

# CLT som stommaterial vid trähusbygge

Michael Fagerström

Examensarbete för Ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för bygnads- och samhällsteknik

Raseborg 2019



## EXAMENSARBETE

Författare: Michael Fagerström

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, ingenjör. Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Mats Lindholm

Titel: CLT som stommaterial vid trähusbygge

---

Datum 10.11.2019      Sidantal 30      Bilagor -

---

### Abstrakt

Syftet med detta examensarbete är att ge ett informationspaket om hur CLT fungerar i en träkonstruktion. Miljöfrågorna är ett dagligt diskussionsämne och inom byggnadsbranschen måste man granska möjligheterna att påverka. Trä som är ett förnybart material blir därför intressant och då kommer CLT fram som en relativt ny produkt som har goda möjligheter att kompensera träets svaga egenskaper.

I arbetet beskrivs CLT allmänt, vilka dess byggnadsfysikaliska egenskaper är och här beskrivs olika konstruktionslösningar och byggnadslösningar. Arbetet behandlar även kort CLT ur miljösynpunkt, men störst tyngd ligger på de byggnadsfysikaliska egenskaperna där ljud-, brand-, värme- och fuktegenskaper beskrivs.

Avslutningsvis kan konstateras att CLT har stora möjligheter och goda egenskaper och ger en annan möjlighet för att också bygga höghus av trä. Eftersom CLT är en relativt ny produkt och den första fabriken öppnade så sent som 2014 i Finland kommer det att bli intressant att se utvecklingen om exempelvis 10-20 år.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: CLT, massivträ, hållbarhet

---

## **OPINNÄYTETYÖ**

Tekijä: Michael Fagerström

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri. Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu

Ohjaajat: Mats Lindholm

Nimike: CLT runkomateriaalina puutalojen rakentamisessa

---

Päivämäärä 10.11.2019 Sivumäärä 30 Liitteet -

---

### **Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on antaa tietopaketti siitä miten CLT toimii puurakentamisessa. Ympäristökysymykset ovat päivittäisiä keskustelunaiheita ja rakennusalalla täytyy tutkia mahdollisuuksia vaikuttaa. Siksi puu on uudistuvana materiaalina kiinnostava. CLT on uusi tuote, jolla on hyvät mahdollisuudet korvata puun heikot ominaisuudet.

Työ kuvaa yleisesti CLT:tä, sen rakennusfysikaalisia ominaisuuksia sekä antaa kuvan erilaisista rakenneratkaisuista. Työ käsittelee lyhyesti CLT:tä myös ympäristöä ajatellen, mutta työssä keskitytään pääasiassa rakennusfysikaalisiin ominaisuuksiin kuten ääneen, paloon, kuumuuteen ja kosteuteen.

Lopuksi todetaan että CLT:llä on todella suuria mahdollisuuksia sekä hyviä ominaisuuksia ja antaa erilaisia mahdollisuuksia rakentaa kerrostaloja puusta. Koska CLT on melko uusi tuote ja Suomen ensimmäinen tehdas perustettiin vasta vuonna 2014, on kiinnostavaa nähdä millaista kehitys on esimerkiksi 10-20 vuoden päästä.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: CLT, massiivipuuh, kestävä

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Michael Fagerström

Degree Programme: Construction and Civil Engineering, Raseborg

Specialization: Structural Engineering

Supervisor: Mats Lindholm

Title: CLT as a Frame Material for Wooden House Construction

---

Date 10.11.2019    Number of pages 30    Appendices -

---

### **Abstract**

The purpose of this thesis is to provide an information package on how CLT works in a wooden structure. Environmental issues are a daily topic of discussion and in the construction industry one must review the possibilities to affect. Wood as a renewable material therefore becomes interesting and then CLT emerges as a relatively new product that has good opportunities to compensate for the wood's weak qualities.

The work generally describes CLT, what its building physical properties are, and a description of various construction- and building solutions. The work also briefly processes CLT from an environmental point of view, but the greatest emphasis is on building physical properties where sound, fire, heat and moisture properties are described.

In conclusion, it can be found that CLT has very large opportunities and good properties and provides another opportunity to also build high-rise buildings of wood. Since CLT is a relatively new product and the first factory in Finland opened as late as 2014, it will be interesting to see how the development is in 10-20 years.

---

Language: Swedish    Key words: CLT, solid wood, sustainable

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Vad är CLT?.....	2
2.1	Fördelar.....	2
3	Byggnadsfysikaliska egenskaper .....	4
3.1	CLT mot brand.....	4
3.1.1	Genomföringar.....	5
3.2	Ljudisolering .....	6
3.3	Värmeisolering.....	6
3.3.1	Värmekonduktivitet .....	7
3.3.2	Köldbryggor .....	7
3.4	Lufttäthet.....	8
4	Användningsområden .....	9
5	Konstruktioner.....	10
5.1	Vägg .....	10
5.2	Bjälklag.....	10
5.2.1	Plattbjälklag .....	11
5.2.2	Kasett- och hålbjälklag.....	11
5.2.3	Samverkansbjälklag.....	12
6	Miljövänligt alternativ till byggande.....	14
7	Krav.....	17
7.1	Trä .....	17
7.2	Lim .....	17
8	Tillverkning .....	18
8.1	Tillverkare.....	19
8.1.1	Hoisko .....	19
8.1.2	Crosslam.....	20
8.1.3	Stora Enso.....	20
8.1.4	Martinsons Bygg .....	21
9	Byggprocess.....	22
9.1	Dimensionering.....	22
9.2	Montering.....	22
9.3	Sammanfogningar .....	23
9.3.1	Skarvar.....	24
9.3.2	Grund.....	25
9.3.3	Bjälklag .....	26
9.3.4	Vägg.....	27

9.3.5	Lösningar för synliga trädelar .....	28
10	Sammanfattning.....	30
	Källor .....	31

# 1 Inledning

Då vi bygger ett hus idag finns det många olika alternativ på byggnadssätt och metoder. Intresset och behovet av ett så energisnålt och miljövänligt hus som möjligt har ökat under den senaste tiden och med dagens aktuella miljöfrågor ser jag inget annat än en ökning av den trenden.

Byggnadsbranschen står för omkring en tredjedel av utsläppen av växthusgaser som människan orsakar (Miljöministeriet 2019). Nu ställs byggnadsbranschen mer eller mindre inför ett krav att minska miljöbelastningen och där kommer trä som material in som en stor möjlighet att påverka denna. Men det finns också andra utmaningar med trä. Fukt och hållfasthet är sådant som den bärande stommen påverkas av och där har trä sämre egenskaper än vad till exempel betong och stål har. Där kommer CLT in i bilden som ett intressant material, där träets svagheter har förbättrats och där det framför allt handlar om hållfastheten men även fuktegenskaperna har förbättrats.

Detta examensarbete är en undersökning av hur CLT fungerar som stommaterial i ett trähus. Vilka är fördelarna? Vilka är standardlösningarna för ett sådant projekt? Hur är det att bo i ett CLT hus, hur är klimatet och säkerheten?

Det kan kort konstateras att det här är en informationssammanställning om CLT som stommaterial. Texten i arbetet är mest avsedd för egnahemshus och mindre hus, men CLT har också stor potential inom höghusbygge.

## 2 Vad är CLT?

CLT står för Cross Laminated Timber, på Svenska korslimmat trä eller KL-trä. CLT är en massiv träskiva bestående av minst tre lager brädor eller plankor där fiberriktningen svängs 90° mellan de olika lagren och limmas ihop. Resultatet av att korslimma de olika lagren blir ett tvärstyvt byggelement som är väldigt tåligt till den förhållandevis låga vikten på själva elementet. Tvärstyvningen och den låga vikten ger möjlighet till stora spännvidder och den låga vikten underlättar framför allt vid transport och montering. (Martinsons)

### 2.1 Fördelar

Tack vare den massiva uppbyggnaden av CLT får man en god brandsäkerhet och bra bärförmåga vid brand med beklädnadsmaterial som normalt används. Hållfastheten är väldigt hög i förhållande till vikten. Den låga egenvikten bidrar till lägre transport- och monteringskostnader och dessutom kan man bygga enklare och billigare grundkonstruktioner. Ytterväggens isoleringsskikt kan till stora delar utföras näst intill utan köldbryggor, CLT har en mycket god värmeisoleringsförmåga. Sammanfogningen av olika CLT-element kan ske med enkla traditionella metoder som att spikas eller skruvas, men då det är lite mera krävande konstruktioner finns det utvecklade infästningsmetoder. (Svenskt trä, 2017, s. 8)

Trä är ett levande och varmt material som andas. Att använda trä som material betyder att man använder ett förnybart och återvinningsbart material, och i dagens värld då vi måste fundera lite extra på miljön är det här nåt att tänka på. Trä deltar även i fotosyntesen och binder aktivt koldioxid. Trä bildar en massiv väggkonstruktion som av sig självt balanserar upp värme- och fuktväxlingar. Tack vare det här hålls inomhusluftens fuktighet på en optimal nivå på 30-55 procent. (Hoisko)

Redan innan montage har en CLT-konstruktion full bärförmåga och som med övriga träkonstruktioner går det enkelt att göra små anpassningar på arbetsplatsen med enkla handverktyg då trä är lätt att bearbeta. Då trä används på rätt sätt är det ett extremt hållbart material som har använts i byggnader i hundratals år. I de nordiska länderna har vi trähus som är flera hundra år gamla. (Svenskt trä, 2017, s. 8)

Sedan 2013 finns även en standard för tråelementbyggnad, RunkoPES (PuuElementiStandardi) och finns att hämta i pdf-format på puuinfos hemsida. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/RunkoPES.pdf>



Det finns även en SFS-standard för CLT från 2015, SFS-EN 16351 Timber structures. Cross Laminated Timber. Requirements. Den här standarden finns dock endast på engelska än så länge.

