



CHALMERS



# Transport- och montagejämförelse av prefabricerade hus i betong och trä

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik

ANDERS GÖTVALL

INSTITUTIONEN FÖR KONSTRUKTIONSTEKNIK

EXAMENSARBETE ACEX20

# Transport- och montagejämförelse av prefabricerade hus i betong och trä

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Anders Götvall

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Betongbyggnad

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

Transport- och montagejämförelse av prefabricerade hus i betong och trä

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Anders Götvall

© ANDERS GÖTVALL, 2020

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Betongbyggnad

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Det studerade flerbostadshuset i nära färdigställt montage (Egen bild).

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2020



Transport- och montagejämförelse av prefabricerade hus i betong och trä

*Samhällsbyggnadsteknik*

Anders Götvall

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för konstruktionsteknik  
Betongbyggnad  
Chalmers tekniska högskola

## **SAMMANFATTNING**

Prefabricering av hus är idag en branschstandard. Under en längre tid har prefabriceringsmarknaden dominerats av betonghus. Idag är dock trä på återintåg på byggmarknaden som ett materialalternativ då nya tekniker som exempelvis solida träkonstruktioner i korslaminerat trä möjliggör en prefabriceringsprocess lik betongprocessen. Trä har betydligt lägre densitet än betong vilket gör att de prefabricerade elementen kan tillverkas i större volym men till samma vikt. Detta borde generera effektivare transporter och montage.

Företaget Projektengagemang konstruerade 2018 ett flerbostadshus i trä. Under projekteringen togs beslut om att huset istället skulle konstrueras i betong. Att huset finns delvis konstruerat i trä och färdigkonstruerat i betong gör detta till en bra utgångspunkt för en jämförelse mellan prefabricerade betonghus och trähus gällande transport och montage.

Examensarbetet undersöker modernt betong- och träbyggande för att kunna svara på de frågor som ställs om transport och montage. Utifrån den teori som undersökts färdigställs trähuset till en jämförbar grad i förhållande till betonghuset. När detta utförts undersöktes först transportaspekten av de två materialutförandena. Här stod det klart att träets låga densitet gjorde stora besparingar på transporter. Vidare undersöktes montageaspekten. Montaget visade sig ta lika lång tid för de båda utförandena med skillnaden att träalternativet hade hälften så stort arbetslag. Detta gav stora lönebesparingar.

I slutsatsen konstateras att trä är minst en miljon kronor billigare utifrån transport och montage och att det även sparar mycket på miljön i transportskedet. Arbetet tar slut vid färdigt stommontage vilket innebär att efterarbete och inredningsmontage inte är inkluderat. Detta lämnas åt framtida arbeten tillsammans med underhållsarbeten och framtida ombyggnad.

Nyckelord:

Transport, montage, trä, betong, KL-trä, Korslimmat trä, flerbostadshus, massivträ, prefabricering, prefab,

# Assembly and Transport Comparison of Prefabricated Housing Buildings in Concrete and Timber

*Degree Project in the Engineering Programme  
Civil and Environmental Engineering*

Anders Götvall

Department of Architecture and Civil Engineering  
Division of Structural Engineering  
Research Group Concrete Structures  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

These days building prefabrication is an industry standard. The prefabrication industry has been dominated by concrete buildings for a long time. Today however timber is making its reentry to the building industry as an alternative to concrete due to new technology as cross laminated timber. Due to the significantly lower density of timber in relation to concrete the building elements can be manufactured to a bigger volume at the same mass. This should generate more effective transportation and assembly in the project.

2018 Projektengagemang constructed an apartment building using timber. During the planning phase a decision was made do redesign the building using concrete. This means that some plans for the building exists both for timber and concrete. This shapes up well for a comparison between the two materials regarding transportation and assembly.

This bachelors thesis starts by investigating modern building technics for concrete and timber construction. From this the timber building is completed to a smilier degree to that of the concrete building. After that the transportation aspect of the buildings was investigated. The lower density of timber made it superior in regards to transportation. After that the assembly aspect of the two material alternatives was investigated. They both took the same amount of time to finish but when using timber the construction team was half the size which made for large savings on salary.

It's stated in the conclusion that timber is at least one million SEK less expensive in regards to transportation and assembly and that concrete is less environmentally friendly in regards to transportation. Lastly the thesis suggests future work in the field regarding finishing work after assembly, maintenance and reconstruction.

Key words:

Transportation, assembly, timber, concrete, CLT, cross laminater timber, apartment buildings, prefabrication.

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metod	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Frågeställning	2
2 TRÄKONSTRUKTIONER	3
2.1 Träbyggande	3
2.2 Materialegenskaper	4
2.3 Träprodukter	5
2.3.1 Konstruktionsvirke	5
2.3.2 Limträ	5
2.3.3 Korslimmat trä	6
2.4 Prefabelement i trä	7
2.4.1 Bjälklagselement	7
2.4.2 Väggelement	7
2.5 Träförband	8
2.5.1 Skruvförband	8
2.5.2 Vinkel- och plattbeslag	9
2.6 Prefabkomponenter	10
3 BETONGKONSTRUKTIONER	11
3.1 Betongbyggande	11
3.2 Materialegenskaper	12
3.3 Prefabelement i betong	12
3.3.1 Håldäck (HDF)	12
3.3.2 Massivväggar	13
3.3.3 Sandwichväggar	14
3.4 Anslutningar	15
4 FALLSTUDIE	18
4.1 Referensobjekt	18
	III

4.2	Förenklad modell	19
4.3	Dimensionerande laster och beräkningar för trähus	20
4.4	Prefabelement	21
4.4.1	Träelement	21
4.4.2	Betongelement	25
4.5	Transporter	28
4.5.1	Betong	28
4.5.2	KL-trä	28
4.6	Montage	29
4.6.1	Montage betong	29
4.6.2	Montage trä	31
5	DISKUSSION OCH SLUTSATS	33
	REFERENSER	35
	BILAGOR	I
	Bilaga 1	i
	Bilaga 2	ii
	Bilaga 3	iii
	Bilaga 4	viii
	Bilaga 5	x
	Bilaga 6	xii

## **Förord**

Våren 2020 gjorde jag mitt examensarbete som är den sista delen i min högskoleingenjörsexamen. Arbetet utfördes för företaget Projektengagemang i Göteborg och denna rapport är resultatet av det arbete jag utfört.

Jag vill rikta ett stort tack till Per Hilmersson, Tobias Grönlund och Marie Eriksson på Projektengagemang som lagt ner mycket energi och tid på att handleda mig längs vägen. Jag vill också tacka Dan Wilhelmsson på Wingårdhs som givit mig mycket hjälp och råd vad gäller träbyggande. Sist men inte minst vill jag tacka min examinator Joosef Leppänen från Chalmers för allt han bistått med i mitt arbete.

Göteborg juni 2020  
Anders Götvall



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Prefabricering av hus är idag en branschstandard. Med prefabricering menas att en stor del av montaget flyttas från byggarbetsplatsen till fabriken, vilket sparar tid ute på bygget. Under en längre tid har prefabriceringsmarknaden dominerats av betonghus. Tider förändras dock och att bygga med sänkta klimatavtryck blir viktigare. På grund av detta efterfrågas nya material och metoder för att bygga hus mer klimatsmart. Därför är trä på återintåg på byggmarknaden men nu även som ett prefabriceringsalternativ. Nya tekniker som exempelvis solida träkonstruktioner i korslaminerat trä möjliggör en prefabriceringsprocess lik betongprocessen. Trä har betydligt lägre densitet än betong vilket gör att de prefabricerade elementen kan tillverkas i större volym men till samma vikt. Detta borde generera effektivare transporter och montage.

Företaget Projektengagemang konstruerade 2018 ett flerbostadshus i trä. Stommen hade sin utgångspunkt i korslimmat trä och hela huset skulle prefabriceras och monteras i element. Under projekteringen togs beslut om att huset istället skulle konstrueras i betong. Byggnationen av betonghuset tog sin början sent 2019, se Figur 1 för hus i montagestadiet. Att huset finns delvis konstruerat i trä och färdigkonstruerat i betong gör detta till en bra utgångspunkt för en jämförelse mellan prefabricerade betonghus och trähus gällande transport och montage.



Figur 1. Betonghuset i nästan färdigmonterat skick (Egen bild).

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att jämföra prefabricerade flerbostadshus i betong kontra trä utifrån en transport-och montagesynvinkel. Att minimera transporter är viktigt både för ekonomin och miljöpåverkan i ett byggprojekt. Effektivare montage ger positiva effekter på den ekonomiska delen av ett byggprojekt men är också positivt för den sociala hållbarheten bland byggarbetarna i form av jämnare flöde och snabbare resultat. Projektet kommer att utgå från ett flerbostadshus i Göteborg konstruerat av Projektengagemang. Detta fall syftar till att ge en generell bild av hur transport och montage påverkar ett byggprojekts ekonomi och tidsram.

## 1.3 Metod

Arbetet började med en undersökning av den teoretiska bakgrunden för projektet. Här behandlades modernt träbyggande och betongbyggande och de komponenter som ingår i dessa. Utifrån detta genomfördes sedan en fallstudie av projektet i fråga. I fallstudien färdigställdes träutförandet utifrån bestämmelser i Euro Code. Efter detta undersöktes transport- och montageaspekterna av projekten. Detta avsnitt utgick till stor del från personkällor. Slutligen diskuterades resultaten från transport- och montageundersökningen och en slutsats togs fram.

## 1.4 Avgränsningar

Trä och betong kan jämföras på en mängd olika plan. För att avgränsa projektets omfattning kommer denna rapport enbart att behandla jämförelsen av transport och montage. Således är denna rapport inte att betrakta som ett helhetsperspektiv och svarar därför inte på frågan om trä eller betong är det bättre eller sämre byggnadsmaterialet. Då rapporten har sin grund i en fallstudie kommer den, med utgångspunkt i detta, enbart behandla prefabricerade planelement i trä och betong. För att fallstudien skall kunna genomföras kommer träutförandet av byggnaden behöva färdigställas. Beräkningar kommer att utföras konservativt för att spara tid åt rapportens kärna. Det kommer alltså inte att resultera i en komplett detaljkonstruktion. Den ursprungliga träkonstruktionen har sin grund i korslimmat trä, därför kommer fortsatt konstruktion att fokusera på detta. Beräkningarna som utförs omfattar inte beräkningar kring ljud i konstruktionen. Då huset har källarplan i betong i båda materialutföranden räknas detta bort i projektet. Det som studeras i projektet är således endast de prefabricerade delarna i ett flerbostadshus med fem våningar, indelat i två etapper i suterräng.

## 1.5 Frågeställning

- Hur stora och hur många blir elementen i betong respektive trä?
- Hur många transporter blir det för betong respektive trä?
- Hur lång blir montagetiden med betong respektive trä?
- Hur stor blir skillnaden i kostnad vid de olika materialutförandena?
- Hur bygger man trähus med moderna metoder?

## 2 Träkonstruktioner

Detta kapitel handlar om träbyggande i stort och smått. I avsnittet träbyggande skrivs bland annat om träbyggande historiskt och om dess plats i modern tid. Sedan skrivs även om träkonstruktion i form av materialegenskaper och olika typer av byggdetaljer och byggdelar.

### 2.1 Träbyggande

Trä är ett av de vanligaste byggmaterialen i Sverige. Dock är det moderna träbyggandet väldigt nytt och innehar i dagsläget enbart ca 10 % av byggmarknaden (Sveriges Träbyggnadskansli, 2020). Fram till år 1994 var det inte tillåtet att bygga mer än 2 våningar högt i trä i Sverige på grund av brandrisken. 1994 gick man över från material- till funktionsbestämmelser i hela Europa vilket gjorde det möjligt att bygga högre i trä (Svenskt trä, 2020) (Svenskt Trä, 2017). Detta öppnade väg för en helt ny träbyggnadsmarknad utan tradition men också utan begränsningar.

För att kunna konkurrera med andra material har det idag utvecklats ett träbyggande som bygger mer på prefabricering, kortare byggtid och mer noggrann projektering än det traditionella. Det moderna träbyggandet delar alltså många likheter med dagens stål- och betongbyggande där det mesta av tillverkningen sker i fabriksmiljö och byggplatsen blir mer av en monteringsplats.

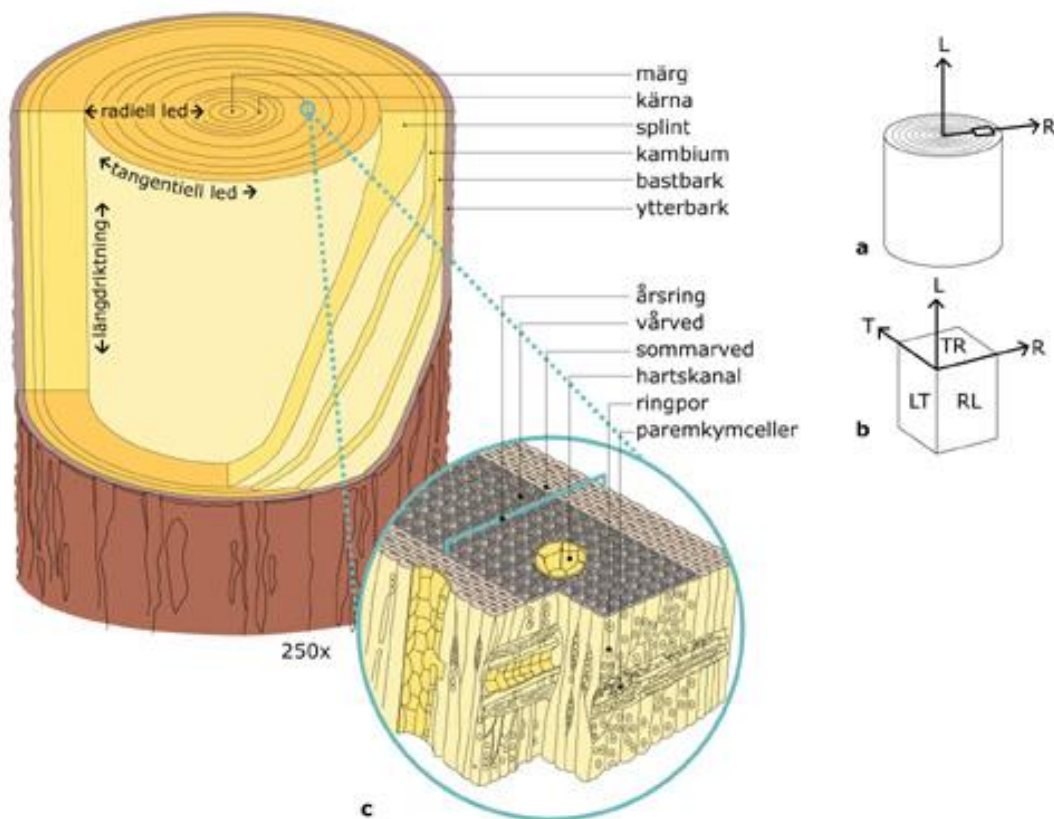
En av de stora fördelarna med trä som byggmaterial är dess densitet, exempelvis 450 - 550 kg/m<sup>3</sup> för korslimmat trä, KL-trä (Svenskt Trä, 2017). Med en ca fyra gånger lägre densitet än betong kan man bygga större element vilket ger färre element att montera och transportera. Den lägre densiteten kommer även till sin rätt vid påbyggnad. Påbyggnadskonstruktionen blir lätt och påverkar därför inte marken under byggnaden lika mycket som om den varit gjord av tung betong. Dock medföljer ljudproblem då trä har mindre massa att hantera ljud med.

Trä har länge haft ett dåligt rykte ur brandsynpunkt. Idag vet vi att majoriteten av bostadsbränderna uppkommer i möbler och inredning (N.Svensson, 2020). Materialet är alltså inte i fokus när det kommer till själva uppkomsten av branden. När det kommer till själva släckningen är det förhållandevis enkelt att installera boendesprinkler i bjälklag av trä (N.Svensson, 2020). Vidare behåller trä sin bärighet vid höga temperaturer då det endast är själva ytan som brinner (Svenskt trä, 2020). Detta till skillnad från stål som tappar sin bärighet vid höga temperaturer (Svenskt Trä, 2020). Notera att detta gäller synligt trä, man kan nämligen isolera och bygga in träet vilket fördröjer själva antändningen och träet behåller således sin bärighet ännu längre (Svenskt trä, 2020). Träet förlorar sin bärförmåga först när det förkolnas vilket sker med en hastighet av 0,65- 0,8 mm/minut inåt i träet (Svenskt Trä, 2020). När träet väl förkolnas isolerar det förkolnade lagret träet som finns innanför.

## 2.2 Materialegenskaper

Träets egenskaper skiljer sig mellan olika träslag och individer inom samma träslag. Genetik och uppväxtmiljö samt väderförhållanden är det som ger skillnaderna. Dessa skillnader innebär både starkheter och svagheter och utefter detta kan träet användas på olika sätt för att på så vis få ut maximal nytta (Svenskt Trä, 2020).

Tvårsnittet av en trädstam utgörs av märg, kärnved, splintved och bark (Svenskt Trä, 2015), se Figur 2. Sättet en trädstam växer på gör trä till ett anisotrop material (Svenskt Trä, 2015). Med anisotrop menas att materialet inte är homogent och att det har olika egenskaper i olika riktningar. Om maximal hållfasthet vill utnyttjas (Svenskt Trä, 2017) är denna störst parallellt med fibrerna.



Figur 2. Träets uppbyggnad (Svenskt Trä, 2018). Återgiven med tillstånd.

Trä har en hög hållfasthet i förhållande till sin vikt jämfört med andra material (Svenskt Trä, 2020). Densiteten på trä varierar mellan träslag och kvalitet. Densiteten för KL-trä är enligt Martinssons  $400 \text{ kg/m}^3$  (Martinssons, 2020). Enligt Träguiden kan dock densiteten för KL-trä uppgå till  $550 \text{ kg/m}^3$  (Svenskt Trä, 2017). Efterfrågas konservativa beräkningar bör alltså  $550 \text{ kg/m}^3$  användas.

