä voidaan tehdä myös melusteaitoja asuinalueiden suojaksi. (Kiintopuu 2020.)

#### **2.4.2 CLT-rakentamisen etuja ja haasteita**

CLT-elementtirakentamisessa on omat etunsa ja haasteensa, niin kuin muissakin elementtirakenteisissa ratkaisuissa, esimerkiksi betonielementeillä rakennettaessa. Alla lueteltuna CLT-rakentamisen etuja ja haittoja.

CLT-rakentamisen etuja:

- CLT on huomattavasti kevyempää kuin betoni. Sen paino on vain 470 kg/m<sup>3</sup>, kun puumateriaalina kuusi ja puunkosteus 12% (Binderholz 2020a).
- Rakenteessa yhdistyy visuaalisuus, kantava rakenne sekä lämmöneriste (Puuinfo 2020c).
- Elementtejä valmistettaessa päästään tarkkaan  $\pm 1$  mm työstötarkkuuteen.
- Rakenne toimii höyrynsulkuna puukerrosten ja liimapintojen muodostaessa tiiviin höyrynsulkurakenteen (Crosslam 2020a).
- Pieni rakentamisen aikainen hiilijalanjälki verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin, esimerkiksi betoniin (CLT Plant 2020).
- Elementit ovat nopeita ja helppoja asentaa keveytensä ansiosta.

CLT-rakentamisen haasteita:

- CLT:n ääneneristävyys on heikko johtuen sen keveydestä. Tätä voidaan parantaa lisäämällä rakenteeseen ääntä vaimentavia eristekerroksia. (Puuinfo 2020c.)
- CLT-levyjen kosteudenhallintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota kuljetuksen, välivarastoinnin sekä asennuksen aikana. Elementtejä ei tulisi varastoida pitkiä aikoja työmaalla.
- Puun kosteuseläminen voi aiheuttaa visuaalisia ongelmia eli halkeamia CLT-lamelleihin (Crosslam 2020b).

### **3 Rakennushankkeiden kosteudenhallinta**

Kosteus- ja homeongelmat ovat huomattavia riskejä rakentamisessa. Nämä voidaan välttää, jos jokainen osapuoli rakennusaikana noudattavat yhteisiä peli-

sääntöjä kohti hallittua ja kuivaa rakennustapaa. Kuivaketjun noudattaminen rakennushankkeessa on yksinkertaista, mutta se vaatii hankkeessa toimenpiteitä jokaiselta osapuolelta. (Rakennusteollisuus 2016, 4.)

Rakennuttajan on selvitettävä hankkeen kosteusriskit ja tavoitteet kosteudenhallinnalle sekä resurssien antamisella työmaalle kosteusturvalliseen läpivientiin koko rakennushankkeen ajan. Suunnittelijoiden on suunniteltava rakenteet niin, että ne ovat toteutettavissa kosteusturvallisella tavalla. Urakoitsijat huolehtivat siitä, että nämä asetetut tavoitteet toteutuvat ja rakennushanke viedään läpi kosteusturvallisesti. Myös materiaalintoimittajilla on kuivaketjun pitävyydessä osansa, huolehtimalla työmaalle tulevien materiaalien suojauksesta tehtaan päässä sekä kuljetuksen aikana. (Rakennusteollisuus 2016, 4.)

### **3.1 Rakennusaikainen sääsuojaus**

Sääsuojaustason päätös tapahtuu rakennuttajan toimesta jo hankesuunnittelu- vaiheessa, päättämällä valitaanko suojaustavaksi koko rakennuksen kattava sääsuoja vai paikallinen suojaus materiaaleille, keskeneräisille ja valmistuneille rakenteille. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020a.)

Sääsuoja on suojarakenne, joka rakennetaan tilapäiseen käyttöön. Sääsuojauksen tarkoituksena on varmistaa, että rakenteet pysyvät kuivina, ne kuivuvat suunnitellussa aikataulussa sekä mahdolliset rakennus- ja käytönaikaiset kosteusvauriot minimoidaan. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020b.) Myös työntekijät saavat suojan lumi- ja vesisateelta, tuulelta ja liialliselta auringolle altistumiselta (Rakennustieto 2013, 6)

Koko rakennuksen kattavien sääsuojien etuja ovat:

- rakennuskohteen lyhyempi läpimenoaika (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020b)
- vähemmän kosteusvahingoittunutta rakennusmateriaalia



- pienempi lämmitys- ja kuivatustarve (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020b)
- lumitöiden väheneminen
- parantaa työskentelyolosuhteita.

Koko rakennuksen kattavien sääsuojien haittoja ovat:

- nostojen hankaloituminen tilan puutteen takia
- lumen kasaantuminen talvella sääsuojan katolle
- kesäisin lämpötila voi kohota korkeaksi sääsuojan sisällä.

Suomessa on monia eri sääsuojaratkaisuja tarjoavia yrityksiä. Telinekataja Oy on yksi Suomen suurimmista sääsuojatoimittajista. Sääsuojat toteutetaan pääasiassa alumiinitelinerunkoisina, joiden päälle asennetaan alumiiniset kattoristikot. Katto toteutetaan PVC-peitteestä, joka asennetaan ristikoissa oleviin uriin. Näin katosta saadaan tiivis ja vedenpitävä. (Telinakataja 2020.)

Toinen suuri sääsuojatoimittaja Suomessa on Ramirent. Ramirentiltä löytyy sääsuojavaihtoehtoistaan siirtokiskoilla olevia sääsuojia, joiden avulla suojaa saadaan liikuteltua, joko miesvoimin tai moottoreiden avulla. Valikoimasta löytyy myös sääsuojan ja nosturin yhdistelmä, jossa ei erillisiä rakennustelineitä tarvita. Suojaa saadaan suojan omilla moottoreilla nostettua ylöspäin eri työvaiheiden mukaan. (Ramirent 2020.)






### **3.2 Materiaalivarastointi**

Materiaalihankinnat tulisi ajoittaa aina siten, että varastointiaika työmaalla jäisi mahdollisimman lyhyeksi. Aina tähän ei pystytä, ja silloin työmaalla tulee kiinnittää erityistä huomiota materiaalien suojaamiseen sateelta ja muilta kosteusrasituksilta.

Välivarastointi tulee suunnitella jo hankkeen alussa niin hyvin kuin mahdollista ja tarkentaa suunnitelmia koko rakennusvaiheen ajan. Materiaalit tulisi varastoida

ensisijaisesti aina rakennuksen sisällä tai sääsuojassa. Suojapeitteitä käytettäessä tulee varmistaa riittävä kiinnitys, kuitenkin niin, että peitteen sisällä ilma pääsee kiertämään. Lisäksi on varmistettava, että vesi ei jää seisomaan peitteiden päälle. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020c.)

Varastointiolosuhteet tulisi järjestää aina mahdollisimman lähelle samoja olosuhteita, mitä materiaalin käytönaikana tulee olemaan. Esimerkiksi kipsilevyt tulisi säilyttää lämmitetyissä sisätiloissa, kun taas kattotiilet voidaan huoletta varastoida ulkotiloissa (kuva 6). Varastoidessa materiaaleja sisällä tai ulkona, tulee nämä aina säilyttää irti maa- tai lattiakosketuksesta. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020c.) Suoraan maata vasten varastoidessa materiaalit voivat imeä kosteutta maaperästä itseensä ja varastoidessa lattiapinnoilla estetään betonivalujen kuivuminen näiltä kohdilta.

Käyttötila	Lämmin tila	Sisätila	Suojainen tila	Ulkotila
				
Säilytys lämmitetyssä sisätilassa. Materiaalilla voi olla erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten lämpötila tai ilmankosteus.	Materiaali säilytetään lämmitetyssä sisätilassa.	Materiaali tulee säilyttää sisätilassa kastumiselta. Ei välttämättä lämpötilavaatimusta. Varastointipaikka esim. ulkorakennus tai varastokontti.	Materiaali voidaan säilyttää katetussa ulkotilassa. Esimerkiksi suojapeitteillä tai katoksella suojattu tila.	Materiaalilla ei ole erityistä suojaustarvetta.
Parketit, laminaatit Kalusteet Matot Kipsi- ja lastulevyt Pintatuotteet Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet Pintapuutavara IV-koneet ja äänenvaimentimet				
		Laastit Runkopuutavara Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen) Metallikkunat ja -ovet Kuivabetoni Lämmöneristeet Metallikasetit Puuelementit Betonielementit Keramiikka, tiilet ja laatat Raudoitteet Metallivarusteet Maa-ainekset Kattotiilet Ulkovarusteet		

Kuva 6. Rakennusmateriaalien ohjeellisia säilytystiloja (Rakentamisen kosteudenhallinta 2020c).

### 3.3 Kuivaketju10-toimintamalli

Kuivaketju10-toimintamallilla pyritään vähentämään kosteusvaurioriskejä rakennuksen elinkaaren ajan. Se sisältää Kuivaketju10-riskilistan sekä todentamisohjeen, joissa esitetään kymmenen keskeisintä kosteusriskiä rakennusaikana ja toimenpiteet, joilla kyseiset riskit voidaan välttää. Nämä kosteusriskit hallitsemalla voidaan välttää jopa yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seuraamista kustannuksista. (Rakentamisen laatu 2020a.)

Kuivaketju10:n käyttäminen projekteissa alkaa rakennustyön tilaajan päätöksestä ottaa toimintamalli käyttöön. Kun päätös toimintamallin käyttöönotosta on tehty, on tilaajan tehtävänä kiinnittää hankkeeseen kosteuskoordinaattori, joka tilaajan valtuutuksella koordinoi toimintamallin toteuttamista koko rakennushankkeen ajan. (Rakentamisen laatu 2020a.)

Projektin suunnitteluvaiheessa toimintamalli koskee arkkitehti-, rakenne-, LVI-, sekä sähkö- ja automaatio suunnittelijoita. Näiden jokaisen suunnittelijan on toteutettava Kuivaketju10-toimintamallia samalla tavalla. Toimintamallin käyttö alkaa Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen läpikäynnillä ja tarkentamalla niiden sisältö hankkeen erityispiirteisiin. Riskilistalta voi poistaa kokonaisuudessaan kohtia vain, jos tätä kohtaa ei ole rakennettavassa hankkeessa lainkaan. Hankkeen lopullinen riskilista ja todentamisohje, joka sisältää urakoitsijan tarkistuslistan, muodostuu tämän arviointityön pohjalta ja ne tulee hyväksyä yhdessä projektin kosteuskoordinaattorin kanssa. (Rakentamisen laatu 2020a.)

Rakennustyön aikana Kuivaketju10:n noudattaminen ja työmaalla työskentelevien henkilöiden perehdytys on pääurakoitsijan vastuulla. Urakoitsijan tarkistuslistassa esitetään työvaiheet, jotka sisältävät riskejä. Näiden työvaiheiden onnistunut toteutus on todennettava ja dokumentoitava, joka onkin urakoitsijan päätehtävä kyseisessä toimintamallissa. Todentamisen kokonaisvastuu on määritettävä yhdelle henkilölle, joka on hyväksyttävä kohteen kosteuskoordinaattorilla. Tämä henkilö on pääurakoitsijan puolelta vastuussa työvaiheiden onnistumisen todentamisesta tarkistuslistan mukaisesti. (Rakentamisen laatu 2020a.)

## 4 Kosteudenhallinta Kuhmonkadun koulukampuksella

### 4.1 Kuivaketju10-toimintamallin toteuttaminen

Kuhmonkadun koulukampuksen projektissa on käytössä Rakentamisen Laatu RALA ry:n Kuivaketju10-toimintamalli. Projektin kosteuskoordinaattori oli tehnyt tarkastuslistan Kuivaketju10-sähköiseen palveluun, jonne työmaatoteutuksen aikana kuitattiin todentamistehtävät jokaisen riskin kohdalla valokuvin tai muin dokumentein.

Kohteen riskilistassa on seuraavat 10 eri riskiä:

- Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattia-rakennetta.
- Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
- Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
- Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
- Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
- Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
- Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
- Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
- Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
- Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti. (Rakentamisen laatu 2020b.)

Jokaisessa riskissä on eri määrä todentamistehtäviä, ja ne kuitattiin sitä mukaa tehdyiksi, kun toteutukset olivat valmiit. Projektissa Kesälahden Rakennuksen

osalta Kuivaketju10 toimintamallista vastaavat henkilöt ovat Mikko Pyöriäinen sekä Jaakko Haverinen.

#### **4.2 Kosteudenhallintasuunnitelma**

Kohteeseen laadittiin kosteudenhallintasuunnitelma yhdessä Kesälahden Rakennus Oy:n vastaavan työnjohtajan Markku Leskisen sekä toimistoinsinööri Mikko Pyöriäisen kanssa. Suunnitelman tarkoituksena on pyrkiä kartoittamaan ja ehkäisemään rakennusaikaisia kosteusvaurioriskejä sekä kuvaamaan konkreettiset toimet työmaalla kosteudenhallinnan tavoitteiden saavuttamiseksi.

Suunnitelmassa on noudatettu Kuivaketju10 ohjeistusta ja se sisältää muun muassa alla luetellut kohdat:

- kosteusriskien kartoitus
- rakenteiden kuivumisaika-arviot
- olosuhdehallinta
- kosteusmittaussuunnitelma
- kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta.

#### **4.3 Sääsuojausten toteutus**

Kohteen urakkarajaliitteen määräysten mukaisesti, sääsuoja tulee olla vuokraamotason sääsuojaukseen tarkoitettulla peite-, runko- ja ristikkorakenteella koottu ja sen on kestävä tuulen-, veden- ja lumen aiheuttamat kuormitukset ilman vaaditun turvallisuus- ja suojaustason heikkenemistä. (Pyöriäinen 2019.)

