



CHALMERS



Trä och betong inom stomsystem från miljöns perspektiv

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

MOHAMMAD BAKER

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR BYGGNADSTEKNOLOGI**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2022

Trä och betong inom stomsystem från miljöns perspektiv

MOHAMMAD BAKER



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2022

Trä och betong inom stomsystem från miljöns perspektiv
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik
MOHAMMAD BAKER

© MOHAMMAD BAKER, 2022

Examinator: Yutaka Goto, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avdelningen för byggnadsteknologi

Examensarbete ACEX20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik Chalmers tekniska högskola 2022
Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Derome, Pilgläntan flerbostadshus, Varberg, 2020.

Trä och betong inom stomsystem från miljöns perspektiv
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik
MOHAMMAD BAKER
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Dagens samhälle började bli alltmer medveten om miljöns frågor och dessa frågor påverkas av varje val och beslut som individer tar i sin vardag. Byggsektorn har precis som alla andra branscher en miljöpåverkan som omfattas av 21% (11,7 ton) av Sveriges växthusgaser utsläpp år 2019 (Boverket, 2021), detta har lidit till en ökad uppmärksamhet hos både entreprenörer och kunder av miljövänliga val.

Att välja rätt byggmaterial är en stor utmaning då varje byggmaterial har sina för- och - nackdelar och valet av byggmaterialet kan baseras på olika perspektiv men i denna studie kommer miljöns perspektiv vara i fokus.

Betong är ett byggmaterial som är hållbar och sparar energi samtidigt så har betong många andra egenskaper som gör den till ett byggmaterial som är effektivt och lätt att använda, till exempel när man bygger med betong så finns det inga mögel risker eftersom betong är ett oorganiskt material samt ljuddämpning förmåga med mera (PEAB).

Å andra sidan så betraktas trä som ett miljövänligt och hållbart byggmaterial som är förnybar. Att bygga med trä är lättare och miljöpåverkan är mindre vid utvinning jämfört med andra byggmaterial (Träguiden, 2021).

Detta examensarbete utfördes genom att samla in underlag för en befintlig träbyggnad som är byggd av Derome, sedan analyserades all data och matades in i ett verktyg som räknar fram mängder koldioxidutsläpp. Nästa steg gick ut på att räkna fram koldioxidutsläpp på en teoretisk betongbyggnad med hjälp av samma verktyg och sedan jämföra resultatet på de två olika fall för att veta vilken byggnad bidrar med minst koldioxidutsläpp.

Resultatet visar att träbyggnaden bidrar med minst koldioxidutsläpp jämfört med betongbyggnaden med tanke på att det finns begränsningar som har påverkat resultatet. Ett exempel på begränsningar som har påverkat resultatet är exkluderade transportsträckor som sker utanför Sverige.

Det finns olika aspekter som styr valet av byggmaterial men i detta examensarbete har den miljömässiga aspekten studerats gällande koldioxidutsläpp i två olika fall. Bromsningen av klimatpåverkan som byggbranschen bidrar med hänger ihop med valet av byggmaterial och det som effektivt kan bromsa klimatförändringen är efterfrågan i marknaden alltså individer som köper eller hyr bostäder.

Nyckelord: Trä, betong, miljöpåverkan, energi, växthusgaser, Hållbarhet.

Timber and concrete in frame systems from environmental perspective

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

MOHAMMAD BAKER

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of building technology

Chalmers University of Technology

Abstract

Today's society began to become increasingly aware of environmental issues and these issues are affected by every choice and decision that individuals make in their daily lives. The construction sector, like all other industries, has an environmental impact that is covered by 21% (11.7 tonnes) of Sweden's greenhouse gas emissions in 2019 (Boverket, 2021), this has led to increased attention among both contractors and customers of environmentally friendly choices.

Choosing the right building material is a big challenge as each building material has its advantages and disadvantages and the choice of building material can be based on different perspectives, but in this study the perspective of the environment will be in focus.

Concrete is a building material that is durable and saves energy at the same time, concrete has many other properties that make it a building material that is efficient and easy to use, for example when building with concrete there are no mold risks because concrete is an inorganic material as well as sound attenuation ability and more (PEAB).

On the other hand, wood is considered an environmentally friendly and sustainable building material that is renewable. Building with wood is easier and the environmental impact is less when manufactured compared to other building materials (Träguiden, 2021).

This thesis was carried out by collecting data for an existing wooden building built by Derome, then all the data was analyzed and initialized into a tool that calculates amounts of carbon dioxide emissions. The next step involved calculating the carbon dioxide emissions of a theoretical concrete building using the same tool and then comparing the results of the two different cases to find out which building contributes the least carbon dioxide emissions.

The result shows that the wooden building contributes the least carbon dioxide emissions compared to the concrete building considering that there are limitations that have affected the result. An example of limitations that have affected the result is excluded transport routes that take place outside of Sweden.

There are different aspects that govern the choice of building materials, but in this thesis the environmental aspect has been studied regarding carbon dioxide emissions in two different cases. The slowing down of the climate impact that the construction industry contributes to is connected to the choice of building materials and what can effectively slow down climate change is demand in the market, i.e., individuals who buy or rent homes.

Förord

Detta examensarbete genomfördes på Chalmers tekniska högskolan, författaren läser som högskoleingenjör inom samhällsbyggnadsteknikprogrammet. Examensarbetet har en utsträckning på en termin och motsvarar 15 högskolepoäng.

Inspirationen bakom hela examensarbetet uppstått sedan första läsåret i utbildningen där fokuset på miljöfrågor var stort och angelägen.

Jag vill tacka min examinator och handledare Yutaka Goto som vässade mina kunskaper jag lärde mig inom utbildningen, svarade mina frågor och berikade mina erfarenheter.

Stort tack till min familj som fanns där för mig och stöttade mig genom hela utbildningen med deras råd, erfarenheter och synpunkter.

Sist men inte minst vill jag tacka Anders Carlsson som var mycket generös och ägnade sig tiden att förse mig med värdefulla underlag om Derome Pilgläntan, samt tiden för att svara mina frågor.