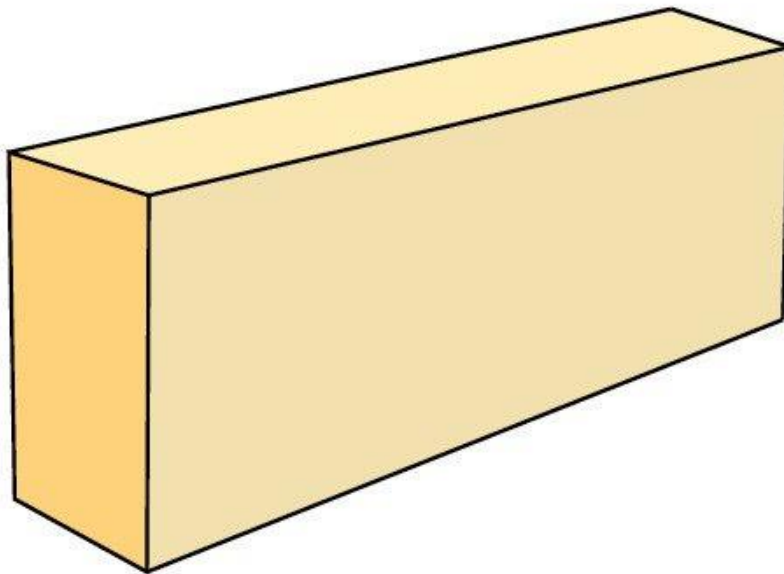
Fuktkvoten i trä påverkar både dimensioner, hållfasthet och träets beständighet mot fuktrelaterade utmaningar. Trä strävar ständigt efter att hamna i jämvikt med omgivande klimat, trä är alltså ett hygroskopiskt material (Svenskt Trä, 2017). Om fuktkvoten i träet ökar ger det generellt att hållfasthet och styvhet minskar (Svenskt Trä, 2015).

## 2.3 Träprodukter

I detta avsnitt presenteras olika typer av träprodukter som används i byggnation. Avsnitt 2.3.1 behandlar konstruktionsvirkes egenskaper och användningsområden. I avsnitt 2.3.2 beskrivs limträets fördelar och tillämpningar. Slutligen i avsnitt 2.3.3 klarläggs vad KL-trä är och hur det idag har en speciell plats i träkonstruktioner.

### 2.3.1 Konstruktionsvirke

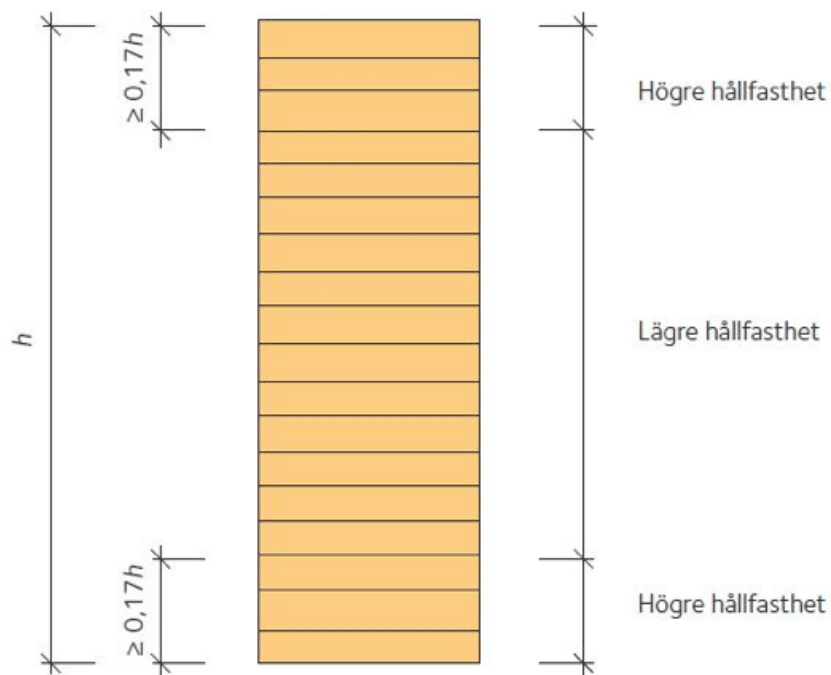
SVENSKT TRÄ skriver i träguiden om konstruktionsvirke (SVENSKT TRÄ, 2017). Konstruktionsvirke är den typ av trävirke som används i bärande konstruktioner av olika slag. För att virke skall klassas som konstruktionsvirke måste dess böjhållfasthet testas. Utifrån prestationen i testet delas virkespartier in i olika hållfasthetsklasser, C14, C18, C24, C30, C35. Det är den karakteristiska böjhållfastheten som anges av siffrorna i hållfasthetsklassen. Användningsområdet för C14 är bärande regler i väggkonstruktioner medan exempelvis C24 generellt används till exempelvis takstolar och bjälklag. Figur 3 visar ett snitt av konstruktionsvirke.



Figur 3. Enkel illustration av konstruktionsvirke (Svenskt Trä, 2020). Återgiven med tillstånd.

### 2.3.2 Limträ

I grunden är limträ en förädlad träprodukt som består av lameller av trä som limmas samman parallellt till ett större massivt trästycke, se Figur 4. På så sätt kan man sprida ut defekter i de individuella lamellerna och tillverka tvärsnitt större än ett träs ursprungliga tvärsnitt. Enligt SVENSKT TRÄ (SVENSKT TRÄ, 2016) så används limträ främst i bärande konstruktioner, balkar och pelare. Inte sällan används det i synliga bärverk då det ses som estetiskt tilltalande. Limträ anses vara ett miljövänligt material (SVENSKT TRÄ, 2016) och ett effektivt byggmaterial då det har hög styrka i förhållande till egenvikten. Dess hållfasthetsegenskaper är eftertraktade vid byggande med stora spännvidder (SVENSKT TRÄ, 2016).



Figur 4. Uppbyggnad av en limträbalk (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

### 2.3.3 Korslimmat trä

Korslimmat trä eller KL-trä består av massiva träskivor av hyvlat virke som korsläggs om vartannat och limmas samman till ett homogent block av trä vilket ger ökad formstabilitet (Martinssons, 2020), se Figur 5. Detta byggelement har goda hållfasthetsegenskaper i förhållande till sin låga vikt. Likt limträ ger detta stora spännvidder och möjliggör elementproduktion med snabbt montage (Martinsons, 2020). Vid tillverkningen används CNC-bearbetning för håltagning med mera vilket ger hög precision. Med CNC-bearbetning menas datorstyrd maskbearbetning med exempelvis fräs, bor eller sågverktyg. Om vidare bearbetning behövs utförs detta med traditionella handverktyg. Korslimmat trä kan användas till alla typer av stomelement. Det har goda byggnadsfysikaliska egenskaper inklusive ljud-och brandavskiljning (Martinsons, 2020). Trä är en förnyelsebar råvara vilket gör KL-trä till ett miljösmart materialval (Martinsons, 2020).



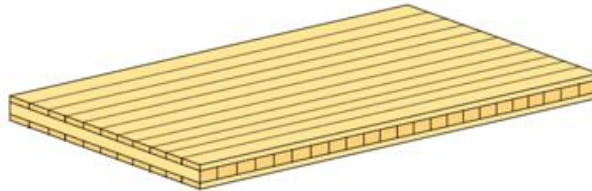
Figur 5. 7-skiktsskiva av KL-trä tillverkad av gran (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

## 2.4 Prefabelement i trä

I detta avsnitt följer en genomgång av de olika typerna av prefabelement som används vid träbyggande. Först behandlas de vanliga typerna av bjälklagselement och plattbjälklag av KL-trä i synnerhet. I avsnittet väggelement behandlas väggelement i massivträ och hur detta används vid konstruktion.

### 2.4.1 Bjälklagselement

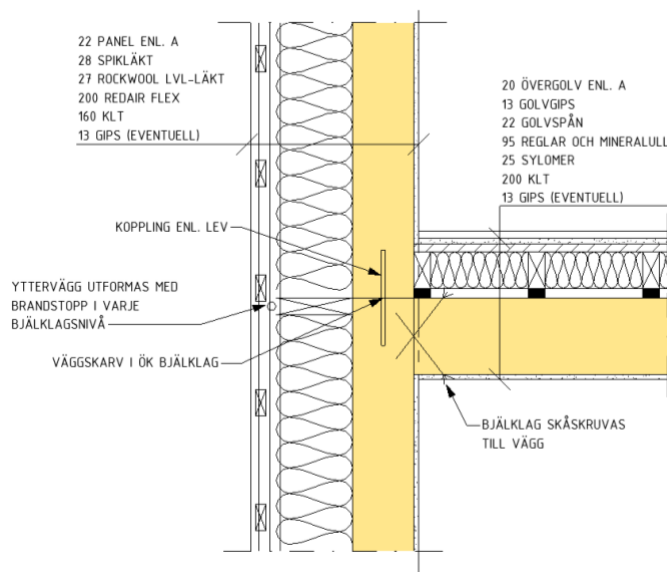
Enligt Träguiden så kan träbjälklag delas in i tre huvudtyper (SVENSKT TRÄ, 2003). Plattbjälklag som består av KL-trä, kassetbjälklag som också består av massivträ men med inbyggda hålrum samt samverkansbjälklag som är en hybridkonstruktion med trä och betong. Det vanligaste av de tre är plattbjälklag av KL-trä som kan tillverkas upp till 3 x 16 m och i en rad tjocklekar vilka kan ge spännvidder på drygt 7 m (Martinsons, 2019). Se Figur 6 för illustration av bjälklagselement i KL-trä.



Figur 6. Bjälklagselement i KL-trä (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

### 2.4.2 Väggelement

Väggelement av massivträ kan vara allt från en ensam KL-skiva till mer komplexa element färdiga med isolering, fasad, fönster och dörrar (SVENSKT TRÄ, 2003). Erforderliga dimensioner för bärande element i KL-trä i ett femvåningshus anses vara 72 - 95mm (SVENSKT TRÄ, 2003). I avsnitt 4.4.1.1 visas dock att detta gäller brandskyddat trä och att om det finns icke brandskyddat trä måste material läggas till för att elementet skall behålla sin bärande förmåga efter en viss tids brand. Figur 7 visar en detaljritning av en påklädd yttervägg av KL-trä.



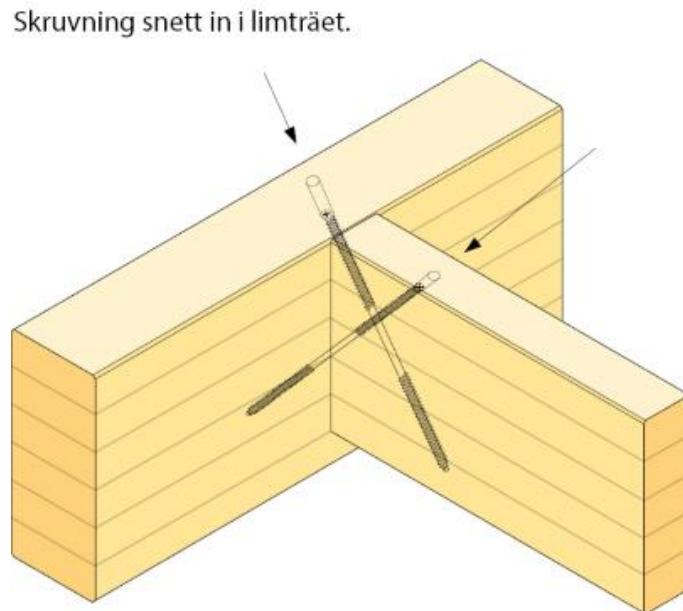
Figur 7. Yttervägg med fasad, isolering och KL-trä (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.

## 2.5 Träförband

I detta avsnitt presenteras olika förbandsmetoder för trä. Avsnitt 2.5.1 förklarar vad ett skruvförband är och hur det tillämpas vid träbyggnade. Efter det görs en mindre förklaring av platt- och vinkelbeslag och hur de används vid modernt träbyggnade vid montage av massiva trähus i KL-trä.

### 2.5.1 Skruvförband

Trä är ett lättarbetat material och en stor skillnad gentemot betong är att man med enkelhet kan använda sig av skruvförband utan förborring och pluggning. Skruvförband består generellt av en skruv, en klämd del och en förankrande del (det vill säga en mutter eller ett gods) och kan ta kraft både i skjuvning och drag. Inom prefab- montering används ofta skruvförband på egen hand. Man kan använda långa träskruv för att sammanfoga element antingen genom genomgående skruvning eller genom så kallad skråskruvning, se Figur 8.



Figur 8. Skråskruvning som träförband (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

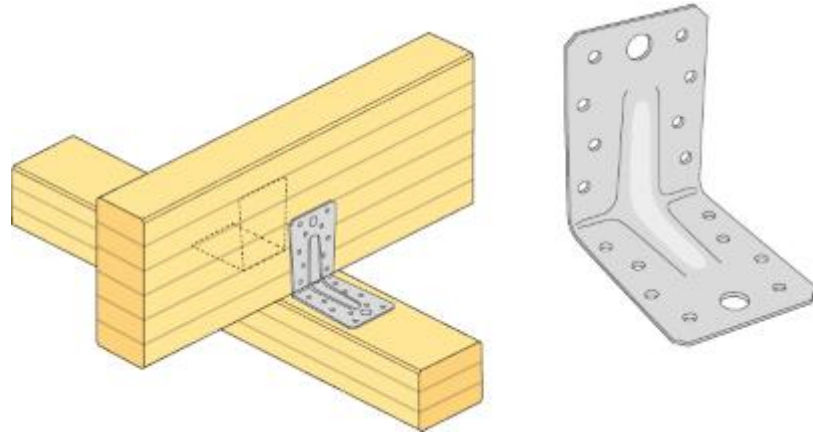
Universalskruv är en speciell skruv med en gänga i ena änden, en slät del i mitten och en annan gänga i andra änden av skruven, se Figur 9. De olika gängorna har olika stigning och drar på så sätt ihop komponenterna och gör en tät fog (Essve, 2020). I övrigt kan skruvförband användas vid infästning av olika komponenter som regler eller vinkelbeslag.



Figur 9. Universalskruv med övre och undre gängor (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

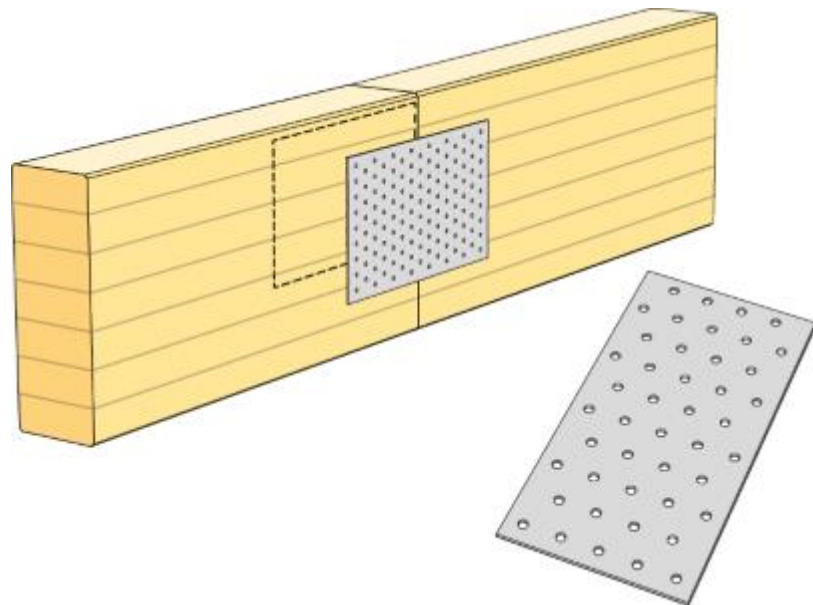
## 2.5.2 Vinkel- och plattbeslag

Vinkelbeslag används då element ska sammanfogas i vinkel, se Figur 10. De kan användas i hörn mellan två vertikala element, i anslutning mellan vägg och bjälklag eller mellan vägg och bottenplatta (Svenskt Trä, 2020). De tillverkas i många olika storlekar och utföranden. Skruv eller spik används vid infästning. Vinkelbeslag kan ta både horisontella och vertikala krafter.



Figur 10. Vinkelbeslag för sammanfogning av element i räta vinklar (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

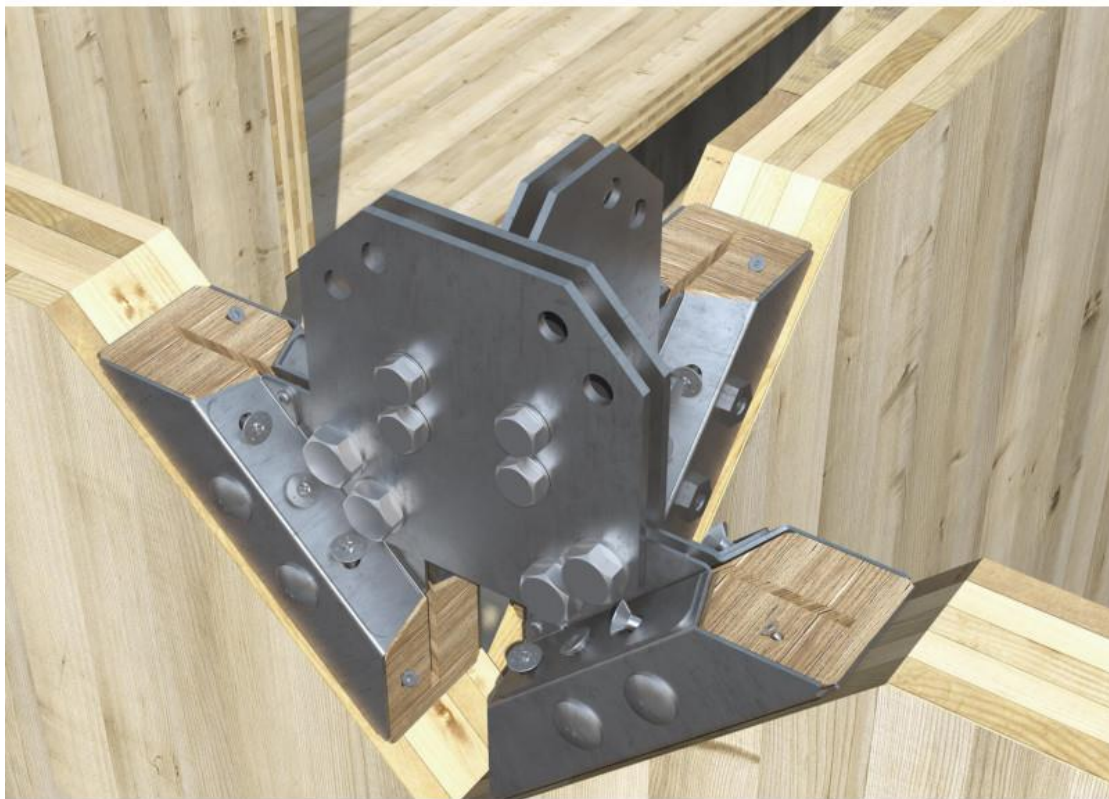
Spikplåt eller plattbeslag utgår från samma princip men används istället vid sammanfogning av parallella element, exempelvis två väggelement. En sådan komponent syns i Figur 11.



Figur 11. Spikplåt eller plattbeslag som används för parallell sammanfogning (Svenskt Trä, 2017). Återgiven med tillstånd.