Uudisrakennuksen perustukset ja betonirunkorakenteet ovat toteutettavissa ilman sääsuojaa. Vastaavasti puurunko- ja vesikattorakenteet sekä julkisivut on tehtävä sääsuojaan alla. Sääsuoja on asennettava ennen alapohjan lämmöneristeiden asennusta sekä valutöitä. Suojausten tulee olla paikoillaan aina siihen

asti, kunnes julkisivuun liittyvät rakennustyöt ja vesikattorakenteet läpivientien on rakennettu vedenpitäviksi sekä vesikaton sadeveden poistojärjestelmä on rakennettu valmiiksi. Pää toteuttaja eli Kesälahden Rakennus Oy vastaa sekä valmiiden että keskeneräisten rakenteiden sääsuojauksesta. Rakenteiden ja eristeiden kastuminen sade- tai sulamisvesistä on estettävä koko rakennustyön ajan. (Pyöriäinen 2019.)

Sääsuojan asennuksesta vastasi Telinekataja Oy. Asennukset suoritettiin pääasiassa telinetöinä ja nostotoissa käytettiin Tadano 220t autonosturia (kuva 7). Asennuksen aikana tärkeää oli noudattaa nosto- ja telinetöiden turvallisuusmääräyksiä. Sääsuojan asennuksen aikana kiinnitettiin huomiota huolelliseen toteutustapaan vuotopaikkojen estämiseksi. Ennen sääsuojan käyttöönottoa tehtiin tarvittavat tarkastuspöytäkirjat, jotka oli esitettävä projektin rakennustöiden valvojalle.



Kuva 7. Tadano 220t autonosturi sääsuojan kattotuolien nostovalmiudessa.

Sääsuojan (kuva 8) käytön aikaisista tarkastuksista vastaa Kuhmonkadun koulu- kampuksen työmaan vastaava työnjohtaja Markku Leskinen. Suojan kunto tarkastetaan päivittäin työmaakerroksilla. Tarkastuksissa arvioidaan sääsuojan kuntoa, vedenpitävyyttä sekä katolle kertynyttä lumikuormaa. Jos epäkohtia sääsuojassa ilmenee tarkastuksien aikana, suoritetaan tarvittavat korjaustoimenpiteet välittömästi vian havaitsemisen jälkeen. (Pyöriäinen 2019.)



Kuva 8. Kuhmonkadun koulukampuksen sääsuoja.

#### 4.4 Olosuhdehallinta sääsuojan sisällä

Sääsuojan sisällä olosuhteita seurataan mittaamalla lämpötilaa sekä ilmankosteutta Wiisteen langattomalla EH1-WAN olosuhdemittareilla (kuva 9), jotka lähettävät tiedot suoraan Wiisteen Relia-pilvipalveluun. Mittareita sijoitetaan rakennuksen sisään kaksi kappaletta, ensimmäiseen ja toiseen kerrokseen. Ilman suhteellisen kosteuden määrää säädellään sääsuojan tuuletuksen avulla. Tuule- tusta saadaan lisättyä avaamalla sääsuojan päätyseinien yläosan peitteitä. Tarvittaessa tuule- tusta lisätään käyttämällä koneellisia puhaltimia, joiden avulla ilma saadaan vaihtumaan tehokkaammin sääsuojan sisällä. Tavoiteolosuhteet ovat il- man suhteellinen kosteus 50%, 18°C lämpötilassa. (Leskinen 2020a.)



Kuva 9. EH1-WAN olosuhdemittari.

#### 4.5 CLT-elementtien kosteudenhallinta

CLT-elementtien saapuessa työmaalle varmistettiin, ettei kuivaketju ole katkenut kuljetuksen aikana suorittamalla elementtien suojauksille tarkastelu sekä mitaamalla toimitetuista CLT-elementeistä kosteusprosentit Gann Hydromette kosteusmittarilla. Mittari ilmaisee materiaalin kosteuspitoisuuden maksimissaan yhden senttimetrin syvyydestä 5-26 % mitta-alueella sekä lämpötilan (kuva 10). Saadut tulokset kirjattiin erilliseen Excel-taulukkoon.

Tavarantoimittajan eli Binderholzin ohjeistuksien mukaan elementtien kosteuspitoisuudet ovat tuotannon ja lastauksen aikana 9-11 %. Kuljetuksen aikana kosteuspitoisuudet saattavat heitellä 8-15 % välillä. Elementtien kosteuspitoisuudet eivät saisi ylittää 18 % missään vaiheessa. (Walch 2019.)





Kuva 10. Kosteuden mittaus CLT-elementistä Gann-kosteusmittarilla.

#### 4.6 Varastointi työmaalla

Tämän kohteen kosteusherimmät materiaalit, esimerkiksi CLT-elementit, pyritään varastoimaan aina koko rakennuksen kattavan sääsuojan sisällä, estämättä kuitenkaan työskentelyä suojan sisällä. Työmaalle toteutettiin myös erillinen varastointihalli (kuva 11), jossa on mahdollista säilyttää kosteudelle herkkiä materiaaleja (kuva 12). Varastohallin seinärakenteet tehtiin teräs-/puurunkoisena, katto-olot puurakenteisina ja varastohallin katto sekä seinät telinepeitteillä.

Materiaalit, jotka eivät ole erityisen herkkiä kosteudelle, voidaan varastoida sääsuojien ulkopuolelle. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi raudoiteverkot. Myös tässä tapauksessa on huomioitava materiaalien varastointi irti maankosketuksesta sekä tarvittaessa suojaus pressupeitteillä.



Kuva 11. Varastoalueen varastointihalli.



Kuva 12. CLT-elementtien oikeaoppista varastointia hallin sisällä.

## 5 CLT-elementtien asennus

Ennen elementtiasennusten aloitusta oli tehtävä kirjallinen asennussuunnitelma, joka kuului opinnäytetyön toimeksiantoon (liite 1). Asennussuunnitelmassa esitetään tarvittavat tiedot asennettavista elementeistä, nostotöistä- ja kalustosta, elementtien asennusjärjestys, mittatarkkuus, elementtien tuennat asennustyön aikana, lopulliset kiinnitykset, työskentelytasot sekä putoamissuojaukset (Rakennustieto 2004). Asennussuunnitelma oli hyväksyttävä ennen työskentelyn aloitusta asennustyönjohtajalla, työmaan vastaavalla työnjohtajalla, rakennussuunnittelijalla sekä pääsuunnittelijalla. Kun suunnitelma oli saanut hyväksynnät näiltä tahoilta, sai elementtiasennukset aloittaa.

CLT-elementtiasennukset jaettiin työsuunnitelmaa tehdessä kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe keskittyy normaaliin asennus- ja nostotyöhön HIAB-autolla sääsuojan sisällä. Tässä vaiheessa asennetaan ensimmäisen ja toisen kerroksen ulko- ja väliseinäelementit sekä välipohjan liimapuupalkit pois lukien kaikki sääsuojan ulosajoaukon kohdalla olevat rakenteet.

Asennuksen toisessa vaiheessa asennetaan porrastetusti loput CLT- ja liimapuurakenteet sekä kattoristikot. Asennukset aloitetaan sääsuojan perältä ja edetään ulosajoaukolle päin nostaen rakenteita samalla pystyyn. Asennustyö voidaan katsoa valmiiksi, kun HIAB-auto on sääsuojan ulkona pysyvästi ja viimeiset seinäelementit, ylä- ja välipohjapalkit sekä kattoristikot ovat paikallaan.

### 5.1 Binderholz GmbH

Kuhmonkadun koulukampuksen CLT-elementit toimitti Itävaltalainen Binderholz GmbH. Franz Binder perusti yhtiön ensimmäisen toimipaikan 1950-luvulla Fügenin kaupunkiin Itävaltaan. Tänä päivänä Fügenin päätoimipaikan lisäksi yhtiöön kuuluu yksitoista muuta toimipaikkaa, Itävallassa neljä, Saksassa viisi ja Suomessa kaksi, Lieksassa sekä Nurmeksessa. Näissä toimipaikoissa se työllistää yhteensä noin 2750 työntekijää. (Binderholz 2020b.)

Binderholz toimittaa CLT-elementtejä suurimmaksi osaksi Keski-Euroopan maihin, ja ennen Kuhmonkadun Koulukampusta on yritys toimittanut Suomeen CLT-elementtejä vain heidän omiin projekteihinsa Nurmeksen ja Lieksan sahoille (kuva 13) sekä kahteen pientalorakennukseen. Lieksan kouluprojekti onkin samalla niin sanottu referenssikohde Binderholzille Suomeen. (Mühllechner 2020a.)



Kuva 13. Binderholzin CLT-rakenteinen toimistorakennus Lieksan sahalla (Binderholz 2020c).

## 5.2 Työmaalogistiikka

CLT-elementit saapuivat Saksasta ja Itävallasta Binderholzin tehtailta puoliperävaunullisilla kuorma-autoilla suojamuoveihin pakattuna (kuva 14). Elementtejä tuoneet autot ohjattiin varastoalueelle varatulle kuormanpurkupaikalle (liite 3). Tämän jälkeen kuorma tarkistettiin sisällöltään ja mahdolliset vauriot sekä puutteen suojauksessa dokumentoitiin valokuvoin. Kuorma purettiin kurottajalla ja ele-

mentit siirrettiin varastointialueille sääsuojan sisälle (liite 5). Mikäli sääsuojan sisälle ei työskentelyn estämisen takia ollut mahdollista enempää elementtipaketteja varastoida, ajettiin nämä varastoalueen varastohalliin.



Kuva 14. Suojamuoveihin pakattujen elementtien purkua kuormasta kurottajalla.

Sääsuojan sisällä varastoituja elementtejä ei tarvinnut enää niiden sinne sijoittamisen jälkeen siirrellä, vaan HIAB-auto keskelle sääsuojaa sijoitettuna ylsi ulottuvuudeltaan nostamaan elementit varastointialueilta asennuspaikoilleen. Varastohalliin varastoidut elementit siirrettiin kurottajalla sääsuojan sisälle sitä mukaa, kun sääsuojan sisältä vapautui tilaa tai elementit olivat työn jouhevan etenemisen kannalta tarpeellisia.

### 5.3 Nostotyöt

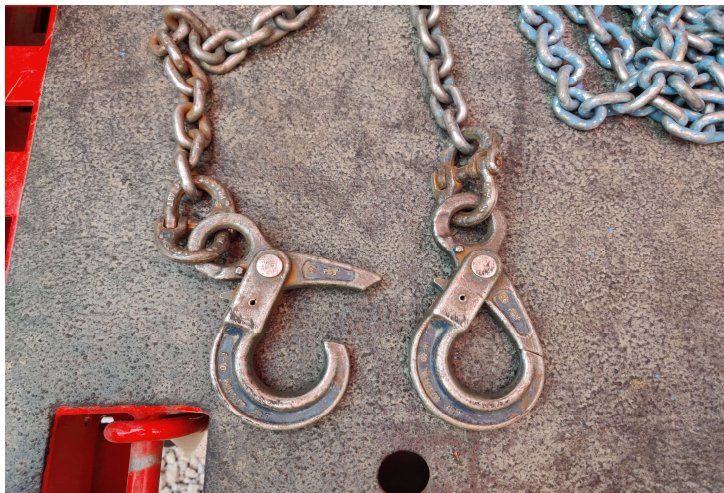
Elementtiasennuksien nostotyöt suoritettiin Kuljetusliike Pellikka Oy:n Scania kuorma-autolla, joka on varustettu Palfingerin 74002 nosturilla. Yhdistelmällä on ulottuvuutta 20 metriin asti (liite 2), joka sääsuojan sisäisissä nostoissa on riittävästi. Auton nostokurki on kauko-ohjattava, joten HIAB-auton kuljettajalla on koajan esteetön näkökenttä nosto- ja asennustöiden aikana puomin päähän.

Nostotöitä tehtäessä tulee auton tukijalkojen olla pystytetty tukilevyille, jotka so-  
pivat maaperän eli tässä tapauksessa #8-16 mm kapillaarisoran kantokyvyille.

Nostotöiden aikana on erityisesti huomioitava sääsuojan kattotuolien jäykistävien  
vaijereiden sijainnit ja varmistua, ettei nostopuomi vahingossakaan osu näihin ja  
aiheuta vaaratilanteita sääsuojan kattorakenteiden retkahtamisen kannalta. Li-  
säksi nostotöitä suorittaessa on ensiarvoisen tärkeää varmistaa kulkuteiden kat-  
kaisu riippuvan nostotaakan alta rajaamalla kulkutiet lippusiimoja käyttäen.

#### 5.4 Nostoapuvälineet

Elementtinostoissa käytettiin kaksihaarakseja, jotka ovat varustettuja pakkolu-  
kittuvilla nostokoukuilla (kuva 15). Nostoraksit tarkastettiin silmämääräisesti sekä  
varmistettiin nostokoukkujen lukittuvuuden toimiminen aina ennen nostotöiden  
aloitusta.



Kuva 15. Elementtinostoissa käytettävät kaksihaaraksit.

CLT-elementeissä oli tehtaalla valmiiksi asennetut kertakäyttöiset nostoliinat,  
joista elementit nostettiin kaksihaarakseilla. Jokaisen elementin nostoliinojen  
kunto tuli tarkastaa aina ennen raksien kiinnittämistä lenkkeihin. Jos on syytä  
epäillä nostoliinojen kestävyyttä nostotyön aikana, oli liina epäroimättä vaihdet-  
tava uuteen.