Mohammad Baker
2022-juni

Innehållsförteckning

1. Introduktion

1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Frågeställning.....	1
1.3 Avgränsningar.....	1

2. Teori.....2

2.1 LCA.....	2
2.1.1 LCA systemgränser.....	2
2.2. EPD.....	2
2.3 LCA-verktyg.....	2
2.4 ToSIA.....	3

3. Metod.....3

3.1 Kvantitativ studie.....	3
3.2 Byggnadens fallstudie.....	3
3.2.1 Om Derome.....	4
3.2.2 Detaljer om byggnadens fallstudie.....	4
3.3 Analys av materialflöde.....	5
3.3.1 Analyserade scenarion.....	6
3.3.2 Lätt ramvirke - ToSIA lätt ramvirke.....	6
3.3.3 Betong - ToSIA betong.....	7
3.4 Indata för miljöpåverkan.....	8
3.4.1 Lätt ramvirke - EPD Lätt ramvirke	8
3.4.2 Indata för betong - EPD betong.....	9

4. Resultat och diskussion.....12

4.1 resultat.....	12
4.1.1 Co2-utsläpp trä.....	12
4.1.2 Co2-utsläppbetong.....	12
4.2 Diskussion.....	13

5. Slutsats.....13

5.1. Förslag på vidare studier.....	14
-------------------------------------	----

6. Referenser.....15

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Trä är inget nytt byggmaterial och mänskligheten har använt sig av trä som byggmaterial sedan romarriket (Svenskträ). I Sverige så finns det träkonstruktioner som fyller fortfarande sin funktion att bära laster sedan 500 år och ibland 900 år tillbaka (LNU), med andra ord så är trä dåtid, nutid och framtid.

I denna studie kommer två byggnader att analyseras, den ena är en träbyggnad och den andra är en teoretisk betongbyggnad. Syftet med denna studie är att kunna undersöka skillnaden på koldioxidutsläpp för de båda byggnaderna. LCA för den teoretiska betongbyggnaden och träbyggnaden kommer att analyseras med hjälp av ToSIA och sedan kommer resultatet att diskuteras med tanke på att visa vilket byggmaterial som är mest miljövänligt.

Det är oerhört viktigt att veta hur olika byggmaterial påverkar miljön, och för att utveckla ett miljövänligt och hållbart byggande så borde varje byggmaterial analyseras. Vid analyseringen av olika byggmaterial blir det möjligt att välja miljövänliga alternativ som påverkar miljön minst. I denna forskning har två byggmaterial valts ut för att studeras och syftet bakom detta val är att det finns stort behov för att bygga miljövänligt och bromsa klimatförändringen då byggbranschen står för 21% av Sveriges växthusgaser (Boverket 2021).

Denna forskning kommer att studera mängder koldioxid som släpps ut när man bygger i trä jämfört med när man bygger i betong. Anledningen bakom denna jämförelse är att studera möjligheter för ett hållbart byggande som baseras på förnybara resurser med tanke på att trä är ett byggmaterial som är förnybar resurs. Fördelar med trä som byggmaterial är att förbrukningen av energi vid utvinningen är låg (RI.se)

I detta examensarbete togs hänsyn till den miljömässiga aspekten inom byggbranschen eftersom bromsningen av klimatförändringen är ett aktuellt problem som behöver hanteras seriöst genom att bygga miljövänligt.

1.2 Frågeställning

Vad är skillnaden i miljöpåverkan genom att använda trä eller betong som byggmaterial?

1.3 Avgränsningar

I denna studie kommer den geografiska gränsen omfattas av Sveriges gränser och detta innebär att det inte ingår i studien vad har byggmaterial som tillverkas eller transporteras utanför Sverige för miljöpåverkan.

Takkonstruktionen, hisschaktet och fundamentet ska exkluderas eftersom de är byggda på likadant sätt på båda träbyggnaden och den teoretiska betongbyggnaden.

Den miljöpåverkan som kommer att räknas fram i studien är endast koldioxidutsläppen, där kommer andra CHG-utsläpp att exkluderas för enkelhets skull.

2. Teori

2.1 LCA

Livscykelanalys (LCA) används för att beräkna produktens belastning på miljön från producerings skedet ända till rivning av produkten alltså från vagg till grav. Den miljömässiga belastningen av produkten beräknas i varje skede på ett sätt som möjliggör analysering av varje skede med syfte på att kunna veta i förväg vilket skede som bidrar till mest belastning och kunna samtidigt bygga miljövänligt genom att minska miljöpåverkan (Boverket).

Att använda LCA i tidiga skeden i projektet ökar chansen för en bättre miljömässig planering där det finns större möjligheter för att välja byggmaterial som har mindre miljöpåverkan eller undvika stora transportsträckor om möjligt. (Boverket).

Fördelen med LCA handlar inte bara om materialval utan det visar hur kommer materialet påverka miljön efter rivning, med tanke på att produkten kan återanvändas eller återvinnas och det kräver energi som leder till miljöbelastning som kan räknas med hjälp av LCA (Boverket).

2.1.1 LCA systemgränser

Systemgränser inom livscykelanalys betyder vad kommer LCA begränsas av alltså vilka processer och aktiviteter som LCA bygger på, denna avgränsning definierar hur beräkningarna kommer att ske (Boverket).

I denna studie så kommer LCA handla om utsläpp av koldioxid och dess miljöpåverkan, med tanke på att koldioxid spelar en stor roll av världens globala uppvärmning vilket har uppnått (36.3) tusen miljarder ton år 2021 (International Energy Agency).

De processer som ingår i LCA i denna studie har Sverige som geografisk gräns och alla material som kommer analyseras dyker upp i värdekedjan så länge materialet kommer in i Sveriges gräns alltså miljöpåverkan kommer börja beräknas från transport av produkten från Sveriges gräns till byggarbetsplatsen.

Produkterna som valdes för att inkluderas i jämförelsen är strukturella komponenter som stomsystemet består av. Motivet bakom detta val är att alla andra komponenter som inte är strukturella kommer att vara lika i de två olika fallen. Transportprocesser som ingår i värdekedjan omfattar transporter från skogar eller utvinningsfabriker till byggarbetsplatsen och det ingår inte transportprocesser efter rivningen av byggnader i de två olika fallen.

2.2 EPD

EPD (*Environmental product declarations*) eller miljövarudeklaration för byggprodukter visar hur en produkt påverkar miljön från tillverkning av råmaterial tills rivning av produkten och återvinning. En EPD fil innehåller data om miljöbelastningen för varje skede av produktens produceringsprocesser och därför betraktas den som ett underlag som LCA bygger på (Boverket).

En EPD-fil är tidsbegränsad och innehåller produktdatablad, metodval och resultat från bedömningen av miljöpåverkan, för att garantera att EPD är tillförlitlig så kontrolleras den av en neutral sida (Boverket).

2.3 LCA-verktyg

Medvetenhet om ett hållbart byggande ökar i samhället vilket ger ett stort behov för verktyg som visar hur en byggnad påverkar miljön under hela dess livscykel. Denna miljöbelastning som sker under en byggnads livscykel kan räknas via LCA-verktyg som visar hur stor är miljöpåverkan för varje skede ligger på från tillverkning av råmaterial till rivning av byggnaden.

