

# Korslimmat trä i flerbostadshus

En kostnads- och klimatjämförelse med betong i byggskedet

Mattias Lindkvist

Oscar Wallin



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Copyright © Mattias Lindkvist och Oscar Wallin

Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Byggproduktion, Lunds tekniska högskola, Lund

ISRN: LUTVDG/TVBP-22/5659-SE

Lunds tekniska högskola  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Byggproduktion  
Box 118  
SE-221 00 LUND

Lund University  
Lund 2022

# Abstract

<b>Title</b>	Cross laminated timber in apartment buildings - A cost and climate comparison with concrete in the construction phase.
<b>Author</b>	Mattias Lindkvist and Oscar Wallin.
<b>Supervisor</b>	Rikard Sundling, associate senior lecturer at the Division of Construction Management, Lund University.  Tolvi Karlsson Runering, purchaser at Skanska Sverige AB.  Sofia Palmgren Buffay, project manager at Skanska Sverige AB.
<b>Examinator</b>	Stefan Olander, senior lecturer at the Division of Construction Management, Lund University.
<b>Purpose</b>	The purpose of the study is to investigate the cost and climate impact of apartment blocks, built with cross laminated timber. In the study, a comparison is made with concrete, which is the most common frame material. The purpose of the study is to increase awareness of opportunities and challenges for apartment buildings in timber.
<b>Research questions</b>	For an apartment building, which of the timber and concrete frames has the lowest construction cost?  Which frame material has the lowest climate impact in the form of carbon dioxide equivalents?  What challenges does the industry need to overcome for increased timber construction?

**Method**

The master thesis is based on three methods, a literature study, an interview study, and a document study. The literature study includes previous research on the subject area. An interview study was conducted to capture subjective views on construction with timber and concrete. The document study includes a cost and climate calculation for a reference project called project Alm. In the document study, two frame alternative for project Alm are studied, a concrete frame and a frame in cross laminated timber.

**Conclusion**

The study shows that an apartment building with a concrete frame is more cost-effective to build compared to a frame in cross laminated timber. The cost calculation from Project Alm indicates that the frame in cross laminated timber is 27 percent more expensive compared to the concrete alternative. The result implied that the increased cost is due to a higher material cost, more supplementary work and lack of knowledge that results in increased project time and risk premium.

Furthermore, the study shows that the timber frame has a lower climate impact compared to a concrete frame in the construction phase. The climate calculation indicates that the concrete alternative emits 6,8 percent more carbon dioxide equivalents in the construction phase compared to the frame in cross laminated timber. This is mainly because the emissions are higher in the production of concrete.

To increase the success of timber in the construction industry, timber needs to become more cost efficient. We mainly believe that a greater dissemination of knowledge needs to take place in the industry and that the market for cross laminated timber needs to be broadened.

**Keywords**

Cross laminated timber, CLT, frame material, building costs, climate impact, life cycle analysis.

# Sammanfattning

<b>Titel</b>	Korslimmat trä i flerbostadshus – en kostnads och klimatjämförelse med betong i byggskedet.
<b>Författare</b>	Mattias Lindkvist och Oscar Wallin.
<b>Handledare</b>	Rikard Sundling, biträdande universitetslektor vid avdelningen för byggproduktion, Lunds universitet.  Tolvi Karlsson Runering, inköpare på Skanska Sverige AB.  Sofia Palmgren Buffay, projektchef på Skanska Sverige AB.
<b>Examinator</b>	Stefan Olander, universitetslektor vid avdelningen för byggproduktion, Lunds universitet.
<b>Syfte</b>	Syftet med studien är att under byggskedet undersöka kostnader och utsläpp av koldioxidekvivalenter för flerbostadshus med stomme av korslimmat trä. I studien görs en jämförelse med betong som är det vanligaste stommaterial. Avsikten med studien är att öka medvetande om vilka möjligheter och utmaningar det finns för flerbostadshus i korslimmat trä.
<b>Frågeställningar</b>	Vilket stommaterial av korslimmat trä och betong har lägst byggkostnad?  Vilket stommaterial har minst klimatpåverkan i form av koldioxidekvivalenter?  Vilka utmaningar behöver branschen övervinna för att öka byggandet med trä?
<b>Metod</b>	I examensarbetet har tre metoder använts för att besvara frågeställningarna. En litteraturstudie, en intervjustudie och en dokumentstudie har genomförts. Litteraturstudien omfattar tidigare forskning om ämnesområdet. Intervjustudien görs för att få subjektiva åsikter om trä och betong som stommaterial. Dokumentstudien består av en kostnads- och klimatkalkyl för ett referensprojekt som

benämns projekt Alm. I dokumentstudien studeras två stomalternativ för projekt Alm, en betong och en KL-trästomme.

### **Slutsats**

Studien visar att ett flerbostadshus med en betongstomme medför en lägre byggkostnad jämfört med en stomme i korslimmat trä. Kostnads kalkylen från projekt Alm visar att KL-trästommen är 27 procent dyrare jämfört med betongalternativet. Resultatet antyder på att den ökade kostnaden beror på en högre materialkostnad, mer kompletteringsarbete och kunskapsbrist som resulterar i ökad projekttid och riskpåslag.

Vidare visar studien att trästommen har en lägre klimatpåverkan jämfört med en betongstomme i byggskedet. Klimatkalkylen visade att betongalternativet släpper ut 6,8 procent mer koldioxidekvivalenter i byggskedet jämfört med stommen i korslimmat trä. Detta beror framför allt på att vid framställning av betong är utsläppen högre.

För att öka byggandet med trä behöver trä bli mer ekonomisk fördelaktigt. Vi anser framför allt att en större kunskapsspridning behöver ske i branschen och marknaden för korslimmat trä behöver breddas.

### **Nyckelord**

Korslimmat trä, KL-trä, betong, stommaterial, byggkostnad, klimatpåverkan, livscykelanalys.

# Förord

Med detta examensarbete som omfattar 30 högskolepoäng avslutar vi vår civilingenjörsutbildning inom väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Studien har utförts vid avdelningen för byggproduktion på LTH tillsammans med Skanska och deras kommersiella husavdelning i Stockholm.

Vi vill börja med att tacka vår handlare Tolvi Karlsson Runering och biträde handledare Sofia Palmgren Buffay för ert engagemang och stöd genom arbetets gång. Vi vill även tacka alla respondenter på Skanska som bidragit till studien.

Vi vill också tacka vår handlare Rickard Sundling och examinator Stefan Olander vid avdelningen för byggproduktion på LTH. Eran feedback har varit mycket värdefull.

Lund 5 februari 2022

Mattias Lindkvist

Mattias Lindkvist

Oscar Wallin

Oscar Wallin

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och mål .....	2
1.3 Frågeställningar .....	3
1.4 Avgränsningar.....	3
1.5 Beskrivning av fallföretag .....	3
2. Metodik .....	4
2.1 Studiens genomförande .....	4
2.2 Vetenskaplig metod – Kvantitativ och kvalitativ .....	5
2.3 Litteraturstudie.....	5
2.4 Fallstudie .....	6
2.5 Intervjustudie .....	6
2.6 Dokumentstudie - Projekt Alm .....	8
3. Teori.....	12
3.1 Byggprocess.....	12
3.2 Betongbyggnad.....	23
3.3 Träbyggnad .....	26
3.4 Klimatjämförelse .....	34
3.5 Ekonomisk jämförelse .....	39
4. Resultat.....	41
4.1 Intervjustudie .....	41
4.2 Dokumentstudie .....	48



5. Analys och diskussion.....	53
5.1 Kostnader .....	53
5.2 Klimatpåverkan.....	56
6. Slutsats .....	59
6.1 Svar på frågeställningar .....	59
6.2 Övriga slutsatser .....	60
6.3 Framtida studier .....	61
7. Referenser .....	62
8. Bilagor.....	70

# 1. Inledning

I detta inledande kapitel redovisas bakgrunden till studien. Vidare presenteras syfte, mål, frågeställning och avgränsningar.

## 1.1 Bakgrund

En av mänsklighetens stora utmaningar är den globala klimatkrisen. För att begränsa Sveriges klimatpåverkan har riksdagen antagit ett flertal miljökvalitetsmål. Det övergripande målet innebär att utsläppen av växthusgaser ska vara netto-noll år 2045. För att uppnå målet behöver minskningstakten räknat från 2019 vara i genomsnitt 6–10 procent per år (Naturvårdsverket, 2020). Klimatmålet innebär en utmaning för Sverige, som kräver stora förändringar i samhället. Befolkningen behöver ställa om till ett mer hållbart levnadssätt och företag behöver en mer klimatneutral värdekedja.

Bygg- och fastighetssektorn står för en stor andel av Sveriges utsläpp. År 2018 var utsläppen av växthusgaser 21 procent från bygg- och fastighetssektorn (Boverket, 2021a). Minskning av utsläpp inom sektorn har varit långsam och från 2008 till 2018 har utsläppen minskat marginellt. Samtidigt pågår det en bostadsbrist i Sverige och byggandet av bostäder måste öka, vilket ställer krav på hållbart byggande.

Idag används huvudsakligen betong som stommaterial och enligt Statistiska centralbyrån (2017) byggs 85 procent av flerbostadshusen med betongstomme. Betong är ett byggnadsmaterial som har många goda egenskaper och uppfyller kvalitets- och beständighetskraven för byggnader, men orsakar stora utsläpp av koldioxid. Cement som är en av huvudbeståndsdelen i betong frigör vid tillverkning upptill fyra procent av världens totala koldioxidutsläpp (Svensk betong, 2021a). För att minska byggsektorns klimatpåverkan och upprätthålla den höga byggnadstakten, har efterfrågan på användning av förnyelsebart byggnadsmaterial ökat, där bland trä.

I Sverige finns det en lång tradition av att bygga i trä och trähusen är starkt förknippade med det svenska kulturarvet. Idag består majoriteten av Sveriges bostadsbestånd av en- och tvåvåningshus av trä (Markström et al, 2019). Under en lång tid har det varit förbjudet att bygga trähus högre än två våningar, detta till följd av stadsbränder under 1700 och 1800-talet som begränsade användandet av trä (Tillväxtverket, 2019). I samband med att Sverige blev medlem

i EU, år 1994, ändrades byggnadsreglerna vilket åter gjorde det möjligt att bygga flervåningshus med trästomme.

I en pågående klimatomställning i samhället finns det ett tryck från både kunder och politiker att bygg- och fastighetssektorn ska minska deras klimatpåverkan, därmed har det blivit mer attraktivt att bygga flervåningshus och lokaler i trä. Träbyggandet av flervåningshus står idag för en marknadsandel på nästan 15 procent och intresset fortsätter att öka (Svenskt trä, 2021b). Enligt Svenskt trä (2021c) skulle utsläppen i byggskedet kunna minska med cirka 40 procent per år om hälften av alla bostadshus i Sverige byggs i trä. Träbyggandet skulle därför kunna vara en del av lösningen för ett ökat bostadsbyggande och samtidigt uppnå klimatmålen.

Majoriteten av flerbostadshus byggs fortfarande i betong även om trä påstås minimera klimatpåverkan i byggskedet och ha goda byggnadstekniska egenskaper. Därför anser vi det vara intressant att undersöka varför det inte byggs mer flerbostadshus i trä när byggnadsmaterial påstås ha många fördelar. Kostnaden är en styrande faktor inom byggbranschen och klimatfrågan har blivit mer aktuell på senaste tiden, därför genomförs studien utifrån ett kostnad- och klimatperspektiv. Undersökningen görs i byggskedet som omfattar processen från utvinning av råvarumaterial till färdig byggnad.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med studien är att under byggskedet undersöka kostnader och utsläpp av koldioxidekvivalenter för flerbostadshus med stomme av korslimmat trä. I studien görs en jämförelse med stommaterialet betong. Avsikten med studien är att öka medvetandet om vilka möjligheter och utmaningar det finns för flerbostadshus i korslimmat trä.

För att uppnå syftet har följande mål satts:

- Uppföra en kostnads- och klimatkalkyl för respektive stommaterial.
- Utifrån kalkylen identifiera skillnader i utsläpp av koldioxidekvivalenter och kostnader för respektive stommaterial.
- Identifiera utmaningar vid uppförande av respektive stomme med hjälp av en litteratur- och intervjustudie.

## 1.3 Frågeställningar

Examensarbetet avser att besvara följande frågor:

1. Vilket stommaterial av korslimmat trä och betong har lägst byggkostnad?
2. Vilket stommaterial har minst klimatpåverkan i form av koldioxidekvivalenter?
3. Vilka utmaningar behöver branschen övervinna för att öka byggandet med trä?

## 1.4 Avgränsningar

I examensarbetet har ett antal avgränsningar gjorts för att begränsa omfattning av arbetet.

I studien undersöks ett stomsystem av korslimmatträ och en jämförelse görs med stommaterialet betong. Studien avgränsar till att undersöka ett flerbostadshus med fler än två våningar och inriktar sig på aspekterna kostnad och klimatpåverkan.

Studien fokuserar endast på kostnad- och klimatpåverkan i byggskedet, övriga skeden i livscykel nämns i rapporten för att ge läsaren en helhetsbild, men studeras ej i närmare detalj.

Alla intervjuer och resultatet från kalkylerna baseras på data insamlad från ett fallföretag vilket inte ger en representativ bild för hela byggnadsbranschen.

## 1.5 Beskrivning av fallföretag

Studien genomförs tillsammans med företaget Skanska Sverige AB inom distrikt Hus Stockholm Nord. Skanska har i denna studie tillhandahållit underlag till dokument- och intervjustudien.

Skanska tillhör en av Sveriges största byggföretag och verksamheten är uppdelad i tre delar: bygg- och anläggningsverksamhet, bostadsutveckling och kommersiell fastighetsutveckling. Som en stor aktör i byggbranschen arbetar Skanska med att minska sin klimatpåverkan. En stor del av Skanskas utsläpp kommer från användningen av byggnadsmaterial, som betong, stål och asfalt. För att minska sina utsläpp arbetar Skanska i stor omfattning för att hitta alternativa lösningar. Exempelvis erbjuder Skanska grön asfalt och betong som har en lägre klimatpåverkan där bitumen respektive cement ersätts med miljövänligare alternativ. Skanska har som klimatmål att 2030 halverat utsläppen av växthusgaser och år 2045 vara klimatneutral (Skanska, 2021b).

## 2. Metodik

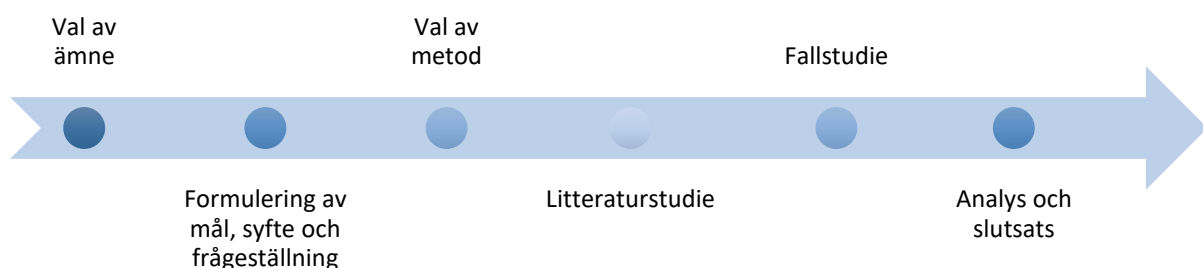
Detta kapitel beskriver studiens tillvägagångssätt av informationssamling och vilka metoder som används.

### 2.1 Studiens genomförande

Med en pågående klimatomställning i byggsektorn och ett ökat byggande i trä, fanns ett intresse att studera kostnads- och klimataspekten för träbyggnader. Genom en diskussion med handledare på Lunds tekniska högskola och med fallföretaget Skanska valdes ämnesområdet och problemformuleringen. Frågeställningar togs fram och problemformuleringen avgränsades till en måttlig omfattning med hänsyn till tid och fallföretagets intresse.

Studiens datainsamling består av en litteraturstudie och en fallstudie. Litteraturstudiens syfte är att ge en ökad förståelse om ämnet, skapa ett underlag för intervjufrågorna och kunna jämföra studiens resultat med tidigare forskning. Fallstudien är uppdelad i två delstudier, en intervjustudie och en dokumentstudie. Intervjustudien genomförs för att ge respondenternas erfarenhet och perspektiv på ämnesområdet. I dokumentstudien studeras en kostnads- och klimatkalkyl för ett referensprojekt som benämns Projekt Alm. Referensprojektet och begreppen kostnads- och klimatkalkyl beskrivs i kapitel 2.6 *Dokumentstudie - Projekt Alm*.

Resultatet från fallstudien sammanställs och utifrån litteraturstudien och fallstudien görs en analys och diskussion. Slutligen besvaras frågeställningarna och författarna redogör för övriga slutsatser om arbetet.



Figur 1: Examensarbetets arbetsgång.

## 2.2 Vetenskaplig metod – Kvantitativ och kvalitativ

Vid utförandet av en vetenskaplig studie ska vanligtvis en stor mängd information insamlas och bearbetas. För att bearbeta informationen används huvudsakligen två forskningsmetodiker, kvantitativ eller kvalitativ.

Den kvalitativa forskningsmetoden har ett brett användningsområde och används för att få en djupare förståelse och en större helhetsbild i det studerade ämnet (Davidsson & Patel, 1994). Metoden innebär en insamling och tolkning av mjuk data, det vill säga människors upplevelser, där insamlingen är begränsad till ett fåtal individer (Olsson & Sörensen, 2011). Metoden beskrivs därmed som induktiv då tolkningen och en generell slutsats är baserat på enstaka observationer. Vanligt sker insamling med hjälp av enkätundersökningar eller intervjuer. (Davidsson & Patel, 1994).

Till skillnad från den kvalitativa forskningsmetoden använder den kvantitativa metoden hård data. Enligt Davidsson & Patel (1994) innebär kvantitativ forskning att fenomenet undersöks genom att sammanställa och analysera numerisk data. Vanligtvis sker denna undersökning med ett stort antal observationer (Olsson & Sörensen, 2011). Forskningen ska mäta verkliga företeelser som ska kunna kopplas till teorin. Studien ska kunna replikeras med liknade resultat. Metoden kan därmed beskrivas som mer strukturerad och forskningen har ett mer objektivt förhållningssätt.

För att besvara frågeställningen i detta examensarbete kommer både en kvantitativ och kvalitativ metod tillämpas. I intervjustudien används en kvalitativ metod och i dokumentstudien används en kvantitativ metod.

## 2.3 Litteraturstudie

En litteraturstudie är en kritisk granskning av den befintliga litteratur som finns inom ett ämnesområde (Davidsson & Patel, 1994). I denna studie genomförs en litteraturstudie för att ge en ökad förståelse av ämnesområdet, skapa ett underlag för intervjufrågorna och för att kunna jämföra resultatet med tidigare forskning. Litteraturen har hämtats från vetenskapliga artiklar och rapporter via sökverket Google Scholar och Lunds sökmotor LUBsearch. Några sökord som har använts är: korslimmat trä, livscykelanalys, byggkostnad, prefabricerad betong och stomsystem. Ytterligare har litteratur hämtats från myndigheter, kurslitteratur och böcker via biblioteket på Lunds universitet. För att öka studiens trovärdighet har framför allt primära

källor använts En sammanställning av litteraturstudien presenteras i rapporten under kapitlet *3. Teori*. Genom hela rapporten används referenssystemet Harvard-systemet enligt Högskolan i Borås guide, *Referera enligt Harvard*.

## 2.4 Fallstudie

En fallstudie innebär att undersöka ett avgränsat fall som kan vara ett fenomen, en organisation eller en situation. Fallstudien ska utgå från ett helhetsperspektiv och är lämplig att använda för att studera processer och förändringar (Davidsson & Patel, 1994). En fallstudie kan bestå av flera olika undersökningar som både kan vara kvalitativ och kvantitativ eller en kombination av båda. Undersökningsmetoden kan bestå av intervjuer, enkäter, observation eller dokumentstudier (Svensson & Starrin, 1996).

I rapporten har en fallstudie genomförts. Fallstudien består av två delstudier, en intervjustudie och en dokumentstudie för ett projekt som benämns *Projekt Alm*. Intervjustudien och dokumentstudien beskrivs mer detaljerat i avsnitten *2.5 Intervjustudie* respektive *2.6 Dokumentstudie - Projekt Alm*.

## 2.5 Intervjustudie

### 2.5.1 Intervjumethodik

Syftet med att genomföra en intervju är att samla information som respondenten besitter (Davidsson & Patel, 1994). En intervju kan ha olika struktureringsgrader och är antingen öppen eller strukturerad. Intervjuns struktureringsgrad ger olika typ av information och det är därför viktigt att anpassa intervjun efter önskat resultat. (Lantz, 1993)

I en öppen intervju ställer intervjupersonen en fråga där respondenten fritt beskriver sin uppfattning om fenomenet. Informationen från intervjun ger respondentens subjektiva uppfattning och erfarenheter (Lantz, 1993). En öppen intervju är lämplig att använda för att göra en kvalitativ analys av resultatet. (Davidsson & Patel, 1994).

I en strukturerad intervju ställer intervjupersonen frågor som är förutbestämda i en viss ordning och respondenten svarar på uppgjorda svarsalternativ. I denna typ av intervju är svarsutrymmet begränsat för respondenten. Enkäten är den mest strukturerade formen av utfrågning, med fasta frågor och bundna svarsalternativ (Lantz, 1993).

Syftet med intervjun är att fånga upp respondenternas subjektiva åsikter och därför har en öppen intervjuform valts.

### 2.5.2 Val av respondenter

I studien genomförs fem intervjuer med anställda på fallföretaget Skanska. Respondenterna har olika yrkesroller och erfarenheter av byggnadsbranschen. Intervjustudiens syfte är att få respondentens subjektiva åsikter om vilka utmaningar det finns med att upprätta ett flerbostadshus i trä- respektive betongstomme. Respondenterna väljs till tjänstemän som kan antas ha en god inblick i byggprocessen och har erfarenhet inom både betong- och trästommar. Yrkesgrupperna som har valts för intervjustudien är:

- Affärsutvecklare
- Kalkylingenjör
- Produktionschef
- Projektchef
- Projekteringsledare

### 2.5.3 Genomförande

Innan intervjuerna genomfördes togs en intervjuplan fram. En intervjuplan är en skriftlig förteckning som beskriver tillvägagångssättet av intervjun (Lantz, 1993). Första delen av intervjuplanen består av den information som ska förmedlas till respondenterna innan intervjun genomförs. Minst en vecka innan intervjun ägde rum informerades samtliga respondenter om intervjuens omfattning och tillvägagångssätt. Därmed fick respondenterna en möjlighet att förbereda sig.

Andra delen av intervjuplanen var att bestämma vilka frågor som skulle ställas och hur ordningsföljden bör ordnas för respondenterna. Frågorna togs fram genom en diskussion med handledaren på Lunds tekniska högskola. I en öppen intervju är det viktigt att ställa fördjupningsfrågor där respondenten kan prata fritt om ämnesområdet. Under intervjun undviks ja eller nej-frågor och respondenten uppmanas att utveckla sina svar.

Intervjun genomfördes digitalt via Microsoft Teams för samtliga respondenter. Resultatet från intervjuerna sammanfattas i studiens resultatdel.



## 2.5.4 Intervjuer - Reliabilitet och validitet

För att utföra en professionell intervju behöver datainsamlingen uppfylla vissa krav. Enligt Lantz (1993) är dessa krav:

- Kravet på reliabilitet, metoden måste ge tillförlitliga resultat som kan upprepas.
- Kravet på validitet, studiens resultat måste vara trovärdigt.
- Det ska vara möjligt för andra att kritiskt granska slutsatserna.