## 5.5 Asennustyö

Ennen asennustyön aloitusta pidettiin työvaiheen aloituspalaveri, johon osallistuivat työmaan vastaava työnjohtaja, asennuksesta vastaava työnjohtaja sekä työryhmän nokkamies. Aloituspalaverin tarkoituksena oli saada työnjohto sekä asennusryhmä yhteisymmärrykseen työn kulusta. Palaverissa käytiin läpi elementtien toimitus- ja asennusaikataulut, asennusjärjestys, työturvallisuuteen liittyvät asiat, käytettävissä olevat rakennesuunnitelmat, asennuksen laatuvaatimukset sekä työhön käytettävät materiaalit ja tarvittavat työvälineet.

### 5.5.1 Asennusryhmä

Elementtiasennuksesta vastaavan työnjohtajan lisäksi asennusryhmään kiinnitettiin neljä ammattitaitoista työntekijää, työryhmän johtaja eli niin sanottu nokkamies, kaksi asentajaa sekä nosturikuski. Ammattitaitoisen nokkamiehen rooli elementtiasennuksessa on elintärkeä, hän johtaa tätä työryhmää asennuksen aikana sekä kommunikoi työnjohdon kanssa töiden edetessä eteenpäin. Tämän lisäksi työryhmään varataan kaksi varahenkilöä, jolla varmistutaan elementtiasennuksen katkeamattomuus esimerkiksi sairauden estäessä asennusryhmän työntekijää tulemasta töihin.

### 5.5.2 Asennuksessa käytettävät työkalut

Aloituspalaverin yhteydessä tarvittavat työkalut ja -välineet listattiin ylös ja varmistettiin näiden saatavuus työmaalla. Rakennustyömaalla työskentelevien henkilöiden henkilökohtaisten työvälineiden lisäksi CLT-elementtiasennukseen tarvittavat työvälineet ovat listattuna alla.

- tasolaser
- 2 kappaletta 2,5m pitkiä vatupasseja
- 4 kappaletta liimapuristimia
- moottorisaha

- sähköhöylä
- 2 kappaletta akkuporakoneita
- nitoja
- kumileka
- 2 kappaletta moskia
- 2 kappaletta elementtivetimiä
- tikkaat
- alumiinitelineet
- asennusryhmän jokaista työntekijää kohti turvavaljaat ja -tarraimet.

### 5.5.3 Työturvallisuus

Työn turvallisuuden ja terveellisuuden edistäminen tulee lähteä työpaikan oma-aloitteisuudesta. Työturvallisuuslaki edellyttää huolehtimisvastuuta työnantajalta työsuojelua koskien. Laki vaatii työympäristön sekä työhön liittyvien vaarojen jatkuvaa tarkkailua työnantajalta. Työnantajan tulee perehdyttää työpaikalla työskentelevät henkilöt rakennustyömaahan, jotta he pystyvät työskentelemään turvallisesti ja oikeilla työmenetelmillä. (Työsuojeluhallinto 2015.)

Vaikka työnantaja on loppu kädessä vastuusta työmaan työturvallisuudesta, on myös työntekijällä oma vastuunsa asiassa noudattamalla ohjeita sekä määräyksiä, jotka työnantaja on työntekijälle antanut. Tämän lisäksi tulee työntekijän ilmoittaa havaitsemistaan vaaratilanteista esimiehelleen heti ne havaittuaan. (Työturvallisuuskeskus 2020.)

Työmaan vastaava työnjohtaja Markku Leskinen on laatinut työmaalle putoamissuojaussuunnitelman Ratu S-1223 suunnitteluohjeen mukaisesti. Tämän putoamissuojaussuunnitelman mukaan telineet ja työtasot ovat varustettava aina kaiteilla, mikäli putoamiskorkeus ylittää 2 metrin rajan. Kaiteet koostuvat yläjohteesta, jonka korkeus tulee olla vähintään 1 metrin korkeudessa telineen työskentelytasosta, välijohteesta, jonka pystysuora etäisyys ei ylitä 50 cm yläjohteen alapinnasta sekä potkulistasta. Käsi- ja välijohteet tehdään 50x100 mm lankusta ja jalkalistat 22x100 mm laudasta. (Leskinen 2020b.)



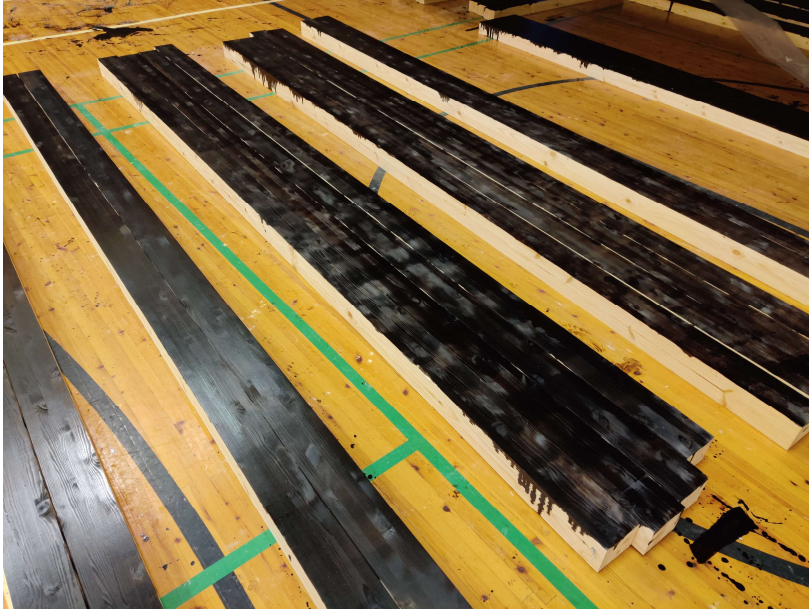
CLT-elementtiasennuksissa käytettiin ulkoseinäelementtejä asentaessa sääsuojan järjestelmätelineitä hyväksi ja väliseinäelementtiasennuksissa oli käytössä alumiiniset asennustelineet. Mikäli telineiden käyttö ei ollut mahdollista, asennukseen oli varattu myös Genie Z-62/40 henkilönostin. Henkilönostinta käytettäessä on jokaisen korissa olevan henkilön pidettävä viranomaisvaatimusten täyttävät putoamisvaljaat päällensä. Myös toisen kerroksen elementtiasennusten aikana olivat työntekijät velvollisia pitämään valjaita aina siihen asti, kunnes putoamiskaiteet saatiin paikoilleen.

Nojatikkaiden käyttö asennuksessa on sallittu vain nostoraksien irrottamiseen tai kiinnittämiseen. Työskentelyalustana tikkaiden käyttö on kielletty.

## **5.6 Asennuksen valmistelevat työt**

Elementtiasennusta valmisteltiin kiinnittämällä alaohjauspuut sokkeleihin, joiden päältä seinäelementit nousevat. Alaohjauspuiden sokkelia vasten tulevat alapinnat käsiteltiin rakennesuunnitelmien mukaisesti bitumisivelyllä (kuva 16), jolla estetään kosteuden nousu puurakenteisiin.

Bitumisivelyn kuivumisen jälkeen alaohjauspuihin kiinnitettiin nitojalla EPDM-tiivistysnauhat (kuva 17), sokkelia vasten tulevalle lappeelle kaksin kappalein sekä elementtiä vasten tulevalle lappeelle keskeisesti yksi kappale. Tämän eteenipropeenikumin tarkoituksena on tiivistää mahdolliset raot sokkelin ja alaohjauspuun sekä alaohjauspuun ja CLT-elementin väleissä.



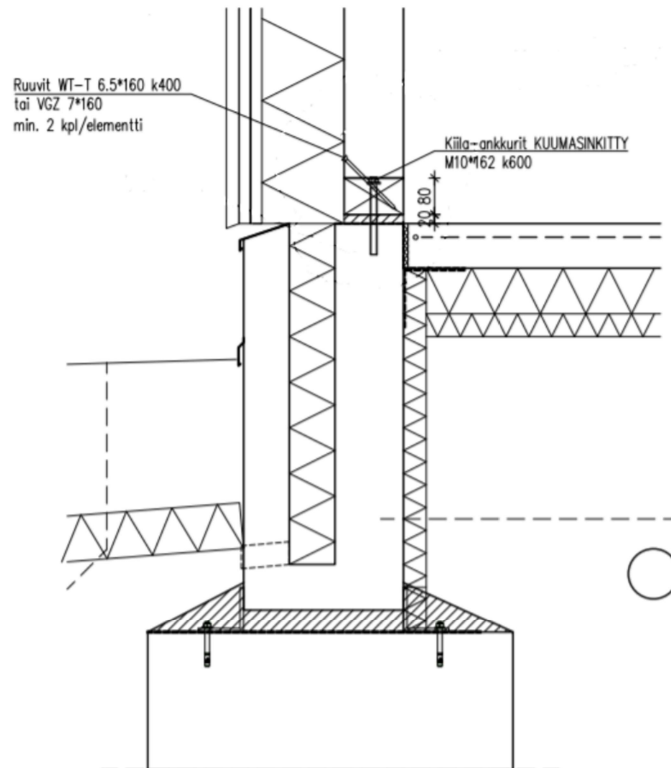
Kuva 16. CLT-elementtien alaohjauspuiden bitumisively.



Kuva 17. 120mm paksujen ulkoseinäelementtien alle tuleva 100x120mm kokoinen alaohjauspuu.

Alaohjauspuun koko tulee varmistaa pohjapiirustuksista, tarkistamalla CLT-seinän paksuus. Alaohjauspuun koko määräytyy CLT-elementin paksuuden mukaan, sillä sen tulee leveydeltään olla sama kuin sen päältä nousevan seinän paksuus (kuva 18). Ulkoseinäelementtejä on kolmea eri paksuutta, 120mm,

160mm ja 220mm. Väliseinäelementtejä edellä mainittujen kokojen lisäksi on myös 80mm paksuja.



Kuva 18. Detalji CLT-elementtien alapäiden kiinnityksestä (Sokopro 2020b).

Oikean alaojhauspuun valitsemisen jälkeen tulee vielä varmistua sokkelien korkojen paikkaansa pitävyydestä. Ulkoseinäelementtien alla olevien sokkelielementtien yläpinnat ovat asennettu samaan +102.050 korkoon koko rakennuksen ympäri, joten ulkoseinäelementtien alle ei ollut tarpeellista tehdä tasausvalua 100mm korkeiden alaojhauspuiden alle. Käytännössä sokkelielementtejä ei millilleen samaan korkoon koko rakennuksen ympäri ole saatu asennettua, mutta +/-10mm on tässä tapauksessa riittävä tarkkuus.

Väliseinäsockelit ovat paikallavalettuja rakenteita, joissa yläpinnan korot heittelivät toisiinsa nähden. Väliseinäsockeleihin kiinnitettävien 80mm korkeiden alaoh-

jauspuiden alle oli tehtävä tasausvalu korkoon +102.070. Näin varmistuttiin ensimmäisen kerroksen seinäelementtien samasta alapinnan korosta koko rakennuksessa.

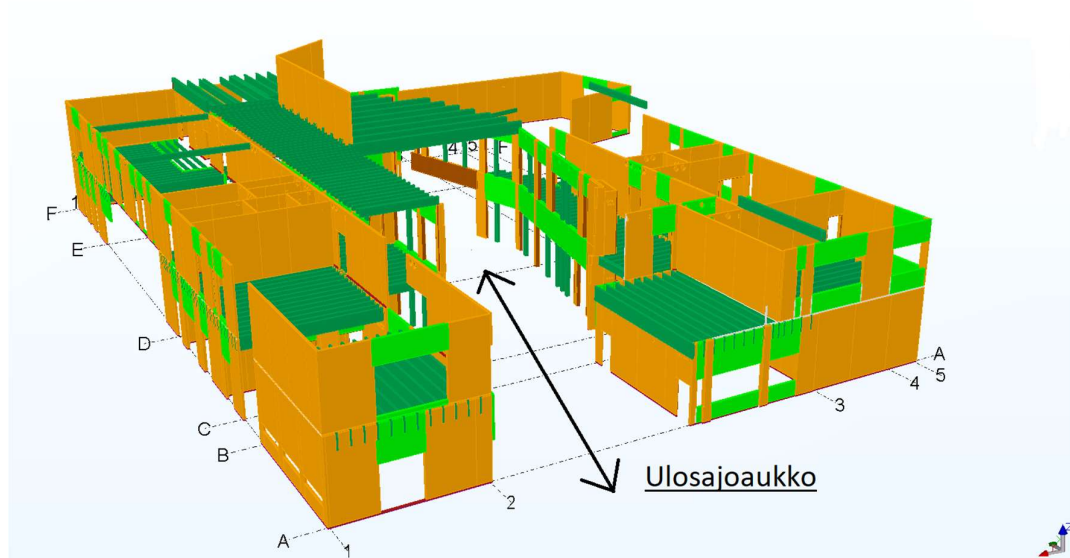
Alaohjauspuut kiinnitettiin sokkeliin M10x162 kiila-ankkureilla 600mm välein. Alaohjauspuuhun porattiin 20mm puuporanterällä syvennys jokaiselle kiila-ankkurille, jotta ankkurin kierretanko ei jää kantamaan CLT-elementin alla. Kiinnityksen jälkeen alaohjauspuihin merkittiin CLT-elementtien ovi- ja ikkuna-aukot sekä väliseiniä varten ääniraot.

Alussa puutteellisen ohjeistuksen vuoksi osa väliseiniä alaohjauspuut asennettiin liian leveinä, mutta onneksi tässä ei monen työtunnin edestä virhettä kuitenkaan tapahtunut. Alaohjauspuut vaihdettiin kyseisiltä seinälinjoilta oikean kokoon.

