

Hållbart byggande från en kommuns perspektiv

Djupdykning i Malax kommuns hållbarhetsstrategi för
nybyggnation i trä med fallstudie Söderfjärdsbackens
dagem

Elouise Englund

Thesis for a Master of Engineering (UAS) - degree

Degree Programme in Structural Engineering

Raseborg 2025

EXAMENSARBETE

Författare: Elouise Englund

Utbildning och ort: Structural Engineering, Raseborg

Inriktning:

Handledare: Isa Melander-Ekström, Novia

Titel: Hållbart byggande från en kommuns perspektiv – Djupdykning i Malax kommuns hållbarhetsstrategi för nybyggnation i trä med fallstudie Söderfjärdsbackens daghem

Datum: 28.5.2025

Sidantal: 66

Bilagor: 3

Abstrakt

Målsättningen med examensarbetet är att göra en djupdykning i Malax kommuns byggnadsstrategiska checklista och samtidigt utföra en livscykelanalys för Söderfjärdsbackens daghem. Livscykelanalysen (LCA) görs med hjälp av mjukvaran OneClickLCA. Daghemmet analyseras i olika projekteringsskeden för att kunna definiera användbarheten av livscykelanalyser i olika skeden. En simulering av en tidig design uppgörs med hjälp av OneclickLCA's Carbon Design verktyg. En livscykelanalys utförs också med huvudritningarna som utgångspunkt och en optimering görs med förändrad ytterväggskonstruktion. Kommunen har gjort ett aktivt beslut att bygga med trä som stommaterial, med livscykelanalysen undersöks dock skillnaden mellan massivt trä gentemot träregelstomme med isolering.

Examensarbetet strävar till att ge kommunen verktyg för att ytterligare utveckla hållbarhetsstrategin och ge konkreta metoder och idéer för hur växthusgasutsläppen kan minskas inom byggnads- och fastighetsbranschen. Metoderna behandlar materialval, verksamhet på byggarbetsplats, energieffektivitet, flexibilitet, miljöcertifikat och beräkningar för koldioxidsnålt byggande.

Examensarbetets första del bygger främst på litteraturstudier. En stor del av litteraturen som använts utgörs av Miljöministeriets publiceringar, lagar och lagberedningar. I avhandlingens andra del har OneClickLCA använts för att analysera byggnaden.

Resultatet blev förutom livscykelanalysen också en sammanställning av idéer och brainstorming kring hållbarhetsfrågorna inom byggnadsbranschen.

Språk: svenska

Nyckelord: livscykelanalys (LCA), hållbarhet, offentligt byggande

MASTER'S THESIS

Author: Elouise Englund

Degree Programme: Structural Engineering, Raseborg

Specialisation:

Supervisor: Isa Melander-Ekström, Novia

Title: Sustainable Construction from a Municipal Perspective

Date: 28.5.2025

Number of pages: 67

Appendices: 3

Abstract

The objective of this thesis was to conduct an in-depth analysis of the municipality of Malax's strategic construction checklist and simultaneously carry out a life cycle assessment (LCA) of the the Söderfjärdsbacken daycare center. The LCA is performed using the software OneClickLCA. The daycare building was analyzed at different stages of the design process in order to evaluate the applicability and usefulness of life cycle assessments at various project phases. A simulation of an early design stage was carried out using OneClickLCA's Carbon Designer tool. Another life cycle assessment was performed based on the main construction drawings, and an optimization was conducted by altering the exterior wall structure. The municipality has made an active decision to use timber as the primary structural material. However, with the help of the LCA the differences between using solid cross-laminated timber (CLT) and timber frame construction with insulation were investigated.

The thesis aimed to provide the municipality with tools to further develop its sustainability strategy and to offer concrete methods and ideas on how to reduce greenhouse gas emissions in the building and real estate sector. The methods addressed included material selection, construction site practices, energy efficiency, design flexibility, environmental certifications, and calculations for low-carbon construction.

The primary research method used in the first part of the thesis was literature review. The review comprised publications, legislation, and legislative proposals issued by the Ministry of Environment. In the second part of the thesis, OneClickLCA was used to analyze the building.

In addition to the life cycle assessment, the outcome of the thesis also included a compilation of ideas and brainstorming related to sustainability issues in the construction sector.

Language: Swedish

Key words: life cycle assessment (LCA), sustainable public construction

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare och bakgrund	2
1.2	Målsättning och begränsningar.....	3
2	Metoder och verktyg	5
3	Livscykelanalyser	6
3.1	Standarder och beräkningarnas ursprung.....	8
3.2	Koldioxidekvivalenter.....	8
4	Klimatdeklarationen och den nya bygglagen	10
4.1	Klimatdeklaration.....	10
4.2	Förteckning över byggprodukter	12
5	Miljöministeriets anvisningar för beräkning av koldioxidsnålt byggande	14
5.1	Beräkningens innehåll	15
5.2	Beräkningen av koldioxidavtrycket.....	18
5.3	Beräkningen av koldioxidhandavtryck	21
5.4	Nationella utsläppsdatan - CO2data.....	21
5.5	EPD	22
6	Metoder för koldioxidneutralitet	24
6.1	Byggnadens placering.....	26
6.2	Minska utsläpp på byggarbetsplatser.....	27
6.2.1	Arbetsmaskiner och utsläpp.....	28
6.2.2	Kommunens metoder för att minska utsläpp på byggarbetsplatser	30
6.3	Material och konstruktioner	31
6.4	Energieffektivitet i den byggda miljön	34
6.5	Flexibel användning.....	35
6.5.1	Mångfunktionalitet	36
6.5.2	Byggteknisk flexibilitet och utbyggbarhet.....	37
6.6	Cirkulär ekonomi och rivning	37
7	Kommunens metoder	40
7.1	Miljöcertifieringar	40
8	Söderfjärdsbackens daghem.....	44
8.1	OneClickLCA - beräkningsverktyg.....	44
8.2	Simulering av tidig design	45
8.3	Första designen - CLT-element	48
8.4	Jämförelse av resultatet med den optimerade designen.....	55
9	Sammanfattning.....	60
10	Referenser	64

1 Inledning

Enligt den nya bygglagen som trätt i kraft 1.1.2025 ska nya byggnader uppföras så att de är koldioxidsnåla. Man ska alltså nu ta hänsyn till byggnaders klimatpåverkan, både i form av koldioxidfotavtryck och -handavtryck, under byggnadens hela livscykel. Gränsvärden för koldioxidsnålhet kommer utgöras av förordningar av statsrådet. (Bygglagen 751/2023)

Europeiska unionens gemensamma mål är att år 2050 vara koldioxidneutralt. Finland har höjt ribban och satt ett ambitiöst mål att redan år 2035 vara det första fossilfria och koldioxidneutrala välfärdssamhället. Byggnadsbranschen bör bli koldioxidneutral i samma takt som det övriga landet 2035, och med klara verksamhetsmodeller och bra ledning kan detta vara möjligt.

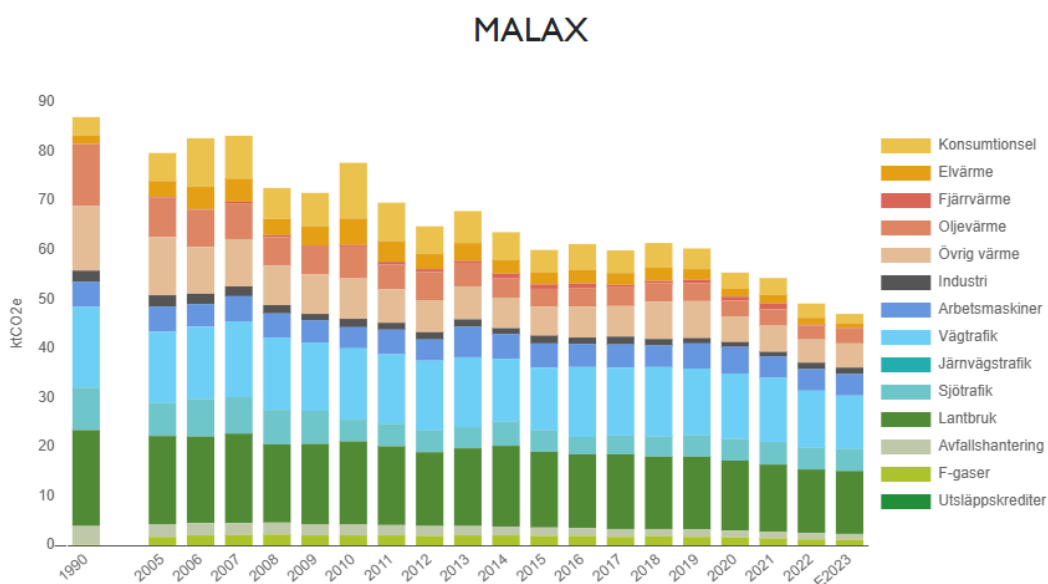
En tredjedel av växthusgasutsläppen i Finland härstammar från byggnation och byggnaders elförbrukning och uppvärmning. Därför har företag och aktörer inom byggnads- och fastighetsbranschen en central roll när det kommer till att hitta lösningar för klimatförändringen. Föregångare välkomnar förändringen och funderar på hur branschen kan drivas mot koldioxidneutralitet samtidigt som marknaden drivs framåt. Finlands klimatpanel driver på en minskning av växthusgasutsläpp upp till 60 % innan 2030 och 70 % innan 2035, samma år som Finland ska vara koldioxidneutralt. (Tähkänen & Tähtinen, 2022) Kommuner och städer runt om i landet har en viktig roll att som byggherre för sina projekt vara en förebild och föregångare i klimatfrågor, men också att sätta tydliga riktlinjer för andra som inleder byggprojekt inom kommunens gränser.

Upp till tre fjärdedelar av byggnadsbranschens utsläpp härstammar från energianvändningen från nuvarande byggnadsbestånd och en fjärdedel uppkommer från byggnadsmaterial, byggarbetsplatsverksamhet och transport. Belastningen från alla dessa delområden bör minskas väsentligt för att nå målet för koldioxidneutralitet, samtidigt behövs också positiva klimateffekter uppkomma från byggnaderna. Koldioxidneutralitet i den byggda miljön uppnås endast om de årliga växthusgasutsläppen och byggnadernas positivt verkande effekter på klimatförändringen är i balans. Positiva effekter fås till exempel genom att använda träbaserade produkter som lagrar koldioxid eller genom att mata in förnybar energi i elnätet. (Tähkänen & Tähtinen, 2022)

1.1 Uppdragsgivare och bakgrund

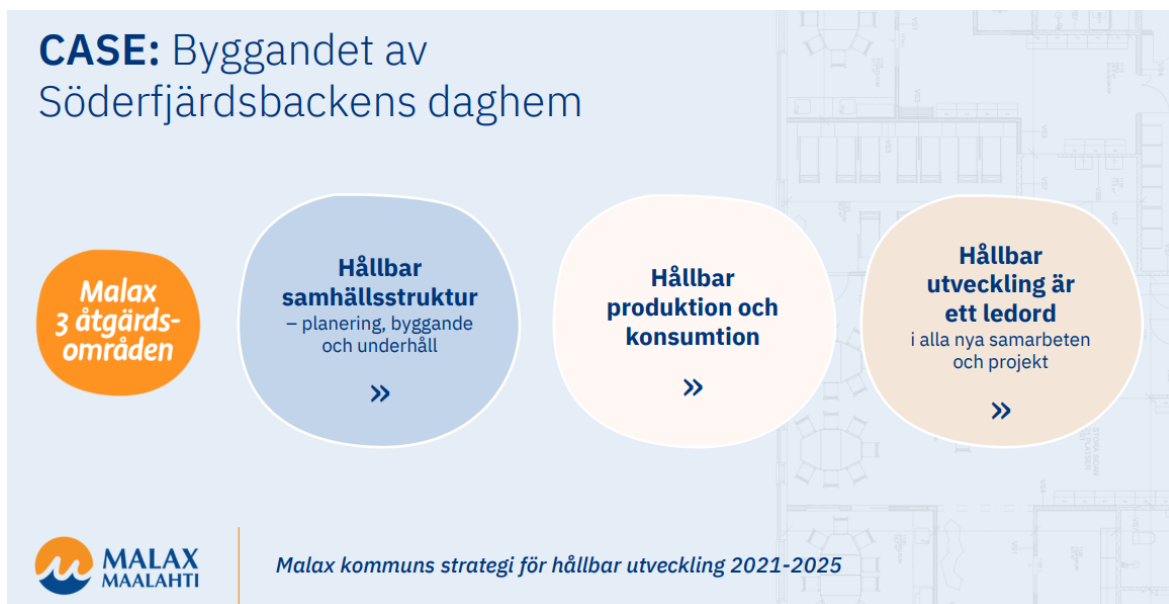
Som uppdragsgivare för detta projekt står Malax kommun. Malax är en kommun i Österbotten som omfattar Malax, Bergö, Petalax och norra delar av Pörtom. Kommunen har omkring 5 500 invånare.

Malax kommun har redan år 2023 gått med i Hinku-nätverket, för pionjärer inom klimatarbete. Malax är den första och än så länge enda kommunen i Österbotten som gått med i nätverket, totalt har 99 kommuner i Finland anslutit sig till nätverket. I och med detta förbinder sig Malax att sänka sina utsläpp med 80 % fram till 2030 jämfört med nivån 2007. (Kolneutraltfinland, 2023) Enligt Syke (2025) har kommunen redan sänkt totala utsläppen med 43 % sedan år 2007. I figur 1 nedan syns kommunens årliga utsläpp per delområde. De största enskilda utsläppskällorna i kommunen är jordbruk, trafik och uppvärmning.



Figur 1. Malax kommuns utsläpp i ktCO₂e per år. Utsläppen för år 2023 baserar sig på förhandsuppgifter, och kan komma att ändra våren 2025 då resultaten presenteras. Bildkälla: (Syke, 2025)

Malax kommun har utarbetat en hållbarhetsstrategi under åren 2022 – 2024. Projektets namn var *Hållbara, energieffektiva byggnader som främjar cirkulär ekonomi – från processbeskrivning till förverkligande*. Projektets centrala syfte var att ta fram metoder som konkretiserar hållbarare lösningar inom fastighetsplanering och byggnation under fastigheternas hela livscykel. Information och resultat från projektet är tillgängliga för andra kommuner och intressenter. (Malax kommun, 2024b)



Figur 2. Hur projekt Söderfjärdsbackens daghem har påverkats av checklisten är sammanställt i en Powerpointpresentation som hittas på Malax kommuns hemsida. (Malax Kommun, 2024)

Till projektet hör bland annat en byggnadsstrategisk checklista för att underlätta tillämpning av hållbara lösningar under planering, byggnation, användningsskede samt vid slutet av en byggnads livscykel. Söderfjärdsbackens daghem är ett projekt som använts som fallstudie under hållbarhetsprojektet. Hur projekt Söderfjärdsbackens daghem har påverkats av den byggnadsstrategiska checklisten är sammanställt i en interaktiv powerpointpresentation som hittas på Malax kommuns hemsida, se figur 2. Vid projekteringen av daghemmet har hållbarhetsaspekter från checklisten implementerats och listan har interaktivt uppdaterats efterhand. (Malax Kommun, 2024)

1.2 Målsättning och begränsningar

Målsättningen med avhandlingen är att finslipa kommunens ovannämnda hållbarhetsstrategi genom att använda och analysera fallstudien *Söderfjärdsbackens daghem*. För daghemmet sammanställs en grundlig livscykelanalys (LCA) med hjälp av mjukvaran OneClickLCA. Daghemmet analyseras i olika projekteringskedan för att kunna definiera användbarheten av livscykelanalyser i olika skeden. En simulering av en tidig design uppgörs med hjälp av OneclickLCA's Carbon Design verktyg. Byggnaden analyseras också med huvudritningarna från upphandlingsskedet som grundmaterial. Kommunen har redan gjort ett aktivt beslut att bygga med trä som stommaterial. I detta arbete analyseras dock massivt trä som stommaterial gentemot en ytterväggskonstruktion med träreglar och isolering. Genom

optimeringar i LCA-designen samt en simulering av en livscykelanalys i tidigt skede i projektet kan tydliga metoder för ökad hållbarhet konkretiseras även för kommande projekt inom och utanför kommunen.

Examensarbetet strävar till att ge kommunen verktyg för att ytterligare utveckla den byggnadsstrategiska checklistan och ge konkreta metoder och idéer för hur växthusgasutsläppen kan minskas inom byggnads- och fastighetsbranschen. Metoderna behandlar allt från materialval, verksamhet på byggarbetsplats, flexibilitet, energieffektivitet, miljöcertifikat och beräkningar för koldioxidsnålt byggande. I samband med att den nya bygglagen har trätt i kraft från och med 1.1.2025 har således bekämpningen av klimatförändringen blivit en del av bygglagstiftningen.

Forskningsfrågor som styr arbetet är:

- Med vilka metoder kan ett byggnadsprojekt drivas mot koldioxidneutralitet?
- Hur påverkar den nya bygglagen i Finland kommunens fastighetsprojekteringar i projektets olika skeden, såsom upphandling, planering, byggnation, användning och slutskede?
- Hur kan hållbarhetsaspekter konkretiseras i projekteringars olika skeden? Kan Malax kommuns checklista fördjupas och konkretiseras ännu mera?

2 Metoder och verktyg

Examenarbetets första del bygger främst på litteraturstudier. En stor del av litteraturen som använts bygger på Miljöministeriets publiceringar, lagar och lagberedningar. Bland annat Green Building Council Finland, Motiva samt OneClickLCA's egna utbildningar har också använts flitigt i arbetet.

I avhandlingens andra del har OneClickLCA använts för att analysera byggnaden. OneClickLCA är en mjukvara som kan användas för att beräkna och analysera byggnaders miljöpåverkan under hela dess livscykel. I programmet analyseras byggnadsmaterial genom hela livscykeln, från råmaterialutvinning till avfallshantering.

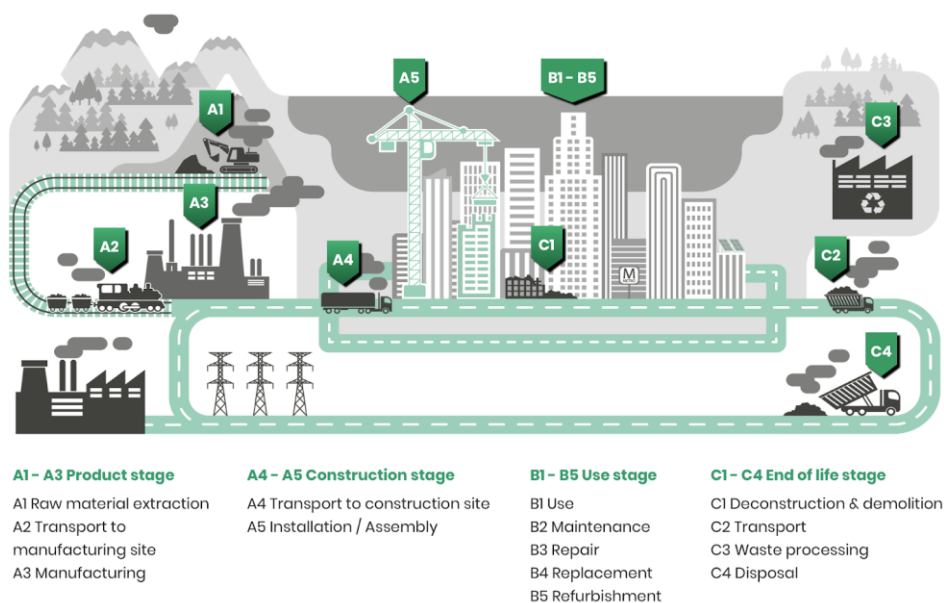
Mängdberäkningar som behövdes för att sammanställa livscykelanalysen har gjorts med ritningar och dokument från upphandlingsskedet och offertförfrågan. Materialen har beräknats med hjälp av PDF-ritningar. Excel har använts för att sammanställa mängdberäkningar. Mängderna har i regel avrundats uppåt. Materialspill tas i beaktande enligt produktspecifika spillprocenter från mjukvaran.

3 Livscykelanalyser

För att kunna minska byggnads- och fastighetsbranschens utsläpp behöver man först bli medveten om hur stor miljöpåverkan som orsakas av byggnaderna. Med hjälp av standardiserade livscykelanalyser (LCA) har man gjort det möjligt att beräkna och analysera produkters, processers och byggnaders miljöpåverkan och därtill tydliggöra vilka material eller skeden som har de största utsläppen. Detta möjliggör optimering av projektet och förbättring av modellerna. Ju tidigare skede livscykelanalysen inkluderas i projektet, desto större är möjligheterna att göra stora skillnader i slutresultatet. Den vanligaste analysen behandlar koldioxidavtrycket, men utöver det kan även försurning, övergödning, ozonförtunning med mera bedömas. (Kuittinen & Roux, 2017b).

En LCA beaktar hela byggnadens livscykel: från utvinning av naturresurser, transporter, tillverkning av produkter, verksamhet på byggarbetsplatsen, användning, rivning och hantering av rivningsmaterial (se figur 3). Livscykelkedena som utför byggfasen utgörs av A1-A3; produktskedet och A4-A5; verksamhet på byggarbetsplatsen. B-skedet används för bruksfasen och C för byggnadens slutskede. Klimatfördelar som uppkommit av byggnaden hör till skede D. (OneClickLCA Academy, u.å.)

Sources of embodied carbon across the construction lifecycle



Figur 3. OneClickLCA beskriver byggnadens livscykelkedan med denna bild. A-skedet står för byggnationen, B för användningen och C slutskedet. (OneClickLCA Academy, u.å.)

För att få den största nyttan av livscykelanalysen görs den generellt i fyra olika faser som upprepas enligt behov och i takt med att projektet framskrider:

1. **Målsättning och begränsningar.** Livscykelanalysens målsättningar kan vinklas för att bäst uppfylla dess syfte. Analysens omfattning kan till exempel bero på i vilket skede av ett projekt analysen görs. Man kan slå fast parametrar och vilka livscykelkedan som är relevanta för projektet i fråga.
2. **Resurssammanställning.** Mängdberäkning av materialen och insamling av data från en godkänd utsläppsdata bas alternativt miljövarudeklarationer. Material som sammanställs kan vara bland annat mängden material, växthusgasutsläpp orsakade av materialen och transportererna, använd energi, rivningsmassor etcetera.
3. **Analys av miljöpåverkan.** Det inventerade materialet sammanställs till en tydlig rapport som beskriver hur materialen och resurserna påverkar miljön. Det vanligaste analysperspektivet är koldioxidavtrycket och den globala uppvärmningspotentialen, men det finns även andra påverkningskategorier som kan tas med i analysen.
4. **Tolkning av resultatet.** Resultatet från analysen går grundligt igenom och beroende på i vilket skede i projektet analysen har gjorts kan viktiga beslut göras gällande projektets optimering.