## 2.6 Prefabkomponenter

X-RAD är en produktserie som är en anslutningslösning för KL-trä från rothoblaas (Rothoblaas, 2020). Serien består av en hörnkomponent X-ONE, en monteringsplåt X-PLATE och en isoleringsdetalj X-SEAL. Produktserien är speciellt anpassad för prefabricering. Hörnkomponenten X-ONE installeras i fabrik och från det kan den användas som lyftpunkt för kranar under hela tillverkningen och vid lastning av lastbil. När lastbilen anländer till byggplatsen så hakas elementet fast i X-ONE hörnet och lyfts sedan direkt från lastbilen till sin plats i konstruktionen. Där monteras den samman med andra element med X-RAD-systemet med hjälp av X-PLATE. På så vis låses hörnen snabbt samman i ett stadigt förband, se Figur 12. För att uppnå täthet i hörnen samt undvika köldbryggor kläs hörnen in med X-SEAL som är en färdigformad isoleringsdetalj som passar perfekt på plats i hörnet.



Figur 12. X-ONE hörnkomponent tillsammans med X-PLATE (rothoblaas, 2020). Återgiven med tillstånd.

## 3 Betongkonstruktioner

I kapitlet betongkonstruktioner finnes en genomgång av betongbyggande genom historien fram till modern tid. Här skrivs även om materialegenskaper och bygghetaljer i betong som konstruktionshjälpmedel.

### 3.1 Betongbyggande

Enligt (Svenska Betongföreningen, 2020) är betong ett av de viktigaste byggmaterialen vi har idag. Normalt består betong av ca 80 % bergmaterial som grus, sand eller sten, 14 % cement och 6 % vatten. Det tillsätts även normalt sett olika tillsatser för att förbättra egenskaperna hos betongen. Betongens långa livslängd gör materialet miljövänligt och mångsidigt vad gäller användningsområden.

Betong är ett material med många år av användning. Det daterar bakåt så långt som 500-talet f.Kr. i Italien. Vissa av byggnaderna från den tiden finns kvar än idag. Betongens användande ebbade ut i samband med romarrikets förfall och det skulle dröja till 1700-talet innan det började användas igen (Svenska Betongföreningen, 2020).

Idag har betongkonstruktionerna en helt annan komplexitet och nivå än den i romarriket då en enorm utveckling skett både med material-, konstruktion- och konstruktionstekniken. Skyskrapor, milslånga tunnlar och gigantiska broar är bara några exempel på betongens åstadkommanden i modern tid.

Peab skriver i "Betong - framtidens byggnadsmaterial" (PEAB, 2020) om fördelarna med betong. Betong har råkat i dålig dager gällande klimatpåverkan. Det är sant att framställningen av betong genererar enorma mängder koldioxid men vad många inte vet är att betong också binder upp till hälften av denna koldioxid under hela sin livslängd. Betong har också stora fördelar under användningstiden. Ett bostadshus lagrar värme från allt som avger värme inuti huset och under dygnets kallare tider avger betongen åter värmen. På så vis blir det en jämn och bra temperatur i betonghus över hela dygnet. Detta gör också att kyl- och värmebehovet minskar i ett betonghus. Betong är hållbart jämfört med andra material och har en väldigt lång livslängd. Ser man till hela denna livslängd är betong ett försvarbart material i dagens klimatdebatt. Detta gäller enbart om man inte river huset i förtid. Betong möglar inte då det är ett oorganiskt material. Det är också väldigt bra ur brandsynpunkt. Slutligen är betong ett tungt material vilket är en fördel vad gäller akustik och ljuddämpning. Betongens tyngd är också dess last vad gäller transport, montage och sättningar i marken.

M. Löfsjögård skriver i en artikel i Västerbottens- kuriren från april 2019 (Löfsjögård, 2019) om betongens miljöpåverkan. Här lyfts vikten av att studera hela livscykeln innan man avfärdar betong som material vad gäller miljöpåverkan. Löfsjögård skriver bland annat att man under de senaste 20 åren lyckats minska koldioxidutsläppen från betongtillverkningen med 20 %. Vidare nämns också att betong kan återvinnas eller återanvändas till fullo. Detta genom att krossa betongen och använda den som ballast i ny betong eller som fyllnadsmassa vid exempelvis vägbyggen. Betong-initiativet skriver i december 2017 på sin hemsida (Betonginitiativet, 2020) om karbonatisering. Här skrivs det att Sveriges tre cementfabriker står för 2 - 3 % av Sveriges totala koldioxidutsläpp. Detta låter väldigt mycket men karbonatiseringen i betong måste beaktas. Karbonatisering innebär att betong binder koldioxid under sin livstid. Forskning visar att alla Sveriges betongkonstruktioner årligen tar upp cirka 300 000 ton koldioxid. Detta motsvarar 15 till 20 % av koldioxidutsläppen.

Vidare säger Martin Erlandsson i en artikel skriven av Hans Hallberg på Hållbart byggande (Hallberg, 2015) att man skulle kunna minska betongens klimatpåverkan med 30 - 50 % genom optimering vid dimensionering och att använda mindre cement i betongen samt öka andelen förnybara bränslen vid tillverkningen av cement. Cementugnarna eldas idag med majoritet kol vilket inte är ett förnybart bränsle. Anledningen till att man idag har så mycket cement i betongen är att hålla nere torktiderna. Skulle man kunna kosta på sig längre torktider kan man få ner klimatpåverkan.

## 3.2 Materialegenskaper

Betong är ett så kallat keramiskt material. Dess styrka är dess tryckhållfasthet som är 10 gånger högre än dess draghållfasthet (Svensk Betong, 2020). För att kompensera för den låga draghållfastheten användes armering i de zoner där dragspänning förekommer. Andelen armering är dock volymmässigt liten (Svensk Betong, 2020).

Betong är ett tungt material med hög densitet på ca 2 350 kg/m<sup>3</sup> (betongindustri, 2020). Dess stora massa gör materialet till ett värmetrögt material med god förmåga att lagra och avge värme (Svensk Betong, 2020). En annan fördel som kommer av dess höga densitet är den goda ljudisoleringsförmågan. Allt detta gör betong till ett robust byggmaterial med en mycket lång livslängd (Svensk Betong, 2020).

Då betong är praktiskt taget vattentätt är fuktproblemen med betong näst intill obefintliga. Till skillnad från organiska material finns inga problem med mögel eller röta. Betongens goda fuktegenskaper gör det lämpligt vid byggnation i vattenmiljöer (Svensk Betong, 2020).

## 3.3 Prefabelement i betong

Detta avsnitt handlar om hur betong tillämpas vid prefabricering. I avsnitt 3.3.1 görs en beskrivning av håldäcksbjälklag och hur de används vid betongkonstruktion. Avsnitt 3.3.2 behandlar massivväggar av betong. Slutligen i avsnitt 3.3.3 görs en beskrivning av sandwichväggars uppbyggnad och vad som gör att de är tillämpade i stor utsträckning som fasadelement.

### 3.3.1 Håldäck (HDF)

Håldäcksbjälklag är konstruerat för att klara spännvidder uppemot 18 meter (Skandinaviska byggelement, 2020). Det är ett maskingjutet betongbjälklag med förspänd dragarmering som gjuts med en standardbredd på 1 200 mm (Consolis strängbetong, 2020). Genom elementen löper ihåliga kanaler för att minimera kostnad och miljöpåverkan genom materialbesparing (Consolis strängbetong, 2020), se Figur 13. HDF är ett mångsidigt bjälklag som används i alla typer av byggnader från bostäder till parkeringshus. Montage utförs med lyftkran och lyftsax (Skandinaviska byggelement, 2020). När HDF-bjälklaget är på plats är ovansidan grov och ojämn, därför måste en pågjutning på 20 - 50 mm göras i efterhand (Svensk Betong, 2020).



*Figur 13. Håldäck från Strängbetong (Consolis Strängbetong, 2020). Återgiven med tillstånd.*

### **3.3.2 Massivväggar**

Massivväggar helgjuts i fabrik med en yta färdig för spackling när det väl är monterat. Väggen kan användas som bärande element både på insidan och yttersidan av byggnaden (Skandinaviska Byggelement, 2020). Massivväggar består av massiv betong med armering. På byggplatsen monteras massivväggen med lyftkran likt andra prefabelement. Vid behov kan elinstallationer och dylikt gjutas in i fabrik (Gripen Betongelement, 2020). Figur 14 illustrerar ett urval av massivbetongväggar.



*Figur 14. Olika typer av massivbetongväggar (Skandinaviska Byggelement, 2020). Återgiven med tillstånd.*

### 3.3.3 Sandwichväggar

Sandwichväggar består av två lager betong med ett lager isolering mellan (Skandinaviska bygglement, 2020), illustrerat i Figur 15. De används ofta som ytterväggar där innerväggen både kan vara bärande och inte bärande. Både det inre och yttre ytskiktet färdigställs till hög grad i fabrik vilket ger låga krav på efterarbete. Dimensioner och tjocklekar kan varieras efter önskemål (Skandinaviska bygglement, 2020). Ventilationskanaler och eldragning förbereds från fabrik (Skandinaviska bygglement, 2020). Konstrueras i element som monteras med kran på byggplatsen.



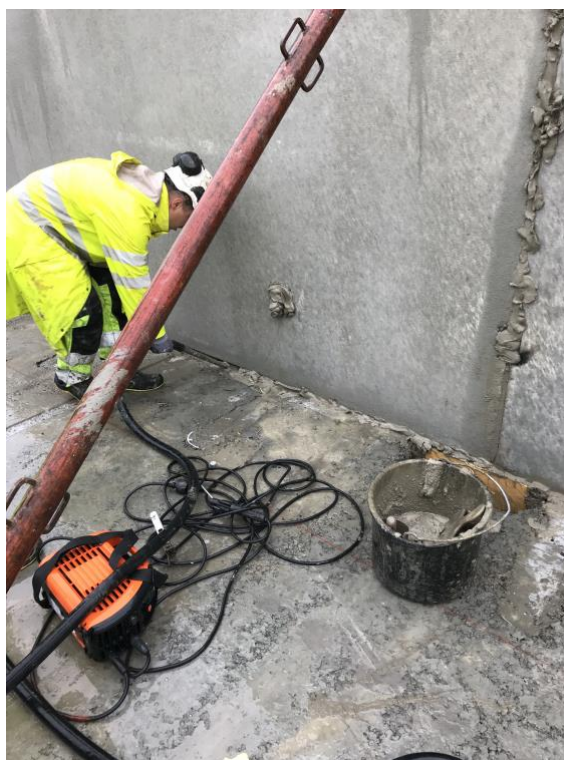
*Figur 15.* Sandwichvägg som yttervägg (Egen bild).

### 3.4 Anslutningar

Fakta i detta avsnitt inhämtades vid platsbesök av Martin Hesselroth, montageledare på Kynningsrud i april 2020. Vid sammanfogning av prefabricerade vertikala väggar används vanligtvis svetspunkter i elementen som svetsas samman via en plåt, se Figur 16. Detta kräver en smed med utbildning i heta arbeten och svetsning. Efter att elementen svetsats ihop så fogas skarven för att få en enhetlig slät vägg, se Figur 17.



*Figur 16.* Sammanfogning via svetsad plåt vid svetspunkter (Egen bild).



*Figur 17.* Pågående skarvfogning i över- och underkant av element (Egen bild).

Vid infästning i underkant av element används ofta en gängstång som gängas i en ingjuten gänginsats, se Figur 18. Motsvarande hål för gängstången finns sedan i elementet som ställs ovanpå. Hålen passas in och elementet är på plats, se Figur 19. Elementet stagas upp för att hålla sin placering, se Figur 20. Efter det fogas hålet igen, se Figur 21. Innan stagen får tas bort skall det ha gått 2 veckor.



*Figur 18.* Gängstång i element (Egen bild).



*Figur 19.* Hålet varifrån gängstången gjuts in (Egen bild).



*Figur 20.* Stag på plats för att stabilera väggen under byggtiden (Egen bild).



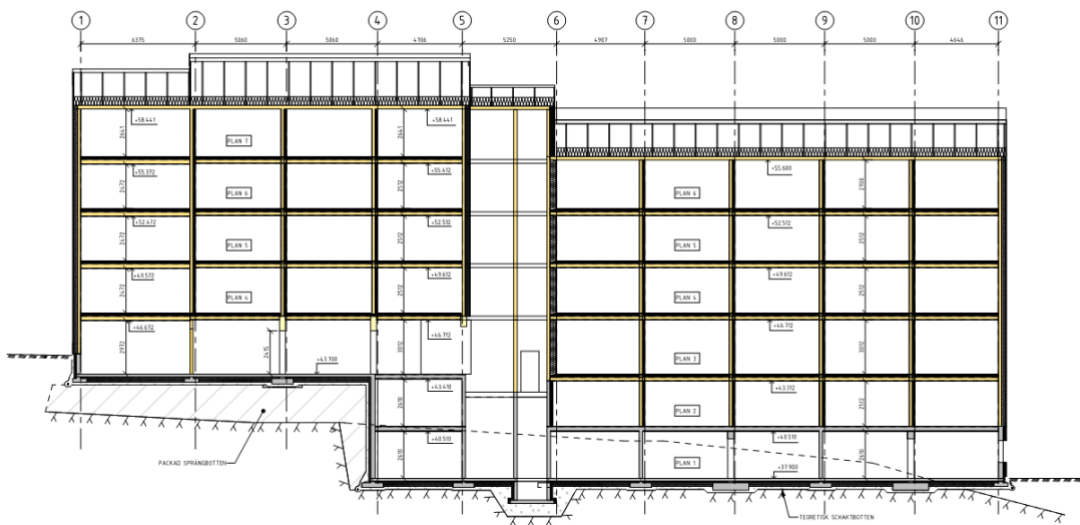
*Figur 21.* Slutligen fogas hålet igen (Egen bild).

## 4 Fallstudie

I detta kapitel görs en beskrivning av referensprojektet. Byggnadens geografiska läge beskrivs. Stommen i byggnaden förklaras tillsammans med de laster som dimensionerar denna. Slutligen dimensioneras stommen till den nivå att rapportens centrala jämförelse kan genomföras.

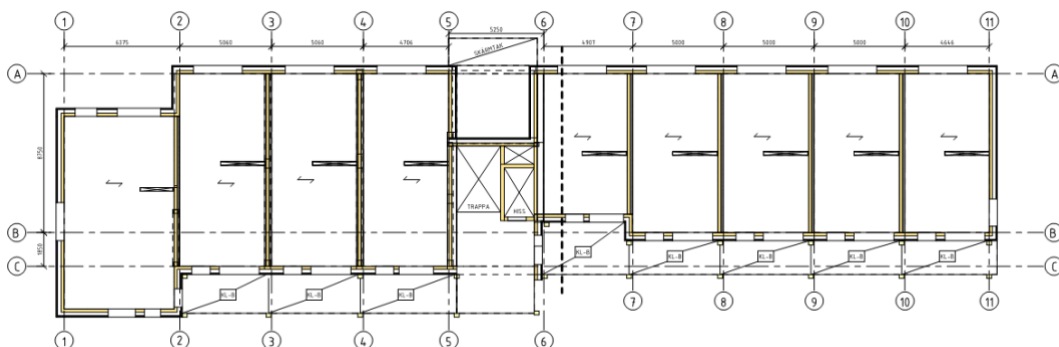
### 4.1 Referensobjekt

Det projekt som var föremål för fallstudien var ett flerbostadshus i Högsbo i Göteborg. Det är en nybyggnation på en tidigare helt obebyggd plats. Flerbostadshuset har, enligt Figur 22, sju våningsplan där plan 1 och 2 enbart existerar i hälften av huset då det ligger i suterräng. Konstruktionen ser i stort sett likadan ut med majoritet betong på plan 1 och 2 i båda materialutförandena.



Figur 22. Helsektion över planindelningen (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.

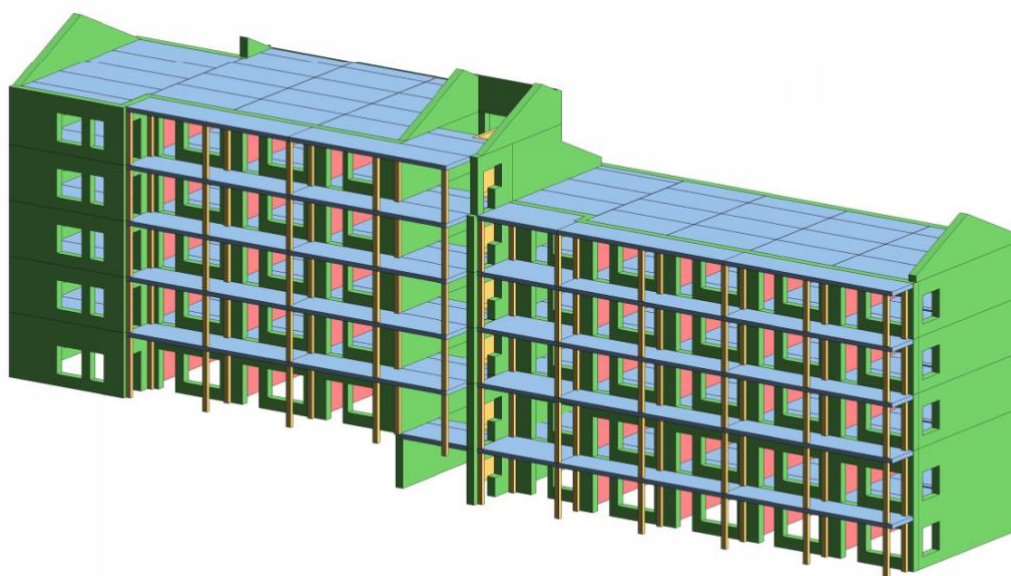
Stommen i huset består av en grundkonstruktion, bärande innerväggar, bjälklag och takstolar. Utöver det finns även yttreväggar och tak. Våningshöjden är 2,9 m med en fri takhöjd som beror på materialutförande. Vertikal last bärs upp av innerväggar och bjälklag som syns i Figur 23. Horisontell last och stabilitet tas upp genom skivverkan i bärande innerväggar och hisschakt.



Figur 23. Normalplan med bärande innerväggar och bjälklag (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Omarbetad med tillstånd.

## 4.2 Förenklad modell

För att klarlägga de komponenter som studerats i detta arbete togs utgångspunkt i Martin Hesselroths, montage ansvarig på Kynningsrud, montageplanering för betongutförandet av huset. I den kompletta modellen ingick i både fallet för trä och betong en grundkonstruktion inklusive källarplan i betong för båda fallen. Då dessa våningar och plan såg likadana ut både för fallet trä och betong eliminerades dessa i denna jämförelse för att få tydligare skillnader mellan de båda utförandena. Då takstolar inte ingår i prefabriceringen av byggnaden är inte heller denna med i den förenklade modellen. Fönster och dörrar monterades inte i fabrik i det reella betongutförandet så dessa ingår inte i den förenklade modellen. Det som ingår är därför bärande väggar, ytterväggar, bjälklag, hisschakt och loftgångar. Även trapp och pelare ingick men dessa hölls utanför transportundersökningen och ingick enbart som tider i montageundersökningen.



*Figur 24.* 3D-gestaltning av den förenklade modellen utan källarvåning (Egen bild).

### 4.3 Dimensionerande laster och beräkningar för trähus

Huset dimensionerades i ett typsnitt efter egenvikter från tak, bjälklag och väggar samt nyttig last beroende på den verksamhet som finns i huset, dessa finns beskrivna i Tabell 1. Nyttig last för bostäder hämtades från tabell 6.2 i Eurokod SS-EN 1991-1-1 och uppgick till ett värde av 1,5 - 2,0 kN/m<sup>2</sup> där 2,0 valdes då konservativa beräkningar tillämpades. Ingående värden för egenvikt på bjälklag och innerväggar hämtades från Martinsons handbok i KL-trä (Martinsons, 2018). Ovanpå bjälklaget ska i efterarbetet ett ljudisolerande övergolv från Granab installeras med en egenvikt på 0,05 kN/m<sup>2</sup> enligt (Bygg och Miljöteknik Granab AB, 2020). Med utgångspunkt i Projektengagemangs initiala konstruktionsförslag användes egenvikter för 200 mm tjockt bjälklag samt 160 mm bärande innerväggar. Ytterväggarna var inte bärande men dimensionerades istället för diffusionstäthet och fick därför en tjocklek på KL-skiva på 100 mm i fem lager. Enligt Träguiden fungerar redan en skiva på 70 mm som ångspärr om den är tillverkad i fem lager och på rätt sätt (Svenskt Trä, 2020). Som vidare beräkningar visade räckte 100 mm för att bära upp hela huset och därför antogs ytterväggarna bära sin egen vikt och därför tog inte deras egenvikt upp i stomberäkningen.

Snölasten beräknades enligt Eurokod EN-1991-1-3 Ekvation 4.1

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.1)$$

Där  $C_e$  och  $C_t = 1$ ,  $s_k = 1,5$  kN/m<sup>2</sup> för Göteborg enligt Eurokod SS-EN-1991-1-3 tabell NB:1 och  $\mu_i = 0,8$  då takvinkeln  $\alpha = 25^\circ$ . Detta ger snölasten  $s = 1,2$  kN/m<sup>2</sup>.

Dessa laster bekräftades och kompletterades även med gällande föreskrifter för byggnadens betongutförande. Här skulle även laster för installationer, lätta mellanväggar, installationer i yttertak samt solceller tas hänsyn till. I föreskrifterna fanns även en dimensionerande nyttig last för loftgångar. Alla dessa värden finns i Tabell 1. Föreskrifterna finns i Bilaga 1. Beräkningar för konstruktionsdelar finns beskrivna i avsnitt 4.4.1.

Tabell 1. Dimensionerande laster för konstruktionen

Last	kN/m <sup>2</sup>
Nyttig last för bostäder	2
Egenvikt bjälklag trä	0,8
Egenvikt Granab-golv	0,05
Egenvikt bärande innervägg	0,64
Egenvikt tak	0,3
Snölast	1,2
Nyttig last för loftgång	3,5
Installationer	0,3
Lätta mellanväggar	0,5
Installationer yttertak	0,2
Solceller	0,3

## 4.4 Prefabelement

I avsnittet Prefabelement redogörs för de olika prefabelementen i byggnaden. Först beskrivs träutförandet och dess olika element och hur de togs fram. Sedan beskrivs de redan färdiga elementen för betongfallet.

### 4.4.1 Träelement

I detta avsnitt beskrivs de element som trähuset bestod av. Här ingår även en del av de beräkningar som utfördes vilka låg till grund för utseende och dimension på byggelementen. I avsnittet om bärande innerväggar utförs grundläggande lastnedräkning för bärande innerväggar samt brandberäkning. I avsnitt 4.4.1.2 används en tabellmetod för att få fram ett initialt förslag till dimension på bjälklag. Efter det tas ett erforderligt tvärsnitt fram för ytterväggarna med hänsyn till isoleringsförmåga. Slutligen görs en kort utläggning om övriga stomdetaljer som ingår i konstruktionen.

#### 4.4.1.1 Bärande innerväggar

Bärande innerväggar dimensionerades med hjälp av ekvation 6.10a och 6.10b ur EKS11. Laster för bärande väggar ackumulerades från taket till nedersta bärande vägg. Dimensionerande linjelast för bärande väggar uppgick till 161 kN/m. Våningsplanen har en höjdskillnad på 2,9 m. Då de bärande väggarna står mellan bjälklagen uppgår dess höjd till 2,7 m. Enligt Figur 2.8 i Svenskt Träs KL-trähandbok så klarar en 100mm tjock KL-trävägg ca 205 kN/m varpå denna tjocklek anses erforderlig genom hela konstruktionen (Borgström, Fröbel, & Svenskt Trä, 2017). Kompletta uppställning av lastnedräkning finns i Bilaga 2.

Enligt projektföreskrifterna (se Bilaga 1) skall konstruktionen även dimensioneras utifrån brandklass R90. Det betyder att den efter 90 min måste bibehålla sin bärighet. Efter att de bärande innerväggarnas erforderliga tjocklek beräknats så var de tvungna att vidare dimensioneras för brand. De bärande innerväggarna är till följd av sin ljudisolering inklusive dubbelt brandgips även brandisolerad. Enligt Träguiden Tabell 7.6 (Svenskt trä, 2020) så behåller en KL-träskiva sin fulla kapacitet efter 90 min om den är isolerad med 2 lager brandgips. I projektets fall är de bärande innerväggarna isolerade enbart från ena sidan då de estetiska egenskaperna hos KL-trä ska bevaras på andra sidan. Med träet exponerat kommer KL-träskivan att kunna brinna. Därför måste ett offerskikt adderas för att konstruktionen fortfarande skall ha sin erforderliga tjocklek för bärighet efter 90 min.

I träguiden finns beräkningsgång för att beräkna ett sådant offerskikt (Svenskt Trä, 2020). Det börjar med att räkna ut tjockleken på det förkollade skiktet efter 90 min.

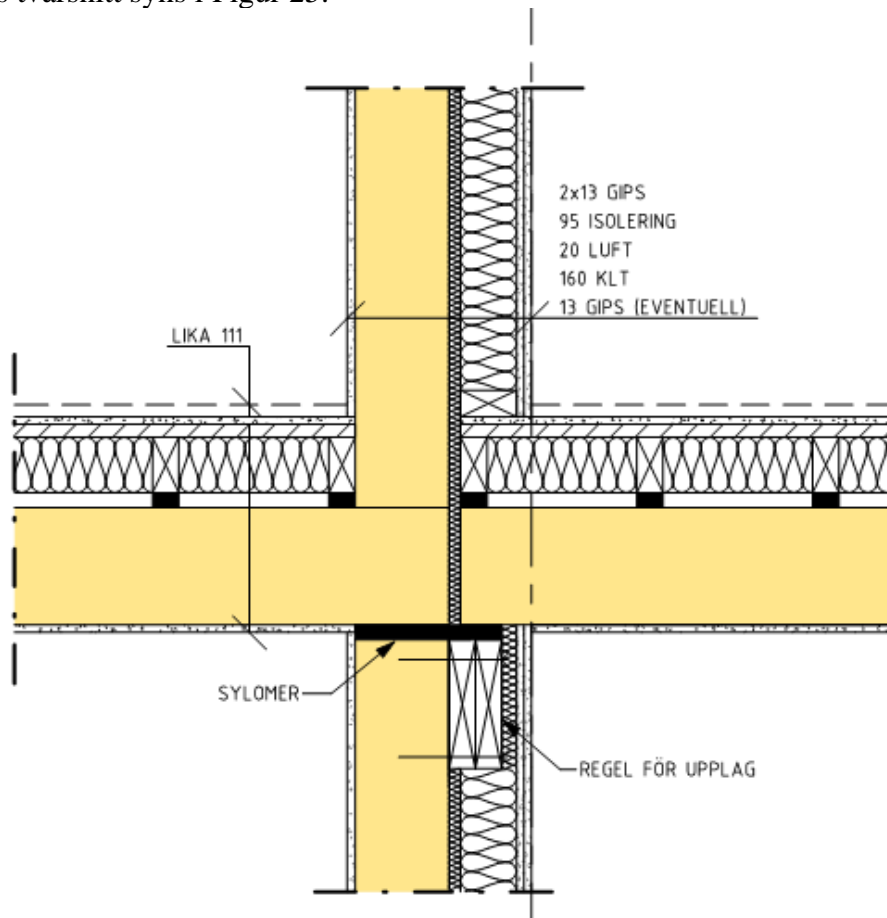
$$d_{kol} = \beta_0 \cdot t_{brand} = 0,65 \cdot 90 = 58,5 \text{ mm}$$

Innanför det förkollade skiktet finns en pyrolyszon där materialet är försvagat. Även detta skikt måste adderas till det för bärighet erforderliga skiktet. Pyrolyszonen beräknas enligt:

$$d_0 = \frac{h_{KLT}}{15} + 10,5 = 17,17 \text{ mm}$$

Detta säger alltså att 76 mm måste adderas till det annars erforderliga 100 mm för att bibehålla den kapacitet som krävs vid 90 min brand. Dock finns en överkapacitet redan i 100 mm tjockt

KL-trä i det erforderliga snittet. Därför antas dimension 160 L5s erforderligt globalt i konstruktionen. En detaljsektion över innerväggens möte med bjälklaget inklusive innerväggens tvärsnitt syns i Figur 25.

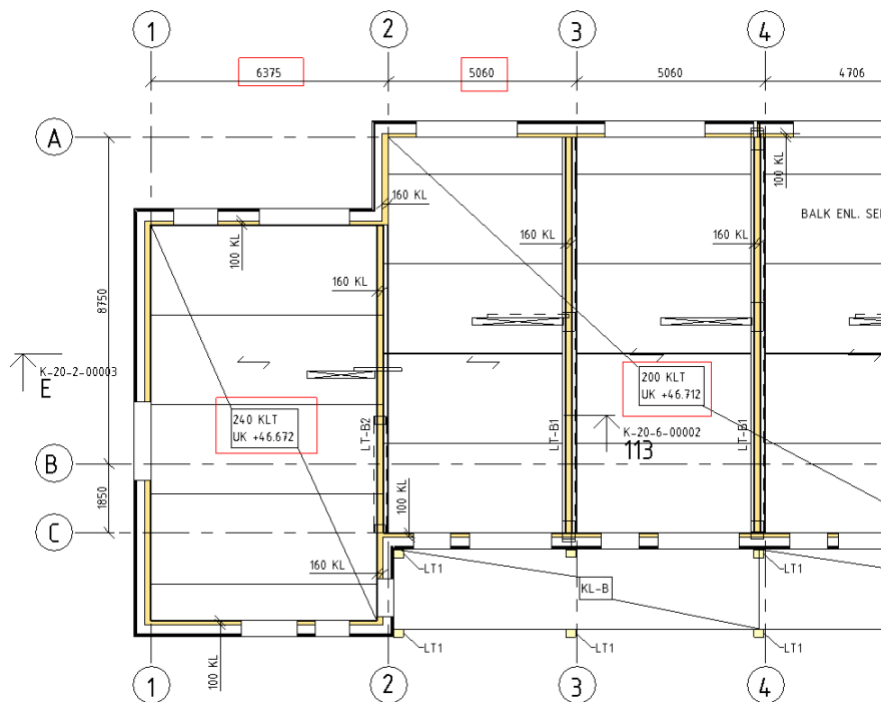


Figur 25. Innerväggens tvärsnitt samt placering och montage gentemot bjälklag (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.

#### 4.4.1.2 Bjälklag

Utav totalt 445 panelement i träkonstruktionen var 225 st bjälklagselement. Bland dessa inkluderas både loftgångar och stombjälklag.

Till skillnad från bärande väggar så ackumuleras inte lasterna för bjälklagen över flera våningar. Istället räcker det att använda sig av nyttig last i förhållande till spännvidd för varje våning, observera att detta gäller vid preliminär dimensionering och att det i skarpt läge måste dimensioneras enligt normer. Flera tillverkare tillhandahåller spännviddstabeller för just detta syftet. I det här fallet finns två olika spännvidder att ta hänsyn till, dessa syns i Figur 26 och uppgår avrundat till 5 och 6,3 m. Tillsammans med nyttig last på  $2 \text{ kN/m}^2$  kan spännvidder sökas i tabeller. I denna studie jämfördes två tabeller från Stora Enso och Martinsson. Martinssons tabell inkluderar både kriterier för deformation och vibration i bjälklaget (Martinssons, 2020). I tabellen söktes erforderlig bjälklagstjocklek i kolumnen för bostäder och högt vibrationsmotstånd vilket resulterade i L200-5s för 5 m spännvidd och L240-7s för 6,3 m spännvidd. Motsvarande tabell från Stora Enso (Stora Enso, 2020) gav 180 L5s för spännvidd 5 m och 240 L7s-2 för spännvidd 6,3 m. Då konservativa beräkningar tillämpas blir alltså Martinssons dimensioner dimensionerande. Bjälklagstjocklek blev alltså 200 mm respektive 240 mm och dess placering finns beskriven i Figur 26.



Figur 26. Utdrag ur planskiss med dimensionerande spännvidder och bjälklagstjocklekar inringat i rött (Egen bild).

#### 4.4.1.3 Ytterväggar

Uppbyggnaden av ytterväggarna följde Projektengagemangs ursprungliga konstruktionsförslag, denna uppbyggnad syns i Figur 27. Den första ändringen som gjordes var att minska KL-skivan till 100 mm då den ej är bärande och men ger diffusionstäthet åt byggnaden. Vidare undersöktes erforderlig isoleringstjocklek för att efterlikna U-värdet för sandwichväggarna vid betongutförandet på  $U_{BTG} = 0,098 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ , se avsnitt 4.4.2.3. Beräkningar nedan följer beräkningsgång ur träguiden (Svenskt trä, 2017). De skikt som ingår i U-värdesberäkningarna var enbart självbärande isolering av typ REDAir BATTs med ett lambdavärde på  $\lambda_{isol} = 0,033 \frac{m \cdot ^\circ C}{W}$  (Rockwool, 2020) och KL-trä med lambdavärde  $\lambda_{KL} = 0,13 \frac{m \cdot ^\circ C}{W}$  (Svenskt Trä, 2020). Detta då det fanns en luftspalt utanför isoleringen vilket betraktades som uteklimat.

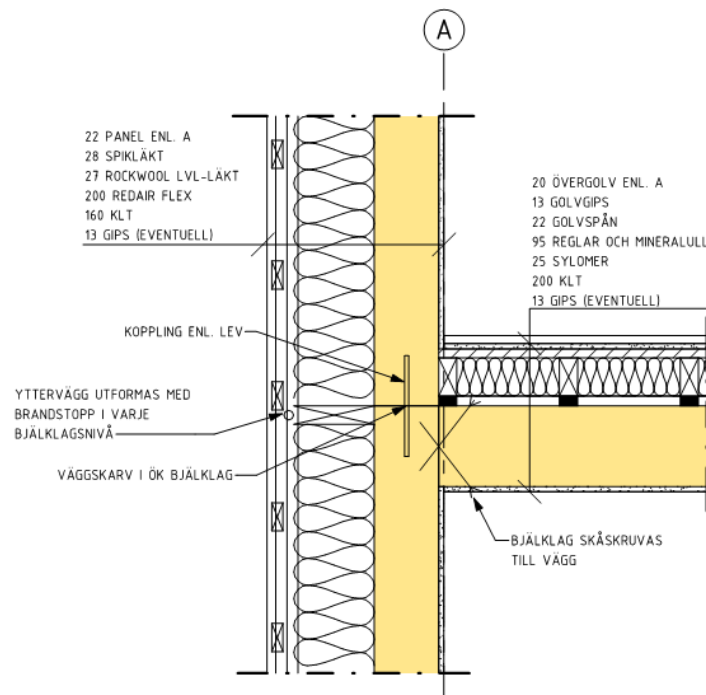
$$R_i = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_i + R_{si} + R_{se} = \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,25}{0,033} + 0,13 + 0,04 = 8,515 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

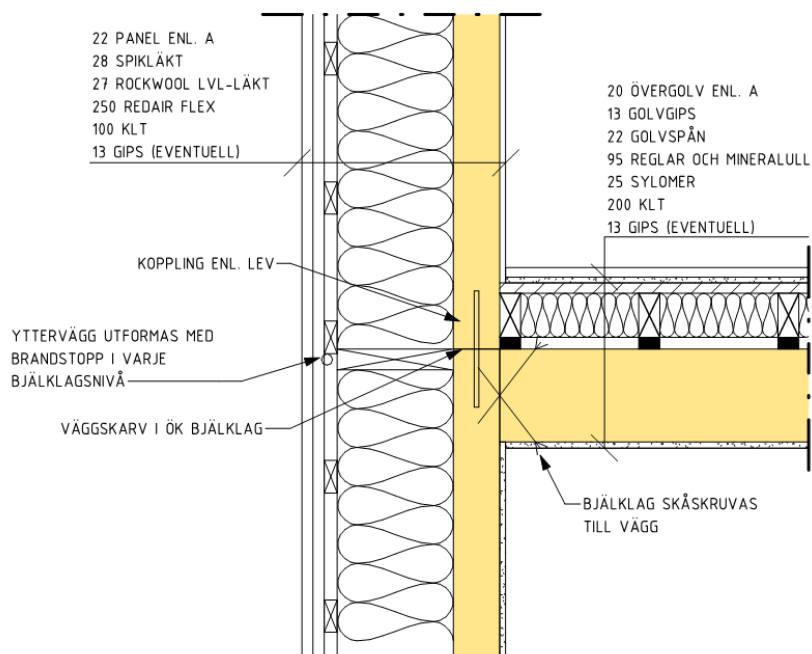
$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{8,515} = 0,117 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

I beräkningarna testades en isoleringstjocklek på 250 mm vilket resulterade i ett U-värde på  $U_{KL} = 0,117 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ . Detta anses vara jämförbart med U-värdet för betongalternativet. Ett något högre värde kunde dock tolereras då en KL-trästomme generellt har få köldbryggor (Svenskt

trä, 2017). Resultatet av beräkningarna är alltså den yttervägg som syns i Figur 28. Ytterväggarna antas tillverkas med färdig fasad från fabrik. Detta innebär ett efterarbete att täcka skarvarna när elementen monterats på sin rätta plats.



Figur 27. Ursprungligt förslag på yttervägg (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.



Figur 28. Ytterväggssammansättning enligt nya beräkningar (Egen bild).

#### 4.4.1.4 Övriga stomdetaljer

Utöver tidigare nämnda byggnadsdelar ingick limträpelare och trapp i studien. Då detta är en studie i transport och montage lades ingen extra tid på att dimensionera dessa. I Projektengagemangs ursprungliga konstruktionsförslag fanns limträpelare inritade. Utifrån detta kunde antalet limträpelare hämtas ur modellen. Totalt fanns 105 limträpelare i modellen. Dessa ingick inte i transportplaneringen men finns däremot representerade i montageplaneringen.

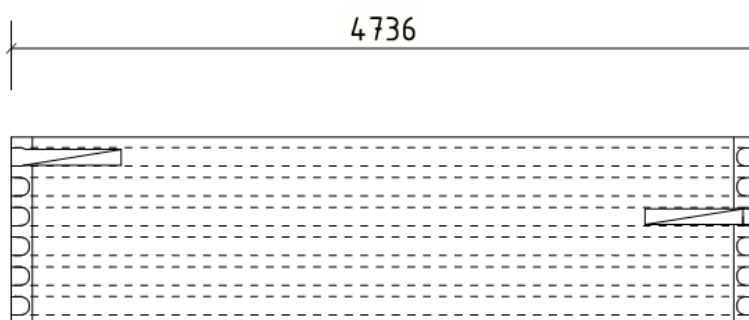
Det fanns ingen trapp i det ursprungliga konstruktionsförslaget. Därför tilltänktes en trapp med två trapplöp och ett viloplan per våning. Denna dimensionerades inte heller och finns därför inte i transportplaneringen. Däremot ingår dess generella montagetid i montageplaneringen.

#### 4.4.2 Betongelement

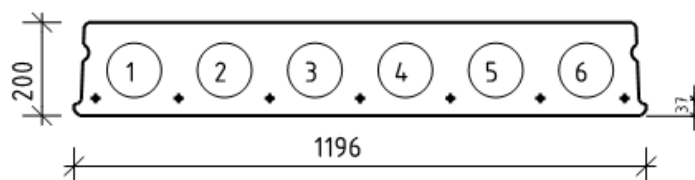
I följande avsnitt presenteras de element som ingick i betongbyggnadens stomkonstruktion. Dessa element fanns färdigritade och färdigkonstruerade varför enbart en kort beskrivning ingår.

##### 4.4.2.1 HDF-bjälklag

Bjälklagen i betonghuset är av typen HDF-bjälklag. Dessa varierar i storlek genom hela konstruktionen. Figur 29 och Figur 30 visar ett typbjälklag för konstruktionen. Standardbredden på plattorna var 1 196 mm och standardtjockleken i konstruktionen var 200 mm. Totalt antal HDF-bjälklagsplattor i huset var 375 st. Komplet sammanställning av element finns i Bilaga 3



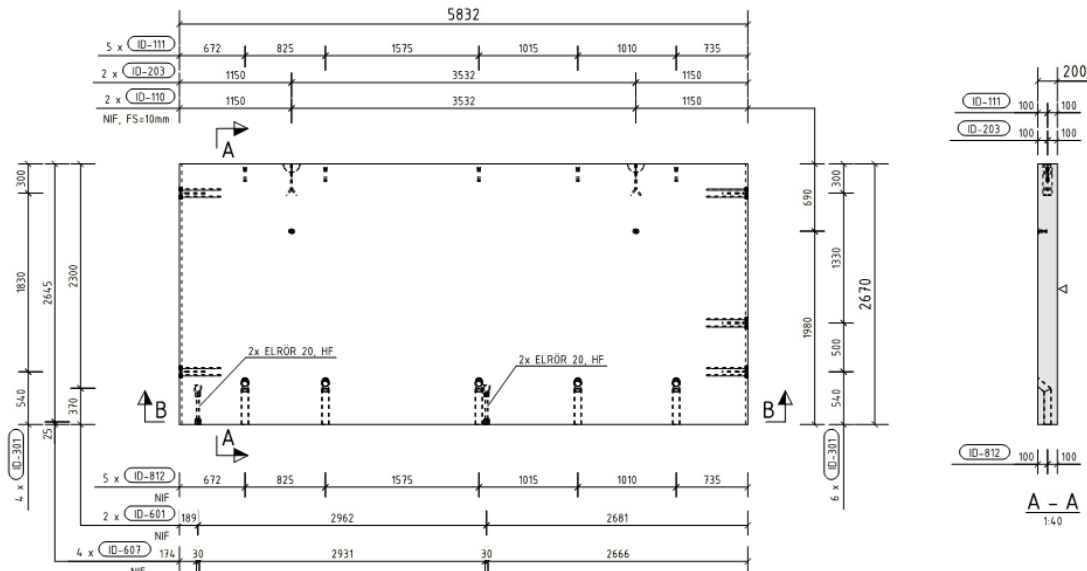
Figur 29. Planbild av HDF-bjälklag i betonghuset (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.



Figur 30. Tvärsnitt av HDF-bjälklag i betonghuset (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.

#### 4.4.2.2 Massiva innerväggar

Bärande innerväggar i betonghuset utgörs av massiva betongväggar med en tjocklek på 200 mm och en höjd på ca 2 700 mm. I innerväggarna finns plåtar för sammansvetsning, elrör, hål för gängstänger samt lyftpunkter ingjutet från fabrik. En detaljskiss av ett komplett innerväggselement syns i Figur 31. Detta möjliggör ett snabbt och effektivt montage på byggplatsen. Den totala mängden bärande innerväggar i konstruktionen var 35 stycken. Den kompletta sammanställningen av element finns i Bilaga 3.



Figur 31. Detaljskiss av en bärande innervägg i betongkonstruktionen (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.

#### 4.4.2.3 Sandwichväggar i fasad

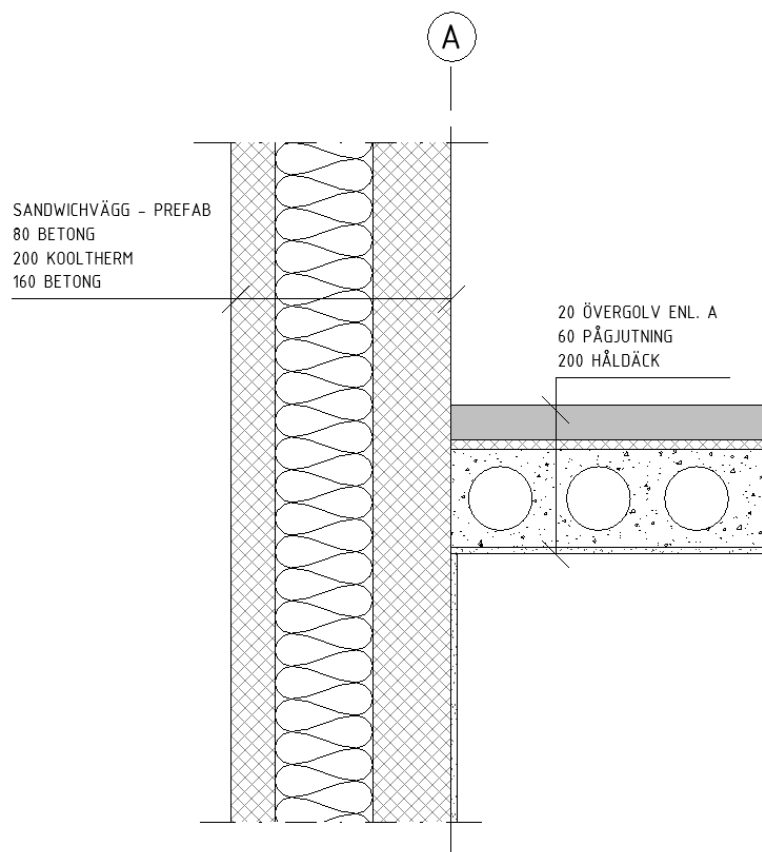
Ytterväggarna i betonghuset är av typen sandwichväggar. Dessa förser byggnaden med klimatskydd och ljudisolering. Figur 32 visar ett tvärsnitt av sandwichväggen. Här syns att väggen är uppbyggd av två skikt betong och ett skikt koolthermisolering. Kooltherm har ett lambavärde på  $0,02 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$  (Kingspan Insulation AB, 2020). Betong har ett lambdavärde på 1,7 (Jernkontoret, 2020). U-värdet för sandwichväggen analyserades enligt nedanstående ekvationer.

$$R_i = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_i + R_{si} + R_{se} = \frac{0,08}{1,7} + \frac{0,2}{0,02} + 0,13 + 0,04 = 10,194 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{10,194} = 0,098 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

U-värdet beräknades till  $0,098 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  vilket användes som referens vid beräkningar av U-värde för träalternativet.



Figur 32. Tvärsnittsvy av sandwichytterväggen (PE Teknik & Arkitektur, 2020). Återgiven med tillstånd.

Även sandwichväggarna försågs med plåtar för sammansvetsning, elrör, hål för gängstänger samt lyftpunkter ingjutet från fabrik. I konstruktionen fanns totalt 169 sandwichväggar. En total sammanställning av elementen finns i Bilaga 3.

#### 4.4.2.4 Övriga stomdetaljer

Utöver tidigare nämnda byggnadsdelar ingick betongpelare och trapp i studien. Likt träalternativet lades ingen extra tid på att dimensionera och illustrera dessa. Totalt fanns 105 betongpelare i modellen. Dessa ingick inte i transportplaneringen men ingår däremot i den totala montagetiden. Det samma gäller trappen.

## 4.5 Transporter

### 4.5.1 Betong

Då betongalternativet fanns färdigkonstruerat, färdigplanerat och delvis färdigställt kunde all relevant information tillhandahållas av montageledaren Martin Hesselroth. Transporten skedde från Kynningsruds fabrik i Uddevalla 95 km från byggarbetsplatsen. Trailrarna förlastas i fabrik så att de är redo för transport vid rätt tillfälle vilket skapar mindre väntetid för lastbilschaufförerna. Väggelement lastas vertikalt stående i ett kassettsystem om 1 - 3 element per transport. Totalt kan 25 ton lastas i ett sådant kassettsystem. Väl vid byggarbetsplatsen kan hela kassettsystemet lämnas av i ett stycke vilket åter ger mindre väntetid för föraren. När betongelement fraktas är det allt som oftast vikten och inte volymen som är begränsande för transporten. När det kommer till att frakta bjälklag lastas dessa liggande direkt på trailer. När ett flak lastas på det sättet kan man lasta upp till 31 ton. När en lastbil med liggande bjälklagselement anländer till byggarbetsplatsen lämnas inte dessa av på en gång utan montage sker direkt från lastbil till byggnad.

Utifrån Martin Hesselroths transportplanering fördelades samtliga 660 betongelement på totalt 133 transporter. Av dessa transporter var 45 st lastade med liggande håldäcksbjälklag och övriga 88 transporter lastades med väggelement ståendes i kassettsystem. I ett dokument utgivet av Trafikanalys anges en snittbränsleförbrukning för lastbilar utan släp (Trafikanalys, 2020). Denna snittförbrukning uppgår till 2,37 liter/mil. Då lastbilarna kör både fram och tillbaka till fabriken uppgår den totala bränsleförbrukningen för samtliga transporter till  $9,5 \cdot 2 \cdot 133 \cdot 2,37 = 5989$  liter diesel. Den 25/5-2020 kostade truckdieseln ca 14 kr/liter, detta resulterar i en total bränslekostnad på  $5989 \cdot 14 = 83846$  kr. Vid beräkning av koldioxidutsläpp används en avrundad siffra från SPBI's utsläppstabell på 2,5 kg CO<sub>2</sub>/liter diesel (SPBI, 2020). Detta resulterar i ett totalt koldioxidutsläpp på 14 972 kg i ren bränsleförbrukning.

### 4.5.2 KL-trä

KL-trä kan fraktas på två olika sätt. Det kan fraktas liggande direkt på flak eller ståendes på så kallad A-stege. Stora Enso anger i sin tekniska broschyr för KL-trä de olika lastkriterierna som finns vid frakt av KL-trä (Stora Enso, 2020). Vid lastning liggande tillåts en bredd på 2,95 m, en höjd på 2,6 m och en lastlängd på 13,6 m, vikten får inte överstiga 25 ton. Flera element kan lastas på rad i samma lager om den adderade längden understiger 13,6 m. Dessa kriterier rymms inom standardtransport och kräver inga speciella transporttillstånd. Vid lastning på A-stege så placeras laststöd i mitten av flaket vilka är formade som bokstaven A. På dessa lutar sedan element ståendes från vardera håll. Vid lastning med A-stege gäller begränsningar 13,6 m i längd, 3 m i höjd samt 2,5 m i bredd. Dock försvinner en del av transportens bredd på grund av A-stegarna och kvar blir då 1,9 m effektiv lastbredd. Här uppgår maximal lastvikt till 24 ton. Liggande lastning är att föredra då det rymmer mer men vid lastning av element med färdig fasad riskerar denna att skadas om lastad liggande. Därför väljs A-stege till lastning av väggelement och liggande lastning till bjälklagselement. Träelement fraktas från Södra i Värö utanför Varberg. Transportsträckan uppgår till 65 km enkel väg.

Samtliga träelement transportplanerades utifrån ovanstående kriterier och utifrån den montageordning som fastställdes i avsnitt 4.6. Den kompletta sammanställningen av transporterna finns i Bilaga 4 och Bilaga 5. Totalt fördelades samtliga 444 element på 37 transporter där 27 av dessa transporter var väggelement lastade på A-stege och 10 transporter var bjälklagselement som lastades liggande. Enligt avsnitt 4.5.1 och Trafikanalys

(Trafikanalys, 2020) blir den totala bränsleförbrukningen för träalternativets transporter  $6,5 \cdot 2 \cdot 37 \cdot 2,37 = 1\,140$  liter diesel. Med bränslekostnaden/liter från samma avsnitt uppgår den totala bränslekostnaden till  $1\,140 \cdot 14 = 15\,960$  kr. I enlighet med avsnitt 4.5.1 och (SPBI, 2020) resulterar detta i ett totalt koldioxidutsläpp på  $1\,140 \cdot 2,5 = 2\,850$  kg i ren bränsleförbrukning.

## 4.6 Montage

I detta avsnitt undersöks montagetider och kostnader för de båda materialalternativen. Först undersöks betongalternativet med uppgifter från Martin Hesselroth som är montageledare på Kynningsrud. Efter det görs motsvarande undersökning av träalternativet där mycket av uppgifterna tillhandahölls av Dan Wilhelmsson på Wingårdhs. I detta avsnitt finns även utläggningar om erforderliga kranar och dess hyreskostnader.

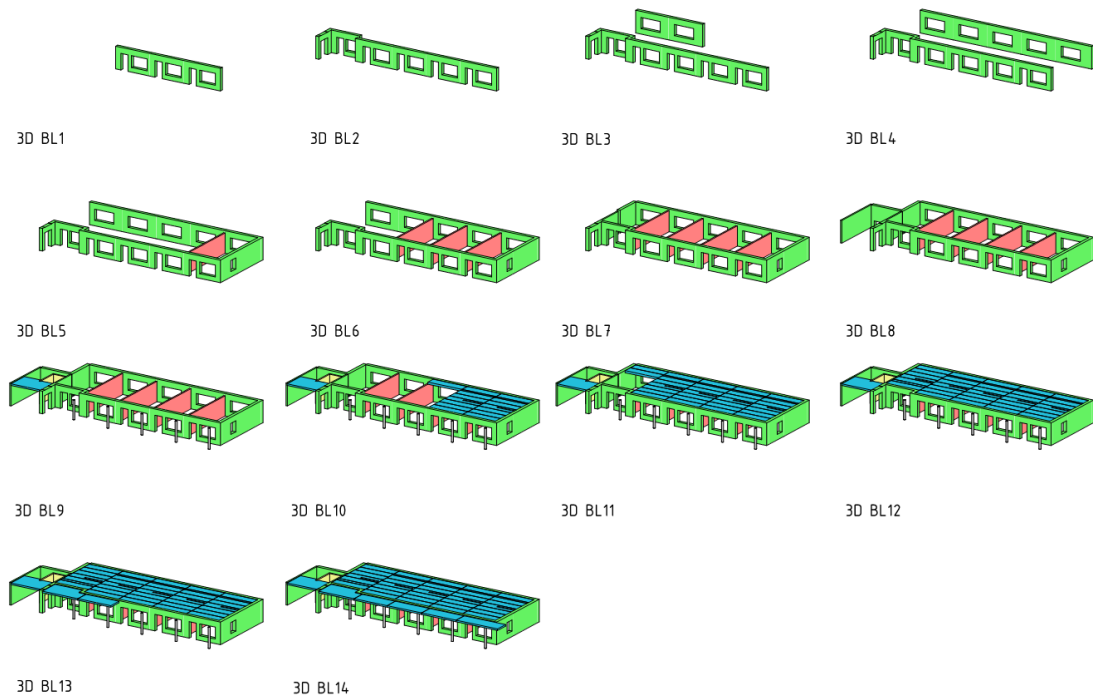
### 4.6.1 Montage betong

Vid montage av betonghuset arbetade en arbetsstyrka på 8 personer i 3 200 h totalt. Utslaget per person blev detta 400 h var, dvs 10 arbetsveckor. Då arbetet studerar en förenklad modell drogs en vecka per person av för den borträknade bottenvåningen. Det vill säga varje person jobbade 360 h. Antag en arbetskostnad per person på 500kr enligt kostnadsguiden.se så blir den totala lönekostnaden vid montage  $360 \cdot 8 \cdot 500 = 1,44$  miljoner kr (Kostnadsguiden, 2020).

I arbetsstyrkan ingår en montageledare som planerar montaget och har huvudansvaret för detta. Vidare är det en smed med i arbetslaget som är ansvarig för sammansvetsning av betongelement och de heta metallarbetena som ingår i stommontaget. Sedan är det två personer som monterar elementen, 3 - 4 personer som gjuter, fogar och lagar efter montaget. Vid lyft är det alltid en person på plats vid lyftkranen som ansvarar för att haka på elementen som skall lyftas. Kranföraren ingår inte i arbetsstyrkan utan denna ingår i krankostnaden.

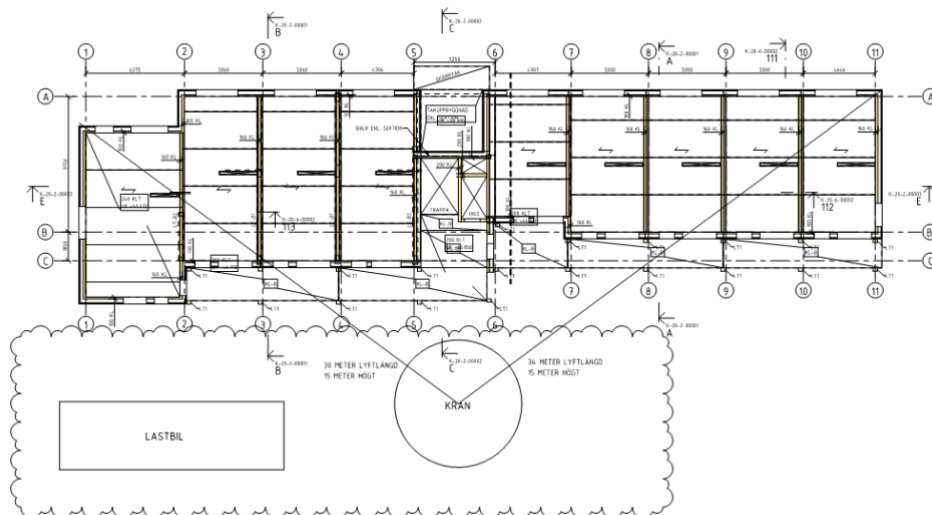
I montagearbetet ingår lyft av element, förankring av element samt efterarbete som fogning och undergjutning med mera. Om man bortser från efterarbetet så tar det enligt Martin Hesselroths montageplanering ca 30 min att få en betongvägg på plats och ca 10 min att få ett HDF-bjälklag på plats. Enligt Martin är det omöjligt att i detalj säga hur lång tid varje arbetsmoment tar utan det enda sättet att studera montaget är utifrån den totala arbetstiden och arbetsstyrkans utformning.

I Figur 33 finns en illustration av montageförloppet för ett plan i Etapp B (Större bild finns i Bilaga 6). Bilderna illustrerar montageförloppet mellan varje lastbilsleverans. En komplett sammanställning av element och leveranser finns i Bilaga 4 och Bilaga 5.



Figur 33. Montageflöde för betong för ett våningsplan i etapp B, lastbil för lastbil (Egen bild).

Den kran som användes vid bygget var en mobilkran av typen LIEBHERR LTM 1220-5.2. På grund av att byggarbetsplatsen var relativt trång och i suterräng blev lyftlängden som max 34 m med en lyfthöjd på 15 m. Det tyngsta elementet vägde 11,8ton och för att kunna lyfta det hela vägen krävdes en kraftigare kran än vad som hade varit erforderligt med mer utrymme. Enligt Kenth Möller på Kynningsrud Nordic Crane AB kostar denna kranen 25 000 kr att transportera till byggarbetsplatsen. Väl på plats kostar den 2 450 kr/h inklusive kranförare. Då kranen behövs under hela byggtiden blir alltså den totala krankostnaden  $25\,000 + 2\,450 \cdot 360 = 907\,000$  kr.



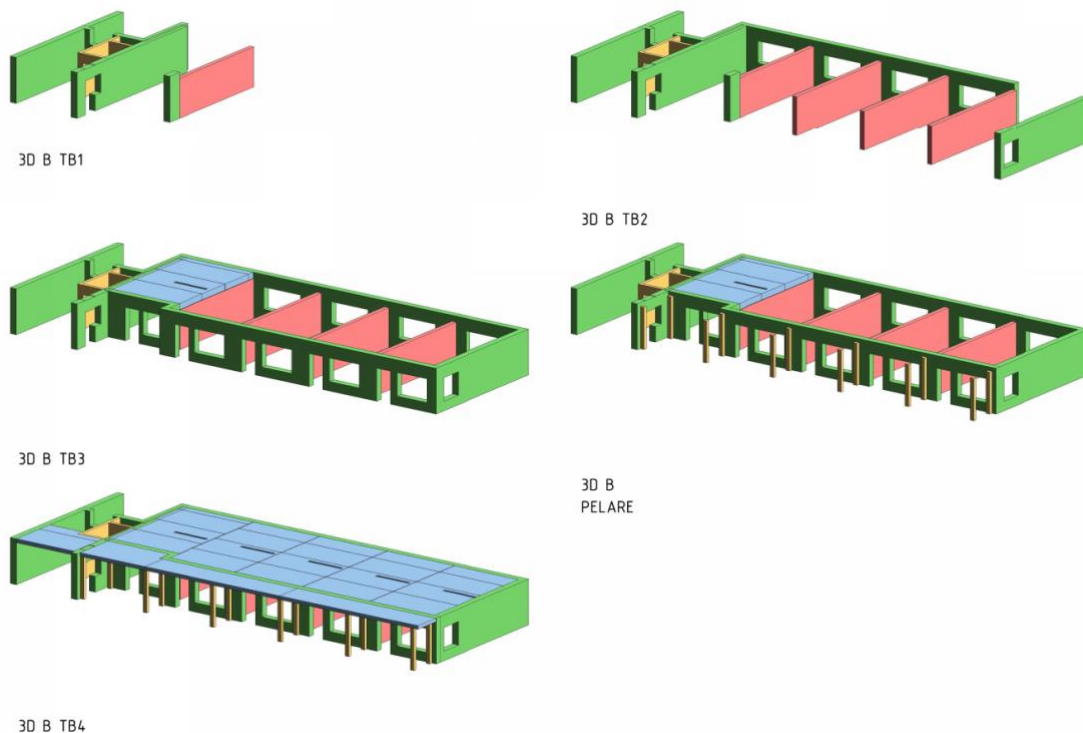
Figur 34. Planskiss över kranens placering med erforderlig räckvidd (Egen bild).

## 4.6.2 Montage trä

Vid montage av massivträhus är arbetsstyrkan generellt 4 personer enligt träexpert Dan Wilhelmsson på Wingårdhs arkitekter och Martinssons (Martinssons, 2020). En standard arbetsfördelning ser ut så att det är 3 som monterar och att en person alltid befinner sig vid lastbilen och hakar på element för lyft. Enligt Dan Wilhelmsson tjänar man inte på att ha en större arbetsstyrka än så. Det är kranen som är dimensionerande för montageflödet, det vill säga om man har ytterligare kran så kan man dubbla montagetaget och jobba dubbelt så snabbt. I detta fall användes en kran och ett montagetag. Dan och Pelle Olsson tillhandahöll montagetider om 45 min/väggelement och 20 min/bjälklagselement. Till skillnad från betongmontaget krävs ingen fogning eller dylikt då elementet är på plats utan när elementet är på plats är det i stort sett färdigt. Då det rörde sig om totalt 235 bjälklagselement och 209 väggelement blev den totala montagetiden för dessa 78,33 h respektive 156,75 h, totalt 235 h, allt detta då fyra personer arbetar tillsammans. Utöver dessa montage ingick även montage av limträpelare och trappa. En limträpelare tar enligt Dan Wilhelmsson 30 min att montera av en person som monterar och en person som hakar på pelaren på kranen. Då konstruktionen rymde 105st limträpelare tog det totala montaget av dessa 52,5 h, detta för två personer. Trappan bestod av två trapplöp och ett viloplan per våning. Ett viloplan likställdes med ett bjälklag och tog därför 20 min att montera av 4 personer. Ett trapplöp däremot kräver hög precision och tar därför betydligt längre tid. Här tar det enligt Dan Wilhelmsson 2 h/trapplöp för två montörer.

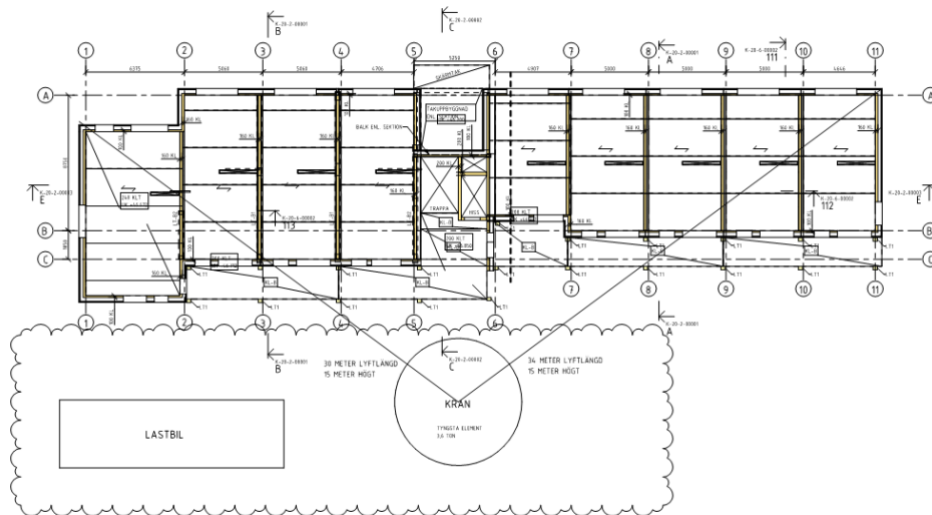
När samtliga data sammanställs resulterar detta i en byggtid på 359 h där 4 personer är aktiva, detta ger en total arbetstid på 1 437 h. Antag en arbetskostnad per person på 500 kr så blir den totala lönekostnaden vid montage  $359 \cdot 4 \cdot 500 = 718\,460$  kr.

I Figur 35 finns en illustration av montageförloppet för ett plan i Etapp B. bilderna illustrerar montageförloppet mellan varje lastbilsleverans adderat en bild för montage av pelare (som ej är med i transportplaneringen).



Figur 35. Montageflöde för ett våningsplan i etapp B, lastbil för lastbil (Egen bild).

Vid trämontage gällde samma förutsättningar för kranplacering som för betonghuset. En maximal lyftlängd på 34 m och höjd på 15 m. Dimensionerande elementvikt för den det lyftet var 3,5 ton. Utifrån detta kunde en kran väljas. Efter samrådan med Dan Wilhelmsson och Pelle Olsson framgick det att mobila tornkranar är det vanligast förekommande vid montage av massivträhus. Utifrån det valdes slutligen en kran med erforderlig lyftkraft och räckvidd ur Kynningsruds kransortiment (Kynningsrud Nordic Crane AB, 2020). Den kran som valdes var en Liebherr MK 110. Kostnaden för denna kran var enligt Kenth Möller på Kynningsrud Nordic Crane AB 7000 kr i transportkostnad och sedan 1 900 kr/h. Med en total byggtid på 359 h resulterar detta i en total krankostnad på 689 543 kr.



Figur 36. Skiss över kranens placering och räckvidd för träfallet (Egen bild).

## 5 Diskussion och slutsats

Jämförelsen studerar ett flerbostadshus i två olika materialutföranden. Båda utföranden har en hög färdigställandegrad med färdig fasad. I båda fallen återstår arbetet att bygga taket på byggnaden, montage av dörrar och fönster samt fast inredning inklusive lätta väggar. Vad gäller betong återstår utvändigt fogning av elementskarvar, flytspackling av betonggolv, golvläggning, målning av innerväggar och tak samt montage av installationer och innertak. I fallet trä återstår isolering samt gipsning av bärande lägenhetsskiljande väggar, utvändigt intäckning av elementskarvar, montage av ljud- och brandisolerande granabgolv i vilket installationer placeras och målning. I båda fallen krävs alltså en mängd efterarbete och utifrån denna studie ges inte svar på hur lång tid detta tar. Det som kan sägas är dock att trä är ett mer lättarbetat material än betong och att håltagande och borrhåll moment generellt tar kortare tid. Jämför bara självborrande skruv för trä och slagborring, pluggning och skruvning i betong. Detta gäller även ifall ett element inte passar och måste omarbetas på plats. Det skulle till exempel kunna innebära att kapa ett elements längd med ett visst mått. I fallet trä krävs enbart en vanlig cirkelsåg medan det i betongfallet krävs expertis och verktyg som kanske inte ens finns på plats utan som måste hyras in vilket kostar både tid och pengar.

Om mängden element studeras så blev det i fallet betong 660 st element och i träfallet 444 st element. Den totala massan på huset i vardera fall uppgick till ca 2 500 ton i betongfallet och 650 ton i träfallet. Detta bekräftar att träelement kan byggas till större individuell volym och mindre massa. Vidare öppnar den avsevärt lägre massan i träfallet för stora kostnadsbesparingar vid grundläggning. Inte minst om huset skulle byggts på lerig mark och därför krävt pålning vilket ofta är fallet i Göteborgstrakten. De färre och lättare elementen gör också en stor besparing på mängden transporter. Här syntes att det går att göra en besparing på nästan 100 transporter med träalternativet. Enbart bränslekostnaden för betongtransporterna var ca 84 000 kr och för trä 16 000 kr, dvs att besparingen i transportkostnad enbart för bränsle är 68 000 kr. I detta är inte kostnaden för lastbil och chaufför medräknat så denna siffra bör vara betydligt högre om helheten studeras. Det är dock viktigt att poängtera att transportlängden varierar stort inom landet då mängden KL-träfabriker är färre än betongfabriker. Att det i detta fall var närmre till KL-träfabriken är alltså inte speciellt vanligt i Sverige eller ens Västra Götaland.

KL-träets låga densitet visade sig också vara en stor fördel när det kom till krankostnad. I betongfallet användes en 220 tons mobilkran medan träfallet använde en 110 tons mobil tornkran. Här gjordes också stora besparingar då mobilkranen som användes i betongfallet kostade 907 000 kr under hela byggtiden och kranen som användes i träfallet kostade 690 000 kr under hela byggtiden, besparingen för krankostnad vid träfallet blev alltså 217 000 kr. Vid just den här byggarbetsplatsen var utrymme en bristvara och därför kunde inte kranarna placeras optimalt. Om det funnits mer utrymme och kranarna kunnat placeras bättre hade andra kranar kunnat användas och detta hade haft inverkan på priset. Träelementen skulle dock fortfarande vara lättare och kräva mindre kran.

En stor brist i denna studie är avsaknaden av beräkningar gällande ljud i träkonstruktionen. Betongkonstruktionen är professionellt beräknad och verifierad och uppfyller de krav som finns. I detta läget finns inte data på träkonstruktionens presterande vad gäller ljud. Dock är det projekterat ett ljudisolerande golv från Granab och ett ljudisolerande skikt i de bärande innerväggarna. Observerandet av ljudisolering skänker åtminstone lite ljus åt denna aspekten av byggnaden.

Som tidigare nämnts råder oenighet om byggmaterialens miljöpåverkan. Trä är ett förnybart material som binder koldioxid under sin livstid. Betong kan argumentera för en längre livslängd samt bindning av koldioxid under hela användningstiden, dock går det åt enorma mängder energi vid tillverkning. I denna rapport gjordes en undersökning av koldioxidutsläppen vid transporten av prefabricerade element. I träfallet släpptes 2 850 kg koldioxid ut i ren bränsleförbrukning medan betong släppte ut 15 000 kg koldioxid. Detta är en besparing på drygt 12 ton koldioxid. Ett ton koldioxid räcker för att åka tåg 7 000 mil enligt Carl Lindesvärd (Lindesvärd, 2018). I detta fall blir det då 84 000 mil vilket är samma sak som två varv runt jordklotet. Rent transportmässigt ger träalternativet alltså en stor miljöbesparing.

Sist men inte minst så tar det i princip lika lång tid att montera trähuset som betonghuset. Trähusets montage tid är ungefär 360 h och 360 h för betong. Här finns en stor skillnad i att arbetslaget för betong är 8 personer och arbetslaget för trä 4 personer. Detta innebär en total montage tid på 1 440 h för trä och 2 880 h för betong. Då dessa tider räknas till pengar ger detta en besparing på 720 000 kr i lönekostnad.

När alla besparingar läggs samman så ger det en total besparing på ungefär 1 miljon kr om trä används istället för betong. Conny Pettersson skriver i en artikel att det kostar ca 37 500 kr per kvm att bygga bostäder (Pettersson, 2014). Då hela huset har en total area på ca 2 000 kvm kostar det alltså ca 75 miljoner kr att bygga. Det vill säga att en besparing på 1,33 % kan göras om konstruktionsmaterialet väljs till KL-trä istället för betong. Dock är detta enbart utifrån denna studies resultat angående transport och montage.

Utifrån denna rapport väcks frågor om skillnader vid efterarbete och inredningsmontage. Här efterfrågas vidare arbete som noggrannare undersöker skruvning, håltagning och bearbetning av stommaterialen. Underhållsarbete och i förlängningen ombyggnad i förhållande till val av stommaterial är även de intressanta ämnen med framtiden för sig.

## Referenser

- betongindustri. (den 30 05 2020). *Tekniska egenskaper*. Hämtat från Betongindustri.se: <https://www.betongindustri.se/sv/tekniska-egenskaper>
- Betonginitiativet. (den 14 04 2020). *Karbonatisering - När betongen binder upp koldioxid*. Hämtat från Betonginitiativet: <https://betonginitiativet.se/karbonatisering-nar-betongen-binder-upp-koldioxid/>
- Borgström, E., Fröbel, J., & Svenskt Trä. (2017). *KL-trähandbok - Fakta och projektering av KL-träbyggnader*. Stockholm: Föreningen Sveriges Skogsindustrier.
- Bygg och Miljöteknik Granab AB. (den 11 05 2020). *Granabsystemet i vindsvåningar och vid estra påbyggnad av våningsplan*. Hämtat från Granab Golvregelsystem: <http://granab.se/pabyggnad-av-vaningsplan/>
- Consolis strängbetong. (den 29 04 2020). *Håldäck*. Hämtat från strangbetong.se: <https://strangbetong.se/produkter/bjalklag/haldack/>
- Consolis Strängbetong. (den 22 06 2020). *Håldäck [Elektronisk bild]*. Hämtat från [https://cdn.strangbetong.se/wp-content/uploads/2019/04/19194125/StrangbetongHaldack\\_HDF27F184.jpg](https://cdn.strangbetong.se/wp-content/uploads/2019/04/19194125/StrangbetongHaldack_HDF27F184.jpg)
- Essve. (den 27 05 2020). *PROFFS GUIDE ET-T KONSTRUKTIONSSKRUV*. Hämtat från Essve.se: <https://www.essve.se/wcsstore/CAS/PIM/ESSVE/docs/1093189.pdf>
- Gripen Betongelement. (den 29 04 2020). *Prefabricerade väggar med färdiga installationer*. Hämtat från gripenbetong.se: <https://gripenbetong.se/prefabricerade-betongelement/vaggar.aspx>
- Hallberg, M. (den 17 09 2015). *Så kan betong få mindre klimatbelastning*. Hämtat från Hållbart Byggande: <https://hallbartbyggande.com/sa-kan-betong-fa-mindre-klimatbelastning/>
- Jernkontoret. (den 03 06 2020). *jernkontorets energihandbok*. Hämtat från energihandbok.se: <https://www.energihandbok.se/konstanter/varmeledningsformaga-och-u-varden-for-olika-material>
- Kingspan Insulation AB. (den 03 06 2020). *Kooltherm*. Hämtat från kingspan.se: <https://www.kingspan.com/se/sv-se/produkter/isolering/kooltherm>
- Kostnadsguiden. (den 24 06 2020). *Vad kostar hantverkare? Timpris och tips*. Hämtat från kostnadsguiden.se: <https://kostnadsguiden.se/vad-kostar-hantverkare-timpris-och-tips/>
- Kynningsrud Nordic Crane AB. (den 26 05 2020). *Lyfttabeller*. Hämtat från nckynningsrud.se: <https://nckynningsrud.com/sv/lyfttabeller/>
- Lindesvärd, C. (den 22 01 2018). *Vad är ett ton koldioxid egentligen*. Hämtat från zeroemission.se: <https://zeromission.se/vad-ar-ett-ton-koldioxid-egentligen/>
- Löfsjögård, M. (den 09 04 2019). *Trä är inte bättre än betong*. Hämtat från Västerbottens-Kuriren: <https://www.vk.se/2015-08-14/tra-inte-battre-an-betong>
- Martinsons. (2018). *Martinsons handbok i KL-trä*. Bygdsiljum: Martinsons.
- Martinsons. (03 2019). *KL-trä Tabell spännvidder*. Hämtat från martinsons.se: [https://www.martinsons.se/wp-content/uploads/2019/02/KL-tra\\_spannvidder\\_tab\\_webb.pdf](https://www.martinsons.se/wp-content/uploads/2019/02/KL-tra_spannvidder_tab_webb.pdf)
- Martinsons. (den 28 04 2020). *Limträ och KL-trä för byggnadsprojekt*. Hämtat från martinson.se: <https://www.martinsons.se/sagade-travaror-och-byggprodukter/limtra-och-kl-tra-for-byggnadsobjekt/kl-tra/>
- Martinssons. (den 27 05 2020). *KL-trä - Formstabil, starkt och enkelt att montera*. Hämtat från Martinssons: <https://martinssons.se/sagade-travaror-och-byggprodukter/limtra-och-kl-tra-for-byggnadsobjekt/kl-tra/>
- Martinssons. (den 19 05 2020). *martinssons.se*. Hämtat från KL-trä tabell spännvidder: [https://www.martinsons.se/wp-content/uploads/2019/02/KL-tra\\_spannvidder\\_tab\\_webb.pdf](https://www.martinsons.se/wp-content/uploads/2019/02/KL-tra_spannvidder_tab_webb.pdf)

- Martinssons. (den 26 05 2020). *Montage*. Hämtat från martinssons.se:  
<https://martinsons.se/byggnader-i-tra/flervaningshus/flerbostadshus/montage/>
- Martinssons. (den 30 05 2020). *Sortiment*. Hämtat från Martinssons.se:  
<https://www.martinssons.se/sagade-travaror-och-byggprodukter/limtra-och-kl-tra-for-byggnadsobjekt/kl-tra/sortiment/>
- N.Svensson. (den 20 03 2020). *10 argument för modernt träbyggande*. Hämtat från Facket för skogs-, trä-, och grafisk bransch:  
<https://www.gsfacket.se/globalassets/dokument/allmanna-dokument/10-argument-for-modernt-trabyggande.pdf>
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Fasaddetalj [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Detaljskiss av en bärande innervägg [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Detljud över lägenhetsskiljande snitt [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Helsektion av byggnad [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Planbild av HDF-bjälklag [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Planvy över byggnad [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Tvärsnitt av HDF-bjälklag [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PE Teknik & Arkitektur. (den 22 06 2020). Tvärsnittsvy av sandwichyttervägg [Elektronisk bild]. Opublicerad.
- PEAB. (den 20 03 2020). *Betong - framtidens byggnadsmaterial*. Hämtat från PEAB:  
<https://peab.se/siteassets/produkter/dokument/betong-framtidens-byggnadsmaterial.pdf>
- Pettersson, C. (den 25 11 2014). *Dyrare att bygga nya lägenheter*. Hämtat från hemhyra.se:  
<https://www.hemhyra.se/nyheter/dyrare-att-bygga-nya-lagenheter/>
- Rockwool. (den 01 06 2020). *REDAir BATTs*. Hämtat från rockwool.se:  
<https://www.rockwool.se/produkter/utvandig-fasadisolering/redair-batts-1/?selectedCat=dokumentation#Tekniskaegenskaper&sortiment>
- Rothoblaas. (den 27 05 2020). *FASTENING - BRACKETS AND PLATES - X-RAD*. Hämtat från Rothoblaas.com:  
<https://www.rothoblaas.com/products/fastening/brackets-and-plates/x-rad>
- rothoblaas. (den 22 06 2020). *X-RAD [Elektronisk bild]*. Hämtat från  
<https://www.rothoblaas.com/images/1501662075-x-one-app2.jpg?w=800&h=600&fit=fill>
- Skandinaviska byggelement. (den 29 04 2020). *Håldäck (HDF)*. Hämtat från byggelement.se:  
<https://byggelement.se/produkter/haldack/>
- Skandinaviska Byggelement. (den 29 04 2020). *Massivvägg*. Hämtat från byggelement.se:  
<https://byggelement.se/produkter/massivvagg/>
- Skandinaviska Byggelement. (den 22 06 2020). *Massivvägg [Elektronisk bild]*. Hämtat från  
<https://byggelement.se/siteassets/2-produkter/03-massivvagg/massivvagg-toppbild.png?width=1140&height=570&mode=crop&preset=default>
- Skandinaviska byggelement. (den 06 05 2020). *Sandwichvägg*. Hämtat från Skandinaviska byggelement: <https://byggelement.se/produkter/sandwichvagg/>
- SPBI. (den 25 05 2020). *Energiinnehåll, densitet och koldioxidutsläpp*. Hämtat från Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet:

- <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/berakningsfaktorer/energiinnehall-densitet-och-koldioxidemission/>
- Stora Enso. (den 19 05 2020). *CLT by Stora Enso - Technical Brochure*. Hämtat från [storaenso.com](https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/clt-by-stora-enso-technical-brochure-en.pdf?mode=brochure#page=1): <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/clt-by-stora-enso-technical-brochure-en.pdf?mode=brochure#page=1>
- Svensk Betong. (den 30 05 2020). *Betongens egenskaper*. Hämtat från [svenskbetong.se](https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/betongens-egenskaper): <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/betongens-egenskaper>
- Svensk Betong. (den 30 05 2020). *Fukt*. Hämtat från [svenskbetong.se](https://www.svenskbetong.se): <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/fukt>
- Svensk Betong. (den 27 05 2020). *Håldäck (HD/F)*. Hämtat från [Svenskbetong.se](https://www.svenskbetong.se): <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/statik/haldack>
- Svensk Betong. (den 30 05 2020). *Hållfasthet och slitstyrka*. Hämtat från [Svenskbetong.se](https://www.svenskbetong.se): <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/betongens-egenskaper/fukt-och-uttorkning-3>
- Svenska Betongföreningen. (den 20 03 2020). *Detta är betong*. Hämtat från Svenska Betongföreningen: <https://betongforeningen.se/materialet-betong/>
- SVENSKT TRÄ. (den 01 09 2003). *Bjälklagselement och väggelement av massivträ*. Hämtat från SVENSKT TRÄ - Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomme/stomme/massivtra--bjalklagselement-och-vaggelement/>
- Svenskt Trä. (den 20 08 2015). *Fukt och belastning*. Hämtat från Svenskt trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/mekaniska-egenskaper1/fukt-och-belastning/>
- Svenskt Trä. (den 20 08 2015). *Stammens uppbyggnad*. Hämtat från svenskt trä - träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/mekaniska-egenskaper1/stammens-uppbyggnad/>
- SVENSKT TRÄ. (2016). *Limträhandbok Del 1*. i S. TRÄ, *Limträhandbok Del 1* (ss. 12-15). Stockholm: Skogsindustrierna.
- Svenskt Trä. (den 18 01 2017). *Infästning med träskruv [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/globalassets/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/projektering/anslutningsdetaljer/standardbeslag-till-smahus/figur-67.png>
- Svenskt Trä. (den 18 01 2017). *Infästning med träskruv [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/globalassets/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/projektering/anslutningsdetaljer/standardbeslag-till-smahus/universalskruv.png>
- Svenskt trä. (den 07 07 2017). *KL-trä och värmeisolering*. Hämtat från Svenskt Trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-varme-och-fukt/9.3-kl-tra-och-varmeisolering/kl-tra-och-varmeisolering/?previousState=001>
- SVENSKT TRÄ. (den 15 08 2017). *Konstruktionsvirke*. Hämtat från SVENSKT TRÄ - Träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/trabaserade-produkter/virkestyper-och-kvalitet/konstruktionsvirke/>
- Svenskt Trä. (den 15 08 2017). *Limträ [Elektronisk bild]*. Hämtat från [https://www.traguiden.se/contentassets/bd1ca5df507f4df0822fb474dfb8a594/limtra-hallfasthet\\_1.png](https://www.traguiden.se/contentassets/bd1ca5df507f4df0822fb474dfb8a594/limtra-hallfasthet_1.png)
- Svenskt Trä. (den 07 07 2017). *Materialegenskaper för KL-trä*. Hämtat från Svenskt Trä - träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/dimensionering-av-kl-trakonstruktioner/3.2-materialegenskaper-for-kl-tra/materialegenskaper-for-kl-tra/>
- Svenskt Trä. (den 07 07 2017). *Materialegenskaper för KL-trä [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/globalassets/kl-trakonstruktioner/kl-avsn3-2-bild1.jpg>

Svenskt Trä. (den 07 07 2017). *Plattbjälklag [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/globalassets/kl-trakonstruktioner/kl-fig5-01.png>

Svenskt Trä. (den 18 01 2017). *Spikningsplåtar [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/globalassets/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/projektering/anslutningsdetaljer/standardbeslag-till-smahus/figur-56.png>

Svenskt Trä. (den 14 12 2017). *Trä och fukt*. Hämtat från Svenskt trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/fuktegenskaper1/tra-och-fukt/>

Svenskt Trä. (den 14 12 2017). *Träets styrka och styvhet*. Hämtat från Svenskt Trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/mekaniska-egenskaper1/traets-styrka-och-styvhet/>

Svenskt Trä. (den 18 01 2017). *Vinkelbeslag [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/globalassets/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/projektering/anslutningsdetaljer/standardbeslag-till-smahus/figur-62.png>

Svenskt Trä. (den 06 08 2018). *Stamens uppbyggnad [Elektronisk bild]*. Hämtat från [traguiden.se/globalassets/om-tra/materialet-tra/traets-uppbyggnad/stammens-uppbyggnad/bild1-v-0303-ma01.jpg](https://www.traguiden.se/globalassets/om-tra/materialet-tra/traets-uppbyggnad/stammens-uppbyggnad/bild1-v-0303-ma01.jpg)

Svenskt Trä. (den 24 08 2020). *7.4.3 Oskyddad väggskiva*. Hämtat från Svenskt Trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-brand/7.4-berakningsexempel/7.4.3-oskyddad-vaggskiva/>

Svenskt trä. (den 24 05 2020). *7.4.4 Skyddad väggskiva*. Hämtat från Svenskt trä - Träguiden§: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-brand/7.4-berakningsexempel/7.4.4-skyddad-vaggskiva/?previousState=0011>

Svenskt Trä. (den 27 05 2020). *Förkolning*. Hämtat från Svenskt Trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-brand/7.2-brandmotstand-hos-kl-tra/7.2.1-forkolning/?previousState=0100>

Svenskt Trä. (den 27 05 2020). *KL-trä och värmelagring och fuktbuffring*. Hämtat från Svenskt trä - Träguiden: <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/>

Svenskt Trä. (den 27 05 2020). *Limträ och brand*. Hämtat från Svenskt Trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/projektering/projektering-med-hansyn-till-brand/limtra-och-brand/>

Svenskt Trä. (den 27 05 2020). *Standardplåtbeslag*. Hämtat från Svenskt Trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/forband-och-anslutningsdetaljer/4.3-oversikt-av-forbandstyper/4.3.2-standardplatbeslag/?previousState=01100>

Svenskt trä. (den 20 03 2020). *Trä i byggprocessen*. Hämtat från Svenskt trä - träguiden: <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/bygga-i-tra/>

Svenskt trä. (den 27 05 2020). *Trä i byggprocessen*. Hämtat från Svenskt trä: <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/bygga-i-tra/>

Svenskt Trä. (den 30 05 2020). *Träets egenskaper och kvalitet*. Hämtat från Svenskt Trä - träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/>

Svenskt trä. (den 20 03 2020). *Träguiden - Brandegenskaper*. Hämtat från Svenskt trä - Träguiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/termiska-egenskaper1/brandegenskaper/>

Svenskt Trä. (den 22 06 2020). *Virke för byggändamål [Elektronisk bild]*. Hämtat från <https://www.svenskttra.se/optimized/default/siteassets/1-trafakta/2-att-valja-tra/06/konstruktionsvirke.jpg>

Sveriges Träbyggnadskansli. (den 27 05 2020). *Industriellt träbyggande*. Hämtat från Sveriges träbyggnadskansli: <http://trabyggnadskansliet.se/industriellt-traebyggande/>

Trafikanalys. (den 25 05 2020). *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor PM 2018:1*. Hämtat från Trafikanalys: [https://www.trafa.se/globalassets/pm/2018/pm-2018\\_1-transportsektorns-samhallsekonomiska-kostnader---bilagor.pdf](https://www.trafa.se/globalassets/pm/2018/pm-2018_1-transportsektorns-samhallsekonomiska-kostnader---bilagor.pdf)





## Bilaga 2

### Lastnedräkning för bärande innerväggar

		kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
	NL Kategori	Vägg	Bjälklag	Nyttig last	Variabel
Plan 1	Kat. A		0,9	2	0,8
Plan 2	Kat. A	0,39	0,9	2	0,8
Plan 3	Kat. A	0,39	0,9	2	0,8
Plan 4	Kat. A	0,39	0,9	2	0,8
Plan 5	Kat. A	0,39	0,9	3,2	1,3

### Lastkombination, EKS 11

	6.10.a 1,35x(vägg+bjklg+variabel) kN/m <sup>2</sup>	6.10.b 1,2x(vägg+bjklg+variabel)+1,5*nyttig kN/m <sup>2</sup>													
Plan 1	2,2	5,0	<table border="1"> <tr> <td>Övrigt:</td> <td>kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Installationer</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>Lättväggar</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Takkonstruktion</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>takinstall</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>solcell</td> <td>0,5</td> </tr> </table>	Övrigt:	kN/m <sup>2</sup>	Installationer	0,3	Lättväggar	0,5	Takkonstruktion	0,3	takinstall	0,2	solcell	0,5
Övrigt:	kN/m <sup>2</sup>														
Installationer	0,3														
Lättväggar	0,5														
Takkonstruktion	0,3														
takinstall	0,2														
solcell	0,5														
Plan 2	2,7	5,4													
Plan 3	2,7	5,4													
Plan 4	2,7	5,4													
Plan 5	3,8	9,4													

	Area	IV1 Vägg	[kN/m] Ack.	Area	IV2 Vägg	[kN/m] Ack.
			145			161
Plan 1	50	249	121	56	277	135
Plan 2	50	272	96	56	303	107
Plan 3	50	272	70	56	303	78
Plan 4	50	272	44	56	303	49
Plan 5	50	470		56	523	
<b>Dimensionerande</b>			<b>161</b>			

## Bilaga 3

Betongplanering		
Väggar		14
Bjälklag		12
Etapp B	tot antal lastbilar	133
Etapp A		

				Tjocklek	Höjd	Längd	Vikt / Element	Area / Element
				[mm]	[mm]	[mm]	[ton]	[m <sup>2</sup> ]
<b>Lastbil B1</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV1		430	2 870	4 830	5,3	13,9
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV2		430	2 870	4 830	5,3	13,9
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV3		430	2 870	4 722	5,2	13,6

<b>Lastbil B2</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV4		430	2 870	5 168	5,7	14,8
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV5		430	2 870	4 507	5,1	12,9
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV6		430	2 870	3 329	4	9,6

<b>Lastbil B3</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV7		430	2 670	553	0,9	1,5
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV8		450	2 873	4 629	6,2	13,3
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV9		450	2 873	4 830	6,5	13,9

<b>Lastbil B4</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV10		450	2 873	4 830	6,5	13,9
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV11		450	2 873	4 830	6,5	13,9
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV12		450	2 873	4 722	6,3	13,6

<b>Lastbil B5</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV13		450	2 870	5 328	8,9	15,3
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV14		450	2 870	4 306	6,5	12,4
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV1		200	2 710	8 709	11,8	23,6

<b>Lastbil B6</b>								
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV2		200	2 710	8 709	11,8	23,6
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV3		200	2 710	8 709	11,8	23,6

<b>Lastbil B7</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV15		450	2 870	3 984	6,1	11,4
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV4		200	2 710	7 694	10,4	20,9
200 PREFAB BTG	Basic Wall	HV1		200	2 870	3 715	5,1	10,7

<b>Lastbil B8</b>								
Fasad Sandwich 160+200+90	Basic Wall	YV16		430	2 873	4 670	7,4	13,4
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV5		200	2 870	6 580	9,3	18,9

<b>Lastbil B9</b>								
200 PREFAB BTG	Basic Wall	HV2		200	2 870	1 830	2,6	5,3
200 PREFAB BTG	Basic Wall	HV3		200	2 870	2 889	4	8,3
200 RD-PLATTA TRAPPHUS		TBL1		200	3 570	4 570	6,9	16,1

+montera trappa

Lastbil B10			Bredd (mm)	Antal (st)	Längd (mm)	Vikt (ton)	Totalvikt (ton)	Total Area (m <sup>2</sup> )
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL1	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL2	300	20	4 806	0,52	10,5	28,8	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL3	1 196	17	4 806	1,89	32,2	94,0	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL4	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL5	1 196	22	4 806	1,83	40,2	118,6	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL6	1 196	4	4 806	1,95	7,8	23,0	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL7	1 196	5	4 806	1,96	9,8	28,7	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL8	1 196	15	4 806	1,92	28,8	84,5	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL9	1 196	15	4 806	1,92	28,8	84,5	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL10	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL11	1 196	15	4 806	1,95	29,2	86,2	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL12	1 196	22	4 806	1,83	40,2	118,6	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL13	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL14	1 196	17	4 806	1,89	32,2	94,0	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL15	300	20	4 806	0,52	10,5	28,8	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL16	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL17	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	

Lastbil B11			Bredd (mm)	Antal (st)	Längd (mm)	Vikt (ton)	Totalvikt (ton)	Total Area (m <sup>2</sup> )
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL18	300	20	4 806	0,52	10,5	28,8	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL19	1 196	17	4 806	1,89	32,2	94,0	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL20	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL21	1 196	22	4 806	1,83	40,2	118,6	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL22	1 196	15	4 806	1,95	29,2	86,2	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL23	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL24	1 196	15	4 806	1,92	28,8	84,5	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL25	1 196	5	4 806	1,92	9,6	28,2	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL26	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL27	1 196	15	4 806	1,95	29,2	86,2	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL28	1 196	22	4 806	1,83	40,2	118,6	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL29	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL30	1 196	17	4 806	1,89	32,2	94,0	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL31	300	20	4 806	0,52	10,5	28,8	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL32	1 196	58	4 806	1,96	113,4	333,4	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL33	1 196	5	4 713	1,92	9,6	28,2	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL34	1 196	3	4 713	1,83	5,5	16,0	

Lastbil B12			Bredd (mm)	Antal (st)	Längd (mm)	Vikt (ton)	Totalvikt (ton)	Total Area (m <sup>2</sup> )
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL35	1 196	4	4 713	1,90	7,6	22,5	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL36	1 196	3	4 713	1,80	5,4	15,9	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL37	1 196	5	4 713	1,92	9,6	28,2	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL38	485	4	4 713	0,83	3,3	9,1	
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL39	1 196	5	4 713	1,92	9,6	28,2	

+bruk för skarvar

			Tjocklek	Bredd	Längd	Vikt / Element	Area / Element
			[mm]	[mm]	[mm]	[ton]	[m <sup>2</sup> ]
Lastbil B13							
200 PREFAB Loftgång	LG1	242	3 135	5 263	7,8	16,5	
200 PREFAB Loftgång	LG2	242	2 120	4 946	5,1	10,5	

+pelare

Lastbil B14

200 PREFAB Loftgång	LG3	242	2 120	4 946	5,1	10,5
200 PREFAB Loftgång	LG4	242	2 120	4 946	5,1	10,5
200 PREFAB Loftgång	LG5	242	2 120	5 984	6,3	12,7

Lastbil A1

			Tjocklek	Höjd	Längd	Vikt / Element	Area / Element
			[mm]	[mm]	[mm]	[ton]	[m <sup>2</sup> ]
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV17	450	2 870	3 984	6,1	11,4
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV18	450	2 873	4 782	6,4	13,7
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV19	450	2 873	4 890	6,6	14

Lastbil A2

Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV20	450	2 873	5 248	7,1	15,1
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV21	450	2 870	2 334	4	6,7
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV22	450	2 873	6 204	8,2	17,8

Lastbil A3

Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV23	450	2 870	4 032	6,7	11,6
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV24	450	2 870	6 520	9,5	18,7

Lastbil A4

Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV25	450	2 873	6 454	9,2	18,5
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV26	450	2 870	2 800	3,5	8
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV27	430	2 870	4 552	4,8	13,1

Lastbil A5

Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV28	430	2 870	4 890	5,4	14
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV29	430	2 870	4 997	6	14,3
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV30	430	2 870	2 334	2	6,7

Lastbil A6

Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV31	430	2 870	4 238	4,7	12,2
Fasad Sandwich 160+200+91	Basic Wall	YV32	430	2 870	2 300	2,8	6,6
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV6	200	2 710	8 209	11,1	22,2

Lastbil A7

200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV7	200	2 670	5 269	7	14,1
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV8	200	2 670	5 270	7	14,1
200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV9	200	2 710	4 707	6,4	12,8

Lastbil A8

200 PREFAB BTG	Basic Wall	IV10	200	2 670	5 832	7,8	15,6
----------------	------------	------	-----	-------	-------	-----	------

+bruk

Lastbil A9

		Bredd (mm)	Längd (mm)	Vikt (ton)	Totalvikt (ton)	Total Area (m <sup>2</sup> )
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL75	1 196	6 180	2,5	35,5	103,5
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL74	1 196	6 180	2,5	35,5	103,5

200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL73	1 196	6 180	2,5	35,5	103,5
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL72	1 196	6 180	2,5	10,1	29,6
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL71	<b>1 196</b>	<b>6 180</b>	<b>2,5</b>	<b>9,9</b>	<b>28,0</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL70	1 196	6 180	2,5	10,0	29,1
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL69	900	6 180	2,0	9,8	27,8
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL68	1 196	6 180	2,5	9,9	28,9
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL67	1 196	6 180	2,5	10,1	29,6
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL58	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL59	1 196	4 866	2,0	15,6	45,6
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL60	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL61	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>11,8</b>	<b>34,9</b>

#### Lastbil A10

200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL62	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>1,8</b>	<b>11,0</b>	<b>32,6</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL63	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>11,9</b>	<b>34,8</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL64	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>13,6</b>	<b>40,1</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL65	900	4 866	1,5	15,4	43,8
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL66	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL49	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL50	900	4 866	1,5	15,4	43,8
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL51	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>13,6</b>	<b>40,1</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL52	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>11,9</b>	<b>34,8</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL53	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>1,8</b>	<b>11,0</b>	<b>32,6</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL54	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>11,8</b>	<b>34,9</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL55	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL56	1 196	4 866	1,9	15,6	45,6
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL57	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL48	1 196	4 866	2,0	63,4	186,2
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL47	900	4 866	1,5	15,4	43,8

#### Lastbil A11

200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL46	<b>1 196</b>	<b>4 866</b>	<b>2,0</b>	<b>5,8</b>	<b>17,2</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL45	<b>1 196</b>	<b>4 736</b>	<b>1,9</b>	<b>5,8</b>	<b>16,9</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL44	<b>1 196</b>	<b>4 736</b>	<b>1,8</b>	<b>5,4</b>	<b>15,8</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL43	<b>1 196</b>	<b>4 736</b>	<b>1,9</b>	<b>5,8</b>	<b>17,0</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL42	1 196	4 736	1,9	11,6	33,9
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL41	<b>1 196</b>	<b>4 736</b>	<b>1,9</b>	<b>5,7</b>	<b>16,6</b>
200 HÅLDÄCK+ 70 PÅGJ.	BL40	1 196	4 736	1,9	11,6	33,9
		<b>Tjocklek</b>	<b>Bredd</b>	<b>Längd</b>	<b>Vikt / Element</b>	<b>Area / Element</b>
		[mm]	[mm]	[mm]	[ton]	[m <sup>2</sup> ]
200 PREFAB Loftgång	TBL2	200	2 480	4 530	5,2	10,8

#### Lastbil A12

200 PREFAB Loftgång	LG7	242	2 390	4 380	5,1	10,5
200 PREFAB Loftgång	LG8	242	2 390	4 946	5,8	11,8
200 PREFAB Loftgång	LG9	242	2 390	5 416	6,3	12,9

+bruk för skarvar

antal element över fem våningar:

Total vikt över 5 våningar:  
645 st

2 460 ton

## TAKPLAN

## B

## Lastbil TB1

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

	Tjocklek [mm]	Höjd [mm]	Längd [mm]	Vikt [ton]	Area [m <sup>2</sup> ]
SW7/20/16	430	2278	3964	2,9	9
SW7/20/16	430	2725	5308	4,8	14,5
SW7/20/16	430	2449	4286	3,3	10,5

## A

## Lastbil TA1

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

SW7/20/16	430	1465	2334	1,3	3,4
SW7/20/16	430	2256	4032	3,1	9,1
SW7/20/16	430	2840	6520	6,8	18,5
SW7/20/16	430	2017	3964	2,6	8
SW7/20/16	430	2225	4900	5,2	10,9

## Lastbil TA2

Fasad Sandwich 160+200+90

Fasad Sandwich 160+200+90

SW7/20/16	430	2840	7068	7	20,1
V200	200	2840	6580	4,8	18,7

# Bilaga 4

## Etapp B transportplanering

Mark	Area [m <sup>2</sup> ]	Längd [mm]	Family and Type	Massa [kg]	Volym [m <sup>3</sup> ]	Lastlager	Tjocklek [mm]	Lagerlängd [mm]	Lastkriterie bredd eller höjd [mm]	Lastvikt [kg]
Typplan										
HV4	23,8655	8 090	Basic Wall: 160 KLT hissvägg	2 625,2	4,77	L1	450	12 536	1790	16388
YV7	13,1157	4 446	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 318,4	5,90	L1			A-stege (<1900)	
YV21	10,0153	3 395	Basic Wall: Isolerad trapphuss vägg (160 KLT)	1 287,2	4,51	L2	440	11 125		
HV1	12,7735	4 330	Basic Wall: 200 KL	1 405,1	2,55	L2				
HV2	5,1625	1 750	Basic Wall: 200 KL	567,9	1,03	L2				
HV3	4,8675	1 650	Basic Wall: 200 KL	535,4	0,97	L2				
YV22	20,178	6 840	Basic Wall: Isolerad trapphuss vägg (160 KLT)	2 593,4	9,08	L3	450	10 820		
YV6	11,741	3 980	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	1 509	5,28	L3				
YV8	11,741	3 980	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	1 509	5,28	L4	450	13 170		
IV4	24,1163	8 175	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	2 652,8	10,85	L4	160			
YV19	2,99425	1 015	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	384,8	1,35	L4			TB1	
IV5	27,1105	9 190	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	2 982,2	12,20	L5	160	9 190	1810	18463
IV6	27,1105	9 190	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	2 982,2	12,20	L6	160	9 190	A-stege (<1900)	
IV7	27,1105	9 190	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	2 982,2	12,20	L7	160	9 190		
YV14	27,1105	9 190	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	3 484,4	12,20	L8	450	9 190		
YV9	15,7589	5 342	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 584,1	7,09	L9	440	10 342		
YV10	14,75	5 000	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 482,7	6,64	L9	440			
YV11	14,75	5 000	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 482,7	6,64	L10	440	10 000		
YV12	14,75	5 000	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 482,7	6,64	L10	440		TB2	
YV13	14,8326	5 028	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 491,0	6,67	L11	440	10 134	1720	13479
YV20	15,0627	5 106	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 514,2	6,78	L11	440		A-stege (<1900)	
YV18	14,8533	5 035	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 493,1	6,68	L12	440	10 084		
YV17	14,8946	5 049	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 497,3	6,70	L12	440			
YV16	14,75	5 000	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 482,7	6,64	L13	440	10 028		
YV15	14,8326	5 028	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 491,0	6,67	L13	440			
BL21	13	5 223	Floor: 200 KLT	1 430	2,6	L14	200	10 446		
BL22	12	5 223	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L14	200			
BL23	13	5 223	Floor: 200 KLT	1 430	2,6	L15	200	10 446		
BL24	3	5 223	Floor: 200 KLT	330	0,6	L15	200		TB3	
BL25	12	4 880	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L16	200	9 760	1950	24420
BL26	11	4 880	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L16	200		Liggande (<2400)	<2500
BL27	12	4 880	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L17	200	9 760		
BL28	7	4 880	Floor: 200 KLT	770	1,4	L17	200			
BL29	12	4 980	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L18	200	9 960		
BL30	11	4 980	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L18	200			
BL31	12	4 980	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L19	200	9 960		
BL32	8	4 980	Floor: 200 KLT	880	1,6	L19	200			
BL33	12	4 980	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L20	200	9 960		
BL34	11	4 980	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L20	200			
BL35	12	4 980	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L21	200	9 960		

BL36	8	4 980	Floor: 200 KLT	880	1,6	L21	200		
BL37	12	4 767	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L22	200	9 534	
BL38	11	4 767	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L22	200		
BL39	11	4 767	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L23	200	9 534	
BL40	7	4 767	Floor: 200 KLT	770	1,4	L23	200		
LG4	4	4 277	Floor: 200 KLT trapphus	440	0,8	L24	200	13 341	
LG3	10	4 277	Floor: 200 KLT trapphus	1 100	2	L24	200		
LG5	14	4 787	Floor: 150 KLT (h=250) Loftgång	1 155	2,1	L24	150		
LG6	19	10 080	Floor: 150 KLT (h=250) Loftgång	1 567,5	2,85	L25	150	10 082	
LG7	19	10 260	Floor: 150 KLT (h=250) Loftgång	1 567,5	2,85	L26	150	10 258	TB4

#### Takplan

T7	20,18	6 840	Basic Wall: Isolerad trapphuss vägg (160 KLT)	2 593,36	9,08	L27	440	11 286	1520	12075
T8	13,12	4 446	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 318,44	5,90	L27	440		A-stege (<1900)	<25000
T9	23,87	8 090	Basic Wall: 160 KLT hissvägg	2 625,21	4,77	L28	440	11 485		
T10	10,02	3 395	Basic Wall: Isolerad trapphuss vägg (160 KLT)	1 287,20	4,51	L28	440			
T11	13,56	9 190	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	1 742,18	6,10	L29	440	13 520		
T12	12,77	4 330	Basic Wall: 200 KL	1 405,09	2,55	L29	200			
T13	5,16	1 750	Basic Wall: 200 KL	567,88	1,03	L30	200	3 400		
T14	4,87	1 650	Basic Wall: 200 KL	535,43	0,97	L30	200		TBT	

## Bilaga 5

Lastplanering trä  
etapp A

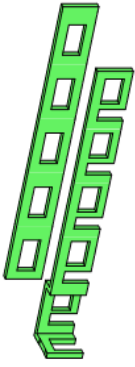
Mark	Area [m <sup>2</sup> ]	Längd [mm]	Family and Type	Massa [kg]	Volym [m <sup>3</sup> ]	Lastlager	Tjocklek [mm]	Lagerlängd [mm]	Lastkriterie bredd eller höjd [mm]	Lastvikt [kg]
TYPPLAN										
IV3	32,57	11 040	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	3 582,48	14,66	L1	11 040	160	1660	15 964,55
IV2	32,57	11 040	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	3 582,48	14,66	L2	11 040	160	A-stege (<1900)	
YV2	6,93	2 350,3	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	891,11	3,12	L3	13 390	450		
IV1	24,99	8 469,7	Basic Wall: 160 KLT LGH-vägg	2 748,42	11,24	L3		160		
YV26	7,58	2 570	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	974,40	3,41	L3		450		
YV28	32,57	11 039,7	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	4 185,66	14,66	L4	11 039,7	450		
YV23	15,83	5 367	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 591,56	7,12	L5	10 363	440		
YV24	14,74	4 996	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 481,54	6,63	L5		440	TA1	
YV25	14,73	4 992	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 480,36	6,63	L6	11 503	440	1720	98 68,15
YV27	19,21	6 511	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 930,81	8,64	L6		440	A-stege (<1900)	
YV5	15,18	5 147	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 526,32	6,83	L7	10 271	440		
YV4	15,12	5 124	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 519,50	6,80	L7		440		
YV3	15,13	5 128	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 520,69	6,81	L8	11 503	440		
YV1	18,81	6 375	Basic Wall: Fasadvägg (100 KLT)	1 890,48	8,46	L8		440		
BL16	11	4 749	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L9	9 498	200		
BL17	11	4 749	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L9		200		
BL18	11	4 749	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L10	9 498	200		
BL19	11	4 749	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L10		200	TA2	
BL20	5	4 749	Floor: 200 KLT	550	1	L11	9 479	200	1980	23 705
BL11	11	4 730	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L11		200	Liggande (<2400)	
BL12	11	4 730	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L12	9 460	200		
BL13	11	4 730	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L12		200		
BL14	11	4 730	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L13	9 460	200		
BL15	5	4 730	Floor: 200 KLT	550	1	L13		200		
BL6	12	4 975	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L14	9 950	200		
BL7	12	4 975	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L14		200		
BL8	11	4 975	Floor: 200 KLT	1 210	2,2	L15	9 950	200		
BL9	12	4 975	Floor: 200 KLT	1 320	2,4	L15		200		
BL10	5	4 975	Floor: 200 KLT	550	1	L16	11 036	200		
BL1	6	6 061	Floor: 240 KLT	792	1,44	L16		240		
BL2	15	6 061	Floor: 240 KLT	1 980	3,6	L17	12 122	240		
BL3	15	6 061	Floor: 240 KLT	1 980	3,6	L17		240		
BL4	14	6 061	Floor: 240 KLT	1 848	3,36	L18	12 122	240		
BL5	15	6 061	Floor: 240 KLT	1 980	3,6	L18		240		

LG2	21	9 579	Floor: 150 KLT (h=250) Loftgång	1 732,5	3,15	L19	9 579	150	
LG1	21	9 810	Floor: 150 KLT (h=250) Loftgång	1 732,5	3,15	L20	9 810	150	TA3

TAKPLAN

T1	16,5	1 100	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	2120,65		L21	11 000	440	1320	6940,30
T2	3,45	2 300	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	443,41		L22	13 300	440	A-stege (<1900)	
T3	6	4 000	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	771,14		L22		440		
T4	10,5	7 000	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	1349,50		L22		440		
T5	7,05	4 700	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	906,09		L23	11 700	440		
T6	10,5	7 000	Basic Wall: Fasadvägg (160 KLT)	1349,50		L23		440	TAT	

# Bilaga 6



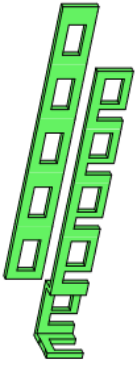
3D BL1



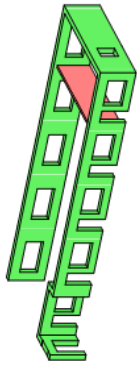
3D BL3



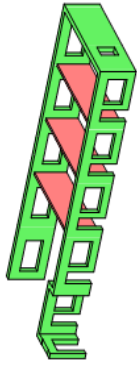
3D BL2



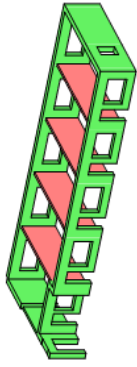
3D BL4



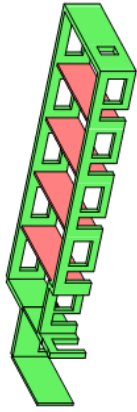
3D BL5



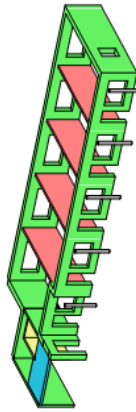
3D BL6



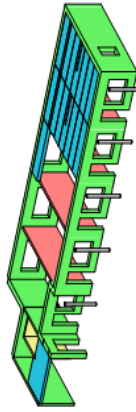
3D BL7



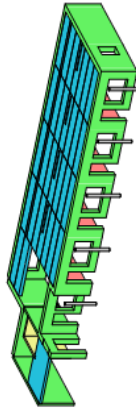
3D BL8



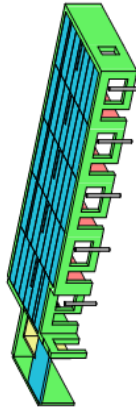
3D BL9



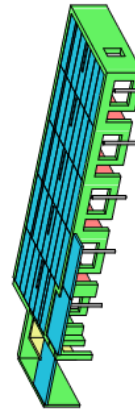
3D BL10



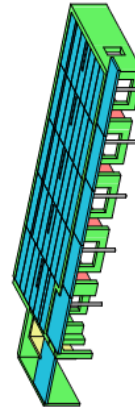
3D BL11



3D BL12



3D BL13



3D BL14



INSTITUTIONEN FÖR  
KONSTRUKTIONSTEKNIK  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2020  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**