## **5.7 Asennuksen ensimmäinen vaihe**

Kuten jo aikaisemmin luvussa 4 mainittu, asennuksen ensimmäisessä vaiheessa asennettiin suurin osa ensimmäisen ja toisen kerroksen ulko- ja väliseinäelementteistä sekä välipohjan liimapuupalkeista pois lukien sääsuojan ulosajoaukon kohta (kuva 19). Tämä johtuu tarpeesta pitää HIAB-autolle kulkuväylä sääsuojan sisälle auki vielä kattoristikoiden asennuksen ajan.

Elementtien asennusjärjestys (liite 4) on yhteydessä Binderholzin kanssa sovitun toimitusjärjestykseen. Asennus aloitettiin moduulilinjalta F, josta jatkettiin suunnitellun asennusjärjestyksen mukaisesti.



Kuva 19. Kuvakaappaus CLT-rakenteiden IFC-mallista (Sokopro 2020a).

### 5.7.1 Ensimmäisen kerroksen ulkoseinät

Ulkoseinäelementit nostettiin alaohjauspuun päälle rikkomatta EPDM-tiivistenauhaa ja ne kiinnitettiin ulkopuolelta alaohjauspuihin VGZ 7x160mm puuruuveilla 400mm välein (kuva 20). Ruuvit on ruuvattava tarpeeksi pystysuorassa, jotta ruuvin pää ei tule seinän sisäpinnasta läpi. Seinäelementtien pystysuoruus tarkistettiin vatupassilla, ja se tuettiin väliaikaisilla lankkutuenuilla seinien ulkopinnoista sääsuojan telineisiin.

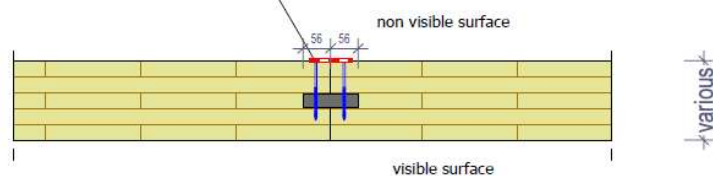
Seinäelementtejä kiinnitettäessä toisiinsa ruuvattiin jo pystyssä olevan elementin ponttiin 28x112 mm kokoinen kiinnityslauta (kuva 21), joka pitää elementit ruuvauksen jälkeen yhdessä. Asennettava elementti laskettiin pystyssä olevan elementin viereen niin lähelle, kuin se vaurioitta oli mahdollista, jonka jälkeen pystysauma kiristettiin elementtivetimellä (kuva 22), jotta sisäpuolen pystysauma saatiin mahdollisimman tiiviiksi. Elementtivetimen leuat lyödään moskalla piiloon jäävältä puolelta seinään kiinni ja räikkää pyörittäessä vedin kiristyy. Elementit ruuvattiin CLT:n ponttiin asennettuun lautaan HBS 6x60, 6x140 tai 6x140mm ruuveilla riippuen seinäelementin paksuudesta.



Kuva 20. Ulkoseinäelementin kiinnitys alaohjauspuihin VGZ 7x160mm puuruuveilla.

Tässä työvaiheessa esiintyi jonkun verran puutteita elementtien työstöjäljessä. Elementtien saumoja jouduttiin höyläämään epätasaisuuksien vuoksi. Työstämällä elementtejä työmaalla saatiin epätasaiset raot elementtien sisäpuolen saumoista hävitettyä

HBS 6x140; for BBS 160mm  
 HBS 6x120; for BBS 120mm  
 HBS 6x60; for BBS 80mm



Kuva 21. CLT-elementin kiinnitysdetalji (Sokopro 2020b).



Kuva 22. Elementtivetimellä saadaan saumat tiukasti puskuun.

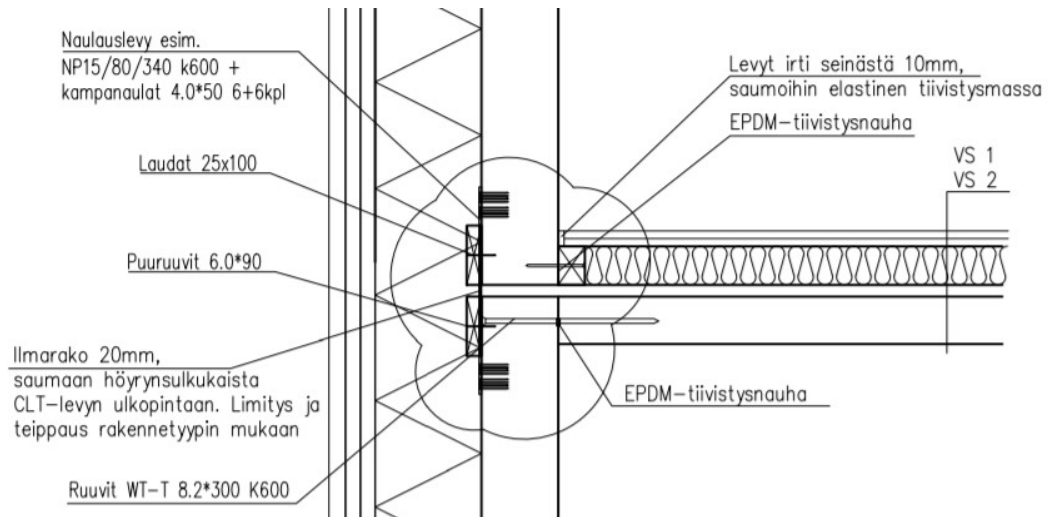
### 5.7.2 Ensimmäisen kerroksen väliseinät

Kohteen CLT-väliseinien pinnat jäävät vain toispuoleisesti näkyville. Seinien piiloon jäävien pintojen puolelle rakennetaan kevyt levyväliseinä rakennedetaljien mukaisesti (kuva 23). Väliseinien alapäiden sekä elementtien väliset kiinnitykset tapahtuivat samalla periaatteella, kuin ulkoseinäelementtienkin. Kaikki ruuvausliitokset suoritettiin piiloon jäävien pintojen puolelta, jos mahdollista. Tässäkin tapauksessa on huomioitava ruuvien tarpeeksi suuri pystysuoruus, jotta pitkien puuruuvien kärjet eivät tule näkyville jääviltä puolilta esiin.

Näkyville jäävien pintojen puolelta, alakaton alapuolelta ruuvatessa tuli porata 20mm karmiporanterällä alkureikä ennen ruuvausta. Ruuvauksen jälkeen liimattiin reikiin puutulpat, jotka sisätyövaiheessa hiotaan seinäpinnan tasaan. Väliseinät tuettiin toisiinsa ja ulkoseiniin seinien päältä väliaikaisilla reivalaudoilla, jotka voitiin purkaa välipohjapalkkien asennuksen jälkeen.

Väliseinäelementtejä asennettaessa muutamaan elementtiin oli eksynyt väärät elementtitarrat, joista käy ilmi elementin oikea paikka. Kaksi elementtiä ehdittiin

epähuomiossa asentamaan paikalleen, kunnes virhe löytyi ja elementit jouduttiin vaihtamaan oikeille paikoilleen.



Kuva 23. Rakennedetalji väliseinän liittymisestä ulkoseinään (Sokopro 2020c).

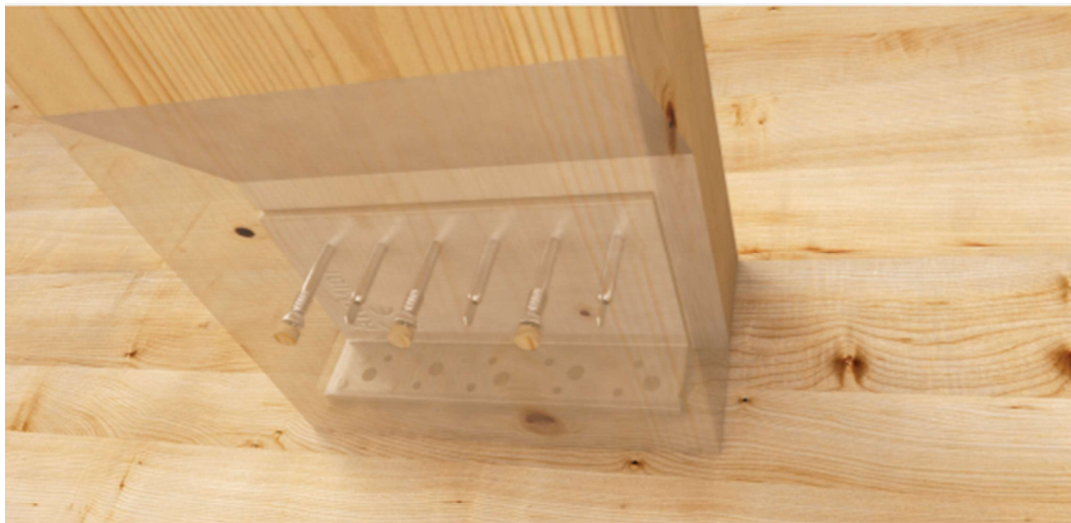
Opintoaulan (kuva 24) CLT- ja liimapuupilarit eroavat alapään kiinnityksestä väliseinäelementteihin. Aulan sokkelinostoihin kiinnitettiin Rothoblaasin Alumidi kiinnitysosat (kuva 25) M10x98 kiila-ankkureilla. Puupilareihin on tehtaalla työstetty lovet, joihin Alumidi-osat uppoavat. Pilareihin porattiin alkureiät 20mm karmiporanterällä ja ne ruuvattiin kyljistään poraruuveilla kiinni Alumideihin.

Aulan sokkelinostoja valettaessa olisi tullut olla korkojen kanssa enemmän tarkkuutta. Nostojen yläpäiden korot heittelivät +/- 20mm, joka hankaloitti Alumidi-osien kiinnitystä ja nostojen päälle tulevien pilarien yhteiseen korkoon saamista.





Kuva 24. Opintoaulan CLT-rakenteet.

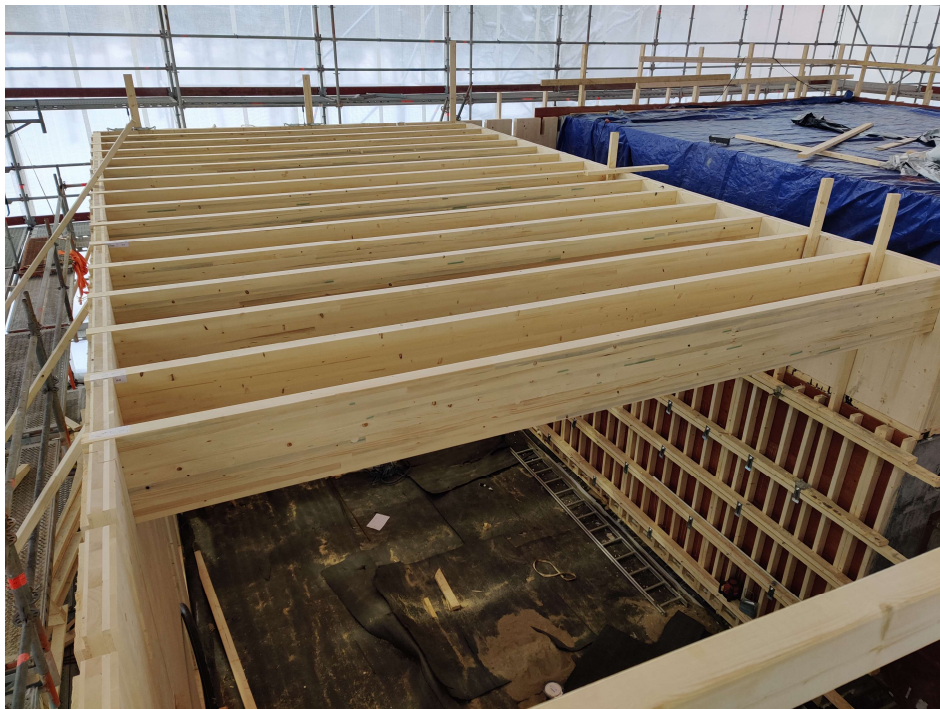


Kuva 25. Havainnollistava kuva Aluminin kiinnitystavasta pilariin (Rothoblaas 2020).

### 5.7.3 Välipohjapalkit

Liimapuiset välipohjapalkit (kuva 26) nostettiin elementeissä tehtaalla tehtyihin loviin ja ne kiinnitettiin WT-T 6,5x160mm puuruuveilla seinäelementteihin palkkien kyljistä vinoruuvauksin. Välipohjapalkit eivät jää näkyviin, joten näiden käsittelyssä tai ruuvauksia suorittaessa ei ole tarpeellista yhtä huolellinen työskentely, kuin seinäelementeissä. Toisaalta työturvallisuusriski välipohjapalkkeja asennettaessa on astetta suurempi kuin seinäelementeissä, jotka voidaan asentaa telineiltä käsin. Kaksihaararaksit jouduttiin irrottamaan nojatikkailta käsin ja tässä on aina vaara tikkaiden kaatumiselle.

Palkit eivät pituuksiltaan vastanneet aivan täysin vaadittua, vaan ne olivat paikoin noin 20mm liian pitkiä. Tämä ylimääräinen pituus hävitettiin ulkoseinien ulkopuolelle. Jälkikäteen huomattuna olisi tämä ulkoseinälinjan ulkopinnasta yli tuleva palkin osuus pitänyt sahata moottorisahalla seinäpinnan tasaan. Ulkoseinien eristetöissä ylipitkät palkit hankaloittivat villan saamista tiiviisti ulkoseinää vasten palkkien kohdilla.



Kuva 26. Välipohjapalkistoa asennettuna.