### 3 Byggnadsfysikaliska egenskaper

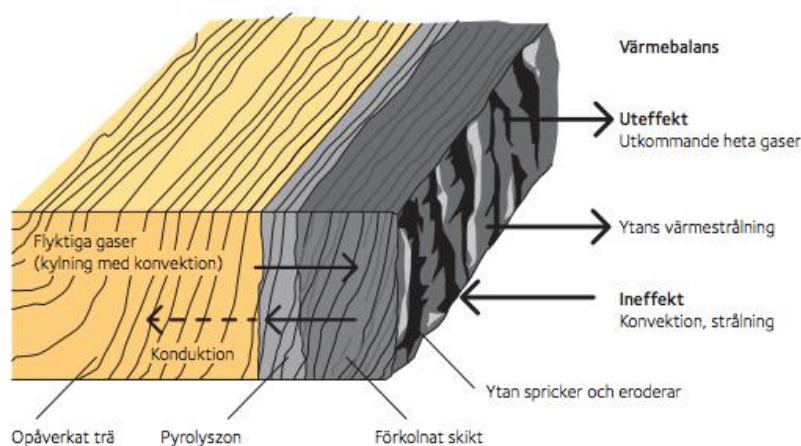
#### 3.1 CLT mot brand

CLT har bevisats ha väldigt goda brandegenskaper, antändningen av träet är trögt och det brinner långsamt. Då CLT brinner uppstår det förkolning på ytan som fungerar som ett skyddande skikt för det undre träet, se figur 2. Trä är ett brännbart material men då man monterar CLT i kombination med andra material kan önskad bärförmåga upprätthållas under brandförloppet. (Svenskt trä, 2017, s. 20) Brandklassen i enlighet med kommissionens beslut 2003/43/EC skall vara för träbyggnadsdelar (utom golv) euroklass D-s2, d0 och för golv euroklass Dfl-s1 (Stora Enso). I figur 1 nedan förklaras bokstäverna i euroklassen, tagna ur Finlands byggbestämmelsesamling E1, 2011.

<b>Förklaring</b>			
<b>A1</b>	<i>Varor som inte alls medverkar till brand.</i>	<b>s1</b>	<i>Ytterst ringa rökproduktion.</i>
<b>A2</b>	<i>Varor vilkas medverkan till brand är ytterst begränsad.</i>	<b>s2</b>	<i>Ringa rökproduktion.</i>
<b>B</b>	<i>Varor vilkas medverkan till brand är mycket begränsad.</i>	<b>s3</b>	<i>Rökproduktionen uppfyller varken kraven på s1 eller s2.</i>
<b>C</b>	<i>Varor som i begränsad utsträckning medverkar till brand.</i>	<b>d0</b>	<i>Brinnande droppar eller partiklar förekommer inte.</i>
<b>D</b>	<i>Varor vilkas medverkan till brand kan godkännas.</i>	<b>d1</b>	<i>Brinnande droppar eller partiklar slocknar snabbt.</i>
<b>E</b>	<i>Varor vilkas prestanda i brand kan godkännas.</i>	<b>d2</b>	<i>Produktionen av brinnande droppar eller partiklar uppfyller varken kraven på d0 eller d1.</i>
<b>F</b>	<i>Varor vilkas prestanda inte har fastställts.</i>		

**Figur 1 Förklaring av euroklasser ( Finlands byggbestämmelsesamling E1, 2011, s.5-6)**

CLT-träelement från Stora Enso har en fukthalt på cirka 12 %. Då CLT utsätts för en brandpåfrestning stiger materialets temperatur och vattnet som finns i materialet börjar avdunsta då materialet når ca. 100 grader. Vid 200-300 grader börjar sönderdelningen av kemiska förbindelser ske varefter brännbara beståndsdelar börjar ryka och en förbränning med låga sker. Detta kallas för pyrolys och är en stegvis fortskridande process och innebär att en förkolningszon byggs upp. Egenskaperna hos detta kolskikt är den låga densiteten och den höga permabiliteten, skiktet är värmedämpande och skyddar det underliggande oskadade träet. Pyrolysp processen och träets beteende vid brand kan beräknas och förutses. (Stora Enso- Brandskydd)



Figur 2 Förkolningsprocessen (Svenskt trä, 2017, s. 133)

### 3.1.1 Genomföringar

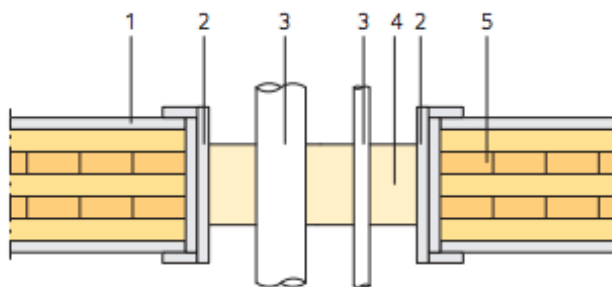
Då man gör genomföringar i CLT måste man ta i beaktande vid projekteringen av dessa att trä är ett brännbart material. Då man väljer metod att täta genomföringar baseras valet på byggnadsdelens konstruktion och de installationer som skall föras genom konstruktionen. I figur 3 visas ett exempel på brandtätning vid genomföring. Här är en lista med exempel på olika typer av genomföringar enligt KL-Trähandbok:

- *Knipare är en stålhylsa med invändigt, värmeexpanderande material.*
- *Brandskyddsmanschetter är avsedda för brandtätning av brännbara rör genom brandceller och består av plåthölje och ett inre skikt av ett material som sväller och förhindrar spridning av brand.*
- *Fogmassor anpassade för trä. Fogmassans brandtekniska klass är beroende av vilka material som kombineras.*
- *Brandskyddsskivor används vid större genomföringar och kompletteras ofta med fogmassor. Brandteknisk klass EI 60 – EI 120 kan fås och bestäms av skivornas tjocklek.*

KL Trähandbok har även en lista på vad brandprovning av kabelgenomföringar med tätningsmassa i träkonstruktioner har visat exempel på:

- *Fogar måste vara helt fyllda genom elementets tjocklek.*

- *Otättheter mellan kabel och håldiameter måste tätas.*
- *För mer än fem buntade kablar ska särskilda system eller obrännbar isolering användas.*
- *För röktäta förband och fogar bör permanent elastisk tätningsmassa användas.*



**Figur 7.6** Exempel på brandtätningar.

1. Beklädnadsskiva.
2. Skyddsskiva.
3. Genomföring.
4. Tätning.
5. KL-trä.

**Figur 3** Exempel på brandtätningar (Svenskt trä, 2017, s. 141)

## 3.2 Ljudisolering

Det är viktigt att man tar ljud och ljudisoleringen i beaktande redan i projekteringsskedet av en byggnad. För att man skall kunna bo och vistas i en byggnad krävs det att ljudnivån är på en behaglig nivå därför krävs det en bra ljudisolering. Av de krav som ställs på ljudnivån säkerställer att man får ett tillräckligt skydd mot buller utifrån, från angränsande byggnader och andra enheter inom samma byggnad. Det har bevisats att utvecklingen av metoder och lösningar gör att god ljudmiljö kan uppnås i färdiga CLT-byggnader. Det är även viktigt att ta i beaktande vilka de akustiska behoven är för byggnaden (Svenskt trä, 2017, s. 145).

## 3.3 Värmeisolering

Då man använder CLT-skivor i ytterväggen kompletteras de vanligtvis med isolering och ett fasadskikt. Då trä i sig är värmeisolerande går det lätt att i kombination med isoleringsmaterial utföra högeffektiva och rätt tunna ytterväggar. CLT-skivan placeras då

ofta mot den varma sidan, den plana ytan gör att det är enkelt att uppnå kompletterande och då ofta heltäckande isoleringsskikt. Fasaden är till för att få ett stationärt klimat i övriga delar av väggen. En CLT-stomme är i sig isolerande och har få köldbryggor (Svenskt trä, 2017, s. 160)

Trä har mycket bra värmeisolerande egenskaper men för att klara dagens krav krävs det att man ytterligare isolerar konstruktionen. Träbaserade isoleringsmaterial passar mycket bra till CLT då båda materialen har liknande byggfysikaliska egenskaper, men vanligaste isoleringsmaterialet är mineralull.

