



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Sammanfogning av KL-trä

Examensarbete inom maskinteknik (180 HP)

Andreas Faraj

Motasom Ibrahim

Examensarbete 15 HP
Inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Sammanfogning av KL-trä
Joining CLT-wood

Andreas Faraj
Motasom Ibrahim

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2019

Sammanfogning av KL-trä

Joining CLT-wood

*Examensarbetet i högskoleingenjörsprogrammet
Maskinteknik (180 HP)*

Andreas Faraj

Motasom Ibrahim

© Andreas Faraj & Motasom Ibrahim, 2019

Examinator: Christer Persson, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Handledare: Marcus Sundström, Essve

Assisterande handledare: Robert Jockwer, Institution för Arkitektur och
samhällsbyggnadsteknik

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

41296 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslagsbild: (Borgström & Fröbel, 2017)

Sammanfattning

Användning av KL-trä för byggkonstruktioner har nyligen introducerats i Sverige och intresset för det ökar i jämn takt. Eftersom materialet är relativt nytt i den svenska byggmarknaden finns en del utmaningar, bland annat hur sammanfogningen ska ske. Arbetet handlade om att jämföra dagens sammanfogningsmetoder som ofta tillämpas, med andra tänkbara alternativ. Intervjuer och besök utfördes för att få en tydlig bild på hur vissa arbetar idag och vilka metoder som används. Därefter tilldelas ett specifikt fall där skruvar appliceras för att fästa involverade träelement.

Teoretiska beräkningar utfördes för att bestämma hur stora laster som råder på infästningen som sedan kontrollerades tillsammans med en Professor inom Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers. Förutom storleken på lasterna som olika förband klarar gjordes även jämförelser med avseende på tid, montering, estetik och kostnad. Värdet på bärförmågan för skruven jämfördes därefter med bärförmågan hos de olika haksystemen. Slutsatsen var att skruvar inte nödvändigtvis måste vara den bästa metoden vid alla sammanfogningar, trots att det är en metod som förekommit ofta. Haksystem är ett alternativ som istället kan tillämpas på grund av dess goda bärförmåga, möjligheten till prefabricering och flexibla montering.

Summary

The use of cross laminated timber for construction structures has recently been introduced in Sweden and the popularity of the material is increasing at an even pace. Since the material is relatively new in the Swedish construction market, there are some challenges, including how the connection will take place. The work was about comparing the current joining methods that are often applied, with other possible alternatives. Interviews and visits were made to get a clear picture of how some companies work today and what methods are used. Then, a specific case was assigned where screws were applied to attach the involved wooden elements.

Theoretical calculations were made to determine how large the load is on the property, which was then checked together with a Professor in Architecture and Civil engineering at Chalmers. In addition to the size of the loads that different joints can handle, comparisons were also made regarding time, assembly, aesthetics and cost. A comparison of the value for the bearing capacity were made between screws and the different hook systems. The conclusion was that screws are not always the best method to use when joining timbers, even though it is a common method. Hook system is another option that can be applied because of its excellent carrying capacity, the possibility of prefabrication and flexible assembling.

Förord

Examensarbetet har utförts i samarbete med Essve i en del av ett forskningsprojekt startat av Innovatum. Ett möte med Innovatum anordnades tidigt i processen av Miljöbron, en organisation som fungerar som en länk mellan studenter och företag.

Vi vill först och främst tacka vår handledare från Essve, Marcus Sundström som varit med oss under hela projektet. Vi vill även tacka vår examinator Christer Persson som hjälpt oss med rapporten.

Vi vill också tacka Maria Rydberg och David Sjöqvist från Miljöbron som givit oss kontakten med Innovatum som driver hela projektet. Sedan vill vi rikta ett tack till Tommy Christensen från Innovatum som gav oss möjligheten att kunna träffa Essve.

Sist men inte minst vill vi rikta ett stort tack till Robert Jockwer, en Professor på Chalmers som ställt upp och hjälpt oss under projektets gång genom goda råd och vägledning med våra beräkningar.

Förkortningslista

KL-trä - Korslimmat trä

Massivträ – KL-trä

CAD- Computer aided design

CNC- Computer Numerical Control

CLT- Cross Laminated timber

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställning	2
1.4 Metod	2
1.5 Avgränsningar.....	2
1.6 Beskrivning av dagens användning av massivträ.....	3
1.6.1 Varför KL-trä?	3
1.6.2 Potential i Sverige	5
1.7 Faktorer som påverkar konstruktionen.....	6
1.7.1 Styvhet.....	6
1.7.2 Akustik	6
1.7.3 Fukt	6
1.7.4 Dimensionering.....	7
2. Sammanfogning av KL-trä	8
2.1 Träskruvar	8
2.2 Sammanfogning med skruv.....	11
2.2.1 Skarv med lös fjäder	11
2.2.2 Skarv med specialbeslag.....	11
2.2.3 Skarv med dubbla laskar.....	11
2.2.4 Skarv med enkel lask	12
2.2.5 Skarv halvt i halvt.....	12
2.2.6 Skarv med sammanhållande stålhylsor	13
2.2.7 Skarv med enkel lask och förstärkning med långa självborrande träskruvar	13
2.3 Plåtbeslag	14
2.3.1 Spikplåtsvinkel.....	14
2.3.2 Vinkelbeslag	14
2.3.3 Spikningsplåt	15
2.4 X-RAD	16
3. Genomförande.....	17
3.1 Sammanfogningar som används av industrin idag.....	17
3.1.1 Telefonintervju	17
3.1.2 Besök hos Fridh&Hell	17
3.2 Specifikt fall	18

3.3 Beräkningar	19
3.3.1 Bäddhållfasthet	19
3.3.2 Utdragsbärförmåga	19
3.3.3 Karakteristisk bärförmåga.....	20
3.3.4 Förskjutningsmodul	22
3.4 CAD	22
4. Resultat	23
4.1 Resultat av telefonintervju och besök hos Frid & Hell	23
4.1.2 Telefonintervju.....	23
4.1.3 Besök hos Fridh&Hell.....	23
4.2 Resultat av beräkningar	25
4.3 Lämpliga alternativ	26
4.4 Modellering av montage med Alumidi	27
5. Diskussion och slutsats	29
5.1 Dagens användning av haksystem.....	29
5.2 Alternativa infästningar	29
5.2.1 UV-T 4085	29
5.2.2 Alu-serie	30
5.3 Jämförelse	32
5.4 Slutsats.....	33
6. Fortsatt arbete.....	34
Referenslista	35
Bilagor	38

1. Inledning

I detta kapitel kommer bakgrunden till frågeställningarna, syftet av arbetet och avgränsningar att belysas.

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har man satsat på trä som ett material till byggnader och i dagsläget står fler-bostadsbyggandet av trä för cirka 10%, (Innovatum, 2018). Behovet av att ersätta betong med trä ökar stadigt, detta från både miljö och hållbara aspekter. Hur utvecklingen för byggnad av trä kommer bli, är utmaningen för flera företag. Företaget Innovatum AB kommer att påbörja ett projekt som startar i februari 2019 och ska pågå i tre år framöver, där möjligheterna att övergå från betong till KL-trä kommer granskas. Projektet kommer att angripa problemställningen och 13 olika företag kommer att vara involverade. Finansiellt stöd tillkommer från både EU och västra götalandregionen, som båda bidrar med 7 miljoner var. Totalt kommer det satsas 19 miljoner på projektet Trämanufaktur.

Innovatum är ett utvecklingscentrum som ständigt arbetar med olika projekt. De erbjuder bland annat kompetens, resurser och produktionsutrustning för nystartade företag som vill driva ett utvecklingsprojekt. I samband med de pågående projekten arbetar Innovatum med att sammanlänka olika företag och ge dem möjligheten att knyta nya kontakter.

Essve är det företag som kommer ta hand om området sammanfogning av KL-trä. Detta då de är ett av Europas ledande infästningsföretag. De erbjuder produkter, tjänster och service till professionella hantverkare, konstruktörer och inköpare. Med detta projekt vill Essve kunna ta möjligheten att bli störst på marknaden när det gäller infästningar. Då användandet av KL-trä är relativt nytt är skruvar en form av infästning som oftast förekommer, (Sundström, 2019).

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att behandla ett specifikt fall genom att jämföra förbandet som används, med andra alternativ av fogningsmetoder för massivträ.

1.3 Frågeställning

Hur ser dagens metoder ut för sammanfogning av KL-trä?

Vilka andra metoder kan tillämpas?

Vilka för-och nackdelar finns det med de olika metoderna?