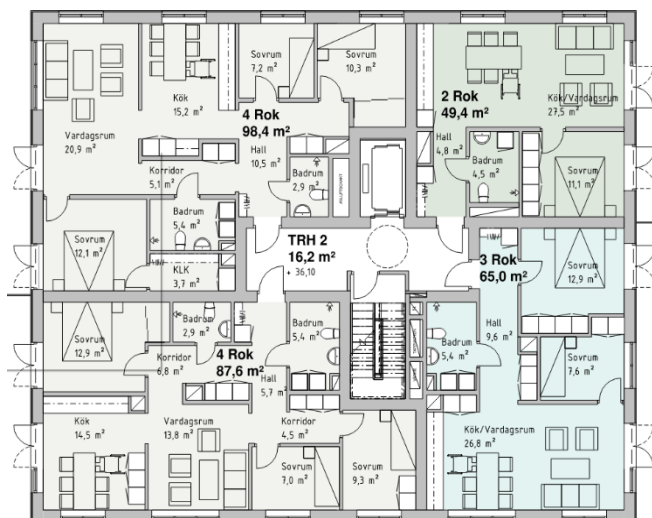
För att insamlad data från intervjustudierna ska ha hög validitet har respondenter med mångårig branscherfarenhet valts. Majoriteten av respondenterna har chefspositioner och därmed stor överblick av byggprocessen. Intervjufrågorna har formulerats för att inte påverka respondenterna i någon riktning. Däremot är ett syfte med intervjun att fånga respondentens subjektiva åsikter om trä- och betongbyggnad, vilket kan minska intervjuens reliabilitet.

## 2.6 Dokumentstudie - Projekt Alm

I studien genomförs en dokumentstudie för att granska dokument som har tillhandahållits av fallföretaget.

### 2.6.1 Bakgrund

I studien används ett bostadsprojekt i Stockholm som referensprojekt vilket benämns Projekt Alm. Referensprojektet valdes ut tillsammans med fallföretaget och är i programhandlingsskedet. Det innebär att projekteringsarbetet är i tidigt skede och att många handlingar samt beslut om genomförande saknas. Referensprojektet som undersöks är ett flerbostadshus på åtta våningar som omfattar 26 lägenheter. Bostadshuset garage- och entréplan är förbestämt till platsgjuten betong och stommaterialet på de övriga våningarna är ännu inte fastställt. Låga utsläpp i byggskedet är av intresse för fallföretaget och därmed ska miljövänliga byggnadsmaterial användas. Initialt skulle byggnadens stomme uppföras i kortslimmat trä men fallföretaget är även intresserade att undersöka betong som stomalternativ. En jämförelse görs mellan en stomme i betong och korslimmat trä utifrån aspekterna kostnad och klimat, där en kostnads- och klimatkalkyl upprättas för respektive stomalternativ. Kostnads- och klimatkalkylen bifogas i bilaga 1.



Figur 2: Modellerad bild av Projekt Alm.

## 2.6.2 Utförande av kalkyler

Projektets förutsättningar diskuterades med fallföretaget och utifrån detta upprättade fallföretags kalkylavdelningen en kostnads- och klimatkalkyl i september 2021. Fallföretaget använder sig av programmen *SPIK* och *Anavitor* för att göra en kostnads- respektive klimatkalkyl. De två programmen är sammankopplade där *Anavitor* hämtar mängder och data från *SPIK* för att upprätta en klimatkalkyl. Informationen om programmen är hämtade från användarmanualen som inte bifogas.

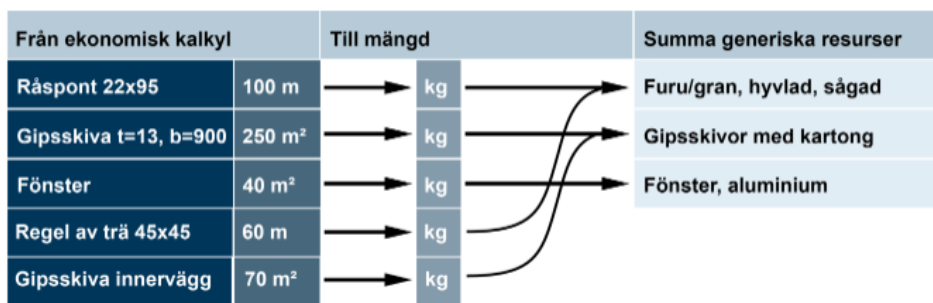
### Kostnadskalkyl

För att upprätta kostnadskalkylen har fallföretagets egna kalkylprogram *SPIK* använts. *SPIK* är ett projektstyrningssystem som används vid kalkylering, ekonomistyrning och inköp. Programmet har ett omfattat register över kalkylresurser som baseras på empiriskdata. Programmet utför en kostnadskalkyl vid mängdsättning. Kalkylen kompletteras sedan med prisuppgifter från leverantörer och underentreprenörer. Projekt Alms kostnadskalkyl beräknar en uppskattad byggkostnad för projektet och resultatet ges i kronor. Byggkostnaden omfattar entreprenadens kostnader för utförandet och projektering.

## Klimatkalkyl

En klimatkalkyl är en metod som används för att bestämma en produkts klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Tidigt i projekteringen kan en klimatkalkyl användas för att jämföra olika alternativ och bestämma vilken åtgärd som har lägst klimatpåverkan (Skanska, 2021a). Resultatet från klimatkalkylen uttrycks i koldioxidekvivalenter, vilket är den sammanvägda effekten av alla växthusgaser.

För att upprätta klimatkalkylen för Projekt Alm har fallföretaget använt kalkylprogrammet Anavitor. Klimatpåverkan beräknas genom att resursens mängd multipliceras med klimatdata vilket ger ett resultat i kilo koldioxidekvivalenter. I SPIK uttrycks resursens mängder i längd, area eller volym. Anavitor hämtar och omvandlar mängderna från SPIK till kilogram. Klimatpåverkan kan beräknas genom två beräkningsmetoder, en primär- eller sekundärberäkning.



Figur 3: SPIKS mängdomvandling, (SPIKS användarmanual, bifogas ej).

För en primärberäknad post ligger kalkylresursens mängd som grund för beräkningen och för en sekundärberäknad post gör programmet en uppskattning utifrån kostnaden om vilket utsläpp posten har. En sekundärberäkning utförs då resursen inte kan omvandlas till enheten kilogram, vanligtvis uppstår detta vid kalkylposter utförda av underentreprenörer. Eftersom de primärberäknade resurser inte är baserade på antaganden ger det en högre kvalitet på beräkningarna. Kvalitén på den slutliga klimatkalkylen baseras på hur stor andel av kalkylen som är primärberäknad och sekundärberäknad. För att klimatkalkylen ska vara godkänd har fallföretaget ett krav på att minst 75 % av kalkylens beräkning ska vara primärberäknad.

### 2.6.3 Dokumentstudie - Reliabilitet och validitet

En kalkyls precision varierar med skedena i ett byggprojekt. Möjligheten att genomföra pålitliga kalkyler är beroende av det underlag kalkylerna baseras på. Underlaget blir bättre under projektets gång och därmed finns möjligheten att skapa en noggrannare kalkyl.

Projektet Alm är i programhandlingsskedet och kalkylen är i ett tidigt skede. Detta innebär att vissa beslut och handlingar saknas och att ett flertal kalkylposter behöver uppskattas. Det finns därför en osäkerhet i resultatet för både kostnads- och klimatkalkylen. I klimatkalkylen för korslimmat trä har flera poster sekundärberäknats vilket gav träalternativet en lägre kvalité än betongalternativet. Eftersom kvalitén för klimatkalkylerna skiljer sig, blir jämförelsen av koldioxidutsläpp mindre tillförlitlig.

## 3. Teori

I teoriavsnittet sammanställs litteraturen som ska ge teoretisk kunskap om ämnesområdet och ger läsaren ett sammanhang för att förstå studiens resultat, analys och slutsats. Teoriavsnittet inleds med att kort förklara den allmänna byggprocessen. Därefter förklaras innebörden av industriellt byggande och vilken klimatpåverkan och vilka kostnader som uppkommer i byggskedet. I delavsnitten betongbyggnad och träbyggnad behandlas egenskaper och förutsättningar för respektive material. Slutligen sammanställs en kostnads- och klimatjämförelse mellan stommaterialen utifrån tidigare forskning.

### 3.1 Byggprocess

#### 3.1.1 Allmän Byggprocess

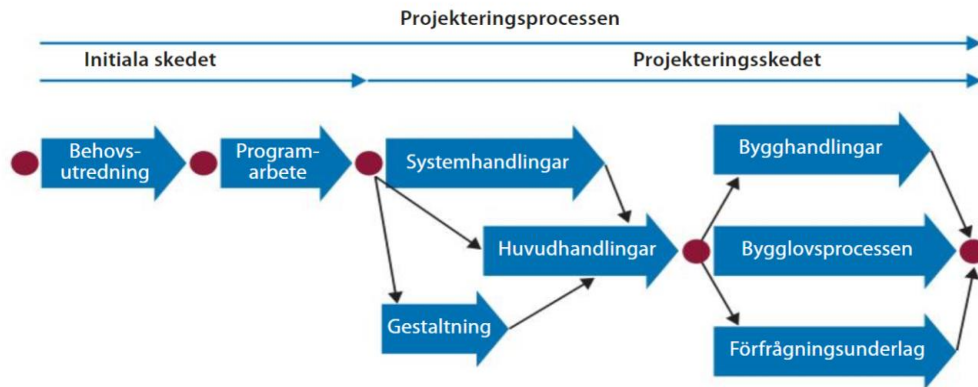
Med byggprocess menas den process under vilket byggnader och anläggningar skapas och förvaltas (Hansson et al, 2015). Byggprocessen delas vanligtvis upp i tre huvudaktiviteter som är projekteringsprocessen, produktionsprocessen och förvaltningsprocessen. Studien inriktar sig på projekterings- och produktionsprocessen.



Figur 4: Byggprocessen (Hansson et al, 2015)

#### **Projekteringsprocessen**

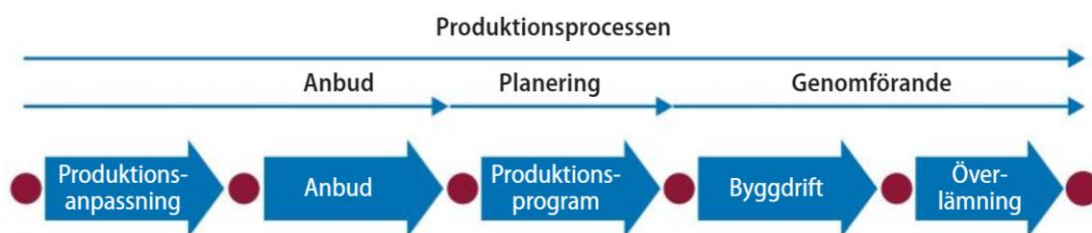
I projekteringsprocessen omfattas arbetet från idé till bygghandlingar. Processen kan delas upp i det initiala skedet och projekteringskedet. Det initiala skedet startas av en behovsutredning där behovet formuleras och en preliminär budget och tidsplan framtas. Därefter inleds programhandlingsskedet som innebär att mål och krav preciseras för att uppnå behovet. Programhandlingsskedet avslutas genom att fastställa en tidsplan och budget samt att bestämma hur projektet ska upphandlas. Efter programhandlingsskedet inleds projekteringskedet som omfattar flera delprocesser. I dessa delprocesser arbetas handlingar fram och ligger som beslutsunderlag för projektets fortsättning. (Hansson et al, 2015)



Figur 5: Delprocesserna i projekteringsprocessen (Hansson et al, 2015)

## Produktionsprocessen

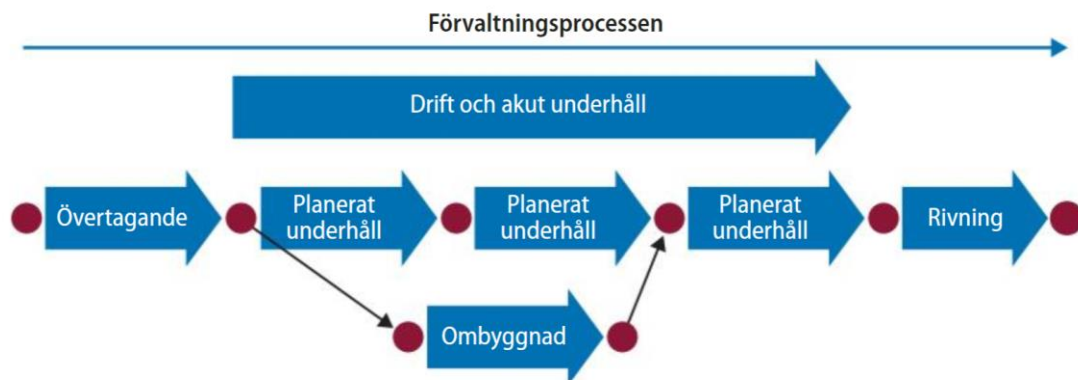
Produktionsprocessen kan enligt Hansson et al. (2015) indelas i delprocesserna anbud, planering och genomförande. Innan anbudsprocessen påbörjas utförs en produktionsanpassning som säkerhetsställer att den önskade utformningen av byggnaden är genomförbar. Därefter inleds anbudsprocessen som innefattar allt arbetet som krävs för att entreprenören ska kunna lämna anbud. Vidare inleds planeringsprocessen som innefattar framtagningen av ett produktionsprogram. Programmet innehåller bland annat tidsplan, budget, materialleveransplan och andra planer för att kunna genomföra projektet. Slutligen inleds genomförandet som omfattar byggdriften och överlämningen av byggnaden.



Figur 6: Delprocesserna i produktionsprocessen (Hansson et al, 2015)

## Förvaltningsprocessen

Förvaltningsprocessen påbörjas efter den färdiga byggnaden har lämnats över till ägaren och omfattar användandet av byggnaden. Vid överlämnandet av byggnaden upprättas en plan för planerat underhåll. Planen omfattar vilka underhålls- och driftåtgärder som behöver genomföras under åren. Vid behov behöver ombyggnadsarbete genomföras. När byggnaden har uppnått sin livslängd avslutas förvaltningsprocessen med rivningsarbete.



Figur 7: Delprocesserna i förvaltningsprocessen (Hansson et al, 2015)

### 3.1.2 Industriellt byggande

I samband med bostadsbristen under mitten av 1900 – talet introducerades den svenska regeringen en plan för att kraftigt öka bostadsbyggandet. Planen innebar att bygga 1 miljon lägenheter inom loppet av 10 år (Boverket, 2008). För att uppnå en hög byggnadstakt behövde bostadsbyggandet blir mer effektivt. En del av lösningen blev att öka automatiseringen och utveckla systemet för prefabricering (Boverket, 2008). Vid prefabricering flyttas tillverkningen av byggnadsdelar från arbetsplatsen till en kontrollerad miljö som ger goda förutsättningar för att uppnå effektiva tillverkningsprocesser (Boverket, 2008). De färdiga byggnadsdelarna transporteras sedan till byggnadsplatsen för montering. Prefabricering möjliggör en effektiv produktion av standardiserade byggnadselement, såsom stomelement och fasadsystem som skapar en ny struktur i försörjningskedjan. Högre krav ställs på detaljerad projektering och större ansträngningar krävs för att koordinera detta både under projekterings- och produktionsprocessen. Om processen inte styrs ordentligt finns det en risk att nyttan går förlorad genom höga kostnader för korrigeringar och tidsförluster. (Vriejhoef & Koskela, 2000)

Det finns tre olika huvudgrupper av stomsystem där förtillverkade element vanligtvis används:

### ***Bärande väggar med bjälklag***

En vanlig byggmetod vid bostadsbyggande. Väggelement och bjälklagen kan tillverkas både i trä och betong. Detta stomsystem används vid referensprojektet.

### ***Pelar-balk-stomsystem med bjälklag***

Denna byggmetod är vanligt där stora öppna ytor efterfrågas, så som i kontor och affärslokaler. Stomsystemet kan bestå av betong, stål och trä eller en kombination av materialen.

### ***Volymelement***

Volymelement är en vidare utveckling av planelement. Byggmetoden innebär att olika element såsom väggar, bjälklag och tak monteras ihop till färdiga moduler. Det kan vara rum, badrum och kök. Modulerna transporteras vidare till arbetsplatsen för att lyftas och monteras ihop till en färdig byggnad.

## **3.1.3 Byggsektorns klimatpåverkan**

Sverige har som klimatmål att år 2045 ha netto-noll utsläpp av växthusgaser. (Naturvårdsverket, 2020) För att uppnå klimatmålet behöver medvetenheten om vilken betydelse olika val i bygg- och användningsskedet har för miljön. Boverket ansvarar för att se över och redovisa bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan och utveckling. Det gör Boverket med hjälp av ett antal miljöindikatorer som ska täcka in sektorns mest betydande miljöpåverkan (Boverket, 2021b). I denna studie undersöks enbart utsläpp av växthusgaser och de andra miljöindikatorerna undersöks inte vidare i studien. Indikatorerna är följande:

### ***Användning av hälso- och miljöfarliga kemiska produkter.***

Produkter som används i byggbranschen och klassificeras som miljö- eller hälsofarliga är bland annat färg, förtunningsmedel och isoleringsmaterial. Bygg och fastighetssektorn står för ungefär 5 procent av Sveriges totala användning av miljöfarliga produkter och användningen har under de senaste åren varit relativt oföränderlig (Boverket, 2021c).



## ***Avfall***

I byggproduktionsskedet uppstår det en betydande mängd bygg- och rivningsavfall. År 2018 motsvarade avfall från byggsektorn 35 procent av allt avfall genererat i Sverige och av detta avfall återvanns ungefär 52 procent (Boverket, 2021d). Mängden avfall har under de senaste åren ökat i Sverige vilket ställer krav på en god avfallshantering.

## ***Energianvändning***

Energianvändningen för bygg- och fastighetssektorn består huvudsakligen av energi som används för uppvärmning och transporter. Sektorns energianvändning motsvarar 33 procent av Sveriges totala energianvändning (Boverket, 2021e). Den totala energianvändningen varierar från år till år och är bland annat beroende på hur utomhustemperaturen varierar. Under de senaste åren har användningen av förnyelsebara energikällor ökat.

## ***Utsläpp av växthusgaser, kväveoxid och partiklar.***

Bygg- och fastighetssektorn står för en omfattande del av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (Boverket, 2021f). År 2018 var utsläppen av växthusgaser 21 procent från sektorn vilket motsvarar 11,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter (Boverket, 2021a). Utsläppen av växthusgaser har mellan 2008 och 2018 minskat marginellt. Detsamma gäller utsläppen av kväveoxid och partiklar som under de senaste åren ändrats marginellt.

### **3.1.4 Livscykelanalys**

Livscykelanalys, förkortat LCA, är ett verktyg för att bestämma en produkts utsläpp av växthusgaser under hela sin livscykel (Deschenes al et, 2010). En byggnad orsakar utsläpp i alla sina skeden, från utvinning av råmaterial till att byggnaden inte längre är brukbar och behöver rivras. Resultatet från LCA-beräkningen uttrycks i koldioxidekvivalenter och är en gemensam enhet för växthusgaser som beskriver gasens uppvärmningspotential. (Naturvårdverket, 2021)

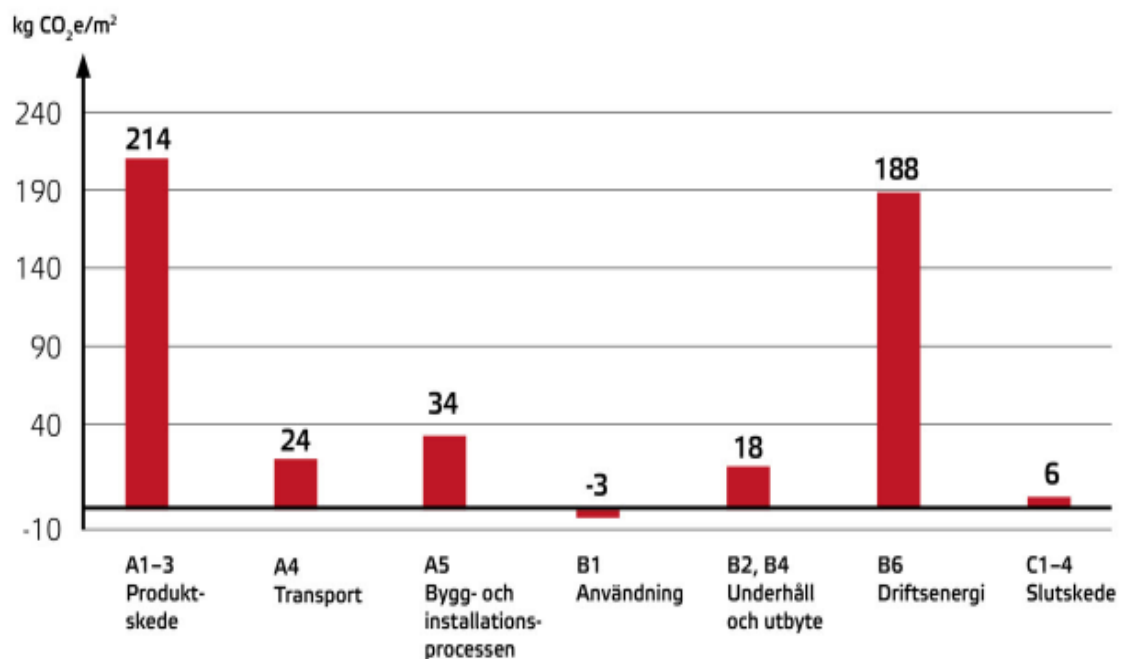
En byggnads livscykel kan enligt Erlandsson al et (2018) delas in i fyra olika skeden, produktskedet, byggproduktionsskedet, användningsskedet och slutskedet, se tabell 1. Produktskedet avser produktion av byggmaterial som används vid byggandet, där modulerna A1-A3 ingår. I byggproduktionsskedet, modul A4-A5, ingår transporter av material till byggarbetsplats och bygg- och installationsprocessen. Bygg- och installationsprocessen

omfattar maskiner, bodar, transporter, avfallshantering för spill samt energianvändning under byggnationen. När byggnaden är färdig påbörjas användningsskedet, även kallat förvaltningsskedet, där användning, underhåll, utbyte och driftenergi ingår. I slutskedet har byggnaden uppnått sin livslängd då rivningsarbete och restproduktbehandling påbörjas (Erlandsson al et, 2018).

<b>Byggskedet A1-A5</b>	<b>Produktskede A1-A3</b>	Råvaruförsörjning (A1)
		Transport (A2)
		Tillverkning (A3)
	<b>Byggproduktionsskede A4-A5</b>	Transport till byggplatsen (A4)
		Bygg- och installationsprocessen (A5)
<b>Användningsskede B1-B6</b>	Användning (B1)	
	Underhåll (B2)	
	Reparation (B3)	
	Utbyte (B4)	
	Ombyggnad (B5)	
	Driftenergi (B6)	
<b>Slutskede C1-C4</b>	Rivning (C1)	
	Transport (C2)	
	Restproduktbehandling (C3)	
	Bortskaffning (C4)	

Tabell 1: Moduler i en livscykelanalys (Erlandsson al et, 2018).

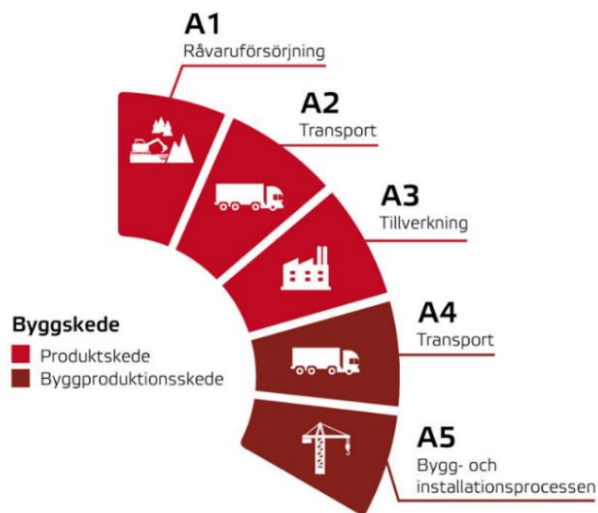
Erlandsson al et. (2018) har genomfört en undersökning på klimatpåverkan för nybyggda flerbostadshus och utfört en LCA för olika stommaterial. Figur 8 visar utsläppen av växthusgaser för respektive skede i byggnadens livscykel för ett flerbostadshus på sex våningar av prefabricerad betong. Figur 8 visar att de största utsläppen sker i produktskedet, det vill säga tillverkning av byggnadsmaterialen och från driftenergin.