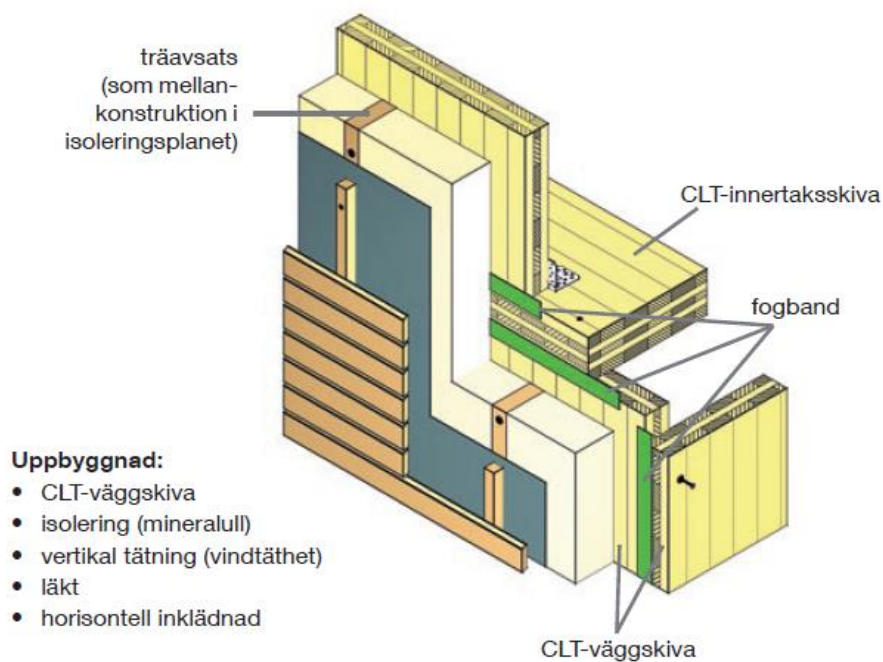
Trä har låg värmeledningsförmåga vilket gör att träytorna inomhus är väldigt behagliga att röra. Och tack vare att köldbryggorna är få i CLT-väggar kan temperaturen inomhus sänkas med ett par grader men ändå bibehålla behagligheten på ytorna. Det går snabbt att värma upp rummet efter en nedkylning. (Svenskt trä, 2017, s. 157)

### **3.3.1 Värmekonduktivitet**

Värmekonduktiviteten eller värmeledningstal anger materialets värmeisolerande förmåga och betecknas med  $\lambda$ , det så kallade lamdavärdet. För trä beror talet på träets densitet och fuktkvot, i CLT använder man en fuktkvot på cirka 12%. Som praktiskt tillämpbart värde brukar man räkna med  $\lambda=0,13-0,14 \text{ W/m}^*\text{K}$ . (Svenskt trä, 2017, s. 161)

### **3.3.2 Köldbryggor**

I en yttervägg med CLT-skiva kan isolerskikten göras nästintill utan köldbryggor, själva stommen i sig är isolerande och har få köldbryggor. I figur 4 kan man se hur en ytterväggskonstruktion med isoleringsskikt med så gott som inga köldbryggor ser ut.



Figur 4 En CLT-konstruktion nästintill utan köldbryggor (Teknisk broschyr, Stora Enso, sid 10)

### 3.4 Lufttätet

Luft- och vindtätet är viktigt i en konstruktion för att inneklimatet skall bli på en behaglig nivå. CLT-skivan har en väldigt hög lufttätet och kräver ingen ytterligare luftspärr för att uppnå tillräcklig tätet gentemot skadliga luftströmmar. Ingen ångspärr krävs heller då CLT-skivan uppfyller kravet på att ånggenomgångsmotståndet på den varma sidan skall vara fem gånger högre den kalla sidans ånggenomgångsmotstånd, i praktiken vindskydd. (KL-trähandbok, sid 161) Trä absorberar och frigör fuktighet och är en naturlig ångspärr, därför behövs en ångspärr aldrig i någon CLT-konstruktion. (Celt)

Det är tack vare att CLT-skivan är limmad korsvis och att kanterna är limmade som det bildar ett så lufttätt lager (Hoisko). Då man inte behöver lägga någon luftspärr försvinner risken med att luftspärren skulle monteras felaktigt eller att det skulle uppstå hål i luftspärren. Brister i luftspärren kan leda till att luft kommer åt att strömma genom konstruktionen och det kan uppstå kondens inne i konstruktionen. Lufttäteten hos en CLT-skiva med 3 skikt har testats enligt EN 12 114 och resultatet visade att volymströmmarna ligger utanför det mätbara området. (Stora Enso)

## 4 Användningsområden

CLT har ett brett användningsområde, från små enkla byggnader till flervåningshus där höga krav ställs på brandskydd och ljudisolering. Det kan användas i byggnadens alla bärande konstruktioner; väggar, bjälklag och bärande konstruktioner. Då man bygger ett hus i CLT behöver inte alla delar bestå av just CLT, utan man kan bra kombinera det med andra material.

Stommelementen av CLT, väggar och bjälklag är vanligtvis stora, Då de här elementen är stora betyder det stora tvärsnittsytor vilket medför hög bärförmåga och styvhet hos CLT-skivorna. Skivorna blir då bra stabilisering för byggnaden. Själva elementen av CLT har låg vikt i jämförelse med betong. (Svenskt trä, 2017, s. 21)

Balkonger, loftgångar, entresolbjälklag, hisschakt och trapphus är även användningsområden där CLT används med framgång. Tack vare den låga egenvikten hos CLT-skivor behövs det enklare infästningar och lättare grundläggning än vid användning av betong. Vid ombyggnad av befintliga byggnader är de här egenskaperna mycket bra. För att skydda balkonger och loftgångar mot nederbörd använder man en elastisk beläggning som medger rörelse i underlaget utan risk för sprickbildningar i tätskiktet. Då gamla industribyggnader med högt till tak skall delas upp i olika våningar är entresolbjälklag av CLT ett bra alternativ. Tack vare den låga egenvikten är det ofta möjligt att göra ombyggnationer utan extra grundförstärkningar, och så är det lättare att lyfta och montera element i en byggnad då vikten är lägre. (Svenskt trä, 2017, s. 22)

Vid användning av CLT-skivor i parkeringshus är det lämpligast att konstruera den bärande stommen med pelare och balkar av limträ, och använda CLT-skivor som bjälklagsplattor och ramper. CLT fungerar även bra som exempelvis räcken och avkiljande delar där ytskiktet utsätts för stor mekanisk påverkan. (Svenskt trä, 2017, s. 22)

Med CLT har man så gott som obegränsade möjligheter vad gäller byggkoncept, stil och arkitektur. Det är nästan bara fantasin som sätter begränsningar. Olika användningsområden där CLT används är småhus, höghus, hallar och broar.

## 5 Konstruktioner

I det här kapitlet beskrivs det om hur CLT fungerar i konstruktionsdelarna vägg och bjälklag.

### 5.1 Vägg

I ett hus har vi ytterväggar och vanligtvis också mellanväggar. Väggen hör ofta till den bärande strukturen i ett hus men kan också vissa gånger ha enbart en skyddande och avkiljande uppgift. Dessutom skall en vägg hålla inne värmen och stänga ut vind, regn, kyla och diverse otrevligheter. CLT-skivor har goda egenskaper och fungerar fint inom alla dessa uppgifter för en vägg.

Väggelementen kompletteras vanligtvis med isolering och fasadbeklädnad men kan även bestå endast av CLT. Då skivan är väldigt slet efter tillverkning är det lätt att applicera andra skivor på CLT-skivan.

Vanliga tjocklekar på CLT-väggelement som används är i tjocklekar mellan 60-300 millimeter.(Crosslam)

### 5.2 Bjälklag

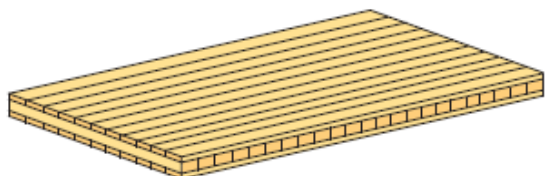
Bjälklaget i ett hus kan vara till exempel ett bottenbjälklag, ett avkiljande bjälklag till olika våningar och takbjälklag. Bjälklaget är huvudsakligen en vågrät bärande byggnadsdel som avgränsar olika våningar i en byggnad antingen på dess övre, undre eller bägge sidor. I ett bjälklag finns det en bärande del och vanligtvis tillkommer det ett avskiljande skikt och slutligen färdigställs det med ett ytskikt i form av golv- eller takmaterial. (Svenskt trä)

Utformningen och dimensioneringen på bjälklagen påverkar hela konstruktionen och om de här planeras på rätt sätt kan man få tysta, stabila och komfortabla bjälklag. Då man konstruerar bjälklag av CLT kan det ske på olika sätt och man kan där dela in dem i tre huvudkategorier, plattbjälklag, kasett- och hålbjälklag och samverkansbjälklag. (Svenskt trä, 2017, s. 90)



### 5.2.1 Plattbjälklag

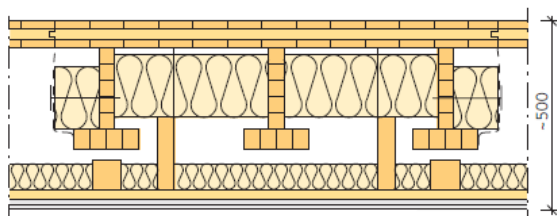
Den vanligaste och enklaste formen av bjälklag i CLT är plattbjälklag, se figur 5. Bjälklaget består endast av CLT-skiva men måste oftast kompletteras med någon konstruktion för att uppnå ljud- och brandkraven i en byggnad.