1.4 Metod

En litteraturstudie har genomförts för att undersöka massivträ och hur sammanfogningen av det sker idag. Där ingår vilka krav som ställs på metoderna, den last som den kan tåla och vilken styvhet som krävs. Målet är att jämföra olika sammanfogningsmetoder där jämförelse bland annat sker genom beräkningar. Beräkningar utifrån Eurokoder har utförts där lastberäkningar och förskjutningsmodul ingår. Intervjuer och besök hos företag som använder massivträ har gjorts för att kunna få en verklig inblick av ämnet. Det har även utförts intervjuer med professorer och konstruktörer som har erfarenheter kring massivträ. Specifikt fall som ska behandlas tilldelas av byggföretaget Fridh&Hell, som arbetar med att tillverka i massivträ

1.5 Avgränsningar

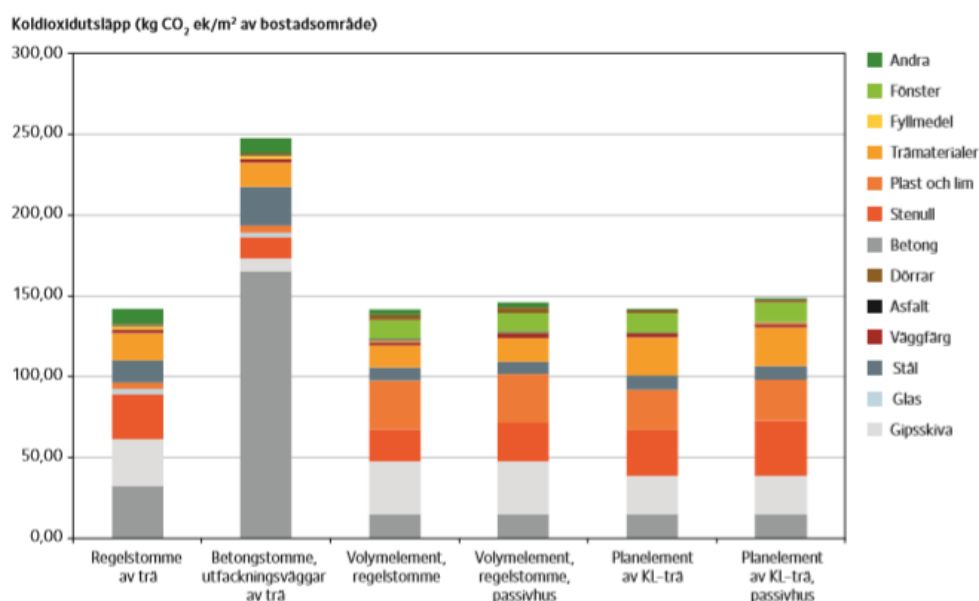
I denna uppgift kommer det vara mycket fokus på metoderna för sammanfogning av massivträ. Därför kommer det inte belysas mycket om exempelvis materialval och byggandet då det betraktas som relevanta för djupare forskning. Olika områden kring massivträ kommer att undersökas men inte i detalj. Jämförelsen av beräkningar kommer ske på endast ett fall av en byggnad.

1.6 Beskrivning av dagens användning av massivträ

För att erhålla en bild av den aktuella situationen för KL-trä och hur dess potential ser ut i Sverige gjordes en analys som presenteras nedan.

1.6.1 Varför KL-trä?

Korslimmat trä (KL-trä) är en massiv träskiva som används som byggnadsmaterial av hyvlat granvirke och består av balkar, plattor, pelare eller skivor som är uppbyggda av korslagda skivor eller plattor som är fastlimmade. Materialet är relativt nytt och utvecklades främst av Österrike runt 1990-talet, dock har många blivit bekanta med materialet och användandet utav det ökar ständigt med tiden. Detta då materialet är miljövänligt och har unika egenskaper. Själva tillverkningen av KL-trä är en energisnål process och materialet kan återföras till kretsloppet utan att miljön påverkas negativt. Det är just den låga miljöpåverkan som gör att KL-trä är ett material som satsas på. Tillskillnad från tillverkningen av betongen och stål är den betydligt energisnål, se figur 1. Dessutom har KL-trä god förmåga att dra åt sig koldioxid från atmosfären under dess livslängd.



Figur 1: Koldioxidutsläpp för olika material, (Svenskt trä, 2017)

KL-trä ett mångsidigt material som kan användas till flera olika förhållanden och den har en lång livstid. Byggnader av KL-trä blir stabila tack vare möjligheten att kunna tillverka stora tvärsnitt av träskivor som i sin tur ger materialet en hög styvhet samt bärförmåga.

Med hjälp av användandet av beklädningsmaterial och den massiva utbyggnaden har KL-trä en bra brandsäkerhet.

Tack vare KL-träs goda tillverkningstekniker och hållfasthetsegenskaper är KL trä ett konkurrenskraftigt byggnadsmaterial med en enastående egenskapsprofil som presenteras nedan, (Borgström & Fröbel, 2017).

Egenskapsprofil av KL-trä:

- Flexibiliteten av materialet ger ett gott bidragande till utveckling av byggande
- God bär- och värmeisoleringsförmåga
- Låg egenvikt som ger lägre transport och montagekostnader samt att det medför till enklare konstruktioner.
- Bra motstånd mot farliga kemiska ämnen
- Bra formstabilitet
- Små tillverkningstoleranser
- Flexibel produktion

1.6.2 Potential i Sverige

Tillämpning av KL-trä ökar stadigt för varje år och många börjar nu inse vilken potential materialet har runt om i världen men inte minst i Sverige. I Sverige introducerades användning av materialet år 1990 och idag tillverkas ungefär 15000–20000 kubikmeter KL-trä per år som förväntas öka med tiden. Med tanke på materialets goda hållfasthet- och styvhet egenskaper finns goda skäl till att se efter möjligheterna att ersätta andra traditionella material. Andra orsaker till att öka användandet av KL-trä i Sverige är att det framställs ur ett hållbart och återanvändningsbart material vilket gör den lättillgänglig, (Borgström & Fröbel, 2017, s.11).

De varierade väderförhållandena i Sverige kan vara en anledning att tvivla på dess tillförlitlighet. Men där har Murmans arkitekter tillsammans med Martinsons bevisat dess möjligheter att vistas inom dragiga förhållanden. Detta genom att framställa en säkerhetsstuga vid toppen av Kebnekaise på 2000 meters höjd där extrem kyla, höga vindhastigheter, regn och snö råder. Eftersom massivträ har god förmåga att samla på sig både värme och kyla bidrar det till ett behagligt inomhusklimat med en väl utjämnad temperatur, (Brandt, 2015). Detta gör åter materialet lämpligt för bostadsbyggandet med tanke på dess kvalité gentemot väderförhållandena i Sverige och dess goda boendemiljö den medför.

Ett annat exempel på investering av KL-trä i Sverige är i Nyköping där fastighetsförvaltningen HSB östras startat ett projekt. Målet är att bygga 44 nya lägenheter som är gjort av KL-trä i ett helt nytt bostadsområde, (Lindstrand, 2019). För tillfället är det ca 10 % av Sveriges flerbostadshus som byggs i trä, dock förutspås denna procentuella andel motsvara 50 % inom 6 år, (Södra, 2019).

Ett utav de ledande företagen som arbetar med att framställa korslimmat trä är Martinsons. Idag tillverkar de ungefär 22 000 kubikmeter per år och har sedan 2003 arbetat med råvaran. I takt med att massivträ får större spridning och fler inser dess potential börjar allt fler företag se efter möjligheterna att producera KL-trä i Sverige. Ett träindustriföretag som planerar att starta produktion av KL-trä i Sverige är Setra med start från första halvåret 2020, (New Cision, 2018). Södra som är ett annat träindustriföretag planerar produktionsstart sommaren 2019. En produktion på 15 000 kubikmeter per år är tanken för företaget vilket motsvarar ungefär 500 lägenheter, (Södra, 2019).

1.7 Faktorer som påverkar konstruktionen

Vid sammanfogning av KL-trä är det viktigt att man tar hänsyn till den last som byggnaden skall bära. Genom att använda rätt metod av sammanfogning kan man hindra att materialet deformeras och blir ostadigt. Man skall även förhindra att både fästdon och material påverkas negativt vid fuktighet.

1.7.1 Styvhet

Varaktigheten hos verkande laster i konstruktionen är de faktorer som i hög grad påverkar styvheten och bärförmågan. Även fukt och temperatur spelar roll då ett torrt trä både är styvare samt starkare än ett fuktigt trä. Styvheten i ett massivträ skall vara tillräcklig hög, detta för att inte deformationer som försvagar konstruktionen skall inträffa. När man utför beräkningar av styvheten och bärförmågan utgår man ifrån att skivan enbart tar upp böjande momenten samt normalkrafter. Det finns två alternativ att erhålla dimensioneringen av KL-träskivor. Antingen med hjälp av tabeller eller diagram samt genom beräkning, (Borgström & Fröbel, 2017).

1.7.2 Akustik

Med tanke på den låga vikten massivträ har med avseende på dess volym kan egenskaperna kring ljudisolering påverkas. Dock kan detta åtgärdas genom att tillämpa olika träkonstruktioner såsom bjälklag vilket bidrar till ökad ljudisolering. Andra metoder vid exempelvis väggkonstruktioner är bland annat att använda sig utav fler lager, öka mellanrummet mellan dem eller öka massan hos dem, (Träguiden, 2018).

1.7.3 Fukt

De svårigheter som man kan stöta på med KL-trä är fuktigheten. Fukten påverkar träet genom mögel, röta eller blånad som bildas. Detta kan då leda till att träets uppbyggnad försämras och människors hälsa påverkas negativt. Då massivträ har stor förmåga att lagra fukt är det viktigt att redan innan byggandet införa metoder som hindrar förstörandet av materialet. Med hjälp av anpassade fukt-beräkningsprogram kan man göra en bedömning på hur stor risken är att det uppkommer skadlig kondens inuti en konstruktion. Fuktkvoten i materialets yta ska understiga 18 % för att ingen mikrobiell påväxt skall inträffa. Konstruktionen uppfyller kraven ifall ingen kondens inträffar eller att den mängd vatten kan föras bort i god tid. Mängden skall alltså vara så minimal att materialet inte får några uppenbara skador, (Träguiden, 2017).