I resurssammanställningen samlas data in gällande de material som används i byggnaden. Vilka material som tas med beror delvis på vilken beräkningsmetod och i vilket skede och syfte av projekteringen som livscykelanalysen görs. Materialen kan sammanställas med hjälp av digitala modeller såsom BIM eller med andra beräkningsmetoder. I ett tidigt projekteringsstadium kan nyckeltal och så kallade erfarenhetsvärden användas för att uppskatta material om det inte redan finns en kostnadsberäkning eller dylikt som kan användas som grund för beräkningen. Idag finns verktyg som integrerar beräkningen av både kostnadsberäkning och koldioxidavtryck. (Boverket, 2024b)

I takt med att en projektering framskrider kan det bli aktuellt att flera olika aktörer är involverade i den gradvisa utvecklingen av livscykelanalysen. För ett större projekt är det ofta användbart att framställa en översiktlig livscykelanalys utgående från en tidig kostnadsberäkning, inför ett investeringsbeslut och/eller ifall det finns möjlighet att söka finansiellt understöd. I takt med att projektet framskrider kan livscykelanalysen med fördel flyttas över till entreprenörens bord, som reviderar modellen efterhand. (Boverket, 2024b)

3.1 Standarder och beräkningarnas ursprung

Europeiska kommissionen har satt krav på energi- och materialeffektivitet och att byggnaderna är hållbara. För att kunna bestyrka detta krävs transparenta beräkningssätt som tydliggör beräkningarna och ger jämförbara resultat. Beräkningsmodellerna har harmoniserats med hjälp av EU-standarder. Genom gemensamma spelregler kan standarderna minska risken för feltolkningar och stora bedömningsvariationer mellan länder.

Standarder betecknas olika beroende på dess ursprung. En internationell standard (International Organization for Standardization) betecknas **ISO** och används globalt. Europeiska standarder betecknas **EN** och tas fram av europeiska standardiseringsorganisationen CEN. I medlemsländerna ansvarar sedan nationella standardorganisationer för att införa standarder i sina respektive medlemsländer. En finsk standard har beteckningen **SFS**. (Rakennusteollisuus RT, u.å.) (Boverket, 2024a)

Livscykelanalysernas standardiserade metoder grundar sig globalt på bland annat ISO 14040 och ISO 14044 (Rakennusteollisuus RT, u.å.). De finska beräkningsmetoderna för beräkning av byggnaders klimatavtryck grundar sig på Level(s)-metoden som den Europeiska kommissionen framställt med grund av standarderna EN 15643-serien, EN 15978, EN 15804 m.m. (Ympäristöministeriö, 2019)

3.2 Koldioxidekvivalenter

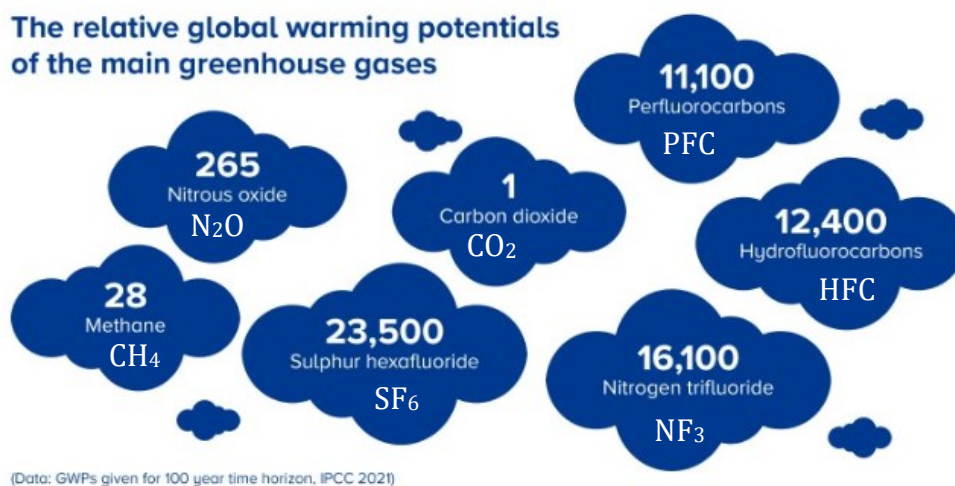
Det finns många olika växthusgaser som bidrar till uppvärmningen av klimatet. För att inte skilt nämna alla, beräknas utsläppen som koldioxidekvivalenter, vilket inkluderar alla växthusgasutsläpp konverterade till koldioxidens påverkan som måttstock. Till exempel metan och lustgas har högre uppvärmande effekt och motsvarar mer koldioxidekvivalenter per viktenhet än vad koldioxid gör. Med hjälp av en gemensam enhet kan olika handlingar enklare jämföras. (Kuittinen & Roux, 2017a)

IPCC har lyft fram de sju mest betydelsefulla växthusgaserna: koldioxid (CO₂), metan (CH₄), dikväveoxid (N₂O), perfluorkarboner (PFC), fluorkolväten (HFC), kvävetrifluorid (NF₃) och svavelhexafluorid (SF₆). Den globala uppvärmningspotentialen, GWP, anger gasernas klimatpåverkan under en bedömningstid på 100 år i relation till samma mängd koldioxid. Till exempel är metanets GWP 28, vilket betyder att metan har 28 gånger högre global uppvärmningspotential per viktenhet än koldioxid. Den globala uppvärmningspotentialen för de sju viktigaste växthusgaserna enligt IPCC är sammanfattade

i figur 4. Genom att multiplicera mängden gas (kg) med gasens GWP (CO_2e) beräknas utsläppens klimatpåverkan i koldioxidekvivalenter (kgCO_2e).

$$[\text{kg}] \times [\text{CO}_2e] = [\text{kgCO}_2e]$$

(ClimatePartner, u.å.)



Figur 4. Olika växthusgasers globala uppvärmningspotential, GWP varierar mycket. GWP anges i relation till koldioxidens GWP som är 1. (ClimatePartner, u.å.)

4 Klimatdeklarationen och den nya bygglagen

I takt med att klimatfrågorna blivit alltmer centrala i samhällsplaneringen har byggsektorn i Finland fått ett utökat ansvar att redovisa och minska sin klimatpåverkan. Ett steg i denna riktning är införandet av klimatdeklarationer för byggnader, vilket formaliserats genom *Miljöministeriets förordning om klimatdeklaration för byggnader och förteckning över byggprodukter 1027/2024* samt ändringar i bygglagen (L 751/2023 och L 897/2024). Syftet med klimatdeklarationen är att öka transparensen kring utsläpp från nybyggnationer och att styra projekteringen mot mera hållbara lösningar. Genom att införa bindande gränsvärden för koldioxidsnålhet utgör klimatdeklarationen ett verktyg för att minska byggnaders livscykelutsläpp.

Från och med den 1 januari 2026 ska klimatdeklarationen enligt lag lämnas in i samband med slutsynen av byggprojektet, vilket innebär att miljöprestandan följs upp hela vägen till färdigställandet. Den som ansvarar för byggprojektet har skyldighet att ta fram klimatdeklarationen, inklusive en förteckning över de byggprodukter som ligger till grund för beräkningen. Denna reform innebär ett skifte från tidigare praxis, där klimatpåverkan i större utsträckning varit frivillig eller oreglerad. I det här kapitlet redogörs för deklarationens innehåll, rättsliga ramar och praktiska tillämpning samt vilka byggnader som omfattas av kravet.

4.1 Klimatdeklaration

Klimatdeklarationer för byggnader har blivit ett krav i Finland genom *miljöministeriets förordning om klimatdeklaration för byggnader och förteckning över byggprodukter (1027/2024)*. Enligt förordningen ska miljöpåverkan för nybyggnationer redovisas med hjälp av en klimatdeklaration, med undantag för bland annat småhus, renoveringar, tillbyggnader, kalla förråd etcetera. Syftet med klimatdeklarationen är att styra byggnadens projektering mot koldioxidsnålhet med hjälp av gränsvärden för byggnadstyperna. (Tiainen, 2024a)

Klimatdeklarationen ska i enlighet med bygglagens uppdatering som träder i kraft 1.1.2026 senast godkännas vid slutsynen, till skillnad från den första versionen av förordningen då klimatdeklarationen är en del av bygglovsansökan. Den som påbörjar ett byggnadsprojekt ansvarar för klimatdeklarationen och beräkningen av koldioxidsnålhet som hänvisas till i förordningen. Den som påbörjar ett byggnadsprojekt ska också se till att det för sådana

byggnader som enligt förordningen behöver en klimatdeklaration, också sammanställs en produktförteckning på huvudritningsnivå.

Klimatdeklarationen ska innehålla åtminstone följande punkter:

- 1) Permanent byggnadsbeteckning
- 2) Byggnadens användningskategori eller användningskategorier
- 3) Uppvärmad nettoarea
- 4) Byggplatsens areal
- 5) Resultat av beräkningen av koldioxidsnålhet separat för varje användningskategori samt summan av dessa sammanräknade
- 6) Det planerade antalet användare av byggnaden
- 7) Byggnadens kalkylerade förbrukning av köpt energi
- 8) Huvudsakligt byggmaterial i de bärande konstruktioner som ingår i beräkningen
- 9) Byggnadens målsatta livslängd
- 10) Vid beräkningen tillämpade kalkylprogram
- 11) Datum för klimatdeklarationen
- 12) Namnet på den som upprättat deklarationen. (Tiainen, 2024a)

Enligt den första versionen av bygglagen (751/2023) skulle klimatdeklarationen inkluderas redan i bygglovsskedet, men i enlighet med byggnadslagens ändring (897/2024) 38§ ska byggnadens och byggnadsplatsens koldioxidavtryck och -handavtryck rapporteras i klimatdeklarationen först i samband med slutsynen. Krav på klimatdeklaration för renoveringar slopades också i samband med ändringen. Ändringen är i kraft från och med 2026.

Senast i samband med slutsynen ska klimatdeklarationen godkännas. En klimatdeklaration ska utarbetas för nya byggnader för:

- radhus

- flervåningsbostadshus
- kontorsbyggnader och hälsovårdscentraler
- affärsbyggnader, varuhus, köpcentrum, butiksbyggnader, teatrar, konsert- och kongresshus, biograf, bibliotek o.s.v.
- inkvarteringsbyggnader, äldreboenden, vårdinrättningar
- undervisningsbyggnader och daghem
- idrottshallar
- sjukhus
- lagerbyggnader, trafikbyggnader, simhallar och ishallar med en uppvärmd nettoarea på över 1 000 kvadratmeter.

Klimatdeklaration behöver inte utarbetas för reparations- och ändringsarbeten och tillbyggnader, inte heller för småhus, parhus, förråd, befolkningsskydd, jordbruksbyggnader med flera. (L 897/2024) (751/2023)

4.2 Förteckning över byggprodukter

Den som påbörjar ett byggprojekt ansöker skriftligen om bygglov hos kommunen. Enligt §38a som träder i kraft 1.1.2026 ska till bygglovsansökan förutom huvudritningar, energiutredning, grundläggningsutredning o.s.v. också bifogas en förteckning över de byggprodukter som används. Förteckningen av byggprodukter ska ge grund för beräkningen av koldioxidsnålhet som behövs för klimatdeklarationen. (Bygglagen 751/2023)

Förteckningen ska innehålla uppgifter på minst huvudritningsnivå och åtminstone följande delar ska ingå:

- 1) bottenbjälklag
- 2) stomme
- 3) fasader
- 4) dörrar och fönster

- 5) yttre plan och balkonger
- 6) takkonstruktioner
- 7) innerväggar (mellanväggar, dörrar, trappor)
- 8) rumsytor (golv, innertak, väggar) med ytbehandling
- 9) rumsutrustning (fasta inventarier)
- 10) röckanaler och eldstäder

Alla dokument som behövs för bygglovsansökan finns förtydligade i Bygglagen (751/2023) §61 (19.12.2024). Observera att paragrafen som hänvisas ovan är uppdaterade enligt L 897/2024 och träder i kraft 1.1.2026. Enligt den version som är i kraft från 1.1 – 31.12.2025 behövs en klimatdeklaration inklusive materialförteckning redan i bygglovsansökan.

5 Miljöministeriets anvisningar för beräkning av koldioxidsnålt byggande

Enligt bygglagen (751/2023) ska enligt §38 (19.12.2024/897) den som påbörjar ett byggprojekt se till att den uppförs koldioxidsnål. Miljöministeriets aktuella anvisningar för beräkning av en byggnads koldioxidsnålhet är i användning för pilotberäkningar. Beräkningen av koldioxidavtrycket är en del av klimatdeklarationen. Metoderna uppdateras i takt med utvecklingen och återkoppling. Miljöministeriets beräkningsmodell grundar sig på Level(s)-metoden som den Europeiska kommissionen har utarbetat. *Miljöministeriets förordning om klimatdeklarationer för byggnader och förteckning över byggprodukter* (1027/2024) träder i kraft från och med 1.1.2026, versionen som används i detta arbete är publicerad 30.12.2024. I förordningen ges anvisningar för hur beräkningen av koldioxidsnålhet ska utföras enligt finska standarder, ändringar i metoden kan komma till skott.

En tydlig nationell beräkningsmodell för koldioxidsnålt byggande möjliggör styrning av utsläpp till under gränsvärden. Gränsvärdena för koldioxidsnålt byggande publicerades våren 2025 och är angivna enligt användningsändamål. De tas i bruk i två olika skeden, där det första skedets gränsvärden gäller från 2026–2027. Från och med 2028 blir gränsvärdena strängare. I tabell 1 presenteras gränsvärdena för byggnadernas koldioxidavtryck per användningsändamål. (Tiainen, 2025)

Tabell 1. Gränsvärdena som träder i kraft från och med 2026 är från början lättare att uppnå. Från och med 2028 sänks gränsvärdena. Gränsvärdena gäller för byggnadens koldioxidavtryck. (Tiainen, 2025)

Användningsändamål	Gränsvärde 2026 – 2027 (kgCO ₂ e/m ² /a)	Gränsvärde 2028 -> (kgCO ₂ e/m ² /a)
Radhus	16	14
Höghus	16	14
Kontorsbyggnader och hälsocentraler	20	18
Affärsbyggnader, varuhus, handelscenter, teatrar, biografier, bibliotek etc.	22	20

Inkvarteringsbyggnader, hotell, servicehus, åldringshem, vårdanstalter etc.	25	24
Undervisningsbyggnader och daghem	20	18
Sporthallar	21	20
Sjukhus	29	28
Lagerbyggnader, simhallar, ishallar etc. Med uppvärmd nettoarea över 1000 m ²	24	22

Beräkningarna för koldioxidsnålt byggande analyseras utgående från en brukstid på 50 år. Samma beräkningsperiod används också av internationella beräkningsmetoder, inklusive EU:s Level(s)-metoden. För att analysen ska vara jämförbar med andra objekt både nationellt och internationellt är det viktigt att beräkningsperioden är densamma. Det betyder inte att den planerade livslängden för byggnaden bara skulle vara 50 år. Utbyte av material tas med i analysen i enlighet med den tekniska brukstiden för byggprodukterna. Efter att byggnaden har använts i 50 år är en storskalig renovering sannolik, det är dock svårt att göra en pålitlig analys över de behövda framtida åtgärderna i planeringsskedet. (Tiainen, 2024a)

5.1 Beräkningens innehåll

En byggnads negativa och positiva climateffekter kallas i fackspråk för koldioxidavtryck och koldioxidhandavtryck. Koldioxidhandavtryck avser de klimatfördelar som uppstår till följd av byggnaden, t.ex. återanvändning av byggnadsdelar eller återvinning av material, förnybar energi som produceras i byggnaden eller på tomten eller lagrad koldioxid i byggnadsmaterial. Koldioxidavtrycket avser de negativa climateffekter i form av växthusgasutsläpp orsakade av byggnadens material- och energianvändning under hela byggnadens livscykel: från råvaruutvinning till rivning. Koldioxidhandavtrycket dras inte bort från koldioxidavtrycket. (Ympäristöministeriö, 2019)

Byggnadens koldioxidavtryck analyseras för byggnadens hela livscykel. För beräkningen används de material som används i de byggnadsdelar som presenteras i tabell 2. Byggprodukternas uppgifter om miljöpåverkan kan tas från den nationella utsläpps databasen CO2data eller från produktspecifika miljövarudeklarationer. I analysen tas både byggnaden och byggnadsplatsen i beaktande och resultaten presenteras var för sig. Till byggnadsplatsen hör utrustning och konstruktioner på tomten, grundläggning, markarbeten samt delar av byggnaden som inte uppfyller samma användning som byggnadens huvudsakliga användningsändamål. Också röjningar ska nu inkluderas i byggnadsplatsens koldioxidavtryck. Med röjning avses byggplatsens förberedelser, inklusive rivning av befintliga byggnader på platsen samt hantering av rivningsavfallet. Till byggnadens del hör allt från bottenbjälklaget upp till taket. (Tiainen, 2024a)

Alla infästningar såsom skruvar, spikar och andra fästen under 5 kg lämnas bort från beräkningen. Dock ska större infästningar som balk- och pelarinfästningar, ankarbultar och andra fästen över 5 kg beaktas. (Tiainen, 2024a)

Också växtlighet lämnas utanför analysen, både i form av plantering och fällning av träd, samt förlorade kolsänkor i och med förändringar i markanvändningen. Vid byggarbetsplatsen ska inte heller tillfälliga byggnadsställningar och väderskydd beaktas, då dessa anses ha mycket liten påverkan på det totala koldioxidavtrycket och dessutom lätt orsaka felbedömningar. Byggnadsprodukters förpackningsmaterial behöver inte heller tas med i beräkningarna. Ibland kan dessa dock vara inkluderade i byggnadsprodukternas miljövarudeklarationer och kan i sådana fall tas med i beräkningen. (Tiainen, 2024a)

Hustekniken har en central roll gällande energieffektiviteten. Ofta används metaller och plaster i hustekniken som har jämförelsevis stora koldioxidavtryck och kan till och med stå för tiotals procent av byggnadens totala koldioxidavtryck (Tiainen, 2024a). För beräkning av koldioxidsnålheten för installationstekniska system kan uppgifter användas från den nationella utsläpps databasen som beskriver mängduppgifter från typiska byggnader (1027/2024).

Tabell 2. Beräkning av koldioxidsnålt byggande delas upp i byggplatsens utsläpp och byggnadens utsläpp. I tabellen nedan presenteras innehållet för beräkningen, samt vad som ska lämnas utanför analysen.

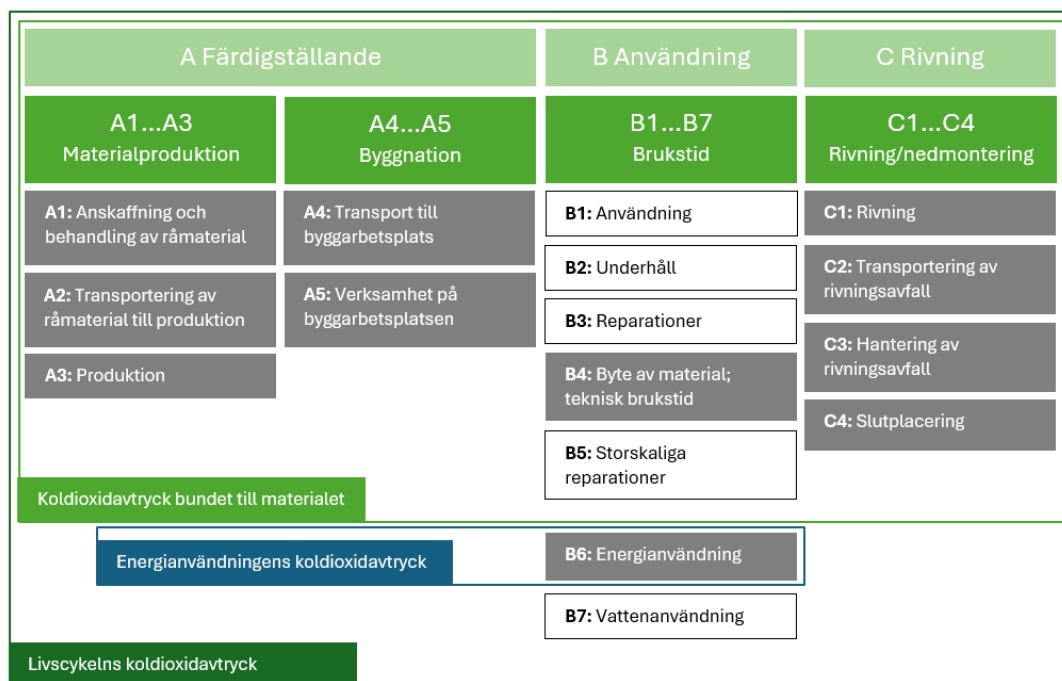
	Byggnaden	Byggplatsen	Beaktas ej	
Områdesdelar		Markdelar	Schakt och kanaler	
		Stöd	Utrustning på området	
		Beläggningar	Produktförpackningar	
		Områdets konstruktioner	Tillfälliga utrymmen, ställningar och skydd som behövs på byggarbetsplatsen	
		Röjningar	Träd, annan växtlighet, jordmån och vattendrag	
		Konstruktioner eller byggnader som rivs för ett nybygge		
Byggnadsdelar	Bottenbjälklag	Grunder	Separata spikar, skruvar, lim, tätningar, fogningar och andra fästen som inte hör till produkterna	
		Stomme	Rökventilationskonstruktioner	
		Fasad, dörrar och fönster	Produktförpackningar	
		Yttre plan och balkonger		
		Takkonstruktioner		
	Moduler	Innerväggar (mellanväggar, dörrar och trappor)		Lister och hörnförstärkningar
		Rumsytor (golv, innertak, väggar) med ytbehandling		Räcken
Rumsutrustning (fasta inventarier)			Rumsskyltar	
Rökkanaler och eldstäder			Separata spikar, skruvar, lim, tätningar, fogningar och andra fästen som inte hör till produkterna	
			Produktförpackningar	

Installationsteknik	Värmesystemets huvuddelar	Sådana installationstekniska delar utanför byggnaden som inte betjänar byggnaden utan byggplatsen (t.ex. områdesbelysning eller elsystem för skyddstak utomhus)	Datatekniska system
	Vatten- och avloppssystemets huvuddelar		System för husautomation
	Ventilationssystemets huvuddelar		Reservströmssystem
	Kylsystemets huvuddelar		Separata maskiner och anordningar
	Sprinklersystemets huvuddelar		Produkters och anordningars förpackningar
	Elsystemets huvuddelar		
	Hissar och rulltrappor		

(1027/2024)

5.2 Beräkningen av koldioxidavtrycket

Livscykelskeden som ska tas med i beräkningen presenteras i figur 5. I livscykelanalysen ingår utsläpp från produkternas tillverkning (A1...A3) från anskaffning och behandling av råvaror, transport till fabrik och själva produktionen. Byggplatsverksamheten analyseras som transporter till byggarbetsplatsen (A4) och verksamhet på byggarbetsplatsen (A5). Under användningsskedet ska åtminstone byte av byggprodukter (B4) och energianvändningen (B6) analyseras. Livscykelns slutskede tas också i beaktande (C1...C4) allt från rivning, avfallstransporter, slutdeponering och hantering av avfallen. Beräkningen täcker växthusgasutsläpp av både fossilt och biogent ursprung orsakade av processer från hela byggnadens livscykel. Bland annat storskaliga reparationer och underhåll som är svåra att förutse kan lämnas utanför analysen. (Bruce-Hyrkäs, Tuominen, & Tähtinen, 2022)