Figur 8: Exempel på klimatpåverkan för ett flerbostadshus byggt med prefabricerad betong. Erlandsson al et. (2018)

### 3.1.5 Klimatdeklaration

Från och med 1 januari 2022 är det ett krav att uppföra en klimatdeklaration för nya byggnader. En klimatdeklaration uppförs för att redovisa en byggnads klimatpåverkan under byggskedet. Byggskedet omfattar modulerna A1-A5, se figur 9.



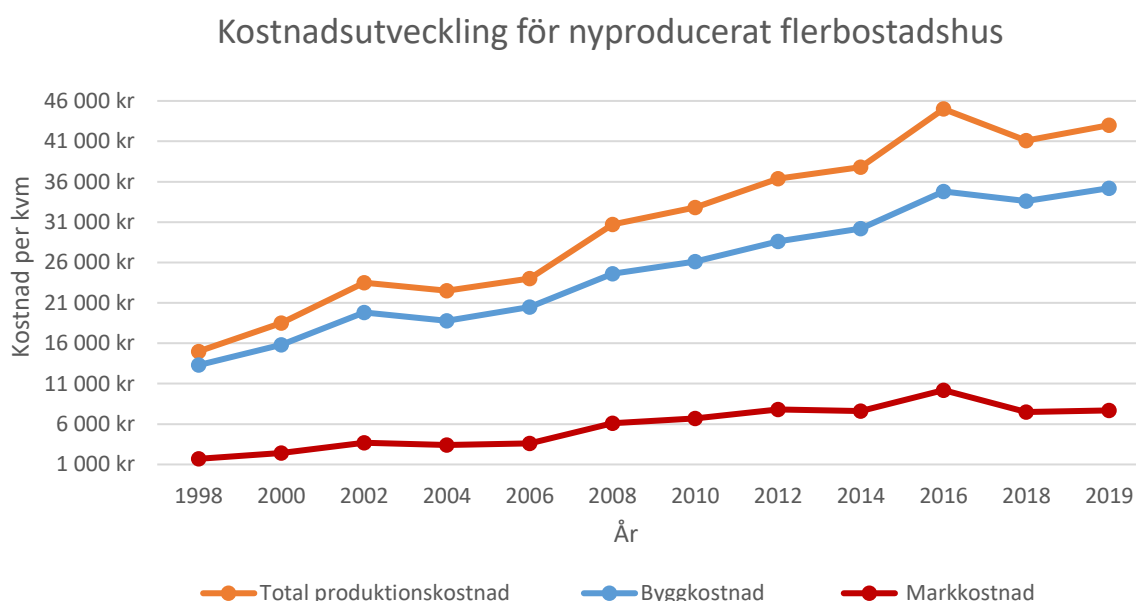
Figur 9: Modulerna i byggskedet. (Boverket, 2021f)

För att utföra en klimatberäkning behövs dataunderlag för varje modul i byggskedet. En resurssammanställning över de material, den energi och bränsleåtgång som krävs för att uppföra byggnaden behövs för klimatberäkningen. För att uppnå ett bra resultat är det viktigt att dataunderlag samlas in, används och sparas i ett tidigt skede av byggprocessen (Boverket 2021g). Klimatberäkningen grundar sig på klimatdata som antingen kan vara generisk eller specifik. Generiska klimatdata är genomsnittliga klimatdata för resurser som är representativa för svenska förhållanden och finns i boverkets klimatdatabas. Specifika klimatdata är produkt- och leverantörsspecifika klimatdata (Boverket 2021g).

Syftet med att uppföra en klimatdeklaration är att skapa ett underlag för beslut som kan minska klimatpåverkan. Om klimatdeklarationen utförs i ett tidigt skede finns större möjligheter för alternativa utformningar och byggtekniska lösningar som kan minska utsläppen (Boverket 2021g).

### 3.1.6 Kostnader i byggsektorn

I byggbranschen finns ett flertal begrepp för att beskriva kostnaden för ett projekt. Ett centralt begrepp är den totala produktionskostnaden som utgör beställarens samtliga kostnader för produktionen inklusive mervärdesskatt (Hansson et al, 2015). Den totala produktionskostnaden kan delas upp i mark- och byggkostnad. Byggkostnader utgör en stor del av den totala produktionskostnaden och omfattar entreprenadens kostnader för utförandet. För en totalentreprenad ingår även projekteringskostnaden (Hansson et al, 2017).

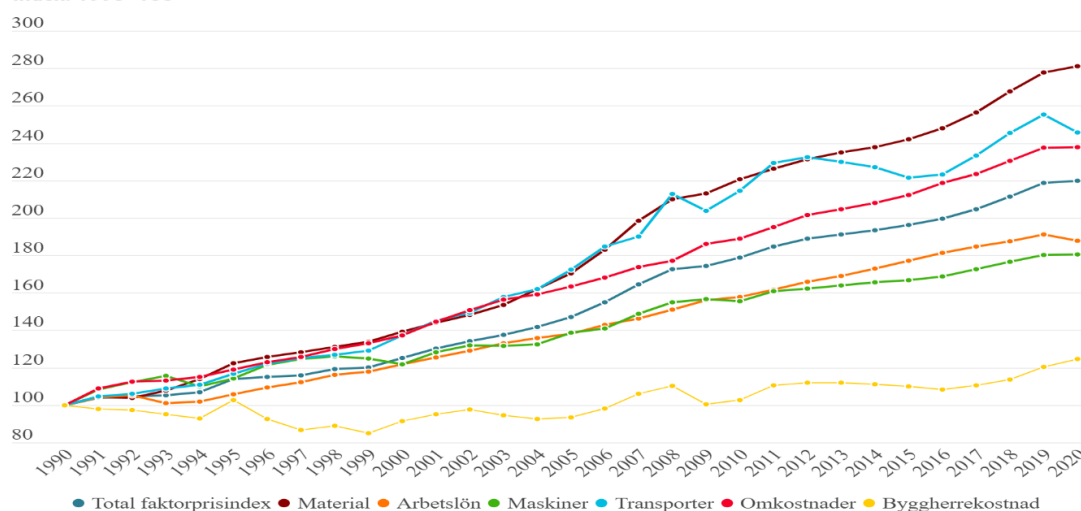


Figur 10: Kostnadsutveckling för nyproducerat flerbostadshus (Byggföretagen, 2021).

För flerbostadshus har den totala produktionskostnaden ökat med 185 procent under perioden 1998 – 2019 (Byggföretagen, 2021). Som figur 10 visar är det huvudsakligen byggkostnadens prisutveckling som har påverkat den totala produktionskostnaden. Prisutvecklingen beror på flera faktorer men Byggföretagen (2021) förklarar den ökande byggnadskostnaden med stigande materialpriser. Data från Statistiska centralbyrån presenteras i figur 11 och visar att materialpriset mellan 1990 – 2020 stigit 181 procent vilket motsvara 3,5 procent i genomsnitt per år.

### Faktorsprisindex för flerbostadshus

Index: 1990=100



Figur 11: Faktorprisindex för flerbostadshus (Byggföretagen, 2021).

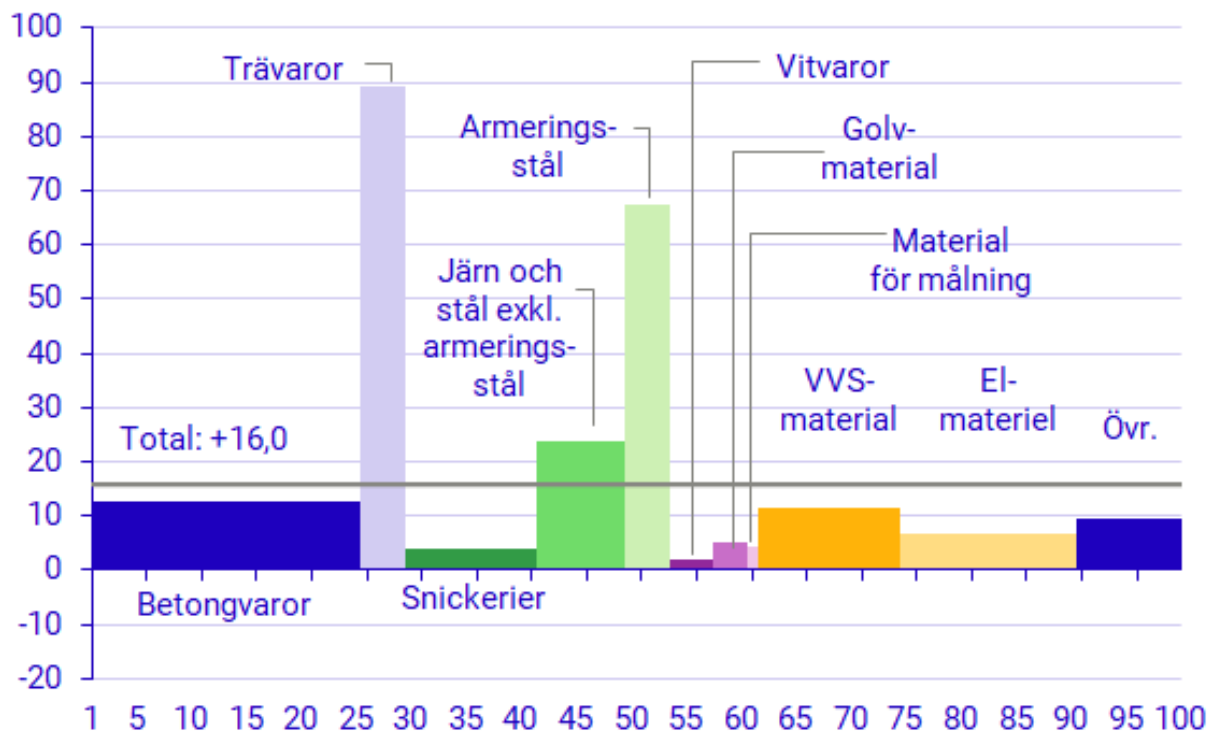
### 3.1.7 Byggnadsmaterialkostnader

Byggnadsmaterialkostnaden står för ungefär 40 procent av byggkostnaden vid ett bostadshus (Byggföretagen, 2021). Enligt statistiska centralbyrån (2021) har samtliga byggnadsmaterialkostnader ökat med 16 procent mellan september 2020 och september 2021. Kostnaderna för trävaror och armeringsstål ökade mest med en prisförändring på 89,1 respektive 67,4 procent. Trävarors pris har stigit under en längre period vilket beror på en ökad råvarubrist och ökad global efterfrågan. (Statistiska centralbyrån, 2021)

Byggnadsmaterial	Prisförändring
Trävaror	+89,1 %
Armeringsstål	+67,4 %
Betongvaror	+12,6 %
Genomsnittlig ökning	+16 %

Tabell 2: Prisförändring av byggnadsmaterial (Statistiska centralbyrån, 2021)

Figur 12 redovisar utvecklingen för olika byggvaror mellan september 2020 och september 2021. Bredden av staplarna visar byggmaterialens andelsfördelning av totala mängden byggmaterial vid beräkning av faktorprisindex för flerbostadshus. Höjden av staplarna visar den genomsnittliga prisförändringen för varje byggnadsmaterial.



Figur 12: Utvecklingen för faktorprisindex för olika byggvaror mellan september 2020 och september 2021 (Statistiska centralbyrån, 2021)

## 3.2 Betongbyggnad

### 3.2.1 Betong som byggnadsmaterial

Betong är en av världens mest använda byggnadsmaterial och betongliknade material har använts i flera tusen år (Fagerlund, 1999). Betong används framför allt i bärande konstruktioner och i områden med hög fysikalisk och kemisk påfrestning, såsom husgrunder, vägar och broar. (Burström, 2015).

Som byggnadsmaterial utmärks betong av goda egenskaper som hög beständighet, hållfasthet, täthet och formbarhet. Betong intar en särställning, jämförelsevis med exempelvis trä och stål, genom att betong i många fall kommer levererat som ett råmaterial till arbetsplatsen som sedan på plats behöver bearbetas för att uppnå önskad form och kvalitet (Burström, 2015). Även om betong ofta omnämns som ett ansenligt byggnadsmaterial innefattar betongarbete ett antal utmaningar och arbetsmiljörisker.

Vid gjutning av betong är det viktigt att ta hänsyn till torkningstid och sprickbildning. Torkningstiden är den tid som betongen behöver härda för att uppnå sin slutliga hållfasthet och beständighet. Denna tid är direkt beroende av omgivande klimat. Vid temperaturen 20 grader Celsius uppnår betongen normalt sin dimensionerande hållfasthet efter 28 dygn (Fagerlund, 1999). För platsgjutna konstruktioner behöver torkningstiden beaktas i tidsplaneringen. Torkningstiden kan medföra att andra arbetsmoment inte kan utföras tills betongen har härdat. Under härdningsprocessen behöver även risken för sprickbildning beaktas. Sprickor kan minska betongens beständighet och påverka betongkonstruktionens livslängd vilket kan resultera i höga underhållskostnader. Betongens tröghet och höga egentyngd medför att betongen är ett tungt material att arbeta med. Utifrån ett arbetsmiljöperspektiv finns det enligt Barati och Latof (2021) flertal kritiska arbetsmoment för att upprätta en betongstomme. Exempelvis lossning, montering och efterbehandling av betongelement. För lossning och montering finns det risk för klämskador och vid efterbehandling finns det risk för belastnings- och vibrationsskador.



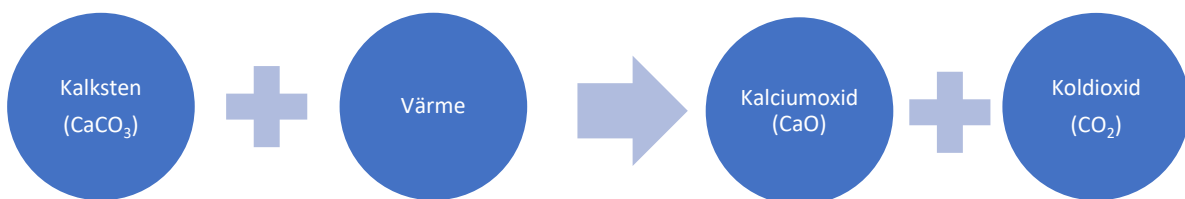
### 3.2.2 Uppbyggnad och tillverkning

Betong är ett kompositmaterial som är uppbyggt av ballast och cementpasta. Ballasten består av stenmaterial som sand och grus, och cementpasta består av en blandning av cement och vatten. I en normal betongmassa är fördelningen cirka 80 procent ballast, 14 procent cement och 6 procent vatten (Fagerlund, 1999). För att förbättra betongens egenskaper ingår vanligtvis även olika tillsatsmedel.

Cement är ett hydrauliskt bindemedel vilket innebär att cementet hårdnar genom en reaktion med vatten och blir beständigt mot vatten (Fagerlund, 1999). Det finns olika typer av cement som används inom dagens byggt teknik där sammansättningen och egenskaperna varierar. I Sverige används nästan uteslutande portlandcement som brukar betecknas CEM-I. (Ekman & Jönsson, 2020) Portlandcement erhålls genom förbränning av råmaterial som består av ett flertal berg- och jordarter, bland annat kalksten. Vid förbränning ombildas råmaterialet till portlandklinker som sedan mals till önskad storlek under tillsats av små mängder gips och andra tillsatsämnen. Den färdiga produkten kallas portlandcement (Fagerlund, 1999).

### 3.2.3 Klimatpåverkan

En stor del av utsläppen från byggbranschen kommer från produktionen av byggnadsmaterial där betong står för en betydande del. Utifrån en livscykelanalys som svensk betong (2017) presenterar i sin klimatrapport, visas att ungefär 90 procent av betongens koldioxidutsläpp kommer från tillverkningen av cement. Vid cementtillverkning frigörs en stor del koldioxid genom kalcineringsprocessen, vilket är processen som sker i cementugnen när kalksten omvandlas till kalciumoxid och koldioxid.



Figur 13: Förenklingen av kalcineringsprocessen

Kalcineringsprocessen står för ungefär 60 procent av de totala utsläppen, resterande del uppstår vid förbränning av bränslet som används till uppvärmning av ugnen (Svensk betong, 2021a). Förbränningsprocessen kräver höga temperaturer, upp till 1400 grader Celsius och är därför energikrävande.

För att minska betongens klimatpåverkan har betongbranschen vidtagit åtgärder. En vanlig åtgärd är att ändra betongreceptet och minska andelen cement. En del cement ersätts i stället med restprodukterna slagg och flygaska som fungerar som alternativa bindemedel. (Ekman & Jönsson, 2020)

### 3.2.4 Prefabricering av betong

Prefabricerade betongelement används i många byggprojekt eftersom det skapa goda förutsättningen till en effektiv byggproduktion. I många bostadsprojekt och i denna studie förekommer följande betongelement: Informationen är hämtad från Svensk betong (2021b).

- **Massivväggar**, består av en massiv betongskiva och används vid bärande ytterväggar och mellanväggar.
- **Sandwichelement**, består av två betongskivor med isolering mellan skivorna. Halvsandwichelement består av en betongskiva med utanpåliggande isolering. Sandwichelement används oftast som bärande ytterväggar.
- **Skalväggar**, är ett halvprefabricerade element som är uppbyggt av två betongskivor med en luftspalt emellan. Efter elementet monterats gjuts utrymmet mellan skivorna och bildar ett massivt element. Skalväggar används vanligt som innervägg.
- **Plattbärlag**, består av en tunnare betongskiva som efter montering kompletteras med armering och installationen som sedan gjuts till önskad bjälklagstjocklek.

## 3.3 Träbyggnad

### 3.3.1 Trä som byggnadsmaterial

Trä är ett byggnadsmaterial som har använts långt tillbaka i tiden och har under de senaste åren blivit vanligare i flerbostadshus (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson, 2016). Trä har under lång tid varit fördelaktigt på grund av enkla transporter och att det kan bearbetas med enkla verktyg. I Sverige används huvudsakligen gran och furu till trämaterial, men andra träslag kan även förekomma (Borgström & Föbel, 2017).

Efter avverkning av skogen behöver trädet genomgå en förädlingsprocess för att uppnå den form och de byggnadstekniska egenskaper som krävs av konstruktionen. Jämfört med andra byggnadsmaterial såsom betong och stål, erbjuder trä en högre bärförmåga i förhållande till sin egentyngd, god värmeisoleringsförmåga och är ett förnyelsebart material (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson, 2016). På arbetsplatsen skapar träets låga egentyngd förutsättningarna för effektiva montage och transporter samt en god arbetsmiljö (Svensk trä, 2021d). Träarbetet kräver vanligen enklare verktyg och maskiner vilket bidrar till mindre buller och vibrationer. Det finns ett flertal utmaningar med att bygga i trä där akustik, beständighet, brandrisk och fukt behöver beaktas.

### 3.3.2 Fuktpåverkan

Träets uppbyggnad och struktur medför att materialet har ett stort fukttinnehåll med stora fuktbetingande rörelser (Burström, 2015). Träet har en förmåga att svälla vid fuktupptagning och krympa vid uttorkning. Vid förhindrad svällning kan tryckspänning uppstå vilket kan skada träet och anslutande konstruktioner. Då krympning förhindras kan draghållfastheten i tvärriktningen överskridas vilket medför att träet spricker. För att förhindra fuktbetingande rörelser bör träet byggas in med ett fukttinnehåll som motsvarar jämviktsfuktkvoten i bruksstadiet (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson, 2016). Jämviktsfuktkvoten beskriver det tillstånd då fuktkvoten i träet står i jämvikt med omgivningens relativa fukttinnehåll och temperatur. Det är ett tillstånd då träet inte avger eller upptar något fukttinnehåll (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson, 2016).

Vid höga fukttillstånd riskerar trä att brytas ner av rötsvampar och vara en växtplats för missfärgande svampar. (Arfvidsson, Harderup & Samuelson, 2017). Missfärgande svampar som mögelsvamp växer ytligt och påverkar inte nämnvärt träts hållfast, men kan vara

allergiframkallande och ge upphov till en oangenäm lukt. Tillväxt av missfärgande svampar tyder också på att förhållanden som kan ge upphov till röta (Burström, 2015). Det finns flera typer av rötsvampar och deras gemensamma egenskaper är att de växer inne i virket och kraftigt sänker träs hållfasthet. För att rötsvampar ska få fotfäste i virket krävs en hög fuktkvot på ungefär 30 procent (Burström, 2015).

### 3.3.3 Skydd av träkonstruktioner under produktion

Fuktskador kan leda till stora kostnader och hälsobesvär. Boverkets byggregler ställer krav på att byggnaden ska uppföras utan att fukt orsakar skador, lukt eller mikrobiell påväxt som kan påverka hygien eller hälsa. Med en bakgrund till hur träbaserat material påverkas av fukt är det viktigt att uppnå en fuktsäker byggproduktion. En metod för att skydda träkonstruktioner är genom att uppföra ett väderskydd. Ett väderskydd definieras som en temporär konstruktion som skyddar byggnaden och arbetarna från klimatisk påverkan (Olin, 2015). En fallstudie från Olsson (2019) visar att det är svårt och nästan omöjligt att undvika uppkomsten av mikrobiell påväxt vid byggande av trä utan väderskydd. Väderskydd kräver ytterligare planering och medför en merkostnad för projektet och omfattningen bör därför väljas utifrån projektens storlek och prefabriceringsgrad. Enligt Borgström och Föbel (2017) är heltäckande väderskydd det bästa alternativet för projekt med hög prefabriceringsgrad och känsliga detaljer. I projekt med låg prefabriceringsgrad är ett enklare väderskydd eller täckning med presenningar att föredra av ekonomiska skäl. (Borgström & Föbel, 2017).

Det finns flera typer av väderskyddssystem, fasadväderskydd och takväderskydd som sedan kan kombineras med varandra för att skapa ett heltäckande väderskydd (Olin, 2015). I Sverige används typen klättrande väderskydd i ett flertal högre trähusprojekt (Borgström & Föbel, 2017). Klättrande väderskydd är ett system som skyddar byggnaden, våning för våning och är baserat på mastkonstruktioner. Detta system möjliggör också användningen av en invändig travers vilket kan ersätta en extern byggkran.



Figur 14: Klättrande väderskydd (Borgström & Föbel, 2017)

### 3.3.4 Brandegenskaper

Att använda trä som stommaterial var under många år begränsat på grund av brandrisken. År 1994 ändras bygglagstiftningen och kravet på att stommaterialet ska vara obrännbart upphör (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson, 2016). Stommen ska i stället uppfylla funktionskrav i form av brandmotstånd. Träkonstruktioner med stort tvärsnitt har ett bra brandmotstånd (Klippel & Schmid, 2017). Detta förklaras genom förkolningsprocessen som uppstår när trä brinner. Processen innebär att ett kolskikt bildas vid ytan och fungerar som ett värmeisolerande lager som hindrar tillförsel av syre till förbränningszonen (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson, 2016). Vid lätta träkonstruktioner behöver trä materialet skyddas från direkt brandpåverkan. Vanligtvis görs detta med att beklä träkonstruktionen med gipsskivor och mineralull.

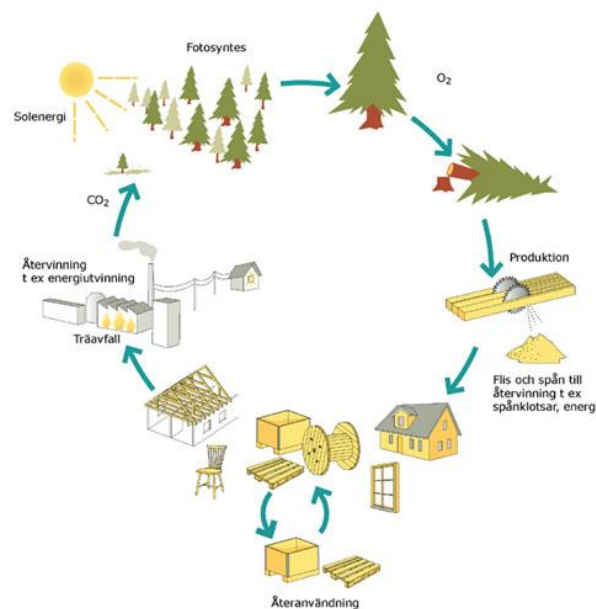
### 3.3.5 Akustik

Boverket byggregler ställer krav på byggnaden ljudmiljö. Ljudkraven innehåller fyra klasser: A, B, C och D. Klass A är bäst och D är sämst. Ljudklassen C motsvarar minimum kraven som behöver uppnås vid nya byggnader (Boverket, 2017).