Figur 5 Plattbjälklag av CLT (Svenskt trä, 2017, s. 91)

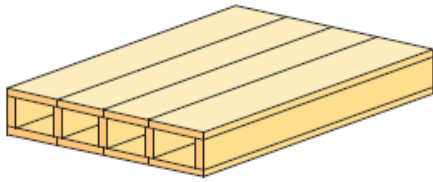
### 5.2.2 Kasett- och hålbjälklag

För att klara större laster och längre spännvidder kan man limma limträbalkar på CLT-skivans undre- eller övresida, det här kallas kasettbjälklag, se figur 6. För att uppfylla ljud- och brandkraven kan hålrummen i bjälklaget fyllas med isolering, och för ännu godare resultat kan man installera upphängt undertak. Hålrummen i bjälklagen lämpar sig även väl för installation olika rör och ledningar. (Svenskt trä, 2017, s. 92)



Figur 6 Exempel på kasettbjälklag, CLT-platta förstärkt med balkar och ett inhängt undertak (Svenskt trä, 2017, s. 92)

I hålbjälklag är det en övre och under platta som sammanfogas med balkar och bildar hålrum mellan plattorna, se figur 7. Med den här metoden kan man uppnå stora spännvidder och tåla stora laster, men det är en väldigt litet använd metod. (Svenskt trä, 2017, s. 92)



**Figur 7 Hålbjälklag (Svenskt trä, 2017, s. 92)**

### 5.2.3 Samverkansbjälklag

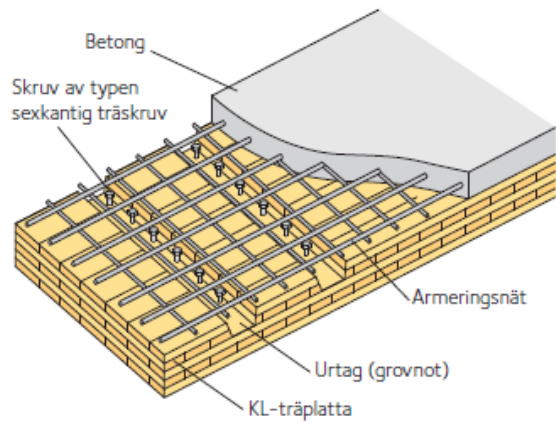
Samverkansbjälklag består av en CLT-skiva som underlag med en pågjuten betongplatta ovanpå. Man använder sig oftast av någon förbindare mellan materialen för att sammanfoga dem och därmed öka konstruktionens böjstyvhet. Det här är en väldigt effektiv konstruktion sett ur en statisk synpunkt då man utnyttjar betongens tryckhållfasthet och träets draghållfasthet. I denna konstruktionstyp kan därför användas vid stora spännvidder. Denna konstruktion har även goda egenskaper i att fördela horisontella laster och goda akustik egenskaper. (Svenskt trä, 2017, s.92-93)

Det finns olika exempel och metoder på skjuvförbindare mellan betongen och träet, men några exempel är:

- Skjuvförband med hålplåt (se figur 8)
- Skjuvförband med speciella skruvar
- Skjuvförband via urtag i CLT-plattans ovansida (se figur 9)



**Figur 8 Skjuvförbindare med hålplåt av typen HBV (Svenskt trä, 2017, s. 93)**



**Figur 9 Skjuvförbindare med urtag i CLT-skivan (Svenskt trä, 2017, s. 93)**

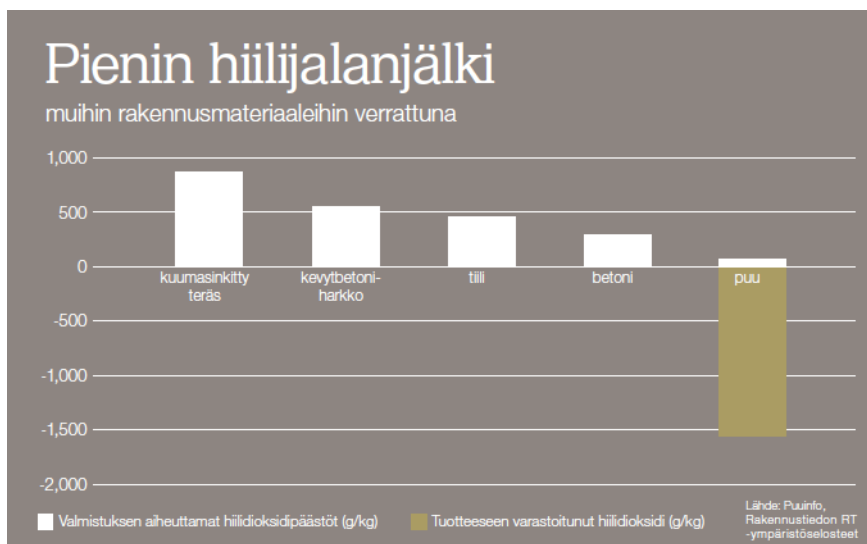
## 6 Miljövänligt alternativ till byggande

I dagens värld har frågan om användningen av grönare byggmaterial och grönare byggande blivit allt större. Den globala uppvärmningen är ett hett samtalsämne i nyheterna nästan dagligen och man vill minska miljöpåverkan med allt man gör här i världen. Då är det väldigt viktigt att inom byggnadsbranschen också hitta lösningar för att minska miljöpåverkan. Där har CLT bevisats vara ett väldigt gott material med tanke på miljön.

Trä är en förnybar produkt och när trädet växer binder det koldioxid ur atmosfären och då de massiva träprodukterna används i byggnader fungerar de som koldioxidlager i århundraden. De nya träden som växer upp istället för de avverkade träden tar i sin tur upp mera koldioxid. En kubik trä lagrar ungefär ett ton koldioxid. Det här spelar en viktig roll för att mildra växthuseffekten. I figur 10 kan man se skillnaden i koldioxidutsläpp mellan de olika byggmaterialen, där trä har märkbart mycket bättre siffror än de övriga materialen. I de Europeiska skogarna växer det mera träd än vad som används. Då en träbyggnad rivs kan trädet antingen återvinnas eller användas som energibränsle. (Stora Enso, 2017, s. 10)

Tack vare att produktionsplaneringen är så exakt bidrar det till att råvarorna som används för att tillverka CLT utnyttjas så effektivt som möjligt. En noggrant planerad och byggd CLT-byggnad kan ha en livslängd på århundraden. Tack vare en stor termisk massa lagrar CLT-produkter värme på vintern och förhindrar byggnader från att överhettas på sommaren.

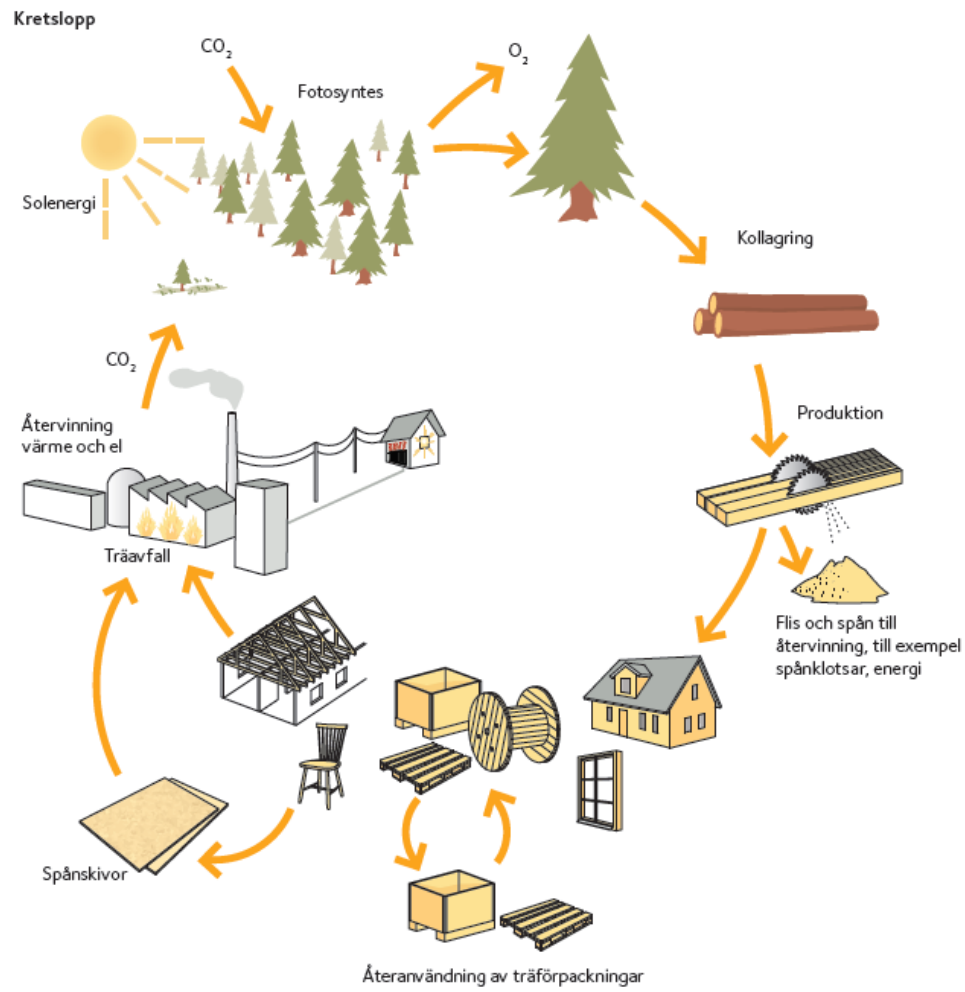
De flesta tillverkarna av CLT-skivor använder sig av spårbarhetssystem enligt PEFC<sup>TM</sup> eller FSC<sup>®</sup> som gör att du kan med säkerhet veta att trämaterialiet vid tillverkningen har kommit från en skog som brukats enligt miljö- och samhällskrav. (Stora Enso) Om man ser ur finländsk och nordisk synvinkel är trä ett material vi har väldigt nära vilket minskar på långa transporter och de utsläpp som tillkommer med det.