Kohdissa, joissa välipohjapalkit tulevat paikalla valettuihin betoniseiniin kiinni, käytetään palkeille sopivia palkkikengkiä (kuva 27), jotka kiinnitetään seiniin M10x98 kiila-ankkureilla. Palkit laskettiin palkkikengien päälle ja ammuttiin ankkurinaulaimella palkkikengistä kylkiinsä 4x40mm kokoisilla ankkurinauloilla kiinni. Palkkikengkiä asennettaessa kiinnitettiin seiniin 48x48mm rima ohjuriksi, jotta kengät saadaan samaan korkoon toisiinsa nähden. Tämä rima toimii myös jatkossa koolauksena välipohjan kipsilevytykselle.



Kuva 27. Välipohjapalkkien kiinnitys jäykistäviin betoniseiniin palkkikengillä.

Kun ensimmäisestä välipohjapalkkikuormasta saatiin asennettua noin puolet, alkoi toinen työryhmä kiinnittämään välipohjavanereita. Näin varmistuttiin, ettei vaneriasentajien tarvitse työskennellä samalla työalueella elementtiasentajien kanssa, jolla vältettiin mahdolliset vaaratilanteet nostotöiden aikana ja että palkkiasennukset saivat riittävästi etumatkaa, jolloin vanerointi tapahtui katkeamattomasti.

Välipohjavanerointi tehdään 18mm ympäripontatulla havuvanerilla ruuvaten palkki- sekä seinälinjoihin 600mm jaolla. Vaneri antoi toisen kerroksen elementtiasennuksissa tasaisen ja tukevan työskentelyalustan. Vanereita kiinnitettäessä tuli asentajilla olla jatkuvasti putoamisvaljaat päällä korkean putoamisriskin takia.

#### 5.7.4 Toisen kerroksen ulkoseinäelementit

Toisen kerroksen elementit (kuva 28) lähtevät välipohjavaneroinnin päältä. Näin ei ole tarvetta alaohjauspuun asennukselle muualla kuin ontelolaattatasojen päällä. Välipohjavanereihin merkittiin elementtien paikat samalla tavalla kuin ensimmäisen kerroksen elementtien paikat mitoitettiin alaohjauspuihin.



Kuva 28. Ulkoseinäelementtien asennus käynnissä toisessa kerroksessa.

Elementit ruuvattiin kiinni välipohjapalkkeihin sekä alempiin seiniin WT-T 6,5x160mm puuruuveilla 300mm välein vinoruuvauksin. Nämä ruuvaukset suoritettiin sisäpuolelta maksimissaan 250mm korkeudelta välipohjavanerista mitattuna. Välipohjavaneroinnin päälle tuleva 30mm paksu askeläänieriste, 100mm

paksu betonivalu sekä 120mm korkea jalkalista, peittävät ruuvinkannat eivätkä ne näin jää näkyviin sisäpuoleltakaan ruuvatessa. Ontelolaattojen päällä alapään kiinnityksessä toimii sama tekniikka kuin ensimmäisessä kerroksessa.

### 5.7.5 Toisen kerroksen väliseinäelementit

Toisen kerroksen CLT-väliseinälinjojen (kuva 29) mitoittaminen oli jo huomattavasti haasteellisempaa kuin ensimmäisen kerroksen, koska seinät eivät nouse valmiiden sokkeleiden päältä. Ennen asennuksen aloitusta tuli mittamiehen merkitä välipohjavanereihin väliseinälinjat pohjapiirustuksien mukaisesti. Linjojen merkkauksen jälkeen ruuvattiin välipohjaan 48x98mm lankut seinälinjojen ohju-reiksi (kuva 30). Tällä elementtiasennusta saatiin sekä helpotettua että nopeutettua, jolloin elementit voitiin nostaa lankun syrjää vasten suoraan oikeille linjoilleen. Elementit kiinnitettiin alapäistä alla oleviin välipohjapalkkeihin WT-T 6,5x130mm puuruuveilla 600mm välein. Kiinnityksen jälkeen tarkistettiin seinän pystysuoruus vatupassilla ja seinä reivattiin lankuilla piiloon jääviltä välipohjaan kiinni.



Kuva 29. Toisen kerroksen väliseinäelementtien asennus käynnissä.



Kuva 30. Toisen kerroksen väliseinien ohjurilankku.

## 5.8 Asennuksen toinen vaihe

Asennuksen toinen vaihe alkoi, kun elementtiasennukset olivat valmiit aulan yläpohjapalkkeja sekä ulosajoaukon kohdalla olevia rakenteita lukuun ottamatta. Tämä vaihe sisältää kattoristikoiden asentamisen, aulan liimapuusten yläpohjapalkkien asennuksen sekä valosiepparin puurunkoisen seinän teon. Työt käynnistyivät kattoristikoiden asentamisella koko rakennuksen ympäri paitsi ulosajoaukon kohdalle.

Kun kaikki vapaasti asennettavissa olevat ristikot oli saatu paikoilleen, jatkui työ aulan yläpohjapalkkien asennuksella. Aulan liimapuupalkit ovat melko massiivisia, dimensioiltaan 193x810mm ja pisimmät pituudeltaan melkein 12m. Palkit nostetaan aulan CLT-rakenteiden loviin ja ruuvataan niihin kiinni kyljistä WT-T 8,2x160mm puuruuveilla 300mm välein. HIAB-auton nosturin ulottuvuuden sekä

korkeussuunnassa sääsuojan ahtauden takia on tätä vaihetta tahdistettava palkkien päälle tulevien kattoristikoiden sekä puurunkoisen seinän takia (kuva 31). Yläpohjapalkkeja aulan päällä on yhteensä 17 kappaletta. Näin oli tässä vaiheessa mahdollista asentaa rakennuksen perältä katsottuna vain ensimmäiset 6 kappaletta palkeista. Näiden palkkien asennuksen jälkeen oli käytävä rakentamaan 48x198mm kokoisesta puutavarasta tehtävää valosiepparin seinää. Kun seinää on tehty asennettujen yläpohjapalkkien määräämään kohtaan, nostetaan seinän päälle tulevien kattoristikoiden lisäksi myös yläpohjapalkkien päälle ne ristikit, jotka ovat asennettavissa. Tätä työvaihetta jatketaan, kunnes aulan päälle tulevat rakenteet ovat valmiit.



Kuva 31. Aulan yläpuoliset rakenteet.

Aulan yläpohjarakenteet asennetaan niin pitkälle, että HIAB-auto saadaan ajettua aulan alta pois. Tämän jälkeen betonoidaan aulan katsomoportaiden päätysokeli sekä portaiden alle tuleva reunavahvistettu laatta. Nämä betonirakenteet katkaisevat auton kulun aula-alueen alle, joten on varmistuttava nosturin ulottuvuuden riittämisestä aulan kattoristikoiden asennukselle. Katsomoportaiden rakenteet sekä aulan päädyn CLT-rakenteet voidaan asentaa tämän jälkeen.

Auto peruutetaan viimeisten sisäpuolisten sokkelilinjojen yli, joiden muotti-, rau-  
doitus- ja betonointityöt suoritetaan heti tämän jälkeen. Sokkeleiden betonointien  
jälkeen tehdään viimeiset vähäiset täyttötyöt rakennuksen sisäpuolelle pienellä  
kaivinkoneella. Ulosajoaukon kohdalla olevat CLT-seinät, välipohjapalkit sekä  
kattoristikot asennetaan paikalleen betonin saavutettua tarpeeksi lujutta.

Ennen viimeisten ulkoseinäelementtien asennusta kiinnitetään puuttuva sokke-  
lielementti betonianturaan. Ulosajoaukon sääsuojarakenteita on purettava edestä  
ennen viimeisten CLT-rakenteiden ja kattotuolien nostotöiden aloitusta tilanpuut-  
teen takia. Tämä pitkä työvaihe katsotaan päättyneeksi, kun HIAB-auto on raken-  
nuksen ulkopuolella ja viimeisetkin yläpohjarakenteet ovat asennettuina.

## **6 Laatu ja tulokset**

### **6.1 Sinistymät CLT- ja liimapuurakenteissa**

Elementtiasennusta aloittaessa suoritettiin mallityö, jossa tarkasteltiin työmaan  
valvojen kanssa tehdyn työn laatua. Valvojat huolestuivat havaituista sinisty-  
mistä (kuva 32) piiloon jäävillä pinnoilla CLT- ja liimapuurakenteissa. Elementti-  
asennus jouduttiin keskeyttämään muutamaksi päiväksi, ennen kuin yhteisym-  
märyksessä saatiin lupa urakoitsijan omalla vastuulla jatkaa  
elementtiasennusta.

Binderholzin kanssa asiaa selvitettyä kävi ilmi, että standardin SFS-EN 14081-  
1 mukaan, sinistymisellä ei ole vaikutusta puun lujuuteen eikä sitä saisi hylätä  
näkyvämmän laadun kriteerillä asetetussa liimapuupalkin tai BBS CLT:n tuotan-  
nossa (Hoell 2020). Eli sinistymät rakenteissa eivät ole muuta, kuin visuaalinen  
haitta. Tämän lisäksi projektin kosteuskoordinaattorin kanssa otettiin näytteet ra-  
kenteista, jotka toimitettiin laboratorioon viljelytestiin. Tämä varmisti myös sen,  
että mikrobiongelmia ei rakenteissa ole.

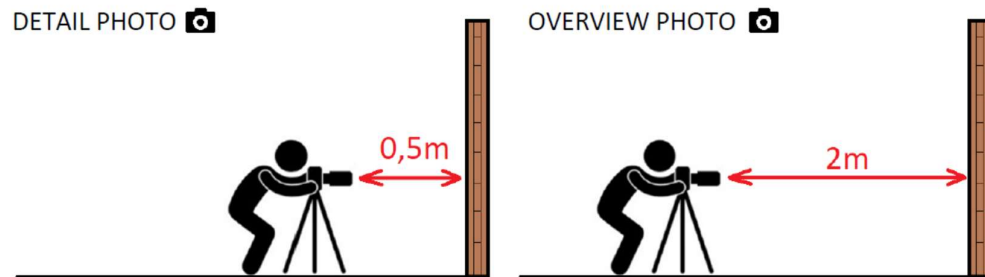




Kuva 32. Sinistymää liimapuisessa välipohjapalkissa.

## 6.2 CLT-elementtien laatu

CLT-elementeissä havaittiin oikeastaan jokaisessa toimituksessa työstövirheitä. Elementtien sivuissa oli lohkeamia sekä epätasaisuuksia, jotka olisivat vaikuttaneet merkittävästi elementtisaumojen kiinni saamiseen. Näitä jouduttiin asennusaikana työstämään höyläämällä, eikä kaikkia virheitä edes saatu asennusvaiheessa korjattua. Tämän lisäksi elementeissä oli jonkun verran likäjälkiä näkyvillä pinnoilla. Kaikki laatupoikkeamat dokumentoitiin Binderholzin ohjeiden mukaisesti (kuva 33) ja lähetettiin sähköpostitse aina sitä mukaa kun niitä havaittiin sekä kasattiin yhteen reklamointilistaan, joka taloudellisessa loppuselityksessä käydään läpi.



Kuva 33. Laatupoikkeamien valokuvausohje (Mühllechner 2020b).

Elementtejä jouduttiin vaihtamaan kaiken kaikkiaan neljä kappaletta. Yksi elementti oli vääränlainen ja kolme elementtiä oli kuljetuksen aikana saaneet kosteutta muovipeitteiden repeämisen takia, jolloin kuormaa vastaanottaessa kosteuspiikkimittari antoi arvoksi yli tavarantoimittajan raja-arvon 18%. Uusien elementtien tilaaminen ei tietenkään toivottava asia ollut, koska kolmen viikon toimitusaika hidasti työn etenemistä. Tämän takia tehtiin päätös, että pienimmät laatupoikkeamat on korjattava työmaalla asennuksen jälkeen, jotta rakennustyömaa ei seiso elementtien odotuksen takia.

Elementtisaumat eivät hyppää silmään, jos ne ovat tasaiset koko matkalta. Saumat, joissa esiintyy pykälää, eli esimerkiksi alareuna yhden metrin matkalta on tasaisesti kiinni ja tästä ylöspäin elementtisauma jatkuu muutaman millin raolla näyttävät selkeästi työstövirheeltä. Näissä helpoin korjaustapa on ajaa sauma leveämmältä matkalta käsisirkkelillä auki ja liimata uraan sopiva rima, jolla saadaan sauma siistiksi.

### 6.3 Asennustyön tulokset

Elementtiasennukset saatiin suoritettua ilman työtaturmia, joka on ensiarvoisen tärkeää nykyaikaisella rakennustyömaalla. Asentajia jouduttiin muistuttamaan asennusaikana putoamisvaljaiden käytöstä sekä nostoalueiden rajauksesta muutaman kerran, mutta pääasiassa tämä toimi hyvin.

Sääsuojan sisällä varastoitujen elementtipakettien suojaus sen jälkeen, kun paketista yksittäisiä elementtejä otettiin, oli melko puutteellista. Otettuaan paketista

elementtejä olisi työryhmän pitänyt huolehtia muovisuojauksen takaisin laitto elementtien päälle, sillä ilmassa leijailut pöly laskeutui elementtien vaakapinnoille aiheuttaen likaa. Tämä ei katastrofi ollut, vaan tästä selvittiin pintahionnalla epäkeskohiomakonetta käyttäen.

Suurin puute asennustyössä mielestäni oli likaisten hanskojen käyttö töitä tehdessä. Työntekijöitä ohjeistettiin monta kertaa vaihtamaan hanskat heti, havaittuaan niissä likaa. Likaiset hanskat aiheuttivat tahroja elementteihin, jotka joudutaan ennen seinien pintakäsittelyä hiomaan. CLT-seinät ottavat auringosta väriä todella nopeasti sääsuojankin sisällä, joten paikallinen hionta ei tule kysymykseen hionnasta aiheutuvien värierojen takia, vaan elementit on käytännössä hiottava kokonaan.