I träbyggnader kan det vara svårt att uppnå ljudkraven. Träets låga egenvikt medför att det blir svårt att isolera bort ljud vid låga frekvenser (Markström et al, 2019). För att uppnå samma akustiska prestanda som för ett betongelement behöver antingen träelementen ha grova dimensioner eller kompletteras med beklädnader (Borgström & Föbel, 2017).

### 3.3.6 Klimatpåverkan

Trä är en förnybar naturresurs som erhålls genom avveckling av skog och ingår i skogens cirkulära kretslopp. Ett växande träd omvandlar koldioxid, vatten och solljus till näring och syre genom fotosyntesen. Koldioxiden och näringsämnen lagras i trädstammen tills trädet dör. Det döda trädet frigör då näring vilket kan upptas av nya växande träd. Om trädet i stället används till träprodukter som virke, kartong eller tidningspapper kommer koldioxiden tillbaka in i kretsloppet när produkten eldas upp på värmeverket (Borgström & Föbel, 2017).



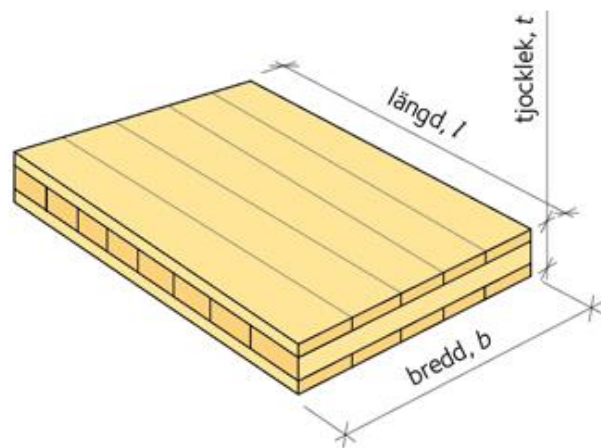
Figur 15: Schematisk bild över trädproduktens kretslopp (Borgström & Föbel, 2017)

För att användningen av trä ska vara positiv från klimatsynpunkt behöver skogen brukas hållbart. Detta innebär att skogsavvecklingen inte får överskrida tillväxten, att skogen förnyas kontinuerligt och virket kan återvinnas utan uppkomst av växthusgaser (Borgström & Föbel, 2017).

### 3.3.8 Korslimmat trä

De vanligaste stomalternativen i trä är massivträstomme och regelstomme. Massivträstomme lämpar sig bäst för flerbostadshus där högre krav ställs på bärförmåga, brandskydd och ljudisolering (Svenskt trä, 2017). Massivträsystem består vanligtvis av korslimmade skivor i trä som benämns KL-trä och ger konstruktionen god bärförmåga- och styvhetsegenskaper.

Metoden att bygga i KL-trä utvecklades i Österrike under 80-talet och introducerades i Sverige i slutet av 90-talet. Det första flerbostadshuset i KL-trä blev färdigställt 2006 i Sundsvall och sedan dess har utvecklingen ökat snabbt (Borgström & Föbel, 2017). KL-trä är en skivliknade konstruerad träprodukt, som är optimerad att bära laster i flera riktningar (Brander, 2013). Träprodukten består av tre eller flera lager av hoplimmade lameller, där vartannat skikt är orienterade i 90 graders riktning i förhållande till nästa skikt (Brander et al., 2016). Produkten tillverkas i fabrik som färdiga vägg- och bjälklagelement med urtag för fönster, dörrar och installationer. KL-trä har öppnat nya möjligheter inom träbyggnadstekniken och gjort det möjligt att prefabricera massiva träelement som tidigare varit begränsat till andra material såsom betong (Brander, 2013).



Figur 16: KL-träskiva av tre skikt (Borgström & Föbel, 2017)

KL-trä används huvudsakligen som bärande element i väggar och bjälklag. Dess goda hållfasthet- och styvhetsegenskaper gör att KL-trä kan konkurrera med andra stomsystem till flerbostadshus (Borgström & Föbel, 2017). Fördelarna med KL-trä är att det finns goda möjligheter för prefabricering, att elementen har en hög bärförmåga i förhållande till sin

egenvikt och går snabbt att montera (Brander, 2013). Den låga egenvikten av elementen medför även transportfördelar och mindre omfattande grundläggningsarbete, där grundförstärkning kan minskas eller i vissa fall undvikas (Gustafsson et al, 2012). Förtillfället används KL-trä huvudsakligen i bostadsbyggande, flervåningshus och småhus, men det kan även användas vid byggandet av kontor och arenor (Borgström & Föbel, 2017).

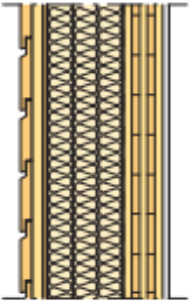
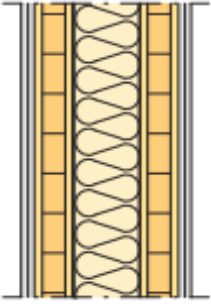
### 3.3.9 Akustik och brandegenskaper för korslimmat trä

För att uppnå ljudkraven för elementen blir konsekvensen att bjälklag och väggar i KL-trä får större dimensioner än för andra stommaterial (Gustafsson et al, 2012). Enligt Carlsson (2021) är ett bjälklag i korslimmat trä på 350 mm akustiskt jämförbart med ett 200 mm tjockt betongbjälklag. Dessutom krävs vanligtvis att stomelement är utförda som en dubbelsidigkonstruktion. Då KL-träelementen är uppdelat i två delar som är akustiskt frikopplade från varandra uppnås en högre ljudisolering (Borgström & Föbel, 2017). En artikel av Di Bella och Mitrovic (2020) som undersöker akustiska egenskaper för korslimmat trä anför att det behövs mer forskning inom akustik för KL-trä. Det finns även få standardlösningar för att uppnå ljudkraven och i stället är det vanligt att överdimensionera KL-träelementers akustiska beklädnader för att kompensera för beräkningsosäkerheter (Di Bella & Mitrovic, 2020). För att förbättra den akustiska prestandan av KL-träbjälklaget kan flytande golv av betong användas. Detta medför generellt att dimension av bjälklaget blir lägre medan vikten blir högre.

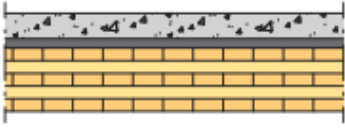
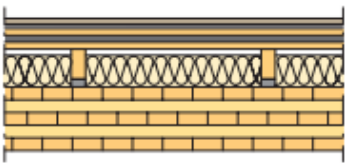
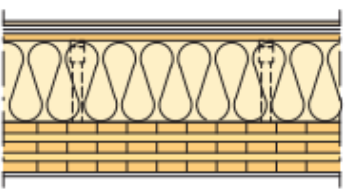
KL-trä har från en brandteknisk synpunkt ett bra brandmotstånd. Skivorna är trög antändliga och kan vid brand bilda ett kolskikt vid ytan och utnyttja förkolningsprocessens fördelar. (Klippel & Schmid, 2017). Skivorna i KL-trä kläs vanligt in i brandgips för extra brandskydd.

Exempel på hur bjälklag och väggar i KL-trä kan vara utförda visas i figur 17 och figur 18. Värt att notera är väggarnas och bjälklagens tjocklekar.



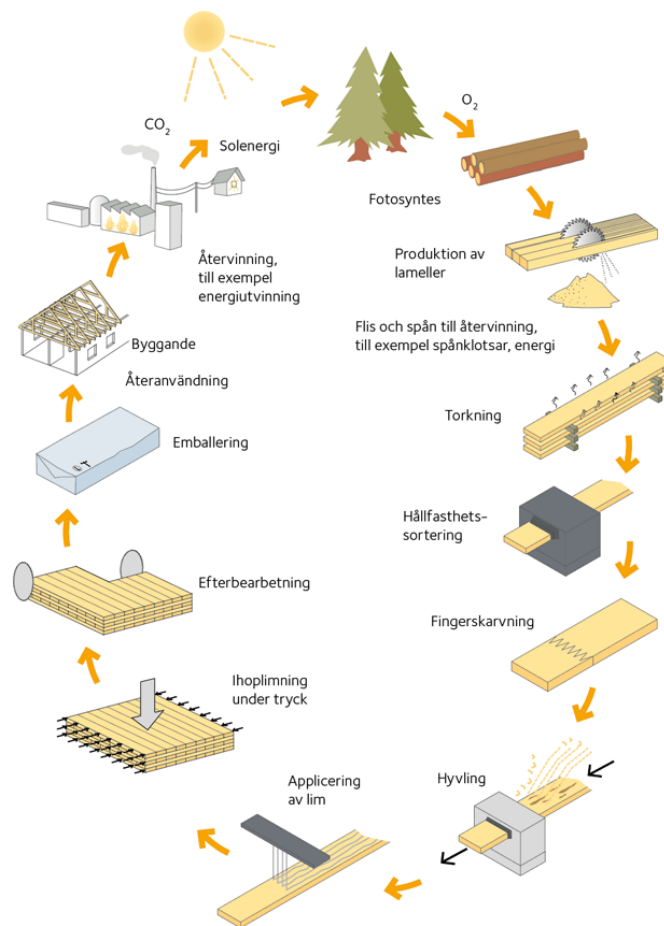
Väggtyp	Material (mm)	Total tjocklek (mm)
	<b>Yttervägg typ 1</b> 22 utvändig panelbräda 28 spikläkt Vindskydd 12 x 70 plywood 70 tung isolering 145 reglar 70 + 70 isolering Ångbroms 120 KL-träskiva 15 brandgipsskiva	412
	<b>Lägenhetsskiljande vägg typ 3</b> 2 x 15 brandgipsskiva 70 KL-träskiva 170 lösullsisolering 70 KL-träskiva 2 x 15 brandgipsskiva	370

Figur 17: Exempel på utförande av yttervägg och lägenhetsskiljande vägg (Borgström & Föbel, 2017).

Bjälklagstyp	Material (mm)	Total höjd (mm)	Vikt (kg/m <sup>2</sup> )	Vertikal ljudisolering (dB)	
				Stegljudsnivå, L	Luftljudsisolering, D
	<b>Bjälklag typ 2</b> 80 betong 30 stegljudsmatta, dynamisk styvhet ≤ 9 MN/m <sup>3</sup> 200 KL-träplatta	310	270	52 (+5)	63 (-8)
		Bostäder ljudklass <sup>2)</sup>		C	C
		Kontor ljudklass <sup>3)</sup>		A	A
	<b>Bjälklag typ 8</b> 14 parkett 3 underlagsfoam 22 golvspånskiva, flytande 20 stegljudsmatta, dämpning 4 dB 22 golvspånskiva 95 golvreglar 95 isolering 25 sylodyn 200 KL-träplatta	401	145	54 (+6)	52 (-4)
		Bostäder ljudklass <sup>2)</sup>		D	D
		Kontor ljudklass <sup>3)</sup>		B	B
	<b>Bjälklag typ 11</b> 14 parkett 2 x 13 golv-gipsskiva 22 golvspånskiva Uppstolpat golvregelsystem 260 isolering 160 KL-träplatta 13 gipsskiva	493	145	52	56
		Bostäder ljudklass <sup>2)</sup>		B	B
		Kontor ljudklass <sup>3)</sup>		A	A

Figur 18: Exempel på två utförande av mellanbjälklag (Borgström & Föbel, 2017)

### 3.3.10 Tillverkning av korslimmat trä



Figur 19: Tillverkningsprocessen av KL-trä (Borgström & Föbel, 2017)

Tillverkningsprocessen av KL-trä visas i figur 19. Virket transporteras till fabriken och bearbetas till lameller. Vidare låter man lamellerna torka och en hållfasthetsortering av materialet genomförs för att sortera ut eventuella defekter. Varje bräda fingerskarvas för att brädorna ska bli långa. När limmet har härdat efter fingerskarvningen så påbörjas hyvling av brädornas sidor, därefter går brädorna över till limning och tillverkning av skivor. Skivorna limmas och pressas ihop under stort presstryck. Limmet behöver härda efter en bestämd tid som beror på rummets och limmets egenskaper. När skivorna har härdat sker ytterligare bearbetning för att färdigställa träelementet. Den färdig produkten förpackas och skickas sedan i väg till byggarbetsplatsen (Borgström & Föbel, 2017).

## 3.4 Klimatjämförelse

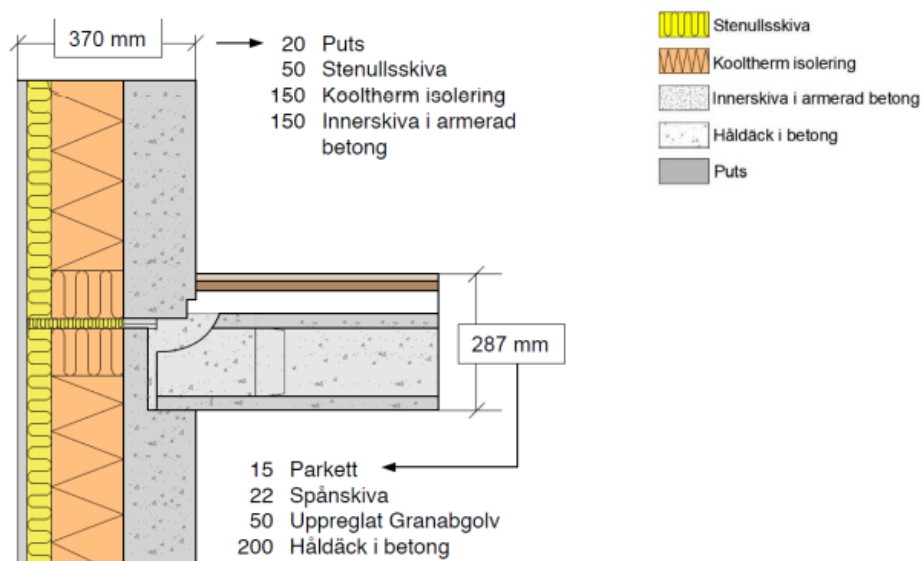
I detta kapitel sammanfattas två tidigare studier som har utfört en livscykelanalys för olika stommaterial. En livscykelanalys används för att bestämma en produkts utsläpp av växthusgaser under olika livscykelskedan och resultatet redovisar utsläppen i koldioxidekvivalenter.

### 3.4.1 Klimatjämförelse 1

Erlandsson et al (2018) har utfört livscykelanalyser för fem olika konstruktionslösningar för ett och samma referenshus. Referenshuset är ett flerbostadshus på sex våningar som befinner sig utanför Stockholm. De fem konstruktionslösningar som teoretiskt har tillämpats i Erlandsson et al (2018) undersökning ska representera hur majoriteten av flerbostadshusen byggs idag. De konstruktionslösningar som är av intresse i denna studie är den prefabricerade betongstommen och den massiva stommen av KL-trä. Samtliga konstruktionssystem är utförda så att de uppfyller Boverkets grundläggande krav samt överträffar ljud- och energikraven. Originalutförandet av referenshuset är utformat för att klara passivhuskriterier, vilket betyder att energiprestandan ska vara mycket bättre än byggnormen. Värt att notera är skillnaden i dimensioner mellan trä- och betongalternativet.

#### **Stomme i betong.**

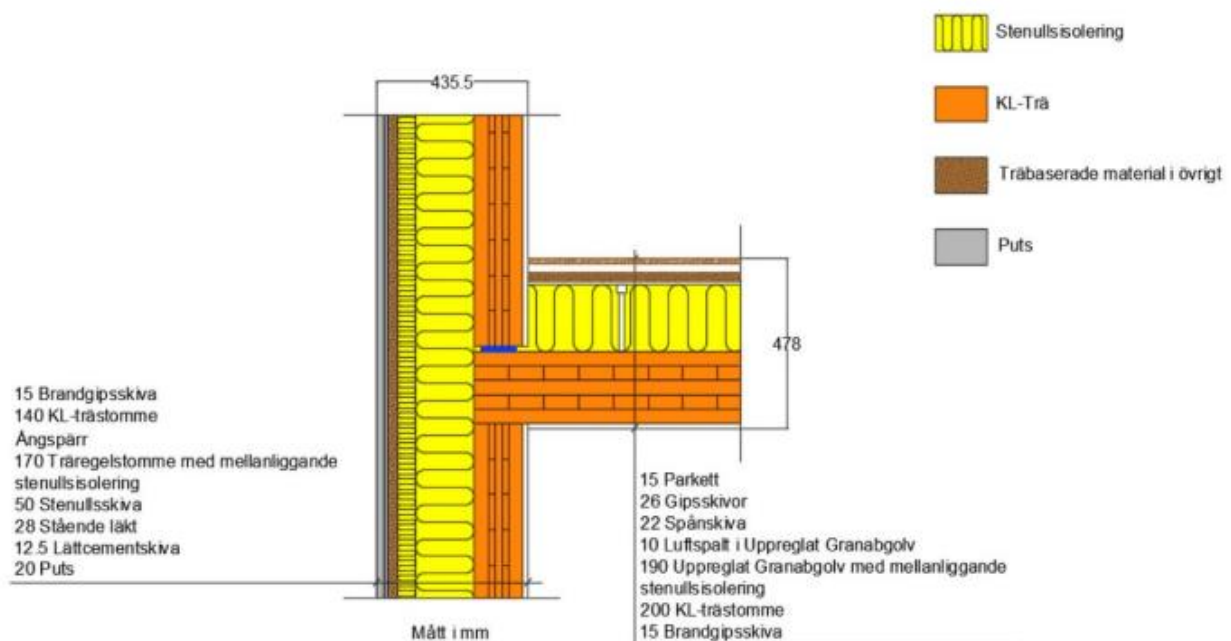
I betongstommen består väggarna av prefabricerade betongelement och håldäcksbjälklag som kompletteras med ovanliggande system av plåtreglar och spånskiva för att klara av ljudkrav och installationsdragning, se figur 20.



Figur 20: Sektion av yttervägg och bjälklag - en prefabricerad betongstomme med håldäcksbjälklag (Erlandsson et al, 2018)

## Stomme i KL-trä.

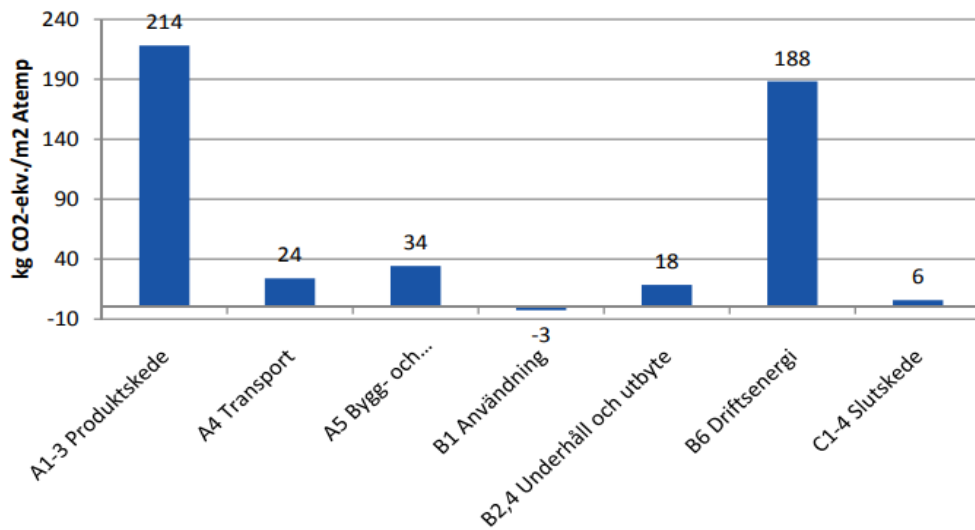
För stommen uppförd i KL-trä består väggar och bjälklag av massiva skivor av KL-trä. Bjälklaget utförs med ovanliggande system av plåtreklar och spånskiva för att klara ljudkrav och installationsdragnig, se figur 21.



Figur 21: Sektion av yttervägg och bjälklag – en massiv KL-trästomme (Erlandsson et al, 2018)

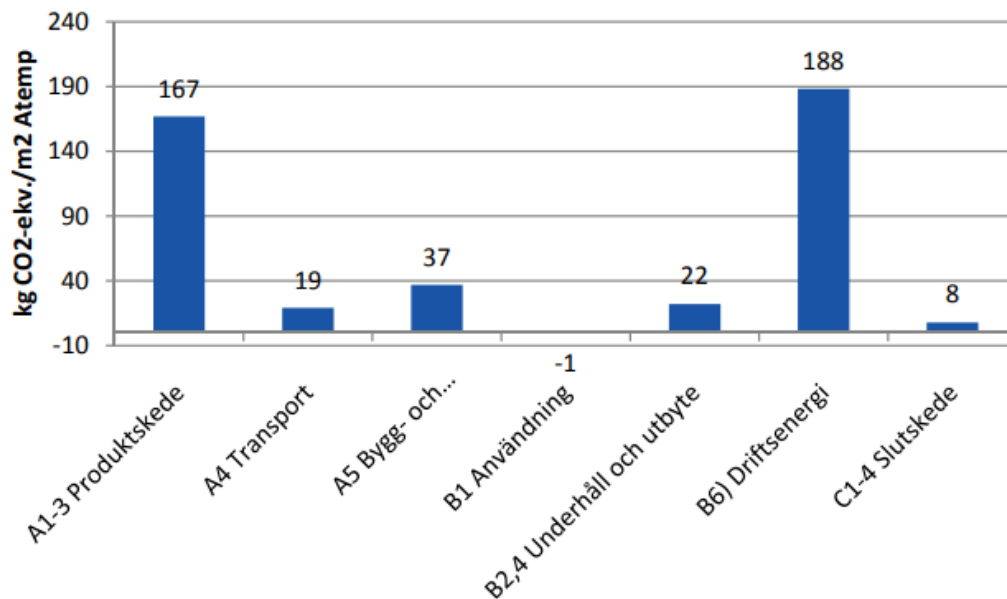
LCA-beräkningar baseras på en analysperiod på 50 år och redovisar byggnadens klimatpåverkan, uttryckt i koldioxidekvivalenter per uppvärmd kvadratmeter. Figur 22 och figur 23 visar klimatpåverkan för respektive skede i livscykeln för den prefabricerade betongstomme samt stommen i KL-trä. Resultatet från diagrammen visar att skillnaden av utsläppen är som störst i produktskedet mellan de två stommaterialen.