**Figur 10 Koldioxidutsläpp trä jämfört med övriga byggmaterial (Puuinfo, 2014, s. 11)**

Limmet som används vid tillverkningen är ett miljövänligt formaldehydfritt polyuretanlim. Här kan vissa frågetecken ställas ur miljösynpunkt då polyuretan är ett plastmaterial som innehåller isocyaniter som kan vara väldigt skadliga för miljön och hälsan om dessa inte handskas rätt och säkert. (Kemikalieinspektionen, 2018)

I figur 11 visas kretsloppet för trä som används inom byggnadsindustrin. Där ser man hur det växande trädet deltar i fotosyntesen, och under produktionen och bearbetningen av trädet kan man använda rester och spill till olika ändmål. En del produkter kan återanvändas medan övrigt avfall kommer till nytta i form av värme eller el. Här ser man att det finns alltid användning för träprodukten och till och med restbitar, rent trä blir inte ett problem avfall. (Svenskt trä, 2017, s.12)



Figur 11 Träprodukters kretslopp (Svenskt trä, 2017, s. 12)

## 7 Krav

### 7.1 Trä

Varje träskikt skall vara tillverkat av lamineringar av en hållfasthet eller från tillverkarens specifika hållfasthetsklass. Träskikten kan tillverkas av olika sorters trä om dessa har liknande tekniska egenskaper, särskilt när det gäller svällning och krympning. (Suomen standardisoimisliitto, 2015)

Av träbaserade material får endast de som uppfyller kraven i användningsklass 2 eller 3 enligt EN 1995-1-1 användas. Styrkan hos stötfogar och limmade leder mellan träbaserade paneler i ett skikt skall betraktas som noll. Träbaserade paneler av återanvänt trä får ej användas. (Suomen standardisoimisliitto, 2015)

Tjockleken på ett lager skall vara minst 6 millimeter eller mera och får som tjockast vara 45 millimeter, ett undantag finns i en skiva med 3 lager där det innersta lagret får ha en tjocklek på upp till 60 millimeter. För böjda element går den maximala tjockleken att räkna ut skilt för varje element. Skarvarna mellan plankorna skall vara högst 6 millimeter eller mindre.

### 7.2 Lim

I standarden EN 16351 kan man läsa mycket detaljerat om kraven på limmet. Enligt standarden kan det användas tre olika typer av lim, polyuretanlim (PUR), EPI- och MUF lim vid tillverkningen av CLT. (Suomen standardisoimisliitto, 2015, s. 18) Av de här tre är formaldehydfritt polyuretanlim det vanligaste bland CLT-tillverkarna, men till exempel Martinsons använder sig av MUF-lim. (Martinsons) MUF-limmet har utvecklats på senare tid och på grund av att det är mycket billigare än polyuretanlimmet kan det komma att bli allt vanligare inom tillverkningen

Limmet är en ganska liten andel av den slutliga produkten, mindre än 1 %. Skivorna kan limmas på endast bredsida eller på både bred och långsida mellan lamellerna. Då skivorna är limmade på både bred och kortsida behöver det inte läggas en separat ångspärr i konstruktionen. (RT 21-11289, 2017, s. 6)

## 8 Tillverkning

CLT-skivorna tillverkas i fabriker och oftast av vanligt virke av klass C24 men kan även vara av annat, de träslag som används vid tillverkning är gran och tall. (Stora Enso) CLT-skivan består av minst tre lager plankor eller bräder där fiberriktningen svängs 90° mellan de olika lagren. Tillverkning sker i två olika arbetsfaser, i den första fasen tillverkas själva skivan. Först limmas och pressas de olika lamellerna ihop med hjälp av maskiner. Efter att skivorna har pressats sågas de för att få rätt form och mått.

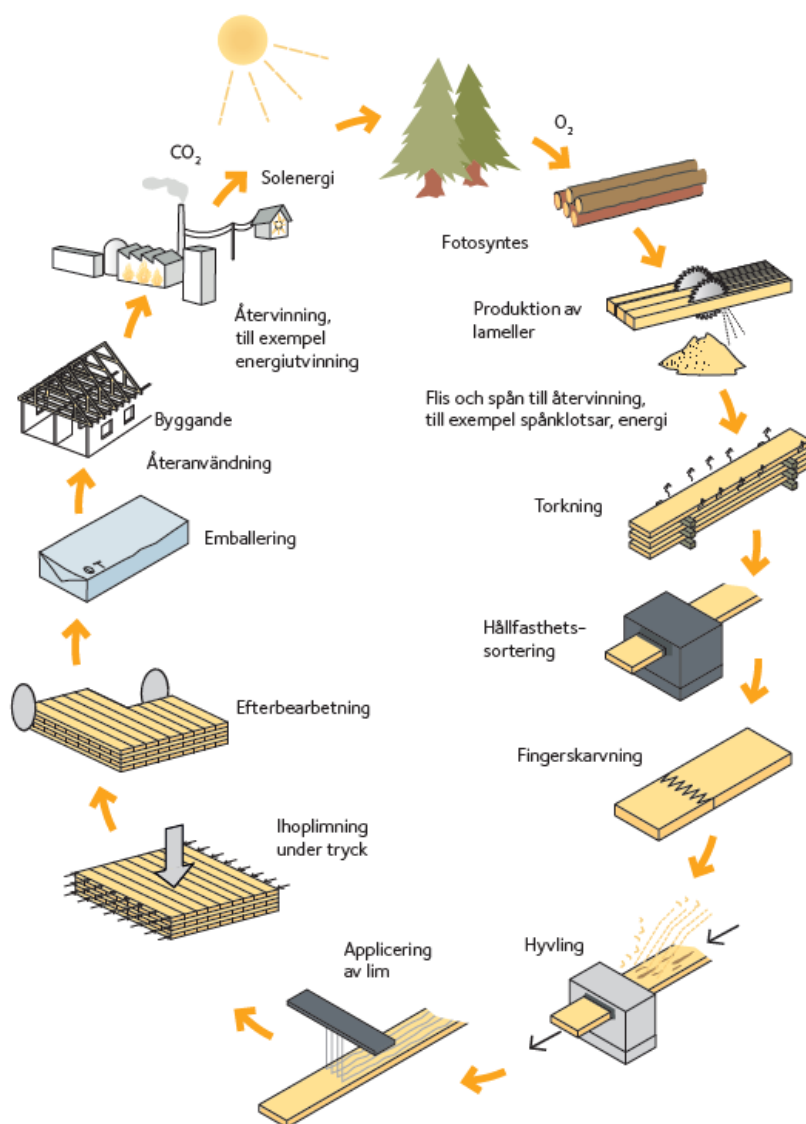
Det andra steget av själva tillverkningen är då skivorna blir till färdiga byggelement. Då sågar man ut öppningar för dörrar och fönster och gör urgröpningar för ledningar. Vid tillverkningen kan man även installera färdigt dörrar och fönster, isoleringsmaterial och ytbeklädnadsmaterial.

Figur 12 visar träproduktens kretslopp då den används inom CLT tillverkning, från skog till återvinning. I figuren ser man tydligt de olika stegen vid tillverkningen och hur själva CLT-skivan blir till. (Svenskt trä, 2017, s. 17)

För att få exakta detaljer i skivan som till exempel plats för rörläggning och elektrifiering använder man sig av CNC-maskiner. (Hoisko) CNC står för Computer Numerical Control, och är ett datasystem som styr verkstadsmaskinerna för att tillverka komplicerade delar på ett enhetligt och automatiskt sätt. ( Wikipedia)

I kapitlet nedan (8.1) kan man läsa att tillverkarna av CLT har lite olika max storlekar de kan tillverka skivorna i, med möjliga storlekar på skivorna från 2,9-3,5 x 12-16 meter.





Figur 12 CLT-produktion (Svenskt trä, 2017, s. 17)

## 8.1 Tillverkare

Bland tillverkarna har jag valt att presentera lite mera dem vi har i Finland och lite av dem i vårt västra grannland Sverige.