LCA beräkningar kan analyseras med hjälp av olika verktyg så som One Click LCA, SimaPro eller ToSIA. I denna forskning användes ToSIA-verktyget för att göra LCA beräkningar och räkna Co₂-utsläpp med indikatorn 19.1 Greenhouse gas emissions.

2.4 ToSIA

ToSIA (Tool for sustainability impact assessment) är ett verktyg som används för att noggrant undersöka miljöbelastningen men även den ekonomiska belastningen och sociala belastningen. Analyseringen av resultatet som fås ur ToSIA ger möjligheten för tillverkare, forskare och politiker att Förbättra resurshanteringen inom skogsbranschen och minska miljöbelastningen, men samtidigt så kan verktyget användas för att beräkna miljöbelastningen för andra produkter vilket gör det flexibel (ToSIA handbook).

Det finns en möjlighet att analysera olika scenarion i ToSIA och välja i förväg den geografiska gränsen för ett scenario. (ToSIA handbook)

Datainmatningen i ToSIA beror på vilken produkt som analyseras och vad är syftet med resultatet, i denna forskning till exempel så var syftet att räkna mängder Co₂-utsläpp för två olika scenarier och då matades in data i volymform vilket gav resultatet Co₂-utsläpp i volymform.

I denna forskning har endast den miljöbelastningen analyserats med hjälp av ToSIA. Fördelen med att använda ToSIA är att det finns möjlighet att jämföra olika scenarion samtidigt och detta underlättar analyseringen av resultatet som fås fram av ToSIA. Materialvalet blir enklare när man använder ToSIA eftersom man kan prova fram olika byggmaterial och se hur resultatet förändras.

3. Metod

3.1 Kvantitativ studie

Kvantitativ studie bygger på exakta siffror och statistiker, med syfte av att analysera mänskliga aktiviteter. Metoden handlar om att samla in data som berör det studerade ämnet och sedan analysera neutralt resultatet. (interaction-design) Denna forskning utfördes på en kvantitativ metod där intervjuer gjordes och exakta siffror samlades.

3.2 Byggnadens fallstudie

Kontakten med Derome togs för att få fram modellen på projektet Pilgläntan. Projektet består av två flerbostadshus med 6 våningar och 12 lägenheter var som ligger i Trönninge strax norr om Varberg (Derome).

De båda flerbostadshusen var ganska lika och bara ett av de valdes för att studeras eftersom resultatet kommer vara i princip lika ifall de båda byggnader analyserats med tanke på att båda flerbostadshus har en liknande struktur och alla transport processer antogs vara densamma.

Materialet som har försetts från Derome inkluderade ritningar på olika sektioner, material mängder i kilogram som anger vad företaget beställde för produkter, systembeskrivningen och leveransdeklarationen. Eftersom material mängder försågs i viktenheter och datainmatningen i ToSIA bör vara i volymenheter så konverterades mängder material till volymenheter genom att dividera vikten med densiteten för varje material i sig.

3.2.1 Om Derome

Derome är ett familjeägt företag som sysslar med träindustri, startades år 1946 och betraktas som Sveriges största familjeägd träindustri. Företaget engagerar sig miljömässigt genom att bygga hållbart med syfte av att minska koldioxidutsläpp. Hållbarhetsfrågor, miljövänligt byggande och ansvarfullt skogsbruk med mera präglar utvecklingen av Drome (Derome.se).

3.2.2 Detaljer om byggnadens fallstudie

Moduleringen av värdekedjan för trä via ToSIA byggde på användningen av en tidigare forskning (Smarta Wood) som referens, intervjuer med Derome och tidigare studier. Genom att analysera alla tidigare källor byggdes modulen via ToSIA.

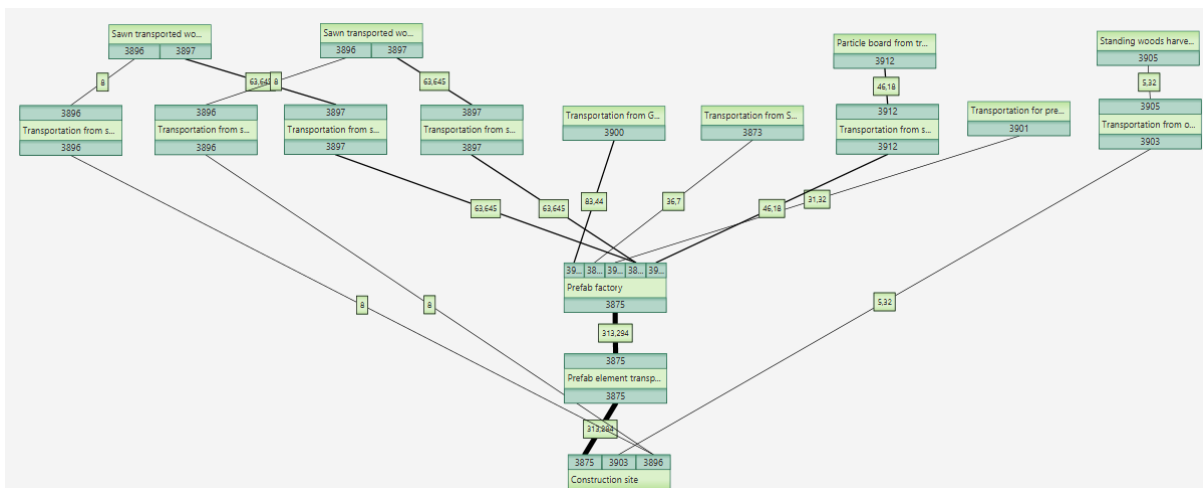
Då alla material var tillgängliga började analyseringen av byggnaden för att samla relevanta informationer så som mängder material som beställdes, projektets ritningar i syfte av att veta vilka byggmaterial som kommer att ingå i jämförelsen. De material som valdes hade en strukturell funktion och syftet med detta är att jämföra stomsystemet i de båda scenarion. Till slut började moduleringen via ToSIA då alla relevanta underlag som försågs från Derome var successivt samlade och analyserade.

I tabell (1) nedan visas de strukturella komponenter som inkluderades i studien med tanke på att limträ har exkluderats eftersom mängden som användes i projektet var försumbar.

Tabell 1 Material volymer i trä fallet

Typ	Volym	Enhet
Sågat trä	143,29	m3
OSB skivor (oriented strand board)	36,7	m3
LVL (Laminated veneer lumber)	83,44	m3
Particle board 1	46,18	m3
Particle board 2	31,32	m3
Plywood	5,32	m3

Figur (1) visar hur producerings processer och transport processer för de olika material ser ut. Utbytet som utvinns i varje process visas i de små lådor i form av volymenhet. Mängder material som användes i byggplatsen ligger på 313 m3.