### Klimatpåverkan för prefabricerad betongstomme



Figur 22: Klimatpåverkan över livscykeln för prefabricerad betongstomme (Erlandsson al et, 2018)

### Klimatpåverkan för massiv stomme i KL-trä



Figur 23: Klimatpåverkan över livscykeln för massiv stomme i KL-trä (Erlandsson al et, 2018)

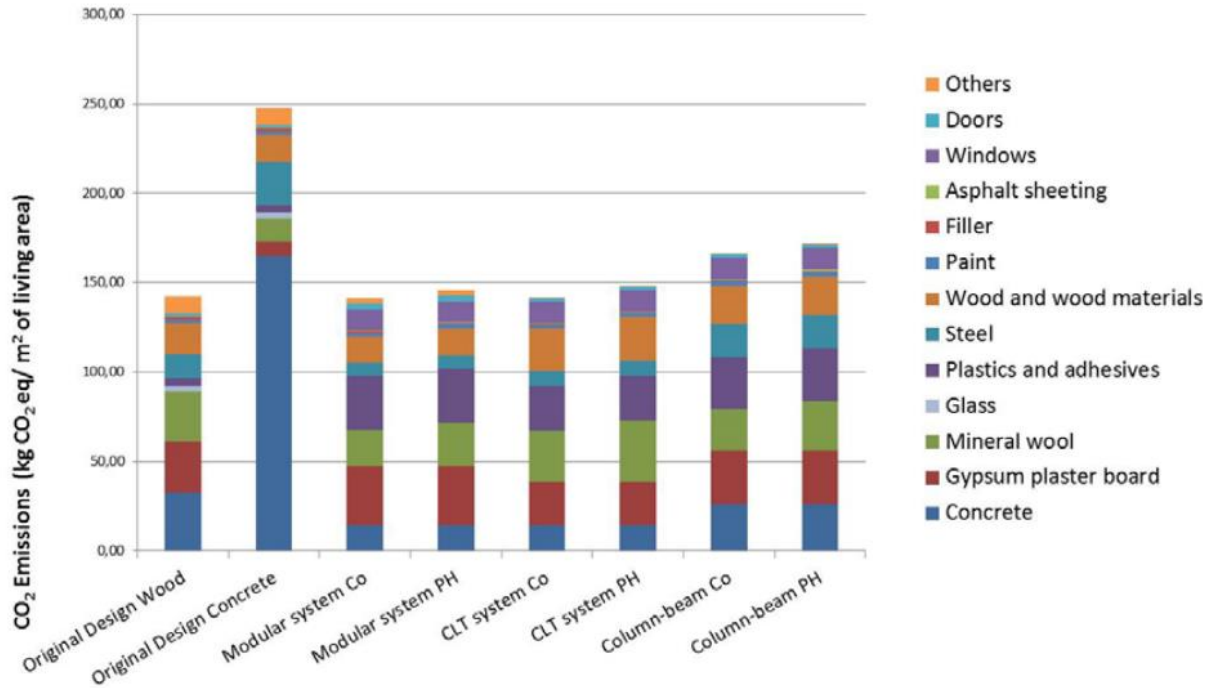
### 3.4.2 Klimatjämförelse 2

Penaloza, Norén och Eriksson (2013) har genomfört en undersökning för klimatpåverkan för åtta olika konstruktionslösningar för ett flerbostadshus på fyra våningar i Växjö. I studien har LCA-beräkningar genomförts och sammanställs i diagram för respektive stomme. Resultatet visar byggnadens utsläpp av koldioxidekvivalenter per kvadratmeter under dess livscykel. De teoretiska konstruktionslösningar som tillämpas i studien är:

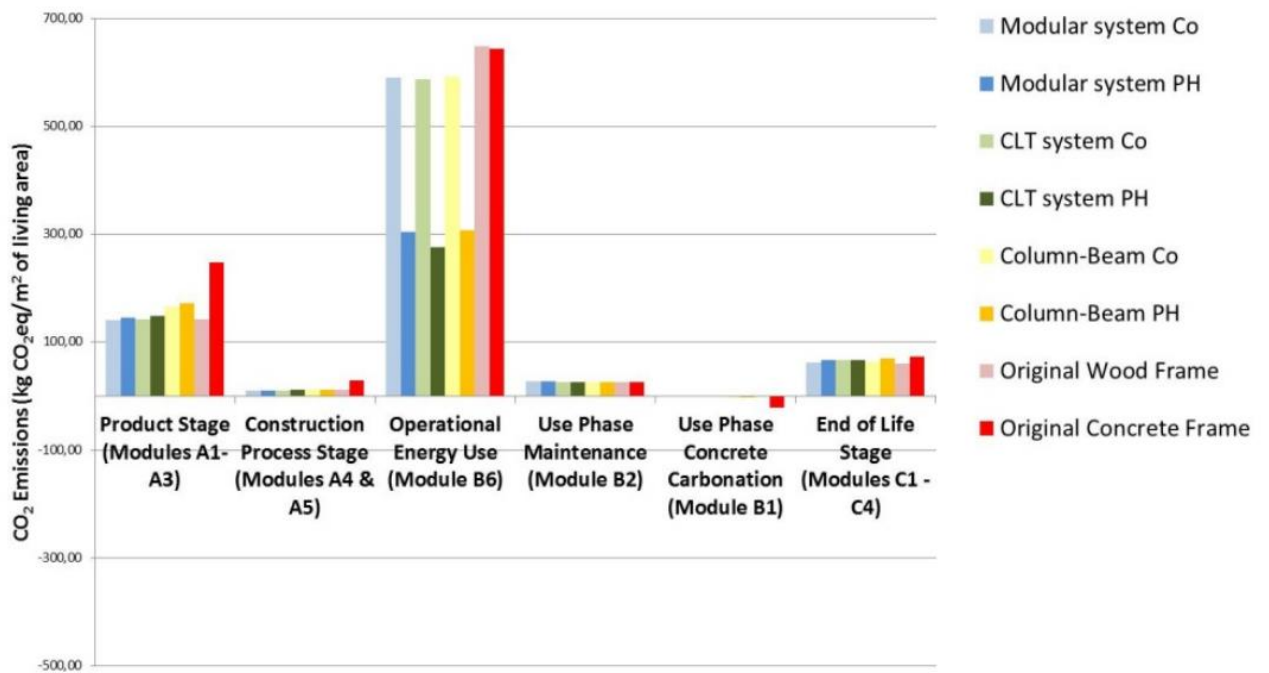
- (1) Platsbyggd träregelstomme.
- (2) Platsgjuten betongstomme med utfackningsväggar av träreglar.
- (3) Volymelement med regelstomme av trä.
- (4) Planelement med bärande KL-träskivor.
- (5) Pelar-balkstomme, limträ och regelväggar av trä

Originalutförandet av referenshuset är utfört med platsbyggd träregelstomme och byggdes 1996. I studien görs en jämförelse med byggnadens original utförande i trä (1) med ett betongalternativ (2). Det genomförs även en jämförelse med tre olika moderna byggsystem (3), (4) och (5) som modelleras både för Boverkets byggregler 2012 och för passivhus.

Figur 24 visar klimatpåverkan från byggskedet och figur 25 visar klimatpåverkan för hela byggnadens livscykel. Resultatet från figur 24 visar stora skillnader i koldioxidekvivalenter för en byggnad upprättad i betongstomme jämfört med trästomme. I det fall då fyrvåningshuset produceras i betongstomme skulle det ge en 60 procent ökning av växthusgasutsläpp jämfört med träalternativen. Det bör även noteras att betongstomme är upprättad med utfackningsväggar av träreglar. Då betongstomme skulle utföras med sandwichpaneler eller stålreglar som vanligtvis används idag skulle ökning av koldioxidutsläpp vara större (Penaloza, Norén och Eriksson, 2013). Skillnaden mellan konstruktionslösningarna för trästommar är liten, där utsläppen är störst för pelar-balkstommen. Detta beror främst på att modellen för pelar-balkstommen använt större mängd betong än de andra träalternativen.



Figur 24: Klimatpåverkan i byggskedet för de åtta stomsystemen (Penaloza, Norén och Eriksson, 2013)



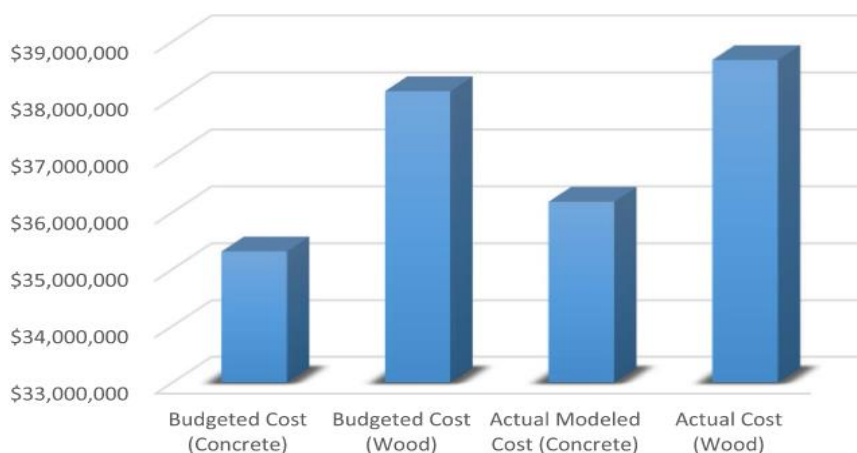
Figur 25: Klimatpåverkan för hela livscykeln av de åtta olika stomsystemen (Penaloza, Norén och Eriksson, 2013)

## 3.5 Ekonomisk jämförelse

I detta kapitel sammanfattas två studier som har genomfört en kostnadsjämförelse mellan stommaterial, korslimmat trä och betong. Det finns få kostnadsjämförelser och lite forskning kring kostnadsaspekten av större träbyggnader, vilket både Ahmed & Arocho (2020) och Markström et al (2019) skriver i sina artiklar.

### 3.5.1 Kostnadsjämförelse 1

Ahmed och Arocho (2020) har i deras studie sammanställt en kostnadsjämförelse av byggnadsmaterialen trä och betong. I deras litteraturstudie sammanställdes ett flertal projekt i Australien och Nya Zeeland som visade att kostanden för att bygga i massivt trä är mellan 2 – 6 procent dyrare än att bygga i stål och betong. I deras fallstudie användes ett referensprojekt, ett bostadshus på 18 våningar i Kanada som blev färdigbyggt 2017. Förutom grundplattan och hisschaktet som är i betong består bostadshuset av korslimmat trä. Innan bostadshuset blev färdigbyggt, utfördes en kostnadskalkyl år 2015 som omfattar både ett trä och betongalternativ. Den första kostnadskalkylen av betong- och träalternativet benämns som budgeterad kostnad i figur 26. Efter projektet färdigställts beräknades den faktiska kostnaden och en modulerad kostnad, där trämaterialiet byts ut mot betong. Studien genomför en omfattande kostnadsanalys där alla kostnadsdrivande aktiviteter delas in i kategorier. En summering av kategorierna visar att byggkostnaden för träbyggnaden var 6,43 procent högre än för det modulerade betongalternativet. Detta förklarar Ahmed och Arocho (2020) framför allt med höga materialkostnader för trä.



Figur 26: Byggkostnad för projektet (Ahmed & Arocho, 2020)



### 3.5.2 Kostnadsjämförelse 2

Berglund och Hedlund (2021) har gjort ett kandidatarbete som jämför en stomme av betong och korslimmat trä utifrån ett kostnadsperspektiv. I studien används en referensbyggnad på sju våningar av prefabricerad betong som jämförs med ett teoretiskt konstruktionssystem av KL-trä. En kostnads kalkyl genomförs sedan för respektive stomme. Utifrån kalkylen, som fokuserar på materialkostnaden, blev det 42 procent dyrare att bygga en stomme i KL – trä jämfört med betong alternativet. Berglund och Hedlund (2021) resultat visar att mellanbjälklaget är den dyraste komponent som avgör prisdifferensen. Mellanbjälklaget av prefabricerade hålldäck var nästan 1,6 miljoner kronor billigare än KL-trä alternativet. Element som bärande väggar var billigare i trä än i betong.

Benämning	Betong, nettokostnad i tSEK	Trä, nettokostnad i tSEK
<b>Bjälklag</b>	1 981	3 560
<b>Balkong</b>	165	151
<b>Pelare</b>	60	20
<b>Väggar</b>	1 388	994
<b>Övrigt</b>	367	867
<b>Total kostnad</b>	<b>3 961</b>	<b>5 594</b>

Tabell 3: Summering av kostnaden för undersökt projektet, (Berglund & Hedlund, 2021).

## 4. Resultat

I detta kapitel sammanfattas resultatet från intervjustudien i kapitel 4.1 *Intervjustudie*. Vidare presenteras resultatet från kostnads- och klimatkalkylen i kapitel 4.2 *Dokumentstudie*. Intervjuplanen med fullständiga frågor återfinns i bilaga 2 och en sammanfattad transkription finns i bilaga 3.

### 4.1 Intervjustudie

#### 4.1.1 Intervjufrågor till samtliga

*Kunskapen för korslimmat trä inom företaget och byggbranschen:*

Fyra av fem respondenter är överens att kunskapen om KL-trä, både inom företaget och branschen, är väldigt begränsad. De är överens om att det finns mycket expertiskunskap men att denna kunskap är begränsad till ett få antal individer. Men kunskapen inom träbyggnad har under de senaste åren ökat i takt med att intresset för trä har ökat.

*Vanligast stommaterial vid byggande av flerbostadshus samt för- och nackdelar:*

Alla respondenter var överens om att betong är det vanligaste stommaterialet. Anledningen till att betong förekommer frekvent är på grund av att det är ett stabilt material att bygga med och det finns mycket erfarenhet med kända kostnader och ett flertal leverantörer. Nackdelen med betong som alla respondenter nämnde var betongens klimatpåverkan, vilket också är huvudanledningen att välja KL-trä framför betong. Den största anledningen att välja betong framför KL-trä var kostnaden och erfarenheten av byggmetoden.

*Förändringar i branschen för att öka användande av trä:*

Respondenterna hade olika åsikter vad som behöver förändras för att öka träbyggandet. Framför allt behöver träalternativen bli mer ekonomiskt fördelaktigt, med effektivare produktionsmetoder och fler leverantörer. Utöver detta behöver kunskapen om trä öka i branschen. Flera respondenter ansåg också att man behöver se över byggkraven på framför allt akustik eftersom vissa krav var svåra att uppnå för trästommen.

### *Träbyggandets framtid:*

Samtliga respondenter tror att träbyggandet i framtiden kommer att öka. Den främst anledningen till ökningen är påtryck från samhället för ett mer klimatneutralt byggande. Flera respondenter påpekar att betong fortfarande är ett nödvändigt material och att trä aldrig kommer kunna ersätta betong helt och hållet.

#### 4.1.2 Intervju Projektchef

##### *Erfarenhet:*

Respondenten har arbetat som projektchef i tre år och arbetar nu med ett projekt inom KL-trä. Det är ett bostadsprojekt där väggar och bjälklag består av KL-träelement och tak av traditionella träreglar.

##### *Skillnader i projekteringsarbete mellan trä och betongstomme:*

Projektchefen säger att projekteringsarbete för bostadsprojektet i korslimmat trä har tagit märkbart längre tid än vanligt. Orsaken till den ökade projekteringstiden beror framför allt på svårigheter med att uppnå ljudkraven för träelementen. Sammanfattningsvis anser respondenten att det finns tre större skillnader i projekteringsarbete mellan korslimmat trä och betong. Dessa skillnader är:

##### Ljudkrav

Respondenten berättar utifrån bostadsprojektet att det svåraste i projekteringen har varit att klara av ljudkraven. Träelementen behöver projekteras mer noggrant och i större omfattning för akustik. Till följd av att uppnå ljudkraven är bjälklagselementens dimensioner betydligt större i trä.

##### Erfarenhet

Det finns dålig kunskap över hur standardlösningar för KL-träelement ska se ut. Det hade varit värdefullt om företaget hade en sammanställning av standardiserade lösningar på bjälklag och väggar, men det finns inte. I stället blev projekteringsarbetet mer omfattat där många parter var iblandade och hade flera åsikter om hur träelementen skulle byggas. Att bygga i korslimmat trä är fortfarande nytt och företaget testas sig fram. I projekteringsarbetet för betong finns det större erfarenhet och fler standardlösningar på elementen, vilket minskar projekteringsarbetet.

## Väderskydd

För trästommar har fallföretaget krav att bygga med väderskydd. Väderskydd kräver ytterligare projekteringsarbete då väderskyddet behöver anpassas till projektet.

### *Utmaningar i projekteringsarbete för respektive stommaterial:*

Den största utmaning med projekteringsarbetet var att uppnå ljudkraven för bjälklagssementen i trästommen. Respondenten kunde inte svara på om det fanns någon utmaning i projekteringsarbete för betongbyggnader.

### *Klimatpåverkans betydelse i val av stommaterial:*

Priset är fortfarande styrande. Däremot får klimatpåverkan allt större betydelse då beställaren blir mer klimatfokuserad.

## 4.1.3 Intervju Produktionschef

### *Erfarenhet:*

Respondenten har arbetat som produktionschef i 10 år. Under sina 10 år har responderten huvudsakligen arbetat med nyproduktion av betonghus men arbetar nu med sitt första projekt i KL-trä.

### *Skillnader i byggproduktionsskedet mellan korsslimmat trä och betong:*

Det finns flera skillnader i byggproduktionsskedet mellan respektive stommaterial. De största skillnaderna som respondenten tar upp i intervjun beskrivs nedan:

Vid byggande i betong behöver torkningstiden beaktas vilket kan förhindra start för andra arbetsmoment. En betongstomme byggs vanligtvis upp våning för våning och därefter påbörjas stomkompletteringsarbete. För en trästomme kan stomkompletteringsarbetet pågå parallellt med byggande av stommen.

Respondenten berättar att montagetiden för att upprätta en trästomme jämfört med betongstomme är betydligt snabbare. Däremot krävs det mer kompletteringsarbete för trästommen. Betongelementen levereras med en högre prefabriceringsgrad och monteras som färdiga element, till skillnad från träelementen. Utöver detta berättar responderten att träelements egentyngd är fördelaktiga i byggproduktionen och att mindre omfattande kranar behövs för att montera trästommen.

I byggande av trästommar för flervåningshus har fallföretaget som krav att använda väderskydd, vilket förändrar förutsättningarna för produktionen. Under produktionen skapar väderskyddet en tät och torr arbetsmiljö vilket medför att flera arbetsmoment kan påbörjas tidigare. Produktionen blir mer effektiv och arbetsmiljön blir bättre.

#### *Klimatpåverkan i produktionen:*

Respondenten berättar att hållbarhetsfrågan är högt prioriterad och att produktion arbetar med att uppnå miljökrav från miljöcertifiering.

#### *Övrigt:*

Respondenten berättar att på de senaste åren har träpriserna ökat, vilket hämmar träbyggandet. En bredare marknad behövs för att öka trä byggandet. Det inte är brist på träd utan problemet är att det behövs fler sågverk och fabriker för att öka utbudet av träprodukter. Detta kan medföra att träpriserna sänks. I byggprojektet som respondenten varit involverad i, har KL-träelementen köpts in från Österrike.

#### 4.1.4 Intervju Projekteringsledare

##### *Erfarenhet:*

Respondenten har tidigare under flera år arbetat med betong och limträstommar, men sitter nu med ett kommersiellt projekt som byggs med KL-stomme.

##### *Utmaningar med att bygga och projektera i trä:*

Det finns ett flertal utmaningar menar respondenten. Att uppnå en fuktsäker byggprocess kan vara en utmaning som kräver god planering för väderskydd. Förutom att väderskyddet medför en ökad kostnad begränsar det också utformningen på byggnaden. Fler utmaningar är ljud och brand där framför allt ljudkraven kan vara svåra att uppnå med trästomme. I vissa fall krävs dyra speciallösningar för att uppnå ljudkraven.

##### *Fördelarna med att projektera och bygga i trä:*

Respondenten tycker utifrån egen erfarenhet att trä är ett roligt material att arbeta med och att det känns innovativt.

#### *Skillnader i projekteringsarbetet mellan KL-trä och prefab betong:*

Respondenten påpekar att den stora skillnaden är att fallföretaget inte har standardbyggdelar för trähus, som annars alltid används vid betongbyggandet. En annan skillnad är att i träbyggnader måste ljud- och brandkonsulter vara mer involverade under projekteringsfasen. Vanligt sitter en akustiker med under hela projekteringsfasen för att säkerställa att ljudkrav uppnås.

#### 4.1.5 Intervju Kalkylingenjör

##### *Erfarenhet:*

Respondenten har arbetat som kalkylator i 12 år och har i sitt senaste projekt genomfört en kalkyl för en KL-trästomme.

##### *Skillnaden i kalkylarbetet för respektive stomme:*

Respondenten anser att den stora skillnaden är montagetimmar, detaljer och priset på materialet.

##### *Kostnadsposter som brukar generera höga kostnader för respektive material:*

Respondenten anser att trästommar brukar generera mer kompletteringsarbete och ha en högre materialkostnad.

##### *Arbete med klimatberäkningar:*

Respondenten berättar att en klimatkalkyl alltid utförs i samband med en kostnadskalkyl. I ett tidigt stadie blir kvalitén av kalkylen inte särskilt bra, men kalkylen bearbetas efterhand och blir bättre genom projektets gång.

#### 4.1.5 Intervju Affärsutvecklare

##### *Erfarenhet:*

Respondenten har arbetat som affärsutvecklare i fyra år inom företaget och är nu med och tar fram programhandlingar för ett flerbostadshus som är tänkt att byggas i kortlimmat trä.

*Valet av stommaterial, vilket faktorer är avgörande:*

Respondenten menar att valet av stommaterial skiljer sig från projekt till projekt och det oftast görs en avvägning mellan pris, konsumentnytta och klimat. Hur avvägningen görs varierar men generellt väger pris tyngst, då det i många fall gäller att vara konkurrenskraftig. Respondenten påpekar att vissa system kan vara billigare men leder i stället till högre garantikostnader vilket också är viktigt att tänka på vid val av stomme.

*Alternativa stomsystem för att jämföra:*

Respondenten menar att företaget alltid gör en stomjämförelse för att hitta bästa alternativ. Däremot varierar omfattningen av jämförelsen.

*Är klimatpåverkan av stor betydelse vid val av stommaterial:*

Klimatpåverkan har en stor betydelse och beror lite på hur ekonomin för projektet ser ut. Respondenten tror att klimatpåverkan kommer bli en viktigare faktor framöver och tror att utsläppen kommer bli mer kopplat till ekonomin i form av skatter och avgifter på koldioxidutsläpp.

*Övrigt:*

Respondenten menar att branschen skulle behöva ett bättre underlag på dels klimatnyttan av trä, dels i vilka situationer som det kan vara lämpligt att bygga i trä. Detta underlag skulle kunna användas för att visa beställare fördelarna med att bygga i trä och skulle därför kunna öka träbyggandet.

#### 4.1.6 Intervju sammanställning

Utifrån intervjustudien sammanställs respondenternas för- och nackdelar om korslimmat trä mot betong.

##### *Fördelar*

- Bättre flöde i produktionen
- Kortare montagetid
- Lättare material som kräver mindre omfattande kranar
- Mindre klimatpåverkan

##### *Nackdelar*

- Färre leverantörer
- Högre materialkostnader
- Krävs mer planering och arbete med väderskydd
- Lägre prefabriceringsgrad
- Längre projekteringstid
- Mer kompletteringsarbete
- Mindre erfarenheter av byggmetoden
- Mindre standardelement
- Svårare att uppnå brand- och ljudkrav



## 4.2 Dokumentstudie

I projektet Alm undersöks två stomalternativ för ett flerbostadshus på åtta våningar. Initialt skulle byggnadens stomme uppföras i korslimmat trä men fallföretaget är även intresserad av att undersöka betong som stomalternativ. Låga utsläpp i byggskedet är av intresse för fallföretaget och därmed ska miljövänliga byggnadsmaterial användas. För betongalternativet används fallföretagets gröna betong, där en andel cement ersätts med bindemedlet slagg.

### 4.2.1 Förutsättningar

Kalkylen är upprättad i tidigt skede och därför har många antagande gjorts. Kostnads- och klimatkalkylen består av 10 huvudposter som redovisas i tabell 4. Ett flertal huvudposter antas ha samma kostnader och utsläpp för respektive stomalternativ och är därför inte relevanta i jämförelsen. Huvudposterna *Sanering och rivning*, *Mark* och *Husunderbyggnad* ingår inte i kalkylen eftersom båda stomalternativen ska utföras med platsgjutet garage och entréplan. Huvudposten *Yttertak och Invändig ytskikt* ingår i kalkylen men kostnaden och utsläppen är densamma för båda stomalternativen eftersom utförandet är detsamma. Huvudposten *Installationer* har antagits till samma kostnad för båda stomalternativen. *Allmänna kostnader* antas ha en skillnad i kostnad mellan stomalternativen men inte i utsläpp av koldioxidekvivalenter. Allmänna kostnader är ett begrepp som fallföretaget använder för att beskriva kostnader som inte direkt går att hänvisa till en viss byggdelen. Till exempel projektorganisationen, projekteringen och andra hjälpmedel.

Huvudposter	Skillnad i kostnad och utsläpp
0 Sanering och rivning	Nej
1 Mark	Nej
2 Husunderbyggnad	Nej
3 Stomme	Ja
4 Yttertak	Nej
5 Fasader	Ja
6 Stomkomplettering	Ja

7 Invändig ytskikt	Nej
8 Installationer	Nej
9 Allmänna kostnader (AK)	Ja, enbart skillnad i kostnad

Tabell 4: Sammanställning av kalkylens huvudposter.