1.7.4 Dimensionering

Beroende på vilken typ av förband som används erhålls olika egenskaper hos konstruktionen som involverar bärförmågan och dess stabilitet. Andra faktorer som också varierar med avseende på fästningens utformning är brandkrav och akustik. Val av sammanfogning påverkar även var och när deformation sannolikt inträffar och vilket typ av brott det sedan resulterar i. Därav vikten av noggrann dimensionering hos de valda förbanden så att brott som sker utan förvarning undviks och helst uppstår under stora och tydliga deformationer hos konstruktionen, (Borgström & Fröbel, 2017, s.80).

Eftersom förbandet är en svag punkt på konstruktionen är det viktigt för byggnadskonstruktören att förstå hur förbandet fungerar statiskt. Byggnadskonstruktören bör ha ett förståande på hur krafterna överförs, och genom detta genomföra en utformning där krafterna överförs effektivt. Vid utformningen av förbandet är det en del aspekter som man behöver beakta. För att kunna dimensionera förbandet behöver man först beräkna förekommande krafter och moment, som kommer att överföras av förbandets fästdon. Det är även väldigt viktigt att man använder sig utav korrekta mekaniska modeller för att undvika eventuell underskattning av krafter som antingen förbandet eller fästdon överför. Vid användning av stålförband bör man tänka på att träet skall ha möjlighet att utvidga sig och krympa utan att stora krafter uppkommer under fukt förändringar. En försvagning av KL-träets tvärsnitt inträffar ofta i resultat av förbandets geometri, detta på grund av exempelvis inslitsade plåtar, dymlingar och genomgående skruvar. Därför bör man beakta minskning av tvärsnittet vid dimensionering, (Fröbel, 2016).

2. Sammanfogning av KL-trä

De metoder som förekommer ofta är långa självborrande träskruvar mellan skivorna, även spikar, spikningsplåtar samt inslitsade plåtar vilket beskrivs nedan.

2.1 Träskruvar

Förband med skruvar är en enkel lösning som vanligt förekommer vid infästning av KL-trä, det kan vara allt från universalskruv och träbyggnadsskruv till andra speciella skruvar, se figur 2. Varför träskruvar är populära beror på att det är både enkla och säkra vid användning. Träskruvarna kan användas utan förborring och har förmågan att ta både drag- och tvärkrafter tillsammans.

Vid användandet av träskruvar måste man ta hänsyn till positionen då risken är att skruven förskjuts mot spalterna mellan brädorna när man använder icke limmade KL-träskivor. Stålhylsor i form av genomgående cylindriska ringar kan användas ifall man behöver föra över större tvärkrafter, (Träguiden, 2017).



Ankarspik. Används i kombination med byggbeslag.



Ankarskruv. Används i kombination med byggbeslag.



Träbyggnadsskruv. Med specialutformade gängor. Behöver inte förborras.



Universalskruv. Med övre och undre förankringsgängor för två virkesstycken.



Självborrande dymling. Används för montage av inslitsade stålplåtar i träkonstruktioner.

Figur 2: Varianter av träskruvar, (Träguiden, 2017)

Det finns flera olika varianter av självborrande skruvar i dagens marknad. Materialvalet, gänga, spets och skalltyp bestämmer vilket förhållande skruven kan användas i. Skruvens gänga och spets påverkar hur snabbt skruven förs in i materialet. Spetsens funktion är att ta isär träfibrerna och även se till att sprickbildning inte uppstår. Det finns tre olika typer av självborrande skruvar, hel-, del- och dubbelgängade skruvar. Helgängade skruvar har en gängning på hela skruven, se figur 3. Med helgängade skruvar kan en hög styvhet erhållas, således blir deformationerna minimala. Dess spets utan skåra ger ett bättre inledande grepp och djupen sluts igen genom helgängade skruvar som har ett slät underhuvud. Dessa skruvar fungerar utmärkt för skråskruvning, dvs att skruven förs in i materialet med en viss vinkel.

Delgängade skruvar är endast gängade på den nedre delen, se figur 4. Dessa skruvar har en låg styvhet vilket gör att dom inte kan skråskruvas. Detta för att axiella- och skjuvkraften inte kan tas upp samtidigt. Dock har delgängade skruvar en god formbarhet vilket är en stor fördel när eventuella deformationer uppstår i konstruktionen.

Dubbelgängade skruvar är gängade på vardera sida av skruvens midja som är slät, se figur 5. Gängan som är i den övre delen har en större diameter och sitter inte lika tätt som den nedre delen. Dubbel-gängade skruvar är användbara då olika delar behöver dras samman där den midjan utan gänga placeras fritt mellan delarna. Exempelvis för att fästa olika trästycken med varandra eller för att montera ett trästycke mot en vägg av annat material såsom tegel, (Rothoblaas, 2014).



Figur 3: Helgängad skruv, (SFS, 2015)



Figur 4: Delgängad skruv, (SFS, 2015)



Figur 5: Dubbelgängad skruv, (SFS, 2015)

Förutom skruvar är spikar ett vanligt förekommande fästdon vid träkonstruktioner. Trådspik är den vanligaste spiken och används mycket till exempelvis trästommar och byggställningar. Om infästningen ska vistas utomhus ska samtliga spikar antingen vara rostskyddade eller av rostfritt stål, detta gäller även skruvar och beslag. Viktigt att tänka på vid val av spik och innan spikning är huruvida alla fästdon får utstå bland annat smuts, vatten och fukt. Detta kan bland annat göras genom att bestämma lämplig korrosivitetsklass enligt standard, SS-EN ISO 12944-2, och därigenom välja ut en spik med passande materialegenskaper. Andra faktorer att se efter är vilket underlag man har, om ytan ska målas eller hur stor risken är att defekt uppstår, (Svenskt trä, u.å.).

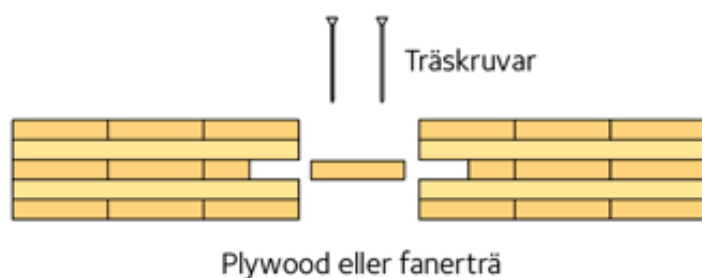
Skillnaden mellan spik och skruv är att spikar ofta kräver förborring nära ändträ och vid hårdare träslag såsom KL-trä. Skruvar klarar utdragskrafter bättre än vad spikar gör, dessutom är användandet av skruvar lättare vid demontering, (Svenskt trä, u.å.).

2.2 Sammanfogning med skruv

Nedan presenteras olika metoder som kan användas vid sammanfogning av KL-trä.

2.2.1 Skarv med lös fjäder

Fjädern är ett förband med två skär och skall antingen skruvas eller spikas ihop. Krafter kan överföras, av skarven, längs och tvärs KL-träskivans plan. Skarven kan även utföras med 2 fjädrar vilket ger fyra skär, se figur 6, (Träguiden, 2017).



Figur 6: Skarv med lös fjäder, (Träguiden, 2017)

2.2.2 Skarv med specialbeslag

Dessa finns ute i marknaden och är olika som anpassas efter varje sammanfogning. De flesta beslagsystem bygger på olika haksystem. Det som menas med haksystem är att beslag gjorda av antingen aluminium eller stål skruvas till väggsnivåerna av KL-trä och de kan därefter monteras ihop. Skarvens bärförmåga bestämmer antalet beslag och även storleken på dessa, se figur 7, (Träguiden, 2017).

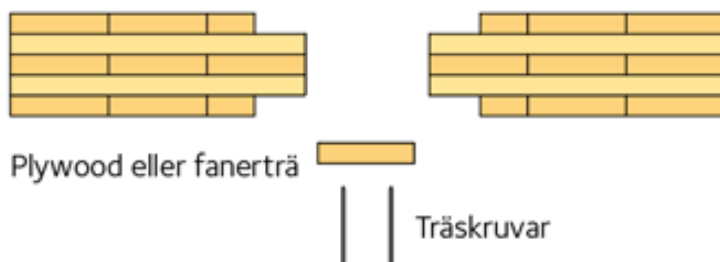


Figur 7: Skarv med specialbeslag, (Träguiden, 2017)

2.2.3 Skarv med dubbla laskar

Denna metod ökar förmågan att överföra tvärkrafter för förbandet och konstruktionen.