Figur 1 visar material volymer förändring inom värdekedjan

3.3 Analys av materialflöde

Moduleringen av materialflödet i trä fallet baserades på underlag som försågs från Derome och en tidigare forskning (Smarta Wood), men även intervjuer med Derome eftersom fler detaljer behövdes.

Ursprunget av de olika trä typer varierar som det visas i tabell (2) med tanke på att importerade material dyker upp i värdekedjan när de kommer in i Sverige därför var det viktigt att identifiera var de olika material kommer ifrån. En annan orsak till identifieringen av materialets ursprung är att kunna räkna transportavstånd för varje material som spelar en roll vid beräkningen av Co2-utsläpp.

Tabell 2 visar materialursprung.

Typ	Ursprung
Sågat trä	Sverige
OSB skivor (oriented strand board)	Belgien
LVL (Laminated veneer lumber)	Tyskland
Particle board 1	Sverige
Particle board 2	Norge
Plywood	Sverige

Värdekedjan moduleringen inspirerades av en tidigare forskning (Smarta wood) och material mängder som försågs från Derome användes som initiering i prefabriceringskedje, sedan räknades material förändringen i tidigare och senare processer beroende på utbytet som användes i den tidigare nämnd forskningen (Smarta Wood).

Betong värdekedjan inspirerades av en tidigare forskning (Smarta wood) och sedan användes ett volymförhållande för att räkna mängden betong som behövs för den teoretiska betongbyggnaden. När den totala betong volymen räknades fram användes samma förhållanden från (Smarta wood) för att veta fördelningen för de olika ingående komponenter. Residue delen räknades fram i varje skede genom att multiplicera mängden material med avfall per viktenhet som är hämtad från EPD filerna för de olika byggkomponenter sedan dividerades summan med 1000 för att för att få resultatet i volymenhet.

3.3.1 Analyserade scenarion

De två olika scenarion för träbyggnaden och den teoretiska betongbyggnaden modulerades via ToSIA genom att modulera träbyggnaden först och räkna fram mängder träbyggmaterial i kubikmeter som användes för ett av flerbostadshus. Gällande mängden betong som kommer att behövas i den teoretiska betongbyggnaden användes volymförhållandet (1.92), detta förhållande räknades fram i en tidigare forskning (Smarta wood).

Volymförhållandet (1,92) antogs genom att undersöka två befintliga strukturella byggnader, den första är byggd av trä och den andra är byggd av betong i en studie i Finland (Smarta wood - Finish case study). Genom att jämföra två befintliga byggnader så kunde volymförhållandet betong/trä räknas ut och veta hur mycket betong behövs i en teoretisk betongbyggnad jämfört med en befintlig strukturell träbyggnad.

I detta arbete kunde antagandet användas eftersom den teoretiska betongbyggnaden och träbyggnaden har en liknande struktur.

3.3.2 Lätt ramvirke - ToSIA Lätt ramvirke

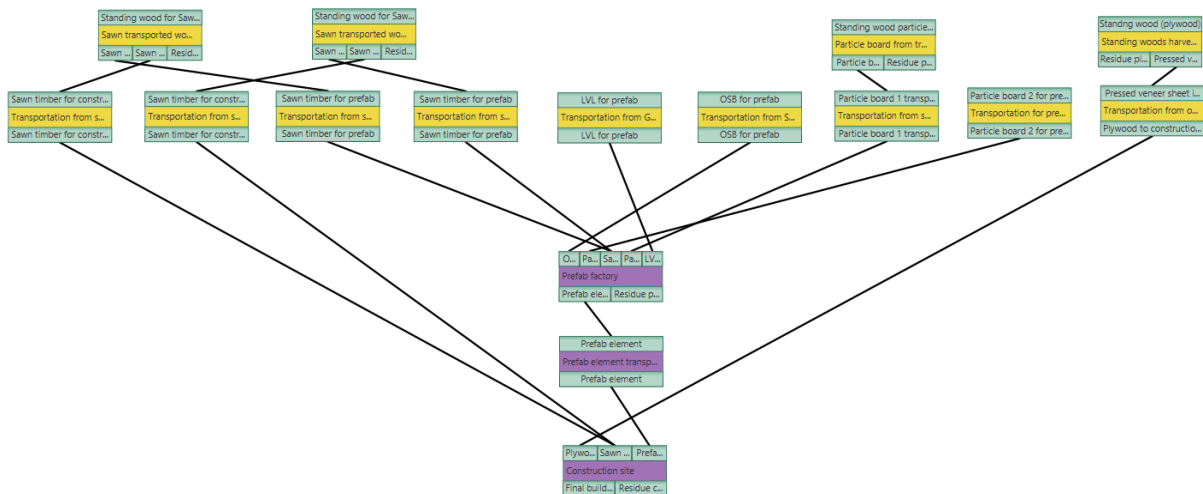
Värdekedjan som visas i figur 2 för trä består av 9 olika kedjor som beskriver hur träet producerings processer ser ut i varje skede samt visar också de samtliga transportprocesser från skog till byggplatsen. Importerat trä dyker upp i värdekedjan så länge material kommit in i Sveriges gräns. Varje låda visar en process med input och output och länken mellan två lådor hänvisar till nästa process. en output från en låda kommer vara en input för nästa process och en process kan aldrig ha två input i ToSIA.

Värdekedjan för träbyggnaden i figur 1 visar vilka olika byggmaterial som har analyserats i trä fallet. Sågat trä kommer från två olika sågverk, där transporteras träet från varje sågverk till två olika ställen, det första stället är prefab fabriken där träet sågs efter önskat mått som behövs i byggplatsen, och det andra stället är byggplatsen. På sågverk 1 och sågverk 2 så utvinns det rester som visas i figuren under namnet Residue sawmill 1 och Residue sawmill 2.

LVL, OSB och particle board 2 dyker upp i värdekedjan vid transport skedet eftersom de är importerade från andra länder och i detta arbete så den geografiska gränsen är Sverige, dessa typer trä transporteras till prefab fabriken och produceras till ett önskat mått som man ser i värdekedjan under namnet prefab elements och tillkommer rester som benämns för Residue prefab factory, sedan transporteras material till byggplatsen.

Particle board 1 kedjan var lite problematisk eftersom producentering processen omfattar sågat trä som inte används i projektet. Antagandet genomfördes genom isoleringen av sågat trä och resterna som utvinns vid producentering av sågat trä i varje process i kedjan. Detta erhålls genom att beräkna förhållandet mellan sågat virke och förhållandet mellan resterna som användes i sågat träkedjan vilket var 80% utbyte, sedan subtraherades sågat trä/Residue från kedjan.