Elementtien kosteudenhallinta työmaalla onnistui hyvin. Varastoalueelle rakennettu varastohalli oli hyvä ja tarpeellinen ratkaisu elementtien varastoinnin kannalta, koska sääsuojan rajoitettu tila ei mahdollistanut kaikkien elementtien varastointia siellä. Elementtiasennuksessa vältyttiin materiaalien kastumiselta.

Elementtiasennukset itsessään onnistuivat mielestäni hyvin ottaen huomioon, että työryhmällä ei juurikaan aikaisempaa kokemusta CLT-rakentamisesta ollut. Elementeissä oli jonkun verran työstämistä, joka hidasti asennustyötä. Tarkkana piti olla myös lukuisten eri kiinnitysdetaljien kanssa, jotta oikeisiin kohtiin löydettiin vaaditut kiinnitysliitokset. CLT-rakenteiden IFC-malli auttoi työn läpiviemisessä todella paljon sen havainnollistamiskyvyn takia, tätä pyöriteltiin yhdessä työryhmän nokkamiehen kanssa monia tunteja.

Jo asennettujen elementtien suojaus osoittautui ongelmalliseksi, sillä suoja-muovien teippaus pitkäaikaisesti seiniin ei ollut hyväksyttävää jo aikaisemmin mainitun auringon aiheuttamien värimuutosten takia. Rakennustyömaan työntekijöitä käskettiin olla varovaisia työskennellessään näkyville jäävien pintojen läheisyydessä ja olemaan varastoimatta mitään näitä vasten. Tästä jouduttiin mainitsemaan työntekijöille monia kertoja.

## 7 Pohdinta

Puurakentaminen jatkaa koko ajan kasvuaan myös pienrakentamisen ulkopuolella Suomessa, joka on mielestäni todella hyvä asia sen ekologisuuden kannalta. Puuta on uskallettu ruveta käyttämään entistä enemmän myös kerrostaloissa sekä julkisessa rakentamisessa. Näkisin että CLT on vahvasti tullut Suomeen jäädäkseen. Jo rakennusaikana huomaa sääsuojan sisällä raikkaan ilmanlaadun, kun betonipölyä ei leijaile ilmassa. Lisäksi puun helppo ja nopea työstäminen työmaalla

Opinnäytetyön aiheena oli saada suunniteltua Kuhmonkadun Koulukampukselle työteknisesti järkevä kokonaisuus elementtien asennustyölle kosteudenhallinnan, työmaalogistiikan ja välivarastoinnin sekä itse asennustyön kannalta. Opinnäytetyön aihe oli itselle mielenkiintoinen ja samalla kyllä haastavakin. Nuorelle työnjohtajalle tämän mittaluokan työvaiheen johtaminen on iso ja lopulta kylläkin palkitseva asia. Mielestäni työn suunnittelu itsessään onnistui hyvin, vaikka yllättäviä asioita eteen tulikin, joita ei työvaihesuunnittelua tehtäessä osattu ottaa huomioon. Elementtien toimitusaikaa olisi voinut pidentää jonkin verran, jotta elementtien varastointi työmaalla ei olisi venynyt niin pitkäksi, mutta hyvällä varastointisuunnitelmalla paketit varastoitua asiaan kuuluvalla tavalla.

Elementtiasennuksessa yllättävintä oli tehtaan työstövirheet CLT-elementeissä. Kuvitelma oli ennen asennustöiden aloitusta, että tämä olisi kuin suuri palapeli, joka täytyisi vain kasata valmiiksi. Elementtien työstöön käytettiin lukuisia tunteja työmaalla, eniten aularakenteiden yhteydessä. Myöskään elementtien toimitusajat eivät pitäneet sovituissa aikatauluissa, vaan yleensä elementtitoimitukset tulivat muutamaa päivää aikaisemmin. Jos kyse ei olisi ollut näin kosteusherkistä materiaaleista, olisi kuorman purku jätetty sovituille päiville.

Valitettavasti elementtiasennuksen toinen vaihe ei kerennyt valmistua tätä opinnäytetyötä palautettaessa, mutta siihen on nyt opinnäytetyön yhteydessä tehty selkeä työvaihesuunnitelma. Tätä opinnäytetyötä voidaan myös jatkossa käyttää apuna samankaltaisissa elementtiasennuksissa.

## Lähteet

- Binderholz GmbH. 2020a. CLT BBS-levy  
[https://www.binderholz.com/fileadmin/user\\_upload/pdf/perustuotteet/binderholz\\_CLT\\_BBS\\_LEVI.pdf](https://www.binderholz.com/fileadmin/user_upload/pdf/perustuotteet/binderholz_CLT_BBS_LEVI.pdf). 18.2.2020.
- Binderholz GmbH. 2020b. Perheyryitys  
<https://www.binderholz.com/fi/perheyryitys/>. 11.2.2020.
- Binderholz GmbH. 2020c. Office building, Lieksa reference  
<https://www.binderholz.com/en-us/mass-timber-solutions/binderholz-office-building-lieksa-finland/>. 2.4.2020.
- CLT Plant Oy. 2020. Tietoa CLT:stä.  
<https://www.cltplant.com/fi/clt-rakentaminen.link>. 13.4.2020.
- Crosslam Kuhmo Ltd. 2020a. CLT-levyn tekniset tiedot  
<https://www.crosslam.fi/tuotteet/tekniset-tiedot.html>. 18.2.2020.
- Crosslam Kuhmo Ltd. 2020b. Syrjäliimaamaton CLT.  
<https://www.crosslam.fi/uutiset/uutiset/syrjaliimaamaton-clt-parasuomen-olosuhteisiin.html>. 18.2.2020.
- Hoell, R. 2020. Sinistymistä näkymättömässä laadussa olevissa liimapuupalkeissa ja BBS CLT:ssä.  
[mikko.pyoriainen@kesalahdenrakennus.fi](mailto:mikko.pyoriainen@kesalahdenrakennus.fi). 6.2.2020.
- Karacabeyli, E. 2013. History of CLT  
<https://research.cnr.ncsu.edu/blogs/clt-panels/history-of-cross-laminated-timber/>. 13.2.2020.
- Karjalainen, M. 2020. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa  
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>. 23.4.2020.
- Kesälahden Rakennus Oy. 2020. Yritys.  
[https://www.kesalahdenrakennus.fi/1\\_7\\_yritys.html](https://www.kesalahdenrakennus.fi/1_7_yritys.html). 11.2.2020.
- Kiintopuu. 2020. Perustietoa CLT:stä  
<http://www.kiintopuu.fi/fi/etusivu/mika-clt-perustietoa-cltsta.html>. 18.2.2020.
- Leskinen, M. 2020a. Koulukampuksen kosteudenmittausuunnitelma. Kesälahden Rakennus Oy. Sokopro projektipankki. 19.3.2020.
- Leskinen, M. 2020b. Koulukampuksen putoamissuojaussuunnitelma. Kesälahden Rakennus Oy. Sokopro projektipankki. 4.4.2020.
- Lieksan Kaupunki. 2019. Kuhmonkadun koulukampus  
<https://www.lieksa.fi/koulukampus>. 11.2.2020.
- Lieksan Kaupunki. 2020. Toimitilat ja asuminen.  
<https://www.lieksa.fi/toimitilat-ja-asuminen>. 21.4.2020.
- Mühllechner, A. 2020a. Binderholz.  
[jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi](mailto:jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi). 20.3.2020.
- Mühllechner, A. 2020b. Kesälahden Rakennus Lieksa Kuhmonkatu  
[jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi](mailto:jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi). 31.1.2020.
- Puuinfo Oy. 2020a. Puurakenteissa hiili säilyy pitkään.  
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-resurs-sitehokkuus/puurakenteissa-hiili-s%C3%A4ilyy-pitk%C3%A4n>. 23.4.2020.

- Puuinfo Oy. 2020b. Puun käyttöä voidaan huomattavasti lisätä.  
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-resurs-sitehokkuus/puun-k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%A4-voidaan-lis%C3%A4t%C3%A4>. 26.4.2020.
- Puuinfo Oy. 2020c. Monikerroslevy (CLT).  
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/insinööripuutuotteet/monikerroslevy>. 18.2.2020.
- Pyöriäinen, M. 2019. Koulukampuksen säänsuojasuunnitelma. Kesälahden Rakennus Oy. Sokopro projektipankki. 19.3.2020.
- Rakentamisen kosteudenhallinta. 2020a. Työmaan suojaus  
<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/työmaan-suojaus>. 23.4.2020.
- Rakentamisen kosteudenhallinta. 2020b. Sääsuoijat  
<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/161-saeaesuojaukskalusto/saeaesuojat/156-saeaesuojat>. 19.3.2020.
- Rakentamisen kosteudenhallinta. 2020c. Materiaalien suojaus  
<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/materiaalien-suojaus>. 19.3.2020.
- Rakentamisen laatu ry. 2020a. Mikä on Kuivaketju 10  
<http://kuivaketju10.fi/>. 20.3.2020.
- Rakentamisen laatu ry. 2020b. Kuivaketju10  
Kuivaketju10 sähköinen järjestelmä. 24.4.2020.
- Rakennusteollisuus. 2016. Kuivana rakentaminen  
[https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2016/kuivana\\_rakentaminen\\_opas\\_2016.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/2016/kuivana_rakentaminen_opas_2016.pdf). 22.3.2020.
- Rakennustieto. 2013. Rakennustyömaan säänsuojaus. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Rakennustieto. 2004. Elementtien asennussuunnitelma. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Ramirent Oy. 2020. Sääsuoijat  
<https://www.ramirent.fi/tutustu-palveluihimme/saasuojat>. 26.4.2020.
- Rothoblaas. 2020. Alumidi catalogue.  
[https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product\\_file/file/35082/ALUMIDI\\_EN.pdf](https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/35082/ALUMIDI_EN.pdf). 11.4.2020.
- Sokopro. 2020a. Projektipankki. CLT-rakenteiden IFC-malli. 3.4.2020.
- Sokopro. 2020b. Projektipankki. CLT-liitosdetaljit. 9.4.2020.
- Sokopro 2020c. Projektipankki. Seinien liitosdetaljit. 9.4.2020.
- Stora Enso Oy. 2013a. CLT – Cross laminated timber  
<http://www.clt.info/fi/tuote/>. 21.4.2020.
- Stora Enso Oy. 2013b. CLT – Massiivipuukurakentaminen  
<https://www.clt.info/fi/tuote/clt-massiivipuukurakentaminen/>. 18.2.2020.
- Telinekataja Oy. 2020. KH-sääsuojat  
<https://telinekataja.fi/saasuojat/kh-saasuojat/>. 25.4.2020.
- Työsuojeluhallinto. 2015. Työnantajan vastuu työsuojelussa  
<https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/vastuut-tyosuojelussa/tyonantaja>. 4.4.2020.
- Työturvallisuuskeskus. 2020. Työsuojelu työpaikan arjessa  
[https://ttk.fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_tyosuojelu/tyosuojelu\\_tyopaikalla/vastuut\\_ja\\_veloitteet](https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu/tyosuojelu_tyopaikalla/vastuut_ja_veloitteet). 4.4.2020.

- Walch, A. 2019. Lieksa CLT  
[mikko.pyoriainen@kesalahdenrakennus.fi](mailto:mikko.pyoriainen@kesalahdenrakennus.fi). 16.12.2020.
- Webdynasty. 2018. Lieksan kaupunginhallituksen kokous 17.9.2018  
<http://webdynasty.pohjoiskarjala.net/Dynasty/Lieksa/kokous/20182202-8.HTM>. 21.4.2020.
- Ympäristöministeriö. 2020. Puurakentamisen ohjelma  
<https://www.ym.fi/puurakentaminen>. 23.4.2020.