Figur 5. Byggnadens olika skeden i livscykeln. Skedena som är vita ska enligt den finska beräkningsmodellen inte tas med. Man kan dock beakta dem frivilligt. (Bruce-Hyrkäs, Tuominen, & Tähtinen, 2022)

Enligt Miljöministeriets förordning om byggnaders klimatdeklaration och byggnadsförteckning ska byggnadens livscykelns koldioxidavtryck beräknas som $C_{jalanjälki}$, och täcker processer som sker under byggnadens hela livscykel. Beräkningen beskrivs enligt formeln nedan:

$$C_{jalanjälki} = (GWP_{valmistus} + GWP_{vaihdot} + GWP_{jätteenkäsittely} + GWP_{loppusijoitus} + GWP_{kuljetukset} + GWP_{työmaa} + GWP_{käyttöenergia})$$

$GWP_{valmistus}$ står för de fossila och biogena växthusgasutsläpp som orsakas av byggnadsmaterialens väg från råvaruutvinning till färdig produkt. Till kedjan hör utvinning av råmaterial (A1), transporter till fabrik (A2) och förädling och tillverkning av färdiga byggprodukter (A3). Hit adderas också eventuella fördelar som kan fås av återvunnet material eller återanvändning av vissa byggnadsdelar. (Tiainen, 2024a)

Den koldioxid som är bunden till biogena material (t.ex. träprodukter) är enligt standarden EN 15804 + A2 noterade som ett negativt tal i produktskedet (A1-A3) och som ett positivt tal i livscykelns slutskede (C). Summan av den globala uppvärmningspotentialen kan således

bli noll under hela produktens livscykel beroende på det organiska materialets ursprung. (Tiainen, 2024a)

$GWP_{vaihdot}$ inkluderar byggnadsmaterialens, husteknikens och byggnadskomponenters utbyte och komplettering. Data för produkternas utbyte baserar sig på den produktspecifika tekniska brukstiden. Med komplettering avses till exempel påfyllnad av material utan att avlägsna det underliggande. Eventuella tillbyggnader, inglasningar eller tilläggsisolering är svåra att förutse och beaktas därmed inte. Vid analysering av byggnadsmaterialens brukstid bör också belastningsgraden tas i beaktande. Beroende på byggnadstypen samt var i byggnaden materialen är belägna kan brukstiden variera i hög grad. (Tiainen, 2024a)

$GWP_{jätteenkäsittelyt}$ står för de utsläpp som orsakas av behandlingen av rivningsavfall som uppstår från byggarbetsplatsskedet (A5) och byte av byggnadsmaterial (B4) samt vid behandlingen av rivningsmaterial som uppstår i livscykelns slutskede (C4). Behandlingen kan vara till exempel sortering, rening, krossning, siktning, flisning etcetera. Hit beräknas de utsläpp som orsakas av förbehandlingen och förberedelser för att material ska kunna återanvändas eller återvinnas, utnyttjas för energiproduktion, samt de utsläpp som orsakas av materialbehandlingar innan deponering. (Tiainen, 2024a)

$GWP_{loppusijoitus}$ står för de utsläpp som orsakas av deponeringsprocesser för rivningsmaterial som ackumulerats från byggarbetsplatsskedet (A5), byte av byggnadsmaterial (B4) och rivningsskedet (C4). Deponeringsprocesserna kan vara placering av avfall på deponi, förbränning utan energiutvinning eller annan motsvarande process som inte utnyttjar resurser från rivningsmaterialet. Gällande slutdeponering av material ska informationen stämma överens med den finska avfallslagstiftningen och -hierarkin, så att till exempel rivningsmaterial innehållande organiskt material inte räknas som deponi. (Tiainen, 2024a)

$GWP_{kuljetukset}$ inkluderar utsläpp orsakade av transporter under byggnadens livscykel, från byggnadsskedet, byte av material, rivning och slutplacering. Data om transport tas från den nationella utsläppsdatabasen och beräknas enligt finska medelvärden på transportsträckor och utnyttjandegrad av lasten. Det är tillåtet att beräkna transportererna också specifikt för byggnaden. (Tiainen, 2024a)

$GWP_{työmaa}$ står för utsläpp orsakade av den förbrukade energin under byggskedet, byte av produkter samt rivningsarbeten i samband med livscykelns olika skeden. Statistikbaserade

uppgifter fås från den nationella utsläppsdatan, men kan också eventuellt beräknas objektspecifikt. (Tiainen, 2024a)

$GWP_{k\ddot{a}ytt\ddot{o}energi}$ står för de utsläpp som förbrukningen av den köpta energin orsakar. Analysperioden är 50 år och tar i beaktande energiförbrukningens väntade utsläppsminskning. (1027/2024)

5.3 Beräkningen av koldioxidhandavtryck

I beräkningarna ska också eventuella klimatfördelar tas upp (D) som kan uppstå till följd av ett byggprojekt, växthusgasernas minskning eller upptag (-kgCO₂e). Koldioxidhandavtrycket ($C_{k\ddot{a}denj\ddot{a}lki}$) består av de klimatfördelar som uppstått tack vare byggnaden i fråga och för vilka det finns gemensamt godkända beräkningsregler i till exempel EN-standarderna. Klimatfördelarna inkluderar både utsläpp som åter tas upp samt sådana som undviks genom bland annat återanvändning ($GWP_{uudelleenk\ddot{a}ytt\ddot{o}}$) och återvinning ($GWP_{kierr\ddot{a}tys}$) av material, produkter, konstruktioner eller byggnadsdelar, förnybar energi som produceras i byggnaden eller på byggnadsplatsen ($GWP_{uusiutuva\ energi}$), biogen eller teknisk lagrad kol i byggnadsmaterial ($GWP_{hiilivarasto}$) samt karbonatisering av betong ($GWP_{karbonatisoituminen}$). Koldioxidhandavtrycket beräknas skilt och subtraheras inte från koldioxidavtrycket. Formeln för koldioxidhandavtrycket beskrivs nedan:

$$C_{k\ddot{a}denj\ddot{a}lki} = GWP_{uudelleenk\ddot{a}ytt\ddot{o}} + GWP_{kierr\ddot{a}tys} + GWP_{uusiutuva\ energi} + GWP_{hiilivarasto} + GWP_{karbonatisoituminen}$$

Beräkningarna ska grunda sig på uppgifter från den nationella utsläppsdatan eller annan standardiserad metod. Egna objektspecifika beräkningar är alltså inte godkända. (Tiainen, 2024a)

5.4 Nationella utsläppsdatan – CO₂data

Den nationella utsläppsdatan CO₂data upprätthålls av Finlands miljöcentral (SYKE) och är kostnadsfri att använda. Den har sammanställts i nära samarbete med Sverige och andra nordiska länder. I Sverige har en liknande databas parallellt utvecklats av *Boverket*, den nationella myndigheten för samhällsplanering, stadsutveckling, byggande och boende

samt *IVL Svenska Miljöinstitutet*. Målsättningen med databasen är att stöda planeringen av koldioxidsnålt och resurseffektivt byggande. (Häkkinen, 2022)

CO2data erbjuder opartisk information om klimatpåverkan från typiska produkter, processer och system som används i Finland. Tjänsten är indelad i två olika databaser: en för husbyggnad och en för infrastruktur. Från databasen erhålls typiska miljödata som kan användas till klimatdeklarationen. Genom att samla in information om typiska produkter, processer och system har genomsnittliga värden sammanställts i databasen. Från databasen fås genomsnittliga data om bland annat:

- Byggprodukters koldioxidavtryck och -handavtryck
- Scenarier för återvinning och utnyttjande av byggprodukter vid livscykelns slut
- Spillprocenter på byggarbetsplatsen
- Teknisk brukstid för produkten
- Utsläppsdata för transporter, byggprocesser och avfallshantering
- Utsläppsdata för olika energiformer och scenarier för hur dessa utvecklas i framtiden. (kolneutraltfinland.fi, 2023).

Från utsläppsdatabasen fås produkters globala uppvärmningspotential (GWP) uttryckt i koldioxidekvivalenter (kgCO_{2e}) per kilogram produkt. Information om vikt per kvadratmeter eller kubikmeter är också vanligtvis angett. GWP-indikatorn definierar den kombinerade mängden växthusgasutsläpp som uppstår från produktens olika livscykelkedan. Motsvarande uttrycks exempelvis energitjänster i kgCO_{2e} per kWh och transporttjänster i kgCO_{2e} per ton last och resans längd. (Häkkinen, 2022)

5.5 EPD

Ifall det redan är känt vilka specifika produkter som ska eller har använts i ett projekt kan produktspecifika miljövarudeklarationer användas. Miljövarudeklaration har förkortningen EPD som står för *Environmental Product Declaration*.

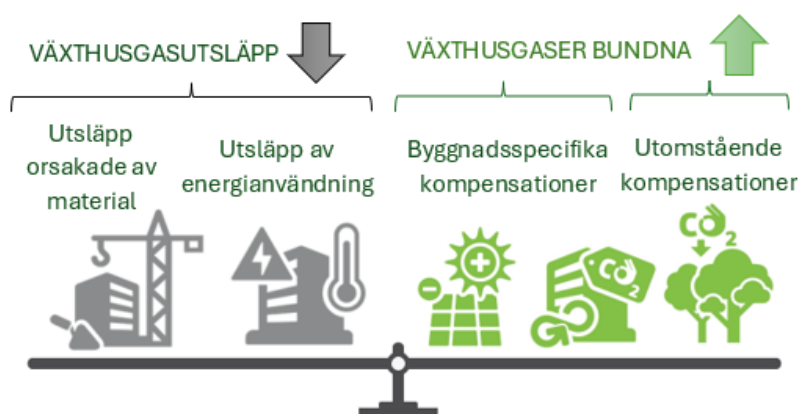
En EPD ska tillhandahålla information om produktens eller materialets miljöegenskaper och eventuella miljöpåverkningar under hela livscykeln och möjliggör jämförelser mellan olika produkter ur ett hållbarhetsperspektiv. EPD:n granskas och godkänns via en oberoende

verifiering och är vanligtvis i kraft tre till fem år. I beräkningen av koldioxidavtrycket ska i första hand EPD:n som uppfyller EN 15804+A2 standarden användas, som följer allmänna beräkningsprinciper och beaktar koldioxidutsläpp och -upptag. Den tidigare versionen EN 15804+A1 använder GWP-tal från IPCC: Climate Change 2007 (AR4), dessa har förändrats i och med den nyare rapporten från IPCC 2013 (AR5) och bör användas i så stor utsträckning som möjligt (Häkkinen, 2021). I regel ska de miljövarudeklarationer som används vara baserade på livscykelanalysens standardiserade metoder och ge jämförbara data om bland annat koldioxidavtryck. (Tiainen, 2024a)

För betongprodukter har miljövarudeklarationer varit utmanande, på grund av de hundratals olika betongklasserna. Därför har Suomen Betoniyhdistys ry sammanställt en egen verifierad beräkningsbotten som pålitligt har gett uppgifter om koldioxidavtryck, metoden är godkänd att användas för beräkningarna. (Tiainen, 2024a)

6 Metoder för koldioxidneutralitet

Finlands målsättning att vara koldioxid neutralt år 2035 förutsätter att vi på årsbasis binder växthusgasutsläpp i samma takt som de bildas. Koldioxidneutralitet betyder alltså inte att det inte bildas utsläpp överhuvudtaget, däremot behöver utsläppsnivån minskas till den nivå som kan mötas med klimatkompensationer. Enligt den nya finska bygglagen (751/2023) ska nya byggnader uppföras så att de är koldioxidsnåla, utsläppen som byggnaden orsakar från hela dess livscykel ska alltså minimeras till under gränsvärdet. Gränsvärdena planeras stegvis bli strängare med ett relativt högt gränsvärde som utgångsläge. För att en byggnad ska bli koldioxidneutral ska utsläppen däremot stå åtminstone i jämvikt med klimatfördelar som byggnaden för med sig. Jämvikt kan uppnås genom att minimera de negativa klimateffekterna under hela byggnadens livscykel samtidigt som man försöker maximera byggnadens positiva klimatpåverkan, se figur 6. (Bruce-Hyrkäs, Tuominen, & Tähtinen, 2022)



Figur 6. Att klimatfördelarna väger upp nackdelarna är grundtanken bakom koldioxidneutrala byggnader. (Bruce-Hyrkäs, Tuominen, & Tähtinen, 2022)

För att sträva efter koldioxidneutralitet ska i första hand byggnadens koldioxidavtryck minskas så mycket som möjligt. Målet med koldioxidneutralitet är med dagens teknologi utmanande att uppnå och även utmanande att kommunicera dels för att de nya gränsvärdena för koldioxidsnålt byggande ännu inte är i användning (Bygglagen 751/2023). Genom att analysera och beräkna byggnadens klimatpåverkan tillsammans med optimeringar och justeringar under projektets gång, fås en uppfattning över hur avtrycket kan minskas och handavtrycket ökas. Byggnadens klimatpåverkan kan styras mot koldioxidneutralitet med följande metod:

- Analysera byggnadens koldioxidavtryck under hela livscykeln och minimerar dessa

- Analysera koldioxidhandavtryck (klimatfördelar) och maximerar dessa
- Sträva efter att jämna ut koldioxidavtrycket och -handavtrycket med hjälp av utomstående klimatkompensationer
- Ocenurerad rapportering med åtgärder som gjorts för att nå koldioxidneutralitet. (Bruce-Hyrkäs, Tuominen, & Tähtinen, 2022)

Kommuner och städer runt om i Finland är en viktig kund inom byggnadsbranschen. De står som byggherre för en betydande del av landets projekt samt som ägare till en stor del av byggnadsbeståndet. Kommunen har möjlighet att med hjälp av offentliga upphandlingar och marknadsdialoger styra utvecklingen mot koldioxidneutralitet. Kommunen kan också vara en viktig förebild och med hjälp av kommunstrategier gynna företag som vill driva branschen mot hållbarhet.

Även om byggherren är en privat organisation, ansvarar kommunen för planläggning och bygglovsprocessen som är ett betydelsefullt sätt att påverka byggnationerna. Genom planläggning kan kommunen styra framtidens byggnadsplatser och påverka bland annat utsläpp orsakade av trafik och förändringar i markanvändningen, de kan också använda sig av överlåtelsekrav och andra gränsvärden. Byggnation i nära anslutning till bra vägförbindelser möjliggör val av förflyttningsmedel med låga utsläpp och planeringar i markanvändningen kan öka skyddet för viktiga kolsänkor. Av vilka det senare nämna har den största betydelsen. Också markegenskaper som försvårar grundläggning kan orsaka stora mängder utsläpp och kan vara mera lönsamt att prioritera högre än goda trafikförbindelser. (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

Det är av betydelse att i tidigt skede under planeringen fundera över hållbarhetsfrågorna. Påverkningsmöjligheterna för både kostnader och koldioxidavtryck är störst i början på projektet och avtar i takt med att projektet framskrider. Ett byggprojekt startar oftast med ett behov som ska uppfyllas. Första delen i ett byggprojekt bör vara att utreda huruvida behovet kan uppfyllas på annat sätt än nybyggnation: Kan man köpa behovet/tjänsten i stället för att bygga? Kan man möta behovet genom att reparera eller ändra användningsändamål på en nuvarande byggnad? Det enklaste sättet att minska på byggnadsprojektens utsläpp är att undvika att bygga. Även när det gäller ekonomi har det visat sig att nybyggnation ofta är olönsamt. (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

Om det visar sig att en nybyggnation är det bästa alternativet är nästa steg att optimera byggnadens utrymmen. Kan man maximera utrymmes användningen och få in till exempel

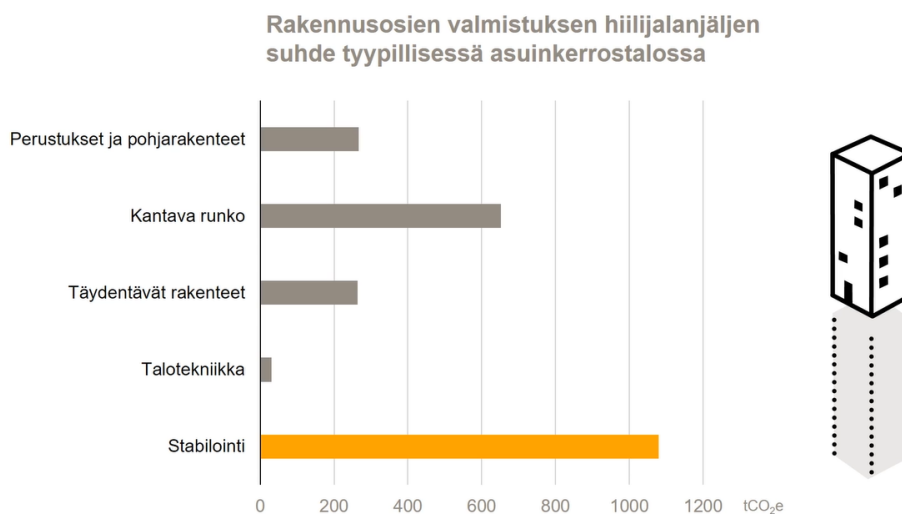
ett större antal arbetsplatser på samma yta? Är den planerade rumshöjden möjlig att minska? Kan man förverkliga samma trivsel på mindre kvadratmeter? (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

Efter att behovet och utrymmet är analyserat kan projektets egentliga effektivitet optimeras. Är det möjligt att förlänga den tekniska brukstiden? Kan man förbättra flexibilitet i användningen? Kan byggnaden uppfylla även andra behov via användning av annan aktör utanför operativa timmar för det primära behovet? Hur kan man förbättra material- och energieffektivitet? Materialeffektiviseringar kan göras med väl genomtänkt planering och välutförda konstruktionsberäkningar. (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

6.1 Byggnadens placering

Vid valet av byggnadsplatsen är det viktigt att beakta eventuella förändringar markanvändningen. Om en byggnad placeras på naturområden eller skogar orsakar byggandet en minskning av kolsänkor. Förändringar i markanvändningen i sig bidrar således till utsläpp. Omfattningen av skogens kolsänka är svår att mäta och beaktas inte i varken miljöministeriets metod för beräkning av koldioxidsnålhet eller EU-standarder. Markanvändningens riktlinjer styrs i allmänhet via kommunens planläggning. Skogsmark bör strävas efter att bevaras och tillsättas i så stor utsträckning som möjligt, då dessa kolsänkor är de mest effektiva och förmånligaste sättet att binda koldioxid. Om en ny byggnad inte kan utnyttja den redan byggda stadsmiljön bör man sträva efter att återskapa kolets omlopp enligt bästa förmåga. Minskningen av kolsänkor kan till viss del ersättas med växtlighet på tomtens eller taket, men effekterna är i jämförelse små. (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

Byggnadsplatsens grundläggningsegenskaper kan ge stora effekter på det totala koldioxidavtrycket. Material från grundläggnings- och stabiliseringsarbeten på en byggnadsplats med dåliga grundläggningsförhållanden kan till och med ge ett större koldioxidavtryck än hela den resterande byggnaden. Figur 7 visar koldioxidavtrycket från ett typiskt finskt bostadshöghus med betongstomme med dåliga grundläggningsförhållanden och visar att markstabiliseringar kan utgöra en mycket stor andel av de materialbundna utsläppen. En byggnad ska strävas efter att placeras på en plats där stabilisering och pålning kan minskas. Om en byggnad ändå placeras på en plats som behöver stabilisering och pålning kan utsläppen med materialval försöka minskas. Till exempel kan flygaska, masugnsslagg eller geopolymers användas i betongarbeten. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 101-103)



Figur 7. Ett typiskt finskt bostadshöghus med betongstomme och dåliga grundläggningsförhållanden kan till och med ha lika stort koldioxidavtryck från stabiliseringen som från hela den övriga byggnadens materialbundna utsläpp. (Kuittinen, u.å.)

Byggnadens placering på tomten kan också inverka på möjligheterna att utnyttja förnybara energikällor såsom solenergi och i vissa fall vindenergi. Om stora ytor väggar och tak kan riktas mot solläge förbättrar det utnyttjandegraden för solenergin väsentligt. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 101-103)

6.2 Minska utsläpp på byggarbetsplatser

På byggarbetsplatser finns flera typer av utsläppskällor som har potential att förbättras. Till de mest centrala utsläppskällorna hör bland annat byggnadernas uppvärmning, torkning av konstruktioner, arbetsmaskiner och transporter. Utsläppen kan vara sådana att de har en uppvärmande effekt på klimatet eller är direkt skadligt för miljön. Utsläppen kan också vara skadliga för hälsan för arbetare och andra som vistas eller bor i närheten av byggarbetsplatsen. (Sitomus2050, u.å.)

Det finns många sätt att minska både utsläpp och energianvändning på byggarbetsplatser, och genom att vidta konkreta åtgärder kan man uppnå betydande förbättringar. Ett exempel är att använda ledbelysning i kombination med timerfunktioner eller rörelsesensorer – dock ska arbets säkerheten alltid komma i första hand. Uppvärmningen är en annan viktig faktor. Genom att planera uppvärmningsbehovet noggrant kan man undvika att värma upp utrymmen mer än nödvändigt, samtidigt som man minimerar värmeläckage, även i de tidiga

byggskedena. Om det är möjligt bör arbetsmoment som kräver mycket värme förläggas till årets varmare månader. Det är också avgörande att involvera arbetarna genom att utbilda och ge klara handlingsverktyg. Genom att uppmuntra till energibesparing och föra regelbundna diskussioner om energianvändningen vid arbetsplatsmöten, skapas en medvetenhet som ofta leder till förbättringar. Att synligt redovisa energiförbrukningen gör det lättare att snabbt upptäcka och åtgärda avvikelser. Vidare bör man ansluta till den planerade, permanenta uppvärmningskällan så tidigt som möjligt i byggprocessen, eftersom tillfälliga system ofta är betydligt mindre energieffektiva. Slutligen kan användning av energieffektiva arbetsmaskiner och tillfälliga arbetsplatsutrymmen bidra till ytterligare energibesparingar. (Green Building Council Finland, u.å.)

Metoder för hur kommunen kan påverka hållbarheten på sina projekt är många. Främst behövs ändringar i den mentala inställningen. Hållbarheten behöver prioriteras i alla byggnadsprojekt, oberoende om det gäller nybyggnation, renovering eller andra anskaffningar. I offertförfrågningar bör tydliga krav ställas på bland annat lastbilars och arbetsmaskiners utsläppsklasser samt användningen av förnybara bränslen. Alternativt kan bonussystem användas för att motivera användningen av miljövänliga alternativa arbetsmaskiner. (Motiva, 2023a)

Elproduktionsformen har ofta stor betydelse på arbetsplatsens totala förbrukning. Genom att ansluta till det lokala elnätet i stället för flitigt använda generatorer kan man med hjälp av den köpta energins produktionsmetod påverka utsläppen väsentligt i de tidiga byggarbetsplatsskedena. Samtidigt kunde man producera egen elektricitet på arbetsplatsen med solceller. (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

6.2.1 Arbetsmaskiner och utsläpp

Av byggbranschens utsläpp i Finland härstammar upp till en fjärdedel från transport och arbetsplatsen. Av utsläpp från transport och arbetsplatsverksamheten består ca två tredjedelar av verksamheter på byggarbetsplatsen och resterande tredjedel av transport (Motiva, 2023a).