Plywoods ursprung som användes i projektet är Sverige och det skördas från skogar i Otterbäcken, gällande tillverkningsprocessen så skiljer sig lite från andra typer trä eftersom den är transporterat direkt till byggplatsen. (personlig kommunikation)



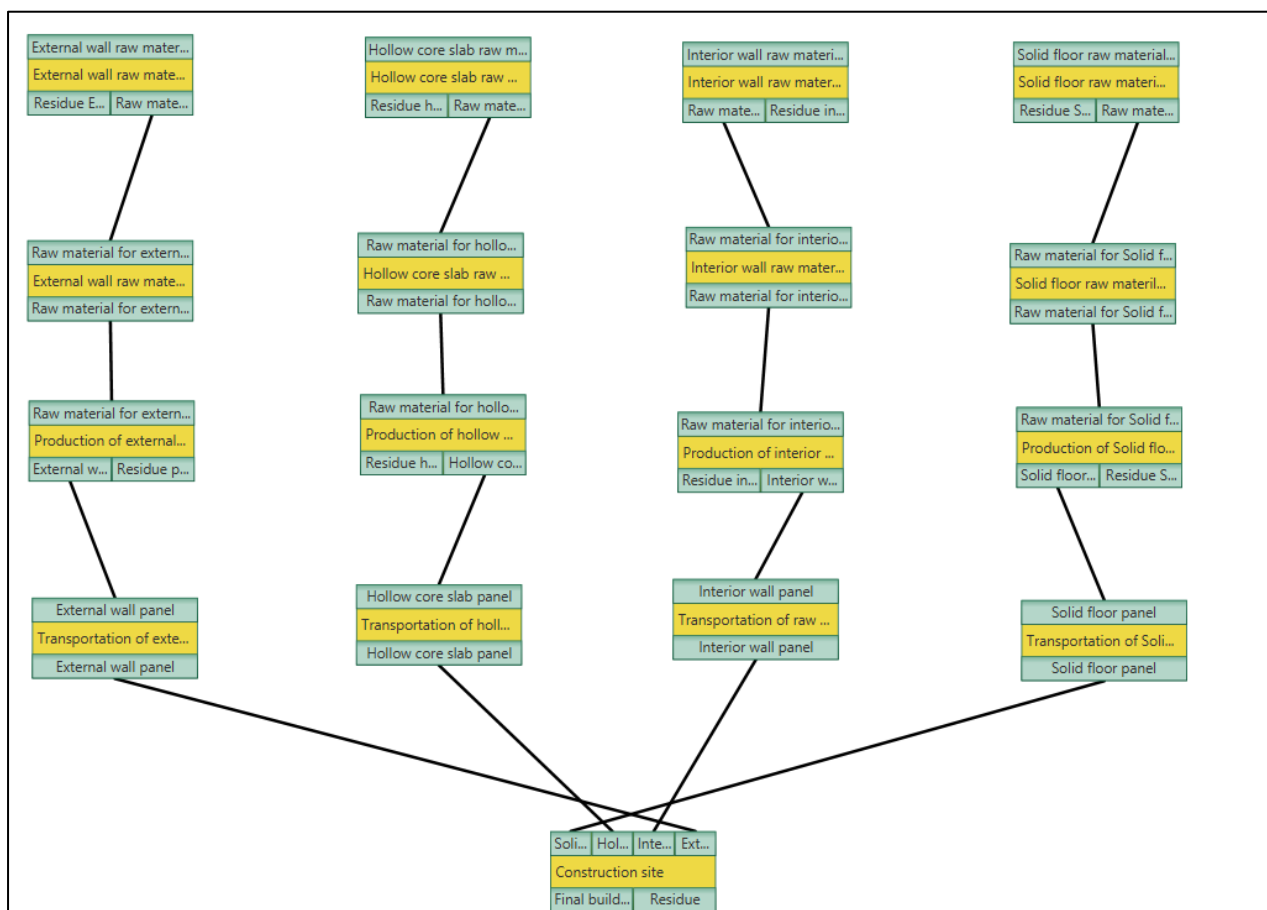
Figur 2 visar värdekedjan för träbyggnaden fallet.

3.3.3 Betong - ToSIA betong

Värdekedjan som visas i figur 3 består av fyra olika kedjor som representerar de olika komponenter som studerades i den teoretiska betongbyggnaden. Eftersom byggnaden inte finns i verkligheten så användes ett volymförhållande för att räkna fram volymbetong som kommer att behövas i byggnaden som nämndes tidigare under rubriken analyserade scenarion. Utvinningsprocessen tillverkningsprocessen och transportprocesser är ganska lika under de fyra olika kedjor och det börjar med tillverkning av råmaterial tills transportprocessen till byggsplatsen.

Gällande yield/residue fördelning som användes i varje process så var EPD filerna till stor hjälp eftersom de innehåller mängden avfall som utvinns i varje process och då blev det möjligt att räkna andelen residue i varje process och eftersom Residue räknades ut så kunde utbytet erhållas.

Kedjan byggdes genom att använda en tidigare forskning som referens (Smarta wood), kvoten av de fyra olika byggkomponenter av den totala betongvolymen och materialflödet från råmaterials produktionen tills transporten till byggsplatsen baserades på en tidigare forskning (Smarta wood) genom att använda samma utbyten och förhållanden.



Figur 3 visar värdekedjan för den teoretiska betongbyggnaden

3.4 Indata för miljöpåverkan

Indikatorn som användes i ToSIA är 19.1-Greenhouse gas emissions som räknar fram mängder koldioxidutsläpp som den teoretiska betongbyggnaden och träbyggnaden bidrar med. Resultatet räknades fram via ToSIA i form av kilogram mängder.

Metoden som användes för att mäta in utsläpp data i ToSIA satte i gång med att hitta EPD dokumenten för varje byggmaterial som kommer att studeras, där varje EPD dokument innehåller en tabell för miljöpåverkan per viktenhet som är räknad för exakt själva byggmaterialet. Genom att hitta mängden utsläpp som släpps ut i varje skede under tillverkningsprocessen och göra olika omvandlingar som passar varje material så kunde alla data matas in i ToSIA.

3.4.1 Lätt ramvirke - EPD lätt ramvirke

EPD filer samlades för olika typer trä och sedan lästes av miljöpåverkan GWP (*Global warming Potential*) för varje byggmaterial.

Miljöpåverkan för Plywood, Particle board 1 och sågat virke hämtades från nedanstående tabeller 3, 4 och 5 som visar miljöpåverkan i skeden A1-A3 för de olika byggmaterials EPD filer, sedan delades GWP-värdet med utbytet för att få rätt enhet vid inmätningen i ToSIA.