### 8.1.1 Hoisko

Hoisko i Alajärvi i Södra Österbotten. I fabriken tillverkas och bearbetas CLT-skivor. Hoiskos produkter är VTT-certifierade, vilket betyder att de är tekniskt produktgodkända av finska myndigheter. Allt trävirke som används kommer från finländska skogar, och träet är spårbart genom hela leveranskedjan ända från trädets växtplats, i enlighet med PEFC-

certifiering. Trävirket är av tall och gran. Hoisko kan tillverka storlekar på upp till 3,5m x 12m. (Hoisko)

Hoiskos CLT-skivor är kantlimmade och som lim används enbart ett luktfritt och allergifritt polyuretanlim utan formaldehyd. Tack vare att skivorna är kantlimmade spricker de inte lika lätt som hos olimmade material, vilket gör att produktens bärförmåga ökar, och med kantlimning är det möjligt att bygga utan separat ångspärr. Deras CLT-skivor kan även tillverkas utan kantlimning, men då kan det inte garanteras att konstruktionen har de tekniska egenskaperna som krävs gällande lufttätthet och fukt beteende. (Hoisko)

### **8.1.2 Crosslam**

Crosslam var den första tillverkaren och förmedlaren av CLT-skivor i Finland, de började sin produktion av CLT-skivor 2014. Fabriken är belägen i Kuhmo, en stad i landskapet Kajanaland. Trädet som används vid tillverkningen är finskt barrträd som utvinns ur skogarna nära fabriken. Skogarna där trädet tas ifrån är PEFC-certifierade. Crosslam har byggt Finlands första skola i CLT i Kuhmo. (Crosslam)

Crosslam tillverkar skivor som max är 3,2 x 12 meter och minimi 2,5 x 4 meter långa och 60-300 millimeter tjocka. Tillverkas utan kantlimning. Limmet som används är miljövänligt formaldehydfritt polyuretanlim. (Crosslam, 2015)

### **8.1.3 Stora Enso**

Stora Ensos CLT-skivor tillverkas i två fabriker i Österrike. De här två fabrikerna har en årlig produktion på 140 000m<sup>3</sup>. Skivorna tillverkas i Österrike medan man i Finland gör dem till färdiga plan- och volymelement. Virket som används vid tillverkning är barrträd från de Österrikiska skogarna. (Stora Enso, Härkomst)

Skivorna tillverkas av PEFC-certifierat barrträd från österrikiska skogar. Kan producera storlekar upp till 2,95 x 16m. Limningen görs med utsläppsfritt uretanlim i klassen M1, skivor från och med fem lammeller kan tillverkas utan limmad smalsida. (Stora Enso)

#### **8.1.4 Martinsons Bygg**

Svensk tillverkare belägen i Bygdsiljum i Västerbotten, startade på 1920-talet som ett sågverk och har utvecklats mycket därifrån. Inledde tillverkning av CLT som först i Norden 2003. (Martinsons)

Skivorna tillverkas i element upp till 3 x 16 meter och med en tjocklek på 60-300 millimeter. Ingen kantlimning av lamellerna vid tillverkning, Martinsons använder både MUF lim och polyuretanlim. (Science partner, 2017.)

## 9 Byggprocess

Då träskikten är korsvislimmade gör det att laster kan fördelas i två huvudriktningar, vilken även kan kallas för biaxial belastning. Förut fungerade detta endast i byggnadsverk med armerad betong. Den stora fördelen med det här är att rummen kan planeras mera flexibelt och att konstruktioner blir enklare och det ger möjlighet att lägre råtak kan användas. Den bärande bredden på CLT-skivor sträcker sig i regel över hela skivans bredd tack vare tvärlagren. Det här gör att skivan har en särskilt stor bärkraft. CLT-skivan har en hög egen styvhet vilket ger en betydlig effekt på byggnadens förstärkning. (Stora Enso, 2017, s. 24)

### 9.1 Dimensionering

Sedan 2010 använder man inom Europa Eurokoder som beräkningsgrund, men i de här finns ännu inte dimensionering av CLT-trä med, utan det planeras finnas med i nya Eurokoder som beräknas vara färdiga tidigast 2021. Vid planering av bärande konstruktioner i CLT kan projektörerna använda sig av två metoder, antingen utforma tvärsnitt utifrån ingående brädors egenskaper eller använda sig av tillverkarnas egna egenskapstabeller. (Svenskt trä, 2017, s. 30)

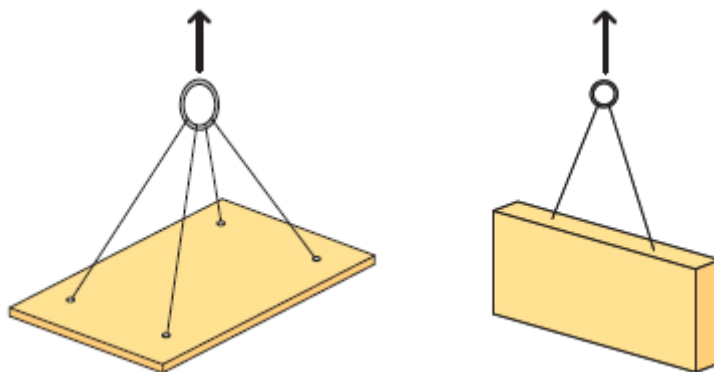
På Stora Ensos hemsida finns en broschyr som tar på ett omfattande sätt upp hur dimensioneringen av korslimmat massivträ genomförs. Broschyren är från proHolz Austria och heter Cross-Laminated Timber Structural Design, den är på engelska och är 191 sidor lång.

Stora Enso erbjuder ett gratis räkneprogram vid dimensionering av CLT, som heter Calculatis by Stora Enso. Programmet är ett online-verktyg och är oberoende av en bestämd plattform och fungerar i princip på vilken som helst PC, laptop, smartphone eller surfplatta. Det ända som krävs vid användning är registrering och aktivering från Stora Enso. Sedan kan programvaran användas utan kostnad. (Stora Enso)

### 9.2 Montering

Montering på arbetsplatsen görs med hjälp av en lyftkran. I och med att elementen kan vara av väldigt olika storlekar måste man anpassa lyftkranen enligt vad som krävs vid varje projekt. Vid monteringen fästs elementen med skruvar och vinklar och dylikt, i nedanstående kapitel (9.3) presenteras närmare hur det går till.

Vid förflyttning och lyft av elementen används vanligen speciella öglor och lyftok. Det är viktigt att man fördelar lasterna jämnt vid lyft så att alla laster blir statistiskt bestämda. Det vanligaste är att elementen är försedda med två eller fyra lyftpunkter beroende på elementets vikt och form. (Svenskt trä, 2017, s. 166) Exempel på en vanlig metod för lyft av CLT-skivor kan ses i figur 13.



**Figur 13** Exempel på hur bjälklagsplattor och väggskivor kan lyftas (Svenskt trä, 2017, s. 166)

Vid monteringen måste man ta vädret i beaktande och om det regnar mycket kan man få olika fuktproblem i stommen. Då kan det vara bra att använda sig av väderskydd i form av till exempel ett tält som täcker in hela byggnaden och håller arbetsplatsen och konstruktionerna torra. Den snabba byggtiden är en stor fördel och det gör att man med rätt snabb tidtabell kan få ett vattentätt tak på byggnaden. Om konstruktionerna blir fuktiga måste de torkas och då finns det risk för sprickbildning.

För att effektivisera logistiken på byggarbetsplatsen har det lagats en app som heter CLT 360. Med hjälp av appen scannar entreprenören en QR-kod som finns på trämaterialiet när det kommer till byggarbetsplatsen, då visas det i en 3D-modell var materialet skall installeras, vilken kvalitet det har samt vikt på elementen. (Stora Enso)

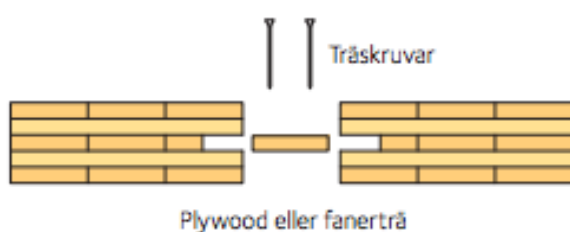
### 9.3 Sammanfogningar

I det här kapitlet beskrivs hur CLT-skivan ansluts i en konstruktion. Alla delars anslutningslösningar ser i långa drag väldigt lika ut med skruvar och olika beslag. Här kommer en närmare beskrivning på hur de ser ut.