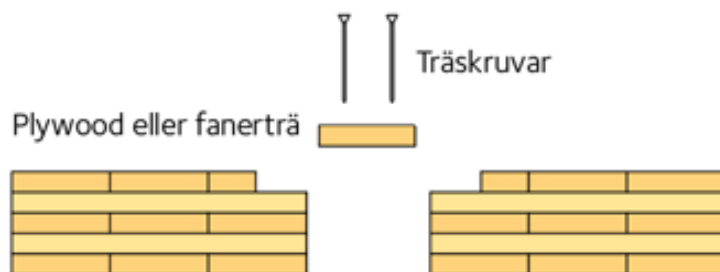
Laskarna är ett förband med ett skär per lask och skall skruvas eller spikas fast. Skarven har även en förmåga att överföra ett lägre moment, se figur 8, (Träguiden, 2017).



Figur 8: skarv med dubbla laskar, (Träguiden, 2017)

2.2.4 Skarv med enkel lask

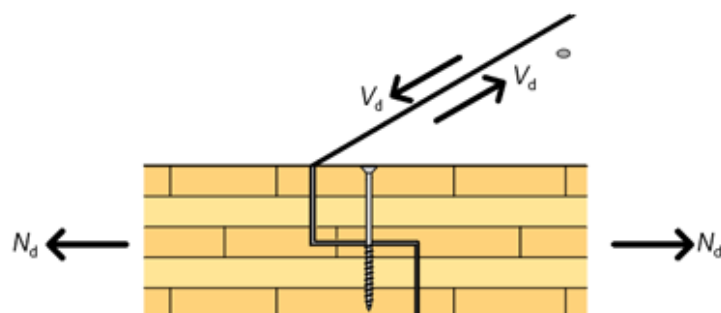
Här skall lasken antingen skruvas eller spikas fast och anses vara ett förband med ett skär. Krafterna som överförs av skarven görs längs och tvärs KL-träskivans plan, se figur 9, (Träguiden, 2017).



Figur 9: Skarv med enkel lask, (Träguiden, 2017)

2.2.5 Skarv halvt i halvt

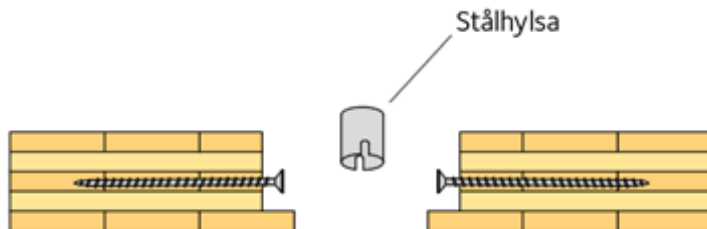
Detta är en enkel och pålitlig metod inom träbyggandet. Det används självborrande träskruvar som gör att processen blir enkel och monteringen går snabbt. Krafterna som överförs av skarven görs längs och tvärs KL-träskivans plan, se figur 10, (Träguiden, 2017).



Figur 10: Skarv som har ett halvt i halvt urtag, (Träguiden, 2017)

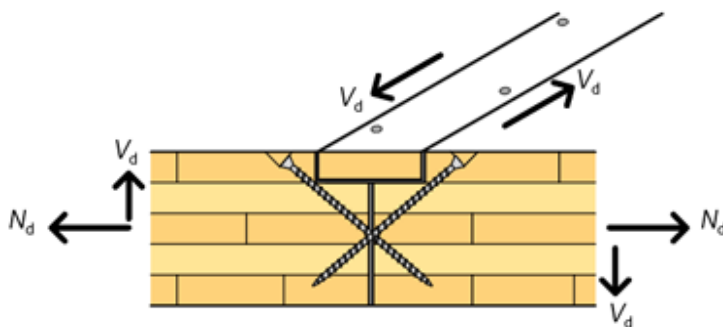
2.2.6 Skarv med sammanhållande stålhylsor

Skarven kan utföras med sammanhållande hylsor och dessa skruvas vanligtvis hos KL-trä tillverkaren. Dock går det att montera hylsorna på ett enkelt sätt i byggarbetsplatsen. Skruven kan dimensioneras beroende på hur stora tvärkrafter är i skarvens längdriktning se figur 11, (Träguiden, 2017).



Figur 11: Skarv med sammanhållande skruvar och hylsor, (Träguiden, 2017)

2.2.7 Skarv med enkel lask och förstärkning med långa självborrande träskruvar



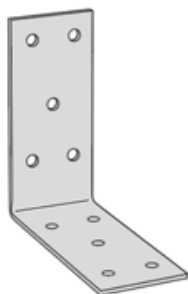
Figur 12: Skarv med enkel skråskruvning och laskskruvning, (Träguiden, 2017)

2.3 Plåtbeslag

En metod som ofta förekommer är användning av plåtbeslag som är vanlig vid exempelvis infästning mellan bjälklagsplattor och väggskivor. Beroende på hur infästningen ska se ut finns olika passande plåtbeslag, de som kan utsättas för stora draglaster och de som i huvudsak överför tvärkrafter. Några exempel på vanliga varianter av plåtbeslag är spikplåtsvinkel, vinkelbeslag och spikningsplåt, (Borgström & Fröbel, 2017, s.75).

2.3.1 Spikplåtsvinkel

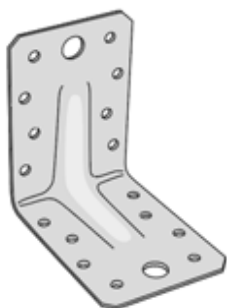
Spikplåtsvinkel används ofta för att sammanlänka bjälklagsplattor och väggskivor. Dessa framställs av varmförzinkat stål eller rostfritt stål med en tjocklek på 2–4 mm och 5 mm i håldiameter. Både ankarskruv och ankarspik kan användas här, se figur 13, (Träguiden, 2017).



Figur 13: Spikplåtsvinkel, (Träguiden, 2017)

2.3.2 Vinkelbeslag

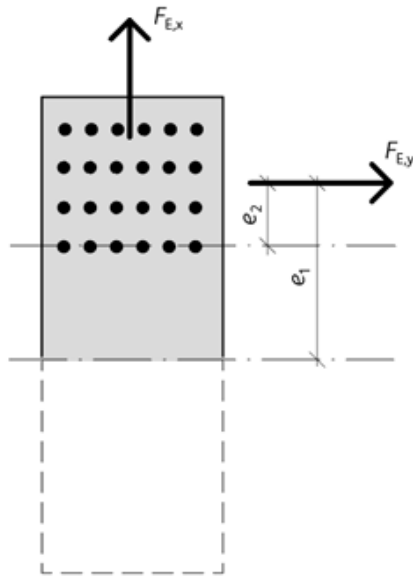
Vinkelbeslag används vanligen som kryssförband och kan framställas vid olika dimensioner för att säkerställa att den klarar belastningen som råder. Både ankarskruv och ankarspik kan användas här, se figur 14, (Träguiden, 2017).



Figur 14: Vinkelbeslag, (Träguiden, 2017)

2.3.3 Spikningsplåt

Spikningsplåt är lämpliga vid lägre belastningar och jämfört med metoderna ovan är den här inte försedd med någon vinkel. Hålen kan antingen göras genom stansning eller borrarning dock är det kostnadseffektivaste alternativet att stansa plåten. Likt metoderna ovan kan både ankarskruv och ankarspik tillämpas, se figur 15, (Träguiden, 2017).



Figur 15: Spikningsplåt, (Träguiden, 2017)

2.4 X-RAD

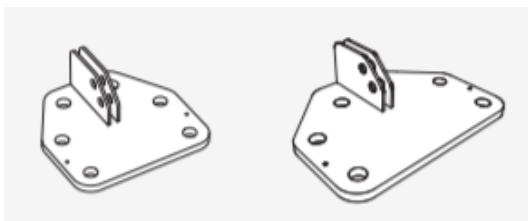
X-rad är en innovativ infästningsalternativ framtaget av Rothoblaas, se figur 16. Metoden är specifikt framtagen för sammanfogning av KL-trä och används ofta vid infästningar av väggskivor i grund eller mellan väggskivor. X-RAD består av två komponenter X-ONE och X-PLATE, där X-ONE är huvudkomponenten i systemet som fästs i hörnen på väggskivorna med sex självborrande skruvar, se figur 17. X-PLATE är en stålplåt som sammankopplar KL-träpaneler med varandra eller mot en grund, se figur 18. Komponenten kan montera ihop KL-träskivor med en tjocklek på 100 mm till 200 mm. Förutom dessa delar används också något som kallas för X-SEAL, vilket är en form som omsluter samtliga delar hos infästningen. Detta medför ökad vindmotstånd och minskad akustisk vibration som kan uppstå från luftflöden, (Rothoblaas, 2017).



Figur 16: Variant av X-RAD, (Rothoblaas, 2017)



Figur 17: X-ONE med tillhörande fästdon, (Rothoblaas, 2017)



Figur 18: Varianter av X-PLATE, (Rothoblaas, 2017)

3. Genomförande

Det har valts att granska ett fall från en byggnad byggt av företaget Fridh&Hell. I det givna fallet sker infästningen med skruvar och är mellan yttertak och yttervägg. Genomförandet av detta projekt har gjorts genom intervju, besök, beräkningar och CAD-modellering som förklaras nedan.

3.1 Sammanfogningar som används av industrin idag

För att få en inblick över vilka sammanfogningsmetoder som används idag utfördes en telefonintervju och ett besök hos ett företag som beskrivs nedan.