## CLT-elementtien asennussuunnitelma

## CLT-ELEMENTTIEN ASENNUSSUUNNITELMA

1. Kohdetiedot työmaasta Sivu 1**Työmaa**

Rakennuskohde	Kuhmonkadun koulukampus Uudisrakennus	Osoite	Kuhmonkatu 30 81700 Lieksa
Rakennuslupa n:o		Puhelin	Fax

**Henkilöstö**

Päätöntehtävä	KESALAHDEN RAKENNUS OY	Puhelin	0405792640	Fax
		e-mail	<a href="mailto:sampo.huttunen@kesalahdenrakennus.fi">sampo.huttunen@kesalahdenrakennus.fi</a>	
Vastaava työnjohtaja	Markku Leskinen	Puhelin	0440577475	Fax
		e-mail	<a href="mailto:markku.leskinen@kesalahdenrakennus.fi">markku.leskinen@kesalahdenrakennus.fi</a>	
Työnjohtaja	Jaakko Haverinen	Puhelin	0503373933	Fax
		e-mail	<a href="mailto:jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi">jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi</a>	
Työmaan valvoja	Jarmo Pehkonen	Puhelin	0505244949	Fax
		e-mail	<a href="mailto:jarmo.pehkonen@protiimi.com">jarmo.pehkonen@protiimi.com</a>	
Rakennesuunnittelija	Heikki Ainasoja	Puhelin	0407068792	Fax
		e-mail	<a href="mailto:heikki.ainasoja@rakenne.fi">heikki.ainasoja@rakenne.fi</a>	
Elementtisuunnittelija	Binderholz Bausysteme GmbH	Puhelin	+43 664 884 18 243	
		e-mail	<a href="mailto:arthur.walch@binderholz.com">arthur.walch@binderholz.com</a>	

Elementtitoimittaja A	Binderholz Bausysteme GmbH Arthur Walch	Puhelin	+43 664 884 18 243	
		e-mail	<a href="mailto:arthur.walch@binderholz.com">arthur.walch@binderholz.com</a>	
Tuotannon vastuhenkilö		Puhelin		
Kuljetuksen vastuhenkilö		Puhelin		Fax
Elementtitoimittaja B		Puhelin		Fax
		e-mail		
Tuotannon vastuhenkilö		Puhelin		Fax
Kuljetuksen vastuhenkilö		Puhelin		Fax
Elementtitoimittaja C		Puhelin		Fax
		e-mail		
Tuotannon vastuhenkilö		Puhelin		Fax
Kuljetuksen vastuhenkilö		Puhelin		Fax

Elementtien asennusliike	Kesälahden Rakennus Oy	Puhelin		
		e-mail		
Asennustyönjohtaja	Henri Ryyänen	Puhelin	0405041387	Fax
		e-mail	<a href="mailto:henri.ryyanen@outlook.com">henri.ryyanen@outlook.com</a>	
	Jaakko Haverinen	Puhelin	0503373933	Fax
		e-mail	<a href="mailto:jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi">jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi</a>	

**Nosturit**

Nosturityyppi 1	hiab-auto 70t (nosturi: Palfinger E PJ170 V1E)	Nostoleho	7t (10m)	Ulottuma	20 m
		Max.tukijalkakuorma	n.25t		
Nosturityyppi 2		Nostoleho		Ulottuma	m
		Max.tukijalkakuorma			
Nosturityyppi 3		Nostoleho		Ulottuma	m
		Max.tukijalkakuorma			

**Suunnitelman laatija**

Suunnitelman laatija	Jaakko Haverinen	Puhelin	0503373933	Fax
		e-mail	<a href="mailto:jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi">jaakko.haverinen@kesalahdenrakennus.fi</a>	



## CLT-elementtien asennussuunnitelma

**2. Elementit, nostoapuvälit ja erityistoimenpiteet** Sivu 2

Ulkoseinäelementit				Nostoapuvälit		Kaksihaararakit	
Tyyppi	CLT	Max.pituus	Max.leveys	Max.korkeus	Max.paino	Määrät	
		2,5 m	0,22 m	4,37 m	6 kN	Liite 1	kpl
Väliseinäelementit				Nostoapuvälit		Kaksihaararakit	
Tyyppi	CLT	Max.pituus	Max.leveys	Max.korkeus	Max.paino	Määrät	
		2,50 m	0,12 m	4,3 m	6 kN	Liite 1	kpl
Väli- ja yläpohjapalkit				Nostoapuvälit		Nostoakseli	
Tyyppi	Limapuu	Max.pituus	Max.leveys	Max.korkeus	Max.paino	Määrät	
	GL30C	8,38 m	0,09 m	0,81 m	1,5 kN	Liite 1	kpl
Erikoisnostovälit, elementtien kääntäminen, yhteisnostot yms.						Liitteet	kpl

**3. Työmaatiet, kuormien purku, vastaanotto ja työmaavarastointi**

Nostopaikat	Rakennuksen sisäpuolelta nostosuunnitelman mukaan.		Työmaatiet	Rakennuksen ulkopuolella aluesuunnitelman mukaan. Sisäpuolella nostosuunnitelman mukaan.	
Varastointipaikat	Elementit varastoidaan pääasiassa koko rakennuksen kattavan sääsuojan sisällä, myös varastoalueella olevaan varastohalliin tarpeen mukaan.				
Elementtien vastaanottotarkastus	Elementit tarkastetaan silmämääräisesti ennen kuorman purkua ja sen aikana, mahdolliset lohkeamat ja muut virheet dokumentoidaan (kuormakirja ja/tai muu selvitys) Lisäksi elementeistä mitataan kosteusprosentit, jotka dokumentoidaan erilliseen Excel-taulukkoon.				
Laatupötköemien käsittely	Elementtien asennuksen aloituskokouksessa sovitulla tavalla.			Vastuhenkilöt	
Tiedonkulku:	Asentaja -> as.työnjohtaja -> valvoja/rakennesuunnittelija -> korjaustoimenpiteet			Asennustyönjohtaja Henri Ryyänen, Jaakko Haverinen	
Varastointikalusto ja suojaus	Elementit pidetään asennukseen asti kuljetuksen aikaisissa suojauksissa				
<b>4. Asennusjärjestys</b>					
Asennusjärjestys liitteen 3 mukaisesti					

**5. Toleranssit ja seurantamittaukset**

Toleranssiluokka		Normaalliluokka	Kohdekohtaiset erikoistoleranssit		
		X	Mittatoleranssi +/- 1mm		
Lähtömittaus	Mittattavat kohteet	Erikoisluokka	Mittausperuste	Tekijä	Vastuhenkilö
	Seinälinjojen sijainti		Moduli-/keskilinjat	Päätoteuttaja	Mittamies
Tarkastusmittaukset					
Mittattavat kohteet	Nurkkapisteen	Mittausperuste	Tekijä	Vastuhenkilö	Suoritusajankohta
		Suunnitelmien mukaisuus	Päätoteuttaja	Mittamies	asenn jälkeen
Mittattavat kohteet	Seinälementit	Mittausperuste	Tekijä	Vastuhenkilö	Suoritusajankohta
		Pystysuoruus, sijainti	Asennusryhmä	As.työnjohtaja	asenn.aikana
Mittattavat kohteet		Mittausperuste	Tekijä	Vastuhenkilö	Suoritusajankohta
Mittattavat kohteet		Mittausperuste	Tekijä	Vastuhenkilö	Suoritusajankohta

## CLT-elementtien asennussuunnitelma

6. Asennuksenaikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat		Sivu 3
Tarvittavat väliaikaistuennat		
CLT-elementit tuetaan tarvittaessa säädettävillä elementti- ja reivalaudoilla näkyviin jäämättömiltä pinoilta (alakatton yläpuolelta, aukkojen pielistä)		
Väliaikaistuennat voi purkaa välipohjapalkiston asennuksen yhteydessä.		
Elementtitoimitajan asennusohjeet liitteenä		Lisäohjeet, ks. asennuspiirustukset

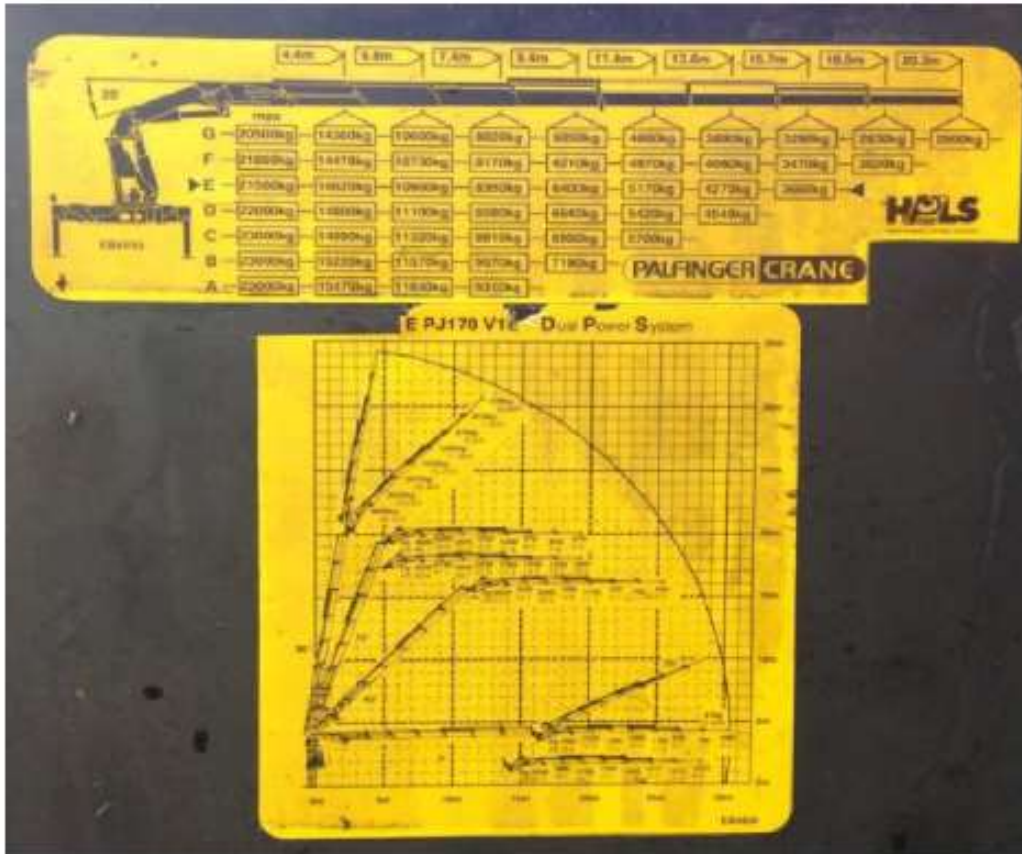
7. Elementtien lopulliset kiinnitykset	
Ruuviliitokset	
Ruuviliitokset rakennesuunnittelijan kiinnitysdetaljien mukaan	Muut pultit Kansiruuvit

8. Työturvallisuus		
Työmaan työsuojelupäällikkö		Puh
Asennusliikkeen työsuojelusta vastaava Markku Leskinen		Puh 0440577475
Asennustyön turvallisuusriskit kartoitettu	OK	
Työtasot	Kenen vastuulla	Asennus- ja purkamisajankohdat
Alumiinitelineet sekä sääsuojan telineet ulkoseinillä	As.työnjohtaja	
Nousutiejärjestelyt	Kenen vastuulla	Asennus- ja purkamisajankohdat
Ei tarvetta		
Kerrosten putoamissuojaus	Kenen vastuulla	Asennus- ja purkamisajankohdat
Ennen 2. kerroksen elementtien asennusta kerrokseen asennetaan kaitteet	As.työnjohtaja	
Vesikattokaiteet ja katoile kulku	Kenen vastuulla	Asennus- ja purkamisajankohdat
Ei tarvetta		
Turvavaljaat	Kenen vastuulla	
Turvavaljaiden käyttö tarvittaessa	As.työnjohtaja	
Erityistoimenpiteet	Kenen vastuulla	Asennus- ja purkamisajankohdat
Nostoapuvälineiden tarkastus	As.työnjohtaja	

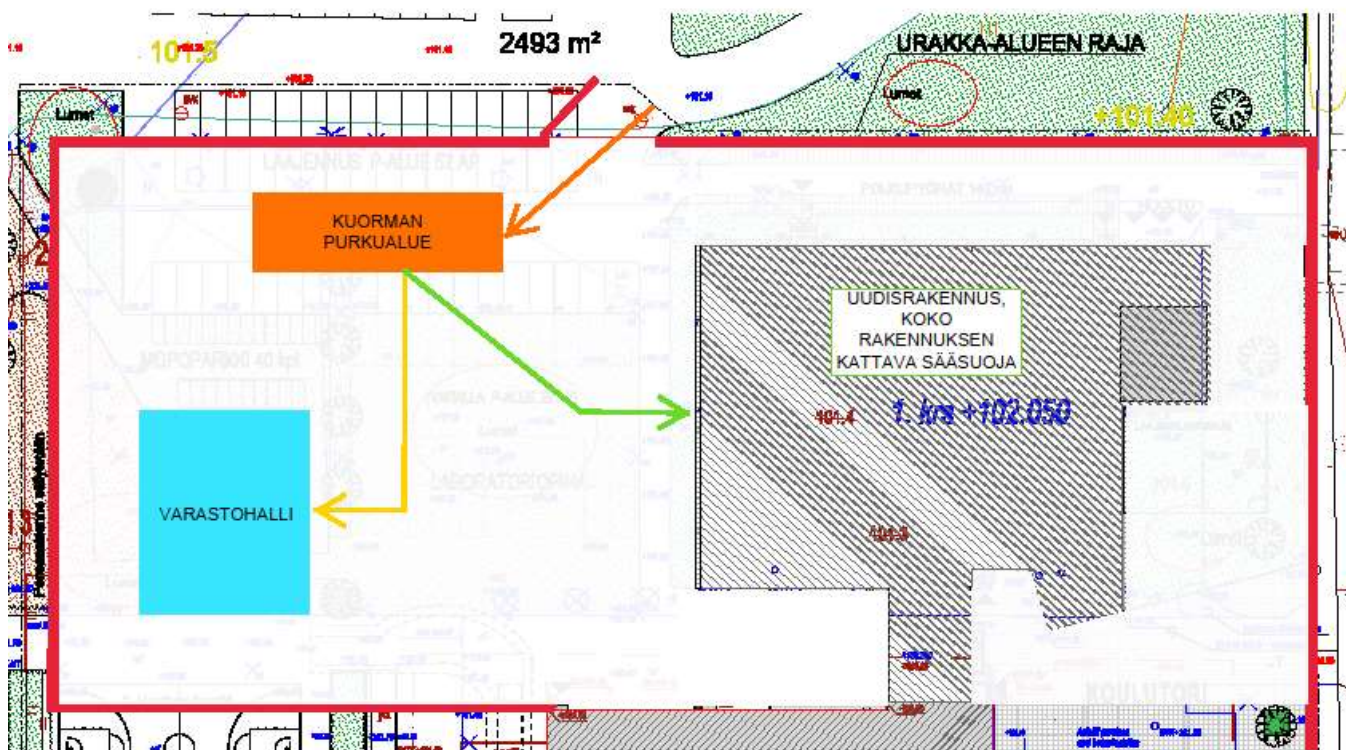
## CLT-elementtien asennussuunnitelma

9. Pätevyudet ja valvonta		Sivu 4
Henkilöpätevyudet, tarkastukset		
Asennustyönjohtaja	Riittävä kokemus, koulutus	
Asentajat	Riittävä kokemus	
Vastaavan rakennesuunnittelijan tarkastukset		
Asennustyön valvonta		
Työturvallisuuskortit	Kaikilla	
Tulityökortit	Ei tarvetta	
10. poikkeamien ja muutosten käsittely		
Pienet poikkeamat; asennustyönjohtaja/vastaava mestari. Tarvittaessa rakennesuunnittelija/valvoja		
Toleranssiylitykset, tukipintavirheet, kiinnitysmuutokset; Rakennesuunnittelija / valvoja		
Elementtivilheet; elementtitoimittaja/rakennesuunnittelija/valvoja		
Poikkeamien käsittely / tiedonkulku: asentaja -> as.työnjohtaja -> valvoja / rakennesuunnittelija		
-> toimenpiteet		
11. Asennussuunnitelman liitteet		
Liite 1	Sisältö Hab-auton nostotaulukko	Sivuja 1
Liite 2	Sisältö Alue- ja varastointisuunnitelma	Sivuja 1
Liite 3	Sisältö Asennus- ja toimitusjärjestys	Sivuja 5
Liite 4	Sisältö Sääsuojan sisäiset nostoalueet ja varastointipaikat	Sivuja 1
Liite 5	Sisältö	Sivuja
Allekirjoitukset		
Suunnitelman laatija	Jaakko Haverinen	Päiväys 22.01.2020
Asennustyönjohtaja	Henri Rynnänen	Päiväys 22.01.2020
Vastaava työnjohtaja	Markku Leskinen	Päiväys 22.01.2020
Päärakennesuunnittelija	Heikki Ainasoja	Päiväys 22.01.2020
Pääsuunnittelija	Kari Kämäräinen	Päiväys 22.01.2020