Transportsträckor för material som tillverkades helt i Sverige liknar transportsträckorna för ett annat projekt som är byggd av Derome (personlig kommunikation), och då var det möjligt att använda samma transportsträckor som hämtades av en tidigare forskning. (Smarta wood). Sedan matades in data i FCBA-verktyget och räknades ut miljöpåverkan på transportsträckor.

Gällande transportsträckor för importerade material så användes EPD-filerna för att veta materialets ursprung, sedan fastställdes den totala utsträckningen av transportsträckorna från exporterande landet till byggplatsen i Sverige. När de totala transportsträckorna samlades så var det möjligt att subtrahera transportsträckor som sker utanför Sverige och då matades in data i FCBA-verktyget för att räkna miljöpåverkan på transportsträckorna.

Tabell 3 Klimatpåverkan för plywood

Klimatpåverkan									
Parameter	Enhet	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
GWP-IOBC	kg CO ₂ -ekv	1,92E+02	1,51E+01	3,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
GWP-BC	kg CO ₂ -ekv	-7,71E+02	0,00E+00	8,02E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
GWP	kg CO ₂ -ekv	-5,79E+02	1,51E+01	4,19E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabell 4 Klimatpåverkan för particle board 2

Indicator	Unit	A1	A2	A3	Tot.A1-A3	C	D
GWP-fossil	kg CO ₂ eq.	2.00E+02	1.42E+01	2.43E+01	2.38E+02	3.96E+01	-5.44E+01

Tabell 5 Klimatpåverkan för sågat virke

PARAMETER		UNIT	TOTAL A1-A3	Range* A1-A3
Global warming potential (GWP)-.	Fossil	kg CO ₂ eq.	3.16E+01 **	2.38E+01 - 3.69E+01 7.61E+01
	Biogenic	kg CO ₂ eq.	1.06E+02	- 8.97E+01
	Land use and land transformation	kg CO ₂ eq.	4.72E-01 E-01	4.10E-01 - 4,40E-01

Vid inmatningen av klimatpåverkan för LVL, Particle board 2 och OSB skivor som transporteras in i Sverige och alla andra transportprocesser så användes en Excel funktion som är programmerad av FCBA *institut technologique* (FCBA.fr), verktyget räknar fram miljöpåverkan genom att välja landet, typen av fordonet, bränsle och produkten sedan matas in transportavståndet och lasten. Resultat fås ut i viktenhet och matas in sedan i ToSIA.

Transportsträckor för sågat virke som kommer från fyra olika skogar i Sverige baserades på en tidigare forskning (Smarta Wood) som utförde en liknande studie där trä kommer ifrån samma skogar.

Transportsträckor för andra typer trä räknades fram med hjälp av Google maps, en kartbilds- och satellitfototjänst från Google. Metoden som användes är att undersöka varje produkt EPD-fil för att veta var produkten tillverkas, sedan sätta start och slut punkter i Google maps för att veta hur många kilometer vägen tar. Det är värt att lägga märke till att den geografiska gränsen för studien är Sverige och detta innebär att transportprocesser från andra länder till exempel Norge Räknas från första svensk stad vid gränsen.

3.4.2 Indata för betong - EPD betong

Samlingen av input data för den teoretiska betongbyggnaden satte i gång med att hämta miljöpåverkans värden under skeden A1, A2 och A3 från EPD filer. Miljöpåverkans mängder är angivna per vikt enhet men inmätningen i ToSIA bör vara per volymenhet så förvandlades det genom att multiplicera mängden miljöpåverkan med den genomsnittliga densiteten för betong vilket är 2,5 ton/m³.

Transportsträckor för betongfallet sker inom Sverige och det innebär att EPD filer ger ett genomsnittligt värde på miljöpåverkan som transportsträckor bidrar med. Tabeller 6, 7, och 8 visar miljöpåverkan för de olika betongkomponenters producerings- och transport processer.

Tabell 6 Klimatpåverkan för håldäckselement

Environmental performance

Potential environmental impact

PARAMETER	UNIT	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A1-A4*
Global warming potential (GWP)	kg CO ₂ eq.	193	6.5	64	264	4.6	268
Acidification potential (AP)	kg SO ₂ eq.	0.26	0.02	0.02	0.30	0.01	0.31
Eutrophication potential (EP)	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0.04	4.6E-03	0.01	0.05	2.7E-03	0.05
Formation potential of tropospheric ozone (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq.	0.04	-4.2E-03 ³	2.2E-03	0.04	-3.5E-03	0.03
Ozone layer depletion potential (ODP)	kg R11-e	6.7E-08	1.7E-13	1.1E-07	1.7E-07	1.3E-13	1.7E-7
Abiotic depletion potential – Elements	kg Sb eq.	3.5E-04	5.1E-7	4.4E-06	3.6E-04	3.8E-07	3.6E-04
Abiotic depletion potential – Fossil resources	MJ, net calorific value	965	88	49	1 102	62	1164

* Additional information

Tabell 7 Klimatpåverkan för håldäckselement för golvplattan och innervägg

Miljöpåverkan per ton balkongplatta

Parameter	Enhet	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	A1-A3
GWP	kg CO ₂ -ekv	155.14	9.48	12.44	12.07	0.07	3.80	0.91	-	0.13	177.04
ODP	kg R11-ekv	6.54E-07	2.44E-06	3.07E-06	9.32E-07	6.75E-08	7.13E-07	7.06E-08	-	2.37E-08	1.11E-05
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	2.28E-02	6.34E-04	1.82E-03	6.82E-04	1.54E-05	7.00E-04	3.75E-03	-	2.33E-05	2.58E-02
AP	kg SO ₂ -ekv	1.71E-01	3.03E-02	5.53E-02	4.94E-02	2.98E-04	3.73E-02	6.68E-04	-	1.25E-03	2.58E-01
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	4.12E-02	5.59E-03	8.05E-03	8.82E-03	-	6.47E-03	5.18E-05	-	2.16E-04	5.58E-02
ADPM	kg Sb-ekv	3.25E-04	3.53E-06	5.88E-07	6.45E-08	3.94E-08	1.15E-08	4.89E-09	-	3.82E-10	3.38E-04
ADPE	MJ	5.42E+02	9.98E+01	7.37E+00	1.93E+02	-	-	1.46E+01	-	-	5.96E+02