I tabell 5 redovisas de huvudposter där kostnaden och utsläppen skiljer sig mellan stommaterialen. Kostnadskalkylen för betong baseras enbart på empirisk data från kalkylprogrammet SPIK. För träalternativet har en del av stomkostnaden inhämtats från en leverantör. Nedanför redovisas posternas innehåll och var kostnaden är hämtad.

3 Stomme	5 Fasader	6 Stomkomplettering	9 AK
31 Väggar	53 Fasadbeklädnad	62 Undergolv	90 Allmänna kostnader
33 Prefab		64 Innertak	98 Projektering
34 Bjälklag			
36 Stomme trappor			

Tabell 5: Sammanställning huvudposter som skiljer sig i kostnad och utsläpp.

### 31.Väggar

**Betong:** Innerväggar av prefabricerade skalväggar, inklusive betonggjutning. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

**Trä:** Komplettering och beklädnad av innerväggar, lägenhetsavskiljande väggar och ytterväggar. KL-träskivor ingår ej. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

### 33. Prefab

**Betong:** Ytterväggar som består av prefabricerade halvsandwichelement. Kostnaden är hämtat från SPIK.

**Trä:** KL-träskivor för ytterväggar, innerväggar, lägenhetsavskiljande väggar och bjälklag. Ljudlister, smide, frakt, projektering, maskinbearbetning ingår. Beklädnad, övergolv, undertak ingår ej. Kostnad hämtad i offert från leverantör.

### **34. Bjälklag**

**Betong:** Plattbärlag och balkongelement. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

**Trä:** Balkongelement. Kostnaden uppskattad från leverantör.

### **36. Trappor**

**Betong:** Halvloppstrappor av betongelement. Kostnaden är hämtad från SPIK.

**Trä:** Trätrappor inkluderat räcke. Kostnaden är uppskattad utifrån ett referensprojekt.

### **53. Fasadbeklädnad**

**Betong:** Puts inklusive ställning. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK. Varaktigheten för ställning är uppskattad.

**Trä:** Puts exklusive ställning, på grund av väderskyddet används som ställning. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

### **62. Undergolv**

**Betong:** Undergolv för plattbärlag utförs med avjämningsmassa. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

**Trä:** Undergolv består av regelsystem, spånskiva och isolering. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

### **64. Innertak**

**Betong:** Våtrumsskiva i badrum samt inklädnader med gipsskivor av kanaler. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

**Trä:** Komplettering av KL – bjälklag, samt inklädnader med gipsskivor av kanaler och våtrumsskiva i badrum. Kostnaden inkluderar arbetstimmar och är hämtat från SPIK.

### **90. Allmänna kostnader**

**Betong:** Exklusive väderskydd.

**Trä:** Inklusive väderskydd. Kostnaden är en uppskattning från ett tidigare projekt.

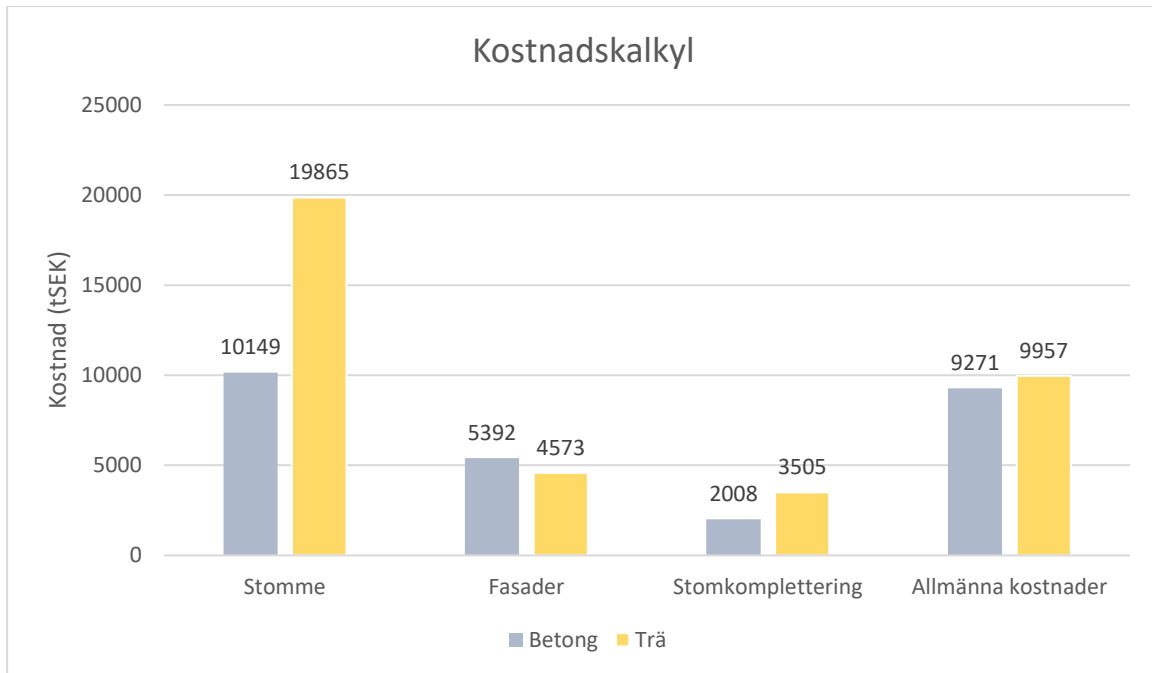
### **98. Projektering**

**Betong:** Uppskattad projekteringskostnaden för en betongstomme.

**Trä:** Uppskattad projekteringskostnaden för KL-stomme med riskpåslag på grund av osäkerheter.

#### 4.2.1 Resultat av kostnadskalkyl

I tabell 6 presenteras den totala byggkostnaden för betong- och trästommen, figur 27 redovisar kostnaden för respektive huvudpost. Hela kostnadskalkylen återfinns i bilaga 1.



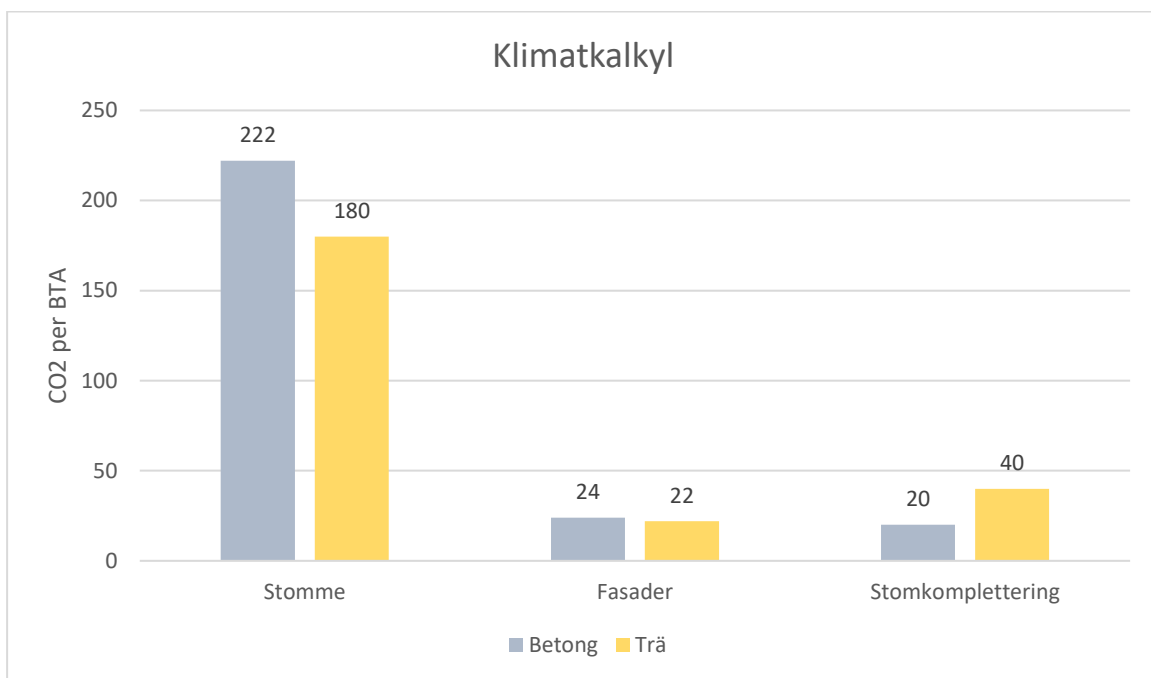
Figur 27: Resultatet från projekt Alms kostnadskalkylen.

	Betong	Trä
Totala byggkostnad	40 922 178 kr	52 092 379 kr

Tabell 6: Totala byggkostnaden för projekt Alm.

## 4.2.2 Resultat av klimatkalkyl

I figur 28 presenteras resultatet av klimatkalkylen som redovisar utsläppen av koldioxidekvivalenter för respektive huvudpost av stommaterialen. Tabell 7 redovisar koldioxidekvivalenter per bruttoarea och kvalitén av klimatkalkylen, det vill säga andel primärberäknade poster. Hela klimatkalkylen återfinns i bilaga 1.



Figur 28: Resultat från projekt Alms klimatkalkyl.

	Betong	Trä
Koldioxidekvivalenter	322 CO <sub>2</sub> /BTA	300 CO <sub>2</sub> /BTA
Kvalité för klimatkalkylen	85 %	65 %

Tabell 7: Utsläpp av koldioxidekvivalenter och klimatkalkylens kvalité.

## 5. Analys och diskussion

I detta kapitel analyseras och diskuteras resultatet från litteratur- och fallstudien.

### 5.1 Kostnader

Ett stomsystem ska uppfylla kraven på hållfasthet, brand och akustik. Valet av stomsystem grundar sig i många fall på att uppfylla dessa krav till lägsta kostnad, men kan även styras av andra krav från beställaren (Hansson et al, 2017). För att korslimmat trä ska kunna konkurrera med de mer traditionella stommaterialen behöver det vara ekonomiskt jämförbart. Som nämns tidigare i litteraturgenomgången finns ett forskningsgap på de ekonomiska fördelarna med att bygga i trä för högre byggnader. Det saknas offentliga uppgifter om kostnader för färdiga träprojekt och det finns få kostnadsjämförelser mellan trä och andra stomsystem. Därav är kostnadsaspekten svår att studera från befintlig forskning.

#### 5.1.1 Kostnadskalkylen Projekt Alm

I studien har en kostnadskalkyl i programskedet upprättats. Även om kalkylen är i tidigt skede kan den vara ett underlag till beslut. Kostnadskalkylen från projekt Alm visar att KL-trästommen är 27 procent dyrare jämfört med betongalternativet. Resultatet visar att den största kostnaden som skiljer sig åt mellan trä och betong är stomkostnaden, där kostnaden är 9,7 miljoner kronor högre för trästommen. Det som utmärker sig i stomkostnaden är kostnadsposten *Prefab*, som för trä innefattar offerten för KL-träskivorna. Denna post är ensam 6,3 miljoner kronor dyrare än den totala stomkostnaden för betongalternativet. Kostnadsposten omfattar både material- och arbetskostnad och den stora prisskillnaden kan antas grundar sig i materialkostnaden. Som nämns i litteraturstudien är priserna på trämaterial rekordhöga, och har de senaste året ökat med nästan 90 procent, jämfört med 12 procent för betong (Statistiska centralbyrån 2021). Arbetskostnaden kan skilja sig något för stomalternativen men kan inte antas vara avgörande för den höga prisskillnaden.

Andra kostnadsposter som skiljer sig är stomkomplettering, fasader och allmänna byggnadskostnader. För posten stomkomplettering är kostnaden högre för KL-trästommen. Detta beror främst på att KL-träelementen behöver mer kompletteringsarbete för att uppnå brand- och ljudkraven. Kraven medför att träelementens dimensioner blir större och därmed krävs mer material och kompletteringsarbete.

De allmänna kostnaderna är högre för trästommen än betongalternativet. Detta beror på att ett väderskydd behöver köpas in och att träalternativet har ett högre riskpåslag. Fallföretaget har tagit beslut att heltäckande väderskydd är obligatorisk vid byggande med trästommar högre än två våningar. Beslutet grundar sig i att få en byggmetod som inte är beroende av bra väder samt att proaktivt undvika onödig fukt och därmed risk för skador med tidsödande och kostsam skadehantering som följd. Ett väderskydd medför en högre kostnad i kalkylen, men kan medföra en högre effektivitet i produktionen och minskade platsomkostnader då klimatets påverkan inte längre behöver beaktas (Olin, 2015). Det ökade riskpåslaget beror framför allt på mindre erfarenhet av materialet.

Kostnaden för fasader är högre för betongstommen än träalternativet. Detta beror på att en ställning köps in för putsarbetet av betongstommen. I kostnadskalkylen för träalternativet används väderskyddet som ställning.

Kostanden för projekt Alm är en uppskattning och kalkylen innehåller flera osäkerheter och antaganden, vilket skapar en osäkerhet i resultatet. Med stor sannolikhet är träalternativet dyrare, men byggkostnaden behöver inte skilja sig 27 procent. I studien har vi tagit del av en kostnadssammanställning för ett annat träprojekt som fallföretaget bygger. I detta projekt har också en kostnadsjämförelse för en trä- och betongstomme utförts. Kalkylen är i ett senare skede med ett bättre underlag som medför ett mer pålitligt resultat och fler leverantörer har tillfrågats. Byggkostnaden för träalternativet i detta projekt var ungefär 2,9 procent högre, vilket är en avsevärd skillnad från projekt Alm där kostnaden skiljde sig 27 procent. Alla byggprojekt är unika och utifrån en kostnadssammanställning är det svårt att ge en förklaring till varför skillnaden i byggkostnad är lägre för det andra träprojekt. Men vi tror framför allt att det kan bero på ett bättre underlag och att fler leverantörer har tillfrågats, vilket har medfört ett bättre pris på trästommen som är konkurrenspräglad.

### 5.1.2 Kostnader i produktionen

I produktionen anses arbetet med KL-trä medföra kostnadsbesparingen till följd av snabbare montagetid, vilket både Brander (2013) och Borgström och Föbel (2017) nämner. Även produktionschefen återger i intervjustudien hur montagetiden för att upprätta en trästomme är betydligt snabbare jämfört med en betongstomme. Anledningen till detta är framför allt att vid byggande av trä behöver inte torkningstid beaktas, vilket skapar ett bättre flöde i produktionen.

Torkningstiden medför dels en längre tid för stommontage och förskjuter starten för stomkompletteringsarbete. När ett betongbjälklag gjuts behöver dessutom säkerhetstämp placeras våningen under, vilket kan begränsa att vissa arbetsmoment utförs. Byggandet i trä skapar därmed en mer effektiv produktion där flera arbetsmoment kan pågå parallellt med byggandet av stommen. En annan fördel är träets lätta egentyngd som medför montagefördelar och mindre omfattande lyftkranar.

En ökad produktionskostnad som uppkommer är kompletteringsarbete som krävs för trästommen. Produktionschefen berättar att prefabriceringsgraden för betong är högre, vilket innebär att betongelementen kräver mindre kompletteringsarbete. Träelementen levereras som KL-träskivor och kräver mer omfattande kompletteringsarbete för att uppnå ljud- och brandkrav. Inköpet av ett väderskydd medför också en ökad kostnad, men som produktionschefen och Olin (2015) rapport påpekar skapar ett väderskydd goda förutsättningar för en kortare och effektivare produktion.

Resultatet tyder på att det finns goda möjligheter för en effektiv byggproduktion med en god arbetsmiljö vid träbyggnad. Träelementen har några fördelar mot betongelementen såsom lägre egentyngd, enklare hantering samt att torkningstid inte behöver beaktas. Därav finns det goda möjligheter för en kortare byggtid som leder till kostnadsbesparingar. För att undvika höga kostnader för skadehantering är det viktigt att produktionen är fuktsäker.

### 5.1.3 Kostnader i projektering

Projekteringskostnaden för trästommen har enligt respondenterna varit högre. Både projekteringsledaren och projektchefen var eniga om att projekteringen tog längre tid än vanligt och att mer extern expertis behövde inhämtas. Eftersom KL-trä fortfarande är en relativt ny byggmetod finns det mindre standardiserade lösningar för bjälklag och väggar. Respondenterna berättar även om svårigheter att uppnå ljudkraven och att många speciallösningar behövde tillämpas, vilket även nämns i litteraturstudien avsnitt 3.3.9 *Akustik och brandegenskaper för korslimmat trä*. Detta resulterade i en längre och dyrare projektering.

Den ökade projekteringskostnaden för trästommar antas bero på brist på kunskap och erfarenhet. Precis som respondenterna antyder och som en undersökning av Markström et al (2019) visar så finns det i dagsläget ett begränsat antal individer i branschen som besitter



kunskap om KL-trä. Då kunskapen inom träbyggandet ökar, kommer förmodligen projekteringskostnaden sänkas och inom närliggande framtid kommer det finnas mer standardiserade lösningar.

#### 5.1.4 Kostnader inköp

Materialkostnaden utgör 40 procent av byggkostnaden och därför är inköpspriset på material betydande för ett projekts totala kostnad. Resultatet från kalkylen och intervjuerna antyder att trästommen har en högre inköpskostnad än betongstommen. Som har benämnts tidigare i diskussionen är träpriserna rekordhöga och har under det senaste året ökat med 89,1 procent (Statistiska centralbyrån, 2021). Flera respondenter anser att det höga råvarupriset tillsammans med ett fåtal leverantörer medför en hög inköpskostnad av KL-träskivor. Under de senaste åren har efterfrågan av KL-trä ökat och därmed har fler leverantörer tillkommit. Men marknaden för KL-trä är fortfarande relativt liten jämfört med betong. I projekt Alm köptes KL-träelementen från en svensk leverantör, men i ett flertal projekt som studerats i denna rapport har entreprenören valt att köpa in KL-trä från utländska leverantörer från Österrike för att minska kostnaden. Österrike är en av de länder som är marknadsledande inom KL-träindustrin och har en stor andel leverantörer (Albee et al, 2018). Priset blir därför mer konkurrenspräglat och lägre än i Sverige.

Efterfrågan på KL-trä har under senaste åren ökat och kommer förmodligen fortsätta öka. För att möta den ökade efterfrågan kommer fler leverantörer tillkomma som skapar en högre konkurrens på marknaden. Vi tror att detta eventuellt kan sänka träpriserna och göra trä mer konkurrenskraftigt.

## 5.2 Klimatpåverkan

Många företag inom bygg- och fastighetsbranschen strävar efter att minska sin klimatpåverkan. Från och med 1 januari 2022 gäller krav på klimatdeklaration för nya byggnader. Syftet med den nya lagen är att öka företagens klimatmedvetenhet och att minska klimatpåverkan i byggskedet. Med en pågående klimatomställning har intresset för trä som byggnadsmaterial ökat. Som både tidigare forskning och studiens resultat visar, har trä i byggskedet lägre utsläpp av koldioxidekvivalenter än betong.

### 5.2.1 Livscykelanalys

I litteraturstudien sammanställs två livscykelanalyser som undersöker klimatpåverkan för stommaterialen betong och trä under dess livslängd. Studien avgränsas till byggskedet och därför är modul A1 – A5 i livscykelanalysen av intresse. Utifrån resultatet från livscykelanalysen som upprättas av Erlandsson al et (2018) och Penaloza, Norén och Eriksson (2013) uppstår stora utsläpp vid produktskedet, modul A1-A3, för respektive stommaterial. I produktskedet är även skillnaden i utsläppen som störst för betong och trä. Skillnaden kan förklaras genom att betong genererar höga utsläpp vid råvaruförsörjningen och tillverkning, där tillverkningen av cement står för stora utsläpp. Vid modul A4 som innefattar transporter till byggplatsen är transportavståndet och drivmedlet avgörande för utsläppen. I livscykelanalysen från Erlandsson al et (2018) är utsläppen i modul A4 högre för betong. Trä har fördelen att vara ett lättare material och därmed kan fler trärelement transporteras samtidigt. Däremot är fabriker för tillverkning av KL-trä mindre etablerat vilket kan medföra längre transportavstånd. I rapporten från Erlandsson al et (2018) transporterades KL-träskivorna från Österrike med tåg som motsvarar 2000 km, jämfört med betongelementen som transporterades 150 km med lastbil. Vid bygg- och installationsprocessen i modul A5 har KL-trä högre utsläpp. Denna post innefattar bland annat transporter och avfallshantering av det material som blir spill på byggplatsen. Skillnaden i utsläpp kan bero på att KL-trä har lägre prefabriceringsgrad och kräver mer kompletteringsarbete vilket medför mer spill. Detta kan vara en förklaring till ett högre utsläpp för trä i modul A5.

### 5.2.2 Klimatkalkylen Projekt Alm

Resultatet från studiens klimatkalkyl visar att betongalternativet har 6,8 procent högre utsläpp än träalternativet. I jämförelse med tidigare forskning är skillnaden i utsläppen låga, där bland annat Erlandsson al et (2018) redovisar en skillnad på 22 procent mellan de två olika stommaterialen. Den låga skillnaden kan bero på flera faktorer. I kalkylen har fallföretagets klimatförbättrade betong använts, som enligt produktbladet kan minska klimatpåverkan med upp till 50 procent i jämförelse med traditionell betong (Skanska, 2021c). I kalkylen har också stora träposter sekundärberäknats vilket ger en sämre kvalitet på kalkylen. En stor del av trästommens arbete utförts av underentreprenörer, där klimatdata saknas och kan därför inte primärberäknats. För att öka kvalitén skulle mer klimatdata behöva hämtas från leverantören. En högre kvalitet innebär nödvändigtvis inte att utsläppen för trästommen blir lägre men det ger bättre data för en rättvisare jämförelse.

### 5.2.3 Respondenternas åsikter

Alla tillfrågade respondenter är överens om att klimatfrågan har blivit viktigare de senaste åren och att klimatfrågan är den primära anledningen till ökat byggande i trä. Däremot tror inte alla respondenter att ett ökat byggande i trä är den enda lösningen till ett mer hållbart byggande. Ett flertal respondenter påpekar betongens viktiga ställning i byggbranschen och att betong fortfarande behövs. En effektivare framtagningsslagmetod skulle behövs för att minska koldioxidutsläppen för betong. Framöver tror även respondenterna att beställaren har en viktig roll för att minska klimatpåverkan. Beställaren behöver bli mer klimatmedveten och insatt i vilket klimatavtryck deras projekt har. Med en ökad medvetenhet kan beställaren kräva klimatsmarta lösningar.

Ett ökat byggande i trä är en del av lösningen för att minska byggbranschen klimatpåverkan och vi tror att byggandet av trä kommer öka i framtiden. Branschen har blivit mer klimatfokuserade och medvetna om deras produkters klimatpåverkan. I Sverige finns goda förutsättningar för en hållbar produktion av trämaterial, med både en god tillgång av skog och kunskap om hur skogen ska brukas hållbart.

## 6. Slutsats

I detta kapitel sammanställs studiens slutsatser. Studiens frågeställningar besvaras och kompletteras med övriga slutsatser. Kapitlet avslutas med framtida forskningsförslag.

### 6.1 Svar på frågeställningar

#### **Vilket stommaterial av korslimmat trä och betong har lägst byggkostnad?**

Resultatet från fallstudien visar att ett flerbostadshus med betongstomme medför en lägre byggkostnad jämfört med en stomme i korslimmat trä. Kostnads kalkylen från projekt Alm visar att träalternativet är 27 procent dyrare och samtliga respondenter var överens om att byggkostnaden blir högre för en trästomme. Resultatet tyder på att den ökade kostnaden beror på en högre materialkostnad, mer kompletteringsarbete och kunskapsbrist som resulterar i ökad projekttid och riskpåslag.

Det är svårt att dra en generell slutsats då alla byggprojekt är unika. Men alla projekt som undersökts i denna studie har visat att korslimmat trä ger en högre byggkostnad. Däremot varierar skillnaden i byggkostnad mellan kostnadsjämförelser för betong och trä. Ett annat träprojekt från fallföretaget där en kostnadsjämförelse genomfördes mellan trä och betong, visade att totala byggkostnaden för träalternativet är 2,9 procent högre.