3.1.1 Telefonintervju

Sammanfogningar som används av industrin idag beror främst på hur infästningen ska se ut och i vilket sammanhang det ska göras i. För att få en större insyn på vilka metoder som företag använder sig av idag, kontaktades Örjan Landström, vd för NOCK. NOCK tillverkar massiva trähus av KL-trä och levererar förtillverkade flerbostadshus, kontor och andra byggnader.

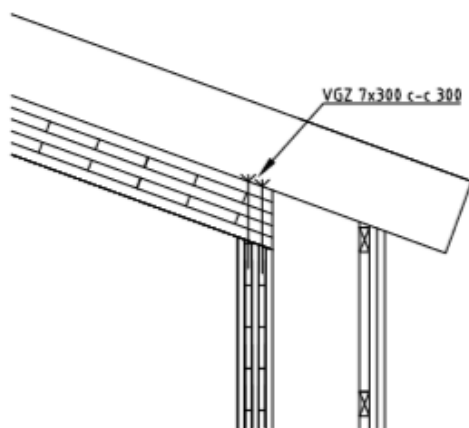
3.1.2 Besök hos Fridh&Hell

Litteraturstudien och telefonsamtalet med NOCK gav en bra insikt på vilka metoder som kan användas för att sammanfoga KL-trä. Dock behövdes en kontakt i närhet för att kunna se metoderna som används i verkligheten, därav ordnades ett besök hos företaget Fridh&Hell tillsammans med Essve. Fridh&Hell har utfört olika projekt bland annat en förskola och stugor vid kusten som är byggda av massivträ.

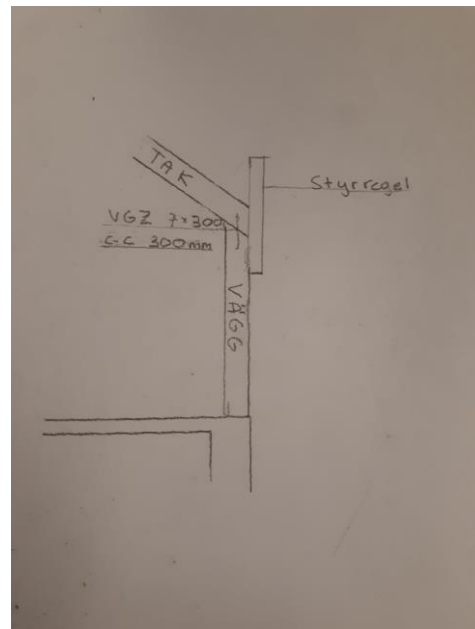
3.2 Specifikt fall

Vid infästningen mellan yttertaket och ytterväggen har Fridh&Hell valt att använda sig av två skruvar, se figur 19. Skruvarna de använder i det givna fallet är två helgängade skruvar med diametern 7 mm och längden 300 mm. Bredden för taket är 160 mm och längden är 5108 mm. För väggen motsvarar dessa värden 100 mm och 4800 mm. Vinkeln på takskivan är 20°.

Montaget av detta fall utförs genom att först skruva fast och stadga väggelementet mot underlaget. Därefter monteras en styrregel, som styr takelementet när det lyfts på plats för att sedan fästa skruvarna enligt figur 20. Skruvarna som Fridh&Hell använder sig av idag är två helgängade skruvar från Rothoblaas och kallas för VGZ 7x300 mm c-c 300, (Rothoblaas, 2018).



Figur 19: Infästning mellan yttertak och yttervägg



Figur 20: Ansättning med styrregel (montage)

3.3 Beräkningar

Nedan presenteras formler som kommer att användas för att beräkna lasterna i de olika riktningarna på materialet samt skruvens totala kapacitet.

3.3.1 Bäddhållfasthet

Vid dimensionering av förband är framförallt lastens riktning då KL-trä är uppbyggt av flera skikt med olika fiberriktningar i förhållande till varandra. Beroende på hur skiktet är uppbyggt och antalet lager som tillämpats kommer det naturligtvis åstadkommas olika resultat vid beräkningar av bland annat bärförmågan med träskruvar i KL-trä. Med korslimmat trä förekommer belastningar i två riktningar, där skruvens axel antingen är vinkelrät mot fiberriktning eller parallell med den. Med hänsyn till vilken fiberriktning skruvarna ansätts blir bärförmågan annorlunda vid infästningarna. Tvärkraftsbärförmågan för självborrande träskruvar kan bestämmas av materialets hållkanthållfasthet/bäddhållfasthet enligt ekvation 1.1 och 1.2, (SS-EN 1995-1-1:2004, 2009).

Parallellt med KL-träskivans plan:

$$f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01d) \cdot \rho_k \quad [N/mm^2] \quad 1.1$$

Vinkelrätt mot KL-träskivans plan:

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} \quad [N/mm^2] \quad 1.2$$

där:

$f_{h,0,k}$ = Karakteristisk hållkanthållfasthet.

k_{90} = Korrektionsfaktor.

α = Vinkeln mellan kraft och fiberriktning

ρ_k = Karakteristisk densitet för KL-trä.

d = Skruvens diameter i mm. Gäller skruvar $d \leq 30$.

3.3.2 Utdragsbärförmåga

Olika typer av brott som kan uppstå i en konstruktion är ”metallbrott” som innebär exempelvis att skruven går av och ”träbrott” som kan bero på att skruvarna dras ut ur materialet på grund av för hög utdragningskraft. För att beräkna den karakteristiska utdragsbärförmågan, $F_{ax,RK}$, används ekvation (1.3) enligt nedan, (SS-EN 1995-1-1:2004, 2009).

$$F_{ax,RK} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1.2 \cdot \cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha)}, \quad \text{där} \quad 1.3$$

$F_{ax,RK}$ = Karakteristisk utdragsbärförmåga.

n_{ef} = Antalet skruvar.

$f_{ax,k}$ = Karakteristisk draghållfasthet = $0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8}$

d = Träskruvens yttre gängdiameter i mm. Där följande krav gäller, $6 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$ och $0.6 \leq d_1/d \leq 0.75$, d = gängans ytterdiameter, d_1 = gängans inner diameter.

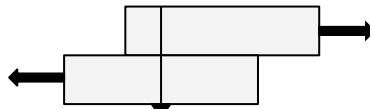
ρ_k = Karakteristisk densitet för KL-trä. Oftast $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ för KL-trä.

α = Vinkeln mellan skruvens axel och fiberriktningen.

l_{ef} = Träskruvens effektiva förankringslängd i skivan.

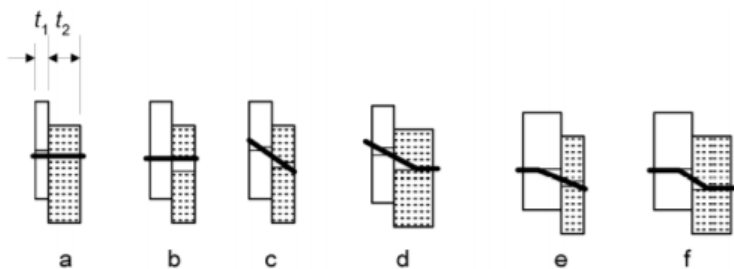
3.3.3 Karakteristisk bärförmåga

Vid förband med ett skjuvningsplan erhålls tvärkrafter i båda leden. Fallet består av två träelement av antingen olika eller samma träkvalitet som binds samman med en förbindare av stål, exempelvis skruv eller spik, se figur 21.



Figur 21: Förband med ett skjuvningsplan, (författarens egen illustration).

Bärförmågan för en enskild skruv är summan av tvärkrafts-och dragbärförmågan. Eftersom det givna fallet består av ett förband med ett skjuvningsplan innebär det en rad olika möjligheter för brott, se figur 22, (SS-EN 1995-1-1:2004, 2009).



Figur 22: Brottmoder för förband med ett skjuvningsplan, (SS-EN 1995-1-1:2004, 2009).

Vid beräkning av den karakteristiska bärförmågan, $F_{v,RK}$, ska samtliga uttryck beräknas för att sedan dimensionera fästelementet utifrån det lägsta värdet som erhålls, enligt figur 23.

Däriigenom vet man vilken kapacitet som krävs av skruven för att upprätthålla infästningen.

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d & (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (f) \end{cases}$$

Figur 23: Karakteristiska bärförmågan för förband med ett skjuvningsplan, (SS-EN 1995-1-1:2004, 2009).

Där:

$F_{v,Rk}$ = Karakteristiska bärförmågan per skjuvningsplan.

$f_{h,i,k}$ = Karakteristiska bäddhållfastheten i de olika fiberriktningarna.

d = Skruvens diameter.

t_i = Inträngningsdjupet för skruven i de olika skivorna.

$M_{y,Rk}$ = Karakteristiska flytmomentet, tagen ur Rothoblaas katalog (rothoblaas,2018).

β = Förhållandet mellan träskivornas bäddhållfastheter, $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$.

$F_{ax,Rk}$ = Karakteristiska utdragsbärförmågan för förbandet.

3.3.3.1 Linverkan

Ekvationerna för den karakteristiska bärförmågan består av två termer. Den första är bärförmågan för att bestämma gränslasten enligt flytledsteorin (Johansens flytteori). Den

andra, $\frac{F_{ax,Rk}}{4}$, är bidraget som motsvarar en så kallad linverkan. Linverkan innebär att

alternativa last-vägar kan skapas när deformation uppstår och lasten blir för hög.