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

Tabell 8 Klimatpåverkan för yttervägg

Miljöpåverkan per ton skalvägg

Parameter	Enhet	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	A1-A3
GWP	kg CO ₂ -ekv	153.09	9.19	14.68	12.06	0.07	3.79	1.00	-	0.13	176.95
ODP	kg R11-ekv	5.43E-06	7.34E-06	3.59E-06	9.32E-07	6.75E-08	7.13E-07	7.69E-08	-	2.38E-08	1.64E-05
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	2.78E-02	1.26E-03	2.17E-03	6.83E-04	1.54E-05	7.00E-04	5.74E-05	-	2.33E-04	3.12E-02
AP	kg SO ₂ -ekv	1.62E-01	3.06E-02	6.82E-02	4.95E-02	2.98E-04	3.74E-02	4.20E-03	-	1.25E-03	2.61E-01
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	1.65E-02	6.32E-03	2.17E-03	8.81E-03	-	6.48E-03	7.49E-04	-	2.16E-04	1.81E-01
ADPM	kg Sb-ekv	3.37E-04	1.31E-05	4.84E-08	6.44E-08	3.94E-08	1.14E-08	5.32E-09	-	3.82E-10	3.50E-04
ADPE	MJ	9.31E+02	4.11E+01	-	1.93E+02	5.32E-01	-	1.59E+01	-	-	9.72E+02

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

Gällande EPD filerna så var vissa EPD filer inte tillgängliga, och då användes EPD filen för balkongplattan till innerväggar och golvplatta eftersom de kan betraktas som samma komponenter, anledningen bakom antagandet är att både golvet och innerväggen är massiva till skillnad från håldäckselementen som har längsgåendehål och ytterväggar som har isoleringsskikt.

Avfall typer som utvinns vid tillverkning av de fyra olika typer av betongkomponenter består av tre sorters avfall: HW, NHW och RW som syns i tabeller 9, 10 och 11.

Tabell 9 Avfall mängder för håldäckselement

Waste production and output flows

Waste production

PARAMETER	UNIT	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A1-A4*
Hazardous waste disposed	kg	1.1E-03	4.7E-06	0.03	0.03	3.6E-06	0.03
Non-hazardous waste disposed	kg	41	6.8E-03	52	93	5.2E-03	93
Radioactive waste disposed	kg	0.04	1.2E-04	8.7E-04	0.04	8.6E-05	0.04

* Additional information

Tabell 10 Avfall mängder för golvplattan och innervägg

Avfall per ton balkongplatta

Parameter	Enhet	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	A1-A3
HW	KG	5.35E-03	-	2.97E-02	-	-	-	-	-	-	3.50E-02
NHW	KG	9.31E+00	-	1.18E+00	-	-	-	-	-	-	1.05E+01
RW	KG	4.14E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	4.14E-02

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

Tabell 11 Avfall mängder för yttervägg

Avfall per ton skalvägg

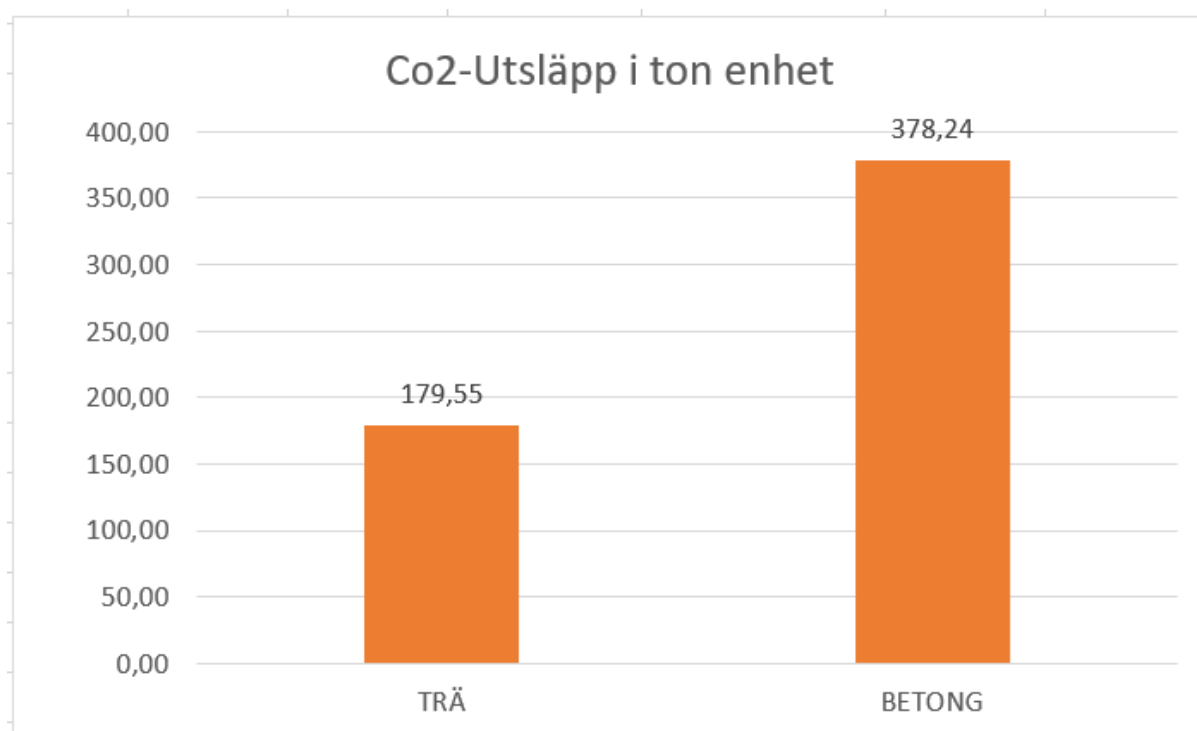
Parameter	Enhet	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	A1-A3
HW	KG	2.39E-03	-	3.20E-02	-	-	-	-	-	-	3.44E-02
NHW	KG	2.96E+01	-	1.18E+00	-	-	-	-	-	-	3.08E+01
RW	KG	3.29E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	3.29E-02

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

4. Resultat och diskussion

4.1 Resultat

Resultatet i figur 4 visar stor en skillnad i miljöpåverkan mellan betongfallet jämfört med träfallet. Miljöpåverkan ligger på 47,4% mindre Co2-utsläpp i träfallet, men det är värt att nämna att transportsträckor för importerat trä inte ingår i studien vilket påverkar definitivt resultatet.



Figur 4 skillnaden mellan Co2-utsläpp i betongfallet och träfallet.

4.1.1 Co2-utsläpp trä

I tabell 12 nedan visas Co2-ekv per kg utsläppen för träbyggnaden detaljerad i olika kategorier, detta resultat har räknats fram via ToSIA.

Tabell 12 för utsläpp från träbyggnaden

Utsläpp från träbyggnaden		
Total utsläpp	179545,30	kg Co2-ekv
Total area	2081,42	m2
Utsläpp per m2	86,26	kg Co2-ekv
Utsläpp per våning	29924,22	kg Co2-ekv

4.1.2 Co2-utsläppbetong

I tabell 13 nedan visas Co2-ekv per kg utsläppen för den teoretiska betongbyggnaden detaljerad i olika kategorier, detta resultat har räknats fram via ToSIA.