### 9.3.1 Skarvar

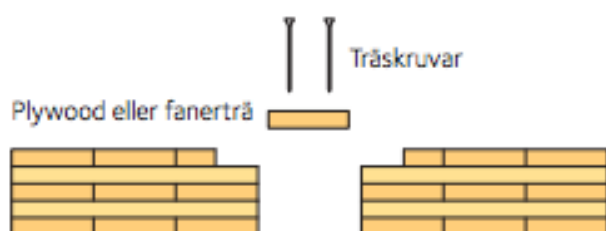
Helt naturligt så uppstår det situationer där man måste skarva CLT-skivorna och då finns det förstås en rad med olika lösningar för detta. Man kan använda skarv med lös fjäder eller så kan man använda sig av enkel eller dubbel lask, halvt i halvt och liknande lösningar. (Svenskt trä, 2017, s.75)

Skarv med lös fjäder fungerar som en slags spont och är en väldigt vanlig lösning (se figur 14). Fjädrarna spikas eller skruvas ihop mellan två eller fyra skär, vid fyra skär används två fjädrar. Fjädrarna består av plywood eller fanerträ, skarven kan överföra krafter längs eller tvärs skivans plan. (Svenskt trä, 2017, s. 75)

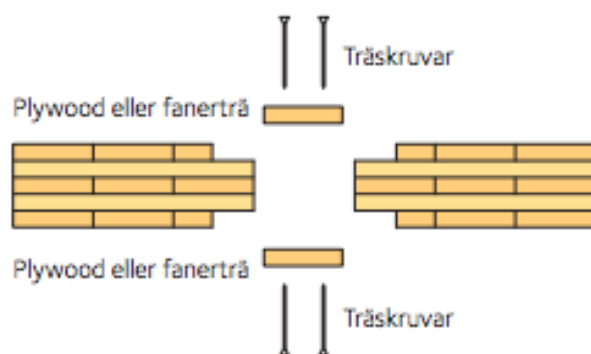


Figur 14 Skarv med lös fjäder (Svenskt trä, 2017, s. 75)

Vid skarvning med lask kan man använda sig av plywood, fanerträ, dimensionshyvlad virke eller plattstål. En skarv med enkel lask är kanske den simplaste metoden (se figur 15), och fungerar så att skivorna skarvas med en lask som spikas eller skruvas fast i ett skär i båda skivorna. En skarv med dubbel lask fungerar likadant bara att man använder lask på båda sidor om skivan (se figur 16). Skarvarna kan överföra krafter längs och tvärs skivans plan, med dubbel lask ökar förstås förmågan att överföra krafter och den här skarven kan även överföra mindre moment. För att öka förstärkningen kan man även skruva i självborrande träskruvar. (Svenskt trä, 2017, s. 75-76)

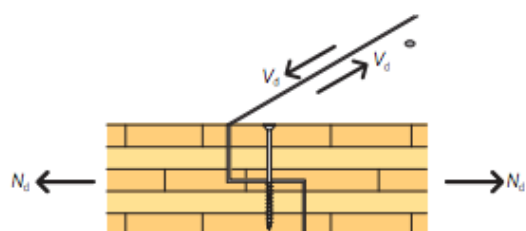


Figur 15 Skarv med enkel lask (Svenskt trä, 2017, s. 75)



Figur 16 Skarv med dubbla laskar (Svenskt trä, 2017, s. 75)

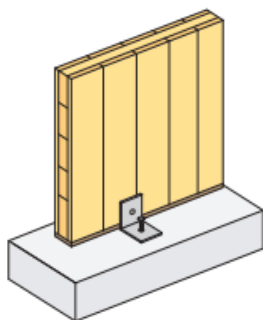
Skarv halvt i halvt är en simpel och snabbmonterad metod som fästs med självborrande träskruvar (se figur 17). Också den här skarven kan överföra krafter längs och tvärs CLT-skivans plan (Svenskt trä, 2017, s. 76). Det här är de olika standard lösningarna sedan finns det en mängd olika lösningar av olika tillverkare som även kan användas.



Figur 17 Skarv halvt i halvt (Svenskt trä, 2017, s. 76)

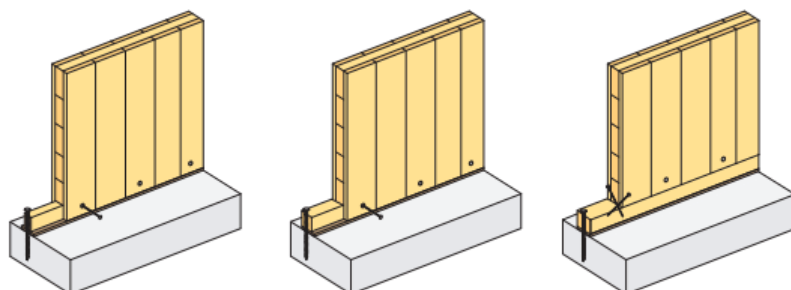
### 9.3.2 Grund

Vid anslutning till grunden för en CLT-skiva finns det en rad olika lösningar beroende på hur grunden är lagad. Om väggskivan vilar direkt mot betong, tegel, lättklinkerblock eller annat hygroskopiskt material bör man lägga en fuktspärr mellan skivan och det material den vilar på. En vanlig och lätt metod att fästa fast skivan i grunden är med spikningsplåt eller vinkelbeslag (se figur 18). (Svenskt trä, 2017, s.79)



**Figur 18 Infästning med vinkelbeslag (Svenskt trä, 2017, s. 79)**

Man kan även fästa skivan i en styrregel av trä som är fäst i grunden. Skivan ställs då på eller mot styrregeln och fästs med skruvar (se figur 19).



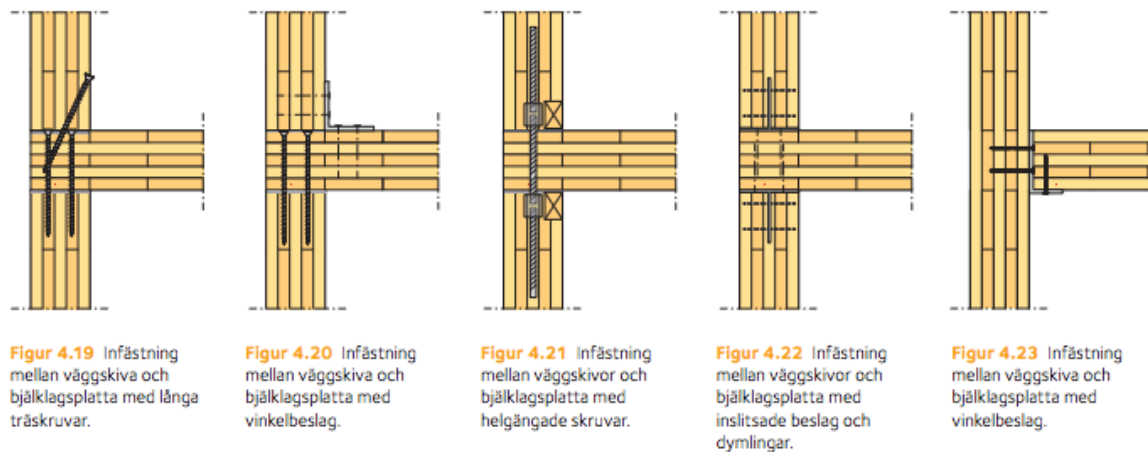
**Figur 19 Infästningar mot grund med styrregel (Svenskt trä, 2017, s. 79)**

De olika tillverkarnas lösningar är i likhet med dessa som beskrivits, men självklart har de flera lösningar än just dessa. I Stora Ensos lösningar har man långt använt sig av olika vinkeljärn och metallförband för att fästa skivan i grunden eller bottenbjälklaget.

### 9.3.3 Bjälklag

Då man monterar en bjälklagsplatta i väggen kan man fästa den med olika lösningar med skruvar eller med hjälp av olika beslag. Den enklaste lösningen är att använda långa självborrande träskruvar. Bjälklaget kan då fästas med skruvar direkt ner i underliggande träskiva, ovanliggande väggskiva fästs sedan med snedskruvning. Vinkelbeslag är även en snabb och enkel metod. Med tanke på brand och ljud vid anslutningarna kan ytterligare kompletteringar behövas. (Svenskt trä, 2017, s. 78) Se figur 20 för närmare beskrivning för infästningmetoder mellan CLT bjälklag och väggskiva.

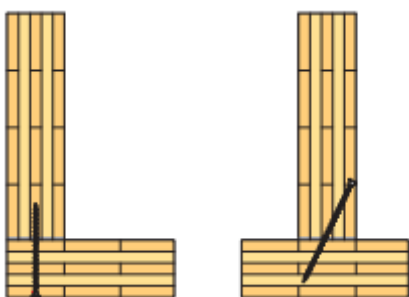




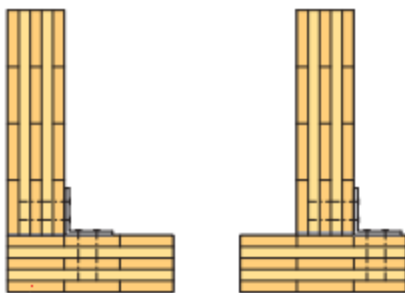
**Figur 20** Infästningslösningar väggskiva-bjälklagsplatta (Svenskt trä, 2017, s. 78)

### 9.3.4 Vägg

Då man skarvar en vägg fast i en vägg är den vanligaste metoden att man använder sig av skruvar och vinkelbeslag, men det kan även utföras med dolda specialbeslag. Vid infästning med skruvning (se figur 21) är det viktigt att skruven inte placeras så att den skruvas enbart i ändträ. För att risken att detta inte sker kan man lägga skruvarna snett från sidan. Eller så kan man använda sig av vinkelbeslag (se figur 22). Det kan dock inte vara lika lämpligt för synliga ytor, men på marknaden finns även specialanpassade lösningar, både synliga och icke synliga. Användning av vinkelbeslag är väldigt effektivt med avseende på överföring av tvärkrafter. (Svenskt trä, 2017, s. 77)



**Figur 21** Infästning med skruv (Svenskt trä, 2017, s. 77)



Figur 22 Infästning med vinkelbeslag (Svenskt trä, 2017, s. 77)

### 9.3.5 Lösningar för synliga trädelar

På marknaden finns det såklart alternativa lösningar för anslutningar annat än de traditionella med långa skruvar och olika beslag. Här har jag tagit fram Rothoblaas lösningar som presenterades i Puuinfos Puu-lehti. I synliga träkonstruktioner är det viktigt att sammanfogningarna blir så lite synliga som möjligt med tanke på utseende. Rothoblaas lösningar är väldigt mångsidiga och kan användas till sågvirke, CLT, LVL och i limträ. Det går även bra att fästa i betong. Här presenterar de två olika lösningar, UV och ALU. (Puuinfo, 2018, s.50)

UV metoden består av två aluminium bitar som är fästa i varsin byggnadsdel och krokas på varandra (figur 21). Den fungerar väldigt bra till både permanent och tillfällig konstruktion och är konstruerad för snabb installation. Anslutningen har en bärförmåga på över 60kN. (Puuinfo, 2018, s.51-52)



Figur 23 UV-T (Puuinfo, 2018, s.51)

Det andra alternativet är ALU som är T-formad och av aluminium. ALU-modellen fungerar så att den platta delen spänns fast i t.ex. väggen och den andra delen ansluts in i ett spår i den anslutande balken och spänns sedan fast med skruvar från sidorna (se figur 24). De är planerade till stora balkar och klarar belastningar på 102-320 kN. Man kan lätt kapa av en profil så att man kan få den att passa till vilken storleks balk som helst. (Puuinfo, 2018, s.52)



**Figur 24 ALU (Puuinfo, 2018, s.53)**

I figur 25 kan man se mellan vilka olika material infästningsmodellerna är menade att användas.

Piiokinnikkeet				
UV		ALU		
UV-T	UV-C	ALUMINI	ALUMIDI	ALUMAXI
puu-puu	puu-betoni	puu-puu	puu-betoni	puu-betoni

**Figur 25 Gömda fastsättningar (Puuinfo, 2018, s.52)**

## 10 Sammanfattning

Att bygga av trä ser jag som ett mycket bättre alternativ än framförallt betong. Detta på grund av att träbyggnader har mindre påverkan på miljön men också för att trä är ett levande material och ger en annan charm till hela byggnaden och inomhusklimatet.

Tack vare att CLT har goda byggnadsfysikaliska egenskaper ger det en möjlighet att uppföra byggnader som är lufttäta och som även andas och är hälsosamma. Träet kan binda och ge fukt vilket bidrar till ett gott inomhusklimat. CLT har också bevisats ha goda brandegenskaper och brinner inte så lätt utan ytan förkolnas och skyddar det undre träet. Detta är bra med tanke på säkerheten och rasrisken vid brand.

Monteringen av CLT-hus sker snabbt då fastsättningarna sker med lätta metoder, det betyder att byggtiden påverkas i en positiv bemärkelse. Hållfastheten jämfört med normal trähusbygge är på en annan nivå och stora möjligheter för höghusbyggen finns då man använder sig av CLT. Tillexempel i Vancouver har det byggts ett trähöghus av CLT-skivor som är 53 meter högt, och i Norge byggs det CLT-hus som är över 80 meter höga.

## Källor

Celt, u.å. *CLT* [Online] <https://celt.fi/sv/ct/> [hämtat 10.11.2019]

Crosslam, 2015. *Tuoteominaisuudet*

Crosslam, u.å. *CLT-levyn ominaisuudet* [Online]

<https://www.crosslam.fi/tuotteet/crosslam-levy-ja-sen-ominaisuudet.html> [hämtat 20.11.2019]

Finlands byggbestämmelsesamling. E1 2011. *Byggnaders brandsäkerhet, föreskrifter och anvisningar*. <https://www.ym.fi/byggbestammelsesamling> [hämtat 22.3.2019]

Hoisko, u.å. *Varför Hoisko CLT?* [Online] <http://www.hoisko.fi/sv/hoisko-sv/> [hämtat 14.1.2019]

Hoisko, u.å. *Byggande* [Online] <http://www.hoisko.fi/sv/hoisko-sv/> [hämtat 14.1.2019]

Kemikalieinspektionen, 2018. *Isocyaniter* [Online] <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/isocyanater> [hämtat 22.9.2019]

Martinsons, u.å. *Objekt anpassat KL trä* [Online]

<https://www.martinsons.se/byggprodukter/kl-tra> [hämtat 21.2.2019]

Miljöministeriet, 2018. *Verkningar av styrmedlen för koldioxidsnålt byggande har bedömts – nationella gränsvärden ger den mest betydande utsläppsminskningen* [Online]

[https://www.ym.fi/sv-FI/Aktuellt/Verkningarna\\_av\\_styrmedlen\\_for\\_koldioxid\(46246\)](https://www.ym.fi/sv-FI/Aktuellt/Verkningarna_av_styrmedlen_for_koldioxid(46246)) [hämtat 10.11.2019]

Pro:Holz, 2014. *Dimensionering av korslimmat massivträ – grundläggande principer för statik och konstruktion enligt Eurocode* [Online] <http://www.clt.info/se/media-nedladdning/broschyter/broschyter/> [hämtat 5.11.2019]

Puuinfo, u.å. *HOISKO CLT levyn perustiedot* [Online]

<https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Hoisko%20CLT-levyn%20perustiedot.png> [hämtat 22.9.2019]

Puuinfo, u.å. *Hoisko CLT (cross laminated timber)* [Online]

<https://www.puuinfo.fi/tuote/hoisko-clt-cross-laminated-timber> [hämtat 21.2.2019]

Puuinfo. Puulehti 3/18. 2018. *Piiloliitokset Concealed connectors* [Online]

[https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puu\\_3\\_2018\\_low.pdf](https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puu_3_2018_low.pdf) [22.3.2019]

Puuinfo, 2014. *Stora Enso CLT esite* [Online] <https://www.puuinfo.fi/tuote/clt-stora-enso-cross-laminated-timber> [hämtat 21.2.2019]

RT 21-11289. Puutavara- Jatkojalosteet 2017. Rakennustietosäätiö RTS.

Science partner, 2017. *Typgökännandebevis SC0665-17* [Online]

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjY7Pb1x93lAhWslIsKHe39CMcQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.martinsons.se%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F11%2FKL-tra\\_Tygodkannandebevis\\_SC0665-17.pdf&usg=AOvVaw3S4h-7VP2fUhtDbX2B4lCQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjY7Pb1x93lAhWslIsKHe39CMcQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.martinsons.se%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F11%2FKL-tra_Tygodkannandebevis_SC0665-17.pdf&usg=AOvVaw3S4h-7VP2fUhtDbX2B4lCQ)

[hämtat 9.11.2019]

Stora Enso, u.å. *Calculatis by Stora Enso dimensioneringsprogram* [Online]

<http://www.clt.info/se/media-nedladdning/calculatis-dimensioneringsprogram/> [hämtat

5.11.2019]

Stora Enso, u.å. *Härkomst* [Online] [http://www.clt.info/se/produkter/clt-](http://www.clt.info/se/produkter/clt-massivtrasystemet/harkomst/)

[massivtrasystemet/harkomst/](http://www.clt.info/se/produkter/clt-massivtrasystemet/harkomst/) [hämtat 5.11.2019]

Stora Enso, u.å. *Brandskydd* [Online] [http://www.clt.info/se/produkter/tekniska-](http://www.clt.info/se/produkter/tekniska-data/brandskydd/)

[data/brandskydd/](http://www.clt.info/se/produkter/tekniska-data/brandskydd/) [hämtat 5.11.2019]

Stora Enso, 2017. *Teknisk broschyr CLT* [Online] [http://www.clt.info/se/media-](http://www.clt.info/se/media-nedladdning/broschyrr/broschyrr/)

[nedladdning/broschyrr/broschyrr/](http://www.clt.info/se/media-nedladdning/broschyrr/broschyrr/) [hämtat 22.3.2019]

Stora Enso, 2015. *Teknik mapp* [Online] [http://www.clt.info/se/media-](http://www.clt.info/se/media-nedladdning/broschyrr/broschyrr/)

[nedladdning/broschyrr/broschyrr/](http://www.clt.info/se/media-nedladdning/broschyrr/broschyrr/) [hämtat 22.3.2019]

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2015. *SFS-EN 16351:en Timber structures. Cross laminated timber. Requirements*

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/395472.html.stx> ‘

Svenskt trä, u.å. *Bjälklag* [Online]

<https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktionsexempel/bjalklag/> [hämtat 9.11.2019]

Svenskt trä, 2017. *KL-trähandbok* [Online] [https://www.svensktra.se/siteassets/6-](https://www.svensktra.se/siteassets/6-om-oss/publikationer/pdfer/svt-kl-trahandbok-2017.pdf)

[om-oss/publikationer/pdfer/svt-kl-trahandbok-2017.pdf](https://www.svensktra.se/siteassets/6-om-oss/publikationer/pdfer/svt-kl-trahandbok-2017.pdf) [hämtat 14.1.2019]

Wikipedia, u.å. *Computer Numerical Control*. [Online]

[https://sv.wikipedia.org/wiki/Computer\\_Numerical\\_Control](https://sv.wikipedia.org/wiki/Computer_Numerical_Control) [hämtat 22.9.2019]