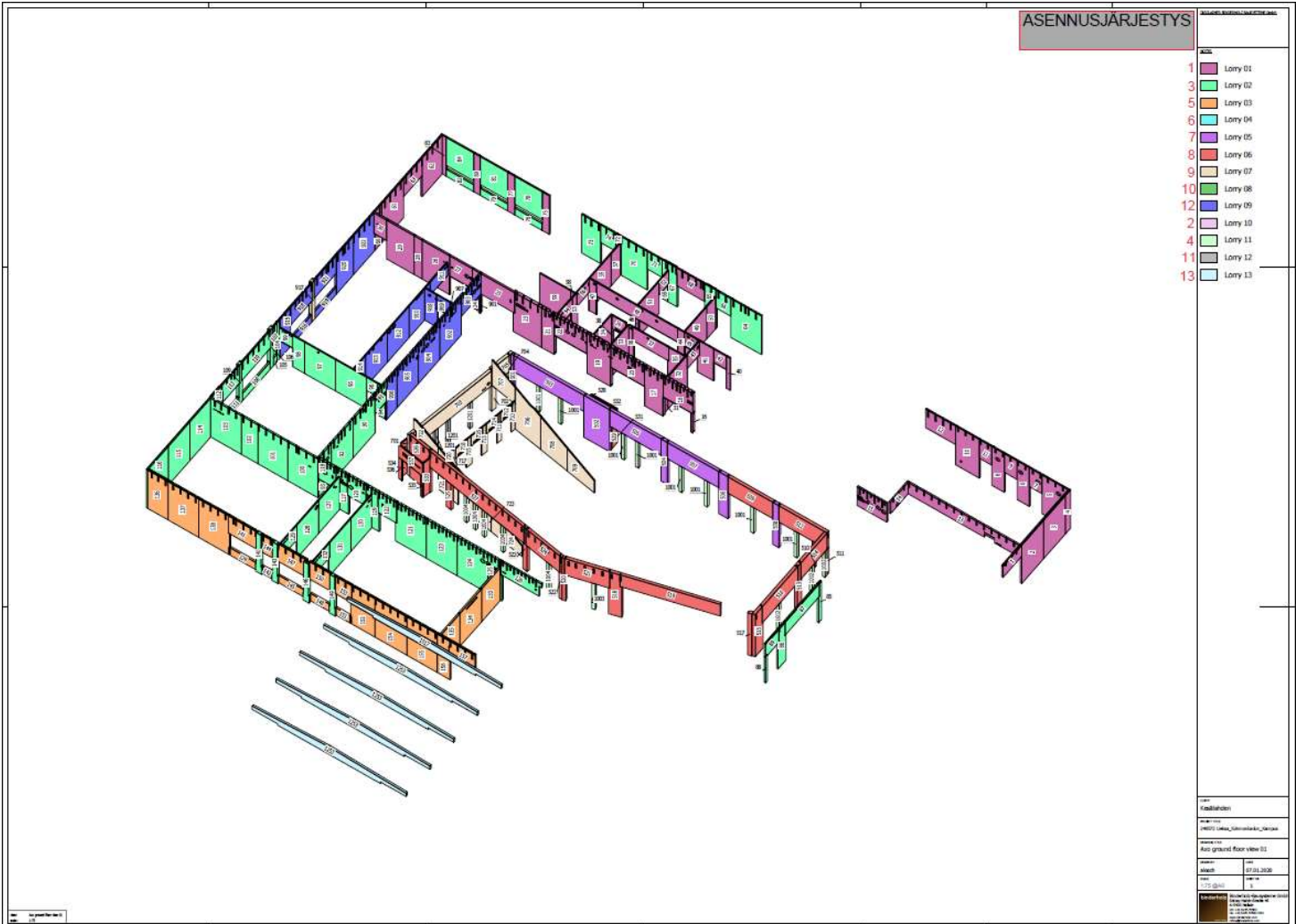
Hiab-auton nostotaulukko



Alue- ja varastointisuunnitelma



# Elementtien asennus- ja toimitusjärjestys



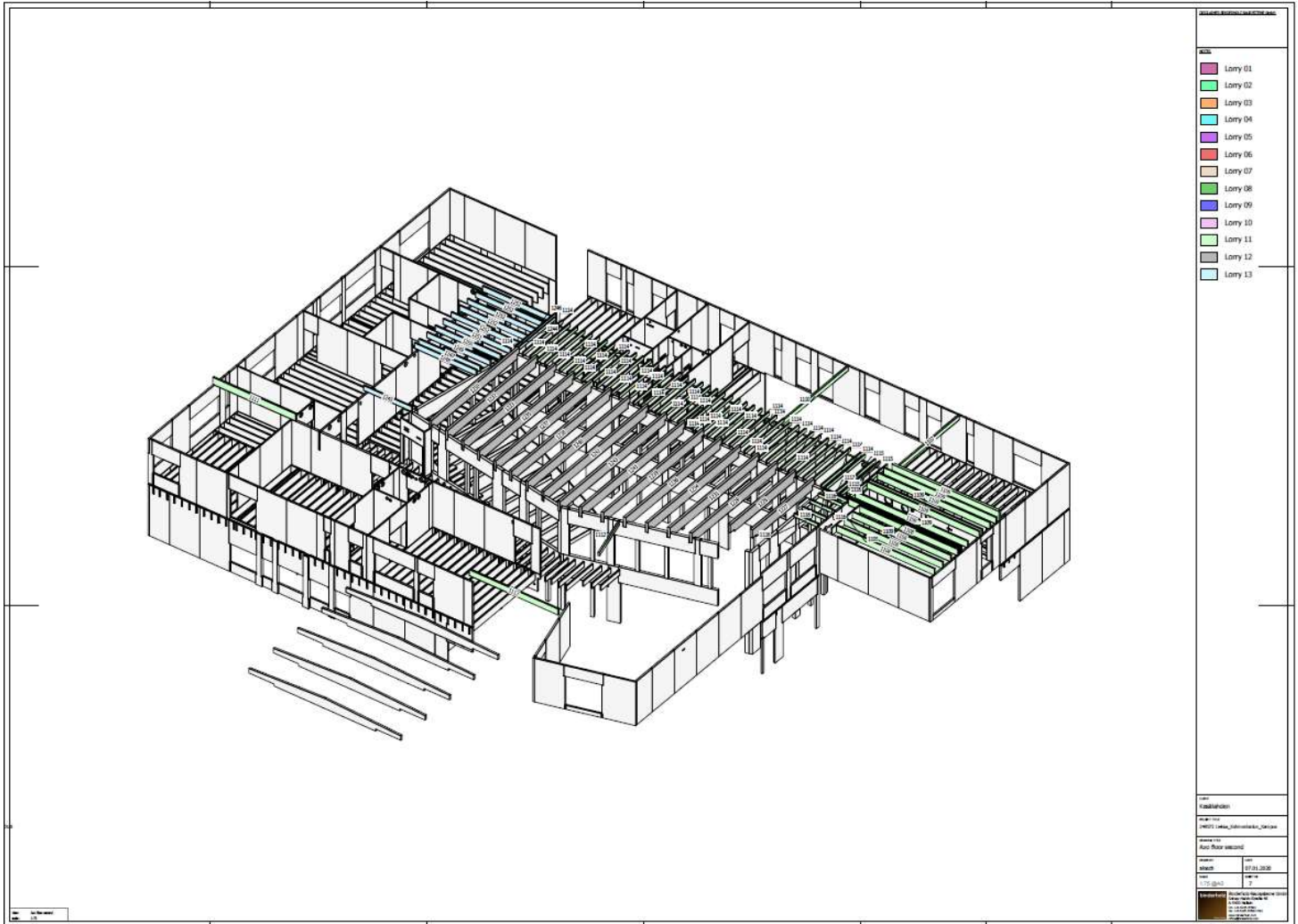


### Elementtien asennus- ja toimitusjärjestys

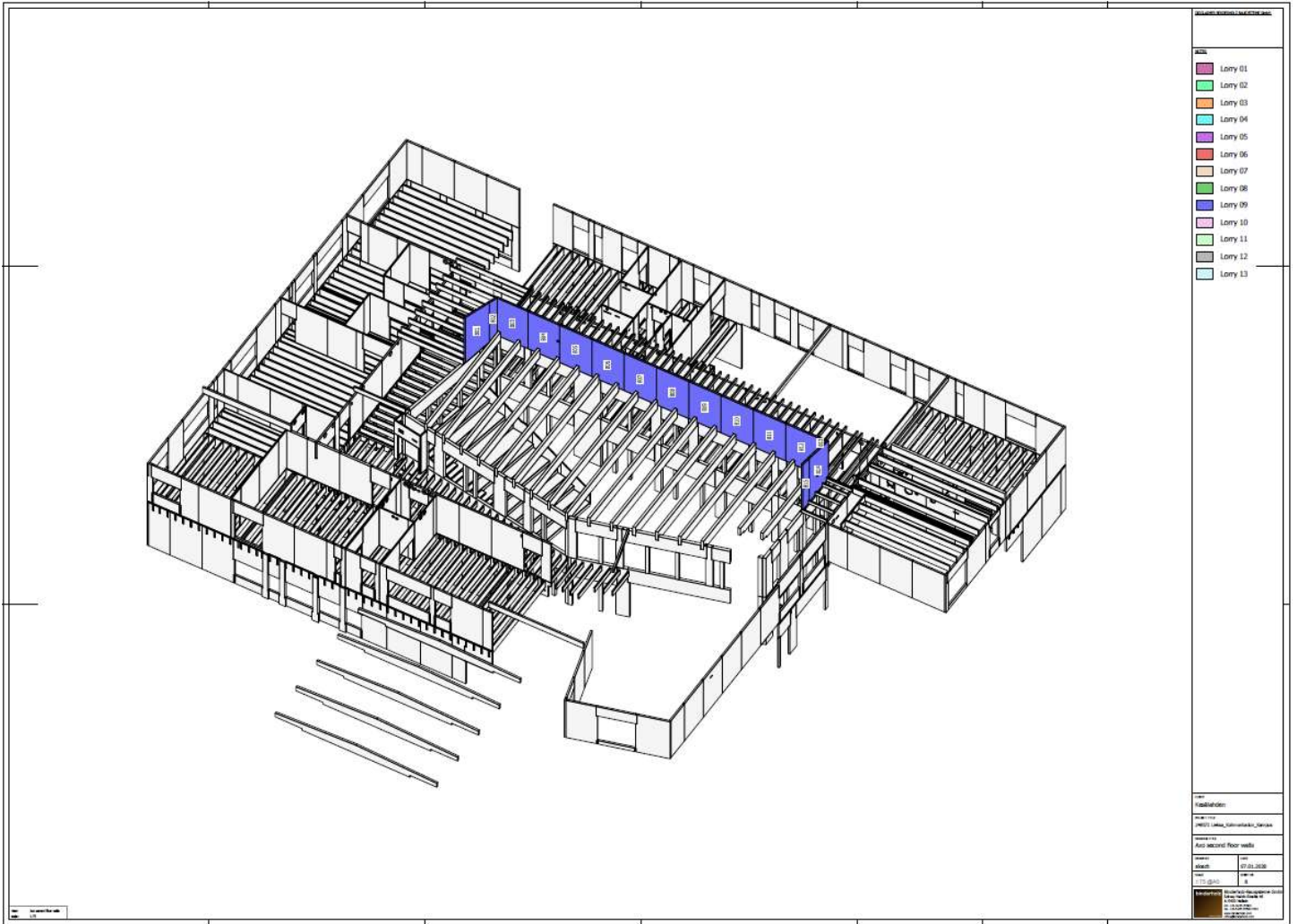




### Elementtien asennus- ja toimitusjärjestys



Elementtien asennus- ja toimitusjärjestys



Sääsuojan sisäiset nostoalueet ja varastointipaikat