Tabell 13 för utsläpp från den teoretiska betongbyggnaden

Utsläpp från teoretisk betongbyggnaden		
Total utsläpp	378237,44	kg Co2-ekv
Total area	2081,42	m ²
Utsläpp per m ²	181,72	kg Co2-ekv
Utsläpp per våning	63039,58	kg Co2-ekv

4.2 Diskussion

I den här forskningen har den miljömässiga aspekten studerats för två olika fall, en betongbyggnad och en träbyggnad, resultatet visar en ganska stor skillnad på utsläpp som kommer från båda fall, träbyggnadens byggprocess släpper ut 47.4% mindre koldioxid, vilket påverkar miljön betydligt mindre. Men resultatet på denna forskning hade förändrats om fler detaljer togs med i forskningen så som Co2-utsläpp som sker vid rivningsprocesser och återvinning vid betongbyggnad fallen och träbyggnad fallen som också påverkar miljön på ett sätt eller annat.

En av avgränsningarna som hade påverkat resultat är den geografiska gränsen av forskningen, i denna studie var den geografiska gränsen av forskningen Sverige och med tanke på att vissa material importerades från andra länder så detta innebär ännu mer Co2-utsläpp i träbyggnadens fall, vilket kan ha påverkats resultatet i sin tur.

Miljömässigt talat så finns det olika aspekter som påverkar valet av miljövänliga byggmaterial som till exempel den ekonomiska aspekten och den sociala aspekten, Enligt tidigare forskning (Miljöpåverkan- och kostnadsanalys för stomsystem i Grön betong och KL-trä) så visar det sig att det är ekonomiskt lönsamt att bygga med grönbetong och detta kan leda i sin tur till större efterfråga på betongbyggda bostäder eftersom det kommer vara naturligtvis billigare, och här kommer den sociala aspekten vilket handlar om medvetenheten i samhället, Skulle kunderna föredra dyrare träbyggda bostäder som kostar naturligtvis mer eller ska de välja betongbyggda bostäder? Skulle ökad medvetenhet om behovet av miljövänliga bostäder påverka valet av kunderna?

Det är värt att nämna att det finns metoder för att minska miljöbelastningen av träbyggmaterial som till exempel att undersöka möjligheter för att minska transportavstånd genom att bygga trähus nära skog som betraktas som resurs för trä som används för byggmaterial eller öka livslängden på själva träbyggnader.

5. Slutsats

Valet av byggmaterial kan spela en stor roll gällande miljöpåverkan som byggbranschen bidrar med, och det är oerhört viktigt att välja miljövänliga byggmaterial för att kunna minska

miljöpåverkan. Den mest effektiva aspekten som styr framtida byggandet i lång sikt är efterfrågan i marknaden, väljer kunder att bo miljövänligt så ökar intresset av byggföretagen för att bygga miljövänligt och det leder i sin tur till minskning av miljöpåverkan. Endast individer kan effektivt bromsa klimatförändringen genom att göra miljövänliga val som har miljön i fokus.

5.1. Förslag på vidare studier

- Att hitta lösningar för att göra träkonstruktioner ännu mer miljövänliga som att förbättra energiförbrukningen och öka livslängden på träkonstruktioner.
- Att studera CO₂-utsläpp resulterade av rivning och återvinning av träkonstruktioner och hitta lösningar för att minska utsläppen.

6.3 Referenser

Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn, Boverket, 2021,

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

Betong – framtidens byggmaterial, PEAB,

<https://peab.se/siteassets/produkter/dokument/betong-framtidens-byggnadsmaterial.pdf>

Miljö, Träguiden,

<https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/>

Trä information, svenskt trä, 2000,

<https://www.svenskttra.se/publikationer-start/tidningen-tra/2000-2/>

Historiska konstruktioner, Linneuniversitet, 2021,

<https://lnu.se/forskning/sok-forskning/historiska-konstruktioner/>

Introduktion till livscykelanalys (LCA), Boverket, 2019,

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Metodval för LCA, Boverket, 2019,

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/sahar-gors-en-lca/metodval-for-lca/>

Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021, IEA, 2022,

<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>

Mer om miljövarudeklarationer för byggprodukter (EPD), Boverket, 2019,

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljovardeklaration-for-byggprodukter-epd/>

Goto, Y. Leyder, C. Alam, A. 2020. Sustainability impact assessment report, Smarta Wood,

<https://efi.int/projects/smarta-wood-demonstrator>

Pilgläntan, Derome, 2015,

<https://www.derome.se/bostadsutveckling/produkter-tjanster/planelement/flerbostadshus/pilglantan>

Environmental performance, FCBA Institut Technologique,

<https://www.fcba.fr/en/prestations/support-for-innovation/>

Akram, A. M. Rexha, G. (2021).

Miljöpåverkan- och kostnadsanalys för stomsystem i Grön betong och KL-trä.
[Examensarbete, Chalmers tekniska högskola]

<https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/302508/1/ACEX20%20Examensarbete%20%20Akram%20Abdulrahman%2C%20Rexha%20Gent.pdf>

Quantitative Research, Interaction design,

<https://www.interaction-design.org/literature/topics/quantitative-research>

EPD, Particle board P2 and P6, Byggelit, 2020,

<https://www.moelven.com/globalassets/inriver/documents/epd-byggelit-particle-board-p2-and-p6.pdf>

EPD, Vänerply plywood av gran, Moelven Wood AB, 2018,

<https://www.moelven.com/globalassets/inriver/documents/epd-moelvenwood-nepd-1579-604-vanerply-plywood-av-gran.pdf>

EPD, Swedish sawn dried timber of spruce or pine, Swedish Wood, 2018,

<https://www.environdec.com/library/epd1325>

EPD, Balkongplatta, Thomas Betong AB, 2020,

<https://www.epd-norge.no/betongvarer/balkongplatta-article2668-316.html>

EPD, Skalvägg, Thomas Betong AB, 2020,

<https://www.epd-norge.no/betongvarer/skalvagg-article2670-316.html>

EPD, Hollow core slabs, Benders Byggsystem, 2018,

<https://www.bendersbyggsystem.se/globalassets/start/dokument/epd/2021/epd-benders-hollow-core-slabs-2020-r01-to-environdec-210128.pdf>

ToSIA General,

<http://tosia.efi.int>

Varför bygger vi inte fler höghus i trä, Research institutes of Sweden,

<https://www.ri.se/sv/berattelser/varfor-bygger-vi-inte-fler-hoghus-i-tra>

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS