

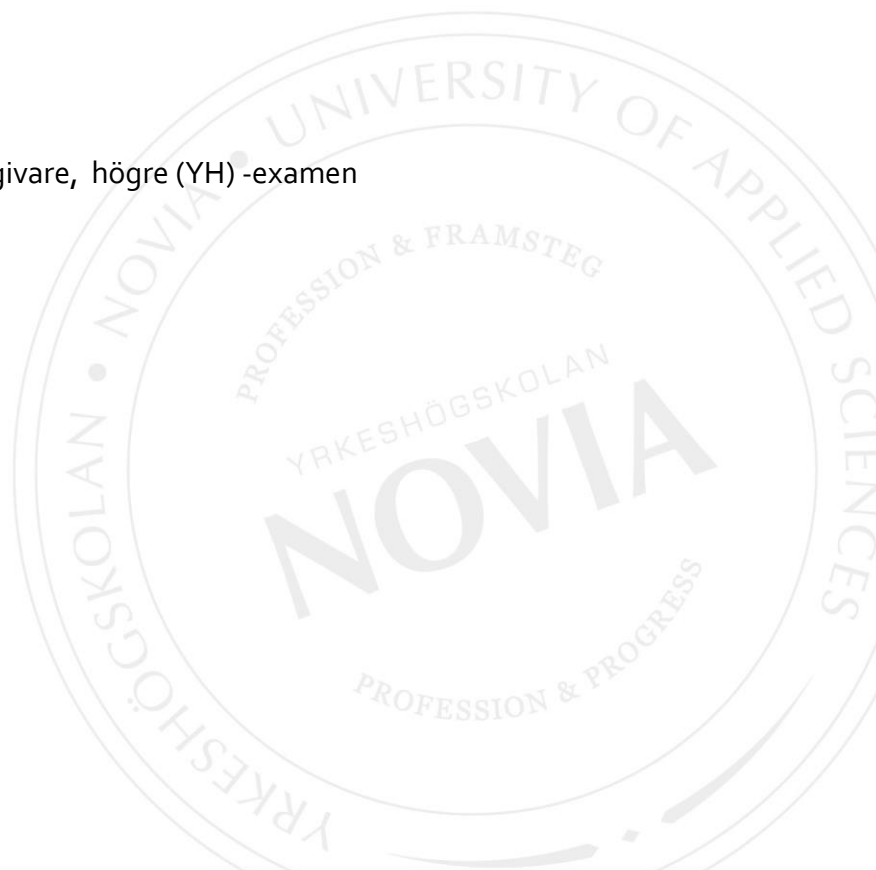
# Planering av ett hållbart egnahemshus i Österbotten

Erica Wärmman

Examensarbete för Formgivare, högre (YH) -examen

Cirkulär design

Jakobstad 2023



## EXAMENSARBETE

Författare: Erica Wärnman  
Utbildning och ort: Utbildning i cirkulär design (60 sp) Jakobstad  
Handledare: Isa Melander-Ekström

Titel: Planering av ett hållbart egnahemshus i Österbotten

---

Datum 22.10.2023 Sidantal 44

Bilagor 4

---

### Abstrakt

Finland har satt som mål att minska på landets utsläpp så landet uppnår klimatneutralitet innan år 2035 och klimatnegativitet inom några år till. Detta till följd av att EU har satt upp ett eget mål att sträva för att bli den första världsdelen som uppnår koldioxidneutralitet. I Parisavtalet har länder kommit överens om att sträva till att temperaturen på jorden inte ska stiga mer än 2 °C, helst under 1,5 °C till år 2050. Byggnader står idag för en tredjedel av Finlands växthusgasutsläpp och om inte åtgärder vidtas så kommer denna siffra fortsätta att öka. I Finland uppkommer årligen 20 avfall ton bygg- och rivningsavfall. Inom byggnadssektorn är det nödvändigt att göra stora förändringar för att gå från en linjär verksamhet till en mer cirkulär verksamhet för att vi ska kunna uppnå Finlands utsläppsmål i tid.

Hälften av Finlands befolkning är bosatta i egnahemshus eller parhus. Genom att minska på dessa småhus utsläpp så har det en betydande roll mot ett koldioxid neutralt Finland. Byggnader påverkar miljön under alla skeden, från byggande till rivning, så därför bör byggnader planeras med hela byggnadens livscykel i åtanke. Material ska väljas med tanke på lång livslängd eller göras så de lätt kan repareras eller bytas ut. Materialval och effektivt utnyttjande av utrymmen har en stor påverkan på koldioxidutsläpp och genom att göra bättre val kan vi bidra till att påverka klimatkrisen.

I detta examensarbete planeras ett egnahemshus med fokus på användning av hållbara byggnadsmaterial samt användning av energieffektiva byggnadslösningar. Målet med examensarbetet är att jämföra och välja ut lämpliga byggnadsmaterial och byggnadslösningar ur ett hållbarhetsperspektiv och med tanke på koldioxidavtryck.

---

Språk: svenska

Nyckelord: klimatneutral, hållbart byggande, koldioxidavtryck

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Erica Wärnman  
Degree Programme: Degree Programme in Circular Design (60 ECTS), Jakobstad  
Supervisor: Isa Melander-Ekström

Title: Design of a sustainable detached house in Ostrobothnia

---

Date 22.10.2023    Number of pages 44    Appendices 4

---

Finland has set a goal to reduce the country's emissions to reach carbon neutrality before the year 2035 and in a few years carbon negativity. This following EU: s own goal to be the first continent that reach climate neutrality. In the Paris agreement, countries have agreed to strive for the temperature on earth not to rise over by 2°C, preferable below 1,5 °C until the year 2050. Buildings and construction stand for a third of Finland's emissions and if we don't act this number will continue to increase. Finland arises annually 20 million tons of construction- and demolition waste. The building sector need to make large changes to go from a linear activity towards a more circular activity to reach Finland's emission goals in time.

In Finland half of the population live in detached or semi-detached houses. By reducing these houses' emission, it has a significant part towards a climate neutral Finland. Buildings affect the environment on every stage from construction to demolition, because of this, buildings must be designed with the whole lifecycle in mind. Materials must be chosen with a long lifespan in mind or in order so that materials easily can be repaired or changed. Choice of materials and effective use of space have a great affection on carbon emissions. By doing better choices we can influence the climate crisis.

In this thesis I design a detached house with focus on sustainable materials and energy efficient building solutions. The purpose of this thesis is to compare different building materials and building solutions from a sustainable development perspective and with carbon footprint in mind.

---

Language: Swedish    Key words: climate neutrality, sustainable constructing,  
carbon footprint

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä : Erica Wärnman  
Koulutus ja paikkakunta: Degree programme in Circular Design (60 op), Pietarsaari  
Ohjaaja: Isa Melander-Ekström

Otsikko: Kestävän omakotitalon suunnittelu Pohjanmaalla

---

Päivämäärä 22.10.2023

Sivut 44

Liitteet 4

---

Suomi on asettanut tavoitteekseen vähentää kansallisia päästöjään niin, että saavutettaisiin hiilineutraalius ennen vuotta 2035 ja sen jälkeen muutaman vuoden sisällä hiilinegatiivisuus. Tämä on seurausta EU:n itselleen asettamasta tavoitteesta pyrkiä ensimmäiseksi maanosaksi, joka saavuttaa hiilineutraaliuden. Pariisin ilmastopöytäkirjassa valtiot ovat sopineet pyrkivänsä siihen, että maapallon lämpötila ei saa nousta enempää kuin 2 °C, mieluiten alle 1,5 °C vuoteen 2050 mennessä. Rakentaminen ja rakennukset aiheuttavat, tällä hetkellä, yhden kolmasosan Suomen kasvihuonepäästöistä ja jos mitään toimenpiteitä ei tehdä, tulee tämä osuus kasvamaan. Suomessa syntyy vuodessa 20 miljoona tonnia rakennus- ja purkujätettä. Rakennussektoreilla on tarpeellista tehdä suuria muutoksia, jotta päästään lineaarisesta liiketoiminnasta kohti kiertotaloutta, niin että saavuuttamme Suomen päästötavoitteet ajoissa.

Suomessa puolet väestöstä asuu omakotiloissa- tai paritalossa. Näiden pientalojen päästövähennyksellä on merkittävä rooli pyrkiessämme kohti hiilineutraalia Suomea. Rakennukset vaikuttavat ympäristöön joka vaiheessa, rakentamisesta aina purkamiseen saakka, tämän vuoksi rakennukset pitäisi suunnitella koko niiden elinkaari huomioiden. Materiaaleja valittaessa on huomioitava pitkä elinaika tai rakennettava niin että niitä on helppo korjata tai vaihtaa. Materiaalivalinnoilla ja tehokkaalla tilankäytöllä on iso vaikutus hiilidioksidipäästöihin, joten tekemällä parempia valintoja voimme vaikuttaa ilmaostokriisiin.

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan omakotitalo keskittyen käyttämään kestäviä rakennusmateriaaleja ja energiatehokkaita rakennusratkaisuja. Opinnäytetyön päämääränä on vertailla ja valita sopivia rakennusmateriaaleja ja rakennusratkaisuja kestävän kehityksen näkökulmasta, sekä ottaen niiden hiilijalanjälki huomioon.

---

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Ilmastoneutraalius, kestävä rakentaminen, hiilijalanjälki

---

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Bakgrund .....	1
1.3	Tillvägagångssätt.....	2
1.4	Syfte och mål .....	2
1.5	Avgränsning.....	2
<b>2</b>	<b>Klimatneutralt Finland</b> .....	<b>3</b>
2.1	Miljöministeriets beräkningsmetod.....	3
2.2	Koldioxidsnålt byggande .....	5
2.3	Parisavtalet och EU.....	6
2.4	Globala målen och Agenda 2030 .....	7
<b>3</b>	<b>Cirkulär ekonomi</b> .....	<b>8</b>
3.1	Cirkulär ekonomi inom byggnadsbranschen .....	10
3.2	Cirkulär design av hus .....	11
<b>4</b>	<b>Beräkning av en byggnads koldioxidavtryck</b> .....	<b>12</b>
4.1	Livscykelanalys (LCA) .....	12
4.2	Livscykelmodeller i en livscykelanalys.....	13
4.3	Livscykelanalys (LCA) på byggnader enligt Levels(s) metod .....	14
4.4	Modul A1-A3, Produktskedet .....	15
4.5	Modul A4-A5, Byggproduktionsskedet.....	15
4.6	Modul B1-B7, Användningsskedet .....	15
4.7	Modul C1-C4, Rivningsskedet.....	16
4.8	Modul D.....	16
<b>5</b>	<b>Hållbara egnahemshus i Finland</b> .....	<b>17</b>
5.1	Passivhus .....	17
5.2	Nollenergihus & Plusenergihus .....	18
5.3	Ekohus .....	19
5.4	Elementhus .....	20
5.5	Modulhus .....	20
5.6	Platsbyggt hus av långt virke .....	20
<b>6</b>	<b>Planering av ett hållbart hus</b> .....	<b>21</b>
6.1	Val av tomt och byggplats .....	21
6.2	Planlösning .....	21
6.3	Passiv solenergi och solskydd .....	22
6.4	Energieffektivitet och värmesystem .....	23
6.4.1	Bergvärme och jordvärme .....	23

6.4.2	Luftvärmepumpar .....	24
6.4.3	Fjärrvärme.....	24
6.4.4	Solpaneler.....	25
6.5	Materialval .....	25
6.5.1	Mineralbaserade material .....	26
6.5.2	Biobaserade material .....	26
6.5.3	CLT (Cross laminated timber) .....	27
7	<b>Mitt hållbara hus</b> .....	28
7.1	Val av tomt och byggplats .....	28
7.2	Hustyp.....	28
7.3	Fasader och skärning.....	29
7.4	Planritning .....	30
7.5	Uppvärmningssätt.....	32
7.6	Materialval .....	32
7.6.1	Väggmaterial.....	32
7.6.2	Grundmaterial.....	35
7.6.3	Takmaterial.....	35
7.7	Smarta lösningar.....	36
8	<b>Koldioxidberäkning på egnahemshuset</b> .....	37
8.1	Materials inverkan på koldioxidavtrycket för egnahemshuset.....	38
8.2	Inbyggt koldioxid och koldioxid under driftstiden på egnahemshuset .....	39
8.3	Var uppkommer den största klimatpåverkan på egnahemshuset? .....	40
8.4	Beräkning av koldioxidavtryck på egnahemshusprojektet .....	41
9	<b>Sammanfattning</b> .....	43
9.1	Diskussion .....	43
10	<b>Källförteckning</b> .....	45
10.1	Litteratur .....	45
10.2	Rakennustietokortistot.....	45
10.3	Webinarier .....	46
10.4	Internetkällor .....	46
11	<b>Bilagor</b> .....	49

# 1 Inledning

Detta examensarbete behandlar planering och utformning av ett egnahemshus på 140 m<sup>2</sup>. Huset som planeras i examensarbetet är ett eget husprojekt som finns i Kronoby i Österbotten. Examensarbetet utreder hur ett hållbart egnahemshus på landsbygden kan utformas samt vilka olika material som kan användas för att få goda egenskaper med tanke på cirkulärt byggande, energieffektivitet och koldioxidavtryck.

## 1.1 Uppdragsgivare

Som uppdragsgivare för examensarbetet fungerar jag själv med ett eget husprojekt i samarbete med elementhustillverkaren Teri-Hus Ab. Teri-Hus tillverkar egnahemshus, parhus, radhus, hallar, skolor och andra byggnader enligt kundens önskemål. Största delen av husen levereras till olika ställen i Finland men också en del av husen exporteras till Sverige och Norge. Teri-Hus Ab tillverkar stomelement i huvudsak av träregelstomme men har också en produkt på marknaden där man använder sig av CLT-stomme, kallad Komboelement. På senare år har också efterfrågan på färdiga moduler ökat vilket har lett till att Teri-Hus också har börjat ta sig an projekt som innebär att inredningsklara moduler tillverkas i produktionshallen och transporteras direkt till byggplatsen.

## 1.2 Bakgrund

Idén till examensarbetet uppkom i samband med att planerande och byggande av ett egnahemshus till mig själv blev aktuellt. När man ser på utbudet på marknaden av olika hus och material så blir det svårt att veta vad man ska ha på koll på vid nybyggande av ett hållbart hus. Koldioxidberäkningar på byggnader i Finland beräknas tas i bruk år 2025 i och med att en ny bygglag träder i kraft. Eftersom detta är aktuellt inom byggande och planering av hus så vore det intressant att prova göra en koldioxidberäkning på egnahemshuset.

Som arbetsledare på en elementhusfabrik så kommer jag ofta i kontakt med nya material och nya konstruktionslösningar så det ger mig också möjlighet att prova på nya lösningar och jämföra dem i praktiken. Jobbet på en husfabrik gör också att valet att bygga ett nytt hus är av mer intresse än att börja renovera ett gammalt hus. I de flesta fall anses det dock vara mer hållbart att renovera ett gammalt hus och utnyttja de resurser som redan finns.

(Hänninen, 2022)

### 1.3 Tillvägagångssätt

Examensarbetet baserar sig på litteraturstudier inom energieffektivt, hållbart och cirkulärt byggande i Finland. Förutom litteraturstudier så utförs också planering och design av mitt kommande egnahemshus. För planeringen av huset används ritningsprogrammet Vertex BD som används vid Teri-Hus. För beräkning av koldioxidutsläpp för framställandet av detta egnahemshusprojekt används koldioxidberäkningsprogrammet One Click LCA. Teoretiska materialtester av olika byggnadsmaterial görs för att jämföra dem och välja ut leverantörer på byggnadsmaterial som anses lämpa sig bäst för detta projekt.

### 1.4 Syfte och mål

I examensarbetet utreds olika möjligheter på hur man kan bygga ett nytt egnahemshus på ett hållbart sätt i Österbotten. Ett egnahemshus planeras med fokus på användning av hållbara byggnadsmaterial samt användning av energieffektiva byggnadslösningar. Målet med examensarbetet är att jämföra och välja ut lämpliga byggnadsmaterial och byggnadslösningar ur ett hållbarhetsperspektiv och med tanke på koldioxidavtryck. I samband med koldioxidberäkningen på egnahemshuset undersöks vilka av materialen som har störst klimatpåverkan. Resultatet av examensarbetet kan användas av andra som går i byggtankar och funderar på att börja bygga och planera ett egnahemshus men inte vet vad man bör ta i beaktande vid hållbart byggande.

### 1.5 Avgränsning

Examensarbetet begränsas så att materialval och koldioxidberäkning görs endast för den planritning och fasad som slutligen väljs för huset. När det kommer till exempel på hållbara material, exempelhus och uppvärmningssätt har jag valt att endast ta upp alternativ som jag anser vara hållbara för bygge av ett egnahemshus i Österbotten. I examensarbetet har jag valt att inte ta upp specifikare om material och konstruktioner som har hög belastning på miljön som till exempel betong eller stålkonstruktioner. I planerandet av egnahemshuset använder jag ändå en grundkonstruktion bestående av betong och armering eftersom andra alternativ i detta fall skulle vara ekonomiskt svårare att genomföra. I planerandet av ett hållbart hus studerar jag inte lösa delar som inte hör till husets konstruktion som till exempel inredningar, möbler, skåp och hushållsmaskiner.



## 2 Klimatneutralt Finland

Finland har som mål att minska sina utsläpp så att landet blir klimatneutralt innan år 2035. För att uppnå detta krävs stora åtgärder inom om den industriella branschen och transportbranschen men också inom byggnadsbranschen. Byggande och byggnader orsakar idag ca. en tredjedel av Finlands växthusgasutsläpp och globalt för ca. 35 % av alla växthusgasutsläpp. Byggnadsbranschens koldioxidutsläpp omfattar i detta fall alla skeden för byggnaden under dess livstid. Koldioxidutsläppen omfattar själva byggande och all trafik som uppkommer i samband med byggandet samt själva användningsskedet dvs. energianvändning för uppvärmning, el och för uppvärmning av bruksvatten. Även koldioxidutsläpp som uppkommer i samband med byggnaden rivs tas i beaktande.

(Miljöministeriet, 2022)

### 2.1 Miljöministeriets beräkningsmetod

Miljöministeriet i Finland har tagit fram en färdplan på koldioxidsnålt byggande som använts som grund för att ta fram lagstiftning om klimatdeklaration. Färdplanen har hjälpt byggnadsbranschen att beakta koldioxidutsläpp under hela byggnadens livscykel. För tillfället finns ingen lag i kraft på hur mycket koldioxidutsläpp en byggnads livscykel får omfatta. (Miljöministeriet, 2022)

Färdplanen på koldioxidsnålt byggande var ett flerårigt projekt som är uppbyggt av flera olika faser. I första fasen med start från år 2017 och framåt planerade man ett koncept på hur koldioxidavtrycket ska beräknas på byggnader, började att samla på utsläppsuppgifter i en utsläppsdatabas samt testade beräkningar genom pilotprojekt på offentliga byggprojekt och inom den privata sektorn. I den andra fasen från år 2021 och framåt försökte man få in koldioxidberäkning redan i planläggning och energistyrning samt när man började med nya pilotprojekt för att bygga koldioxidsnålt. I andra fasen började man planera på hur uppföljning och statistik ska tas till vara för att kunna utnyttjas på kommande byggprojekt. I miljöministeriets beräkningsmetod för koldioxidavtryck för byggnader tar man byggnadens hela livscykel i beaktande. (Miljöministeriet, 2022)

I Finland är beräkning av koldioxidutsläpp för byggnader ännu frivilligt men en ny bygglag antogs av riksdagen den 1 mars år 2023 och ska träda i kraft 1 januari 2025. Där kommer man sätta vikt på uppföljning av de pilotprojekt som genomförts för att kunna uppdatera metoder på hur beräkningar på koldioxidutsläpp bör genomföras. När den nya lagen träder i kraft så kommer beräkning av koldioxidavtryck för hus krävas för alla nya byggnader. Den nya bygglagen ska främja hållbart byggande samt digitalisering av byggandet. I den nya lagen ska framkomma väsentliga krav gällande en byggnads koldioxidsnålhet och byggnaders livscykel. Denna lag ska även omfatta klimatdeklaration på byggnader och materialspecifikationer. (Miljöministeriet, 2023)

Miljöministeriets beräkningsmetod, som baserar sig på standarden EN15978 samt EU ramverket Level(s) beräkningsmetod som ska användas vid beräkning av koldioxidavtrycket för en byggnad. Beräkningsmetoden följs då man uppgör en klimatdeklaration i samband med bygglovsansökan. För att nå det bästa resultatet med lågkoldioxidigt byggande så skulle gränsvärden för koldioxidutsläpp på byggnader behöva utfärdas. (Miljöministeriet, 2023)



Figur 1. Miljöministeriets färdplan för koldioxidsnålt byggande, One Click LCA 2023

## 2.2 Koldioxidsnålt byggande

För att få minska utsläppen i byggnadsbranschen har man nu börjat sätta fokus på byggnadens början och på byggnadens slut eftersom där finns stort potential för utsläppsminskningar som man enkelt kan påverka. Energieffektivisering under användningstiden har redan under en längre tid varit ett fokusområde. I användningsskedet är det främst byggnadens uppvärmningssätt som spelar en avgörande roll. I början av byggandet kan man jämföra och beakta olika materials framställning och i byggnadens slutskede kan man sätta fokus på hur material ska återanvändas eller återvinnas.

(Miljöministeriet, 2022)

Även Green building council Finland har gjort upp en plan med olika steg som ska hjälpa organisationer och verksamma inom byggnadsbranschen att börja resan inom koldioxidsnålt byggande. Stegen ska hjälpa organisationen att inse vilka mål man vill uppnå inom koldioxidsnålt byggande och hur man behöver gå till väga för att uppnå dem. I planen framkommer centrala åtgärder som man behöver göra för att uppnå någon av de tre nivåer som finns, informatör, påverkare och pionjär. En informatör strävar till att utföra koldioxidsnålt byggande och vill lära sig att utvecklas inom området. En påverkare utför redan till viss del lågkoldioxidsnålt byggande med stor ambition. En pionjär inom koldioxidsnålt byggande är mycket målmedveten på alla plan och eftersträvar koldioxidneutralt byggande. (Green Building Council Finland, 2022)

Koldioxidavtryck är klimatutsläpp orsakade av människans aktivitet främst vid framställning och underhåll av olika material. Koldioxidavtrycket beaktar flera olika växthusgaser där koldioxid är den växthusgas som förekommer mest av alla växthusgaser. Andra växthusgaser som finns är till exempel metan, ozon, och lustgas som är vanligt förekommande. (Ammenberg & Hjelm, 2023)

När ökningen av växthusgaser ökar till följd av människans verksamhet leder det till att den globala uppvärmningen ökar och bidrar till klimatförändringen. Koldioxidfotavtryck är det skadliga avtrycket orsakad av klimatutsläpp medan koldioxidhandavtryck anger det positiva avtrycket, det vill säga klimatnyttan. Koldioxidhandavtryck beskriver utsläppsminsknings potentialen för en produkt, process eller tjänst. Vid beräkning av koldioxidfotavtryck går man igenom och beaktar alla skeden som har en negativ inverkan från ett material under hela dess livslängd. Man undersöker alla skeden där utsläpp uppkommer och summerar ihop dem till ett klimatutsläppsvärde.

(Sitra.fi, 2023)

## 2.3 Parisavtalet och EU

Parisavtalet är ett globalt klimatavtal mellan länder i världen om att arbeta emot klimatförändringarna. Parisavtalet innehåller en handlingsplan för att begränsa den globala uppvärmningen. I avtalet har man bland annat kommit överens om att sträva till att temperaturen på jorden inte ska stiga mer än 2 °C helst under 1,5 °C till år 2050. Det betyder att man globalt behöver minska koldioxidutsläpp 80–95 % till år 2050 jämfört med år 1990. Målet kräver stora förändringar bland annat inom energi-, transport- och industribranschen. I Parisavtalet har man kommit överens om att länderna ekonomiskt ska hjälpa varandra att upprätthålla de krav inom klimatmålen som Parisavtalet kräver. (Europeiska rådet, 2023)

EU har satt upp ett eget mål att sträva för Europa ska bli den första världsdelen som uppnår klimatneutralitet innan år 2050. I och med detta kräver man att alla länder gör upp en egen strategi hur landet ska anpassa sig för att minska på koldioxidutsläppen. För att kunna bli koldioxidneutralt har EU utformat milstolpar för att nå sina mål. (Europeiska rådet, 2023)

Energianvändning i byggnader spelar en avgörande faktor i utmaningen om att minska på växthusgasutsläpp. Energianvändning står nästan för hälften av alla koldioxidutsläpp globalt. Det innebär att det finns all anledning till att se över befintliga byggnader och bygga om dem så de blir mer energieffektiva samt noggrant planera nybyggen så de använder sig av energieffektiva lösningar. Samtidigt bör man beakta att energirenoveringar kan orsaka koldioxidutsläpp vid framställning av material som används för att göra byggnaden energieffektivare, vilket kräver att en renovering ur klimatsynpunkt bör ifrågasättas innan den utförs. En hållbar utveckling kan uppnås om vi ökar användningen av förnybar energiteknik och klimateffektiva lösningar. (Andrén & Tirén, 2012)

Inom byggnadsbranschen har EU satt upp riktlinjer för mer effektiva byggsättslösningar vilket har lett till att medlemsländer har gjort striktare energiprestandakrav på hus som byggs. I Finland finns det en lag på att energicertifikat måste utfärdas på alla byggnader som byggs. Lagen om att skaffa energicertifikat för byggnader trädde i kraft 18.1.2013 och den omfattar en teoretisk beräkning av hela byggnadens energiförbrukning, d.v.s. byggnadens E-tal. E-tal klassificeras A-G där A anger den bästa klassen och G den sämsta klassen av energieffektivitet. Genom väl valda konstruktioner, byggsättslösningar och smarta materialval så kan man påverka energieffektiviteten i byggnader och på det sättet minska på energiförbrukningen hos den färdiga byggnaden. (Siikanen, 2016)

## 2.4 Globala målen och Agenda 2030

De globala målen ingår i en agenda för hållbar utveckling som går under namnet Agenda 2030. Den 25 september 2015 antog FN:s medlemsländer en överenskommelse för hur hållbar utveckling ska integreras av de tre dimensionerna av hållbarhet: social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet. Agenda 2030 beskriver visionen för hur världen ska se ut år 2030 och de Globala målen är en detaljerad plan på hur länder behöver gå till väga för att uppnå målen på alla dimensionerna. Agenda 2030 är ingen lag utan en frivillig agenda som länderna skrivit under som är på ländernas regeringars ansvar att se till att målen uppnås. De 17 globala mål som framtagits är utformade för global nivå men som förväntas omsättas i praktiken nationellt, regionalt och lokalt. För att underlätta implementeringen av de globala målen finns också 169 delmål och 230 indikatorer som gör det lättare att förstå innebörden för hur målen ska kunna uppnås. (Globala målen, 2023)



Figur 2. Globala målen för hållbar utveckling, 2023

Utifrån Agenda 2030 har jag valt ut 3 mål att fokusera på av de globala målen som är mest väsentliga för mitt examensarbete. Under en byggnads användningstid är det uppvärmningen som står för de största klimatutsläppen därför är det viktigt att man beaktar mål 7: Hållbar energi för alla, genom att välja en uppvärmningskälla som fokuserar på användning av förnyelsebar energi och genom byggnade av energieffektiva konstruktioner. Fokuset med examensarbetet kommer även att vara på mål 9: Hållbar industri, innovationer och infrastruktur, genom att sätta fokus på smarta material och konstruktionslösningar, beakta transporter och samarbeten mellan företag. Viktigt för byggnade av ett hållbart hus är även mål 12: Hållbar konsumtion och produktion, genom att bygga med tanke på hållbara materialval, effektiv resursanvändning och använda material av hög kvalitet.

### 3 Cirkulär ekonomi

Cirkulär ekonomi är ett ledande koncept på hållbar ekonomi. Begreppet cirkulär ekonomi har växt fram till följd av den linjära ekonomin, köp-slit-släng principen, som dominerat sedan industrialismen med negativa miljökonsekvenser som följd. En cirkulär ekonomi följer principerna om att designa bort avfall och föroreningar, förlänga livscykeln på produkter och material samt återskapande av naturliga system. Cirkulär ekonomi är en ekonomi där resurser ingår i cirkulära kretslopp genom att återhämta, bibehålla och öka deras värde. Slutprodukten i en process utnyttjas som en resurs i en annan process och desto mer produkter som kan cirkuleras desto mindre behov av jungfruliga material behöver användas. Genom denna process minimeras resursförlusterna och vi undviker att avfall skapas. (Ammenbergs & Hjelm, 2023)

I en cirkulär ekonomi finns två olika slags kretslopp, ett biologiskt samt tekniskt. (Figur 3.) Det biologiska kretsloppet innebär de produkter som är biologiskt nedbrytbara och återlämnas till naturen utan att skada naturen. Näringsämnen från biologiska produkter returneras tillbaka till jorden för att låta dem återgå till naturens biokemiska kretslopp. Till det biologiska kretsloppet hör till exempel mat, växter, trä och bomull. I det biologiska kretsloppet strävar man till att få en så lång livslängd som möjligt på produkten för att bibehålla dess värde. I det biologiska kretsloppet kan biobaserade produkter återföras till tillverkningsprocessen, användas i energiproduktion för biogas eller på något annat sätt återanvändas som råvara från naturen. (Ellen MacArthur foundation, 2022)

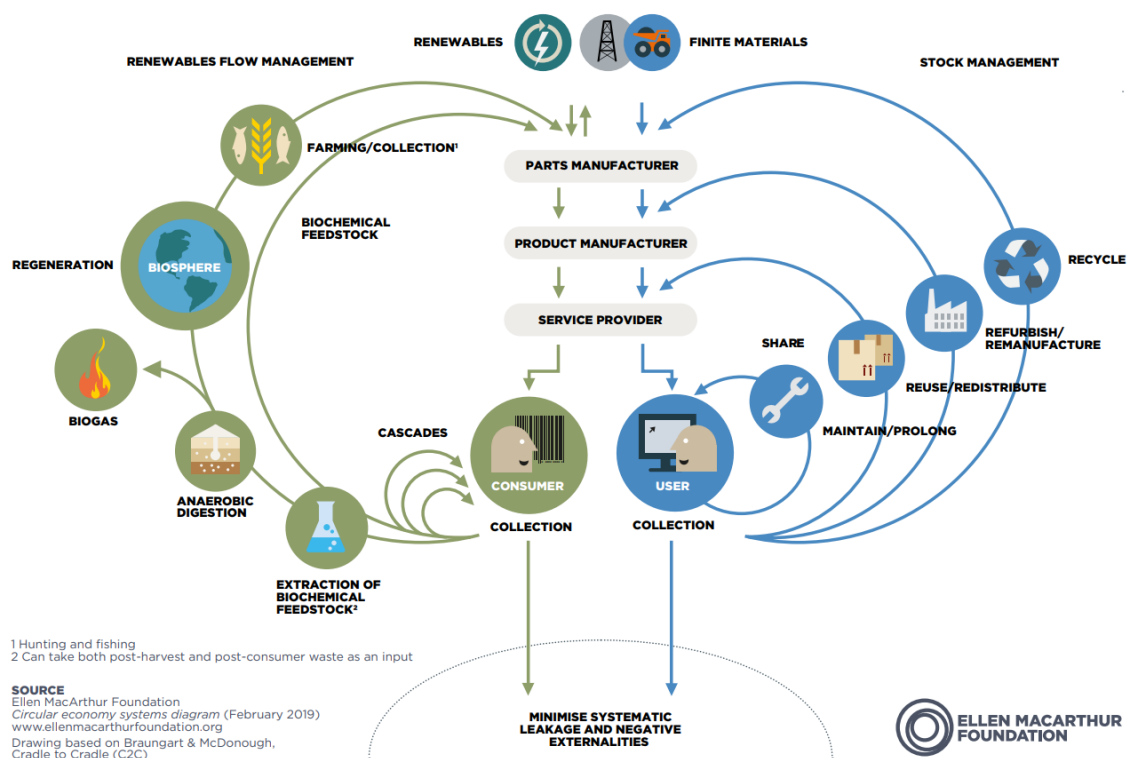
I det tekniska kretsloppet använder man sig av råvaror som ursprungligen kommer från naturen men har blivit processade på sådant sätt att de inte går att returnera till naturens kretslopp. I det tekniska kretsloppet strävar man till att bibehålla material i cirkulation genom att använda, reparera, tillverka på nytt samt återvinna material. Till det tekniska kretsloppet hör till exempel metaller, plaster och glas. (Ellen MacArthur foundation, 2022)

Det tekniska kretsloppet (Figur 3) avläses så att det som är närmare kärnan av looparna är bättre val genom ett cirkulär designperspektiv. Genom att designa produkten med tanke på att ägandet kan delas genom att göra produkten hållbarare så förlänger man produktens livscykel. Ett annat sätt att öka livslängden på en produkt i det tekniska kretsloppet är att underhålla produkten så värdet på produkten bibehålls. Nästa steg i loopen är att återanvända och omfördela produkter. Tillika som att dela och underhålla en produkt så håller man ännu kvar produkten i originalform och för samma syfte i denna loop. Till återanvända och omfördela kan exempel på ett sätt att bibehålla värdet vara återsäljande av produkter endera

som second hand eller till en annan kundgrupp än den ursprungliga. Om inte något av de nämnda sätten är möjliga att genomföra på produkten så kan man uppgradera eller tillverka en produkt på nytt. Detta gör man genom att reparera eller byta ut komponenter, uppdatera funktioner eller ändra på produktens utseende. Ett exempel på uppgradering är när företag köper in gamla produkter och säljer produkten på nytt efter att de reparerat och uppdaterat den. Återtillverkning av en produkt kan göras när produkten nått ett tillstånd där en mer genomförande reparation krävs för att få produkten funktionsduglig. Återtillverkning innebär att komponenter eller funktioner byts ut till nyskick eller till ännu bättre presterande komponenter än vad den ursprungliga produkten hade. Det sista skedet i ett tekniskt kretslopp är att återvinna produkten genom att separera material från varandra. Att återvinna en produkt är oftast en sista utväg inom cirkulär ekonomi eftersom det ofta krävs mycket energi för att smälta ned materialen för att bilda nya råmaterial. Det enda som vore en sämre lösning än återvinning var om produkten blev till avfall och inte utnyttjas på nytt alls. (Ellen MacArthur foundation, 2022)

För att designa på ett cirkulärt sätt bör produkter med biologiska och tekniska kretslopp inte blandas ihop när man tillverkar produkter eller ifall man blandar dem bör det göras på ett sådant sätt att komponenterna lätt kan tas isär utan att de förstörs.

(Ellen MacArthur foundation, 2022)



Figur 3. Biologisk och tekniskt kretslopp, Ellen MacArthur Foundation 2019

### 3.1 Cirkulär ekonomi inom byggnadsbranschen

Byggnadsbranschen är den bransch som förbrukar hälften av jordens naturresurser. När vi återanvänder material sparar vi på råmaterial och naturresurser och minskar utsläpp som skulle uppkomma i produktionen av nya material. I Finland behöver vi ta till åtgärder inom återvinningen av byggmaterial. Finland har som EU-medlem förbundit sig att innan år 2020 ska bygg- och rivningsavfall kunna återvinnas till 70 %. I nuläget är återvinningsgraden trots detta under 60 %. Detta gör att hårdare krav skulle behöva sättas. Av rivningsavfallet som uppkommer är 85 % från reparationer av byggnader och 15 % av avfallet uppkommer i byggande av nya hus. (Miljöministeriet, 2022)

Miljöministeriet har lagt upp några riktlinjer som man bör ta hänsyn till för att ta byggnadens hela livscykel i beaktande. Byggnader ska planeras så de har en lång livslängd och att det är lätt att utföra underhåll och att göra reparationer på byggnaden. Byggnaden ska utformas så att den enkelt kan ändras för andra ändamål än det ursprungliga samt att byggnaden ska göras multifunktionell så den kan fylla flera funktioner på samma gång. Man bör sträva till att byggnaden produceras av återvunnet material till så stor uträkning som det är möjligt och så att byggnadsdelarna av den nya byggnaden också i framtiden kan återanvändas eller återvinnas på nytt. Inom cirkulär design av hus strävar man till att hålla byggmaterialen så länge som möjligt för att få en lång livscykel på byggnaden. (Miljöministeriet, 2022)

I World Circular Economy Forum som ordnades av Sitra 31.05.2023 ges en handlingsplan på hur cirkulär ekonomi bör tillämpas i byggnadsbranschen. Med temat ”byggstenar för en cirkulär framtid” framkom olika nivåer för hur cirkularitet som kan uppnås i praktiken.

**1.Better** - Vägra bygga nya byggnader

**2.Longer** - Maximera husets livscykel genom att designa för användning, lång livslängd, flexibilitet och för att monteras ner.

**3.Leaner** - Optimera produktdesignen genom att vägra onödiga komponenter och öka materialeffektiviteten.

**4.Cleaner** - Minimera användning av nyproducerade, koldioxidintensiva och giftiga material.



### 3.2 Cirkulär design av hus

Finlands mål att bli klimatneutralt innan 2035 kräver också att byggnadsbranschen ändrar på sitt tankesätt. I webinariet ”Kiertoalouden tulevaisuudessa” betonas att Finland behöver planera hus med lång livslängd som lätt går att reparera och renovera. Delar som monteras bort från hus ska återanvändas samt materials livslängd ska förlängas, målet är att vi inte har något avfall alls. I webinariet framkom även att vid planering av hus bör läggas mer uppmärksamhet på delningsekonomi. Behöver alla till exempel äga egen bil och ha hus med extra rum för olika funktioner som sällan används, till exempel teknikrum, hobbyrum och garage. Kanske man i stället kan bygga och äga saker gemensamt. Genom att äga mindre så minskar behovet av uppvärmning och samtidigt sparas naturresurser.

En mer cirkulär byggnad utförs genom att använda återvunnet, förnybart och återanvänt material i stället för att använda nyproducerat material. Designa bort avfall genom att inte använda lim, spik och fastsättningar som är svåra att ta isär. Välj material genom att tänka för ”Design för disassembly” principen genom att välja fastsättningar som lätt går att monteras isär utan att materialet går sönder. Designa mer cirkulära byggnader genom att bygga anpassningsbara byggnader som går att ändra om för nya behov. Byggnader bör designas så att material och komponenter sällan behöver bytas ut och om de behöver bytas är det en fördel om de kan användas på nytt i samma byggnad.

(One Click LCA- Construction LCA Bootcamp, 2023)

## 4 Beräkning av en byggnads koldioxidavtryck

För att beräkna ut en byggnads koldioxidavtryck kan man använda sig av en livscykelanalys. I detta kapitel kommer jag ta upp om vad en livscykelanalys är, vilka livscykelmodeller som finns samt hur man beräknar livscykeln för en byggnad enligt Level(s) metod. De olika modulerna som ingår i en byggnads livscykel utreds och förklaras var för sig.

### 4.1 Livscykelanalys (LCA)

En livscykelanalys (LCA) omfattar den totala miljöpåverkan av material och energiflöden för framställning, användning och isärtagande av en produkt. Med hjälp av en livscykelanalys försöker man sammanfatta alla miljökonsekvenser och all resursanvändning under en produkts hela livslängd. Ur byggnadsperspektiv innebär detta framställning av olika byggnadsmaterial, bruksskede av byggnaden och fram till och med rivning av byggnaden. Genom en livscykelanalys kan man jämföra olika material för att se vilken klimatpåverkan de olika materialen har under en längre tidsperiod. (Andrén & Tirén 2012)

En livscykelanalys är mest till nytta när den implementeras redan i planeringsfasen av en ny byggnad. På så sätt kan man jämföra olika material, konstruktionslösningar, byggplatser och planlösningar för att se vilken lösning som orsakar minsta klimatpåverkan och är mest cirkulär. Platsen där byggnaden utförs har en betydande roll när det kommer till transporter och tillgång till lokalt producerade material. En LCA för samma byggnad på två olika platser får på så vis olika resultat beroende på var byggnaden planeras. (Boverket.se, 2019)

Genom att undersöka en produkt ur ett livscykelperspektiv så kan man få uppfattning om var produktens största klimatpåverkan finns. När man ändrar på material- och energiflöden eller genom att förändra produktdesignen kan man minska klimatpåverkan.

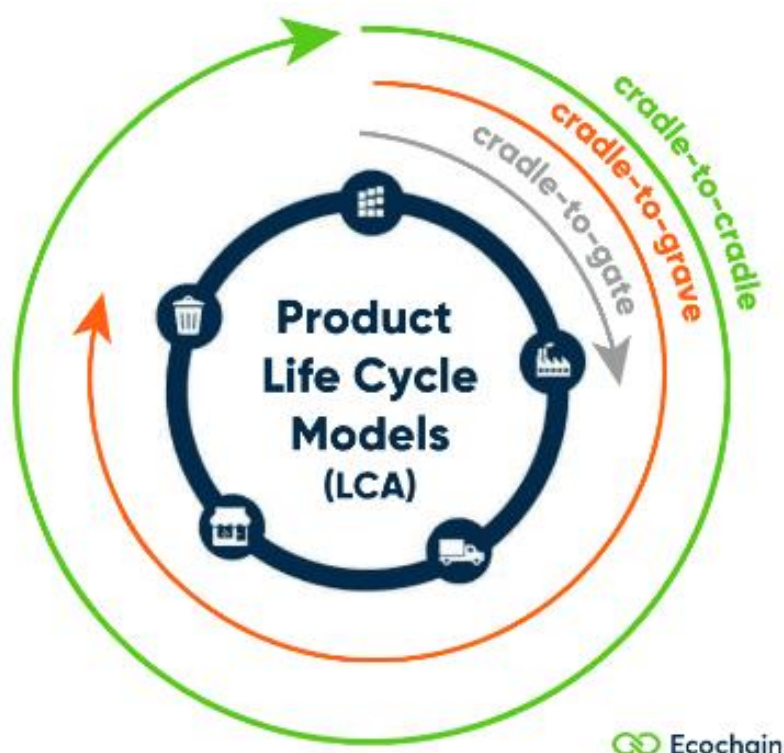
(Ammenbergs & Hjelm, 2023)

## 4.2 Livscykelmodeller i en livscykelanalys

Det finns tre huvudgrupper på livscykelmodeller med olika omfattning i en LCA. Cradle-to-grave (vagga-till-grav) är den vanligaste modellen inom en linjär ekonomi som beskriver en produkts resa från att råmaterial utvinns, produkten blir producerad, transporterad, använd och till avfall i slutet av dess livstid. (Ecochain, 2023)

Cradle-to-gate (vagga-till-grind) är en produkts påverkan tills den lämnar fabriken den tillverkas i. Cradle-to-cradle (vagga till vagga) beaktar också alla skeden i livscykeln som cradle-to-grave men i stället för avfallskedet byter man ut det mot ett återvinningskedje som gör produkter eller komponenter återanvändbara i en annan produkt, på så sätt stänger loopen. Designparadigmet cradle-to-cradle är utvecklat av kemiprofessorn Michael Braungart och arkitekten William McDonogh. (Ecochain, 2023)

Tankesättet med cradle-to-cradle är att uttjänta produkter aldrig ska ses som avfall utan bör betraktas som resurser som kan utnyttjas i annan livscykel. (Ammenberg & Hjelm, 2023)



Figur 4. Livscykelmodeller med olika omfattning i en LCA. Ecochain, 2023

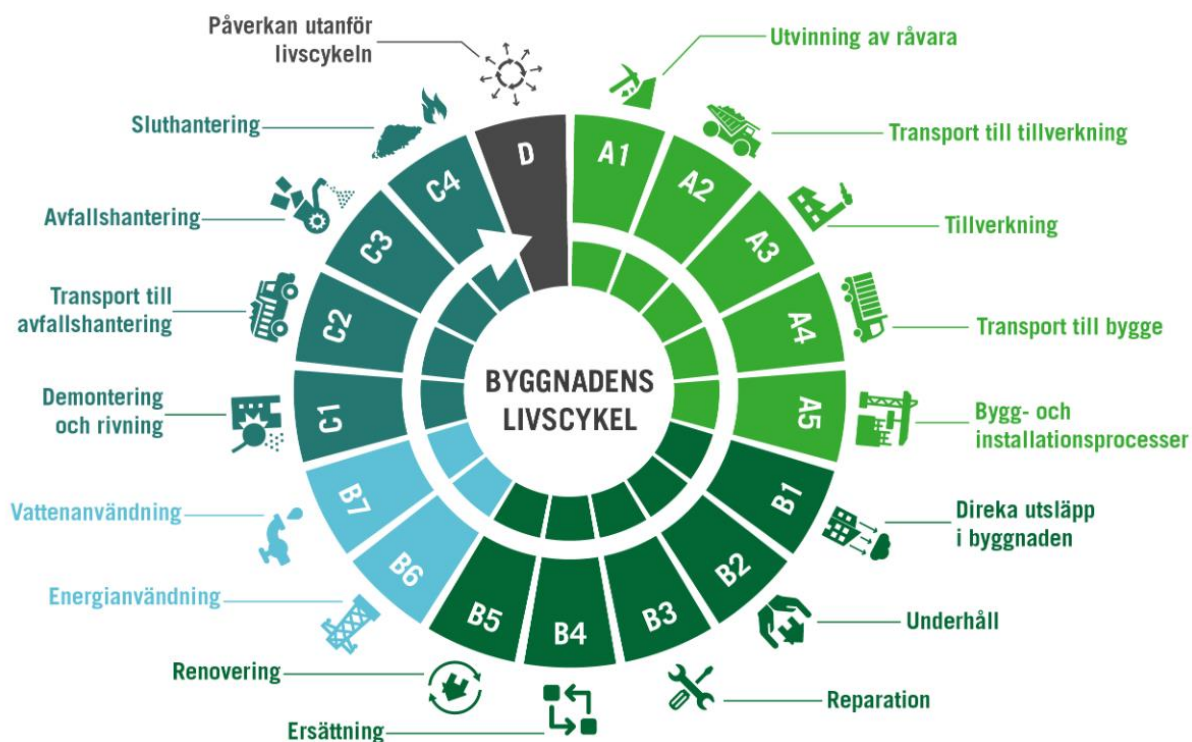
### 4.3 Livscykelanalys (LCA) på byggnader enligt Levels(s) metod

Level(s) är EU:s ramverk för hållbara byggnader som följer standarden EN15978. Metoden strävar till att bli en gemensam mätare på byggandets resurseffektivitet och ekologiskt byggande som kan förstås mellan olika länder. Enligt Level(s) metod beräknar man den totala livslängden på ett hus teoretiskt till 50 år även om byggnaden i verkligheten håller längre än så. Beräkningen som utförs inkluderar byggnadens alla livscykelkedan.

Level(s) metod innehåller sex huvudsakliga fokusområden i beräkningsmetoden.

1. Byggnadens koldioxidutsläpp under livscykeln
2. Resurseffektiv användning av byggnadsmaterial
3. Vattenförbrukning
4. Friska utrymmen och kvalitet på inomhusluften
5. Anpassande till klimatförändringar
6. Livscykelkostnader

Här i följande underkapitel följer beskrivningar på vad som ingår i de olika livscykelmodulerna för en byggnad enligt Level(s) beräkningsmetod.



Figur 5. Byggnadens livscykel enligt standarden EN15978. Sweden Green Building Council 2019

#### 4.4 Modul A1-A3, Produktskedet

I produktskedet beräknas de koldioxidutsläpp som uppkommer på grund av bearbetning och framställning av material. I tillverkning av material är det speciellt material som kräver hög temperatur vid framställning som orsakar höga utsläpp. Utvinning av råmaterialen och transporter av dessa beräknas. I det här skedet påverkar råmaterialens vikter och ursprungsland på hur många transporter och hur långa transportsträckor som krävs för att få råmaterial fram till tillverkningen av produkten. Vid tillverkningen orsakar maskiner, fordon och apparater utsläpp i form av avgaser och förbränning av fossila bränslen.

(Valtioneuosto, 2019)

#### 4.5 Modul A4-A5, Byggproduktionsskedet

I byggskedet uppkommer koldioxidutsläpp främst i samband med transporter av material till och från byggplatsen samt i användningen av arbetsmaskiner. Platsen för byggandet påverkar hur långa transportsträckorna blir för att få materialen levererade till byggplatsen. Om marken är dålig på byggplatsen krävs flera transporter för byte av massor än om marken skulle vara bra. I beräkningsmetoden beaktar man hur mycket koldioxidutsläpp olika arbetsmaskiner för byggandet avger. I byggskedet beräknar man koldioxidutsläpp som orsakas av avfallshantering, energianvändning samt byggande av tillfälliga konstruktioner.

(Valtioneuosto, 2019)

#### 4.6 Modul B1-B7, Användningsskedet

I användningsskedet är användning av energi och uppvärmning de faktorer som orsakar den största mängden av alla koldioxidutsläpp. Val av uppvärmningssätt av byggnaden har en avgörande andel i mängden koldioxidutsläpp som byggnaden avger under sin livstid. Om man ser på uppvärmningsmetoden på en längre tidsperiod kan olika systems utsläpp skilja sig från varandra. I detta skede beräknas även alla utsläpp som uppkommer från själva byggnaden under användningsskedet. (Valtioneuosto, 2019)

Till användningsskedet hör även underhåll av byggnaden som t.ex. målning av ytor eller upprätthållande av gårdsområden. Reparation av material eller byte av byggnadsdelar samt omfattande renovering ingår även i beräkningen. När man beräknar koldioxidavtrycket för byggnaden uppskattar man hur många gånger under en viss tidsperiod som byggnadsmaterial behöver bytas ut. Transporter för nya material och bortförande av gamla material tas med i beräkningen. (Valtioneuosto, 2019)

I användningsskedet ingår vatten och energianvändning som hör till själva byggnaden till exempel vatten och avlopp för huset samt ventilation, kylning, uppvärmning, uppvärmning av bruksvatten och belysning i byggnaden. I metoden ingår inte beräkning för utsläpp som uppkommer från privata hushållsmaskiner som tvätt- och diskmaskin, kylskåp, tv och datorer med mera. (Valtioneuosto, 2019)

#### 4.7 Modul C1-C4, Rivningsskedet

I rivningsskedet beräknar man koldioxidutsläpp som uppkommer för rivning av byggnaden samt transporter av gammalt byggnadsmaterial från byggplatsen. I detta skede spelar även byggnadens avstånd från avstjälningsplatsen en avgörande del för koldioxidutsläppsmängden. I rivningsskedet beaktar man koldioxidutsläpp som uppkommer vid bearbetning av använt byggnadsmaterial. Vid rivningsskedet beaktas även koldioxidutsläpp i samband med sortering och slutförvaring av byggnadsmaterial som inte går att återvinna. (Valtioneuosto, 2019)

#### 4.8 Modul D

I det sista skedet framkommer resterande utsläpp av koldioxid som uppkommer ytterom byggnadens livscykel. I det sista skedet framkommer byggnadsmaterials återanvändning som sådan, som energi eller återanvändning som råvaror för nya byggnadsmaterial. I framtiden kommer mer fokus att läggas på återvinning av material eftersom kravet på användning av återanvändbara material kommer höjas. Om material går att återanvändas så beräknar man bort en del av utsläppen i beräkningen som annars skulle uppstå om återvinning av byggnadsmaterialet inte var möjligt. (Valtioneuosto, 2019)

## 5 Hållbara egnahemshus i Finland

I det här kapitlet behandlas olika typer av hus som kan vara hållbara på olika sätt. Många faktorer påverkar husets hållbarhetsperspektiv. Energieffektivitet, materialval och sättet som huset tillverkas på belastar miljön på olika sätt. Ett hus kan anses hållbart om det är byggt på ett energieffektivt sätt, genom att vara byggt av återvunnet material eller genom att ha en lång livstid. Hus rivs i medeltal redan efter 40 år och orsaken är oftast inte dåligt skick. Varför man bygger nytt kan bero på att man behöver få mer kvadratmeter, huset har fel placering till väderstreck eller att man bara vill ha ett nyare eller modernare hus.

(Hänninen, 2022)

### 5.1 Passivhus

Ett passivhus uppförs enligt principen att byggnaden inte behöver ett egentligt värmesystem. Ett passivhus är ett välisolerat hus med tjocka väggar som till stor del värms upp av värme som samlas i byggnaden. Mänsklig aktivitet, hushållsmaskiner, teknisk utrustning och solinstrålning kan användas som passiv uppvärmning. Ett passivhus har låg energianvändning för uppvärmning, uppvärmning av varmvatten och för ventilation. Det är mycket vanligt att ett passivhus får all eller en del av sitt behov av värmeenergi genom att använda sig av solenergi. (Andrén & Tirén, 2012)

Dessa krav måste byggnaden uppnå för att nå internationellt passivhus standard:

- tät och välisolerad konstruktion
- huset placeras med tanke på väderstreckorientering
- huset utformning och planlösning så att behovet av tillförd värme är minimal
- solavskärmning byggs så att temperaturen inomhus sommartid inte överskrider
- energieffektiva fönster
- lufttätt klimatskal
- passiv förvärmning av tilluft samt effektiv värmeväxling mellan från- och tilluft
- uppvärmning av varmvatten produceras med förnybar energi
- energieffektiva hushållsapparater

Vid byggande av passivhus ägnas stor uppmärksamhet åt byggnadens husform och placering på tomten. Husets planlösning är ofta öppen och planeras generellt så att allrum, tv-rum och kök orienteras mot söderläge där man lätt kan ta tillvara den passiva solinstrålningen samt utnyttja ljusflödet. Mot norr planeras rum med lägre aktivitetsgrad, som sovrum och kontor där man vill ha en svalare inomhustemperatur. (Andrén & Tirén, 2012)

Generellt finns det inte krav på material på konstruktionen för att kalla ett hus passivhus. En byggnad kan vara tillverkad av till exempel betong eller av träelement och båda kan utformas till ett passivhus så länge de uppnår en viss energiprestanda och uppfyller de krav som ställs för passivhus. Att bygga ett passivhus blir ofta en aning dyrare investering i byggskedet när konstruktioner bli tjockare än traditionellt byggande men har upp till 15–25% lägre driftskostnader tack vare att byggnaden är energieffektiv och inte släpper ut värme. (Andrén & Tirén, 2012)

## 5.2 Nollenergihus & Plusenergihus

I Finland beräknar man enligt VTT att ett hus kan klassas som nollenergihus enligt energiförbrukningen på årsbasis. För ett hus ska få kallas nollenergihus så måste den förnybara energins överskott på ett år vara samma som den mängd förnybar energi som förbrukas på ett år. Oftast genom att under sommaren sälja överskottsel till energinätet och under vintern köpa in motsvarande mängd el. För att en byggnad ska få kallas plusenergihus så krävs förutom att fylla kriterierna för nollenergihus även att huset ska producera all sin el själv och ska sälja ut överskottsel. Den egna elproduktionen kan bestå av solcellsel, vindkraft eller kraftvärme. (Rakennusteollisuus.fi, u.d)

För att kunna uppnå plusenergihus standard krävs energieffektivitet på husets hustekniksystem och elektronikanordningar. Viktigt är också att minska på energibehovet för uppvärmning av utrymmen och hushållsvatten samt investera i ett energisnålt belysningssystem. (Rakennusteollisuus.fi, u.d)



### 5.3 Ekohus

Ett ekohus syftar på att huset byggs med tanke på ekonomi, som syftar på att hushålla d.v.s. att vara sparsam och ta bra hand om resurser. När man bygger ekohus beaktas noggrant olika materialval och man strävar till att bygga av naturmaterial med hög kvalitet så huset ska hålla i flera generationer framåt. Ekohus strävas att genomföras med tanke på hållbarhet genom byggnadens hela livscykel. (Ehrenberg & Welin, 2019)

För att bygga ett ekohus följer man vissa principer. Material som används tas väl omhand, helst ska de vara återanvända från något annat projekt. Huset planeras så man endast bygger så mycket yta som man behöver och man slösar inte på materialresurser. För byggande av ekohus används endast giftfria material. Alla material som kan innehålla hälsofarliga kemikalier väljs bort. (Ehrenberg & Welin, 2019)

När ekohusbyggande är i fokus strävar man att bygga energisnålt. Material väljs så att värmeförluster blir så små som möjligt. Ofta leder det till att konstruktionen kräver tjockare väggar och tak. Ekohus använder sig ofta av stora fönster för att ta vara på solljuset men samtidigt fönster som har en väldigt bra isoleringsförmåga. I och med att ekohus är energisnåla hus och ofta också förlitar sig på solenergi så behöver minimalt med energi köpas in. Ekohus planeras så de ska vara kvar åtminstone i hundra år framåt eller för att kunna monteras ner utan att lämna spår efter sig.

(Ehrenberg & Welin, 2019)

Vid byggande av ett ekohus strävar man till att ta den omgivande växtligheten i beaktande när man planerar huset. I många fall byggs det på höjden för att minska förstörande av marken runtomkring. (Ehrenberg & Welin, 2019)

## 5.4 Elementhus

När man gör hus av element får man en stor noggrannhet på elementen och hög kvalitet på arbetet. Elementen går igenom många skeden på produktionslinjen och det gör att man i ett tidigt skede kan upptäcka fel och kan korrigera dem innan de transporteras ut till byggplatsen. Elementen byggs inomhus i en hall och det medför att virket och andra byggnadsmaterial hålls torra under byggtiden och vid montering får man fort ett väderskyddat hus. Vid tillverkning av elementhus kan man optimera materialanvändningen och minimera spillet som kommer i produktionen eftersom samma restmaterial går att använda på följande hus. Detta innebär också att mindre mängd avfall uppkommer vid själva byggplatsen. (Teri-Hus, 2023)

## 5.5 Modulhus

Modulhus är prefabricerade moduler som byggs ihop i en fabrik och som sedan transporteras till byggplatsen. Ett modulhus kan vara uppbyggt av en eller flera moduler som tillsammans bildar en helhet. Om man vill bygga en byggnad som man vill kunna flytta i framtiden är moduler ett bra alternativ då man kan ta isär modulerna och förflytta modulerna till en ny byggplats. En svårighet med moduler är att man bör förstärka och skydda konstruktionen noga för att förhindra transportskador vid flyttande av modulerna.

(One Click LCA- Construction LCA Bootcamp, 2023)

## 5.6 Platsbyggt hus av långt virke

Fördelen med att bygga stommen på den egentliga byggplatsen är att man undviker tunga transporter som uppkommer om man transporterar moduler eller element. Man kan också klara av att bygga huset utan kranbil när det inte finns stora delar som ska monteras. En nackdel med ett platsbyggt hus är att det oftast uppkommer mer spillmaterial och att spillmaterial inte sorteras korrekt på byggplatsen. Platsbyggt hus innebär en längre byggtid av stommen för att få den skyddad för väder. Detta tillför att man behöver sätta mer tid på att noggrant täcka in material som kan ta skada av regn. Eftersom alla material har blivit fastsatta med varandra på byggplatsen gör att demonteringen av byggnaden är svårare.

(One Click LCA- Construction LCA Bootcamp, 2023)

## 6 Planering av ett hållbart hus

I detta kapitel tar jag upp vad som kan vara väsentligt att tänka på i planering och byggande av ett hållbart egnahemshus.

### 6.1 Val av tomt och byggplats

Valet av tomt har en stor inverkan på en byggnads koldioxidavtryck. Stabilisering av mark, massabyte och behov av pålning inverkar på resurser som krävs. Att kunna utnyttja fyllnadsmassor som finns på byggplatsen minskar på utsläpp som annars kommer i samband med att transportera bort obrukbara massor. En byggnad som väger mindre kräver en lättare grundkonstruktion jämfört med en tung byggnad. (RT 103170, 2020)

Byggplatsen kan påverka husets uppvärmningsbehov beroende på var det är placerat. Man kan minska uppvärmningsenergiebehovet upp till 20 % genom att välja en skyddad plats med söderläge framom ett skuggigt, blåsigt eller fuktigt område. Som en del av klimatförändringar som sker i världen bör vi lära oss att förbereda och anpassa husen för förändringar i omgivningen som möjligtvis kan inträffa, som till exempel temperaturväxlingar, stormar och översvämningar. (Hänninen, 2022)

Det lönar sig att bygga nära var service finns, där vägar och vägar för lätt trafik eller lokaltrafik finns tillgängligt. På så sätt minskas beroendet av att äga och använda bil då avstånden är kortare så man kan gå eller ta cykeln. Genom att dra nytta av befintlig infrastruktur som vatten- och avloppsledningar, fjärrvärme och vägnätverk så sparas resurser som krävs för att bygga nytt. (Hänninen, 2022)

### 6.2 Planlösning

Den mest optimala formen på ett hus har en kompakt form. En enkel form är mer material- och energieffektiv än ett hus med avancerad form. Utrymmen hålls bättre uppvärmda om man använder sig av en kompakt planlösning vilket gör att behovet på uppvärmningsenergi minskar. Om möjligt är en rektangulär form att föredra om byggnadskrav tillåter. En komplex byggnad kräver mera resurser när den har mer yta av ytterväggar, mellanväggar och mera korridorer mellan utrymmen.

(One Click LCA- Construction LCA Bootcamp, 2023)

Hus planeras så att kök och vardagsrum placeras till söder och sovrum till norr för att utnyttja solljuset optimalt. Att placera stora fönster mot söder värmer inomhusklimatet vintertid och ger på så sätt inbesparingar i uppvärmningskostnader. Det är lönsamt att planera ytor effektivt så man inte värmer upp kvadratmetrar som inte kommer i användning. Storleken på boytan påverkar energiförbrukning och boendets koldioxidavtryck, så genom att minska på husets storlek kräver det mindre energi och färre naturresurser. (Hänninen, 2022)

Inom hållbar utveckling lyfter man fram vikten av att byggnadsbeståndet bör förnyas så det tar cirkulär design i åtanke. En byggnad som planeras mångsidigt och flexibelt minskar livscykelkostnaden för byggnaden. Mångsidighet i en byggnad betyder att en byggnad eller ett rum kan anpassas till olika behov utan att byggtekniska förändringar behöver göras. Flexibilitet i en byggnad innebär att en byggnad eller ett rum enkelt kan få en ny funktion med små ändringar i konstruktionen som till exempel flyttande av en mellanvägg. För att uppnå mångsidighet i en byggnad underlättar det om byggnaden har en öppen planlösning med få bärande väggar, lämpliga rumsmått och husteknik som möjliggör flexibilitet. (RT 11231, 2016)

### 6.3 Passiv solenergi och solskydd

Genom att använda solenergi passivt med hjälp av att ha stora fönster mot söder så minskar man på uppvärmningsbehovet utan att använda sig av någon teknisk utrustning. Passiv solenergi fungerar så att solens värmestrålning kommer in genom fönstren och värmer konstruktioner och material inomhus som sedan lagrar värmen tills natten när värmen sedan frigörs i inomhusluften. (Tahkokorpi, 2016)

Med detta i åtanke rekommenderas att man riktar 60 % av fönsterytorna mot söder, 15 % mot öster och 15 % väster och endast 10 % av fönsterytorna mot norr. (Hänninen, 2022)

Globalt sätt så orsakar nerkyllning av utrymmen mera energi än uppvärmning av utrymmen. Man bör beakta så att man inte får för mycket värmestrålning sommartid genom att använda sig av solskydd. Solen står högre upp på himlen sommartid än vintertid och därför vill man begränsa solens instrålning så att utrymmen inte uppvärms för mycket. Solskydd kan göras genom att skugga fönster genom växtlighet, takutskjut, balkonger eller terrasstak. (RT 07-11300, 2018)

## 6.4 Energieffektivitet och värmesystem

Energieffektivitet är en avgörande faktor när det kommer till hållbart byggande. Införande av mer energieffektiva byggnader är ett kostnadseffektivt sätt mot att bekämpa klimatförändringen. Största delen av en byggnads utsläpp sker nämligen genom energianvändning under användningstiden av byggnaden. (Rakennusteollisuus.fi, u.d)

Nya byggnader planeras för att vara energieffektiva och nära nollenerginivå, hållbara och för att behöva lite underhåll. Av byggnadsbeståndet i Finland förnyas endast cirka en procent av byggnaderna årligen, vilket leder till att det skulle behövas fokuseras mer på att förbättra energiförbrukningen på redan befintliga byggnader. (Berninger, 2012)

Energieffektivt byggande kan uppnås genom tekniska åtgärder och genom beteendeförändringar. Byggnadens utformning och placering på tomten påverkar hur solljus kan utnyttjas till belysning och uppvärmning. En byggnad som har energieffektiva fönster och väggar som är välisolerade, bildar ett tätt klimatskal som hindrar värmen från att smita ut ur byggnaden. Från ett egnahemshus sker 30–40 % av värmesvinnet genom ytterväggar och takkonstruktion resterande genom golvkonstruktionen. (Tahkokorpi, 2016)

Genom att välja energieffektiva installationer och apparater för hushållsmaskiner, ventilation och belysning kan man minska på energiförbrukningen. Energieffektiviteten kan också förbättras genom att använda smart teknik som till exempel automatisk belysning och värmesystem som justerar temperaturen inomhus.

(Naturvardverket.se, u.d)

### 6.4.1 Bergvärme och jordvärme

Berg- och jordvärme är en förnybar energikälla som utnyttjar energi som solen har lagrat i marken. Man tar till vara värme genom att transportera värmen genom rör upp till en värmepump i huset som i sin tur avger värmen igenom golvvärmeslingor eller värmebatterier.

Till bergvärme borrar ett borrhål på cirka 150–200 m vertikalt till berggrunden och till jordvärme gräver man ner en rørslinga på cirka en meters djup i horisontellt läge. I dagsläget är bergvärme vanligare eftersom rör som borrar ner till berggrunden har bättre verkningsgrad än rör nära markytan.

Vid nybyggen av egnahemshus är bergvärme det populäraste alternativet av olika uppvärmningskällor. Att borra bergvärme är en dyr investering men har låga driftskostnader och är underhållsfri. Bergvärme är väl lämpad för Finlands klimat och håller en jämn temperatur under alla årstider oberoende av temperatur utomhus. (Laitinen, 2010)

#### 6.4.2 Luftvärmepumpar

Luftvärmepump är ett samlingsnamn för tre olika typer av pumpar; luft-luftvärmepump, frånluftvärmepump och luft-vattenvärmepump. Indelningen av de olika typerna beror på vilket sätt pumpen tar tillvara värmen från luften.

Luft-luftvärmepumpar baserar sig på att ta till vara värmeenergi ur utomhusluften. Luft-luftvärmepumpen är den vanligaste av de tre typerna och värmer huset med luft. Luftvärmepumpar fungerar bäst i nya välisolerade hus eftersom välisolerade hus kräver en låg energimängd för uppvärmning per år. Luftvärmepumpen fungerar bäst som en tilläggsuppvärmningskälla till direkt eluppvärmning eftersom den inte på egen hand klarar att värma huset under de kallaste månaderna.

En frånluftsvärmepump kan överföra värmeenergi direkt till uppvärmningsvatten eller bruksvatten vilket till skillnad från en luft-luftvärmepump kräver att ett elmotstånd används. En frånluftsvärmepump är ett energieffektivt system för både uppvärmning och för ventilation och som inte kräver en installation på utsidan av huset till skillnad från de andra pumparna. Frånluftsvärmepumpen tar vara på energi som finns i den färdigt uppvärmda luften som finns in i huset genom att suga ut den varma luften från t.ex badrum.

En luft-vattenvärmepump fungerar på samma sätt som en luft-luftvärmepump men kan samla värme i en varmvattenberedare som kan värma upp vatten till bruksvatten eller till värmebatterier och värmeslingor under golv. Luftvärmepumpar är en billigare investering än t.ex bergvärme och passar bra när det inte finns möjlighet till fjärrvärme eller utrymme för att borra en energibrunn på tomten. Luftvärmepumpar använder sig av förnybar energi och som använder resurser som annars inte skulle utnyttjas. (Nibe 2023, Laitinen, 2010)

#### 6.4.3 Fjärrvärme

Fjärrvärme är ett effektivt uppvärmningsalternativ i huvudsak på tätorter där fjärrvärmerör redan finns dragna i närheten. Fjärrvärme utnyttjar det energiöverskott som fås från lokala industrier som annars skulle gå till spillo samt värme från olja, förbränning av restprodukter

från skogsindustrin eller hushållsavfall. Miljöpåverkan vid användning av fjärrvärme kan vara mycket varierande eftersom bränslet som används varierar mellan olika orter. Vatten hettas upp genom förbränning vid en värmecentral och skickas sedan ut genom välisolerade rör till användarna. Hus som använder fjärrvärme har en värmeväxlare som gör att värme kan överföras till huset och samma nedkylda vatten fortsätter tillbaka till värmecentralen för att värmas upp på nytt. Fjärrvärme blir till ett effektivt uppvärmningssätt eftersom bränslet i produktionen används till uppvärmning av många bostäder på samma gång och på så sätt blir miljöbelastningen mindre. (Vasaelektriska.fi, u.d)

#### 6.4.4 Solpaneler

Solpaneler använder sig av solljus som är en förnybar energiform. Solpaneler kan monteras på taket eller på ställningar av stål på marken. Det optimala läget på en solpanel är riktad åt söder, men också väster och österläge ger en bra verkningsgrad. Verkningsgraden mot väster och öster ger 25% mindre effekt i förhållande till söderläge. Solpaneler kräver lågt med underhåll under sin livstid som är minst 25 år. Effekten efter 25 år är ändå minst 80 % av originaleffekten. (Aurinkosähköä pientaloon, 2023)

Lutningen på panelen ska placeras så solens strålar träffar solpanelen vinkelrätt. Lutningen på panelerna placeras optimalt i Österbotten till 45 grader men mellan 15 och 60 grader ger ett effektivt resultat. I Lappland lönar det sig att installera solpaneler lodrätt eftersom solen är lägre på himlen. Desto längre söderut i landet som man installerar solpaneler så kan man ha en planare lutning på panelerna. (Aurinkosähköä pientaloon, 2023)

#### 6.5 Materialval

För att bygga ett ekologiskt hållbart hus är det skäl att använda sig av återanvänt material i så lång utsträckning som möjligt. Detta försvåras av att på återanvänt byggmaterial så kan det vara svårt att veta vilken klass och kvalité de gamla materialen har. Material bör väljas så att så lite energi som möjligt behövs i tillverkningskedet och så att transportsträckorna till byggplatsen blir så korta som möjligt. Material ska vara lätta att reparera och byta ut samt kunna användas på nytt i andra ändamål. Byggnadsmaterial som väljs ska vara miljövänliga för omgivningen och för de som ska bo i byggnaden. I Finland är det ett naturligt val att använda sig av mycket trä i egnahemshus eftersom trä är en förnybar råvara som finns lättillgänglig. (Hänninen, 2022)

### 6.5.1 Mineralbaserade material

Till mineralbaserade produkter hör olika gipsskivor och isoleringar av stenudd och glasull. Mineralull är det dominerande värmeisoleringsmaterialet i byggnader med trästomme från 1960-talet fram till än idag. Mineralbaserade material är oorganiska material vilket innebär att materialet aldrig varit levande och saknar förmågan att transportera och avge fukt som vattenånga som organiska material har. Det rekommenderas att man inte blandar organiska och oorganiska material i konstruktioner. (Kumlin, 2011)

Framställning av materialen orsakar ofta mycket utsläpp men om materialen har en lång livstid och inte behöver bytas ut, och beräknar koldioxidutsläpp över en längre tidsperiod så kan det visa sig att materialet inte har lika stor klimatpåverkan. Efter livscykelns slut går mineralbaserade material att krossa och använda på nytt som råmaterial för nya isoleringsmaterial. (Kumlin, 2011)

### 6.5.2 Biobaserade material

Ett effektivt sätt att minska en byggnads klimatpåverkan är att öka andelen biobaserade material i byggnaden genom att till exempel utföra stommen av trä och isoleringen av träbaserat material. Upp till 78 % av Finlands yta utgörs av skog. Av träslagen som förekommer är upp till 50 % tallskog, 30 % granskog, 16 % björk och resterande mindre vanliga träslag. Skogen i Finland binder upp till 30 % av Finlands växthusgasutsläpp årligen. (SLC.fi, u.d)

Till biobaserade material räknas material som är tillverkade av trä eller plant- eller växtfiber. Trä är ett förnyelsebart material som binder koldioxid i det biogena kolkretsloppet och som själv inte bidrar till växthusgasutsläpp till atmosfären. Klimatpåverkan sker i stället beroende på vilket sätt skogen avverkas, hur träet bearbetats, livslängden på byggnaden och hur trämaterialiet behandlats efter sin livscykel i byggnaden.

Att trä kan användas som kolsänka i byggnader delar ännu åsikter. EN 15978 synpunkt på det biogena kolet är att man endast försöker vinna tid genom att lagra kolet i byggnaden eftersom när byggnaden når slutet av sin livscykel så släpps koldioxiden ändå fri i atmosfären när man förbränner materialet eller när det nedbryts av sig själv. Det mesta av trämaterial från byggen används idag till förbränning för energitillverkning.

(Boverket.se, 2018)



Träfiberisolering ett organiskt isoleringsmaterial som tillverkats av träfiber. Träfiber kan bestå av restmaterial från sågindustrin, cellulosa eller returpapper. Träfiberisoleringar lagrar kol hela sin livstid vilket också gäller för andra träprodukter, sågat virke, CLT och limträ. Träfiberisolering kan efter livscykelns slut användas på nytt som råmaterial för ny isolering förutsatt att materialet är oblandat med andra material eller kan användas som utspädd fyllnadsmassa för jordförbättring. (RT-36-11090)

### 6.5.3 CLT (Cross laminated timber)

CLT står för korslaminerat trä som är en massiv träskiva som kan användas i bärande konstruktioner. Skivorna består vanligtvis av tre, fem eller sju lager trä av gran eller tall som är hoplimmade korsvis. CLT är massiva trärelement som är stabila men samtidigt lätta. Skivornas tjocklek är mellan 60–400 mm tjocka när de olika lagren är limmade ihop. Storleken på CLT-skivorna kan vara upp till 4,8 m höga och 20 m långa beroende på vilken tillverkare man använder sig av i Finland. Efter att skivorna limmats ihop så använder man CNC-fräs för att ta hål för fönster, dörrar och husteknik. Utsidan av väggen isoleras och bekläs på samma sätt som en vanlig regelvägg. (Puuinfo.fi, 2023)

Efterfrågan på CLT-hus har ökat på senaste åren i och med att byggande av trä i offentliga miljöer har ökat. Kommunerna har använt byggande i trä som ett sätt att minska kommunens koldioxidutsläpp och för att uppnå de klimatmål som satts upp. Genom att använda trä minskas koldioxidavtrycket när vi ökar användningen av trä i byggnaden samt ökar långtidslagringen av kol.

Miljöministeriet har haft ett gemensamt program år 2016–2023 med statsrådet om att öka användningen av trä gällande byggande i städer, offentligt byggande eller byggande av stora träkonstruktioner som till exempel hallar och broar. Programmet har också ökat kompetensen om träbyggandet i regionerna och främjat exporten av träbyggande. (Miljöministeriet, 2023)

## 7 Mitt hållbara hus

I detta kapitel framgår hur mitt egnahemshus planerades med tanke på hållbarhet och cirkularitet. Huset som planerats är mest inspirerat av passivhus, ekohus och elementhus. I planeringen har valts de bästa bitarna från exemplen på hur man bygger hållbara hus med lågkoldioxidiga materialval.

### 7.1 Val av tomt och byggplats

Byggplatsen som valts är belägen i Kronoby i Österbotten. Byggplatsen är på nära avstånd till Kronoby centrum men samtidigt på ett lugnt ställe med växande skog. Genom att bygga nära till service, skolor och butik så minskas behovet av att använda bil när man har möjlighet att promenera eller cykla i stället. Tomten består av åkermark med bra bärighet så den kräver inte pålning av grunden eller massabyte. Runt omkring tomten växer skog som gör att huset är naturligt skyddad från hårda vindar. (se kap. 6.1)

### 7.2 Hustyp

Av ekonomiska orsaker så kan huset inte genomföras fullt ut på ett sätt så det skulle placera sig inom passivhus eller ekohus, utan detta hus blir en slags kombination av båda. Ett passivhus skulle leda till att konstruktionerna skulle behöva göras tjockare samt att huset skulle behöva klara sig utan ett egentligt värmesystem. (se kap.5.1) Huset följer till största del nog kravet för ekohus eftersom energieffektiva och ekologiska material med lång livslängd väljs. (se kap. 5.3) Till detta projekt väljs nya material framom återanvända material, även om det till ekohus förespråkas att använda återanvänt material. Orsaken till detta är att nya material är lättare att spåra eftersom man inte känner till gamla materials ursprung och skick.

Hustypen som valts är enplans elementhus med träregelstomme. Fördelen med ett enplanshus är att det lämpar sig för många olika användare när det inte finns trappor som begränsar användaren. Enplanshus utnyttjar material effektivt när trappor och mellanbjälklag inte behöver byggas.

Väggelementen byggs i en hall vid Teri-Hus och transporteras från Terjärv till Kronoby med lastbil för att sedan monteras upp på byggplatsen. Transporten av elementen sker med ett lokalt företag till byggplatsen som är cirka 36 km från elementhusfabriken. Genom att bygga elementen i en hall och täcka in elementen med skyddsplast så hålls materialen torra från

regn. Väggelementen är färdiga till utsidan när de transporteras till byggplatsen, vilket gör man minimerar risken att bygga in fukt i konstruktionen. Att göra väggelementen i en hall gör att man kan kontrollera kvaliteten vart efter arbetet framskrider. Det är också lättare att få till ett noggrannare slutresultat när elementen är på liggande på produktionslinjen till exempel när man sätter i isolering och spikar fast panel. (se kap. 5.4) Alla fönster, dörrar och elementskarvar tätas med en remsa av linullsisolering. För att få ett energieffektivt hus krävs att konstruktionerna är täta. (Siikanen, 2016)

### 7.3 Fasader och skärning

Huset planeras med söderläge för terrass och sovrum mot norr. Stora fönster till söder gör att man får ett effektivt ljusinsläpp i de rum som man vistas mest i, vardagsrum och kök. Huset är planerat så att man utnyttjar passiv solenergi och solskydd (se kap 6.3.) genom att planera stora fönster mot söder och låta taket skugga ut över terrassen.

Takformen har planerats som ett åstak som har en ordentlig lutning så vatten och snö lätt kan komma ner från taket. Det finns inga takgirar, taklyktor eller takfönster där snö kan samlas och orsaka läckage. (Hänninen, 2022)

Åstaket har en osymmetrisk form med större lutning mot söder. Orsaken till brantare lutning mot söder är att om solpaneler installeras så kommer de få en effektiv verkningsgrad när de är placerade på optimalt läge mot söder på en lutning som överstiger 15 grader. (Tahkokorpi, 2016)



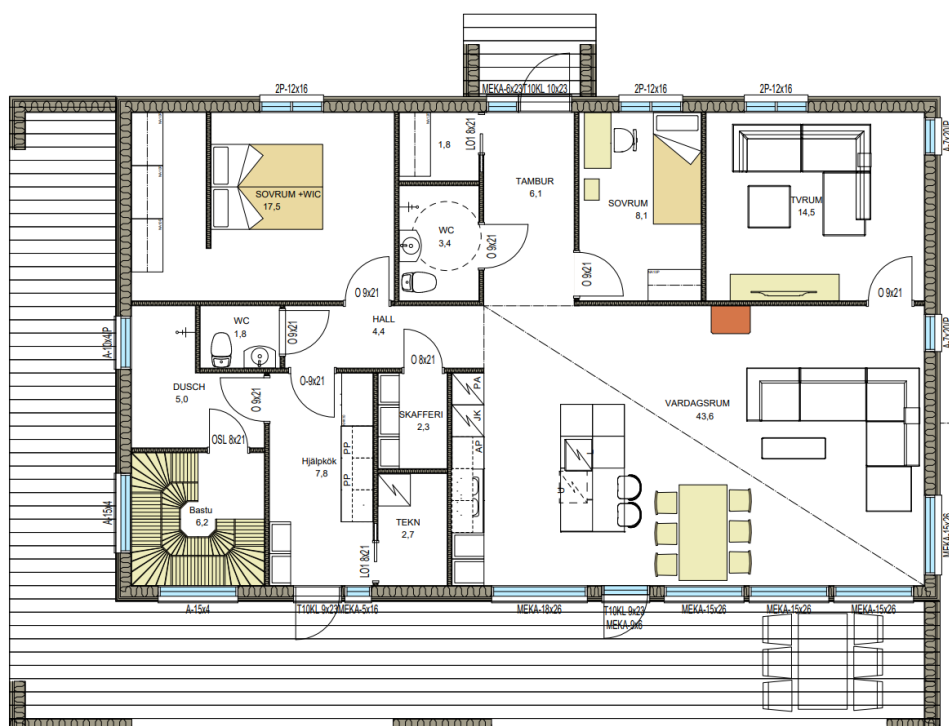
Figur 6. Fasadritningar på egnahemshuset, Vertex BD

Taket har breda takutskjut som sticker ut utanför husets väggar och som skyddar husets ytterväggar för regn. På det sättet så kan vatten inte lika lätt rinna längs väggarna och detta medför att ytterväggspanelen och foderbräder inte behöver målas om lika ofta. Detta gör också att livstiden på panelen förlängs innan den behöver bytas ut. Huset skyddas också från att värmas upp på sommaren när takutskjuten skyddar ytterväggarna mot solljus när solen står som högst upp på himlen. Takutskjuten bidrar också till att fukt på mellantaket kan ventileras ut när luften kan cirkulera. Bra ventilering av luft minskar risken från att material fuktskadas och bildar mögel. (Sisäilmayhdistys ry, 2008)

## 7.4 Planritning

Planlösningen har planerats så bostadsytan blir 128 m<sup>2</sup>. Huset planeras för att passa in för hur boendesituationen ser ut nu och med tanke på bottenplanen lätt ska gå att ändra om efter behov.

Utrymmen som har kontakt med vatten och ledningar är koncentrerat till ena sidan av huset. Ifall det skulle uppkomma läckage så behöver man inte riva upp golv och väggar i hela byggnaden utan man kan enkelt få fixat det utsatta området. Genom att bygga så att kranar är nära till teknikrummet så behöver man inte använda lika mycket resurser då vattenledningarna blir kortare.

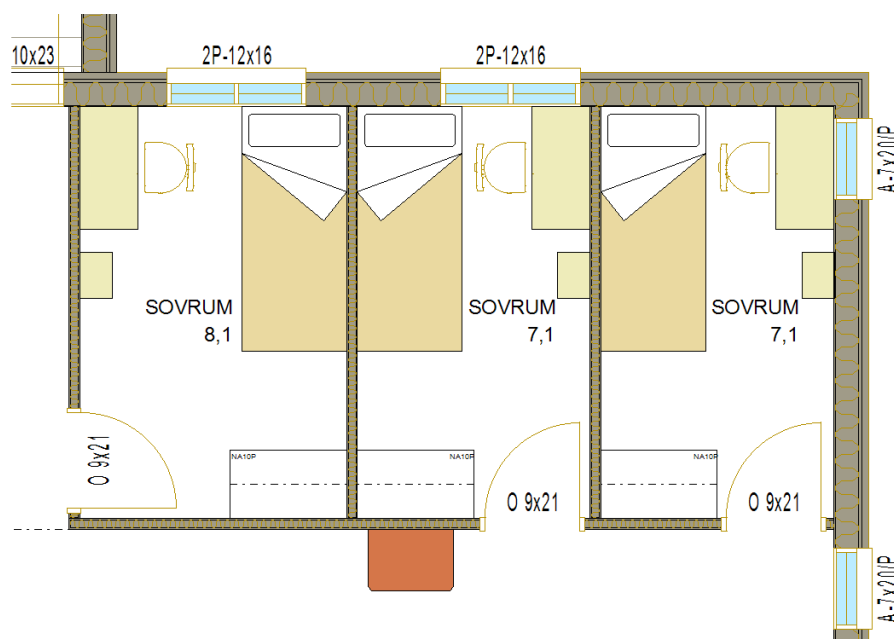


Figur 7. Planlösning på egna hemshuset, Vertex BD

Terrass och stora fönster är placerade mot söder för att på ett effektivt sätt kunna ta vara på solljuset. Sovrum där man vill ha svalare är placerade mot norr. (se kap. 6.2) Tekniskt rum och hjälpkök är placerade långt bort från sovrumsrum för att undvika att buller hörs till sovrumsrum från värmepump och hushållsmaskiner. Buller orsakar en negativ inverkan på sömnkvaliteten och koncentrationsförmågan. (Ammenberg & Hjelm, 2023)

Planlösningen som valts är en enkel rektangel med några kalla ytterväggar som gör att terrassen nästan bildar ett eget rum. Det är också möjligt att glasa in terrassen i framtiden. Huset är planerat så att den har en flexibel planlösning så att den lätt ska gå att anpassa till olika livssituationer. (se kap.6.2) Planlösningen går också att spegelvända om det passar bättre på tomten.

Tv-rummet uppe till höger kan lätt delas upp så man får fler sovrumsrum om man lägger till en mellanvägg i mitten av rummet och en sovrumsdörr mot vardagsrummet. (se figur 8)



Figur 8. Med en mellanvägg får man extra sovrumsrum, Vertex BD

## 7.5 Uppvärmningssätt

Eftersom energiförbrukning spelar en avgörande faktor för en byggnads livscykel så krävs omtanke vid val av uppvärmningssätt. Till detta projekt anses vara mest lämpligt att välja bergvärme. Bergvärme är en lönsam investering på längre sikt och som medför låga driftskostnader. Bergvärme passar väl in i Finlands klimat eftersom jordmänen på lägre djup håller en jämn temperatur under alla årstider. (se 6.4.1.)

Det finns flera företag som borrar bergvärme i närregionen så det vore naturligt att anlita en lokal leverantör. Eftersom byggnadsplatsen är utanför tätort så går inte fjärrvärme att få som ett alternativ i detta fall. Luftvärmepumpar lämpar sig bättre som tilläggsuppvärmningskälla när man har en annan huvuduppvärmningskälla och väljer man bergvärme så behöver man ingen tilläggsuppvärmning. I betonggolvet planeras vattenburen golvvärme som fördelar värmen i hela huset. Vattenburen golvvärme kan bra kombineras med en bergvärmepump. Genom att välja vattenburen golvvärme i samband med betongplatta med tjock isolering mot marken så undviker man onödiga värmeförluster.

## 7.6 Materialval

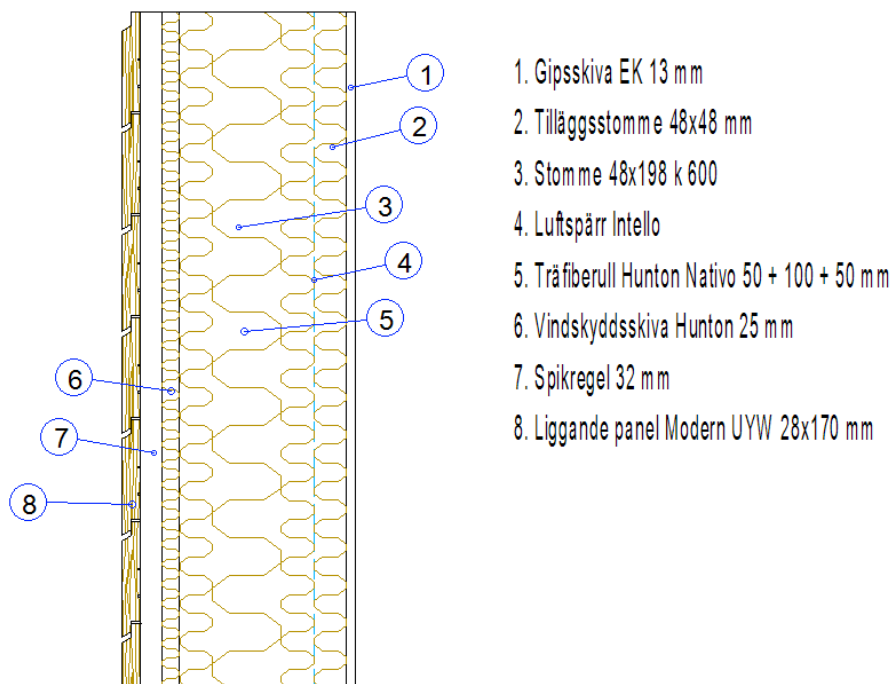
Materialval har gjorts med tanke på att vara hållbara, ekologiska och energieffektiva produkter. De material som valts ska vara relativt underhållsfria samt lätt utbytbara. Fokus har varit på att hitta så lokala leverantörer som möjligt för att få ner utsläpp från transporter. Material som har låga koldioxidutsläpp vid framställning, energieffektiva material och material gjorda av trä har varit tyngdpunkter.

### 7.6.1 Väggmaterial

Elementstommen på huset görs av träreglar som är det vanligaste stommaterialet bland egnahemshus i Finland. På senare år har trä också börjat användas som stommaterial på större byggnader eftersom trästomme förs fram som en klimatsmart byggmetod.

(se kap. 6.5.3)

Egnahemshus är relativt lätta så de kräver inte en stomme med hög hållfasthet. Studier har bevisat att betong eller stål medför högre utsläpp växthusgaser än motsvarande konstruktion i trä. (Boverket, 2018)



Figur 9. Vägghkonstruktion på egnahemshuset, Vertex BD

Fasaden till huset är tillverkad av träpanel av två olika bredd. Fasadmateriel som valts är liggande träpanel UYW 28x170 och 28x95. Ytterpanelen är beställd från ett lokalt företag i Terjärv där råmaterialet blivit hyvlat och grundmålat.

Till isoleringsmaterial valdes Hunton Nativo som är en träbaserad isolering som kommer från skog i Norge & Estland. I dagsläget har Hunton ännu inte någon produktion i Finland så det leder till att transporten står för en stor del av koldioxidutsläppen. Hunton Nativo är tillverkat från restprodukter från sågindustrin som annars skulle gå till förbränning. Eftersom trä binder kol så lagras koldioxid i träfiberullen och på så vis minskas koldioxidutsläpp från produkten under husets livscykel. Om trädet inte används efter att det har huggits ner så frigörs bundet kol ut i atmosfären och bidrar till klimatutsläpp. Om träet tas till vara i form av isolering så förlängs tiden som kolet bibehålls kvar i materialet. (Hunton.fi, 2023)

Hunttons träfiberisolering skiljer sig från mineralisolering när det kommer till fukt och inomhusklimat. Genom att använda sig av Hunttons isolering så får man en jämn fuktighet i inomhusluften och ett behagligt inomhusklimat. Hunton Nativos värmelagringsförmåga gör att isoleringen bevarar en jämn temperatur året runt. På sommaren uppkommer en sval temperatur inomhus och på vintern minskar behovet av uppvärmning eftersom värmen lagras i isoleringen. (Hunton.fi, 2023)

Träfiberisolering är ett material som kan transportera och lagra fukt, d.v.s. ett hygroskopiskt material. Vilket gör att man inte använder en tät ångspärr av plast, i stället används en luftspärnsduk till exempel Intello i samband med Hunttons träfiberisolering. Konstruktioner som släpper igenom fukt har visat påverka inomhusluften på ett positivt sätt. När byggnaden blir gammal och behöver rivas tar man vara på gamla isoleringsskivor och tillverkar nya skivor eller använder isoleringen som lösull. När isoleringen slutligen har nått en punkt då den inte längre kan återvinnas så används isoleringen till förbränning för energiutvinning eller som odlingsunderlag för ny skog. (Hunton.fi, 2023)

Till dörrar valdes Skaalas dörrar som är tillverkade i Ylihärmä som har ett energieffektivt U-värde. Dessa dörrar som valts har blivit felbeställda åt en tidigare kund så här fanns en möjlighet till att ta vara på material som annars skulle lämna kvar i lager. Fönstren som valts är energieffektiva fönster från Pihla i Ruovesi. Fönstren har ett bättre U-värde än vad byggnadsföreskrifter kräver. Genom att fönstren släpper ut lite värmeenergi så minskar man husets behov av uppvärmning.

Som material till väggars insida valdes gipsskiva eftersom det är ett slitstarkt material med lång livslängd och som är lätta att reparera och byta ut. Gips är ett material som är helt återvinningsbart och kan återanvändas på nytt gång på gång i tillverkning av nya gipsskivor utan att skivans egenskaper försämras. Till nya gipsskivor blandas en femtedel återvunnen gips, som gör att man sparar på naturresurser när inte lika mycket nyproducerat material behöver användas. (Saint-gobain, 2023)



### 7.6.2 Grundmaterial

Grundmaterialet utgörs av en sockelgrund och en betongplatta på mark. Under betongen finns tjälisolering av polystyren. Denna grundkonstruktion medför något högre belastning i tillverkningskedet än till exempel en krypgrund med träbjälklag. Betong och polystyren är energikrävande material som innebär stora koldioxidutsläpp vid framställning. På längre sikt är betongplatta på mark ett energieffektivare grundläggningsalternativ eftersom en krypgrund oftast släpper ut mer värme. (Gar-bo.se, u.d)

En annan orsak att platta på mark valdes framom en krypgrund av trä är att krypgrunden ofta klassas som en riskkonstruktion. En krypgrund kan drabbas av fuktskador som uppkommer med temperaturväxlingar, kondens underifrån eller från fukt i marken. En krypgrund behöver också ha någon form av fuktavfuktare som kräver energi för att hålla bort fukten från krypgrunden. (Boverket.se, 2023)

### 7.6.3 Takmaterial

Som takmaterial väljs maskinfalsat plåttak av märket GreenCoat® som är SSAB:s innovativa och ekologiska produktmärke till takmaterial, fasadmaterial och till takavvattningssystem. I Finland är maskinfalsat plåttak ett pålitligt alternativ eftersom krävande väderförhållanden med riklig nederbörd på hösten och tung snölast på vintern kräver att taket är tätt mot vatten. Maskinfalsat plåttak har inga skruvhål genom plåten där vatten kan tränga sig in. Plåten är alltid dubbelt vikt vilket gör att taknock, girar och genomföringar blir riktigt täta. (Personlig kommunikation med plåtslagare, 14.09.2023)

Genom noggrann montering samt regelbunden kontroll och underhåll av ett plåttak kan det hålla upp till och med 100 år. (Kings.fi, 2023)

Plåt med ytan GreenCoat® är ett hållbart material som skyddar byggnaden mot väder i alla årstider. Genom att blanda nordisk rapsolja i målfärgen i stället för fossilbaserad olja så får man plåten mer ekologisk. GreenCoat® är ett underhållsfritt material som garanterar en teknisk minimilivslängd på 50 år och 25 år på ytmålningen. Efter att livstiden på plåten är över så kan den smältas ner och bearbetas till nya stålprodukter. Stål är ett material som går att återvinna till hundra procent utan att kvalitén försvagas. I produktion av stål används järnmalm som råmaterial, men i SSAB:s produktion kommer 20 % av råmaterialet från återvunnen metall från återvinningsmarknaden samt från spillmaterial i den egna produktionen. Genom att använda en del återvunnet material så minskar man motsvarande mängd koldioxidutsläpp som uppkommer i produktionen av stål. (SSAB, 2022)

## 7.7 Smarta lösningar

Här nedan finns listat olika byggsättslösningar som utförs på detaljnivå. Genom att planera materialval och lösningar med extra omtanke så kan man förlänga livslängden på material och på huset. Vissa lösningar kräver extra investering och resurser i byggskedet men som sedan betalar tillbaka sig när man lättare kan underhålla och reparera huset eller ändra om husets behov.

- Takets lutning är planerat för installation av solpaneler. Solpaneler bidrar till egen energiproduktion och minskar behovet av att köpa in motsvarande mängd energi.
- Huset kan enkelt byggas ut åt höger om det finns behov för ett större hus. Ingen terrass och små fönster gör det lättare att ändra om byggnaden när man behöver riva så lite som möjligt.
- Tv-rum planerat för att kunna dela till sovrum. Stödplanka för mellanvägg sätts fast i väggen för att eventuellt kunna skruva fast en mellanvägg. Elektriciteten planeras i tv-rummet så att belysningen går anpassa också för två skilda sovrum.
- Spisen är placerad mitt i vardagsrummet och på det sättet fördelas värmen jämnt över hela huset. Vid eventuellt strömavbrott kan man elda i spisen för att kunna hålla huset varmt utan elektricitet. (Tahkokorpi, 2016)
- Skyddsror till elledningar dras färdigt på alla ställen i huset. Vid byte av elledningar behöver man endast dra ur den gamla och sätta in nya ledningar utan att behöva riva upp väggar. I dagsläget är det ännu tillåtet i Finland att ha elledningen direkt inne i väggar och huskonstruktion utan skyddsror vilket försvårar byte av dem.

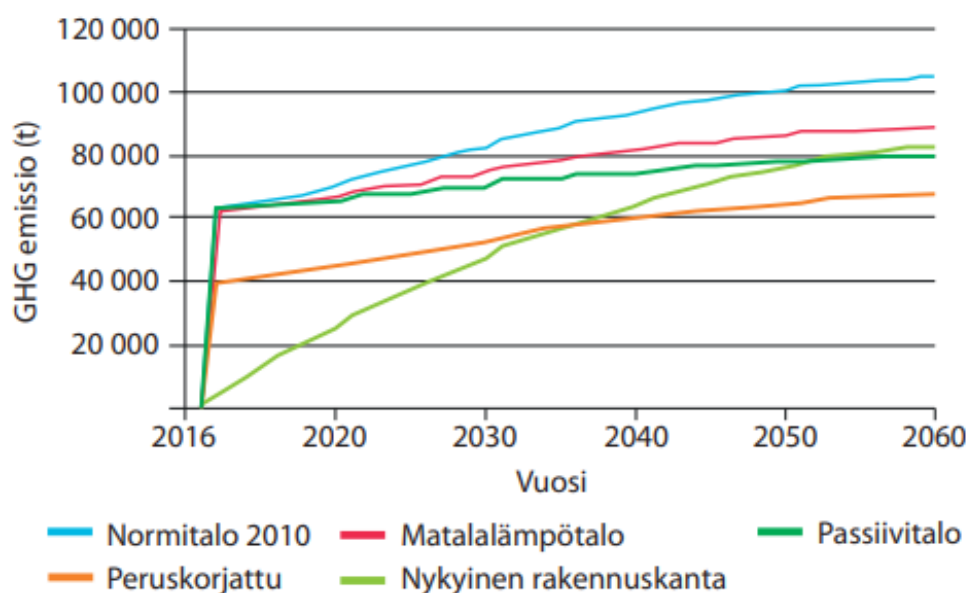
Elrören dras i tilläggsstommen för att undvika hål genom luftspärren Intello. Det leder till att luftspärren blir tätare och det finns få genomföringar som behöver tejpas.

- Till fönsterfoders fastsättning används skruvar i stället för spikar. Detta för att underlätta utbyte av foder i framtiden och för att göra det lättare att måla om utomhuspanelen när fodren lätt kan skruvas loss tillfälligt.
- Skafferiet bakom kyl och frys har en öppen vägg mellan rummen för att maskinerna inte ska kunna överhettas eller samla på sig damm som man inte slipper åt. Om kompressorerna på maskinerna behöver arbeta mindre kan man spara upp till 20 % av energiförbrukningen. (Magntorn, 2017)

## 8 Koldioxidberäkning på egnahemshuset

En byggnads koldioxidavtryck utgörs av utsläpp som uppkommer under en byggnads hela livscykel. Genom att energikonsumtionen på nyare byggnader minskar så blir materialens relativa koldioxidutsläpp en större del i byggskedet än tidigare. Att förlänga livstiden på ett befintligt hus är ofta ett bättre alternativ än att bygga nytt då en gammal byggnads byggskedes utsläpp redan finns i atmosfären. (RT 103170, 2020)

Från figur 10 ser man att det alltid uppstår en koldioxidpik vid byggande av ett hus men utsläppen varierar beroende på hur mycket resurser och vilka material som har använts. På grund av byggnadsskedets koldioxidpik så kan ett energieffektivt hus ta många årtionden på sig för att komma ner till samma utsläpps nivå som ett grundrenoverat hus. Orsaken bakom detta är att ett gammalt hus som grundrenoveras har ett mindre utsläpp totalt än ett energieffektivt hus eftersom alla material inte behöver förnyas. Av den synpunkten så bör alltid byggnader som redan finns byggda undersökas som första alternativ innan man tar upp idén om att riva och bygga nytt. (RT 103170, 2020)



Figur 10. Byggnadsskedets koldioxidpik på olika slags hus, RT 103170, 2020

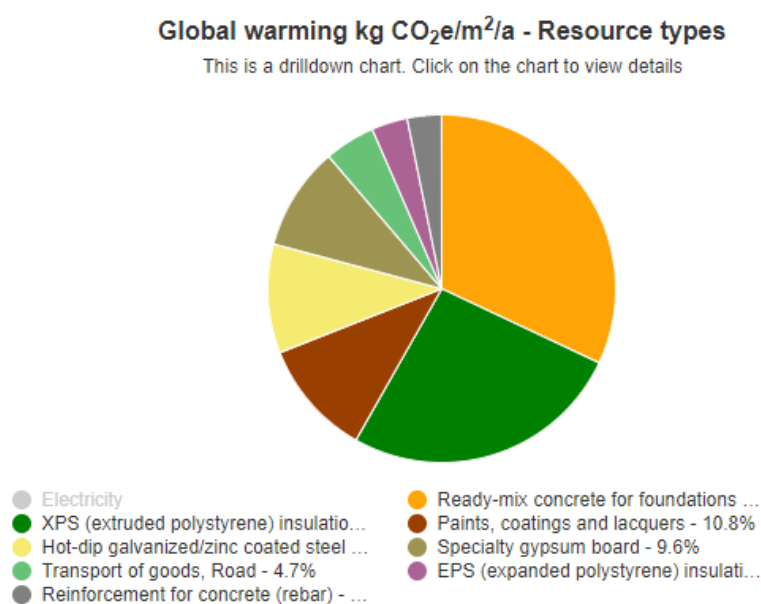
## 8.1 Materials inverkan på koldioxidavtrycket för egnahemshuset

Koldioxidavtryck för en byggnad innefattar husets tillverkning, reparationer och rivning samt energiförbrukning under användningsskedet. Faktorer som påverkar koldioxidavtrycket mest är energieffektivitet, användande av förnybara energiformer, huvudsakliga byggnadskonstruktioner och effektiv användning av ytor. (RT 103170) I figur 11 ser man att betong, stål och polyeten är material som orsakar stora koldioxidavtryck i jämförelse mot material tillverkade av trä, CLT eller tegel.

Materiaali	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Hiilijalanjälki g CO <sub>2</sub> e/kg	Hiilijalanjälki g CO <sub>2</sub> e kg/m <sup>3</sup>	Hiilivarasto g CO <sub>2</sub> e/kg
Betoni	2 400	140...210	336...504	-
Teräs	7 850	1 090	8 557	-
Puu	480	70	34	1600
CLT	440	330	145	1600
Tiili	1 300	220	286	-
Polyeteeni	940	2 410	2 265	-

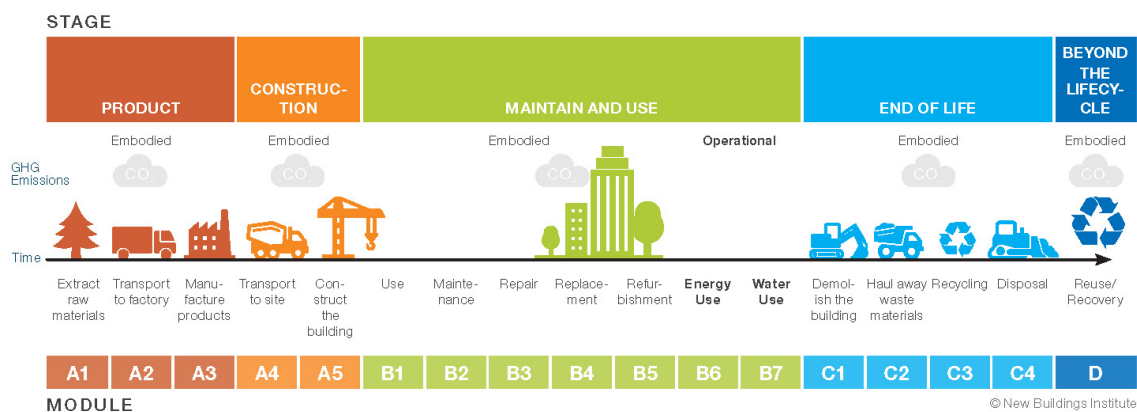
Figur 11. Exempel på olika byggnadsmaterials koldioxidavtryck, RT 103170, 2020

I One Click LCA ser man vilka material som orsakar de största utsläppen för det planerade egnahemshuset. (se figur 12) I detta projekt är det betonggolvet och sockelgrunden som orsakar det största koldioxidavtrycket till följd av polystyren som finns under hela golvet och runt hela husets sockel. För att minska på mängden koldioxid från grunden så skulle man kunna bygga kryppgrund av trä för att minska på mängden betong.



Figur 12. Klimatpåverkan orsakade av byggnadsmaterial, One Click LCA

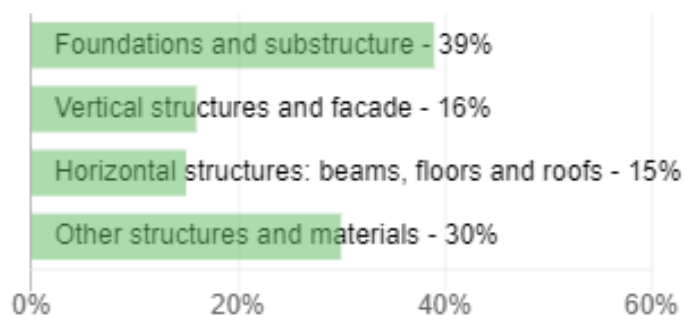
## 8.2 Inbyggt koldioxid och koldioxid under driftstiden på egnahemshuset



Figur 13. Livscykelnivåer med inbyggt koldioxid och koldioxid under driftstiden, New building institute 2023

Inbyggt koldioxid (embodied carbon) hänvisar till mängden utsläpp som uppkommer under uppförandet av en byggnad. (se figur 13) Utvinning av råvaror, tillverkning av material, transporter, montering av material, reparationer samt demontering av gammalt material orsakar inbyggt koldioxid. Koldioxidutsläpp under driftstiden (operational carbon) är mängden koldioxid som släpps ut när byggnaden har tagits i bruk. Majoriteten av utsläpp från en byggnad sker under driftstiden. Energi, uppvärmning, kylning och belysning är faktorer som bidrar till koldioxidutsläpp under driftstiden. (New Buildings institute, 2023)

I resultatet för livscykelanalysen i One Click LCA för egnahemshuset ser man att för detta husprojekt så uppkommer mest inbyggt koldioxid i samband med grunden och konstruktioner under marken. (se figur 14) Grunden består av bland annat betong, stål och xps som är material som alla har en stor klimatpåverkan vid utvinnandet av råmaterial, transporter och tillverkning. För att minska på klimatpåverkan från grunden skulle man kunna minska på mängden betong eller använda sig av en ny typ av betong så kallad ”grön betong”. Grön betong består av mindre mängd cement som bindemedel, istället används flysaska eller masugnslagg som bindemedel.



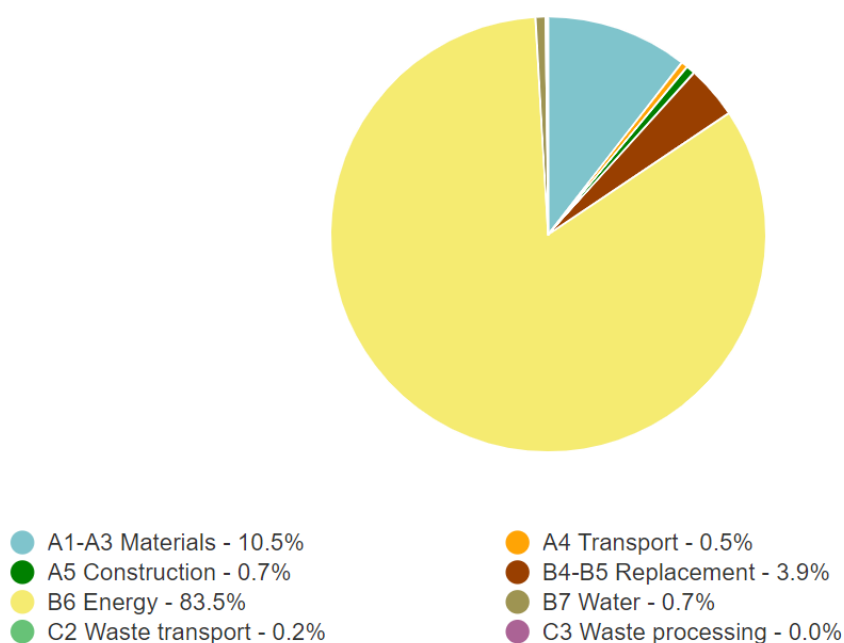
Figur 14. Inbyggt koldioxid (embodied carbon) enligt konstruktionstyp i modul A1-A3, One Click LCA

### 8.3 Var uppkommer den största klimatpåverkan på egnahemshuset?

I en livscykelanalys för byggnader undersöker man var i livscykeln för en hel byggnad den största miljöpåverkan uppkommer. I livscykelanalysen framgår att den största klimatpåverkan i egnahemshuset som planeras kommer att ske av energianvändning och uppvärmning av byggnaden under användningsskedet. (se figur 15) I analysen har jag använt ett medelvärde på energianvändning på hus byggda inom de senaste åren som har samma bostadsyta som det planerade egnahemshuset. Det som orsakar näst mest klimatpåverkan är produktskedet som består av material och deras framställning (modul A1-A3) och på tredje plats utbyte av byggnadsmaterial när de tjänat sin tid i byggnaden. (modul B4-B5)

För att kunna påverka resultatet i One Click livscykelanalysen skulle man kunna byta uppvärmningssätt till en metod som orsakar mindre påverkan på koldioxidutsläppet. Genom att fokusera på materialens framställning vid val av byggnadsmaterialen så kan man hitta andra alternativ som är tillverkade med mindre energiförbrukning. För att minska koldioxidavtrycket för byte av material så bör man hitta material som har en så lång livslängd som möjligt eller som lätt kan repareras, förbättras eller bytas ut. (Hänninen, 2022)

**Global warming kg CO<sub>2</sub>e - Life-cycle stages**



Figur 15. Klimatpåverkan enligt modul på egnahemshuset, One Click LCA

## 8.4 Beräkning av koldioxidavtryck på egnahemshusprojektet

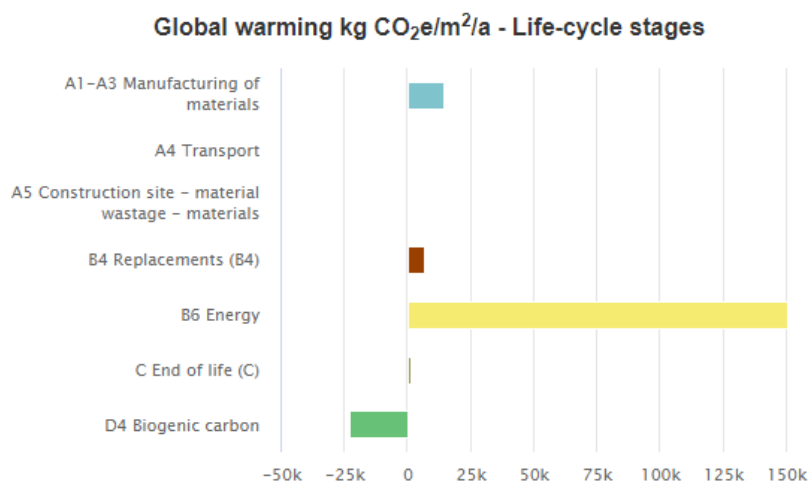
I livscykelanalysen för egnahemshuset anges husets totalutsläpp enligt cradle-to-grave (vagga till grav), vilket beskriver ett hus totala miljömässiga fotavtryck. (se kap. 4.3)

I livscykelanalysen framkom att egnahemshuset enligt "Cradle-to-grave" kan klassas som klass A inom koldioxidutsläpp för egnahemshus enligt One Click LCA. (se figur 16) I detta fall följs Level(s) metod för koldioxidutsläpp för byggnader där beräkningsperioden är 50 år även om verkliga längden på huset är betydligt längre än så. Värdet på det planerade egnahemshuset ligger på 222 kg CO<sub>2</sub>e \*per kvadratmeter och för att klassas som A så behöver värdet ligga under 320 kg CO<sub>2</sub>e per kvadratmeter. I Finland finns inte ännu begränsningar på hur mycket koldioxidutsläpp ett egnahemshus får orsaka under sin livstid men gränsvärden kommer högst troligt att sättas inom snar framtid.

Cradle to grave (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
(< 320) A	222
(320-360) B	
(360-400) C	
(400-440) D	
(440-480) E	
(480-520) F	
(> 520) G	

Figur 16. Egnahemshusets koldioxidekvivalent per kvadratmeter enligt Cradle to grave, One Click LCA

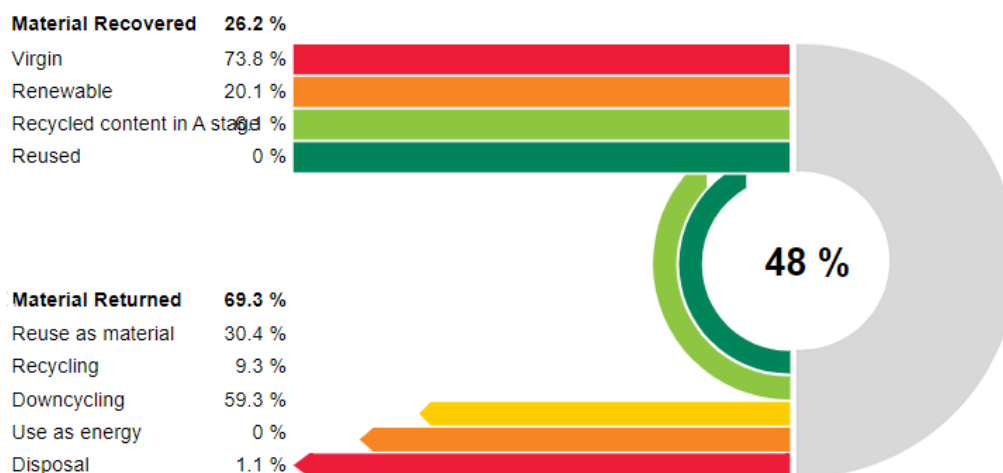
- \* CO<sub>2</sub>e: Koldioxidekvivalent, mått som används för att jämföra olika växthusgasers potentiella klimatpåverkan. Koldioxidekvivalenten är mängden klimatpåverkan orsakad av växthusgaser beräknat på en vald tidsperiod.



Figur 17. Klimatpåverkan enligt olika livscykelnivåer, One Click LCA

I livscykelanalysen tas även modul D med, klimatpåverkan utanför livscykeln på byggnaden. (se kap 4.9), Information i modul D omfattar klimatnyttan och belastning orsakade av återanvändbara produkter, förnybara material, återvunna material eller som för utnyttjande till energiutvinning. Här i One Click LCA:s tabell kan vi se koldioxidutsläpp i form av ett negativt värde på skalan eftersom användning av lösningar som lätt går att ta isär, material som kan återanvändas och genom att lagra trä i konstruktioner gör att det bidrar till en bättre miljöpåverkan. (se figur 17)

I One Click får man även ut hur cirkulär en byggnad är angående valda byggnadsmaterial. (se figur 18) Egnahemshuset får värdet 48 % eftersom största delen av byggnadsmaterialen som används är nyproducerat material. Detta värde kan man förbättra genom att använda sig av återvunnet material vid byggandet samt genom att återvinna material efter byggnadens livstid är slut.



Figur 18. Byggnadens cirkularitet, One Click LCA



## 9 Sammanfattning

Detta hus planerades med fokus på att bygga hållbart på landsbygden i Österbotten och skulle man använda precis samma material och ritningar på en annan byggplats så skulle man få helt andra värden på hur mycket klimatpåverkan huset orsakar under sin livscykel. Olika lösningar och material med tanke på hållbarhet och koldioxidutsläpp jämfördes och det som ansågs vara mest lämpligt för detta projekt valdes. Huset planerades så det ska vara lätt att ändra om utrymmen i framtiden om boendesituationen så kräver. Delar av huset kan lätt tas isär eftersom många av dem är skruvade och kan lätt repareras, gamla delar kan då cirkuleras till nya ändamål.

En koldioxidavtrycksberäkning gjordes för konstruktionen på huset. När man beräknar avtrycket för huset på en längre tidsperiod ser man att uppvärmningen av huset har en betydande roll på koldioxidavtrycket. Man ser också en pik i koldioxidavtrycket vid framställning av byggmaterialen och i själva byggskedet. När man ser på material som har ett högt koldioxidutsläpp vid framställning men som kan användas under en lång tidsperiod så kan det visa sig ha en mindre belastning på miljön.

### 9.1 Diskussion

I examensarbetet har jag fått bekanta mig med hållbara materialval och energieffektiva byggnadslösningar. I examensarbetet planerades ett egnahemshus med tanke på hållbarhet och cirkulärt synsätt. En koldioxidberäkning gjordes för husprojektet enligt egendesignad ritning och för materialvalen som gjorts. I en vidare studie skulle man kunna beräkna koldioxidavtrycket för samma byggnad men med användande av andra byggnadsmaterial än de utvalda för att se om det finns möjlighet att bygga med klimatsmartare materialval.

Koldioxidberäkning för byggnader är en relativt ny metod i Finland så det finns ännu osäkerheter på hur de ska utföras när den nya bygglagen träder i kraft. Det finns ännu inga gränsvärden för koldioxid för en hel byggnad angivet men kommer förmodligen att komma inom några år från och med att den nya bygglagen träder i kraft.

Hus har visat sig vara hållbara på olika sätt och många olika faktorer spelar en roll på en byggnads klimatpåverkan. Huset som planerades är tänkt som ett exempel på hur man kan tänka när man planerar och bygger, snarare än att det skulle vara det mest hållbara i alla situationer. Här till sist sammanfattar jag en checklista på vad jag anser man bör ha i åtanke vid byggande av ett hållbart egnahemshus.

## Checklista för hållbart byggande av ett egnahemshus

### Hållbar energi

- Värmekälla som använder sig av förnybar energi, t.ex. bergvärme, jordvärme, solpaneler
- Energieffektiv konstruktion, ha koll på U-värde på byggmaterial, fönster och dörrar

### Tomt och byggplats

- Bygg nära vägar och infrastruktur
- Bygg nära tätort för att minska användning av bil
- Bygg på en hög plats som inte riskerar översvämmas
- Bygg på mark med bra bärighet
- Utnyttja jordmassor på byggplatsen
- Beakta omgivande växtlighet
- Planera så väderstreck utnyttjas maximalt, utnyttja solljus och skugga på rätt sätt

### Materialval

- Energieffektiva material
- Koldioxidsnåla material
- Giftfria material, välj material som fått M1-certifikat och håller standard för inomhusluft
- Återvunna material
- Material bör vara lätta att underhålla och byta ut
- Välj material av hög kvalitet för att förlänga livslängden på huset

### Planlösning

- Planera endast så stort hus som behövs för att minska på uppvärmningskostnader
- Planera så bygganden går att bygga ut
- Planera för flexibilitet i byggnaden
- Planera så kvadratmetrar utnyttjas maximalt

### Planering för hantering efter byggnadens livscykel

- Planera så material kan återanvändas eller återvinnas
- Planera för isärtagning
- Planera så byggnadens ändamål kan ändras

## 10 Källförteckning

### 10.1 Litteratur

- Ammenberg, J., Hjelm, O. (2023) *Miljöteknik, För en hållbar utveckling*
- Andrén, L., & Tirén, L. (2012). *Passivhus, En handbok om energieffektivt byggande*
- Berninger, K. (2012). *Hiilineutraali Suomi, Miten luodaan ilmastoystävällinen yhteiskunta?*
- Ehrenberg, J., & Welin, G. (2019). *Kloka hus, Så skapar vi ekohusen att leva i*
- Huttunen, E. (2021) *Kiertotalous rakennetussa ympäristössä*. Rakennustieto Oy
- Häkkinen, T., & Kuittinen, M. (2020). *Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun*. Rakennustieto Oy
- Hänninen, P. (2022). *Ekologisesti kestävä pientalo*. Rakennustieto Oy
- Kumlin, L., (2011). *Energibesparing för småhus- På rätt sätt i rätt ordning*  
Stockholm: SIS Förlag AB
- Laitinen, J. (2010) *Pieni suuri energiakirja, opas energiatehokkaaseen asumisen*.
- Larsson, M., Bratt, L., Sandahl, J. (2021) *Hållbar utveckling och ekonomi- inom planetens gränser*.
- Magntorn, I. (2017) *Ett hem med omtanke, harmoniskt, personligt och hållbart i längden*
- Nordwall, U., & Olofsson, T., (2015). *Hållbara hus i kallt klimat*.
- Sahlstedt, S., Palolahti, T., & Koskenvesa, A. (2019). *Pientalon suunnittelu ja rakentaminen*.
- Siikanen, U. (2016). *Puurakentaminen*. Rakennustieto Oy
- Tahkokorpi, M. (2016) *Aurinkoenergia suomessa*

### 10.2 Rakennustietokortistot

- RT 07-11300 Aurinkosuojaus, (2018)
- RT 103170 Ilmastonmuutos, Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä, (2020)
- RT 11231 Muuntojousto asuntosuunnittelussa, (2016)
- RT 36-11090 Puukuitueristeet, (2012)

### 10.3 Webinarier

Aarni, M., Andersen, M., Kettunen, T (21.03.2023) *Aurinkosähköä pientaloon*, Motiva

Laita, S., Seppälä, J., Puikkonen, E., Paananen, H., (05.05.2023)  
*Kiertotalous tulevaisuudessa*, Miljöministeriet

Okatz, J. (31.05.2023) *World circular economy forum- Building blocks for a circular future: trends, policies and solutions*, Citra

### 10.4 Internetkällor

Boverket (2018) *Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan* Hämtad: 19.10.2023  
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/hallbart-byggande-med-minskad-klimatpaverkan.pdf>

Boverket (15.03.2023) *Risker med fukt från uteluft i krypgrund* Hämtad: 19.10.2023  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/forebygg-fel-brister-skador/risker/risker-fuktskador/fuktrisker-for-grund/krypgrund/risk-med-fukt-fran-uteluft-i-krypgrund/>

Boverket (10.03.2021) *Skogsbruk* Hämtad: 19.10.2023 [https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo\\_klimat/klimatpaverkan/positiv\\_negativ/skogsbruk/](https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo_klimat/klimatpaverkan/positiv_negativ/skogsbruk/)

Boverket (27.09.2023) *Vägledning om LCA för byggnader* Hämtad: 18.10.2023  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/>

Ellen MacArthur foundation (23.05.2022) *The butterfly diagram: visualising the circular economy* Hämtad: 20.10.2023 <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

Ecochain (23.08.2023) *Cradle-to-grave in LCA* Hämtad: 20.10.2023  
<https://ecochain.com/blog/cradle-to-grave-in-lca/>

GarBo (u.d) *Platta på mark eller krypgrund- Vilken husgrund är bäst?* Hämtad: 16.10.2023  
(<https://www.gar-bo.se/sv-se/mina-kvadrat/platta-pa-mark-eller-krypgrund-vilken-husgrund-ar-bast>)

Globala målen (u.d) *Globala målen för hållbar utveckling* Hämtad: 2.9.2023  
<https://www.globalamalen.se/>

Green building council Finland (26.09.2022) *Askelet vähähiiliseen rakentamiseen*

Green building council Finland (18.09.2021) *Buildinglife programme for carbon neutrality in the built environment* Hämtad: 19.09.2023  
[https://figbc.fi/media/buildinglife\\_programme-for-carbon-neutrality-in-the-built-environment.pdf](https://figbc.fi/media/buildinglife_programme-for-carbon-neutrality-in-the-built-environment.pdf)

Green building council Finland (2022) *EU Policy whole life carbon roadmap* Hämtad: 19.9.2023 <https://viewer.ipaper.io/worldgbc/eu-roadmap/>

Green building council Finland (u.d) *Hiilineutraali rakennettu ympäristö 2035* Hämtad: 19.9.2023 <https://figbc.fi/hiilineutraali-rakennettu-ymparisto>

Green building council Finland (2023) *Hiilineutraalin rakennetun alueen määritelmä*  
Häntad: 19.9.2023 <https://figbc.fi/julkaisut/hiilineutraalin-rakennetun-alueen-maaritelma>

Green building council sweden(2023) *Vad är nollCO<sub>2</sub>?* Hämtas: 10.09.2023  
<https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/vad-ar-nollco2/>

Hunton (u.d) *Hunton Nativo puukuitueriste, eristelevy* Hämtad: 06.09.2023  
<https://hunton.fi/tuotteet/seina/hunton-nativo-eristelevy>

Kingi (2023) *Millainen peltikate kestää?* Hämtad: 20.10.2023 <https://www.kingi.fi/vain-peltikatteella-on-yli-50-vuoden-kestavyys/>

Miljöministeriet (u.d) *Level(s) rakennusten resurssitehokkuuden yhteiset EU-mittarit*  
Häntad: 13.10.2023 <https://ym.fi/levels-rakennusten-resurssitehokkuuden-mittarit>

Miljöministeriet (2021) *Metod för beräkning av byggnaders klimatpåverkan 2021 (utkast)*  
Häntad: 18.10.2023  
<https://www.lausuntopalvelu.fi/SV/Proposal/Participation?proposalId=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d>

Miljöministeriet (2023) *Puurakentamisen ohjelma* Hämtad: 13.10.2023  
<https://ym.fi/puurakentaminen>

Miljöministeriet (2019) *Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä* Hämtad:  
20.12.2023  
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM\\_2019\\_22\\_Rakennuksen\\_vahahiilisyyden\\_arviointimenetelma.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyyden_arviointimenetelma.pdf)

Miljöministeriet (u.d) *Rakentamisen kiertotalous* Hämtad: 13.10.2023  
<https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>

Miljöministeriet (u.d) *Vähähiilisen rakentamisen tiekartta* Hämtad: 13.10.2023  
<https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Naturvårdsverket (u.d) *Energieffektivisering* Hämtad: 19.09.2023  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/omraden/klimatet-och-energin/energieffektivisering/>

New buildings institute (u.d) *Embodied carbon* Hämtad: 19.10.2023  
[https://newbuildings.org/code\\_policy/embodied-carbon/](https://newbuildings.org/code_policy/embodied-carbon/)

Nibe (U.d) *Värmepumpar* Hämtad: 13.09.2023 <https://www.nibe.eu/sv-se/produkter/varmepumpar>

One Click LCA (u.d) *Rakennuksen elinkaariarviointi (LCA)* Hämtad: 11.10.2023  
<https://www.oneclicklca.com/fi/pricing-homepage/building-lca/>

Puuinfo (16.01.2023) *Monikerroslevy CLT* Hämtad 11. 10.2023  
<https://puuinfo.fi/puutieto/insinööri tuotteet/monikerroslevy-clt/>

Rakennusteollisuus (u.d) *Matalaenergiarakentamisen määritelmää* Hämtad: 20.09.2023  
<https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Energiatehokkuus/Rakennettu-ymparisto-ja-energian-kulutus/>

Rakennusteollisuus (u.d) *Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana*  
Hämtad: 20.09.2023 <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

Rakennusteollisuus (u.d) *Rakenteet ja rakennustuotteet ovat tärkeä osa kestävästä rakentamisesta*  
Hämtad: 20.9.2023 <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakenteiden-ja-rakennustuotteiden-merkitys/>

Saint gobain (06.09.2023) *Rakennettu ympäristö on avaintekijä maailman muutoksessa*  
Hämtad: 21.10.2023 <https://www.saint-gobain.fi/news/rakennettu-ymparisto-avaintekija-maailman-muutoksessa>

Sisäilmayhdistys (2008) *Räystäsrakenteet* Hämtad: 16.10.2023  
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Vesikatot-ja-ylapohja/Raystasrakenteet>

SLC (u.d) *Våra skogstillgångar* Hämtad: 20.11.2022  
<https://slc.fi/varanaringar/skog>

SSAB (2023) *Kestävästä rakentamisesta GreenCoat-tuotteilla* Hämtad: 17.10.2023  
<https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/greencoat/kestavaa-rakentamista>

Teknologian tutkimuskeskus VTT (2018) *Rakennusten khk-päästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi* Hämtad: 20.10.2023  
<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2018/T324.pdf>

Teri-Hus Ab (u.d) *Fördelen med storelement* Hämtad: 20.02.2023  
<https://www.terihus.fi/samarbetspartner-byggforetag/>

Vasa elektiska (u.d) *Fjärrvärme* Hämtad: 13.09.2023  
<https://www.vaasansahko.fi/sv/fjarrvarme/>

## 11 Bilagor

### Life-Cycle Assessment for Level(s) in compliancy with EN 15978

Result category	Global warming kg CO <sub>2</sub> e ⑦	Biogenic carbon storage kg CO <sub>2</sub> e bio ⑦	Ozone Depletion kg CFC11e ⑦	Acidification kg SO <sub>2</sub> e ⑦
A1-A3 ⑦ Construction Materials	2,04E+04	2,37E+04	1,20E-03	7,44E+01
+ A4 ⑦ Transportation to site	7,65E+02		7,26E-05	1,50E+00
+ A5 ⑦ Construction/installation process	1,17E+03		1,05E-04	4,41E+00
+ B1 ⑦ Use phase				
+ B3 ⑦ Repair	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
+ B4-B5 ⑦ Material replacement and refurbishment	7,18E+03		4,34E-04	4,51E+01
B6 ⑦ Energy consumption	1,51E+05		3,17E-02	7,13E+02
B7 ⑦ Water use	1,35E+03		9,70E-05	9,26E+00
+ C1-C4 ⑦ End of life	3,43E+02		6,55E-05	1,59E+00
+ D ⑦ External impacts (not included in totals)	-2,20E+04		-1,22E-03	-8,98E+01
<b>Total</b>	<b>1,82E+05</b>	<b>2,37E+04</b>	<b>3,37E-02</b>	<b>8,49E+02</b>
<b>Results per denominator</b>				
Per gross internal floor area m <sup>2</sup> / year	2,66E+01	3,47E+00	4,92E-06	1,24E-01
Per gross internal floor area m <sup>2</sup>	1,33E+03	1,73E+02	2,46E-04	6,20E+00

#### Bilaga 1. LCA för egnahemshuset, One Click LCA

One Click LCA			
Main > Husprojekt > Elementus > Building low-carbon assessment method 2021 > One Click LCA result report			
Building low-carbon assessment method 2021			
Section	Result category	GWP, building without biogenic kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a	GWP, building with biogenic kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a
A1-A5	Emissions before use (modules A1-5)	1,85	-0,95
A1-A3	Manufacturing of materials	1,49	-1,31
A4	Transportation to site	0,23	0,23
A5	Construction site - material wastage - materials	0,13	0,13
A5-YM	Construction site - operations		
B4	Material replacement	0,22	0,22
B4-replacement	Material replacement	0,22	0,22
B4-EPD	B4-EPD		
B6	Energy consumption	22,04	22,04
C	End of life impacts (module C)	0,23	3,06
C1	Deconstruction operations		
C2	Waste transportation	0,11	0,11
C3	Waste processing	0,08	2,91
C4	Deconstruction waste processing	0,04	0,04
A-C	Carbon footprint (total modules A-C)	24,34	24,34

One Click LCA © copyright One Click LCA LTD | Version: 0.20.0. Database version: 7.6

#### Bilaga 2. Koldioxidavtrycksrapport på egnahemshuset, One Click LCA