Bärförmågan av linverkan begränsas av flytledsteorin där andelen beror på typen av förband.

För skruvar bör linverkan inte överstiga 100% av bärförmågan som fås enligt den första termen i ekvation c) -f) vid beräkningar av $F_{v,Rk}$, (Bergqvist red., 2015, sid. 42).

3.3.4 Förskjutningsmodul

Förskjutningsmodulen är ett mått på hur stor kraft som verkar på förbandet när förskjutning uppstår. Det finns olika typer av formler att utgå ifrån beroende på belastning och enheten för förskjutningsmodulen är kN/m. Värdet på förskjutnings-modulen visar hur mycket förbandet påverkar deformationerna, både horisontellt och vertikalt. Genom en hög förskjutningsmodul uppnås en styvare konstruktion.

Förskjutnings-modulen för bruksgränstillstånd per skjuvningsplan och förbindare beräknas genom ekvation 1.4, (SS-EN 1995-1-1:2004, 2009).

$$K_{ser} = \rho_m^{1.5} \cdot \frac{d}{23} \quad 1.4$$

Där:

K_{ser} = Förskjutningsmodul

ρ_m = Medeldensitet för KL-trä = 420 kg/m³

3.4 CAD

CAD är ett datorprogram som används för att designa och skapa ritningar som används inom konstruktion. Det gjordes en CAD-modell på en alternativ infästning som ersätter skruvarna från det specifika fallet. Måtten dimensionerades utefter vald infästning. Med hjälp av CAD erhöles en verklig modell av infästningen.

4. Resultat

Nedan presenteras resultatet av intervjun med Nock samt besöket hos Fridh & Hell. Även beräkningar och CAD-modeller som utförts presenteras nedan.

4.1 Resultat av telefonintervju och besök hos Frid & Hell

Nedan presenteras resultatet av intervjun och besöket.

4.1.2 Telefonintervju

Ur intervjun med Landström kunde det konstateras att de vid sammanfogning använder sig mestadels av skruvar och detta för att det är en enkel och beprövad metod. Anledningen till att spikar inte används, menade Landström var på grund av att metoden inte skulle bidra till lika mycket robusthet som skruvar. Det föregicks även att plåtbeslag inte används alls och detta för att plåtbeslag inte är relevanta för NOCKs produktion, menade Landström.

De svårigheter som förekommer vid användning av skruvar sker främst vid monteringen. Då inskruvningen skall ske med stor kraft och skall göras manuellt behövs det flera personer som medverkar. Genom att eventuellt automatisera monteringen erhåller man en bättre ergonomi menade Landström.

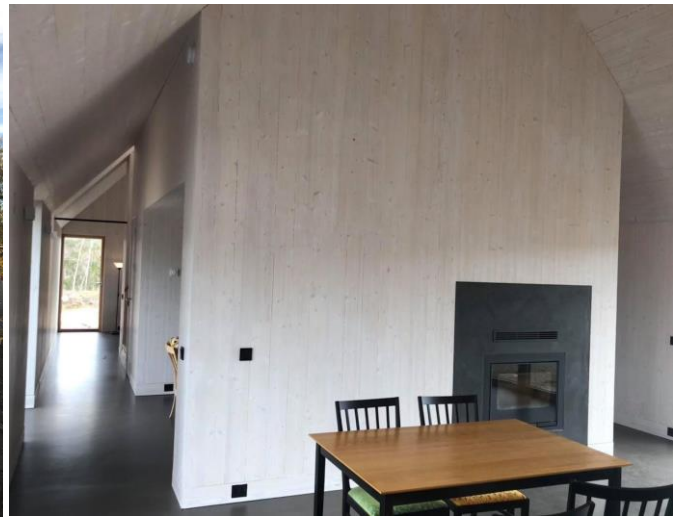
4.1.3 Besök hos Fridh&Hell

Ett besök hos Dalslandsstugan gjordes som är ett av projekten Fridh&Hell har utfört med KL-trä, se figur 24 och 25. Stugan har en yta på 141 m² och består av två våningar med förstuga, kök, sal och två kammare, (Bengtsfors, u.å.). Efter besöket hos Fridh&Hell och vistelsen i stugan de tillverkat kunde det konstateras att företaget mestadels använder sig av skruvar som fästdon. Skruvar som förekommer ofta är del- och dubbel-gängade skruvar. En svårighet som kan uppstå med exempelvis dubbelgängade skruvar är vid dimensioneringen, där den gängfria delen av skruven ska placeras precis mellan träskivorna för att dra dem samman, menade Hell. Anledningen till att de främst använder sig utav skruvar som fästdon, är för att det är en säker metod som använts länge. Gällande beslag finns det inte tillräckligt med underlag för att använda sig av det, konstaterade Hell. Andra utmaningar som Fridh&Hell stötte på vid byggandet av stugan bestående av KL-trä var bland annat synligheten av skruvar. Ska det finnas synliga fästelement krävs det ofta högre krav med avseende på exempelvis brandrisk. En annan svårighet som kunde uppstå var hanteringen av ljud som överförs mellan våningar och väggar då vibrationer kan röra sig via infästningar. En lösning

som kan tillämpas för att sänka ljudnivån menade Hell var att gummimattor kunde placeras mellan övergångarna av exempelvis under- och övervåningen.



Figur 24: Dalslandsstugan, (Bengtsfors, u.å.)



Figur 25: Dalslandsstugan, (Författarens egen bild)

4.2 Resultat av beräkningar

Nedan presenteras resultatet beräkningar av materialets bäddhållfasthet i de olika riktningarna, draghållfastheten, utdragsbärförmågan och förskjutningsmodulen, se tabell 1. För fullständiga beräkningsgång se bilaga A-C.

VGZ 7*300 mm	
$f_{h,0,k}$	26,691 Mpa
$f_{h,90,k}$	18,344 Mpa
$f_{ax,k}$	13,00 Mpa
$F_{ax,Rk}$	11,15 kN
K_{ser}	2619,65 N/mm

Tabell 1: Skruvens egenskaper.

Utifrån resultaten ur tabell 1 beräknades den karakteristiska kapaciteten, $F_{v,Rk}$. För infästningen med både en respektive två skruvar, se tabell 2 och 3.

$F_{v,Rk}$ [kN]		$F_{v,Rk}$ [kN]	
29,893	a)	59,786	a)
16,693	b)	33,386	b)
12,772	c)	25,544	c)
12,632	d)	25,264	d)
9,557	e)	19,114	e)
5,177	f)	10,354	f)

Tabell 2 och 3: Karakteristiska bärförmågan för en respektive två skruvar.

4.3 Lämpliga alternativ

Nedan presenteras de metoder som kan tillämpas utifrån beräknade laster, se tabell 4.

Infästning	UV-T 4085	Alumini 125	Alumidi 80	Alumidi 120 med hål
Bredd [mm]	40	45	80	80
Längd [mm]	85	125	80	12
Antal skruvar	15	19	17	25
Kostnad [SEK]	457	203	184	256
$F_{v,Rk}$ [kN]	18,7–21,6	10,3	11,6	25,6

Tabell 4: Jämförelse mellan systemen.

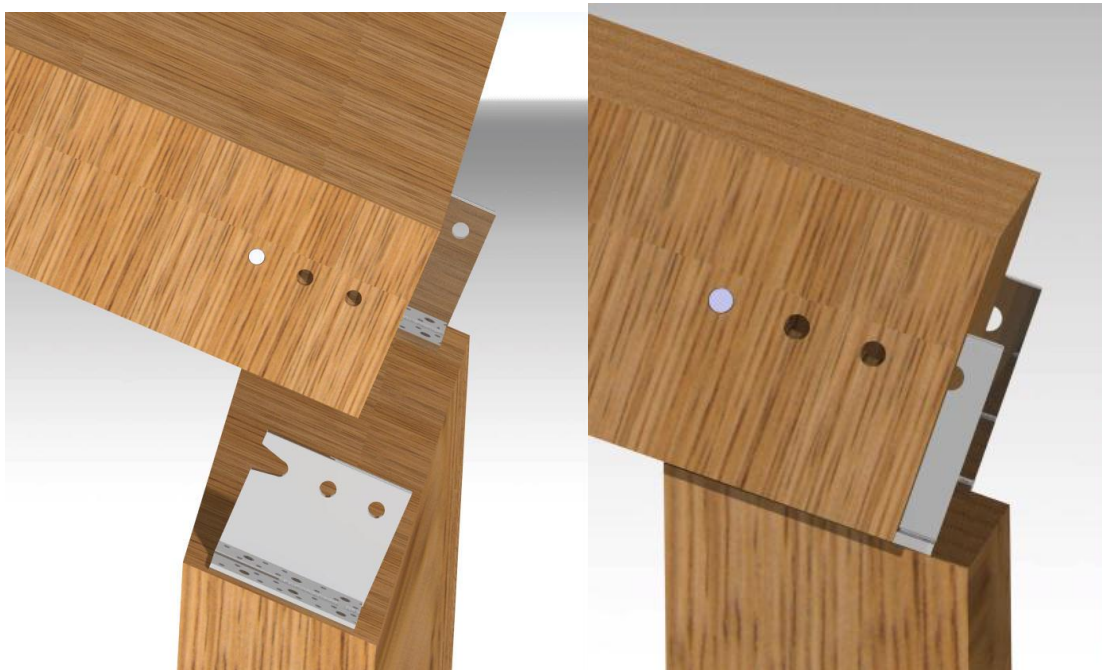
4.4 Modellering av montage med Alumidi

Enligt figur 26 ska taket med hjälp av ett lyftdon placeras ovanför väggen.



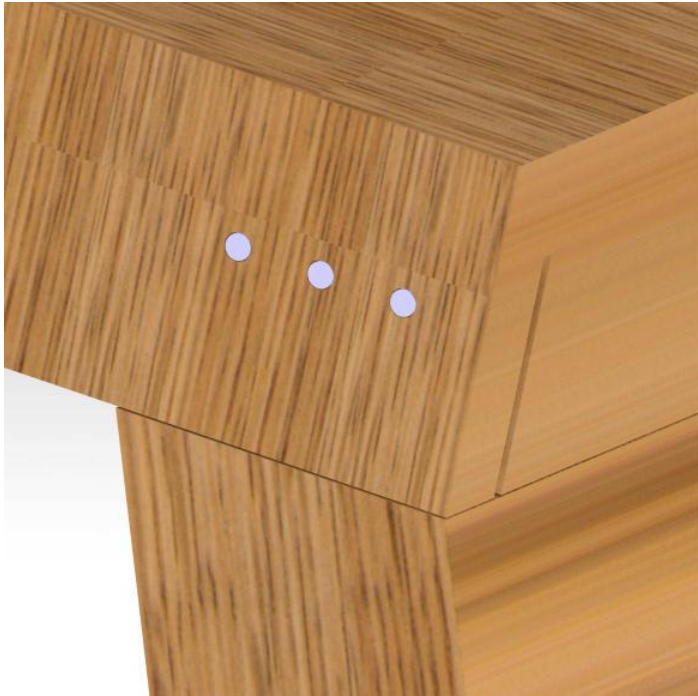
Figur 26: Montage mellan tak- och väggelement, (Författarens egen illustration)

Figur 27 och 28 visar hur taket först placeras på väggen där den senare kan glida fram tills dymlingen hakas fast mot öppningen på förbandet.



Figur 27 och 28: Montage mellan tak- och väggelement med Alumidi, (Författarens egen illustration)

Slutligen kan resterande dymlingar fästas in, se figur 29.



Figur 29: Slutmontering, (Författarens egen illustration)

5. Diskussion och slutsats

Nedan presenteras diskussion och slutsats.

5.1 Dagens användning av haksystem

Både ur telefonintervjun med Landström från NOCK och besöket hos Fridh&Hell föregicks det att de inte använder sig utav beslag eller andra fästdon än skruvar. Användandet av materialet KL-trä i den svenska marknaden är relativt nytt, därför förekommer oftast skruvar vid sammanfogning jämfört med exempelvis haksystem. Detta för att skruvar anses som en pålitlig och säker metod. Dessutom finns det inga universal beslag som passar i flera olika fall likt skruvar. Följaktligen innebär det att specialbeställda beslag krävs, vilket är dyrare än att använda befintliga produkter ute på marknaden, (Fröbel, 2016).

En fördel med att använda sig av haksystem är att det finns goda möjligheter för prefabricering. Det leder till ökad tidsbesparing vid sammanfogningen av KL-trä. Monteringen är inte lika krävande som skruvar då det kan ske på förhand. Ur ett ergonomiskt perspektiv är detta gynnsamt för byggarbetarna. En orsak till att färre använder sig av plåtbeslag är för att konstruktörerna inte vill ha infästningen synlig påstod Peter Rydberg, försäljare hos Rothoblaas. Med haksystem har man möjligheten att dölja infästningarna.

5.2 Alternativa infästningar

När skruvar ersätts med haksystem för det givna fallet är tanken att haksystemen ska placeras på träskivans ände för både yttertak och yttervägg. I det givna fallet används en träregel för att stabilisera takelementet men med användning av haksystem är den inte lika nödvändig. Detta då takelementet istället kan stadgas genom att haka fast den mot väggskivan, se avsnitt 4.4 figur 26.

5.2.1 UV-T 4085

Första delen av UV-t ska skruvas fast på väggskivan och den andra delen ska skruvas på taket likt figur 30 och 31. Monteringen sker genom att den ena delen glider in i ett spår hos den andra. Denna metod har relativ enkel montering och betydligt bättre bärförmåga än skruv. En UV-t motsvarar ca 4st utav VGZ-skruvarna som Fridh&Hell använder vid det specifika fallet. Dock är kostnaden betydligt dyrare och ligger på 457 kr jämfört med skruvar som endast kostar 65 kr/st.



Figur 30 och 31: UV-T, (Rothoblaas, u.å.)

5.2.2 Alu-serie

Nedan presenteras två olika fall från Alu-serien

5.2.2.1 Alumini

Alumini är en annan infästningsmetod som ger möjligheten att kunna dölja infästningen, se figur 32. Infästningen sker genom att fästa Alumini på väggen genom skruvar. En utformning görs på takets yttre skiva utefter formen på Alumini. Därefter placeras takets utformning på infästningen där den kan vila och slutligen skruvas det från takskivans kant genom Alumini. En betydande fördel med Alumini är att den har en hög tolerans. Detta innebär att måtten inte behöver vara helt exakta för att monteringen av skivorna ska kunna ske på ett säkert sätt, (Rothoblaas, u.å.).



Figur 32: Alumini, (Rothoblaas, u.å.)

5.2.2.2 Alumidi med och utan hål

Likt metoderna ovan fungerar Alumidi på liknande sätt där idén är att först haka fast träelementen mot varandra och sedan skruva fast dem. Funktionsmässigt och estetiskt är den precis som Alumini med skillnaden att den finns i större dimensioner och kan ta upp högre laster. Metoden har allmänt god förmåga att klara höga belastningar vilket gör den passande till flera byggkonstruktioner. Alumidi finns i två olika varianter där delen som lyfter balken kan komma med eller utan hål, se figur 33. För konsolen med förborrade hål används dymlingar medan för den utan hål används självborrande dymlingar. Ska den med hål användas kan en bormall tillämpas som hjälpmedel för att hålen på träskivorna ska få rätt dimensioner. Montering för infästningen som inte har hål utförs på samma sätt som för Alumini. För infästningen med hål sker sammanfogningen genom att en dymling först förs in i takelementet som sedan placeras på väggskivan lutandes mot infästningen. Efter att takskivan har hakats fast kan resterande dymlingar föras in. Denna metoden har högre bärförmåga jämfört med det andra alternativet vilket beror på att dymlingarna som används är större och därav kan ta upp högre laster, (Rothoblaas, u.å.).



Figur 33: Alumidi med och utan hål, (Rothoblaas, u.å.)

5.3 Jämförelse

Skruvorna som använts vid det specifika fallet erhöll en bärförmåga på 10,3 kN.

Infästningsmetoder UV-t har en bärförmåga på 18.6–21.6 kN. Medan de tre infästningarna från Alu-serien har en bärförmåga på 10.3, 10.6 respektive 25.6 kN. Utifrån fallet är väggens bredd 100 mm vilket inte är passande för Alumini 125 och Alumidi 120, dock visar de större versionerna av dessa infästningar att de kan erhålla en god bärförmåga som gör dem lämpliga för liknande fall med andra dimensioner. Vid användning av samtliga infästningar från Alu-serien kan det enbart användas på sidan av tak och vägg, se avsnitt 4.4, figur 26, eftersom tillhörande dymlingar/skruvar inte kan fästas från mitten av skivan utan endast sidled. Detta leder till att en kombination av skruv kan komma att behövas mellan Alu-förbanden.

En betydande fördel med samtliga haksystem är att monteringen blir relativ enkel med tanke på möjligheten för prefabricering. Dessutom kan arbetet utföras på kortare tid då förbanden kan monteras i förväg och då återstår det för byggarna att haka fast skivorna mot varandra. För skruvar sker monteringen på plats och för att stadga ett takelement mot en vägg krävs en träregel som monteras och sedan demonteras vilket inte är nödvändigt för ett haksystem. En annan svårighet vid montering med skruvar är att det utförs för hand av byggarbetarna, vilket kan vara krävande och leda till försämrad ergonomi.

Vid tillämpning av UV-t krävs det stor noggrannhet eftersom den har en låg tolerans och kräver att samtliga mått stämmer överens med ritningarna utan avvikelser utanför toleransområdet. För att undvika den risken kan CNC-teknik användas vilket medför exakta mått på träbalkarna, (Träguiden, 2017). Däremot blir nästa utmaning att dessa balkar ska monteras på exakt rätt plats för att kunna haka fast skivorna mot varandra. Därav kan infästningarna från Alu-serien verka lämpligare då toleransen för dessa är betydligt högre vilket gör det lättare vid montering för byggarbetarna. Med Alumidi kan monteringen ske vertikalt, alltså att taket kan placeras på väggen för att sedan föra in dymlingarna. Med UV-t sker detta horisontellt, att taket istället glider in mot väggen. Enligt Robert Jockwer är det en större utmaning att montera horisontellt på grund av precisionen som krävs.

Att haksystemen blir dolda i byggnaden ses som en fördel ur ett estetiskt perspektiv. Priset för skruvar är betydligt lägre, ungefär 65 kr/skruv vilket än så länge gör dem mer eftertraktade. Infästningen UV-t är den dyraste med ett pris på 457 kr vilket jämfört med Alu-serien med sitt lägre pris omkring 184–256 kr och större toleransomfång även bidrar med god bärförmåga enkel monteringen och eventuell tidsbesparing.

5.4 Slutsats

Vid infästning av materialet KL-trä används främst skruvar som fästdon i Sverige. Då materialet är relativt nytt använder de flesta företagen en vanlig och välbeprövad metod i form av skruv. Därför valdes det att undersöka vilka olika beslag som går att använda på ett specifikt fall i en byggnad där skruv använts som fästdon. Detta för att göra en jämförelse mellan de olika metoderna.

Med haksystem kan man uppnå minst lika bra bärförmåga som skruvarna utifrån det specifika fallet som var givet. Beroende på dimensionering av haksystemen kan man uppnå en betydlig större bärförmåga än skruvarna. Dessa ger även möjlighet till prefabricering vilket kommer spara tid och energi vid byggandet. Priset är dock betydligt dyrare än skruvar men fördelen är att man kan ersätta flera skruvar med ett haksystem vilket kan leda till en mindre kostnad i helhet.

6. Fortsatt arbete

En anledning till att haksystem inte används är att det krävs att produkterna blir specialbeställda utifrån fall, till skillnad från skruv. Därför kan man undersöka ifall det finns möjlighet att ta fram haksystem som fungerar för många fall. Även se efter nya innovativa lösningar såsom X-RAD eller eventuellt undersöka möjliga kombinationer av olika infästningar.

Referenslista

Bok:

Bergkvist, P. (red.) (2015) Dimensionering av träkonstruktioner: regler och formler enligt eurokod 5. Del 2. Stockholm: Svenskt trä.

Internetkälla:

Bengtsfors(u.å.) MELLAN HIMMEL OCH VATTEN, hämtad 2019-04-18, från
https://www.bengtsfors.se/download/18.3ed661b715bc8b6d3a21040c/1494572795199/MELLAN_HIMMEL_OCH_VATTEN.pdf

Borgström & Fröbel, 2017, KL-trähandbok: *Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner*, hämtad 2019, från
<https://www.svenskttra.se/siteassets/6-om-oss/publikationer/pdf/er/svt-kl-trahandbok-2017.pdf>

Boverket(2016), Boverkets konstruktionsregler, Hämtad 2019-04-03, från
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/eks-10.pdf>

Building supply (2019), Trästommar stärker miljöprofil, Hämtad 2019-03-28, från
https://www.building-supply.se/article/view/647206/trastommar_starker_miljoprofil?rel=related

Fröbel, 2016, Limträhandbok del 2: Projektering av limträkonstruktioner, hämtad 2019-04-19, från
https://www.researchgate.net/publication/309293563_Glulam_handbook_part_2_in_Swedish

Martinsons (u.å.) KL-trä - Formstabilit, starkt och enkelt att montera, Hämtad 2019-03-25, från
<https://www.martinsons.se/sagade-travaror-och-byggprodukter/limtra-och-kl-tra-for-byggnadsobjekt/kl-tra/>

Martinsons (u.å.) Martinsons driftsätter ny produktionslinje för KL-trä, Hämtad 2019-03-25, från
<https://www.martinsons.se/martinsons-driftsatter-ny-produktionslinje-for-kl-tra/>

News Cision (2018) KL-trä i Sverige, Hämtad 2019-03-27, från
<https://news.cision.com/setra-group>

SFS Intec, 2015 Timber work: Innovative fastening systems and application expertise, Hämtad 2019, från
https://www.sfsintec.biz/sfs_download/media/general_media/downloadcenter/sfs_intec_mo_sv/broschyer/traekonstruktioner/TW_Catalogue_Timber_Work.pdf

Svenskt Trä (2015) KL-trä-framtid med historia, Hämtad 2019-03-26, från
<https://www.svenskttra.se/tidningen-tra/2015-4/kl-tra-framtid-med-historia/>

Svenskt trä (u.å.) Jämförelse mellan att spika och att skruva, Hämtad 2019-04-06, från
<https://www.svenskttra.se/om-tra/att-valja-tra/forbandstyper/>

SS-EN 1995-1-1:2004, (2009) Eurokod 5:Dimensionering av träkonstruktioner:Svensk standard.

Södra (2019) Södras satsning på KL-trä mot nya höjder, Hämtad 2019-03-27, från <https://www.sodra.com/sv/travaror/byggsystem-i-tra/kl-tra/>

Rothoblaas (2017) X-rad, Hämtad 2019-04-06, från https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/24299/Connection_System_X-RAD_Rothoblaas.pdf

Rothoblaas, 2018. VGZ Full threaded screw with cylindrical head, Hämtad från <https://www.rothoblaas.com/products/fastening/screws/screws-structures/vgz#documents>

Rothoblaas,uå, Alumidi:Concealed beam hanger with and without holes, hämtad från <https://www.rothoblaas.com/products/fastening/brackets-and-plates/concealed-junctions/alumidi#documents>

Rothoblaas,uå, Alumini:Concealed beam hanger without holes, hämtad från <https://www.rothoblaas.com/products/fastening/brackets-and-plates/concealed-junctions/alumini>

Träguiden (2017) KL-trä och värmelagring och fuktbuffring, Hämtad 2019-03-28, från <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-varme-och-fukt/9.1-kl-tra-och-varmelagring-och-fuktbuffring/kl-tra-och-varmelagring-och-fuktbuffring/?previousState=100>

Träguiden (2017) KL-trä och ljud, Hämtad 2019-03-28, från <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-ljud/>

Träguiden, 2017, *Tillverkning av KL-trä*: CNC-teknik, hämtad 2019-05-29, från <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-som-konstruktionsmaterial/1.5-tillverkning-av-kl-tra/tillverkning-av-kl-tra/>

Träguiden (2017) Standard Plåtbeslag, Hämtad 2019-04-01, från <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/forband-och-anslutningsdetaljer/4.3-oversikt-av-forbandstyper/4.3.2-standardplatbeslag/?previousState=10100>

Träguiden (2017) Förband och anslutningsdetaljer, Hämtad 2019-04-01, från <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/forband-och-anslutningsdetaljer/>

Teknikhandboken (u.å.) Vindbelastning, Hämtad 2019-04-03, från <http://www.teknikhandboken.se/handboken/infastning-av-plat-i-olika-underlag/dimensionering-av-forband/vindbelastning/>

Teknikhandboken (u.å) Krav på fästdon, Hämtad 2019-04-03, från

<http://www.teknikhandboken.se/handboken/infastning-av-plat-i-olika-underlag/krav-pa-fastdon/>

Personlig kontakt:

Jockwer, Robert; professor vid Chalmers tekniska högskola inom Konstruktionsteknik/Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik. 2019.

Rydberg, Peter; försäljare hos Rothoblaas. 2019

Sundström, Marcus; Civilingenjör hos Essve. 2019

Bilagor

Beräkning av karakteristisk utdragsbärförmåga	
$F_{ax,Rk} = \frac{n \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$ $k_d = \min \left\{ \frac{d}{8} \right.$ $f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8}$	Värden
	$n = 1$ $d = 7 \text{ mm}$ $l_{ef} = 140 \text{ mm}$ $\alpha = 90^\circ$ $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$
	Resultat
	$f_{ax,k} = 13,0 \text{ MPa}$ $k_d = 7/8$ $F_{ax,Rk} = 11,15 \text{ kN}$

Bilaga A: Beräkning av karakteristisk utdragsbärförmåga

Beräkning av bäddhållfasthet	
Parallell med fiberriktningen: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ Vinkelrät mot fiberriktningen $f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d$ Förhållandet mellan träskivornas bäddhållfasthet $\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	Värden
	$d = 7 \text{ mm}$ $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ $f_{h,1,k} = f_{h,0,k}$ $f_{h,2,k} = f_{h,90,k}$
	Resultat
	$f_{h,0,k} = 26,691 \text{ MPa}$ $k_{90} = 1,455$ $f_{h,90,k} = 18,344 \text{ MPa}$ $\beta = 0,6873$

Bilaga B: Beräkning av bäddhållfasthet

Beräkning av bärförmågan, $F_{v,Rk}$		
	Värden	
a) $f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$	$f_{h,1,k} = 26,691 \text{ MPa}$	
b) $f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$	$f_{h,2,k} = 18,344 \text{ MPa}$	
	$t_1 = 160 \text{ mm}$	
	$t_2 = 130 \text{ mm}$	
c) $\frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$	$d = 7 \text{ mm}$	
	$\beta = 0,6873$	
d) $1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$	$M_{y,Rk} = 14,1742 \text{ N/m}$	
	$F_{ax,Rk} = 11,15 \text{ kN}$	
e) $1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$	$F_{v,Rk} [\text{kN}]$	
f) $1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$	<u>En skruv</u>	<u>Två skruvar</u>
	a) 29,893	59,786
	b) 16,693	33,386
	c) 12,772	25,554
	d) 12,632	25,264
	e) 9,557	19,114
	f) 5,177	10,354

Bilaga C: Beräkning av bärförmågan