#### **Vilket stommaterial har minst klimatpåverkan i form av koldioxidekvivalenter?**

Resultatet från fallstudien och tidigare forskning visar att trästommar har ett lägre utsläpp av koldioxidekvivalenter. Klimatkalkylen visade att betongstommen, som består av klimatförbättrad betong, släpper ut 6,8 procent mer koldioxidekvivalenter i byggskedet jämfört med stommen i korslimmat trä. Skillnaden i koldioxidekvivalenter är relativt liten och om traditionell betong hade använts skulle skillnaden i utsläpp varit högre. En livscykelanalys från tidigare forskning visade att traditionell betong släpper ut 22 procent mer koldioxidekvivalenter i byggskedet jämfört med en stomme i korslimmat trä.

## Vilka utmaningar behöver branschen övervinna för att öka byggandet med trä?

Det som begränsar ett ökat byggande med trä är priset och bristen på kunskap och erfarenhet. I byggbranschen är priset fortfarande den styrande faktorn och därför behöver trä bli mer ekonomisk fördelaktigt. Resultatet tyder även på att en större kunskapsspridning behöver ske i branschen och marknaden för korslimmat trä behöver breddas.

Kunskapsspridning leder till högre kompetens i branschen som medför en effektivare byggprocess med fler standardiserade lösningar. Resultatet blir kostnadsbesparingar i form av kortare projekterings- och produktionstid med mindre riskpåslag och justeringsfel. En bredare marknad med fler leverantörer gör att branschen blir mer konkurrenspräglad vilket också bidrar till högre kunskap och bättre priser för beställaren.

## 6.2 Övriga slutsatser

Efter att ha genomfört denna studie kan författarna konstatera följande:

- Det finns ett stort intresse att minska klimatpåverkan i byggskedet. Men priset är fortfarande den styrande faktorn och i dagsläget är det stor prisskillnaden mellan betong och trä, vilket begränsar träbyggandet.
- Resultatet i studien tyder på att trä skapar goda möjligheter för en effektivare produktion. Det finns framför allt en möjlighet att förkorta produktionstiden och där göra kostnadsbesparingar.
- Elementen för korslimmat trä har lägre prefabriceringsgrad än betongelementen, vilket innebär mer kompletteringsarbete. Kompletteringsarbetet blir därför dyrare.
- Det kan vara svårt att uppnå ljudkraven för trähus på grund av träets lätta egentyngd. Kraven medför att bjälklag och väggar får större dimensioner, vilket också medför en merkostnad.
- Entreprenören räknar nästan alltid på materialet de har mest erfarenhet av eller materialet angivet i förfrågningsunderlaget. Därmed gynnas inte trä i bedömningen för val av stommaterial.

- För att öka byggande med KL-trä skulle branschen kunna implementera KL-trä i små steg. Hybridlösningar mellan betong och trä skulle kunna tillämpas som utnyttjar materialens goda egenskaper. På så sätt ökar kunskapen om KL-trä.
- För att byggandet med korslimmat trä ska öka behövs fler standardiserade lösningar för att förenkla projekteringsprocessen.

### 6.3 Framtida studier

Följande förslag finns för fortsatt forskning inom området:

I studien framkommer att KL-träelementen har en lägre prefabriceringsgrad jämfört med betong. Det hade varit intressant att undersöka hur en ökad prefabriceringsgrad av KL-träskivorna kan tillämpas och hur detta påverkar projektets totala byggkostnad.

I studien har enbart korslimmat trä i flerbostadshus undersökts. Eftersom det finns andra träbyggnadsmetoder hade det varit intressant att studera kostnaden av dessa. Detta hade kunnat ge företaget ett bredare underlag inom träbyggnad.

Studien fokuserar enbart på byggskedet. Att undersöka skillnaden mellan trähus och betonghus i förvaltningsskedet hade varit intressant.

I dagsläget är det relativt dyrt att bygga med korslimmat trä på grund av att priset på trävaror har ökat mycket det senaste året. Det hade varit intressant att titta på prisutveckling av trävaror under en längre tidsperiod och sammanställa byggkostnader för olika träprojekt genom tiderna.

## 7. Referenser

Ahmed, S. & Arocho, I. (2021). *Analysis of cost comparison and effects of change orders during construction: Study of a mass timber and a concrete building project*, Journal of Building Engineering, Volume 33.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101856>

Albee, R. Muszynski, L. Hansen, E. Knowles, C. Larasatie, P. & Guerrero, J. (2018). *Recent developments in global cross-laminated timber (CLT) market*. World Conference on Timber Engineering.

[https://www.researchgate.net/publication/327208938\\_RECENT\\_DEVELOPMENTS\\_IN\\_GLOBAL\\_CROSS-LAMINATED\\_TIMBER\\_CLT\\_MARKET](https://www.researchgate.net/publication/327208938_RECENT_DEVELOPMENTS_IN_GLOBAL_CROSS-LAMINATED_TIMBER_CLT_MARKET)

Arfvidsson, J., Harderup, L-E. & Samuelson, I. (2017). *Fukthandbok: Praktik och teori*. 4. Uppl. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Barati, E. & Latof, M. (2021). *Arbetsmiljöpåverkan vid val av stommaterial – En jämförelse av arbetsmiljö med avseende på risk och olyckor i projekt med prefabricerad betong respektive KL-trä*. Karlstads universitet.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1590064/FULLTEXT01.pdf>

Bergh, J., Egnell, G. & Lundmark, T. (2020). *Skogens kolbalans och klimatet*. Skogsstyrelsen.

<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-21-skogens-kolbalans-och-klimatet-2020-.pdf>

Berglund, M. & Hedlund, R. (2021). *Ekonomisk jämförelse av prefabricerad betong och korslimmat trä – Totalkostnad av materialen i stommarna*. Örebro universitet.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1565820/FULLTEXT01.pdf>

Berman, J. Blomgren, H. Dolan, J. Pei, S. Popovski, M. Rammer, D. Ricles, J. Sause, R. van de Lindt, J. (2016). *Cross-Laminated Timber for Seismic Regions: Progress and Challenges for Research and Implementation*.

<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29ST.1943-541X.0001192>

Borgström, E. & Fröbel, J. (2017). *KL-trähandbok – Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner*. Stockholm: Svenskt trä.

<https://www.svensktra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/svt-kl-trahandbok-2017.pdf>

Boverket (2006). *Sundsvalls Inre Hamn – Ett utvecklings- och informationsprojekt för trähusbyggande i massivträ.*

[https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/sundsvalls\\_inre\\_hamn.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/sundsvalls_inre_hamn.pdf)

Boverket (2008). *Industriellt bostadsbyggande.*

<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2008/industriellt-bostadsbyggande/>

Boverket. (2014). *Svenska byggkostnader i en internationell jämförelse.*

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2014/svenska-byggkostnader-i-en-internationell-jamforelse.pdf>

Boverket. (2017). *Ljudklassning.*

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/bullerskydd/ljudklassning/>

(Hämtad 2021-09-30)

Boverket. (2021a). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn.*

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>

(Hämtad 2021-09-21)

Boverket. (2021b). *Om miljöindikatorerna.*

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/om-miljoindikatorerna/>

(Hämtad 2021-09-20)

Boverket. (2021c). *Bygg- och fastighetssektorns användning av hälso- och miljöfarliga kemiska produkter.*

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/kemikalier/>

(Hämtad 2021-09-20)



Boverket. (2021d). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/avfall/>  
(Hämtad 2021-09-20)

Boverket. (2021e). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft.*  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/>  
(Hämtad 2021-09-21)

Boverket. (2021f). *Miljöindikatorer - aktuell status.*  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/>  
(Hämtad 2021-09-21)

Boverket. (2021g). *Klimatdeklarationens omfattning.*  
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>  
(Hämtad 2021-09-21)

Brander, R. (2013). *Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report.* Graz University of Technology.  
[https://www.researchgate.net/publication/261884030\\_Production\\_and\\_Technology\\_of\\_Cross\\_Laminated\\_Timber\\_CLT\\_A\\_state-of-the-art\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/261884030_Production_and_Technology_of_Cross_Laminated_Timber_CLT_A_state-of-the-art_Report)

Brander, R. Flatscher, G. Ringhofer, A. Schickhofer, G. & Thiel, A. (2016). *Cross laminated timber (CLT): overview and development.* Vol 74, ss. 331-351.  
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00107-015-0999-5.pdf>

Burström., P-G (2015). *Byggnadsmaterial – Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.* Lund: Studentlitteratur.

Byggföretagen (2021). *Byggkostnader.*  
<https://byggforetagen.se/statistik/byggkostnader/>  
(Hämtat 2021-09-21)

Carlsson, P. (2021). *Balancing between environmental impact and vibroacoustic performance for lightweight buildings*. Lund University.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=9065659&fileOId=9065660>

Davidsson, B. & Patel, R., (1994). *Forskningsmetodikens grunder*. Lund: Studentlitteratur.

Di Bella, A & Mitrovic, M. (2020). *Acoustic Characteristics of Cross-Laminated Timber Systems*. University of Padova.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5612>

Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, M., Kellner, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus*.

<https://www.ivl.se/download/18.72aeb1b0166c003cd0d1d5/1542035270063/C350.pdf>

Ekman, L. & Jönsson, K-O. (2020). *Betongens klimatpåverkan: En studie om betongens klimatpåverkan och byggbranschens syn på materialet*. Lunds universitet.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=9016791&fileOId=9016796>

Fagerlund, G. (1999). *Betong i ett livscykelerspektiv*. Lund: Studentlitteratur.

Gustafsson, A., Eriksson, P-E., Engström, S., Wik, T. & Serrano, E. (2012). *Handbok - för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä*.

<https://www.svenskttra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/handbok-flervaningshus-i-tra.pdf>

Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R. & Persson, U., (2015). *Byggledning - Projektering*. Lund: Studentlitteratur.

Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R., Persson, M. & Persson, U., (2017). *Byggledning - Produktion*. Lund: Studentlitteratur.

Klippel, M. & Schmid, J. (2017). *Design of Cross Laminated Timber in Fire, Structural Engineering International, Vol 27, ss. 224-230*.

<https://doi.org/10.2749/101686617X14881932436096>

Lantz, A. (1993). *Intervjumetodik*. Lund: Studentlitteratur.

Levasseur, A., Lesage, P., Margni, M., Deschenes, L. & Samson, R. (2010). *Considering Time in LCA: Dynamic LCA and Its Application to Global Warming Impact Assessments*. Environmental. Science & Technology, Vol 44, ss. 3169-3174.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es9030003>

Markström, E., Kuzman, M., Bystedt, A. & Sandberg, D. (2019) *Use of wood products in multi-storey residential buildings: views of Swedish actors and suggested measures for an increased use*, Wood Material Science & Engineering, Vol 14, ss. 404-419.

<https://doi.org/10.1080/17480272.2019.1600164>

Naturvårdsverket. (2020). *Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser*.

<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag>

(Hämtad 2021-09-18)

Naturvårdsverket. (2021). *Beräkna klimatpåverkan*.

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/luft-och-klimat/berakna-klimatpaverkan/#E-749988470>

(Hämtade 2021-10-02)

Olin, S. (2015). *Väderskydd vid byggproduktion: Kravställning och lönsamhet*. Lunds universitet.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=7410292&fileOId=7410423>

Olsson, H. & Sörensen, S. (2011). *Forskningsprocessen*. 3. Uppl. Stockholm: Liber AB

Olsson, L. (2019). *Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd*.

<https://www.sbuf.se/Projektsida?project=812fba34-2bc8-4f0d-bc3c-9e5e8e62e7ae>

Penaloza, D., Noren, J., Eriksson, P-E. (2013). *Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälludden Case Study*.

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962737/FULLTEXT01.pdf>

Sandin, K. (2014). *Praktisk husbyggnadsteknik*. Lund: Studentlitteratur

Skanska. (2021a). *Så arbetar vi med klimatneutralitet*.

<https://www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/klimatneutralitet/sa-arbetar-vi-med-klimatneutralitet/>

(Hämtad 2021-09-14)

Skanska. (2021b). *Klimatneutralitet*.

<https://www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/klimatneutralitet/>

(Hämtad 2021-09-15)

Skanska. (2021c). *Grön betong*.

<https://www.skanska.se/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/betong/gron-betong/>

(Hämtad 2021-11-01)

Skogsstyrelsen. (2021). *Skogens roll för klimatet*.

<https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/skog-och-klimat/skogens-roll-for-klimatet/>

(Hämtad 2021-09-16)

Statistiska centralbyrån. (2017). *Priserna för nyproducerade bostadshus ökar men i lägre takt*.

<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/byggnadskostnader/priser-for-nyproducerade-bostader/pong/statistiknyhet/priser-for-nyproducerade-bostader-2017/>

(Hämtad 2021-09-09)

Statistiska centralbyrån. (2021). *Byggekostnaderna har ökat med 7,8 procent på ett år*.

<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/byggnadsprisindex-samt-faktorprisindex-for-byggnader/faktorprisindex-for-byggnader-fpi/pong/statistiknyhet/faktorprisindex-for-byggnader-september-2021/>

(Hämtad 2021-09-09)

Svensk Betong (2017). *Betong och klimat: En rapport om arbetet för klimatneutral betong*.

[https://thomasbetong.se/images/docs/Environment/Rapport%20Betong\\_och\\_klimat\\_Thomas%20Betong.pdf](https://thomasbetong.se/images/docs/Environment/Rapport%20Betong_och_klimat_Thomas%20Betong.pdf)

(Hämtad 2021-09-27)

Svensk Betong. (2021a). *Koldioxidutsläpp*.

<https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/miljo-och-hallbarhet/koldioxidutslapp>

(Hämtad 2021-09-14)

Svensk Betong. (2021b). *Väggelement*.

<https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/produktredovisning/komponenter-till-hus-och-anlaggning/vaggelement>

(Hämtad 2021-09-16)

Svenskt Trä. (2015). *Val av stomsystem, produktionsmetod och installationer*

<https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/projektering-av-trahus---generellt/projektering-av-trahus---generellt/val-stomsystem-produktionsmetod/>

(Hämtad 2021-09-14)

Svenskt Trä. (2017). *Generell beskrivning av massivträteknik*.

<https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/massivtrateknik/generell-beskrivning-av-massivtrateknik/?previousState=01000>

(Hämtad 2021-09-04)

Svenskt Trä. (2021a). *Trä i byggprocessen*.

<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/bygga-i-tra/>

(Hämtad 2021-09-13)

Svenskt Trä. (2021b). *Byggande med trä*.

<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/>

(Hämtad 2021-09-14)

Svenskt Trä. (2021c). *Träbyggande minskar klimatpåverkan*.

<https://www.svenskttra.se/trafakta/allmant-om-tra/tra-och-hallbarhet/trabyggande-minskar-klimatpaverkan/>

(Hämtad 2021-09-14)

Svensson, P-G. & Starrin, B. (1996). *Kvalitativa studier i teori och praktik*. Lund: Studentlitteratur.

Tillväxtverket. (2019). *Tillväxtresan: Det svenska träbyggandets återuppståndelse*.  
<https://tillvaxtverket.se/eu-program/inspiration-och-resultat/projektexempel---t-o-m-2-ar/2019-03-04-tillvaxtresan-det-svenska-trabyggandets-ateruppstandelse.html>  
(Hämtad 2021-09-02)

Vriejhoef, R. & Koskela, L. (2000). *The four roles of Supply Chain Management in Construction*, European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol 6, ss. 169-178.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969701200000137>

## 8. Bilagor

### Bilaga 1: Kostnads- och klimatkalkyl

		Projekt Alm Betong		per BTA	per LGH	Antal timmar	Total kg CO <sub>2</sub> -ekv	CO <sub>2</sub> per BTA
0, 1, 2	Rivning och Mark							
<b>3</b>	<b>Stomme</b>	<b>10 149 008 kr</b>	<b>24,75%</b>	<b>3 903 kr</b>	<b>390 346 kr</b>	<b>2739</b>	<b>576367</b>	<b>222</b>
31	Väggar	2 226 908 kr	5,43%	857 kr	85 650 kr	781	140404	54
32	Pelare		0,00%					
33	Prefab	2 957 305 kr	7,21%	1 137 kr	113 743 kr		168464	65
34	Bjälklag	4 427 994 kr	10,80%	1 703 kr	170 307 kr	1958	259501	100
35	Smide	52 000 kr	0,13%	20 kr	2 000 kr		2544	1
36	Stomme trappor	484 800 kr	1,18%	186 kr	18 646 kr		5454	2
<b>4</b>	<b>Yttertak</b>	<b>1 144 718 kr</b>	<b>2,79%</b>	<b>440 kr</b>	<b>44 028 kr</b>	<b>379</b>	<b>27144</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Fasader</b>	<b>5 392 604 kr</b>	<b>13,15%</b>	<b>2 074 kr</b>	<b>207 408 kr</b>	<b>2682</b>	<b>61335</b>	<b>24</b>
51	Utfack		0,00%					
53	Fasadbeklädnad	2 318 172 kr	5,65%	892 kr	89 160 kr	1978	8441	3
55	Fönster, partier	1 855 247 kr	4,52%	714 kr	71 356 kr	704	46336	18
58	Huskomplettering	1 219 184 kr	2,97%	469 kr	46 892 kr		6558	3
<b>6</b>	<b>Stomkomplettering</b>	<b>2 008 192 kr</b>	<b>4,90%</b>	<b>772 kr</b>	<b>77 238 kr</b>	<b>1649</b>	<b>50764</b>	<b>20</b>
61	Insida utfack		0,00%					0
62	Udergolv	345 999 kr	0,84%	133 kr	13 308 kr	14	14286	5
63	Innerväggar	843 290 kr	2,06%	324 kr	32 434 kr	1145	17242	7
64	Innertak	74 880 kr	0,18%	29 kr	2 880 kr	104	1975	1
65	Övrigt invändigt	744 023 kr	1,81%	286 kr	28 616 kr	386	17261	7
<b>7</b>	<b>Invändig ytskikt</b>	<b>5 398 338 kr</b>	<b>13,16%</b>	<b>2 076 kr</b>	<b>207 628 kr</b>	<b>1164</b>	<b>73698</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Installationer</b>	<b>7 647 800 kr</b>	<b>18,65%</b>	<b>2 941 kr</b>	<b>294 146 kr</b>	<b>0</b>	<b>48187</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>AK</b>	<b>9 271 589 kr</b>	<b>22,61%</b>	<b>3 566 kr</b>	<b>356 600 kr</b>	<b>649</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
90	Allmänna kostnader	4 721 589 kr	11,51%	1 816 kr	181 600 kr	649		
91	Projektorganisation	2 860 000 kr	6,97%	1 100 kr	110 000 kr			
98	Projektering	1 690 000 kr	4,12%	650 kr	65 000 kr			
		<b>41 012 248 kr</b>	<b>100,00%</b>	<b>15 774 kr</b>	<b>1 577 394 kr</b>	<b>9261,71</b>	<b>837494</b>	<b>322</b>
							Enligt Gröna kartan	
	<b>Totalkostnad ink påslag</b>	<b>41 012 248 kr</b>		<b>15 774 kr</b>	<b>1 577 394 kr</b>		<b>747530</b>	<b>288</b>
							Kvalite Totalt	85%
							Kvalite Gröna kartan	93%

		Projekt Alm Trä		per BTA	per LGH	Antal timmar	Total kg CO <sub>2</sub> -ekv	CO <sub>2</sub> per BTA
0, 1, 2	Rivning och Mark							
<b>3</b>	<b>Stomme</b>	<b>19 865 532 kr</b>	<b>38,14%</b>	<b>7 641 kr</b>	<b>764 059 kr</b>	<b>2373</b>	<b>469226</b>	<b>180</b>
31	Väggar	1 827 993 kr	3,51%	703 kr	70 307 kr	2373	191740	74
32	Pelare		0,00%					
33	Prefab	16 461 539 kr	31,60%	6 331 kr	633 136 kr		76124	29
34	Bjälklag	504 000 kr	0,97%	194 kr	19 385 kr		187088	72
35	Smide	52 000 kr	0,10%	20 kr	2 000 kr		2544	1
36	Stomme trappor	1 020 000 kr	1,96%	392 kr	39 231 kr		11730	5
<b>4</b>	<b>Yttertak</b>	<b>1 144 718 kr</b>	<b>2,20%</b>	<b>440 kr</b>	<b>44 028 kr</b>	<b>379</b>	<b>27144</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Fasader</b>	<b>4 573 232 kr</b>	<b>8,78%</b>	<b>1 759 kr</b>	<b>175 894 kr</b>	<b>2682</b>	<b>57812</b>	<b>22</b>
51	Utfack		0,00%					
53	Fasadbeklädnad	1 698 600 kr	3,26%	653 kr	65 331 kr	1978	8441	3
55	Fönster, partier	1 855 247 kr	3,56%	714 kr	71 356 kr	704	46336	18
58	Huskomplettering	1 019 384 kr	1,96%	392 kr	39 207 kr		3036	1
<b>6</b>	<b>Stomkomplettering</b>	<b>3 505 212 kr</b>	<b>6,73%</b>	<b>1 348 kr</b>	<b>134 816 kr</b>	<b>3648</b>	<b>104922</b>	<b>40</b>
61	Insida utfack		0,00%					
62	Udergolv	1 539 075 kr	2,95%	592 kr	59 195 kr	1499	57817	22
63	Innerväggar	824 058 kr	1,58%	317 kr	31 695 kr	1145	17242	7
64	Innertak	398 056 kr	0,76%	153 kr	15 310 kr	572	11878	5
65	Övrigt invändigt	744 023 kr	1,43%	286 kr	28 616 kr	432	17985	7
<b>7</b>	<b>Invändig ytskikt</b>	<b>5 398 338 kr</b>	<b>10,36%</b>	<b>2 076 kr</b>	<b>207 628 kr</b>	<b>1164</b>	<b>73698</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Installationer</b>	<b>7 647 800 kr</b>	<b>14,68%</b>	<b>2 941 kr</b>	<b>294 146 kr</b>	<b>0</b>	<b>48187</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>AK</b>	<b>9 957 548 kr</b>	<b>19,12%</b>	<b>3 830 kr</b>	<b>382 983 kr</b>	<b>649</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
90	Allmänna kostnader	5 277 548 kr	10,13%	2 030 kr	202 983 kr	649		
91	Projektorganisation	2 860 000 kr	5,49%	1 100 kr	110 000 kr			
98	Projektering	1 820 000 kr	3,49%	700 kr	70 000 kr			
		<b>52 092 379 kr</b>	<b>100%</b>	<b>20 036 kr</b>	<b>2 003 553 kr</b>	<b>10894</b>	<b>780989</b>	<b>300</b>
							Enligt Gröna kartan	
	<b>Totalkostnad ink påslag</b>	<b>52 092 379 kr</b>		<b>20 036 kr</b>	<b>2 003 553 kr</b>		<b>690301</b>	<b>266</b>
							Kvalite Totalt	65%
							Kvalite Gröna kartan	72%

## Bilaga 2: Intervjuplan - Genomförande

### En kort bakgrund

Hej,

Vi heter Mattias och Oscar och skriver nu vårt examensarbete i byggproduktion vid Lunds tekniska högskola tillsammans med Skanska Hus Stockholm. Hållbarhetsfrågor har blivit allt viktigare i byggnadsbranschen och det finns ett växande intresse av att bygga i trä. Med denna bakgrund har vi valt att skriva ett examensarbete om stomsystem av trä.

Kortfattat undersöker examensarbetet korslimmat trä som stommaterial, där vi studerar för- och nackdelar med att bygga flerbostadshus i trä. I studien görs en jämförelse med dagens vanligaste stommaterial, betong, utifrån aspekterna kostnad och klimatpåverkan. Vi skulle vara tacksamma om ni har möjlighet att ställa upp på en intervju och bidra till denna studie.

### Intervjuinformation

Intervjun består av cirka 10 frågor och kommer pågå i cirka 45 minuter.

Intervjun kommer vara anonym och ni kommer listas som "Respondent 1, 2, 3" osv.

Intervjun kommer genomföras via Microsoft Teams eller motsvarande.