Utsläpp från arbetsmaskiner regleras idag inom Europa med Stage-klasser. Avgaser som regleras är utsläpp av kolmonoxid (CO), kolväte (HC), kväveoxid (NO_x), mikropartiklar, samt i de strängare klasserna ammoniak. Koldioxidutsläpp regleras för tillfället inte med Stage-klasserna. Första Stage-klassen (Stage I), som trädde i kraft 1999, gällde endast arbetsmaskiner med dieselmotorer. Från och med Stage IV-klassen, som trädde i kraft 2014,

begränsas NO_x-utsläppen kraftigt och krävlägger också ett efterbehandlingssystem för avgaserna (såsom SCR/urealiuos). (Motiva, 2023c) (Koneluokitus, u.å.)

Det finns olika sätt att förbättra energieffektiviteten i arbetsmaskiner. Till exempel kan energieffektiviteten förbättras på motornivå genom att förbättra motorns verkningsgrad, t.ex. genom att använda teknologi som förbättrar motorfriktion, gasutbyte, förbränning, värmereglering etc. Energieffektiviteten kan också förbättras genom att motorn får arbeta i optimala varv och genom att undvika maskinens tomgång samt genom att satsa på utbildade och professionella maskinförare. (Motiva, 2023c)

Största delen av arbetsmaskinerna idag är dieseldrivna. Marknaden utvecklas dock i rask takt och idag finns flera olika alternativ till den konventionella dieseln, alla alternativ har både för- och nackdelar:

- **Förnybar diesel och brännolja (HVO).** Fördelen med förnybar diesel är att den går att använda i vanliga diesel- eller brännoljemotorer och det minskar utsläppen till nära-noll under hela bränslets livscykel. Förnybar diesel/brännolja framställs av växtbaserade oljor eller fettavfall. Tillgängligheten på förnybart bränsle riskerar bilda en flaskhalseffekt eftersom tillverkningen använder sig av spill-materialflöden. För att säkerställa kontinuerligt låga utsläpp på arbetsplatsen är det därför fördelaktigt att begränsa användningen till de arbetsskeden som är svåra att ersätta med andra alternativa lösningar. Till exempel är det bra att koncentrera användningen till stora arbetsmaskiner som ännu inte har energieffektiva alternativ på marknaden. (Tähkänen & Tähtinen, 2022) (Motiva, 2023c)
- **Biogas.** Biogas är ett bränsle som produceras av organiska material, såsom bioavfall och spillning. Det ger låga utsläpp vid förbränning och innehåller inte svavel, tungmetaller och mikropartiklar. Det finns goda möjligheter att tanka biogas i huvudstadsregionen, men ur Österbottens synvinkel är det utmanande att använda biogas på byggarbetsplatser, speciellt utanför stadskärnan. (Motiva, 2023c)
- **El.** Marknaden för elfordon går snabbt framåt idag och det blir allt vanligare med eldrivna arbetsfordon. Eldrivna fordon är tystlåtna och avgasfria. Vid användning av el som producerats av fossilmfria energikällor, såsom vind, vatten, sol och kärnkraft, kan arbetsfordonen användas utsläppsfria. Om elfordon används på byggarbetsplatsen behövs tillgängliga laddningsstationer med tillräcklig laddningseffekt. Det finns redan idag ett stort utbud på eldrivna arbetsmaskiner av

olika storlekar, samt arbetsmaskiner med hybridteknik finns på marknaden. Anskaffningspriset är ofta högre gentemot motsvarande dieseldrivna maskin men fördelar såsom lägre underhålls- och användarkostnader, lägre ljudnivå och renare luftkvalitet är starka fördelar. Mera forskning behövs också ännu kring arbete i hårda väderförhållanden och hur batterierna klarar låga temperaturer. (Tähkänen & Tähtinen, 2022)

- **Grön vätgas.** I Finland finns vätgastruckar i användning, men andra arbetsmaskiner som drivs av vätgas används inte vanligen. JCB har under flera års tid utvecklat motorer som drivs på vätgas och har nyligen fått grönt ljus för den kommersiella marknaden (Turpeinen, 2025). Hur miljövänlig vätgasens användning är beror på tillverkningen. Ifall förnybara energikällor används vid tillverkningen är användningen också koldioxidneutral. (Motiva, 2023c)

6.2.2 Kommunens metoder för att minska utsläpp på byggarbetsplatser

Eftersom den offentliga sektorn är en viktig kund inom byggnadsbranschen, besitter den stora möjligheter att påverka branschen mot hållbarhet och koldioxidneutralitet. Genom att sätta upp tydliga och ambitiösa mål gällande lågutsläpp och cirkulärt byggande, samt medföljande konsekventa handlingsmodeller, kan den hållbara marknaden stärkas. Alla aktörer inom den offentliga sektorn sitter på denna viktiga nyckelposition, detta arbete riktar sig dock till kommunerna.

Green deal-avtalet om utsläppsfria byggarbetsplatser (Päästöttömät työmaat) är ett frivilligt avtal som riktar sig till städer, kommuner och andra aktörer inom offentliga sektorn. Strategin är att minska på utsläppen på byggarbetsplatser genom styrning via offentliga upphandlingar. Målsättningen är att man på byggarbetsplatsen börjar använda fossilfria och förnybara bränslen både gällande transport, arbetsmaskiner och uppvärmning. Huvudvikten ligger på en samutveckling, där aktörerna försöker hitta anpassningsbara verkningssmallar, upphandlingskriterier och ge mark för en ny marknad med nya innovativa lösningar. Framtidsvisionen är att praxisen från avtalet ska normaliseras i alla byggarbetsplatser. (Motiva, 2023a)

I Green deal-avtalet om utsläppsfria byggarbetsplatser finns både obligatoriska och frivilliga åtgärder under byggnadsprocessen. Åtgärderna kan anpassas och användas som inspiration och vägledning även trots att kommunen inte har valt att underteckna avtalet. Kommunen kan t.ex. se till att utbildning ges på byggarbetsplatsen för att minska utsläpp och förbrukning

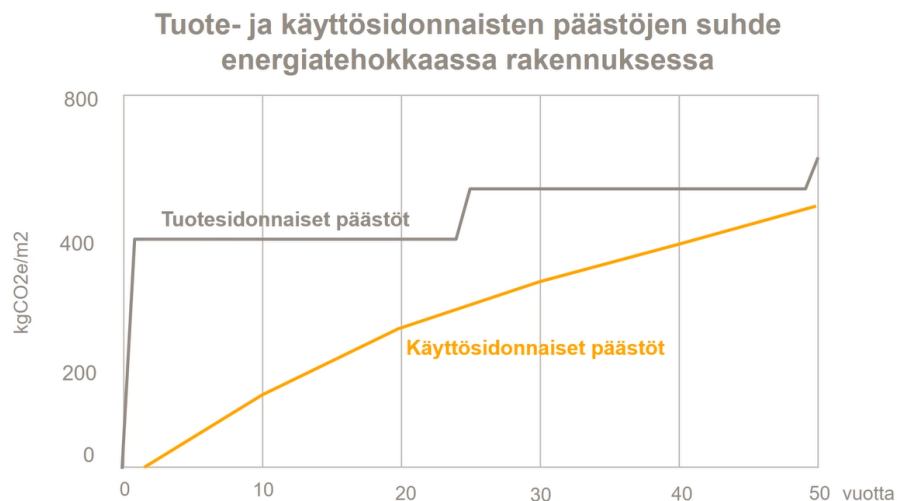
och öka energieffektiviteten, lägga utsläppskrav för maskiner och transporter enligt eurostandarden eller uppmuntra innovativa lösningar för byggarbetsplatsen. I takt med att hållbarhetsstrategin utvecklas kan det vara motiverat att utföra så kallade marknadsdialoger innan upphandling för att hålla öppen kommunikation med marknaden och möjliggöra brainstorming om bland annat tekniska lösningar, genomförbarhet av hållbarhetskrav, tidsplaner och resurstillgångar samt för att visualisera möjligheter och utmaningar i övergången mot utsläppsfria arbetssätt. Uppföljning och övervakning av hur processen framskrider är också viktigt för att mäta hur processen lyckas och var mera utveckling behövs. (Sitoumus2050, u.å.)

6.3 Material och konstruktioner

En byggnads koldioxidavtryck delas in i två huvudgrupper: utsläpp bundna till användningen och utsläpp bundna till materialen. Utsläpp bundna till användningen består främst av byggnadens energianvändning, såsom uppvärmning, kylning, elanvändning o.s.v. Till utsläpp bundna till materialen hör resten av livscykeln. Materialvalen påverkar utsläppskedjan redan från livscykelns tidiga skeden under råvaruutvinningen och produktionen, senare genom byggprocessen i form av transporter och arbetsplatsverksamheter, och även vid livscykelns avslutande. De materialbundna utsläppen har inte lyckats minska i samma takt som energianvändningens utsläpp, i takt med att energieffektiviteten ökar och energikällornas koldioxidavtryck minskar ökar de materialbundna utsläppens andel och betydelse.

De materialbundna utsläppen ökar med kraftiga trappsteg under en byggnads teoretiska livscykel (se figur 8). Ökningen orsakas i början av byggnadens livscykel av bland annat tillverkningen av råvaror, transporter och verksamhet på byggarbetsplatsen. De materialbundna utsläppen förblir därefter oförändrade fram till reparationsarbeten och materialutbyten, efter vilka de igen stabiliseras till livscykelns avslutande. Den teoretiska grafens utseende varierar beroende på materialens serviceintervall och tekniska brukstid. Utsläppen bundna till användningen följer en kontinuerligt ökande kurva. Kurvan tar i beaktande de utsläppsminskningar som väntas i framtidens energibransch och ökningen avtar därför genom åren. I och med att energieffektiviteten ökar och fossila energikällor fasas ut, blir de materialbundna utsläppens andel större i andel gentemot de utsläpp som är bundna till användningen. Vid energieffektiva byggen hålls utsläppsnivån bundet till användningen ofta under den totala utsläppsnivån orsakade av materialen, även under hela byggnadens

teoretiska livscykel. Att göra smarta val gällande material och produkter är därför viktigt (Kuittinen, u.å.).



Figur 8. Jämförelse mellan utsläpp bundna till material och utsläpp bundna till användningen. I takt med att energieffektivitet ökar och fossila energikällor fasas ut minskar utsläppen som orsakas av energianvändningen. Därefter ökar de materialbundna utsläppens andel och betydelse. (Kuittinen, u.å.)

Materialeffektiviteten kan delvis styras med hjälp av en byggnads formfaktor. Formfaktorn definierar förhållandet mellan byggnadsyta, volym och klimatskal. Eftersom byggnadens värmeförluster i regel sker genom klimatskalet är en effektiv formfaktor en fördel både med perspektiv från materialanvändning och energieffektivitet. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 109)

För att minska de materialbundna utsläppen behöver den så kallade ”undvik skifta förbättra”-strategin anpassas:

1. Undvik uppkomsten av nytt avfall och förbättra cirkulär ekonomi med hjälp av planering och beslutsfattande. Metoden inkluderar material- och utrymmeseffektiv planering, lång brukstid samt att planera för hur material och konstruktioner kan återanvändas och återvinnas när byggnaden når livscykelns slutskede.
2. Skifta till organiska byggnadsmaterial främst i stomme och isolering och andra konstruktioner som har lång teknisk brukstid.

3. Förbättra produktionskedjorna av de konventionella kolintensiva byggnadsmaterialen. (Dyson, Keena, Lokko, Reck, & Ciardullo, 2023)

Involvering av cirkulär design från ett tidigt skede i projekteringen förbättrar förutsättningen att undvika uppkomsten av avfall och förbättra återanvändningen och återvinningen av material och komponenter. Huvudaspekten kring cirkulär design är att hålla material och byggnader i användning så länge som möjligt, befrämja återanvändning och förhindra att material blir avfall. Där nya konstruktioner eller utrymmen behövs bör man fortfarande sträva efter att i så stor utsträckning som möjligt använda sig av redan befintliga tillgångar och befrämja återanvändning. Planeringen ska redan i ett tidigt skede ta i beaktande hur byggnadens livscykelns slutskede ser ut.

I träprodukter sker en naturlig lagring av kol som bidrar till större koldioxidhandavtryck. En träprodukt som tillverkas lagrar kol motsvarande ungefär 0,8 ton atmosfärisk koldioxid per kubikmeter trä (TräGuiden, 2003). Effekten av denna lagring bibehålls så länge produkten är i användning. Det är därför fördelaktigt att använda träprodukter i långlivade konstruktionsdelar såsom stomme och isolering, som är lätta att underhålla, demontera och återanvända. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 124) Så länge ett träd växer binder det upp till ett ton koldioxid per kubikmeter trä och frigör samtidigt 700 kilogram syre via fotosyntesen (Koskinen, Turunen, Neittamo, & Ylinen, 2022:25). Upp till halva trädets torrsvikt består av kol. Skogen utgör en viktig kolsänka och samtidigt fungerar träprodukter som kolförråd. Användandet av träprodukter kan således ge klimatfördelar och förutsatt att materialet härstammar från hållbart vårdade skogar startar utsläppssaldot i råmaterialsskedet (A1) på minus. Oftast hamnar träprodukterna i livscykelns slutskede till förbränningsanläggningar och då frigörs det bundna kolet tillbaka ut i atmosfären, man kan dock se fördelar även där om rivna träprodukter ersätter naturgas eller stenkol. (Tähkänen & Tähtinen, 2021) Fördelar med användandet av trästomme gentemot betong är många. Bland annat framställs ofta träkonstruerade byggnader som element som förkortar verksamheten på byggarbetsplatsen. Träets lätta vikt är också av fördel, då det generellt betyder billigare och lättare grundkonstruktioner. Träets hygroskopiska egenskaper gör att det binder och frigör fukt för att komma i jämvikt med omgivningen och förhindrar tillsammans med dess antibakteriella egenskaper uppkomsten av mikrotillväxt och bakterier. (Koskinen, Turunen, Neittamo, & Ylinen, 2022:25) Betongens karbonatisering bidrar också till lagring av koldioxid, men man försöker i regel undvika karbonatiseringen då det orsakar korrosionsskador i armeringen på grund av det sänkta pH-värdet. Karbonatiseringen accelereras i rivningsskedet när betongen

krossas och kan då utnyttjas optimalt. Karbonatiserad betong kan återvinnas som bland annat fyllnadsmaterial och till viss del i ny betong. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 124)

Miljöministeriet i Finland har tillsammans med branschens intressenter utarbetat nationella mål för byggande i trä. Programmet för byggande i trä är en del av Finlands målsättning om klimatneutralitet och en av tyngdpunkterna har varit just användningen av trä i offentliga byggnader. (Koskinen, Turunen, Neittamo, & Ylinen, 2022:25)

Betong, stål, aluminium, plast och glas är kolintensiva material som ofta inte går att ersätta helt med organiska material. Däremot är det viktigt att förbättra produktionen av dessa material för att minska utsläppen som orsakas från dessa. Utsläpp från industrin för byggnadsprodukter regleras på EU-nivå med hjälp av utsläppshandel där alla de mest energiintensiva byggnadsmaterialen är med. Effekterna från utsläppshandeln syns i första hand i produktionens energieffektivitet och byte från fossila till alternativa energikällor. Men en viktig aspekt vid dessa kolintensiva material är också att öka användningen av återvunna och alternativa råmaterial. (Kuittinen, u.å.)

6.4 Energieffektivitet i den byggda miljön

Energieffektivitet är viktigt ur både utsläpps- och kostnadsperspektiv. Förnybar energi är och kommer förbli en begränsad resurs, så även om energiproduktionens utsläpp skulle vara nära noll behövs utveckling i effektivisering för att efterfrågan kan mötas också i framtiden. Det finns stor sparpotential i den byggda miljöns energieffektivitet. Oljeuppvärmning fortsätter att minska och värmepumpar och solenergi som producerar energi lokalt blir allt vanligare. Här har den byggda miljön möjlighet att utvecklas från bara energianvändare även till energiproducent. (Tähkänen & Tähtinen, 2021)

Energianvändningen har som tidigare nämnts länge stått för den större andelen av en byggnads livscykelns koldioxidavtryck. Tack vare energieffektivisering har dock andelen fortsatt att minska, men ännu finns stort potential att ytterligare förbättra detta delområde. Utsläpp bundna till användningen påverkas i huvudsak av tre huvudkategorier. Första är produktionen av den köpta energi som behövs för el, uppvärmning, kylning etcetera. Andra punkten är byggnadens egen energieffektivitet kopplat till bland annat värmesvinn, värmeåtervinning, energiklass och smarta styrsystem på maskiner och utrustning. Planeringen inkluderar optimering av uppvärmda kubikmeter, minska kvadratmeter klimatskal och köldbryggor, isolerbarhet och U-värde, lufttäthet, antal och riktning på fönster och dörrar osv. Sista aspekten som påverkar koldioxidavtrycket gällande

energianvändningen är om byggnaden kan utnyttja diversifierade förnybara energikällor som i sig minskar användningen av fossila energikällor. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 104-111)

6.5 Flexibel användning

Flexibel användning av byggnader innebär att skapa utrymmen och strukturer som lätt kan anpassas efter planerade eller oplanerade framtida behov. Detta är särskilt viktigt ur ett hållbarhetsperspektiv, då det bidrar till att öka användningsgraden av byggnader och samtidigt minska behovet av nyproduktion. Genom att skapa byggnader som kan förändras efter behov, minskar risken för att byggnader blir föråldrade eller outnyttjade, vilket leder till lägre resursförbrukning och minskad miljöpåverkan. En ökad flexibilitet behövs även i och med klimatförändringen och förändrade utomhusförhållanden (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 138-143). Det kan också ha stora ekonomiska fördelar, eftersom det kan förlänga byggnadens livscykel och minska kostnaderna för renoveringar och nybyggnation.

En flexibel byggnad kan omfatta både fysiska och funktionella aspekter. Det handlar till exempel om att planera för anpassningsbara rum, mångsidiga planlösningar eller användning av modulsystem. För att uppnå flexibilitet i byggnader kan man tillämpa tre olika planeringsprinciper:

- Mångfunktionalitet (versatility)
- Byggnadsteknisk flexibilitet (convertibility)
- Utbyggbarhet (expandability)

Om en byggnads flexibilitet utgår från en mångfunktionell planeringsprincip ligger fokus på planlösningens mångsidighet och rummens och korridorernas placering. Om en byggnad däremot planeras för en byggtknisk flexibilitet behöver planeringen fokusera på byggnadssätt och -processer, rivningsmetoder, materialens anslutningar, bärande och icke-bärande konstruktionstyper och husteknikens placering. (Häkkinen & Ala-Kotila, 2019)

Flexibiliteten har funnits med i byggnadsbranschen utveckling genom tiderna. Men sedan år 1999 har byggnadens flexibilitet varit en del av markanvändnings- och bygglagen och idag i den nya bygglagen. Dessutom är flexibiliteten en del av kriterierna för flera certifieringssystem såsom LEED, BREEAM, YL med flera.

6.5.1 Mångfunktionalitet

Mångfunktionalitet syftar till att man med enkla metoder kan förändra utrymmen enligt olika användningsbehov. Förändringar ska kunna göras utan byggtekniska åtgärder och på kort tid. Fokus ligger på snabb och enkel förändring. Flyttbara element, såsom skjutdörrar, hopvikbara väggar eller tyngre akustikgardiner kan dela in större salar i mindre utrymmen samt möblernas mångfunktionalitet är i fokus. Mångfunktionalitetens principer grundar sig på att man med god planering och insikt i användarnas behov kan minska på kvadratmetrar, kostnader och resurser. Målet kan vara till exempel att sekundära användare kan utnyttja utrymmena när de inte behövs av de primära användarna. Lönsamheten och användargraden kan förbättras väsentligt när utrymmen betjänar olika användare och användningsbehov olika tider på dygnet. (Häkkinen & Ala-Kotila, 2019) Genom att hitta samarbeten mellan olika aktörer som olika tider på dygnet kan nyttja samma byggnad kan även logistiska fördelar fås. Om till exempel en skolbyggnad sekundärt kan användas för hobbyverksamhet kvällstid eller om inkvarteringsbyggnader kan kombineras med kontorsverksamhet kan även utsläpp orsakade av trafik minskas. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 138-143)

Ur en investeringssynvinkel är en hög användargrad fördelaktigt när flera användare delar på kostnaderna. Olika aktörer inom fastighetsbranschen använder användningsgraden som verktyg för ekonomiska och funktionell utveckling. Institutet för fastighetsekonomi (KTI) använder användargraden för att procentuellt beskriva hur stor del av utrymmena som är i användning av totalutrymmesbeståndet i specifika delmarknader. Utgående från användningsgraden definieras graden lediga utrymmen (*vajaakäyttöaste*) i förhållande till totala beståndet per delmarknad. På hyresmarknaden kan en ekonomisk användargrad visa förhållandet mellan de faktiska och potentiella hyresintäkterna. Statistikcentralen räknar användargraden inom inkvarteringsenheter (*room occupancy rate*) med hjälp av netto- och bruttoanvändargrader. Nettoanvändargraden räknar användargraden från tillgängliga rum, rum som är tillfälligt tagna ur bruk på grund av t.ex. renovering tas inte i beaktande. Bruttoanvändargraden beräknas utgående från hela beståndet oberoende om rummen är tagna i bruk eller inte. För att förbättra den *verkliga användargraden* bör dock dygnets alla timmar och antalet användare tas i beaktande i form av användartimmar i förhållande till potentiella antalet användare. (Häkkinen & Ala-Kotila, 2019) Den egentliga miljöpåverkan kan antas minska när behovet av en ny byggnad kan täckas genom att förbättra den *verkliga användargraden* i en befintlig byggnad. Dock tas inte mångfunktionalitetens fördelar i beaktande i livscykelanalysen där koldioxidavtrycket beräknas per kvadratmeter, utan kommer i stället visa större avtryck till följd av ökad energikonsumtion under

användarskedet. Häkkinen och Ala-Kotila (2019) föreslår ett kompletterande beräknings sätt i sin rapport *Monikäyttöisyys ja muunneltavuus kestävässä rakentamisessa* där växthusgasutsläpp beräknas enligt användartimmar.

6.5.2 Byggteknisk flexibilitet och utbyggbarhet

Den byggtekniska flexibiliteten eller omställbarheten syftar till konstruktionsmässiga strategier för att förbättra flexibiliteten att anpassa utrymmen enligt framtida behov och ändringar i användningsändamålet. Framförallt placeringen och planeringen av de bärande konstruktionerna har stor inverkan på den byggtekniska flexibiliteten, stora spännvidder och pelarkonstruktioner gör framtida förändringar lättare, men också byggnadens placering på tomten, husteknikens placering samt rummets konstruktioner och storlek är av betydelse. Skarvmöjligheter och enkel demontering är av fördel gällande husteknik, ytmaterial och rumsindelningar. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 138-143)

Utbyggbarheten syftar till att kunna utvidga utrymmen eller husteknikens prestanda. Vid vertikal tillbyggnation bör dess effekt på grunden och de bärande konstruktionerna tas i beaktande i planeringen. Vid tillbyggnation horisontellt kan utrymme reserveras på situationsplanen och väggarnas rivningsbarhet tas i beaktande. Till exempel bärande konstruktioner som är oberoende av varandra ökar rivningsbarheten. (Häkkinen & Ala-Kotila, 2019)

Planeringsprincipen för flexibilitet bygger på centraliserad dragning av system, konstruktioner oberoende av varandra, möjliggörande av skedesvisa åtgärder och förutsägbarhet. Detta kan antas sänka byggnadens miljöpåverkan om det till följd av åtgärderna kan bidra till effektivare användning av byggnadsmaterial och utrymmen och längre brukstid. Det finns dock en risk för resursslösning om det framtida behovet uppskattas felaktigt. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 138-143)

6.6 Cirkulär ekonomi och rivning

Vid planeringen av en byggnad ska cirkulär ekonomi inkluderas från början genom att överväga byggnadens, enskilda konstruktioners och materials rivningsbarhet. Speciellt när det gäller separering av material med stora skillnader i den tekniska brukstiden. Ju lättare en enskild konstruktion eller en viss produktgrupp kan demonteras desto större är sannolikheten för att dessa återanvänds utan att nedgraderas. Vid optimal planering för cirkulär ekonomi

ska det vid avslutandet av byggnadens livscykel inte uppstå rivningsavfall för deponering. En god rivningsbarhet har mycket gemensamt med flexibilitetens grunder och baseras på:

- God tillgänglighet till komponenter och system (*accessibility*)
- Konstruktioner med minimal interverkan (*independence*), enkla och standardiserade konstruktioner (*simplicity & standardization*)
- Undvikande av onödiga ytbehandlingar
- Demonteringssäkerhet. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, ss. 138-143)

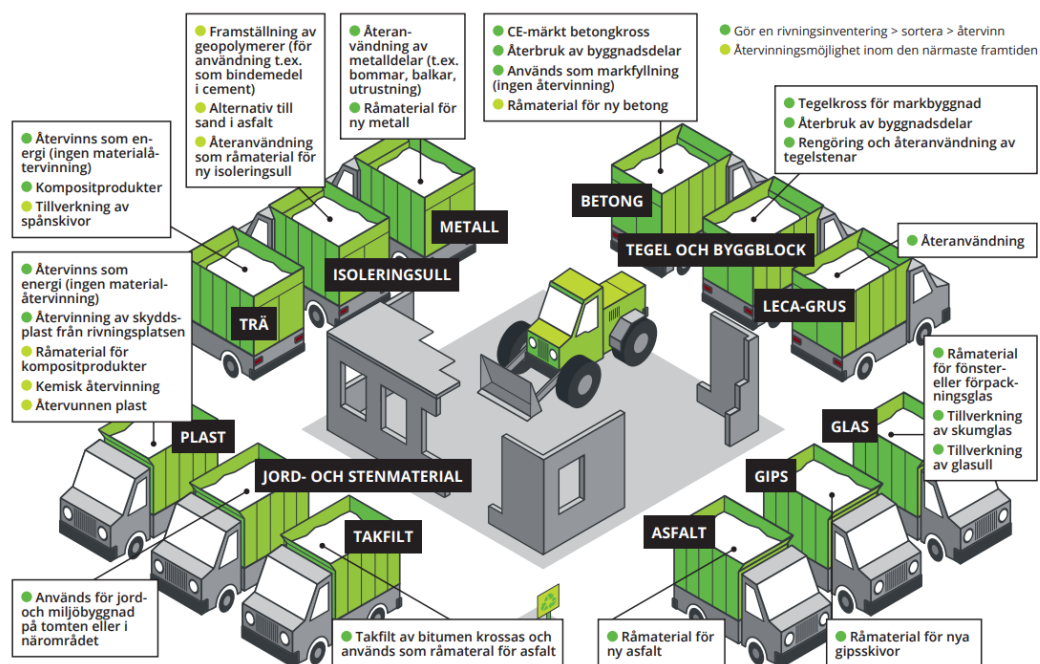
Kommunen bör sträva efter att återanvändning och återvinning av byggmaterial blir en naturlig del av rivningsprocessen, till exempel genom att fullgöra rivningsinventeringar innan rivningsarbetet påbörjas. Kommunen kan stödja etableringen av materialbanker eller digitala plattformar för återbruk, samt uppmuntra användning av materialpass och spårbarhet för byggprodukter. Dessutom kan hållbar offentlig upphandling användas som ett styrmedel, där entreprenörer uppmuntras att återanvända material och minska miljöpåverkan. Genom att integrera cirkulär ekonomi i rivningsprocesser bidrar kommunen till att uppfylla nationella och lokala klimatmål, minskar behovet av nya resurser och skapar förutsättningar för en mer hållbar bygg- och fastighetssektor. (Kuittinen, 2019)

Avfallshierarkin från Finlands avfallslag (*Jätelaki 646/2011*) ger anvisningar om hur materialens avfallshantering ska prioriteras. Kommuner, företag och andra aktörer inom branschen är skyldiga att beakta hierarkin när de planerar och genomför rivningsarbeten. Avfallshierarkin byggs upp enligt följande:

1. Förebyggande (minimerande av avfall)
2. Återanvändning
3. Materialåtervinning
4. Energiutvinning
5. Deponering.

Högst upp i hierarkin står förebyggande av avfall, vilket innebär att man strävar efter att undvika att avfall uppstår överhuvudtaget, exempelvis genom ändring i användningsändamål i redan befintliga byggnader eller andra innovativa hållbara designer för att minimera uppkomsten av avfall (och nybyggnation). Nästa steg är återanvändning, där produkter eller material tas tillvara och används igen i sin ursprungliga form. Med hjälp

av rivningsinventering kan materialen som är möjliga att återanvändas som sådana kartläggas innan rivningsarbetet inleds. Potentiellt kan hela byggnadskomponenter, maskiner och utrustning, väggelement, balkar och lösöre användas igen. Om återanvändning inte är möjlig, bör materialet återvinnas, så att det kan användas som råvara i nya produkter. Separat insamling bör krävas vid rivningsarbetsplatsen som befrämjar återvinning av materialen i enlighet med avfallslagen, se figur 9. För bland annat betong, metall, glas och gips finns redan fullt fungerande återvinningsmöjligheter. Genom att främja selektiv, demonterande rivning blir det också lättare att sortera och återvinna material på plats, vilket minskar mängden bygg- och rivningsavfall. Näst längst ner i hierarkin kommer energiutvinning, där avfall som inte kan återvinnas förbränns för att utvinna energi. Detta gäller material som ännu saknar tillräckligt stor återvinningskapacitet. Längst ner i avfallshierarkin finns deponering, som är det minst önskvärda alternativet eftersom det innebär att avfallet slutligen bortskaffas, ofta med negativ påverkan på miljön. (Green Building Council Finland, 2022) (Kuittinen, 2019)



Figur 9. När en byggnad får en rivningsdom ska en rivningsinventering utföras. Vid upphandling för rivningsarbetet ska kriterier inkluderas om separat insamling av rivningsmaterial samt materialspecifika återvinningsmål. (Green Building Council Finland, 2022)

Green Building Council Finland föreslår ordnandet av pop-up evenemang i samband med demontering och rivning av en byggnad. Samarbeten med lokala evenemangs- och återvinningsaktörer med marknadsföring via bland annat sociala medier kan resultera

i större återanvändningsgrad och lägre avfallsavgifter. Med hjälp av rivningsinventeringen kan material som kan återanvändas kartläggas. Dyliga evenemang bör dock ordnas på ett säkert sätt så att materialen och platsen är säkra för besökare. (Green building council Finland, 2022)

7 Kommunens metoder

För att lyckas med hållbara och klimatneutrala offentliga träbyggnader är det fördelaktigt att använda hela verktyglådan som finns tillgänglig genom lagstiftning, planering och samverkan. Med hjälp av lagen om offentlig upphandling som trätt i kraft från 2016 kan kommunerna ställa minimikrav, kriterier och miljöcertifikat som främjar koldioxidsnålt byggande. Bland annat har kommunen möjlighet att specificera trä som ett obligatoriskt byggmaterial redan i upphandlingsannonsen, som förhindrar att materialvalet förhandlas bort under processen. Projekt med höga hållbarhetsambitioner kräver noggrann förberedelse, tillräcklig tid och rätt kompetens för att möjliggöra kostnadseffektiva klimatneutrala byggnader. Genom att tillämpa ett livscykelperspektiv kan både miljöpåverkan och totalkostnader analyseras och optimeras tidigt i projektet. Det är även viktigt att ta hänsyn till kriterier för miljöinriktad finansiering redan i planeringsskedet. (Koskinen, Turunen, Neittamo, & Ylinen, 2022:25)

Under planeringen har man störst möjlighet att påverka byggnadens klimatpåverkan, därför måste tillräckliga resurser avsättas för styrning av denna fas. Eftersom offentliga byggnader ofta genomförs i flera upphandlingar är det avgörande att projektets mål följer med i varje del, anpassat efter varje steg. Det finns redan beprövade metoder och verktyg – såsom normer, lagar och standarder – som möjliggör klimatneutral byggnation, och branschen har den kompetens som krävs. Slutligen bör träbyggnadsprojekt även ses som ett tillfälle att utveckla upphandlingskompetensen genom att exempelvis testa nya samarbetsmodeller, vilket kräver noggranna förberedelser men ger värdefull kunskap för framtida projekt. (Koskinen, Turunen, Neittamo, & Ylinen, 2022:25)

7.1 Miljöcertifieringar

Miljöcertifikat inom byggnadsbranschen i Finland är system som används för att bedöma och bekräfta byggnadens hållbarhet. Dessa certifikat kan specificera byggnadens energieffektivitet, hållbarhet och hur den påverkar omgivningen gällande bland annat

luftkvalitet, vattenanvändning, materialval och koldioxidutsläpp. Miljöcertifikaten i Finland är inte lagstadgade men kan användas som ett verktyg för att säkerställa att byggnader uppfyller de miljökrav och byggnormer som fastställs genom lagar och EU-direktiv. Både företag och organisationer runt om i världen använder certifikaten för att förbättra byggnaders effektivitet, spara på kostnader och jordens resurser. Användningen av certifikat kan också vara fördelaktiga i fastighetsaffärer och ett sätt att få tillgång till olika ekonomiska fördelar, stöd eller för att uppfylla specifika krav för offentliga byggnader.

Miljöcertifikat är ett verktyg som har flera olika användningsområden inom byggnadsbranschen:

- Marknadsföring och konkurrensfördelar: Företag som får ett miljöcertifikat kan använda detta som ett marknadsföringsverktyg för att visa att deras byggnader uppfyller högre miljöstandarder. Detta kan ge konkurrensfördelar och göra det enklare att sälja eller hyra ut byggnader.
- Krav från myndigheter eller investerare: Myndigheter kan använda certifikaten som verktyg i en upphandlingsprocess. Investeringar i byggnader med miljöcertifikat kan ofta anses mera attraktiva eftersom de hänvisar till lägre driftkostnader och en lägre miljöpåverkan.
- Långsiktig hållbarhet: Byggnader som är miljöcertifierade tenderar att ha längre driftkostnader och en längre livslängd. Certifikaten kan också indikera en byggnad som är bättre rustad för framtida lagkrav och miljöförändringar.
- Intyg att byggnormer och standarder uppfyllts samt att säkerställa att byggnader och material håller hög miljöstandard.

YL (tidigare RTS) är ett finländskt miljöklassificeringssystem som fokuserar på byggnadens miljöpåverkan och hållbarhet. Användningen av YL-certifieringen ökar i snabb takt nationellt. Kriterierna för YL omfattar energieffektivitet och minskning av koldioxidutsläpp, materialval gällande användning av hållbara, återvunna eller förnybara resurser, vattenhantering och minskning av vattenförbrukning, hållbar hantering av byggavfall, social hållbarhet och människors välbefinnande i byggnaden.

YL är ett nationellt använt miljöklassificeringssystem för byggnader. Systemet är anpassat enligt finländska förhållanden och regelverk och syftar till att ge vägledning för hållbart byggande både vid nybyggnation och renoveringar. YL's grundtanke är att hållbarhet inom

byggnadsbranschen kommer från mer än bara energieffektivitet och byggnadsprocessen, även användarnas trivsel och hälsa i byggnaderna spelar en stor roll. Målgruppen för klassificeringen är främst beställare och byggherrar för byggnadsprojekt men ger också goda verktyg för företag inom branschen. Anvisningar finns för bostadsbyggnader och affärs- och servicebyggnader, samt småhus och radhus. (Karhu, 2024)

Klassificeringssystemet bygger på ett poängsystem med fem olika huvudområden; byggprocessen, ekonomi, miljö och energi, inomhusklimat och hälsa samt innovationer. För klassificeringen används och poängsätts redan bekanta och flitigt använda verktyg såsom kuivaketju10, E-talsberäkningar, miljövarudeklarationer, samt inomhusklimatsklasserna (sisäilmastoluokitus 2018) S1 och S2, samt M1-utsläppsklasser inom ventilation och byggprodukter, samt P1 renlighetsklass på byggarbetsplatsen. Därtill fås poäng för koldioxidavtryck under referensvärde. I figur 10 presenteras de verktyg som används för klassificeringen. (Karhu, 2024)



Figur 10. Vilka delmoment som används inom klassificeringen. Poäng fås för huruvida delområdena har analyserats samt hur goda resultat som fås för byggnaden. (Karhu, 2024)

Andra exempel på miljöcertifikat som används på marknaden idag är:

- **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) är det mest använda certifikatet i byggnadsbranschen i Finland. Det används internationellt och bedömer

byggnadens hållbarhet med hjälp av ett poängsystem, som baseras på användningen av energi, vatten, materialval och inomhusklimat. LEED används ofta för kommersiella byggnader men kan också tillämpas på bostäder.

- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) används internationellt för att bedöma miljöprestanda med hjälp av användningen av energi, vatten, inomhusklimat, materialval och hur byggnaden påverkar den omgivande miljön.
- **WELL** används internationellt och fokuserar på hälsa och välbefinnande för de som vistas i byggnaden. Certifikatet har blivit mera använt för kontorsbyggnader och bostäder där arbetsmiljö och livskvalitet prioriteras. Bland annat beaktas luftkvalitet, ljus, vattenkvalitet, ergonomi, mat och fysisk aktivitet.
- **Svanmärket** är en nordisk miljömärkning och används och omfattar bland annat energieffektivitet och minskade växthusgasutsläpp, val av hållbara byggnadsmaterial, hantering av byggavfall, effektiv vattenanvändning, hantering av avloppsvatten, hälsosamma inomhusmiljöer med krav på ventilation, ljudnivåer och ljusförhållanden, samt anpassningsmöjligheter vid förändrade behov.

8 Söderfjärdsbackens daghem

I samband med detta arbete har en livscykelanalys utförts för Söderfjärdsbackens daghem i Malax. Hela byggnaden har analyserats med huvudritningarna från upphandlingsskedet som utgångsläge. Malax kommun har gjort ett aktivt beslut att bygga med trä som stommaterial, och även Söderfjärdsbackens daghem utförs med CLT-ytterväggsstomme. I denna fallstudie har det undersökts hur förändringar i ytterväggskonstruktionen påverkar livscykelanalysens slutresultat. Med hjälp av analysprogrammet OneClickLCA har den verkliga konstruktionen med CLT-ytterväggar jämförts med en traditionell träregelvägg med isolering. Eftersom en yttervägg med isolering och trästomme har strängare krav på U-värde än en som utförts i massivt trä har den väntade elförbrukningen tagits i beaktande genom att analysera byggnadsmodellens E-värde. E-värdeberäkningarna är baserade på uppskattningar.

8.1 OneClickLCA – beräkningsverktyg

OneClickLCA är en webbaserad mjukvara som används för beräkning av livscykelanalyser för den byggda miljön samt för sammanställningen av miljövarudeklarationer (EPD). Programmet gör det möjligt att använda automatiserade verktyg anpassade för den finländska beräkningsmetoden bland andra. OneClickLCA arbetar kontinuerligt med att upprätthålla aktuella produktdata och EPD:n och även utsläppsvärden från den finska utsläppsdatabasen CO2DATA hittas direkt i programvaran. Via OneClickLCA kan analyser göras i olika projektskeden och livscykeldesignerna kan kopieras för optimering. Programvaran möjliggör en detaljerad utvärdering och optimering av byggnadsmodeller för att lättare kunna visualisera vilka material och konstruktioner som står för den största belastningen på miljön.

I OneClickLCA är det möjligt att använda beräkningsverktyg i enlighet med olika nationers beräkningsstandarder. Verktuget som använts i analysen av Söderfjärdsbackens daghem är den finländska metoden för koldioxidsnålt byggande och har benämningen: *Analysmetod för byggnader med låga koldioxidutsläpp 2021 – Miljöministeriet, Finland, Metod för bedömning av koldioxidavtryck baserat på version 2021*. Inom verktuget kan parametrar och standardvärden väljas, bland annat gällande materialens livslängd och data gällande transportavstånd.

Materialens livslängd har analyserats utgående från den produktspecifika livslängden, där data härstammar från produkternas miljövarudeklaration EPD eller den nationella

utsläppsdatan CO2data. Produkternas livslängder ska dock inte överskrida den tekniska brukstid som anges i RTS (Rakennustietosäätiö) anvisningar.

Data för transportavstånd har tagits automatiskt från den nationella utsläppsdatan och baseras på medelvärden från finsk statistik för transporter av byggnadsvaror. Som standardavstånd används 102 km, varav 90 % utgör körning på landsbygden och 10 % i stadsmiljö. Lastens utnyttjandegrad är 75 %. Transportavstånden kan också ändras manuellt vid behov.

8.2 Simulering av tidig design

Med hjälp av OneClickLCA's *Carbon design*-verktyg har en tidig design simulerats av Söderfjärdsbackens daghem. Den tidiga designen ger en tidig uppskattning av vilka konstruktioner och material som står för det största koldioxidavtrycket. Modellen tas fram med statistiska data från den nationella utsläppsdatan. Genom att korrigera konstruktioner, dimensioner, parametrar och begränsningar anpassas modellen enligt det aktuella projektet. Byggnaden ritas upp som en tredimensionell rektangulär modell, se figur 11. Verktöget tar inte i beaktande byggnadens energiförbrukning utan är lämplig för att jämföra olika konstruktionsalternativ.

Tidig design 2.1 Lähtöfaso
297 kg CO₂e / m² GFA

↺ :



Figur 11. Tredimensionell modell av byggnaden från Carbon Design-verktyget i OneClickLCA (Englund, Carbon Design OneClickLCA, 2025)

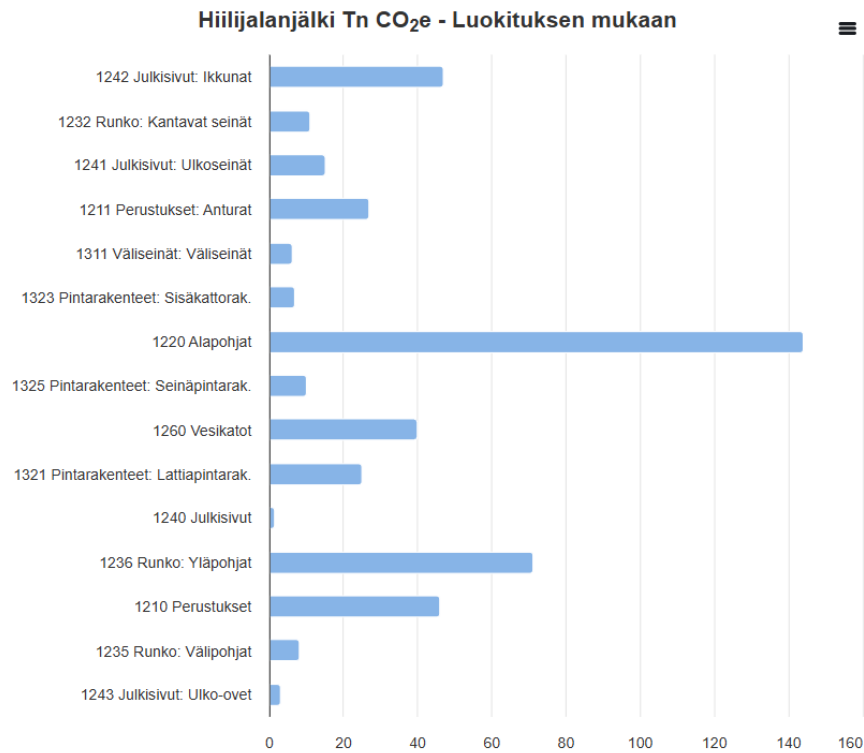
Fallstudie Söderfjärdsbackens daghem

<i>Nettoyta:</i>	1437 m ²
<i>Tidig analys-dimension:</i>	90 m x 16 m x 3,8 m
<i>Kalkyltid:</i>	50 år
<i>Konstruktionsbeskrivning:</i>	Krypgrundskonstruktion med betonghåldäck som bottenbjälklag, CLT-ytterväggar och mellanbjälklag, trätakstolar, plåttak, bef.skydd med betongskal.

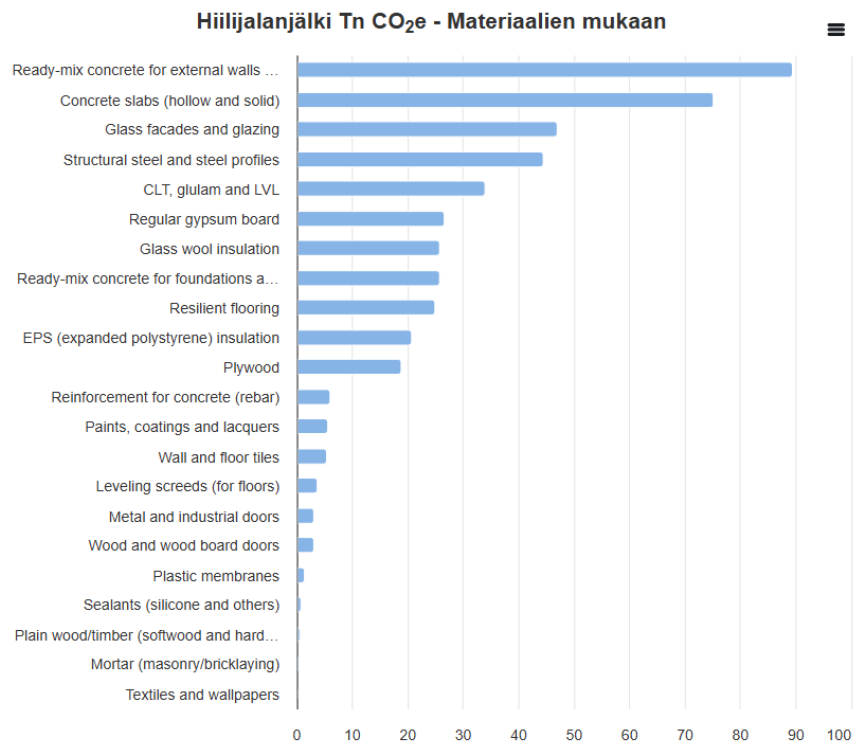
För den tidiga simuleringen kan alternativa konstruktioner jämföras sinsemellan. I programvaran finns färdiga konstruktionstyper där man får ange mängderna per mängdenhet eller i procent. Ett utkast av konstruktionerna som valts i fallstudien är presenterade i figur 12. Det är också möjligt att med hjälp av formfaktorer och dimensionerna analysera materialeffektiviteten. Byggnaden har analyserats utgående från de konstruktioner som angetts i huvudritningarna från upphandlingskedet. I figur 13 och 14 visualiseras utsläppen indelat per konstruktionsklass samt per material. De konstruktioner som innehåller kolintensiva material som betong, glas och metall ger de största koldioxidavtrycken, såsom bottenbjälklag, fönster och takkonstruktioner.

Tietolähde	Määrä	Jaa	Tn CO2e	% kokonaismäärästä	Kg CO2e/yksikkö
> Routaeriste (EPS), sisältää co2data.fi dataa (1)	212 m	100 %	1.5 tn	0.33 %	7.1 kg
> Kolminkertaiset ikkunat, puu-alumiini-kehyksellä, sisältää co2data.fi dataa (1)	311 m2	100 %	47 tn	10 %	151 kg
> Väliseinä, puurankurisko, P2 R30 (1...2 krs.) (Suuri koulu), sisältää co2data.fi dataa (4)	677 m2	100 %	11 tn	2.4 %	16 kg
> Teraslevykate, kokoonpanon paksuus 1 mm, sisältää co2data.fi dataa (1)	1555 m2	100 %	40 tn	8.6 %	26 kg
> Harjakatto, NR-ristikko/puuristikko, P2 R30 (1...2 krs.), U ≤ 0,09 W/m2K (Suuri k... (8)	1555 m2	100 %	71 tn	15 %	46 kg
> Välipohja, CLT-rakenne, P2 R30 (1...2 krs.) (Suuri koulu), sisältää co2data.fi dataa (4)	135 m2	100 %	8.1 tn	1.8 %	60 kg
> Vinyylilattia, sisältää co2data.fi dataa (1)	1491 m2	100 %	25 tn	5.4 %	17 kg
> Sokkeli- ja anturaperustus, per bruttopinta-ala, sisältää co2data.fi dataa (7)	1555 m2	100 %	46 tn	9.9 %	30 kg
> Kerrostalon tuulettuva alapohja, ontelolaatta, U = 0.17 W/m2K (Määräystaso), si... (4)	1555 m2	100 %	144 tn	31 %	93 kg
> Betonipohjustuskerros bruttopinta-alaan mukaan, sisältää co2data.fi dataa (4)	1555 m2	100 %	26 tn	5.5 %	17 kg

Figur 12. I programmet kan konstruktionstyperna ändras och anges i andel eller mängd. (Englund, 2025)



Figur 13. Den tidiga analysens koldioxidavtryck uppdelat per konstruktion. (Englund, Carbon Design OneClickLCA, 2025)



Figur 14. Koldioxidavtryck enligt den tidiga analysen uppdelat per material. (Englund, Carbon Design OneClickLCA, 2025)

Den tidiga analysens totala utsläpp utgör 297 kgCO₂e/m² eller 5,94 kgCO₂e/m²/a och skiljer sig mycket från livscykelanalysen. Slutresultatet visar att verktyget är användbart för att jämföra konstruktioner mot varandra men inte för att ge en uppfattning om det slutliga koldioxidavtrycket.

8.3 Första designen - CLT-element

Den första analysen har gjorts utgående från huvudritningarna från upphandlingskedet. Byggnaden har främst en våning, med endast teknikutrymme på andra våningen. Ytterväggarna är ritade i främst CLT-konstruktion och bottenbjälklaget består av betonghåldäck med krypgrund. I byggnaden finns ett befolkningsskydd med betongskal. Figur 15 visar en tredimensionell bild av byggnaden. Till analysen har ett nytt riktgivande energicertifikat framställts för att möjliggöra jämförelse med optimerade versionen.



Figur 15. Söderfjärdsbackens daghem (Ab Byggbotnia Oy, 2023)

Byggnadens läge:	Malax, Österbotten
Byggnadstyp:	Daghem
Beräkningsmetod:	Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä, versio 2021
Uppvärmad våningsyta:	1437 m ²
Byggnadsplats:	1437 m ²

Byggnadsstomme:	Ytterväggar i CLT, bottenbjälklag i betonghåldäck.
Byggnadens scenarion:	Scenarion gällande grundarbeten, byggarbetsplatsverksamhet samt rivning grundar sig på statistiska uppgifter från den nationella utsläppsdaten CO2data.
Elanvändningsresurs:	Verkkosähkö, Suomi hyödynjakomenetelmä 2025 – 2027, 50 v käyttöikä
E-tal:	89 kW _E /m ² a
Uppskattad elförbrukning:	106 338 kWh/a
Byggnadsplatsen:	Till byggnadsplatsen räknas förrådsbyggnader, terrasser, markbeläggningar och -fyllningar, samt huvudbyggnadens grundarbeten. Byggnadsplatsens utsläpp räknas per byggnadens uppvärmda nettoarea.
Bottenbjälklag:	Betonghåldäck, krypgrundskonstruktion
Ytterväggar:	CLT
Övrebjälklag:	Träfackverk
Husteknik:	Statistiska uppgifter från CO2data för byggnad ämnad för utbildning. Anges per kvadratmeter.

Byggnadsplatsens och byggnadens koldioxidavtryck som erhållits från den första analysen beskrivs i tabell 2. Resultatet är indelat i livscykelns olika skeden. Byggnadens koldioxidavtryck från produktionsskedet, eller utsläpp innan användning (A1-A5) fick resultatet 2,98 kgCO₂e/m²/a, varav 1,25 kgCO₂e/m²/a härstammar från tillverkningen (A1-A3), 0,24 kgCO₂e/m²/a från transporter till byggarbetsplatsen (A4), 0,32 kgCO₂e/m²/a från materialspill som uppstår på byggarbetsplatsen (A5) och 1,18 från övrig verksamhet på byggarbetsplatsen (A5). I enlighet med resultatet kan man se att de största påverkningsmöjligheterna för att minska koldioxidavtrycket från produktionsskedet finns i tillverkningskedet och på byggarbetsplatsen, t.ex. genom att välja material och produkter som kan framställas på ett hållbart sätt samt att aktivt försöka minska utsläppen på byggarbetsplatsen.

Byggnadens utbyte av material (B4) är baserade på produktspecifika uppgifter från de material som valts, resultatet blev 3,01 kgCO₂e/m²/a.

Till de materialbundna utsläppen hör förutom produktionsskedet (A1-A5) och utbyte av material (B4) också utsläpp orsakade av livscykelns avslutande (C1-C4). Det totala koldioxidavtrycket från livscykelns slutskede blev 6,61 kgCO₂e/m²/a. Verksamhet på rivningssajten (C1) står för 0,2 kgCO₂e/m²/a och transporter av rivningsmassor inför behandling (C2) står för 0,24 kgCO₂e/m²/a. Avfallens produktion (C3) står för den största andelen i hela livscykeln, resultatet blev 6,11 kgCO₂e/m²/a. Sista delen i livscykelns slutskede är behandlingen av avfall (C4) som fick resultatet 0,06 kgCO₂e/m²/a. Det totala koldioxidavtrycket efter avslutad användning var således 6,61 kgCO₂e/m²/a.

Eftersom byggnadens ytterväggar samt mellanbjälklag är gjorda av CLT samt till följd av andra träprodukter i byggnaden finns det en stor andel biogen koldioxid bundet i materialet. Den biogena koldioxiden bunden till träprodukter frigörs i rivningsskedet då dessa används för energi och förbränns. Till och med 5,93 kgCO₂e/m²/a från C3-skedet står för den biogena koldioxid som frigörs när träprodukterna bränns. Den biogena andelen koldioxid tas i beaktande i tillverkningskedet (A1-A3) som ett motsvarande negativt värde, och dess påverkan över hela livscykeln blir således plus-minus-noll. Den biogena koldioxiden tas i beaktande i byggnadens koldioxidhandavtryck men ska inte lämnas bort från koldioxidavtryckets resultat.

De energibundna utsläppen kommer från energiförbrukningen i användningsskedet (B6). Energiförbrukningens koldioxidavtryck blev 2,31 kgCO₂e/m²/a.

Byggnadsplatsens koldioxidavtryck beräknas utgående från byggnadens uppvärmda nettoarea. Till byggnadsplatsens utsläpp ingår hela produktionsskedet förutom verksamhet på byggarbetsplatsen, vars utsläpp fokuseras till byggnaden. Under användningsskedet ingår byte av material, men energianvändningen fokuseras till bygganden. Vid livscykelns slutskede ingår skeden från C2-C4, det vill säga allt utom verksamheten på rivningssajten som också fokuseras till byggnaden. Byggnadsplatsens koldioxidavtryck begränsas inte av gränsvärden. Byggnadsplatsens utsläpp står för de material och byggnadsprocesser som uppkommer för att bygga förrådsbyggnaderna, terrasser, markbeläggningar och -fyllningar samt byggnadens grundkonstruktion. Bottenbjälklaget och konstruktioner ovanför hör till byggnadens koldioxidavtryck.

Tabell 3. Resultat från livscykelanalysen för byggnadens och byggnadsplatsens koldioxidavtryck.

Livscykelns koldioxidavtryck	Byggnaden [kgCO ₂ e/m ² /a]	Byggnadsplatsen [kgCO ₂ e/m ² /a]	Totala koldioxidavtrycket (byggnaden och byggnadsplatsen) [tonCO ₂ e]
Produktskedet och byggnationsskedet (A1-A5)	2,98	5,9	638
Materialbundna utsläpp under användningsskedet (B4)	3,01	0,57	257
Utsläpp bundna till energianvändningen (B6)	2,31		166
Utsläpp från rivningsskedet och livscykelns avslutande (C1-C4)	6,61	0,87	537
Summa:	14,9	7,3	1598

(Englund, 2025)

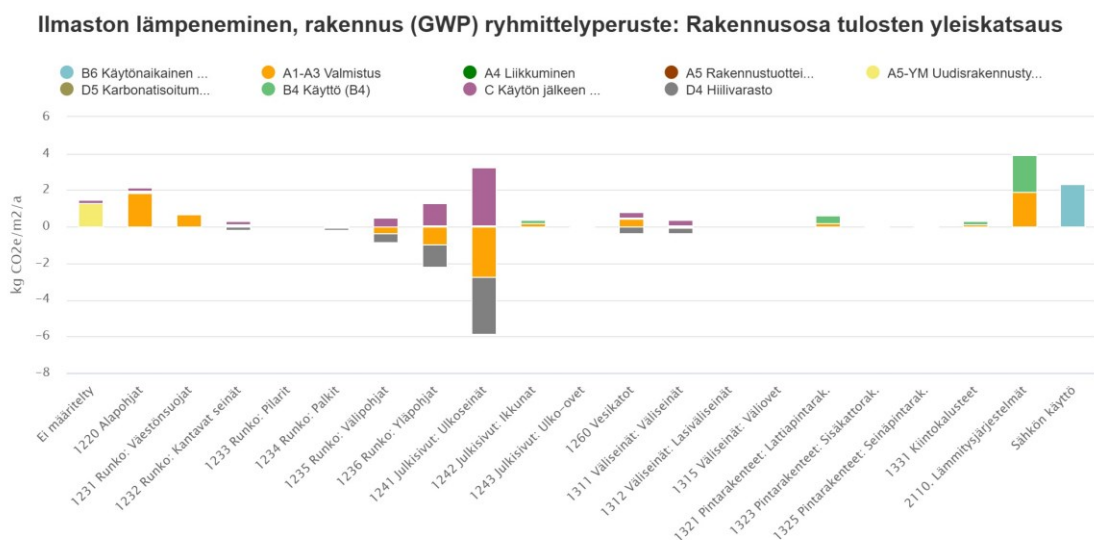
Till byggnadens och byggnadsplatsens koldioxidavtryck har produktspecifik återvinningsstatistik samt biogen lagring av koldioxid beaktats. I beräkningen har inte betongens karbonatisering (D5) beaktats och inte heller överflödigt förnybar energi (D3). Koldioxidavtrycket för byggnaden och byggnadsplatsen presenteras i tabell 4.

Tabell 4. Resultat från livscykelanalysen för byggnadens och byggnadsplatsens koldioxidhandavtryck.

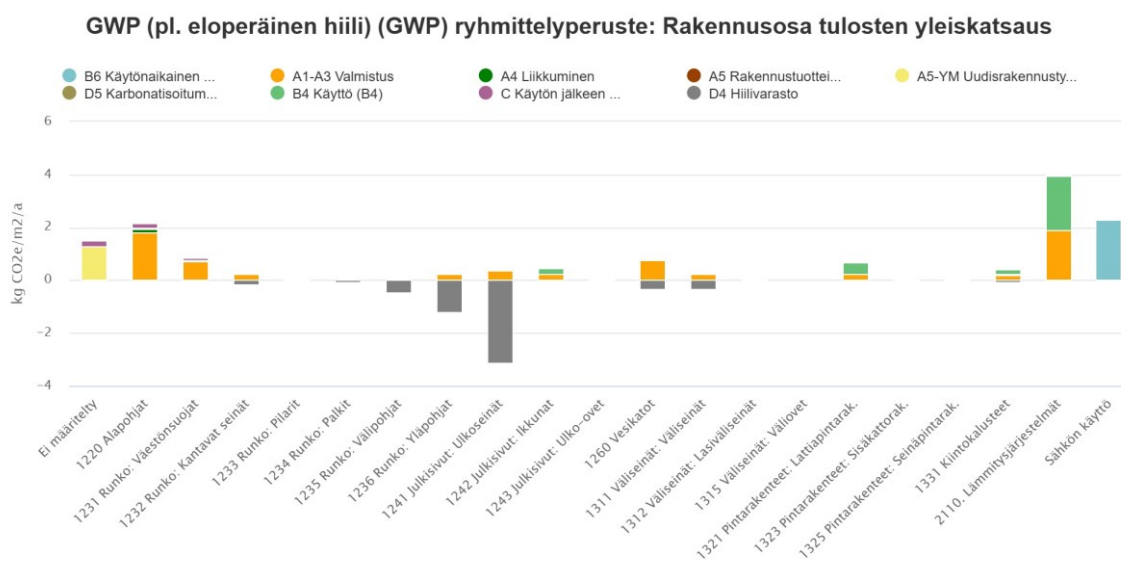
Livscykelns koldioxidhandavtryck	Byggnaden [kgCO ₂ e/m ² /a]	Byggnadsplatsen [kgCO ₂ e/m ² /a]	Totala koldioxidhandavtrycket (byggnaden och byggnadsplatsen) [tonCO ₂ e]
D1+D2 Fördelar från återanvändning/återvinning	-6	-2,32	-598
D4 Lagring av biogen kol	-5,94	-0,58	-468
Summa:	-11,94	-2,9	-1066

(Englund, 2025)

Resultatet för byggnadens koldioxidavtryck indelat per konstruktionsdel visualiseras i graferna i figur 16 och 17. Den biogena koldioxiden är i figur 16 inkluderad som ett negativt värde i tillverkningskedet (A1-A3) samt ett motsvarande positivt värde i livscykelns slutskede (C). I figur 17 är den biogena koldioxiden inte beaktad i varken tillverkningskedet eller livscykelns slutskede.

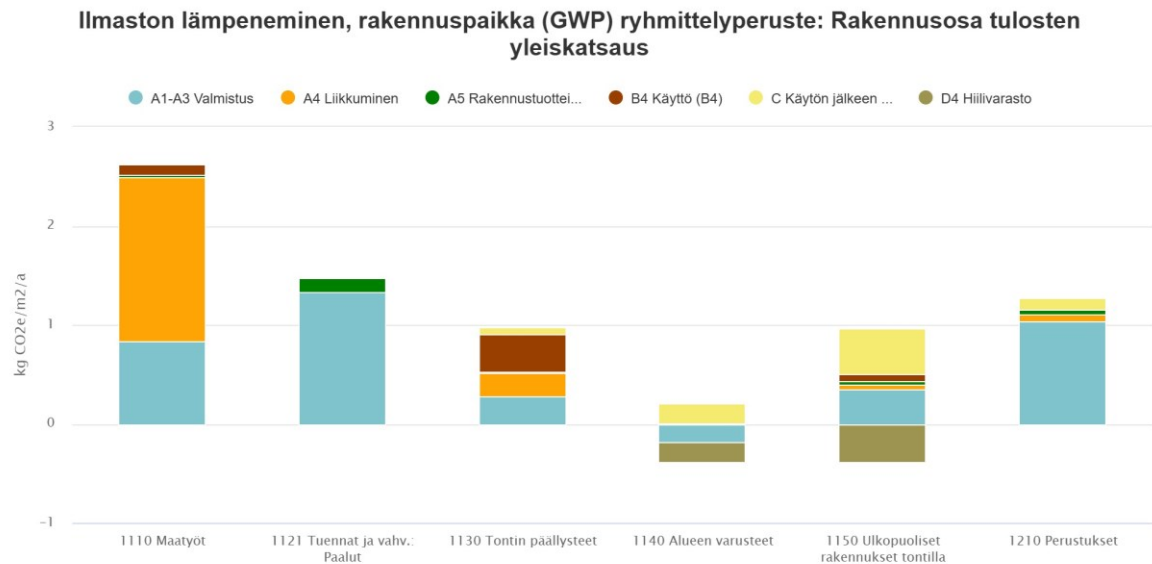


Figur 16. Byggnadens globala uppvärmningspotential (GWP) angivet per konstruktionsdel. Grafen inkluderar biogen koldioxid som är bundet till materialet i tillverkningskedet, samt frigörs i livscykelns slutskede när det organiska materialet förbränns. (Englund, 2025)

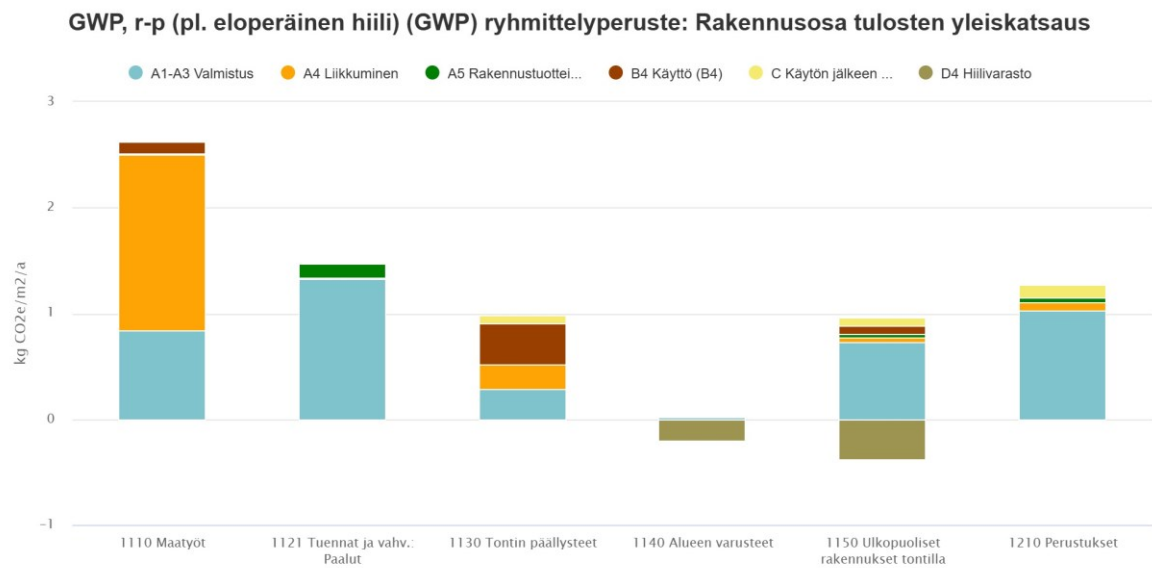


Figur 17. Byggnadens globala uppvärmningspotential (GWP) angivet per konstruktionsdel. Grafen exkluderar den biogena koldioxid som är bundet till materialet i tillverkningskedet och som uppstår när organiska material förbränns i livscykelns slutskede. (Englund, 2025)

Figur 18 och 19 beskriver byggnadsplatsens utsläpp per konstruktionsdel. Den biogena koldioxiden är i figur 18 inkluderad som ett negativt värde i tillverkningskedet (A1-A3) samt ett motsvarande positivt värde i livscykelns slutskede (C). I figur 19 är den biogena koldioxiden inte beaktad i varken tillverkningskedet eller livscykelns slutskede.



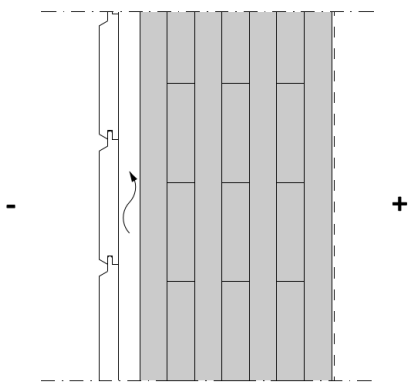
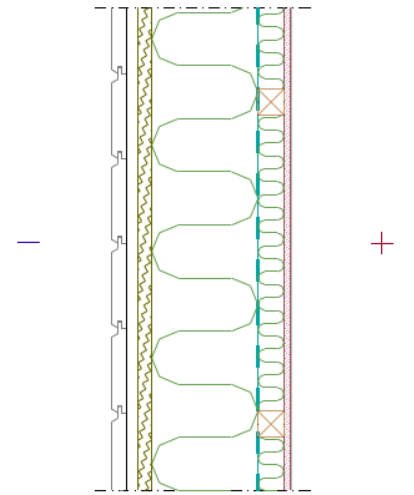
Figur 18. Byggnadsplatsens globala uppvärmningspotential (GWP) angett per konstruktionsdel. Grafen inkluderar biogen koldioxid som är bunden i materialen i tillverkningskedet och som frigörs i livscykelns slutskede när organiskt material förbränns. (Englund, 2025)



Figur 19. Byggnadsplatsens globala uppvärmningspotential (GWP) angett per konstruktionsdel. Grafen exkluderar den biogena koldioxid som är bunden till materialen i tillverkningskedet och som frigörs i livscykelns slutskede när det organiska materialet förbränns. (Englund, 2025)

8.4 Jämförelse av resultatet med den optimerade designen

Den andra analysens syfte var att göra en jämförelse mellan en byggnad som har massivt trä som ytterväggskonstruktion gentemot en konventionell ytterväggskonstruktion med träreglar och isolering. En ytterväggskonstruktion med U-värde $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ har använts, istället för CLT-ytterväggen med U-värde $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ som användes i den första analysen. Eftersom U-värdet förbättras väsentligt påverkas också byggnadens energianvändning under användarskedet, energiförbrukningen är baserade på ett inofficiellt energicertifikat som framställts med hjälp av uppskattningar.

Första analysen	Andra analysen
	
<p>Figur 20. Ytterväggskonstruktion för den första analysen: CLT-element 280 mm, ventilerad luftspalt med skålning 32x100 k600, målad fasadpanel. (Alphaplan, 2023)</p>	<p>Figur 21. Ytterväggskonstruktion för den andra analysen: Gipsskiva, isolering 50 mm + skålning 48x48, ångspärr, isolering 200 mm + bärande trästomme 48x198 k600, vindskyddsskiva 25 mm, ventilerad luftspalt med skålning 22x100 mm k600, målad fasadpanel. (Hunton, u.å.)</p>
<p>U-värde: $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>U-värde: $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>Uppskattad elförbrukning: 106 338 kWh/a</p>	<p>Uppskattad elförbrukning: 100 806 kWh/a</p>

En jämförelse mellan den första och den andra livscykelanalysens koldioxidavtryck presenteras i tabell 6. Utsläpp som orsakats innan användningen (A1-A5) ökar i den optimerade versionen med $+2,08 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$ och får ett resultat på $5,06 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$. Det är tillverkningen av byggnadsmaterialen (A1-A3) som orsakar ökningen, från $1,25 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$ i den första analysen till $3,38 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$ i den andra. Koldioxidavtrycken

från både transporter från byggarbetsplatsen (A4) och materialspill på byggarbetsplatsen (A5) sjönk en aning i den andra analysen. Koldioxidavtrycket från byggarbetsplatsens verksamhet (A5) har samma resultat i de båda alternativen då dessa inte analyseras från materialen utan från statistiska uppgifter för byggarbetsplatser i Finland.

Materialbundna utsläpp under användningsskedet som uppstår av materialens utbyte (B4) har ökat marginellt i den andra analysen, med +0,05 kgCO₂e/m²/a.

I livscykelns avslutande syns den största skillnaden i andelen lagrad biogen koldioxid. En yttervägg i massiv träkonstruktion har naturligt en större andel lagrad biogen koldioxid än en konventionell träregelvägg. I den första analysen stod 5,93 kgCO₂e/m²/a av utsläppen från rivningsskedet och livscykelns avslutande för den biogena koldioxiden som finns lagrad i organiska material. I den andra modellen är motsvarande del 3,65 kgCO₂e/m²/a.

Utsläppen från livscykelns slutskede är således 0,68 kgCO₂e/m²/a för den första analysen med CLT-väggar och 0,65 kgCO₂e/m²/a för den andra analysen med träregelväggar ifall den biogena koldioxiden inte tas i beaktande.

Tabell 5. Jämförelse mellan den första och andra livscykelanalysens resultat. I den första analysen används en yttervägg i CLT och i den andra används en reglad trävägg med isolering.

Livscykelns koldioxidavtryck	Byggnaden enligt första analysen [kgCO₂e/m²/a]	Byggnaden enligt andra analysen [kgCO₂e/m²/a]	Ändring
Produktskedet och byggnationsskedet (A1-A5)	2,98	5,06	+2,08
Materialbundna utsläpp under användningsskedet (B4)	3,01	3,06	+0,05
Utsläpp bundna till energianvändningen (B6)	2,31	2,19	-0,12

Utsläpp från rivningsskedet och livscykelns avslutande (C1-C4)	6,61	4,29	-2,32
Summa:	14,9	14,6	-0,33

(Englund, 2025)

Koldioxidhandavtrycken från de båda analyserna är sammanställda i tabell 7. Koldioxidhandavtrycket är väsentligt större för den första analysen med CLT-konstruktion, då denna version har större återanvändning och återvinning (D1+D2) i jämförelse med den konventionella träregelväggen och samtidigt större lagringsförmåga av biogen koldioxid (D4).

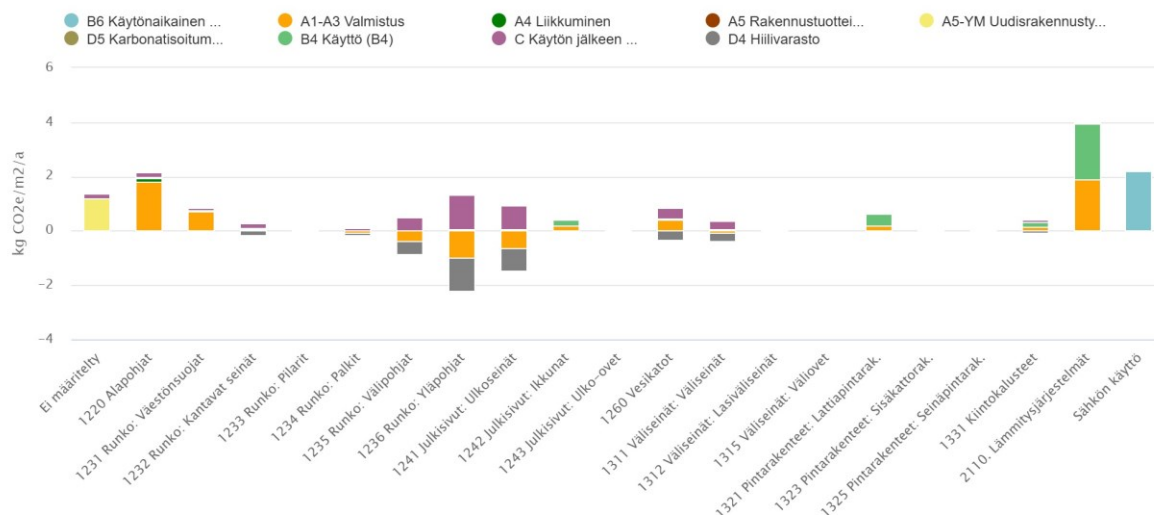
Tabell 6. Jämförelse mellan den första och andra livscykelanalysens koldioxidhandavtryck. I den första analysen används en yttervägg i CLT och i den andra används en reglad trävägg med isolering.

Livscykelns koldioxidhandavtryck	Byggnaden enligt första analysen [kgCO₂e/m²/a]	Byggnaden enligt andra analysen [kgCO₂e/m²/a]	Ändring
D1+D2 Fördelar från återanvändning/ återvinning	-6	-3,52	+2,48
D4 Lagring av biogen kol	-5,94	-3,65	+2,29
Summa:	-11,94	-7,16	+4,78

(Englund, 2025)

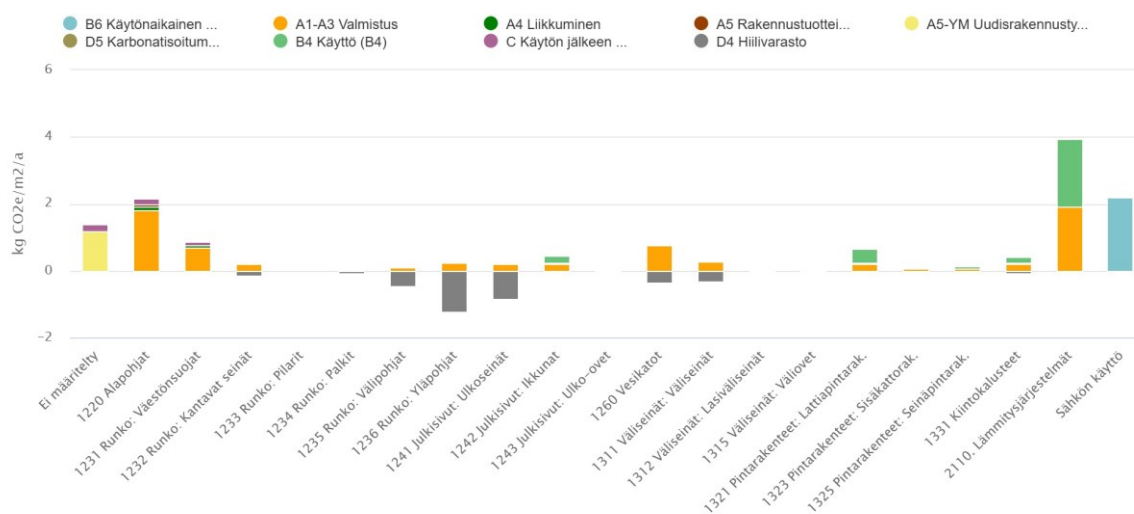
Resultatet från den andra analysens livscykelanalys indelat per konstruktionsdel visualiseras i graferna i figur 22 och 23. Den biogena koldioxiden är i figur 22 inkluderad som ett negativt värde i tillverkningskedet (A1-A3) samt ett motsvarande positivt värde i livscykelns slutskede (C). I figur 23 är den biogena koldioxiden inte beaktad i varken tillverkningskedet eller livscykelns slutskede.

Ilmaston lämpeneminen, rakennus (GWP) ryhmittelyperuste: Rakennusosa tulosten yleiskatsaus



Figur 22. Globala uppvärmningspotential för den andra analysen med träregelvägg, där den biogena koldioxiden beaktas som ett negativt värde i tillverkningskedet och ett positivt värde i livscykelns slutskede. (Englund, 2025)

GWP (pl. eloperäinen hiili) (GWP) ryhmittelyperuste: Rakennusosa tulosten yleiskatsaus



Figur 23. Globala uppvärmningspotential för den andra analysen med träregelvägg, där den biogena koldioxiden är exkluderad från analysen. (Englund, 2025)

Det totala koldioxidavtrycket för den första analysen med CLT-yttervägg blev 14,92 kgCO₂e/m²/a och 14,59 kgCO₂e/m²/a för den optimerade versionen med träregelvägg. Det totala koldioxidavtrycket är därmed litet lägre för träregelväggen. Koldioxidhandavtrycket för CLT-konstruktionen är dock väsentligt större än för den optimerade versionen.

De material som använts i analyserna, samt källor och vilka standarder som använts finns listade i bilaga 2 för den första analysen och bilaga 3 för den andra analysen.

9 Sammanfattning

I detta arbete har olika metoder diskuterats för hur hållbarhetstänk kan implementeras i byggnadsprocesser från kommunens perspektiv. Forskningsfrågor som ställts var hur ett byggnadsprojekt kan drivas mot koldioxidneutralitet samt hur kan hållbarhetsaspekter konkretiseras i projekterings olika skeden. Malax kommun har från tidigare en bred byggnadsstrategisk checklista och jag ville ta reda på om det ytterligare finns metoder som kan förenkla hållbara strategiska val i byggnadsprocesserna. I detta kapitel sammanställs resultatet för arbetet.

En kommun som vill främja hållbart byggande kan använda en rad strategier för att minska miljöpåverkan och skapa långsiktigt hållbara samhällen. En central metod är att tillämpa livscykelanalyser (LCA) i planering och upphandling, vilket möjliggör en helhetsbedömning av byggnaders miljöpåverkan från produktion och användning till rivning. Det blir också möjligt att visualisera vilka konstruktioner eller material som utgör den största miljöpåverkan och vid behov göra justeringar för att minska på avtrycket. Redan i ett tidigt skede i projektets gång kan en ungefärlig analys framställas med statistiska data. Med hjälp av den tidiga analysen kan olika konstruktionsalternativ jämföras mot varandra, man kan också till exempel analysera påverkan av mängden fönster eller byggnadens formfaktor. I ett senare skede kan en mera exakt livscykelanalys framställas. Modellen kan efterhand uppdateras för att sedan motsvara den verkliga situationen. I enlighet med den nya bygglagen, samt lagen om klimatdeklaration, ska byggandens livscykel analyseras och koldioxidavtrycket för byggnaden underskrida de av Miljöministeriet angivna gränsvärdena.

Som en del av detta arbete har livscykelanalys utförts för Söderfjärdsbackens daghem. Daghemmets koldioxidavtryck och -handavtryck framställdes med hjälp av OneClickLCA. En tidig analys framställdes med hjälp av mjukvarans *Carbon Design*-verktyg för att få en inblick i hurudant resultat som erhålls från denna typ av analys. I den tidiga analysen tas endast materialens utsläpp i beaktande och är således inte jämförbart med de versioner som uppförts i enlighet med Miljöministeriets beräkningsmodell från ett senare skede i projekteringen. Men den tidiga analysen kan användas för tidiga beslut och insikter i konstruktionsval och materialeffektivitetskrav.

För Söderfjärdsbackens daghem framställdes också en livscykelanalys enligt huvudritningarna från upphandlingsskedet, samt en optimerad version där syftet var att jämföra den verkliga ytterväggskonstruktionen i massivt trä med en konventionell träregelvägg med isolering. Resultatet visade att skillnaden mellan de två versionernas

koldioxidavtryck inte var stora, däremot hade koldioxidhandavtrycken hade större effekter. Ett med fördelaktigt koldioxidhandavtryck kunde erhållas för den första versionen med CLT-ytterväggar till följd av bättre förmåga att återanvända och återvinna materialen (CLT) samt till följd av det massiva träets förmåga att lagra biogen koldioxid.

Medan arbetet har färdigställts har de kommande gränsvärdena publicerats. Enligt en föreläsning som Rakennustieto publicerat ska de blivande gränsvärdena från och med 2026 vara 20 kgCO_{2e}/m²/a för undervisningsbyggnader och daghem. Gränsvärdet planeras justeras 2028 till 18 kgCO_{2e}/m²/a. (Tiainen, 2025) Resultatet av livscykelanalysen visade ett koldioxidavtryck på 14,92 kgCO_{2e}/m²/a för den första analysen och 14,59 kgCO_{2e}/m²/a för den optimerade versionen och båda underskrider därmed de kommande gränsvärdena.

Genom att ställa krav på minskade utsläpp på byggarbetsplatser, exempelvis genom användning av eldrivna maskiner eller biobränslen, kan kommunen bidra till renare luft och lägre klimatpåverkan under byggfasen. Det finns frivilliga Green deal-avtal för utsläppsfria byggarbetsplatser som inkluderar både obligatoriska och frivilliga åtgärder i samband med upphandling och byggnation. En väsentlig del för att minska utsläpp kring byggarbetsplatser är att utveckla ett mätverktyg och möjligheten att följa upp och övervaka hur väl utsläppen har kunnat undvikas. Green deal-avtalet inkluderar även krav i samband med upphandling gällande maskiner, verktyg och transporters utsläppsklasser. En öppen marknadssdialog med entreprenörer och aktörer inom branschen är uppmontrat, vilket Malax redan har inkluderat i sin byggnadsstrategiska checklista. Metoder och idéer från Green deal-avtalet finns öppet för alla att inspireras av och använda även fast man inte undertecknat avtalet.

Materialval spelar också en avgörande roll, där förnybara, återvunna och varför inte lokalt producerade material prioriteras för att minska klimatavtrycket. Materialens andel av en byggnads koldioxidavtryck har konstaterats öka i och med att energieffektiviteten förbättras och energianvändningens andel minskar. Det blir alltså betydelsefullt att försöka minska på de materialbundna utsläppen och en användbar metod är den så kallade ”undvik-skifta-förbättra”-metoden. Metoden handlar om att först *undvika* nya produkter och samtidigt bildandet av avfall genom att implementera cirkulär ekonomi i planeringen.

Genom att anpassa material- och utrymmeseffektivitet minskar användningen av resurser, samtidigt bör man satsa på att de material som används har god kvalitet och lång brukstid, är lätta att underhålla och är lätta att återanvända eller återvinna i livscykelns slutskede. Det är förstas mest hållbart om nybyggnation kan undvikas helt.

Nästa steg i kedjan handlar om att *skifta* materialvalen från högutsläppmaterial till hållbart producerade organiska material. Träprodukter bidrar med en naturlig lagring av koldioxid så länge materialet är i användning och Miljöministeriet har publicerat en upphandlingsguide för att befrämja användningen av trä i offentliga sektorn. Malax kommun har redan gjort ett aktivt beslut i sin strategi att bygga i trä. Till viss del kommer de kolintensiva materialen såsom betong, stål och glas inte kunna ersättas med organiska materialval. Då är den sista delen i kedjan viktig; *förbättra*. Produktionen av dessa material kan förbättras genom att till exempel öka energieffektiviteten, ta tillvara spillvärme från produktionen, använda återvunnet material i produktionen och minska användningen nya råvaror.

Vidare kan kommunen främja flexibla byggnader som är lätta att anpassa efter ändrade behov över tid, vilket förlänger deras livslängd och minskar behovet av nybyggnation. Byggnader bör strävas efter att användas även av andra än den primära användaren om denna inte använder byggnaden hela tiden. I analysprogrammet OneClickLCA finns möjligheten att analysera bygganden utgående från användare och användartimmar. Inom ramen för cirkulär ekonomi och rivning kan kommunen uppmuntra återbruk av byggmaterial och planera för demonteringsbara konstruktioner, vilket minskar avfall och resursslöseri. En god rivningsbarhet har mycket gemensamt med flexibilitetens grunder och bygger på:

- god tillgänglighet för konstruktioner, komponenter och system, vilket befrämjar underhåll och demontering av mindre delar.
- självständiga, enkla och standardiserade konstruktioner, för att också befrämja demontering av mindre komponenter och återanvändbarheten och samtidigt öka demonteringssäkerheten
- att undvika onödiga ytbehandlingar som försvårar återanvändningen.

Byggnaderna ska uppfattas som materialbanker och ge möjlighet att länge använda de resurser som har tagit plats i livscykel.

Byggnadens placering är en aspekt som Malax redan har involverat i sin byggnadsstrategiska checklista. Byggnadens effektiva placering handlar om att minska trafikmängd och centralisera behoven. Vid byggnation på nya områden bör dock tas i beaktande skogsmarksterrängens viktiga förmåga att lagra kol. Ändringen av markanvändningen i sig kan således bidra till ett stort utsläpp som inte direkt syns i byggnadens livscykelanalys men är svår att kompensera med goda trafikförbindelser.

Energieffektivitet är en annan viktig komponent där kommuner kan kräva höga energistandarder och integrera förnybar energi i byggprojekt. Detta har Malax kommun utvecklat väl i sin byggnadsstrategiska checklista där det både involverats energikonsulter i byggnadsprojekt, byggnadens energiproduktion (vind, sol med mera) samt olika styrssystem för mindre elanvändning. Slutligen kan kommunen använda miljöcertifieringar som YL, BREEAM eller LEED som verktyg för att säkerställa att byggnader uppfyller högt ställda miljökrav.

10 Referenser

- 1027/2024. (u.d.). *Miljöministeriets förordning om klimatdeklaration för byggnader och förteckning över byggprodukter*. Publicerad 30.12.2024. Hämtat från <https://finlex.fi/sv/lagstiftning/forfattningssamling/2024/1027>
- 751/2023. (u.d.). *Rakentamislaki*.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46263582156624>
 : Publicerad 26.4.2023.
- Ab Byggbotnia Oy. (2023). *Byggnadsbeskrivning 2823-101-002*.
- Alphaplan. (2023). *Konstruktionstyper Södefjärdsbackens daghem*.
- Boverket. (2024a). *Standarder för LCA*. Hämtat från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/standarder-for-lca/> den 7 mars 2025
- Boverket. (2024b). *Så här görs en LCA*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/sahar-gors-en-lca/> (Hämtat 12.3.2025).
- Bruce-Hyrkäs, T., Tuominen, T.-L., & Tähtinen, L. (2022). *Hiilineutraali rakennus, Ohje oman toiminnan arviointiin ja hiilineutraaliusväittämän tekemiseen*. Green Building Council Finland.
- Bygglagen 751/2023. (u.d.). Finlex. Hämtat från <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46263582156624>
- ClimatePartner. (u.å.). *Koldioxidekvivalenter (CO2e)*. Hämtat från <https://www.climatepartner.com/se/kunskap/ordlista/koldioxidekvivalenter-co2e> den 28 februari 2025
- Dyson, A., Keena, N., Lokko, M.-l., Reck, B. K., & Ciardullo, C. (2023). *Building Materials and The Climate: Constructing a New Future*. Nairobi: United Nations Environment Programmwe.
- Englund, E. (den 01 April 2025). Carbon Design OneClickLCA.
- Englund, E. (den 11 April 2025). Söderfjärdsbackens daghem Livscykelanalys - OneClickLCA.
- Green Building Council Finland. (2022). Hämtat från <https://figbc.fi/media/idekort-sorterat-rivningsmaterial-2022.pdf>
- Green Building Council Finland. (2022). *När byggnaden nått slutet av sin livscykel*. Hämtat från <https://figbc.fi/media/idekort-gamla-byggnader-2022.pdf> den 28 April 2025
- Green building council Finland. (2022). *Så här ordnad du ett pop-up-evenemang för återvinning av rivningsmaterial*. Hämtat från <https://figbc.fi/julkaisut/idekort-sa-har-ordnar-du-ett-pop-up-evenemang-for-atervinning-av-rivningsmaterial>

- Green Building Council Finland. (u.å.). *Top 10 Energiasäästövinkit rakennustyömaille*. Rakentaminen-toimikunta 2022. Hämtat från https://figbc.fi/media/energiansaastovinkit-rakennustyomaille_2022.pdf den 19 februari 2025
- Hunton. (u.å.). *Ulkoseinä, puurunko, levyeriste*. Hämtat från <https://hunton.fi/tuotteet/seina/hunton-seina/> den 11 April 2025
- Häkkinen, T. (2021). *Emission database for building products, services, and systems*.
- Häkkinen, T. (2022). *LCA Database for building products, services, and systems*. SYKE.
- Häkkinen, T., & Ala-Kotila, P. (2019). *Monikäyttöisyys ja muunneltavuus kestävässä rakentamisessa*. VTT Technology 363.
- Häkkinen, T., & Kuittinen, M. (2020). 5.2 Rakennuspaikka ja vähähiilisyys. i *Kohti vähähiilistä rakentamista* (ss. 101 - 103). Rakennustieto RT.
- Häkkinen, T., & Kuittinen, M. (2020). *Kohti vähähiilistä rakentamista*. Rakennustieto RT.
- Karhu, J. (2024). *Ympäristöluokitukset tukena ilmastopäästöjen vähentämisessä - FIGBC*. Presentation 6.6.2024: Rakennustieto Oy.
- kolneutraltfinland.fi. (2023a). *Klimatdatabasen för byggande CO2data.fi*.
- Kolneutraltfinland.fi. (2023b). *Malax kommun går med i nätverket för pionjärer inom klimatarbete – över 90 kommuner är redan med i Hinku-nätverket*. [https://kolneutraltfinland.fi/sv-FI/Aktuellt/Nyheter/Malax_kommun_gar_med_i_natverket_for_pio\(66064\)](https://kolneutraltfinland.fi/sv-FI/Aktuellt/Nyheter/Malax_kommun_gar_med_i_natverket_for_pio(66064)) (Hämtat 5.3.2025).
- Koneluokitus. (u.å.). *Työkoneiden pakokaasupäästöjä määrää Stage-luokitus*. Hämtat från <https://www.koneluokitus.fi/stage-paastoluokitus> den 24 februari 2025
- Koskinen, S., Turunen, A., Neittamo, I., & Ylinen, S. (2022:25). *Puun käyttö julkisessa rakentamisessa - Hankintaopas*. Ympäristöministeriö.
- Kuittinen, M. (2019). *Kiertotalous julkisissa purkuhankkeissa Hankintaopas*. Ympäristöministeriö.
- Kuittinen, M. (u.å.). *Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki*. Hämtat från Johdatus vähähiiliseen rakentamiseen: <https://www.aalto.fi/fi/vahahiilinenrakentaminen#&gid=1&pid=4> den 3 april 2025
- Kuittinen, M., & Roux, S. I. (2017a). *Ympäristöopas 2017 - Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit*. Ympäristöministeriö.
- Kuittinen, M., & Roux, S. I. (2017b). *Ympäristöopas 2017 - Vihreä julkinen rakentaminen*. Ympäristöministeriö.
- Malax Kommun. (2024a). *Case: Byggandet av Söderfjärdsbackens daghem*. Malax kommuns strategi för hållbar utveckling 2021-2025. Hämtat från https://www.malax.fi/assets/Sidor/1/181/Case-Soderfjardsbackens-dagis_uppdaterad-juni-2024-pdf.pdf den 14 februari 2025

- Malax kommun. (2024b). *Mot en hållbar framtid!* (Hämtad 14.2.2025):
<https://www.malax.fi/kommunen/hallbar-utveckling/hallbara-energieffektiva-byggnader-som-framjar-cirkular-ekonomi-fran-processbeskrivning-till-forverkligande/>.
- Motiva. (2023a). *Vähäpäästöiset työkoneet: hankinnoista vastaavalle*. verkkokurssi:
<https://motiva-verkkokurssit.fi/kurssit/vahapaastoiset-tyokoneet-hankinnoista-vastaavalle/>.
- Motiva. (2023b). *Vähäpäästöiset työkoneet: yleinen osio*. Verkkokurssi:
<https://motiva-verkkokurssit.fi/kurssit/vahapaastoiset-tyokoneet-taustataavoitteet-yms/>.
- OneClickLCA Academy. (u.å.). Rakennusten elinkaarilaskennan perehdytyskurssi. *Johdanto elinkaariarviointiin*. Hämtat från
<https://academy.oneclicklca.com/courses/take/rakennusten-elinkaarilaskennan-perehdytyskurssi/texts/45292893-elinkaariarviointi-lca-hiilen-kierto> den 7 mars 2025
- Rakennusteollisuus RT. (u.å.). *Kestävän rakentamisen standardit*. Hämtat från
<https://rt.fi/tietoa-alasta/ymparisto-ja-ilmasto/kestava-rakentaminen/kestavan-rakentamisen-standardit/> den 7 mars 2025
- Situmus2050. (u.å.a). *Päästöttömät työmaat - Kestävien hankintojen green deal -sopimus*. Hämtat från <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/> den 19 februari 2025
- Sitoumus2050. (u.å.b). *Liite 2 Toimenpiteet ja mittarit*. Hämtat från
<https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/> den 5 maj 2025
- Syke. (2025). *Kuntien ja alueiden KHK-päästöt*.
https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/#sv_kunta475 (hämtat 5.3.2025).
- Tiainen, M. (2024a). *Perustelumistio - Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastoselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta*. Ympäristöministeriö.
- Tiainen, M. (2025). *Tulevat hiilijalanjäljen raja-arvot*. Ympäristöministeriö. Rakennustieto. Hämtat från
https://www.youtube.com/watch?v=A78EeIrvmac&t=2319s&ab_channel=Rakennustieto den 5 maj 2025
- TräGuiden. (den 1 september 2003). *Svenskt trä*. Hämtat från
<https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/miljoeffekter/miljoeffekter/traprodukter-lagrar-kol/> den 3 april 2025
- Turpeinen, A. (den 13 januari 2025). JCB:n vetyprojekti etenee – yrityksellä lupa kaupalliselle käytölle. *Koneviesti*, ss.
<https://www.koneviesti.fi/uutiset/f44cee42-c757-4ec6-8ac9-44239ae6285d> (Hämtat 25.2.2025).
- Tähkänen, M., & Tähtinen, L. (2021). *Katsaus kiinteistö ja rakennusalan ilmastokestävyiden nykytilaan*. Green building council Finland.

Tähkänen, M., & Tähtinen, L. (2022). *BuildingLife: Hiilineutraalin Rakennetun Ympäristön Toimintaohjelma, kolmas painos 23.5.2022*. Green Building Council Finland.

Ympäristöministeriö. (2019). *Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä*. Helsinki : Ympäristöministeriön julkaisuja.

Resultattabell för livscykelanalyserna

Koldioxidavtryck för Söderfjärdsbackensdaghem enligt livscykelkedede. Två olika scenarion har analyserats; det första med CLT-ytterväggar och det andra med konventionell träregelvägg med träfiberisolering. Byggnadsplatsens koldioxidavtryck och -handavtryck är oförändrat för de båda alternativen. Ändringen listar skillnaden mellan den första och andra versionen angett i samma enhet om inte annat anges.

Livscykelkedede	Byggnadsplatsen	1. CLT	2. Trästomme	Enhet	Ändring
A1-A3 Tillverkning	3,64	1,25	3,38	kgCO ₂ e/m ² a	+2,13
A4 Transporter till byggarbetsplatsen	2,03	0,24	0,22	kgCO ₂ e/m ² a	-0,02
A5 Byggprodukternas spill	0,23	0,32	0,28	kgCO ₂ e/m ² a	-0,04
A5 Byggplatsverksamhet		1,18	1,18	kgCO ₂ e/m ² a	0
A1-A5 Totala utsläpp innan användningen	5,9	2,98	5,06	kgCO₂e/m²a	+2,08
B4 Byte av material	0,57	3,01	3,06	kgCO ₂ e/m ² a	+0,05
B6 Energiförbrukning	-	2,31	2,19	kgCO ₂ e/m ² a	-0,12
B4, B6 Totala utsläpp under användningen	0,57	5,32	5,25	kgCO₂e/m²a	-0,07
C1 Demonteringsverksamhet	-	0,2	0,2	kgCO ₂ e/m ² a	0
C2 Transportering av rivningsmassor	0,17	0,24	0,22	kgCO ₂ e/m ² a	-0,02
C3 Avfallens produktion	0,68	6,11	3,79	kgCO ₂ e/m ² a	-2,32
C3 Andel biogen koldioxid	0,58	5,93	3,64	kgCO ₂ e/m ² a	-2,29
C4 Behandlingen av avfall	0,02	0,06	0,07	kgCO ₂ e/m ² a	+0,01
C Totala utsläpp efter avslutad användning	0,87	6,61	4,29	kgCO₂e/m²a	-2,32
C Totala utsläpp efter avslutad användning exklusive lagrad biogen kol	0,29	0,68	0,64	kgCO₂e/m²a	-0,04
Totala koldioxidavtryck A-C	7,34	14,92	14,59	kgCO₂e/m²a	-0,33

Bilaga 1

	367	749	729,5	kgCO ₂ e/m ²	-2,6%
	527	1 072	1 048	tonCO ₂ e	
D1+D2 Fördelar från återanvändning/återvinning	-2,32	-6	-3,52	kgCO ₂ e/m ² a	+2,48
D3 Överflödlig förnybar energi	0	0	0		
D4 Lagring av biogent kol	-0,58	-5,94	-3,65	kgCO ₂ e/m ² a	+2,29
D5 Karbonatisering	0	0	0		
Koldioxidhandavtryck	-2,9	-11,94	-7,16	kgCO₂e/m²a	+4,78
totalt	-145	-597	-358	kgCO₂e/m²	+60%
	-208	-858	-514	tonCO₂e	

Materialförteckning för första analysen med CLT-ytterväggar

Tietolähde	Tekniset ominaisuudet	Tietolähde	Standardi	Vuosi
5 Layer vinyl flooring	Lambda = 0.25 W/mK, 2 x 25 m, 2-3.45 mm, 2.565 kg/m ²	EPD MODUL UP FORBO FLOORING SYSTEMS ACOUSTIC AND COMPACT LOOSE LAY VINYL SHEET	EN15804+A2	2023
Acoustic glass wool insulation, unfaced	L=0.040 W/mK, R=1.00 m ² K/W, 40 mm, 0.48 kg/m ² , 12 kg/m ³ , Lambda=0.04 W/(m.K)	EPD ISOVER Acoustic	EN15804+A1, EN15804+A2	2022
Acoustic glass wool panels for ceilings	20 mm, 1.4 kg/m ²	EPD Ecophon Focus A, Carbon Low	EN15804+A1, EN15804+A2	2023
Akustiikkalevy, lasivilla 40 mm, äänenvaimennusluokka A	3.9 kg/m ² , Lambda=0.04 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Asfalttibetoni	2496 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Bitumikermikate, aluskermi TL2/TL3	3 mm, 4 kg/m ² , 1833 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Bitumikermikate, aluskermi TL2/TL3	TL2/TL3, 1833 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
CLT, ristiinliimattu monikerroslevy	470 kg/m ³ , 11% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Drainage chamber	315x1000 mm	EPD Drainage Chamber SOK 315	EN15804+A1, EN15804+A2	2023

EPS-eriste	L = 0.031 W/mK, R=1 m ² K/W, 31 mm, 14-20 kg/m ³ , Lambda=0.031 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Geotekstiili, PP	0.2 kg/m ²	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Glass wool insulation	L = 0.033 W/mk, R = 1 m ² /K, 33 mm, 21 kg/m ³	EPD S-P-07732 ISOVER PREMIUM 33, PREMIUM 33 ROLL	EN15804+A2	2022
High pressure laminate (HPL) panels	12 mm, 17.52 kg/m ²	EPD S-P-09988 Formica Group Europe, Formica速 Compact Standard Grade High Pressure Laminate (12mm)	EN15804+A2	2023
Homogeneous vinyl (PVC) floor covering, multisafe	2 mm, 2.95 kg/m ²	EPD iQ Range homogeneous vinyl flooring - TARKETT, rev. 2021	EN15804+A2	2021
Höyrynsulku, PE	0.2 mm, 0.40 kg/m, 925 kg/m ³ , Lambda=0.05 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	
Kalkkiahiekkatiili, kalkkiahiekkaharkko	1620 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Keittiön alakaappi	60 cm x 80 cm x 60 cm, 30 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keittiön hana	34 mm x 355 mm x 45 mm, 2 kg /unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keittiön pesuallas	500 mm x 550 mm, 5 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020

Keittiön yläkaappi	40 cm x 60 cm x 39 cm, 18 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keraamiset seinälaatat	300 mm x 600 mm x 10 mm, 16 kg/m ²	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kevytbetoni, höyrykarkaistu harkko, raudoittamaton ulkoseiniin	338 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kierrätetty multa, tiivistetty kuiva tilavuus	1650 kg/m ³	One Click LCA	EN15804+A1	2020
Kipsi-kartonkilevy sisäkäyttöön	670 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kipsi-kartonkilevy, erikoiskova	875 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kivituhka 0/3	Rock Fines 0/3	EPD Aggregates from Mäntsälä quarry - Ohkola	EN15804+A2	2023
Kuitulevy, puolikova, mdf, melamiinipinnoitettu	720 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kuitusementtilevy	10 mm, 1300 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kyllästetty puu	480 kg/m ³ , 15% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kylpyhuoneen hana	33 mm x 146 mm x 144 mm, 1.3 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kylpyhuoneen peiliakaappi	60 cm x 60 cm x 15 cm, 12 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kylpyhuoneen täyskorkea kaappi	60 cm x 182 cm x 60 cm, 43 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020

Laakaovi, per m2	100 cm x 210 cm x 4 cm, 26 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Lasinen väliseinä puukehyksellä, per m2	240 cm x 270 cm x 7.5 cm, 167 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Lasivillaeriste, puhallusvilla	R=1 m2K/W, 0.615 kg/m2	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Lasivillaeriste, tiheys 100 kg/m3	R=1 m2K/W, 4.625 kg/m2, 100 kg/m3, Lambda=0.046 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Lattiatasoite	34 kg/m2/20 mm	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Lattiatasoite	34 kg/m2/20 mm	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Liimapuu	470 kg/m3, 11% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Mortar-based flooring system, two-component, solvent-free	5.0 mm, 10.170 kg/m2	EPD AcryliCon Levelling Screed System	EN15804+A1	2018
Murskattu sora, yleinen	1600 kg/m3	One Click LCA	EN15804+A1	2018
Ohutlevyprofiili, teräsritilä, sinkitty	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Ontelolaatta	265 mm, 350 kg/m2	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Opetusrakennus - talotekniikan keskiarvo per m2 (2024)	A1-A3	SYKE, CO2data.fi, conservative values	EN15804+A1	2024
Peililasi	4 mm, 2500 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020

Plastic playground board from recycled rubber	750x300x30 mm, 3.50 kg/unit	EPD Ramp mat 300x750	EN15804+A2	2023
Puinen ulko-ovi metallikehyksellä	64 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Puinen ulko-ovi metallikehyksellä, per m2	99 cm x 209 cm x 17 cm, 64 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Puu-alumiini-ikkuna kolminkertaisella lasilla	43 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Residential garage overhead sectional door with PUR core	2500x2125 mm, 123 kg/unit	One Click LCA	EN15804+A1, EN15804+A2	2024
Sadevesi- ja salaojaputket	905 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Sahatavara	487 kg/m3, 17% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Sora ja hiekka	1500 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Steel piles, micro		EPD Steel piles, revised 2022	EN15804+A2	2022
Suihkun hana letkulla	150 mm x 131 mm x 150 mm, 2.8 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Tekonurmimatto	2.52 kg/m2	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Teräslevy katteisiin ja seiniin, kuumasinkitty, maalattu tai maalaamaton tai COR-TEN pinnalle	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Teräslevy katteisiin ja seiniin, kuumasinkitty, maalattu tai maalaamaton tai COR-TEN pinnalle	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025

Teräsraudoite betonirakenteisiin	7850 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Uncoated spruce plywood	460 kg/m ³	EPD WISA® Spruce plywood, uncoated from UPM Plywood Ou	EN15804+A2	2021
Valmisbetoni	C30/37, non-porous, 2400 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.008, 2022-12-06	EN15804+A1	2022
Valmisbetoni	C20/25, non-porous, 2400 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.008, 2022-12-06	EN15804+A1	2022
Vaneri, pinnoittamaton havuvaneri	470 kg/m ³ , 7% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Vaneri, pinnoittamaton koivuvaneri	680 kg/m ³ , 8% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Verkkosähkö, Suomi, hyödynjakomenetelmä (2025-2074, 50v käyttöikä)		SYKE, CO2data.fi, conservative values, Version 1.01.003, 2024-09-17	EN15804+A1	2025
Vesiohenteinen sisämaali	1.36 kg/l, 6 - 8 m ² /l	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
WC-istuin	Seat height: 420 mm, toilet height: 860 mm, 29 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
XPS-eriste	32 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
nameFlcla	15-40 mm (0.59-1.57 in), 9.75 kg/m ² (1.99 lbs/ft ²)(for 15 mm/0.59 in), 525 kg/m ³ (32.8 lbs/ft ³), min. G4-1	One Click LCA	EN15804+A1	2018

Materialförteckning för andra analysen med en ytterväggskonstruktion med träreglar och isoleringsmaterial

Tietolähde	Tekniset ominaisuudet	Tietolähde	Standardi	Vuosi
5 Layer vinyl flooring	Lambda = 0.25 W/mK, 2 x 25 m, 2-3.45 mm, 2.565 kg/m2	EPD MODUL UP FORBO FLOORING SYSTEMS ACOUSTIC AND COMPACT LOOSE LAY VINYL SHEET	EN15804+A2	2023
Acoustic glass wool insulation, unfaced	L=0.040 W/mK, R=1.00 m2K/W, 40 mm, 0.48 kg/m2, 12 kg/m3, Lambda=0.04 W/(m.K)	EPD ISOVER Acoustic	EN15804+A1, EN15804+A2	2022
Acoustic glass wool panels for ceilings	20 mm, 1.4 kg/m2	EPD Ecophon Focus A, Carbon Low	EN15804+A1, EN15804+A2	2023
Akustiikkalevy, lasivilla 40 mm, äänenvaimennusluokka A	3.9 kg/m2, Lambda=0.04 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Asfalttibetoni	2496 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Bitumen impregnated windbarrier board from wood fibre, moisture resistant	12/15/19/25 mm, 230-255 kg/m3	EPD Hunton Vindtett 12 mm Hunton Vindtett 15 mm Hunton Vindtett 19 mm Hunton Vindtett 25 mm	EN15804+A2	2022
Bitumikermikate, aluskermi TL2/TL3	3 mm, 4 kg/m2, 1833 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025

Bitumikermikate, aluskermi TL2/TL3	TL2/TL3, 1833 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
CLT, ristiinliimattu monikerroslevy	470 kg/m ³ , 11% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Drainage chamber	315x1000 mm	EPD Drainage Chamber SOK 315	EN15804+A1, EN15804+A2	2023
EPS-eriste	L= 0.031 W/mK, R=1 m ² K/W, 31 mm, 14-20 kg/m ³ , Lambda=0.031 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Geotekstiili, PP	0.2 kg/m ²	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Glass wool insulation	L = 0.033 W/mk, R = 1 m ² /K, 33 mm, 21 kg/m ³	EPD S-P-07732 ISOVER PREMIUM 33, PREMIUM 33 ROLL	EN15804+A2	2022
High pressure laminate (HPL) panels	12 mm, 17.52 kg/m ²	EPD S-P-09988 Formica Group Europe, Formica速 Compact Standard Grade High Pressure Laminate (12mm)	EN15804+A2	2023
Homogeneous vinyl (PVC) floor covering, multisafe	2 mm, 2.95 kg/m ²	EPD iQ Range homogeneous vinyl flooring - TARKETT, rev. 2021	EN15804+A2	2021
Höyrynsulku, PE	0.2 mm, 0.40 kg/m, 925 kg/m ³ , Lambda=0.05 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	

Kalkkiehkekatili, kalkkiehkeharkko	1620 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Keittiön alakaappi	60 cm x 80 cm x 60 cm, 30 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keittiön hana	34 mm x 355 mm x 45 mm, 2 kg /unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keittiön pesuallas	500 mm x 550 mm, 5 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keittiön yläkaappi	40 cm x 60 cm x 39 cm, 18 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Keraamiset seinälaatat	300 mm x 600 mm x 10 mm, 16 kg/m ²	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kevytbetoni, höyrykarkaistu harkko, raudoittamaton ulkoseiniin	338 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kierrätetty multa, tiivistetty kuiva tilavuus	1650 kg/m ³	One Click LCA	EN15804+A1	2020
Kipsi-kartonkilevy sisäkäyttöön	670 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kipsi-kartonkilevy, erikoiskova	875 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kivituhka 0/3	Rock Fines 0/3	EPD Aggregates from Mäntsälä quarry - Ohkola	EN15804+A2	2023
Kuitulevy, puolikova, mdf, melamiinipinnoitettu	720 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kuitusementtilevy	10 mm, 1300 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Kyllästetty puu	480 kg/m ³ , 15% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025

Kylpyhuoneen hana	33 mm x 146 mm x 144 mm, 1.3 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kylpyhuoneen peilikaappi	60 cm x 60 cm x 15 cm, 12 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Kylpyhuoneen täyskorkea kaappi	60 cm x 182 cm x 60 cm, 43 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Laakaovi, per m2	100 cm x 210 cm x 4 cm, 26 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Lasinen väliseinä puukehyksellä, per m2	240 cm x 270 cm x 7.5 cm, 167 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Lasivillaeriste, puhallusvilla	R=1 m2K/W, 0.615 kg/m2	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Lasivillaeriste, tiheys 100 kg/m3	R=1 m2K/W, 4.625 kg/m2, 100 kg/m3, Lambda=0.046 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Lattiatasoite	34 kg/m2/20 mm	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Lattiatasoite	34 kg/m2/20 mm	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Liimapuu	470 kg/m3, 11% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Mortar-based flooring system, two-component, solvent-free	5.0 mm, 10.170 kg/m2	EPD AcryliCon Levelling Screed System	EN15804+A1	2018
Murskattu sora, yleinen	1600 kg/m3	One Click LCA	EN15804+A1	2018
Ohutlevyprofiili, teräsritilä, sinkitty	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020

Ontelolaatta	265 mm, 350 kg/m ²	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Opetusrakennus - talotekniikan keskiarvo per m ² (2024)	A1-A3	SYKE, CO2data.fi, conservative values	EN15804+A1	2024
Peililasi	4 mm, 2500 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Plastic playground board from recycled rubber	750x300x30 mm, 3.50 kg/unit	EPD Ramp mat 300x750	EN15804+A2	2023
Puinen ulko-ovi metallikehyksellä	64 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Puinen ulko-ovi metallikehyksellä, per m ²	99 cm x 209 cm x 17 cm, 64 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Puu-alumiini-ikkuna kolminkertaisella lasilla	43 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Residential garage overhead sectional door with PUR core	2500x2125 mm, 123 kg/unit	One Click LCA	EN15804+A1, EN15804+A2	2024
Sadevesi- ja salaojaputket	905 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Sahatavara	487 kg/m ³ , 17% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Selluvillalevy	L= 0.039 W/mK, 32-42 kg/m ³ , Lambda=0.039 W/(m.K)	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Sora ja hiekka	1500 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025

Steel piles, micro		EPD Steel piles, revised 2022	EN15804+A2	2022
Suihkun hana letkulla	150 mm x 131 mm x 150 mm, 2.8 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Tekonurmimatto	2.52 kg/m2	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Teräslevy katteisiin ja seiniin, kuumasinkitty, maalattu tai maalaamaton tai COR-TEN pinnalle	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
Teräslevy katteisiin ja seiniin, kuumasinkitty, maalattu tai maalaamaton tai COR-TEN pinnalle	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Teräsraudoite betonirakenteisiin	7850 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Uncoated spruce plywood	460 kg/m3	EPD WISA® Spruce plywood, uncoated from UPM Plywood Ou	EN15804+A2	2021
Valmisbetoni	C30/37, non-porous, 2400 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.008, 2022-12-06	EN15804+A1	2022
Valmisbetoni	C20/25, non-porous, 2400 kg/m3	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.008, 2022-12-06	EN15804+A1	2022
Vaneri, pinnoittamaton havuvaneri	470 kg/m3, 7% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
Vaneri, pinnoittamaton koivuvaneri	680 kg/m3, 8% moisture content	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025

Verkkosähkö, Suomi, hyödynjakomenetelmä (2025-2074, 50v käyttöikä)		SYKE, CO2data.fi, conservative values, Version 1.01.003, 2024-09-17	EN15804+A1	2025
Vesiohenteinen sisämaali	1.36 kg/l, 6 - 8 m ² /l	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
WC-istuin	Seat height: 420 mm, toilet height: 860 mm, 29 kg/unit	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	2020
XPS-eriste	32 kg/m ³	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.01.004, 2024-12-03	EN15804+A1	2025
nameFICla	15-40 mm (0.59-1.57 in), 9.75 kg/m ² (1.99 lbs/ft ²)(for 15 mm/0.59 in), 525 kg/m ³ (32.8 lbs/ft ³), min. G4-1	One Click LCA	EN15804+A1	2018