Vi önskar spela in ljudet från intervjun för att kunna transkribera och sammanställa svaren, vänligen meddela oss om ni inte vill bli inspelade.

### Bakgrundsfrågor

Vilken yrkesroll har du?

Hur många års erfarenhet har du inom din yrkesroll?

### Intervjufrågor för samtliga respondenter

1. Har du tidigare erfarenheter av att arbeta med KL-trä? Om ja, när och i vilken omfattning?  
-Hur tror du kunskapen inom KL-trä ser ut inom ert företaget och i byggbranschen?
2. När ni bygger flerbostadshus, vilket är det vanligaste stommaterialet?  
- Varför tror du det stommaterialet förekommer mest?  
- Vad tror du är de främsta nackdelar med stommaterialet?  
- Om stommaterialet inte är KL-trä. Vilka är de främsta anledningarna till att stommaterialet väljs framför KL-trä?  
- Vad tror du är de främsta anledningarna till att välja KL-trä framför andra stommaterial?



### Intervjufrågor för projektchef

1. Hur går valet av stommaterial till under projekteringsskedet?
2. Hur vanligt är det att beställaren i tex förfrågningsunderlaget kräver ett specifikt stommaterial?
3. Vilka skillnader finns det i projekteringsarbetet mellan KL-trä och prefabricerad betong?
4. Vilka anser du är det största utmaningarna i projekteringsarbetet med att uppföra respektive stomme?
5. Är byggnadens klimatpåverkan (dvs CO<sub>2</sub> - ekvivalenter) av stor betydelse vid val av stommaterial?

### Intervjufrågor för produktionschef

1. Vilka betydelsefulla skillnader finns det i byggproduktionsskedet för respektive stommaterial? Vad finns det för utmaningar?
2. Vilka aktiviteter/arbetsmoment, för respektive stommaterial, genererar höga kostnader?
3. Hur arbetar ni med klimatfrågor i produktionen?  
- Tror du att ökat användande av trä kan minska produktionen klimatpåverkan?

### Intervjufrågor för kalkylingenjör

1. Vad är största skillnaden i kalkylarbetet för respektive stomme? Vilka utmaningar finns?
2. Vilka kostnadsposter brukar generera höga kostnader för respektive material?
3. Hur brukar ni arbeta med klimatberäkningar? Vilken typ av beräkning görs?  
- Utförs klimatberäkningar för alla projektet eller då beställaren kräver det?  
- Är det vanligt att utföra en klimatberäkning för ett alternativt stomsystem?

### Intervjufrågor för projekteringsledare

1. Vad skulle du säga är det största utmaningarna med att projektera och bygga i trä?
2. Vad skulle du säga är de största fördelarna med att projektera bygga i trä?
3. Vilka skillnader finns det i projekteringsarbetet mellan KL-trä och prefabricerad betong?

### Intervjufrågor för affärsutvecklare

1. Hur går valet av stommaterialet till?  
- Vilka faktorer är avgörande för val av stommateriale och hur tungt väger de olika faktorerna?
2. Tar ni fram alternativa stomsystem för att jämföra och bedöma för- och nackdelar?
3. Är klimatpåverkan av stor betydelse vid val av stommateriale?

### Avslutade frågor till samtliga respondenter

1. Vad anser du behöver förändras i branschen för att öka användandet av trä?  
- Finns det några konkreta åtgärder som kan implementeras?
2. Hur tror du träbyggandet kommer se ut i framtiden, kommer det öka eller minska, och vad tror du är anledningen till förändringen?
3. Finns det något du skulle vilja tillägga som du anser vara relevant för studien?

## Bilaga 3: Transkribering av intervjuer

### **Projekteringsledare:**

*Hur ser din yrkesbakgrund ut? Har du tidigare erfarenhet av att arbeta med KL-trä och hur tror du kunskapen KL-trä ser ut inom ert företaget och i byggbranschen?*

Jag har jobbat med limträstommar och mer traditionella trästommar. Med sitter nu med ett projekt med KL - träskivor där stommen är ett pelarbalksystem. Projektet är ett hotell med kontor.

Det finns en del som jobbar med KL - trä och har hög kunskap, även inom företaget. Men i det stora hela är det väldigt begränsat, det är inte alls lika många som kan stomsystem i trä. Detta tror jag beror på att vi är traditionella och man har respekt för trä och utmaningen som finns med trä.

*När ni bygger flerbostadshus, vilket är det vanligaste stommaterialet?*

Betong är det vanligaste stommaterialet och från egen erfarenhet förkommer betong mest för att vi är rädd för fuktproblematiken som kan uppstå med trästommar, vilket bromsar träutveckling och gynnar betongstommar. Utöver detta är kostnadsaspekten viktig, det finns flera kända kostnader och flera leverantörer för betongstomme. Nackdelar är klimatavtrycket och nu på senaste tiden tillgången till cement.

*Vad skulle du säga är det största utmaningarna med att projektera och bygga i trä?*

Det är mycket fokus på fuktproblem som kan uppstå, och att stommen är fuktsäkrad under produktionsskedet. Sedan planeringen av väderskyddet, som är en stor kostnad och också begränsar vad som är möjligt att bygga. Fler utmaningar är brand och akustik som vid betongstomme innebär färre risker. Ljud är definitivt svårt i trä, men även brand. Vanligtvis får man klä in och behandla trästommen, vilket är lite tråkigt. Kan i vissa fall vara svårt att uppnå ljudkraven med en trästomme vilket kan behöva många speciallösningar.

*Vad skulle du säga är de största fördelarna med att projektera bygga i trä?*

Det känns roligt att projektera i trä och innovativt, och driva branschen mot mer träbyggande.

*Vilka skillnader finns det i projekteringsarbetet mellan KL-trä och prefabricerad betong?*

På Skanska finns det standardbyggdelar för ett betonghus vilket inte finns för trähus där underlaget saknas. Vanligtvis måste man ha med sig en akustiker under hela projekteringsfasen för trä, som undersöker varje del. Även brand behöver vara med involverade. Givetvis sker en avstämning med ljud och brand för en betongstomme också, men inte lika frekvent. Det finns heller inte lika många leverantörer av standarddetaljer.

*Vad anser du behöver förändras i branschen för att öka användandet av trä?*

Tror det är viktigt att det blir mer synligt och finns lite spjutprojekt. Det är viktigt att prata öppet om vilka risker och utmaningar som finns inom branschen. I övrigt mer regler kring klimatutsläpp skulle kunna påskynda. Dessutom skulle man kunna släppa lite på ljudkraven för det är i många fall svårt att uppnå dessa vid träbyggnader.

*Hur tror du träbyggandet kommer se ut i framtiden?*

Tror det kommer öka, finns en efterfrågan på det från marknaden. Sedan finns det risk att det blir ett tillbakaslag mot träbyggnaden för att något inte blev så bra som man hade hoppats. Drivande är klimatfrågan vilket förmodligen kommer driva det framåt. Frågor kring materialets hållbarhet i tid är något som man ofta inte talar om men är också viktig, till exempel måste en träskiva måste bytas ut oftare än en tegelsten.

*Har du något du önskar tillägga?*

Det som är märkbart är att KL-träskivorna på senaste tid har stuckit väg i pris, det kan vara en märkbar skillnad mellan några månader. Förhoppningen är att nu när fler leverantörer etablerar sig kommer marknaden stabiliseras. Det finns också faktorer som antyder att mängden trä regleras i senare skede medan betongtillverkare lämnar ett mera fast pris. Detta kan försvåra möjligheten att få en rättvis kostnadskalkyl.

## **Kalkylingenjör:**

*Hur ser din yrkesbakgrund ut? Har du tidigare erfarenhet av att arbeta med KL-trä och hur tror du kunskapen KL-trä ser ut inom ert företag och i byggbranschen?*

Jag har jobbat 12 år som kalkylator men har inte arbetat med KL-trä i någon större omfattning tidigare. Har nyligen genomfört en kostnads- och klimatkalkyl för ett bostadsprojekt som ska uppföras med KL-trästomme.

Kunskapen om träbyggnad finns inom företaget men den är begränsad till ett fåtal individer. Att bygga flervåningshus av trästommar är så pass nytt vilket medför att flertal personer inom företaget inte har arbetat med KL-trästommar tidigare. Mer kunskap om träbyggnad skulle behöva spridas i verksamheten, vilket företaget arbetar med. Exempelvis bjöd företaget in till seminarium om KL-trästommar nyligen.

*När ni bygger flerbostadshus, vilket är det vanligaste stommaterialet?*

Vanligaste stommaterialet som förekommer är betong prefab och hybridlösningar av prefab betong med utfackning väggar av trä. Orsaken till att betong är det vanligaste stommaterialet grundar sig i erfarenhet av byggmetoden. Man är bekväm, prefabricerad betong är ett berövat material och lösning. Man har utvecklat en marknad för betong, det finns många leverantörer, bra kongruens av leverans av materialet. Den största nackdelen med betong är klimatpåverkan. Den främsta anledningen till att KL-trä väljs som stommaterial är att minska klimatavtrycket. Nackdelen med KL-trä är att det finns få leverantörer av KL-trästommar och leverantörerna kan därför trycka upp priset.

*Vad är största skillnaden i kalkylarbetet för respektive stomme, vilka utmaningar finns?*

En stor skillnad är montagetimmar samt detaljer och priser på materialet.

*Vilka kostnadsposter brukar generera höga kostnader för respektive material?*

Mer kompletteringsarbete för trästommar, där elementen behöver kompletteras med isolering och gipsskivor för väggar och tak. Det ökade kompletteringsarbete leder till högre kostnader. Materialkostnaden för trä brukar också vara märkbart högre.

*Hur brukar ni arbeta med klimatberäkningar? Vilken typ av beräkning görs?*

En klimatkalkyl utförs alltid i samband med en kostnadskalkyl. I ett tidigt stadie blir kalkylens kvalité inte särskilt hög, men kalkylen bearbetas efterhand och blir bättre och bättre genom projektets gång.

*Vad anser du behöver förändras i branschen för att öka användandet av trä?*

Mer PR-arbete behöver genomförs som förmedlar fördelarna med att bygga i trä. Det behövs mer erfarenhetsåterföring från andra projekt och man behöver involvera projekteringsledare och personer högre upp för att belysa fördelarna med att bygga i trä.

*Hur tror du träbyggandet kommer se ut i framtiden?*

Träbyggandet kommer med stor sannolikhet att öka.

## **Produktionschef**

*Hur ser din yrkesbakgrund ut? Har du tidigare erfarenhet av att arbeta med KL-trä och hur tror du kunskapen KL-trä ser ut inom ert företaget och i byggbranschen?*

Jag har jobbat som produktionschef i 10 år och har till största del arbete med nyproduktion och betonghus. För tillfället arbetar jag med ett bostadsprojekt i KL-trä som är fallföretagets första bostadsprojekt i KL-trä. Projektet består till stor del av trä där både stomme, tak och fasader är av trä.

Branschen håller på att lära sig om träbyggandet. Tillbaka i tiden vid 2019 fanns det enbart en leverantör av KL-trä i Sverige. Nu finns det åtminstone fyra leverantörer. Efterfrågan av att bygga i trä har ökat väldigt mycket vilket jag tror är en följd av cementkrisen. Företag behöver hitta andra material att bygga med där KL-trä är ett bra alternativ med goda egenskaper. Däremot behöver kunskapen om KL-trä utvecklas mer och vi är just nu i ett stadie där vi lära oss om KL-trä. I bostadsprojektet finns nu en arbetsgrupp som enbart arbetar med KL-trä eller träbyggnader.

*När ni bygger flerbostadshus, vilket är det vanligaste stommaterialet?*

Det vanligaste stommaterial är betong med anledning till byggbranschens erfarenhet med materialet. Man känner till betong i Sverige, man kan materialet och är bekväm med det. Det

både är en erfarenhetsfråga och en beställarfråga. Det är inte lätt att bygga ett trähus om inte beställaren vill det. Marknaden för betong är också betydligt större än för trä. Det finns få leverantörer av stomelement i KL-trä. I Sverige är det åtminstone tre gånger så fler leverantörer på betong än för KL-trä. I deras projekt köptes KL-trästommen in från en leverantör i Österrike.

*Skiljer det sig i byggproduktionsskedet mellan korslimmat trä och betong?*

Ja, det finns några väsentliga skillnader. Betongarbete innebär mycket torkningstid vilket skapar uppehåll i tidsplaneringen för andra arbetsmoment att pågå samtidigt. För byggnader i betong blir det mer att man bygger upp byggnaden först, sen påbörjas stomkompletteringsarbete. I byggande med trä behöver inte torkningstid beaktas och andra arbetsmoment kan pågå samtidigt. Dessutom används väderskydd som förändrar förutsättningarna för produktionen. Andra arbetsmoment kan påbörjas tidigare eftersom man får en tät byggnad, exempelvis kan stomkomplettering pågå samtidigt som byggande av stomme. En annan fördel med väderskydd är att arbetsmiljön blir bättre, den är torr, ingen vind vilket medför mindre risk för att halka och andra arbetsmoment. Utöver detta är montagetiden för trä är betydligt snabbare. Byggtiden att få upp en trästomme är en stor skillnad mot betong. Jag blev överraskad av hur snabbt det gick att montera trästomme. Men det krävs märkbart mer kompletteringsarbete för en trästomme. En annan fördel med trä är deras egentyngd där det tyngsta träelement väger 1,6 ton jämfört med betongelement som väger 10 ton. För betongbygget behöver kranar vara större, det är vanligt att taket behöver öppnas.

För att sammanfatta nackdelar med betong som att torktider behöver beaktas och vikten av elementen. Fördelen med betong är att det är ett stabilt material, med god hållfasthet och beständighet. Vi kommer inte klara oss helt utan betongen. Man kan inte bygga en byggnad enbart i trä, utan i stället bygger man en hybrid av trä och betong. En stabil grund utförd i betong kommer alltid behövs särskilt för större byggnader.

*Vilka arbetsmoment genererar höga kostnader för respektive stommaterial?*

Det är svårt att svara på vilka arbetsmoment som genererar höga kostnader. Något som är märkbart är att betongelementen levereras mer färdigt från fabrik jämfört med träelement. Det krävs ett mer omfattande kompletteringsarbete för träelement där ett större arbete med installationer, gips och isolering behöver genomföras.

*Hur arbetar ni med klimatfrågor i produktionen?*

Hållbarhetsfrågor är av högt prioriterade och produktion arbetar med att uppnå miljökrav från olika miljöcertifiering, vilket sätter krav på materialinköp, deponihantering och så vidare.

*Tror du ett ökat användande av trä kan minska klimatpåverkan?*

Ja, man måste se hela kretsloppet från avverkning av skog till byggande och sen rivning och återvinning. Ur den aspekten är trä ett mer klimatvänligt alternativ. För att trä ska anses klimatvänligt behöver även avveckling av skog ske inom hållbara riktlinjer. Träbyggnader kan återanvänds och återvinnas i en större omfattning än betong.

*Vad anser du behöver förändras i branschen för att öka användandet av trä?*

Man behöver ändra sin inställning till träbyggnad, och se det som ett alternativ till betong. Jag tror att den minskade tillgången av cement bidrar till ökad användning.

*Hur tror du träbyggandet kommer se ut i framtiden?*

Både träbyggandet och marknaden för KL-trä kommer öka. Anledning till detta är bland annat att tillgång på betong kommer minska. Det kommer vara fler som efterfrågar betong som inte kommer få tag i det och man behöver byta material. Vid 2024–2025 så ska hälften av byggnader byggas i trä och att ökningen av att bygga i trä kommer gå väldigt fort.

*Har du något du önskar tillägga?*

På de senaste åren har träpriser skenat i väg, vilket hämmar träbyggandet. Det skulle också behövas en bredare marknad för trä. Det är inte brist på råvaran av skog utan brist av fabriker och sågverk i stället. Då marknaden blir mer etablerad kommer även priser vara på en rimlig nivå.

## **Projektchef**

*Hur ser din yrkesbakgrund ut? Har du tidigare erfarenhet av att arbeta med KL-trä och hur tror du kunskapen KL-trä ser ut inom ert företaget och i byggbranschen?*

Jag har jobbat som projektchef i tre år och har tidigare ingen erfarenhet av KL-trä men arbetar förtillfället med mitt första projekt i KL-trä. Det är ett bostadsprojekt där väggar och bjälklag består av KL-träelement och tak av traditionella träreglar. Projektering av bostadsprojektet har



tagit lång tid, handlingar har tagit längre tid än väntat. Jag vet inte varför det har dragit ut på tiden. Men det kan bero på att det är KL-trä och fler utredningar behöver genomföras eller så beror det på huskropparna behöver projekteras mer specifikt. En stor skillnad i trä är att dimensioner blir större särskilt för bjälklagelementen mellan lägenheterna för att klara av alla krav. Det svåraste har varit att klara av ljudkravet i projekteringen för bostadshusen.

Kunskapen om KL-trä är minimal inom företaget förutom i en liten expertgrupp. Vid start av KL-trä projektet behöver projektet utredas av den byggtekniska avdelningen i företaget som besitter störst kunskap i KL-trä. Kunskapen är väldigt begränsad på det sättet där enbart fåtal avdelningar besitter kunskap inom KL-trä. Däremot börjar kunskapen sprida sig inom organisationen. Organisationen skulle behöva bygga upp kunskapen och få mer standard byggdelar av KL-träelementen. Det finns dålig kunskap över hur standardlösningar för exempelvis KL-träbjälklag och väggar ska se ut. Det hade varit värdefullt om företaget hade en sammanställning av standardiserade lösningar på bjälklag och väggar, men det finns inte. I stället blev projekteringsarbetet mer komplex där många parter var iblandade och hade flera åsikter om hur bjälklag och väggar skulle byggas. Förtillfället bygger företaget upp denna kunskap och om några år kan projekteringsarbetet tänkas bli smidigare. KL-trä är fortfarande en relativt ny byggmetod och företaget testar sig fram. I byggbranschen tror jag att kompetensen för KL-trä är ännu lägre. Det finns flera konkurrenter som bygger utan väderskydd, vilket är bevis på den okunskap som finns.

*När ni bygger flerbostadshus, vilket är det vanligaste stommaterialet?*

Betong vanligaste med anledningen till priset. Om KL-trä hade varit billigare skulle allt byggts i KL-trä. Det är priset som är så styrande i byggbranschen. Nackdelar med betong är klimatpåverkan men även flexibiliteten att åtgärda fel i utförandet. KL-trä används som stommaterial framför allt på grund av sin positiva klimatpåverkan.

*Hur går valet av stommaterialet till under projekteringsskedet?*

Vanligtvis är det föreskrivet från beställaren. Framför allt är det priset som är den styrande faktorn men klimatet utgör även en del.

*Vilka skillnader finns det i projekteringsarbetet mellan korslimmat trä och betong?*

Kravet på akustik är den största skillnaden i projekteringsarbetet mellan betong och KL-trä. KL-träelementen behöver projekteras mer noggrant och omfattat för akustik, fler detaljer än betong. För trästommar har fallföretaget krav att bygga med väderskydd. Väderskydd kräver ytterligare projekteringsarbete då väderskyddet behöver anpassas till projektet.

*Är byggnadens klimatpåverkan av stor betydelse vid val av stommaterial?*

Nej inte ännu, priset är fortfarande styrande. Men klimatpåverkan får allt större betydelse. Beställaren blir alltmer klimatfokuserad. Beställaren idag är väldigt oerfaren om vilket klimatavtryck deras projekt utgör. Det är flertal beställare som aldrig har utfört en klimatkalkyl och har "noll koll" på vilken klimatpåverkan deras produkter har. För att få upp kunskapsnivån om klimatpåverkan kräver att det ställs högre krav i de offentliga upphandlingarna. Det skulle medföra branschen skulle bygga mer i trä och ha större medvetenhet om utsläppen i byggbranschen.

*Vad anser du behöver förändras i branschen för att öka användandet av trä?*

Att priset på träprodukterna minskar. Att konkurrens ökar inom KL-trä det vill säga fler leverantörer. Då konkurrens ökar kan förhoppning träpriserna går ner lite. I branschen behöver mer kunskap om effektiva produktionsmetoder och ta fram mer standardiserad byggdelar.

*Hur tror du träbyggandet kommer se ut i framtiden?*

Jag tror träbyggande kommer öka, men vi kommer alltid vara beroende av betongen. Trä kommer aldrig kunna ersätta de egenskaper betong har. Det kommer bli mer byggnader som består av en kombination av trä och betong. Den främsta anledningen till ökning är miljön.

*Har du något du önskar tillägga?*

Jag hade gärna sett att beställaren efterfrågar mer trä och blir mer klimatfokuserad. Branschen samlar mer kunskap om träbyggnation och för att öka byggande klarare direktiv vad som gäller.

## Affärsutvecklare

*Hur ser din yrkesbakgrund ut? Har du tidigare erfarenhet av att arbeta med KL-trä och hur tror du kunskapen KL-trä ser ut inom ert företag och i byggbranschen?*

Jag har arbetat fyra år som affärsutvecklare och är nu med och utvecklar ett flerbostadshus som är tänkt att byggas i KL- trä, projektet är i programhandlingskede.

Det finns god kunskap, men kunskapen är mindre sprid än betong som många är vana att arbeta med. Byggbranschen är ganska riskavert, vilket innebär att många undviker att arbeta med KL-trä. Vanligt tror personer att det skiljer sig mycket mellan stommaterialen men många processer är oberoende vilket stommaterial som väljs. Kunskapen inom företaget speglar branschen bra, det finns ett fåtal experter som är väldigt duktiga. Vi kan om vi vill, men frågan är i vilken omfattning vi vill bygga i trä.

*När ni bygger flerbostadshus, vilket är det vanligaste stommaterialet?*

Betong är vanligast och är ett väldigt bra material. Det är ett smidigt material att arbeta med, finns mycket erfarenhet, det står under lång tid, kräver lite underhåll. Nackdelarna är framför allt koldioxidutsläppen.

Anledningen till att betong väljs framför KL-trä är pris, vana och beständighet. Att använda KL-trä framför betong är för att gå över till ett mer cirkulärt tänk och minska utsläppen.

*Hur går valet av stommaterialet till? Vilka faktorer är avgörande?*

Väldigt olika från projekt till projekt. Avvägning med pris, konsumentnytta dvs vad innebär det för slutkonsument och på senaste tiden klimat. Hur avvägningen görs varierar mellan olika beställare och entreprenörer. Men generellt väger pris tyngst, det gäller att vara konkurrenskraftig, samtidigt så är vissa system billigare men leder till högre garantikostnader vilket också behöver vägas in.

*Tar ni fram alternativa stomsystem för att jämföra och bedöma för- och nackdelar?*

Vanligt görs en stomjämförelse, sedan är omfattningen på jämförelsen väldigt olika.

*Är klimatpåverkan av stor betydelse vid val av stommaterial?*

Det har en stor påverkan och beror lite på hur ekonomin för projektet ser ut. Tror det kommer bli viktigare framöver och det kommer förmodligen bli kopplat till ekonomi, med skatter och avgifter på koldioxid.

*Vad anser du behöver förändras i branschen för att öka användandet av trä?*

Göra trä ett mer ekonomiskt fördelaktigt material och dels se över byggkrav på till exempel akustik som kan vara svårt att uppnå vid träsystem. Samt se över krav för brand och anpassa dom för träbyggnader. Kan lätt bli att man straffar andra system är betong om man inte ser över befintligt regelverk.

*Hur tror du träbyggandet kommer se ut i framtiden?*

Tror fortfarande att betong är ett bra material som man måste jobba med att få en bättre och grönare tillverkningsprocess. Tror inte man kommer bygga enbart i trä men att träbyggnadet kommer öka. Man skulle behöva bli bättre på att optimera produkt efter val, betong passar oftast bättre i vissa fall.

*Har du något du önskar tillägga?*

En viktig bit är att kartlägga klimatnyttan av trä, hur stor skillnad är det i utsläpp. Vanligt tänker man att betong är dåligt och trä bra, men hur stor är egentligen skillnaden. Man skulle också behöva utforska och ha ett bättre underlag var det är mest lämpligt att bygga i respektive material, så att man kan presentera det för till exempel en offentlig beställare.